

Форма № Н-9.02

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
(повне найменування закладу вищої освіти)

Навчально-науковий інститут інформаційних технологій і робототехніки
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра автоматичної, електроніки та телекомунікацій
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Пояснювальна записка


до кваліфікаційної роботи


магістр

(ступінь вищої освіти)

на тему Розроблення та дослідження алгоритму інтелектуального сортування посилок

Виконав: студент 6 курсу, групи 601МЕ
спеціальності 141 «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Плешкань Д.П. 
(прізвище та ініціали)

Керівник Галай В.М. 
(прізвище та ініціали)


Рецензент Третяк А.В.
(прізвище та ініціали)

Полтава - 2025 рік

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
Інститут Навчально-науковий інститут інформаційних технологій і
робототехніки
Кафедра Автоматики, електроніки та телекомунікацій
Ступінь вищої освіти Магістр
Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри автоматки,
електроніки та телекомунікацій


" 02 " 09 / 2024 р. О.В. Шефер

ЗАВДАННЯ

НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Плешканю Даніілу Павловичу

- Тема проекту (роботи) «Розроблення та дослідження алгоритму інтелектуального сортування посилок»
керівник проекту (роботи) Галай Василь Миколайович, к.т.н., доцент
затверджена наказом вищого навчального закладу від 09.08.24 року № 2/8-9 а
- Строк подання студентом проекту (роботи) 19.12.24.
- Вихідні дані до проекту (роботи) Географічне розміщення – ПЛК Siemens 1200, Factory I/O, ПІА Portal, тип двигуна: асинхронний, швидкість переміщення вантажу по стрічці: 0,6 м/с., штучна продуктивність: 2700 шт/год
- Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Аналіз існуючих рішень, розрахунок конвеєра, моделювання конвеєрної лінії, розроблення системи автоматичного керування, висновки.
- Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових плакатів):
 - Загальний вигляд стрічкового конвеєра;
 - Загальний вигляд конвеєрної лінії сортування;
 - Загальний вигляд RFID-міток
 - Загальний вигляд RFID-зчитувача
 - Загальний вигляд ПЛК
 - схема електричних з'єднань CPU 1212C DC/DC/DC;
 - 3-д модель конвеєрної лінії;
 - Алгоритм роботи програми сортування.
- Дата видачі завдання 02.09.24 р.

Захарченко

Д. Техн. наук

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва етапів магістерської роботи	Термін виконання етапів роботи		Примітки (плакати)
		Дата	Відсоток	
1	Аналіз існуючих методів сортування об'єктів на конвеєрі	13.09.22	15%	Пл. 1
2	Аналіз систем ідентифікації, їх використання	27.09.22	I 30%	Пл. 2
3	Аналіз існуючих рішень в автоматизації складу	10.10.22	40%	Пл. 4
4	Розрахунок конвеєрної лінії	17.10.22	50 %	Пл. 5
5	Створення моделі конвеєрної лінії сортування	24.10.22	II 60%	Пл. 6
6	Розробка алгоритму сортування	01.11.22	70%	Пл. 7
7	Моделювання алгоритму сортування	08.11.22	90%	Пл. 9
8	Оформлення магістерської роботи	20.11.22	III 100%	

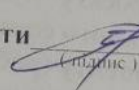
Магістрант


(підпис)

Плешкань Д.П.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Галай В.М.

(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

Вступ.....	7
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ МЕТОДІВ СОРТУВАННЯ ОБ’ЄКТІВ НА КОНВЕЄРІ	10
1.1 Автоматизована системи сортування як невід’ємна частина сучасного підприємства	10
1.2 Основні види автоматизації.....	13
1.3 Цілі автоматизації.....	16
РОЗДІЛ 2 RFID-МІТКИ, ЇХ ВИКОРИСТАННЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ОБЛІКУ ТОВАРУ НА СКЛАДІ.....	19
2.1 Що таке rfid.....	19
2.2 RFID-обладнання: яке буває, як і для чого використовується на складі	21
2.3 Застосування та використання rfid на складі	28
РОЗДІЛ 3: ВИКОРИСТАННЯ МАШИННОГО ЗОРУ У ВИРОБНИЦТВІ	31
3.1 Загальна характеристика	31
3.2 Компоненти систем машинного зору	33
3.3 Застосування у виробництві	36
3.4 Переваги та недоліки машинного зору в автоматичному сортуванні.....	38
РОЗДІЛ 4 РОЗРАХУНОК КОНВЕЄРА.....	42
4.1 Вимоги до конвеєра	42
4.2 Вибір типу електроприводу.....	44
4.3 Вибір конвеєрної стрічки.....	47
4.4 Вибір ПЛК.....	50
4.5 Розрахунок конвеєра	54
РОЗДІЛ 5: МОДЕЛЮВАННЯ КОНВЕЄРНОЇ ЛІНІЇ СОРТУВАННЯ	62
5.1 Елементи моделі	62
5.2 Загальний опис роботи конвеєрної лінії сортування	65
5.3 Загальний опис програми сортування.....	66
5.4 Модель конвеєрної лінії сортування	68
РОЗДІЛ 6: МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ КОРОТКОЗАМКНУТОГО АСИНХРОННОГО ДВИГУНА У ПАКЕТІ MATLAB SIMULINK.....	78
6.1 MATLAB Simulink.....	78
6.2 Визначення параметрів схеми асинхронної машини за даними каталогу ..	80
6.3 Дослідження моделі асинхронного двигуна в Matlab Simulink.....	83
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	92
ДОДАТКИ.....	96

Вступ

Сучасні автоматизовані системи сортування стали важливим елементом в логістичних і виробничих процесах, забезпечуючи ефективне управління великими обсягами вантажів. Вони дозволяють значно підвищити продуктивність, зменшити час обробки, оптимізувати витрати на транспортування і зберігання товарів. Така автоматизація не лише прискорює роботу, а й знижує людський фактор, що критично важливо в умовах жорсткої конкуренції та зростаючих вимог до швидкості доставки.

Однією з головних переваг автоматизованих систем є їх здатність ефективно працювати з різними типами товарів — від посилок до великих промислових вантажів. Для цього застосовуються різні методи автоматичної ідентифікації, зокрема, RFID-мітки, штрих-коди та QR-коди, що дозволяють здійснювати точне та швидке зчитування інформації. Інтеграція таких елементів у єдину систему забезпечує безперебійну і ефективну роботу на всіх етапах сортування та переміщення вантажів.

Водночас, адаптивність автоматизованих систем є ще однією їхньою значною перевагою. Сучасні системи здатні легко налаштовуватись під зміну обсягів обробки вантажів, типів товарів або навіть під нові технологічні вимоги, без значних капітальних витрат чи тимчасових затримок на переналаштування. Це дозволяє підприємствам не лише вдосконалювати поточні процеси, але й розширювати виробничі потужності, а також адаптуватись до змін на ринку.

У цьому контексті, інтелектуальні технології грають важливу роль. Використання RFID-міток дозволяє оперативно зчитувати інформацію про товар і миттєво передавати її до центрального процесора. Завдяки цьому, рішення щодо подальшого руху товару, його маршруту чи складу можуть прийматися в режимі реального часу. Така система знижує ймовірність

помилки і затримки, що, в свою чергу, значно підвищує ефективність логістики підприємства.

Крім того, автоматизація сортування товарів забезпечує не лише високий рівень продуктивності, але й суттєво покращує якість обслуговування кінцевих споживачів. Швидке сортування дозволяє забезпечити своєчасну доставку товарів, що особливо важливо для збереження лояльності клієнтів у умовах сучасного ринку. Така ефективність в обробці замовлень дозволяє підприємствам значно підвищити конкурентоспроможність.

Інтеграція технологій, таких як IoT (Інтернет речей), додає системам сортування ще більше переваг. Вона дозволяє створити безперервну взаємодію між різними елементами ланцюга постачання, що забезпечує можливість відслідковувати кожен товар у реальному часі. Це дозволяє мінімізувати витрати часу на транспортування та зберігання вантажів і здійснювати необхідні коригування в разі потреби.

Не менш важливою є безпека в автоматизованих системах сортування. Використання сучасних технологій ідентифікації об'єктів забезпечує захист від підробок і маніпуляцій з товарами, що особливо актуально для перевезень цінних вантажів. Завдяки цьому підприємства можуть бути впевнені, що їхні товари на всіх етапах сортування та доставки будуть захищені від різних видів шахрайства.

Інтеграція автоматизованих систем у бізнес-процеси також дає можливість автоматизувати рутинні операції, такі як контроль за станом товарів, управління запасами та складування. Це дозволяє зменшити витрати на персонал, звільняючи працівників від однотипних завдань і сприяючи їхній переорієнтації на більш відповідальні та творче завдання, що приносить додаткову цінність компанії.

Завдяки своїй гнучкості, автоматизовані системи сортування можуть адаптуватись до різних обсягів вантажів, змін у виробничих умовах та

технологічних вимогах. Це дозволяє компаніям ефективно масштабувати операції та швидко адаптуватись до нових умов ринку без великих витрат часу чи ресурсів. У разі потреби система може бути розширена або адаптована, що дозволяє підприємствам зберігати стабільність роботи навіть у випадку непередбачених змін.

Підсумовуючи, автоматизовані системи сортування, що використовують передові технології автоматичної ідентифікації, є потужними інструментами для підвищення продуктивності та конкурентоспроможності підприємств. Вони дозволяють не лише оптимізувати витрати, а й значно поліпшити якість обслуговування клієнтів, забезпечуючи безперебійну роботу на всіх етапах логістичних процесів. Такі технології забезпечують ефективну інтеграцію з іншими системами управління та обробки даних, що є ключовим для забезпечення безпеки та стабільності функціонування підприємств.

Мета роботи – розроблення та дослідження алгоритму інтелектуального сортування посилок.

Об'єкт дослідження – процес управління автоматизованою системою інтелектуального сортування посилок, з використанням сучасних алгоритмів та технологій штучного інтелекту.

Предмет дослідження – інтелектуальна система сортування посилок, що застосовується для ефективного управління вантажопотоками.

Наукова новизна – розроблено алгоритм та програмне забезпечення для управління інтелектуальною системою сортування посилок на основі використання RFID міток. Це дозволяє підвищити точність і ефективність процесу сортування посилок та зменшити час обробки.

Практичне значення – матеріали роботи можуть бути використані для створення автоматизованих систем сортування посилок на основі RFID технологій у логістичних компаніях, поштових службах та інших організаціях, що займаються управлінням вантажами і складами.

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ МЕТОДІВ СОРТУВАННЯ ОБ'ЄКТІВ НА КОНВЕЄРИ

1.1 Автоматизована системи сортування як невід'ємна частина сучасного підприємства

Автоматизація виробничих процесів є важливою складовою сучасного виробничого та логістичного середовища. Вона передбачає впровадження механізованих та автоматизованих систем для заміни трудомістких ручних операцій, що дозволяє значно підвищити ефективність та продуктивність роботи підприємств. Завдяки цьому компанії можуть оптимізувати свої процеси, знижуючи витрати на виробництво та мінімізуючи людські помилки. Інтеграція таких технологій дозволяє створювати безперервні робочі процеси, що гарантують високу стабільність та надійність на кожному етапі виробництва чи обробки вантажів. Така автоматизація має великий економічний потенціал, оскільки дозволяє досягати високих і стабільних довгострокових результатів, знижуючи залежність від факторів, що можуть бути непередбачуваними, таких як людські помилки або нестабільність у постачаннях.

Згідно з останніми прогнозами, глобальний ринок автоматизованих систем сортування, включаючи конвеєрні та роботизовані системи, досягне вартості 9,3 мільярда доларів США в 2024 році. Однак це лише початок, оскільки очікується, що протягом наступного десятиліття ринок буде рости на 8,8% щорічно, досягнувши рекордних 21,7 мільярда доларів до 2034 року. Ці прогнози свідчать про стабільне впровадження автоматизації в різні галузі, що, в свою чергу, дозволяє значно зменшити виробничі витрати, покращити якість обслуговування клієнтів і підвищити загальну продуктивність. Наприклад, автоматизовані сортувальні системи дозволяють компаніям обробляти більші

обсяги товарів за менший час, що значно скорочує час доставки і знижує витрати на логістику.

Одним з основних факторів, які сприяють швидкому зростанню популярності конвеєрних та автоматизованих систем сортування, є їх універсальність та високий рівень адаптивності до різних умов виробництва. Сучасні автоматизовані системи сортування здатні працювати з різними типами товарів — від дрібних посилок до великих вантажів, і використовувати різноманітні технології для автоматичної ідентифікації вантажів. Наприклад, RFID-мітки, QR-коди, штрих-коди дозволяють системам швидко і точно визначати товар, що значно підвищує точність сортування та дозволяє зменшити помилки, пов'язані з людським фактором. Вони також дозволяють здійснювати моніторинг товарів у реальному часі, що підвищує рівень прозорості процесу та дає змогу своєчасно виявляти будь-які відхилення або помилки в процесі сортування.

Унікальність сучасних автоматизованих систем полягає також у їх здатності адаптуватися до постійно змінюваних умов бізнес-середовища. Окрім того, що такі системи здатні ефективно обробляти різноманітні товари, вони також можуть швидко переналаштовуватись під змінні потреби виробництва. Наприклад, сучасні сортувальні системи можуть автоматично налаштовувати свої параметри в залежності від обсягів вантажів, що дозволяє економити час і ресурси при змінному попиті. Це дає підприємствам можливість швидко реагувати на нові умови і легко масштабувати свої операції.

Однак не всі автоматизовані системи однаково ефективні в усіх умовах. Проблеми, що можуть виникнути в разі необхідності переналаштування або змін у вимогах, зазвичай вимагають значних інвестицій. Наприклад, у разі зміни технологічних вимог або переорієнтації на новий тип продукції, переналаштування складних сортувальних систем може бути дорогим і витратним процесом. Для цього може знадобитися додаткове навчання

персоналу або залучення спеціалістів для налаштування системи, що може створювати додаткові витрати для підприємств, особливо для малих та середніх компаній.

Інтеграція автоматизованих систем сортування в загальний процес обробки товарів включає багато етапів, таких як переміщення товарів, реєстрація їх стану та місцезнаходження, сортування і упорядкування на складах, а також моніторинг та контроль за виконанням операцій. Завдяки автоматизації можна значно знизити ймовірність помилок, що виникають під час виконання таких операцій вручну. Водночас автоматизовані системи дозволяють значно підвищити точність сортування і оптимізувати час доставки, що є важливим фактором для зниження витрат на транспортування і логістику.

Водночас, попри всі переваги, ручний нагляд за процесами залишається важливим, оскільки автоматизовані системи, хоча й здатні здійснювати багато функцій, не завжди здатні швидко реагувати на ситуації, що вимагають людського втручання. Особливо це важливо в тих випадках, коли необхідно прийняти швидке рішення, яке вимагає креативного підходу або адаптації до нестандартних умов.

У результаті, поєднання автоматизованих і ручних систем дозволяє підприємствам досягти оптимального рівня продуктивності та ефективності, зберігаючи можливість для гнучкості та швидкої адаптації до нових умов. Це забезпечує стабільність і надійність на кожному етапі операцій, дозволяючи компаніям бути готовими до змін і викликів ринку.

1.2 Основні види автоматизації

Автоматизація технологічного процесу є невід'ємною частиною розвитку сучасних підприємств та є одним із ключових факторів, що забезпечують підвищення їх ефективності, продуктивності та конкурентоспроможності. Вона включає в себе використання різноманітних автоматизованих систем, що здійснюють управління і контроль за виробничими процесами без потреби в безпосередньому втручанні людини. Завдяки впровадженню передових технологій автоматизація дозволяє значно покращити результати на всіх етапах виробництва, починаючи від обробки сировини до випуску готової продукції.

Основною метою автоматизації є не лише скорочення витрат і підвищення швидкості виконання виробничих завдань, але й забезпечення високої точності виконання операцій, мінімізація помилок, які часто виникають через людський фактор, і покращення якості продукції. Автоматизація дозволяє підприємствам організувати безперервний і стабільний виробничий процес, що веде до зменшення простоя обладнання, оптимізації витрат і підвищення продуктивності на всіх рівнях.

Одним із важливих аспектів автоматизації є її гнучкість та адаптивність до різних умов виробництва і вимог ринку. Вона може бути реалізована на різних рівнях: від часткової автоматизації, де людина контролює важливі етапи виробництва, до повної автоматизації, де всі операції виконуються без втручання людини. Такий підхід дозволяє максимально використовувати ресурси підприємства і підвищувати ефективність виробництва без зниження якості продукції.

Автоматизація технологічних процесів може охоплювати безліч різних напрямків, зокрема: автоматизацію обробки матеріалів, транспортування, складування, пакування, сортування та інші етапи. Всі ці етапи можуть бути

повністю або частково автоматизовані, залежно від вимог конкретного підприємства та специфіки його діяльності. Впровадження автоматизованих систем дає підприємствам можливість не лише скоротити виробничі витрати, але й забезпечити гнучкість, що є важливою умовою для швидкої адаптації до змін на ринку, зміни попиту або умов виробництва.

Автоматизація дозволяє значно підвищити рівень якості продукції, оскільки автоматизовані системи здатні точно виконувати повторювані операції, зберігаючи стабільність та точність на кожному етапі виробничого процесу. Це особливо важливо в таких галузях, як автомобілебудування, електроніка, харчова промисловість, фармацевтика, де кожен етап виробництва має критичне значення для кінцевої якості продукції.

Завдяки автоматизації підприємства можуть ефективно управляти своїми ресурсами, зменшувати втрати сировини та енергії, а також скорочувати час на виконання операцій. В результаті, значно підвищується загальна продуктивність і знижується собівартість продукції, що робить підприємство більш конкурентоспроможним на ринку.

Види автоматизації

1. Часткова автоматизація — це впровадження автоматизованих систем для виконання окремих операцій або етапів виробничого процесу, при цьому контроль за іншими етапами може залишатися за людиною. Такий підхід доцільно використовувати, коли певні етапи виробництва є настільки складними або потребують високої точності, що без автоматизації вони стають неефективними або навіть неможливими для виконання вручну. Часткова автоматизація дозволяє значно підвищити ефективність роботи без необхідності повного перепроектування або перепідготовки виробничих ліній. Наприклад, на харчових підприємствах автоматизація може бути застосована для сортування, пакування або змішування інгредієнтів, що дозволяє

зменшити час на виконання рутинних завдань і забезпечити більш стабільну якість продукції.

2. Комплексна автоматизація — це більш глибоке впровадження автоматизованих систем, які охоплюють всі етапи технологічного процесу, від обробки матеріалів до їх транспортування і зберігання. У таких системах усі операції координуються єдиною автоматизованою системою управління, що дозволяє забезпечити максимальну ефективність і мінімум людського втручання. Комплексна автоматизація дозволяє значно покращити продуктивність, знизити витрати та збільшити точність виконання завдань. Впровадження таких систем дозволяє інтегрувати різні етапи виробничого процесу, що призводить до зменшення часу на виконання завдань і забезпечує більшу злагожденість у роботі підприємства.

3. Повна автоматизація — це найвищий рівень автоматизації, при якому всі виробничі процеси і функції контролю передаються автоматизованим системам. У таких умовах людина виконує лише наглядові функції, спостерігаючи за процесами і коригуючи налаштування в разі потреби. Повна автоматизація застосовується у таких сферах, як атомна енергетика, високотехнологічне виробництво, де точність і надійність є критично важливими. Однак навіть в умовах повної автоматизації не можна повністю відмовитися від людського фактора, оскільки в умовах непередбачуваних ситуацій, надзвичайних ситуацій або при потребі в специфічному аналізі, кваліфіковані працівники залишаються незамінними. Це підкреслює важливість підтримки певного рівня контролю з боку людини навіть в умовах високої автоматизації.

Важливість людського фактору

Хоча автоматизація значно знижує вплив людського фактора, важливість кваліфікованих працівників залишається незаперечною. У

складних ситуаціях, коли потрібен спеціалізований аналіз або прийняття рішень в умовах нестандартних ситуацій, люди все ще є незамінними. Саме тому навіть у високоавтоматизованих системах часто зберігається роль операторів і керівників, які відповідають за контроль над процесами, аналіз даних та прийняття важливих рішень. Це дозволяє забезпечити безпеку і стабільність у роботі систем, навіть в умовах змін або непередбачуваних ситуацій.

Таким чином, автоматизація технологічних процесів є потужним інструментом для покращення ефективності виробництва, зниження витрат і забезпечення високої якості продукції. Вона дозволяє підприємствам адаптуватися до сучасних вимог ринку і зберігати конкурентоспроможність, при цьому зберігаючи важливу роль людського фактора в критичних аспектах виробничих процесів.

1.3 Цілі автоматизації

Автоматизація технологічного процесу має значний вплив на ефективність роботи підприємств, допомагаючи не лише знизити витрати, але й значно покращити якість виробництва, забезпечити безпеку праці та сприяти сталому розвитку компанії. Кожен з аспектів автоматизації має своє важливе місце в загальному процесі оптимізації, і разом вони створюють умови для досягнення конкурентних переваг на ринку.

Перш за все, впровадження автоматизації дозволяє значно зменшити потребу в ручній праці. Це дає можливість знизити витрати на заробітну плату, водночас збільшуючи ефективність управління трудовими ресурсами. Відсутність необхідності в чисельному персоналі для виконання рутинних завдань дозволяє звільнити людей для більш складних інтелектуальних

функцій, таких як прийняття управлінських рішень або виконання аналітичних завдань, що не можуть бути автоматизовані.

З іншого боку, автоматизація сприяє значному збільшенню обсягів виробництва. Використання автоматизованих систем дозволяє прискорити виробничі процеси, що дає змогу підприємствам збільшити кількість виготовленої продукції без значного збільшення витрат. Це важливо не тільки для задоволення зростаючого попиту, але й для забезпечення гнучкості підприємства у вирішенні проблем із попитом або виробничими потужностями.

Що стосується ефективності самого виробничого процесу, то автоматизація дає змогу значно оптимізувати робочі операції. Вона скорочує час, витрачений на виконання певних завдань, підвищує швидкість обробки та знижує ймовірність людських помилок. Це дозволяє значно збільшити продуктивність та зменшити час простоїв, що має прямий вплив на загальну ефективність роботи підприємства.

Не менш важливим є і підвищення якості продукції. Автоматизовані системи здатні виконувати операції з високою точністю та стабільністю, що знижує ймовірність помилок і забезпечує однорідність продукції. Завдяки цьому зростає довіра споживачів, і підвищується репутація підприємства, яке виробляє продукцію високої якості.

Іншим важливим аспектом є економія на сировині та енергії. Автоматизація дозволяє зменшити втрати матеріалів і енергетичних ресурсів завдяки точному контролю за їх витратами. Це не лише знижує собівартість продукції, але й дозволяє підвищити рентабельність підприємства.

Автоматизація також сприяє стабільності виробничих процесів, забезпечуючи безперервність випуску продукції та мінімізуючи ймовірність збоїв. Це особливо важливо для підприємств, які працюють у безперервному

режимі або мають жорсткі терміни виконання замовлень. Завдяки автоматизації забезпечується ритмічність, що дозволяє своєчасно реагувати на потреби ринку і виконувати замовлення в необхідні строки.

Безпека праці – ще один важливий аспект, який покращується завдяки автоматизації. Використання роботизованих систем для виконання небезпечних операцій значно знижує ризик травм і нещасних випадків, тим самим підвищуючи загальну безпеку на виробництві. Автоматизація не лише зменшує фізичне навантаження на працівників, але й покращує умови їх роботи.

Екологічний аспект також є важливим, оскільки сучасні автоматизовані технології дозволяють зменшити викиди шкідливих речовин в атмосферу та оптимізувати використання природних ресурсів. Це не лише сприяє збереженню навколишнього середовища, але й дозволяє підприємствам відповідати вимогам екологічного законодавства та стандартів.

Завдяки впровадженню автоматизації підприємства можуть значно підвищити свою економічну ефективність. Скорочення витрат на виробництво, підвищення продуктивності та покращення якості продукції дозволяють компаніям досягти високої рентабельності та зростання прибутковості. Це дає можливість забезпечити стійке фінансове становище на ринку та зберігати конкурентні переваги, навіть у складних економічних умовах.

Таким чином, автоматизація технологічного процесу є не лише інструментом для оптимізації виробництва, але й ключовим фактором, що визначає стратегію розвитку підприємства в умовах сучасного ринку. Вона забезпечує високі стандарти якості, стабільність, зниження витрат та збереження конкурентоспроможності, що робить автоматизацію необхідною умовою для успішного ведення бізнесу в умовах сучасної економіки.

РОЗДІЛ 2 RFID-МІТКИ, ЇХ ВИКОРИСТАННЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ОБЛІКУ ТОВАРУ НА СКЛАДІ.

2.1 Що таке rfid

RFID (радіочастотна ідентифікація) — це інноваційна технологія, яка використовує радіочастотні сигнали для передачі даних, що зберігаються в мікročіпах, інтегрованих у спеціальні теги або картки. Завдяки цьому технологія дозволяє здійснювати автоматичну ідентифікацію об'єктів без необхідності фізичного контакту з ними. Це робить RFID надзвичайно корисною в складських та розподільчих процесах, де необхідно швидко і точно обробляти товари, марковані тегами з важливою інформацією. Вона дозволяє автоматично відстежувати походження, переміщення та призначення кожного товару, забезпечуючи повну прозорість і точність даних на кожному етапі обробки.

Однією з найбільших переваг цієї технології є можливість автоматизованого збору інформації, що мінімізує втручання людини. Це дозволяє значно зменшити час на обробку товарів і знизити ризик помилок, що можуть виникати при ручному введенні даних. Більше того, RFID підвищує безпеку, оскільки всі процеси контролюються автоматично, що значно знижує ймовірність помилок через людський фактор. Як результат, компанії отримують покращену ефективність операцій, швидшу обробку замовлень і точнішу інформацію про наявність товарів, що дозволяє знизити витрати і підвищити продуктивність.

RFID також ідеально підходить для управління складськими запасами. Використовуючи RFID, комп'ютер, підключений до цієї системи, може в режимі реального часу відстежувати рівні запасів на складі. Це дозволяє автоматично визначати, коли товару залишилося мало, або чи знаходяться

запаси на оптимальному рівні, що дозволяє своєчасно поповнити їх і уникнути перебоїв у постачанні.

RFID-теги можуть містити додаткові індикатори для забезпечення правильного зберігання товарів, наприклад, показники температури, вологості тощо. Це особливо важливо для товарів, які потребують особливих умов зберігання. Завдяки вбудованим GPS-модулям RFID-теги можуть відслідковувати місцезнаходження товарів не тільки на складі, а й під час транспортування, що забезпечує повну прозорість ланцюга поставок і дає змогу постійно контролювати не лише кількість, а й точне місце розташування продукції.

Радіочастотні мітки (RFID-теги) складаються з двох основних компонентів: антени та мікрочипа. Мікрочип містить важливу інформацію про об'єкт, зокрема його унікальний ідентифікаційний номер та інші дані, необхідні для ідентифікації. Антена забезпечує радіосигнал для зв'язку з RFID-зчитувачем. Взаємодія між RFID-міткою та зчитувачем здійснюється в різних частотних діапазонах, що визначає максимальну відстань для зчитування:

- **LF (130 кГц):** використовується для зчитування на коротких відстанях і є ідеальним для середовищ з великою кількістю перешкод, таких як металеві поверхні чи рідини.
- **NF (13 МГц):** забезпечує більшу відстань для зчитування і часто застосовується в транспортних картках, пропускних системах та інвентаризації.
- **UHF (900 МГц):** забезпечує зчитування на більших відстанях і вимагає менше енергії для роботи. Цей діапазон є найбільш популярним в логістиці та для великих складських систем, де потрібно відслідковувати товари на великих відстанях.

Ці характеристики роблять RFID потужним інструментом для автоматизації і управління логістичними процесами, підвищуючи ефективність і точність обробки даних.

Важливо: для того щоб RFID-зчитувач і мітка могли "побачити" один одного і успішно взаємодіяти, вони повинні підтримувати один і той самий частотний діапазон. Якщо зчитувач працює в UHF-діапазоні, то мітка повинна бути відповідно налаштована на цей частотний спектр, інакше з'єднання не відбудеться. Тому правильний підбір частот є критичним для ефективної роботи RFID-систем.

2.2 RFID-обладнання: яке буває, як і для чого використовується на складі

Для впровадження автоматизації бізнес-операцій на складі за допомогою **RFID-технології** необхідне відповідне обладнання, яке дозволяє ефективно зчитувати та обробляти радіочастотні мітки. Основні компоненти такої системи включають **RFID-зчитувачі**, **термінали збору даних (ТСД)** з вбудованим RFID-модулем, а також **RFID-принтери**, що забезпечують друк ідентифікаторів безпосередньо на місці зберігання товарів.

Розглянемо детальніше різновиди та характеристики обладнання:

1. **RFID-зчитувачі (ридери):** Це пристрої, призначені для зчитування інформації з RFID-міток. Вони можуть бути стаціонарними або портативними, залежно від потреб підприємства.

- **Стаціонарні RFID-зчитувачі** встановлюються в зонах входу/виходу або інших ключових точках на складі для автоматичного зчитування міток при переміщенні товарів. Вони забезпечують безперервний контроль за рухом товарів і дозволяють швидко отримувати дані в реальному часі.

- **Портативні RFID-зчитувачі** або ручні сканери зручні для використання у складських операціях, що вимагають гнучкості та мобільності. Вони дозволяють працівникам швидко зчитувати мітки з товарів під час інвентаризації або переміщення.

2. **Термінали збору даних (ТСД) з RFID-модулем:** Це багатофункціональні мобільні пристрої, що об'єднують функції зчитувача RFID-міток, сканера штрих-кодів і комп'ютера. Такі ТСД дозволяють співробітникам складу не тільки зчитувати дані з міток, але й оперативно обробляти інформацію, оновлювати бази даних і відстежувати рух товарів у реальному часі. ТСД з RFID-модулями особливо корисні для підприємств, де важливо забезпечити високу точність і швидкість обробки даних під час інвентаризації або комплектування замовлень.

3. **RFID-принтери:** Ці пристрої використовуються на підприємствах для друку RFID-міток або етикеток, що містять радіочастотні чипи. Принтери дозволяють генерувати ідентифікатори безпосередньо на місці, що значно спрощує процес маркування товарів у реальному часі.

- **Характеристики RFID-принтерів** включають можливість друку як простих текстових етикеток, так і складних графічних зображень або QR-кодів на RFID-мітках. Вони також можуть інтегруватися з іншими системами управління складом (WMS), забезпечуючи автоматичне генерування міток для нових товарів.

- Для підприємств, де обсяги обробки великих партій товарів значні, RFID-принтери є незамінним інструментом для швидкої ідентифікації та реєстрації товарів на всіх етапах їх обробки.

Усі ці компоненти працюють у тандемі, створюючи надійну систему автоматизації складських операцій. За допомогою RFID-зчитувачів, ТСД та принтерів підприємства можуть значно підвищити ефективність управління запасами, зменшити кількість помилок та забезпечити точний контроль за переміщенням товарів.

RFID-зчитувачі — це пристрої, призначені для роботи з радіочастотними мітками (RFID). Вони відрізняються за розмірами, діапазоном дії, продуктивністю та іншими характеристиками, що дозволяє вибрати оптимальний варіант для конкретних умов використання. За типом виконання RFID-зчитувачі поділяються на **ручні** та **стаціонарні** моделі.

Ці компактні пристрої зазвичай виконані у вигляді терміналів збору даних (ТСД) або планшетів з вбудованим радіомодулем. Вони не лише зчитують дані з RFID-міток, але й деякі моделі можуть записувати нову інформацію на мітки. Принцип роботи ручних RFID-зчитувачів досить простий: коли радіомітка потрапляє в зону дії ридера, зчитування відбувається автоматично. Після цього отримані дані передаються на комп'ютер за допомогою Wi-Fi або через провідне підключення.

Основні особливості ручних зчитувачів:

- **Форма виконання:** RFID-зчитувачі можуть бути виконані у вигляді смартфонів або терміналів з клавіатурою для введення даних. Деякі моделі мають спеціальну рукоятку у вигляді пістолета, що забезпечує зручніше тримання під час використання, особливо при тривалих роботах зі зчитуванням.
- **Мобільність:** Компактний розмір дозволяє тримати пристрій в долоні, що робить його ідеальним для проведення інвентаризації, контролю за надходженням або відправкою продукції без необхідності бути прив'язаним до комп'ютера. Це дозволяє складським працівникам працювати більш автономно та швидко.

- Передача даних: Інформація, зчитана з RFID-міток, може бути негайно передана на ПК або складську систему управління для обробки. Це значно прискорює роботу, оскільки не потрібно вручну вводити дані про товари.

Переваги використання ручних RFID-зчитувачів:

- Гнучкість та точність: Ручні RFID-зчитувачі дозволяють точно і швидко зчитувати інформацію про товари на складі. Це ідеальний інструмент для інвентаризації, оскільки забезпечує миттєвий доступ до даних без необхідності використання додаткового обладнання.

- Запис і змінення даних: Однією з важливих переваг RFID-міток є можливість змінювати інформацію, що на них зберігається. Наприклад, якщо змінюється місцезнаходження товару або умови його зберігання (температура, вологість), дані можуть бути оновлені на мітці в реальному часі. Це дозволяє постійно контролювати стан продукції, гарантувати дотримання необхідних умов зберігання та уникнути втрат через порушення цих умов.

- Інтеграція з іншими системами: Ручні RFID-зчитувачі легко інтегруються з програмним забезпеченням для управління складом (WMS), що забезпечує ще більшу ефективність процесів на складі. Вони дозволяють швидко оновлювати інформацію про стан запасів та рух товарів, забезпечуючи повну прозорість складських операцій.

Стаціонарні моделі призначені для обробки великих обсягів даних і можуть розпізнавати до 1 500–2 000 радіоміток на секунду на відстані до 300 метрів. Це робить їх ідеальними для великих складських комплексів або виробництв, де необхідно швидко та точно ідентифікувати велику кількість товарів у русі.

Особливості стаціонарних RFID-зчитувачів:

- Міцна конструкція: Стаціонарні зчитувачі мають герметичний та ударостійкий корпус, стійкий до різних зовнішніх впливів, таких як волога, пил, температурні коливання чи механічні удари. Це дозволяє використовувати їх в суворих умовах без втрати продуктивності.
- Різновиди виконання: Стаціонарні RFID-зчитувачі можуть бути виконані в різних формах:
 - Настільні пристрої компактних розмірів, які використовуються для локальної ідентифікації товарів, наприклад, при роботі з окремими одиницями продукції.
 - Портальні RFID-системи або поточні комплекси, які встановлюються над проходами або конвеєрними лініями для безперервного зчитування міток з товарів, що проходять через ці зони.
 - Тоннелі RFID — складні системи для автоматизованого зчитування великої кількості міток одночасно, що робить їх ефективними в зонах прийому або видачі товарів.

Застосування стаціонарних RFID-зчитувачів

Стаціонарні зчитувачі зазвичай встановлюються на критичних ділянках складу, де необхідно здійснювати ідентифікацію великої кількості об'єктів у реальному часі. Наприклад:

- На конвеєрних лініях — для відстеження руху товарів по складу.
- У зонах прийому або видачі — для автоматизації процесу обробки великих партій продукції.
- В зонах перевантаження — для швидкої ідентифікації товарів під час переміщення з одного транспорту на інший.

Завдяки своїй високій продуктивності та надійності, стаціонарні RFID-зчитувачі є незамінними в умовах, де важливо досягти максимального рівня автоматизації та скоротити кількість помилок при обробці товарів.

RFID-принтери є важливим елементом автоматизації бізнес-процесів на складах і виробництвах, оскільки виконують дві основні функції: запис даних на радіочастотні мітки та друк текстової або графічної інформації на їхній поверхні. Це дозволяє створювати повністю ідентифіковані RFID-мітки, які легко читаються як за допомогою RFID-зчитувачів, так і візуально.

Призначення RFID-принтерів

Основна мета використання RFID-принтерів полягає в тому, щоб:

- Записувати дані на вбудовані мікрочіпи радіоміток, що можуть містити унікальну інформацію про товар — від серійних номерів до детальної інформації про виробництво, терміни придатності чи умови зберігання.
- Друкувати на мітці текстову інформацію, штрих-коди або графічні зображення, що дозволяють швидко ідентифікувати товар вручну, якщо немає можливості використовувати RFID-зчитувачі.

Принципи роботи RFID-принтерів

RFID-принтери працюють за простим, але ефективним принципом:

1. Зчитування та запис: Принтер отримує інформацію для запису на чіп мітки і здійснює запис під час процесу друку.
2. Друк: Одночасно з записом, на зовнішню сторону мітки наноситься текстова або графічна інформація, яка полегшує її візуальне розпізнавання.

Класифікація RFID-принтерів

RFID-принтери поділяються за типом конструкції, продуктивністю та сферою застосування. Основні категорії:

- Принтери середньої продуктивності: Ці пристрої здатні обробляти до 10 000 радіоміток за добу, що робить їх придатними для невеликих або середніх підприємств, де обсяг роботи не надто великий. Вони є економічно ефективним рішенням для бізнесів, що прагнуть автоматизувати основні процеси обробки та ідентифікації товарів.

- Промислові RFID-принтери: Високопродуктивні та надійні пристрої, розраховані на великі обсяги роботи. Промислові моделі здатні обробляти до 20 000 міток за зміну при швидкості друку від 152 до 356 мм/сек. Вони також мають посилений корпус, що захищає їх від механічних пошкоджень, пилу та інших несприятливих умов експлуатації на великих складах або виробництвах.

Технічні характеристики промислових RFID-принтерів

- Швидкість друку: В залежності від моделі, швидкість друку може варіюватися від 152 до 356 мм/сек, що забезпечує швидке виготовлення великої кількості міток без втрати якості.

- Пам'ять: Промислові RFID-принтери зазвичай оснащені 1 ГБ оперативної пам'яті (ОЗУ) та 2 ГБ постійної пам'яті (ПЗУ), що дозволяє їм зберігати значні обсяги інформації та забезпечувати стабільну роботу навіть при обробці великих замовлень.

- Захист і довговічність: Високозахищені корпуси дозволяють використовувати ці принтери в умовах підвищеної вологості, температурних коливань або на виробництвах з високим рівнем забруднення. Це робить їх ідеальними для складних умов експлуатації, таких як промислові підприємства або логістичні центри.

Застосування RFID-принтерів

RFID-принтери широко застосовуються на складах, в логістичних центрах і виробництвах, де важливо швидко і точно ідентифікувати товари та їхні характеристики. Вони дозволяють:

- Автоматизувати процес маркування продукції.
- Підвищити точність інвентаризації та знизити кількість помилок при обліку товарів.
- Прискорити процеси обробки та переміщення продукції по складу.

Завдяки своїм можливостям записувати та друкувати RFID-мітки одночасно, ці принтери є незамінним інструментом для автоматизації процесів в різних галузях, від ритейлу до промислового виробництва.

2.3 Застосування та використання rfid на складі

Застосування та використання RFID на складі є важливим кроком в автоматизації складських процесів, що суттєво підвищує точність, швидкість та ефективність операцій. Радіочастотна ідентифікація (RFID) дозволяє відстежувати рух товарів на всіх етапах логістичного ланцюжка, мінімізуючи помилки, пов'язані з ручним управлінням даними.

Можливості RFID на складі

Технологія RFID пропонує широкі можливості для автоматизації та оптимізації складських операцій. Вона спрощує такі процеси, як:

1. Ідентифікація та відстеження товарів: Радіомітки, прикріплені до продуктів, дозволяють автоматично зчитувати інформацію про товари в режимі реального часу. Це забезпечує миттєвий доступ до даних, таких як місцезнаходження товару, його кількість і стан. Немає необхідності вручну вводити або перевіряти інформацію, що значно зменшує кількість помилок.
2. Управління запасами: RFID дозволяє ефективно керувати складськими запасами, контролювати їх поповнення та оптимізувати зберігання. Комп'ютер, підключений до RFID-системи, може в режимі

реального часу відстежувати рівень запасів і передавати інформацію відповідальним особам про необхідність поповнення чи переміщення товарів. Це допомагає уникнути ситуацій, коли товар закінчується або накопичується в надлишку.

3. Оптимізація процесів приймання та відвантаження: RFID-мітки можуть бути встановлені на вантажівках або транспортних засобах, що дозволяє автоматизувати процеси в'їзду та виїзду зі складу. Система автоматично фіксує прибуття чи від'їзд транспортних засобів, контролює завантаження та розвантаження товарів, а також відстежує час перебування транспорту на складі.

4. Контроль обладнання: RFID також можна використовувати для моніторингу роботи вантажно-розвантажувальної техніки, такої як вилкові навантажувачі та конвеєри. Це дозволяє відстежувати їх переміщення, продуктивність і забезпечувати правильне використання обладнання.

Переваги використання RFID на складі

1. Підвищення ефективності: RFID-система дозволяє обробляти великі обсяги даних і контролювати багато товарів одночасно, що прискорює процеси інвентаризації, приймання та відвантаження товарів.

2. Зменшення кількості помилок: Завдяки автоматичному збору та обробці даних виключається необхідність у ручному введенні інформації, що знижує ймовірність людських помилок.

3. Збільшення гнучкості: RFID-система легко інтегрується з іншими складськими системами, що дозволяє покращити координацію і адаптувати процеси під конкретні потреби бізнесу.

4. Точне відстеження: Використання RFID дозволяє контролювати не лише товари, а й їх стан під час зберігання. Це

особливо важливо для продуктів зі специфічними вимогами до температури чи інших умов зберігання.

5. Управління логістикою: RFID допомагає оптимізувати логістичні процеси, відстежуючи переміщення товарів всередині складу та між складом і зовнішніми пунктами доставки. Це дозволяє точніше планувати маршрути і час доставки.

Приклад застосування

Уявімо склад, на якому кожен продукт забезпечений RFID-міткою. Коли товар надходить на склад, система автоматично зчитує інформацію про нього, включаючи дату надходження, місцезнаходження на складі і умови зберігання. Під час інвентаризації система зчитує всі мітки на складі і передає актуальну інформацію в систему управління складом (WMS), оновлюючи дані про наявність і стан продукції. При відвантаженні товарів RFID-система автоматично фіксує кожен переміщений товар, що дозволяє уникнути помилок при комплектуванні замовлень.

Таким чином, застосування RFID на складі відкриває можливості для значного підвищення продуктивності та точності операцій, мінімізуючи витрати на обслуговування та знижуючи ймовірність помилок.

РОЗДІЛ 3: ВИКОРИСТАННЯ МАШИННОГО ЗОРУ У ВИРОБНИЦТВІ

3.1 Загальна характеристика

Машинний зір є однією з найбільш перспективних технологій у сучасному виробництві та автоматичному сортуванні, що здатна значно підвищити ефективність та точність виробничих процесів. Завдяки використанню камер, датчиків, штучного інтелекту (ШІ) та алгоритмів обробки зображень, ця технологія дає змогу автоматизувати багато етапів виробництва, зменшити людський фактор і забезпечити високий рівень контролю якості продукції.

Основні аспекти застосування машинного зору:

1. Покращення точності та ефективності сортування:

Машинний зір дозволяє сортувати продукцію з великою точністю за такими параметрами, як колір, форма, розмір та текстура. Це особливо важливо у таких галузях, як харчова, фармацевтична, електронна та автомобільна промисловість, де висока якість та безпека продукції мають першорядне значення. Системи машинного зору автоматично виявляють дефекти, що забезпечує точний контроль якості на кожному етапі виробничого процесу.

2. Зниження витрат та підвищення продуктивності:

Завдяки впровадженню автоматизованих систем машинного зору підприємства можуть значно знизити витрати на ручну працю, а також мінімізувати людські помилки. Це веде до зменшення виробничих витрат і скорочення часу на виконання операцій. Машини здатні працювати безперервно, що дозволяє значно збільшити загальну продуктивність без необхідності в додаткових людських ресурсах.

3. **Інтеграція з Індустрією 4.0:** Машинний зір є важливим елементом концепції Індустрії 4.0, яка передбачає автоматизацію та взаємозв'язок усіх виробничих процесів за допомогою Інтернету речей (IoT), великих даних, аналітики в реальному часі та штучного інтелекту. Інтеграція машинного зору з іншими технологіями дозволяє створювати більш гнучкі, адаптивні та інтелектуальні виробничі системи, що здатні швидко реагувати на зміни в умовах виробництва та оптимізувати робочі процеси.

4. **Виклики впровадження технології:** Незважаючи на численні переваги, впровадження машинного зору стикається з певними труднощами. Однією з основних проблем є високі початкові витрати на закупівлю і налаштування обладнання, а також потреба у спеціалізованих знаннях для його обслуговування. Для малих та середніх підприємств ці витрати можуть бути значним бар'єром на шляху впровадження таких технологій. Крім того, налаштування системи машинного зору потребує висококваліфікованих спеціалістів, що може ускладнити процес впровадження.

5. **Потенціал для майбутнього:** Технології машинного зору постійно удосконалюються. З розвитком ШІ, зокрема алгоритмів глибокого навчання, та вдосконаленням датчиків і камер, ці системи стають все більш доступними та ефективними. Очікується, що в майбутньому вони стануть ще більш інтегрованими з іншими інноваціями, такими як IoT і робототехніка, що дозволить створювати потужні автоматизовані виробничі лінії, здатні до ще більш гнучкої та точної роботи в реальному часі.

Машинний зір є потужною технологією, що відкриває нові можливості для підвищення продуктивності, точності та якості виробничих процесів. Хоча впровадження цієї технології може вимагати значних інвестицій та спеціалізованих знань, її потенціал у забезпеченні ефективності та зниженні

витрат робить її перспективною для широкого застосування в різних сферах. Технології машинного зору разом із Індустрією 4.0 можуть кардинально змінити підходи до автоматизації та оптимізації виробництва в майбутньому.

3.2 Компоненти систем машинного зору

Системи машинного зору стали ключовим компонентом у сфері автоматизації, значно змінюючи підходи до виробничих та сортувальних процесів. Завдяки своїй здатності забезпечувати високу точність, ефективність та адаптивність, ці технології дозволяють знижувати залежність від людського фактору, підвищувати швидкість обробки та зменшувати кількість помилок. Вони здатні оперативно реагувати на зміни в процесах та працювати з великими обсягами даних, що робить їх незамінними для сучасного виробництва.

Адаптивність і гнучкість машинного зору

Одна з найбільших переваг машинного зору — це його гнучкість у налаштуванні для виконання різних завдань. Системи можуть бути адаптовані для сортування продукції за різними параметрами, такими як форма, розмір, текстура або колір, а також для виявлення дефектів. Ця технологія дозволяє легко коригувати роботу системи під специфічні потреби виробництва, що є важливим в умовах постійно змінюваних вимог ринку та асортименту продукції. Наприклад, у харчовій чи фармацевтичній промисловості, де потрібно забезпечити безпеку і якість продукції, машинний зір дозволяє точно визначити наявність навіть найменших дефектів, таких як подряпини чи тріщини, яких не можна побачити неозброєним оком.

Інтеграція з Індустрією 4.0

Машинний зір є важливою складовою концепції Індустрії 4.0, де інтеграція з іншими передовими технологіями, такими як Інтернет речей (ІоТ)

та штучний інтелект, створює «розумні» виробничі лінії. Вони дозволяють автоматично коригувати параметри виробництва в реальному часі, збирати та передавати дані без участі людини. Така інтеграція не лише підвищує ефективність виробничих процесів, але й оптимізує їх, забезпечуючи зниження витрат і підвищення продуктивності.

Наприклад, за допомогою систем машинного зору можна здійснювати моніторинг стану обладнання, що дозволяє не лише виявляти дефекти продукції, а й прогнозувати технічний стан машини, попереджаючи можливі поломки та знижуючи витрати на технічне обслуговування.

Контроль якості та зниження відходів

Машинний зір відіграє важливу роль у забезпеченні високого рівня контролю якості. Системи здатні виявляти навіть найменші дефекти, які можуть залишитися непоміченими під час традиційної перевірки людським оком. Це дозволяє значно знизити рівень браку та відходів. Оскільки дефектні продукти можуть бути виявлені та відокремлені на ранньому етапі, виробництво стає більш ефективним, а кількість непотрібних витрат на відновлення продукції чи утилізацію зменшується.

Використання штучного інтелекту та машинного навчання

Використання технологій штучного інтелекту та машинного навчання дозволяє системам машинного зору не тільки виконувати стандартні завдання, а й адаптуватися до нових умов. Завдяки здатності виявляти закономірності в великих масивах даних, ці системи можуть здійснювати складний аналіз, прогнозувати можливі дефекти та адаптуватися до змін у виробничих процесах. Вони здатні до самонавчання, що робить їх ще більш точними і ефективними у виконанні завдань автоматичного сортування та контролю якості.

Перешкоди та виклики впровадження

Незважаючи на значні переваги, впровадження систем машинного зору не обходиться без труднощів. Висока вартість початкових інвестицій на закупівлю обладнання та програмного забезпечення є основною перешкодою для багатьох підприємств, особливо малих та середніх бізнесів. Крім того, для налаштування і обслуговування таких систем необхідні фахівці з високим рівнем кваліфікації, що може створити додаткові витрати.

Іншою проблемою є інтеграція нових технологій в існуючі виробничі лінії, що може потребувати значних змін в інфраструктурі підприємства. Проте з розвитком технологій і зниженням вартості компонентів, системи машинного зору стають все більш доступними та зручними для використання в різних галузях.

Майбутнє систем машинного зору

З розвитком глибокого навчання та вдосконаленням методів штучного інтелекту, системи машинного зору зможуть забезпечити ще більшу точність і швидкість обробки зображень. Це дозволить значно зменшити час реагування на зміни в виробничих процесах, підвищити ефективність і забезпечити швидку адаптацію до нових умов.

В майбутньому системи машинного зору будуть не лише підтримувати «розумні» виробничі лінії, а й інтегруватися з іншими технологіями, такими як робототехніка, що дозволить автоматизувати весь виробничий процес від початку до кінця.

Системи машинного зору є важливим елементом сучасних автоматизованих виробничих і сортувальних процесів, забезпечуючи високий рівень точності, ефективності та контролю якості. Вони знижують витрати, підвищують продуктивність і дають змогу підприємствам адаптуватися до змінюваних вимог ринку. Незважаючи на певні труднощі впровадження, перспективи цієї технології в умовах розвитку Індустрії 4.0 та штучного інтелекту залишаються величезними.

3.3 Застосування у виробництві

Системи машинного зору стали важливою складовою сучасних виробничих процесів, суттєво підвищуючи їх ефективність і точність на різних етапах виробництва. Завдяки використанню передових методів обробки зображень, ці технології автоматизують численні завдання, що зумовлює значне зменшення кількості помилок, спричинених людським фактором, а також підвищує результативність. До таких завдань належать підрахунок, сортування та контроль якості продукції, що оптимізує виробничі лінії, забезпечуючи зменшення витрат та покращення кінцевих результатів.

Роботи, оснащені системами машинного зору, здатні виконувати складні операції, зокрема, завдання "взяти та розмістити". У таких випадках вони визначають і маніпулюють окремими об'єктами, що рухаються по конвеєрах або знаходяться в контейнерах. Завдяки високоточним алгоритмам, ці системи забезпечують правильне переміщення та позиціонування продуктів, гарантуючи їх правильне розташування в упаковці чи на збірних лініях. Цей аспект автоматизації дозволяє знизити людське втручання і значно підвищити точність усіх етапів виробництва.

Однією з основних переваг систем машинного зору є їх здатність працювати на основі штучного інтелекту. Системи, що використовують штучний інтелект, можуть ефективно розпізнавати об'єкти, адаптуючись до їх різноманітних форм і розмірів. Це дає змогу підтримувати високу пропускну здатність виробничих ліній, одночасно знижуючи ймовірність помилок, що можуть виникати через людські недосконалості. Розпізнавання об'єктів у реальному часі дає змогу системам машинного зору швидко реагувати на зміни в навколишньому середовищі, що робить їх надзвичайно ефективними.

Важливу роль у роботі систем машинного зору відіграє сортування продуктів. Це може бути сортування за різними критеріями, такими як розмір, форма або колір. Така здатність до динамічного сортування є важливою

умовою для адаптації до змінних вимог на виробничих лініях. Враховуючи, що на кожній лінії можуть виготовлятися продукти з різними параметрами, здатність системи швидко та точно сортувати їх за необхідними ознаками є критично важливою для забезпечення якості та ефективності подальшої обробки.

Системи машинного зору також відрізняються високою адаптивністю, що дозволяє легко їх перепрограмувати. Це робить їх надзвичайно зручними для виробничих середовищ, де асортимент продукції змінюється досить часто. Така гнучкість особливо корисна, коли виробник має справу з великою кількістю різноманітних виробів, що потребують індивідуального підходу до кожного етапу виробничого процесу.

Однією з головних сфер застосування систем машинного зору є контроль якості продукції. Автоматизовані системи інспекції дають змогу швидко виявляти дефекти на ранніх етапах виробництва, що дозволяє забезпечити відповідність продукції високим стандартам якості. Виявлення аномалій або дефектів значно швидше, ніж при ручному контролі, дозволяє знизити відходи та покращити загальний рівень задоволеності споживачів. У свою чергу, це має позитивний вплив на репутацію компанії і на її прибутковість.

Ще однією важливою перевагою використання машинного зору є моніторинг у реальному часі та прогнозування технічного обслуговування. З інтеграцією цих технологій виробники отримують можливість здійснювати моніторинг виробничого процесу в реальному часі, що дозволяє швидко реагувати на несправності, а також здійснювати прогнозування можливих збоїв. Прогнозування технічного обслуговування дозволяє мінімізувати непередбачені простої і значно підвищити ефективність роботи обладнання. Це також сприяє зниженню витрат на обслуговування та збільшенню терміну служби обладнання.

У промисловості технології машинного зору широко використовуються в оптичних сортувальних машинах, що здатні обробляти великі обсяги дрібних компонентів із високою швидкістю. Це особливо важливо для таких галузей, як автомобільна та медична промисловість, де точність є критично важливою. Автоматизовані системи можуть швидко і без помилок здійснювати сортування компонентів, що забезпечує високий рівень якості та безпеки кінцевих продуктів.

Нарешті, системи машинного зору також активно застосовуються для зчитування штрихкодів, що дозволяє ефективно організувати управління запасами та здійснювати контроль за точністю виконання інспекційних і сортувальних завдань. Це дозволяє виключити з процесу неактуальні або непотрібні об'єкти, що зменшує кількість помилок і покращує організацію роботи на всіх етапах виробництва.

3.4 Переваги та недоліки машинного зору в автоматичному сортуванні

Технології машинного зору відіграють дедалі більшу роль у різних галузях промисловості, вносячи значні зміни в процеси автоматичного сортування, контролю якості та управління виробництвом. Ці технології забезпечують численні переваги, які включають підвищення ефективності, точності, а також загальну якість продукції. Впровадження таких систем змінює не лише внутрішні виробничі процеси, але й підвищує конкурентоспроможність компаній на ринку, оскільки дозволяє досягати значно вищих стандартів якості, ефективності та зниження витрат. Завдяки технологіям машинного зору багато компаній змогли значно покращити свою продуктивність, знизити операційні витрати та збільшити загальну економічну ефективність.

Однією з головних переваг, яку надають системи машинного зору, є значне підвищення ефективності виробничих процесів. Традиційні методи сортування, що виконуються вручну, часто є трудомісткими і займають багато часу. Це створює додаткові затримки в процесах виробництва та призводить до утворення вузьких місць, що, в свою чергу, збільшує витрати та знижує загальну продуктивність. Технології машинного зору, використовуючи візуалізацію високої роздільної здатності, дозволяють оперативно захоплювати зображення продукції, проводити їх аналіз і класифікацію з блискавичною швидкістю. Це дає змогу не лише швидше обробляти великі обсяги продукції, але й значно прискорювати виробничі цикли, що в кінцевому підсумку підвищує загальну продуктивність праці. Згідно з дослідженнями, використання машинного зору може підвищити продуктивність праці на 12%, що є суттєвим досягненням для будь-якого виробництва.

Системи машинного зору застосовують складні алгоритми, включаючи розпізнавання образів і машинне навчання, що дозволяє покращувати точність сортування з часом. Кожен етап автоматизованого процесу здійснюється за допомогою високоточних камер і сенсорів, які здатні точно визначити характеристики об'єктів, такі як колір, форма, розмір та текстура. Це дає можливість мінімізувати людські помилки, які можуть виникати під час ручних перевірок або сортування. Крім того, такі системи здатні швидко виявляти дефекти на етапі виробництва, наприклад, тріщини, зміни кольору або інші аномалії, що дозволяє оперативно відсівати браковану продукцію і забезпечувати високий рівень якості. Завдяки такій точності та ефективності витрати на забезпечення якості можуть бути знижені на 10-20%, що безпосередньо впливає на фінансові результати компанії.

Іншою важливою перевагою є економія витрат, досягнута завдяки автоматизації сортувальних процесів. Оскільки багато завдань, які раніше виконувались вручну, тепер автоматизовані, компанії можуть значно зменшити залежність від робочої сили, що дозволяє скоротити витрати на

оплату праці. Окрім цього, машинне зір може значно скоротити витрати на обслуговування обладнання, адже завдяки інтелектуальним системам прогнозування можливих збоїв можна своєчасно провести технічне обслуговування та уникнути дорогих поломок. Це дозволяє знизити витрати на ремонт і технічне обслуговування, а також зменшити час простою обладнання. За допомогою таких систем можна досягти скорочення операційних витрат на 50%, що є важливим фактором для підтримки конкурентоспроможності підприємства.

Водночас, незважаючи на численні переваги, впровадження технологій машинного зору також пов'язане з певними складнощами. Одним з основних викликів є інтеграція нових систем з уже існуючими виробничими процесами. Для забезпечення безперебійної роботи машинного зору необхідно провести тонке налаштування систем під специфічні операційні вимоги підприємства. Це може бути особливо складним у галузях, де виробничі процеси є дуже різноманітними або мають високі вимоги до точності. Інтеграція нових технологій в існуючі робочі процеси часто потребує значних витрат часу і ресурсів. Крім того, постійний розвиток нових стандартів і можливостей вимагає безперервної адаптації, що може спричинити додаткові витрати на оновлення технологій і навчання персоналу.

Ще одним важливим аспектом є високі початкові витрати на впровадження технологій машинного зору. Хоча вартість компонентів і технологій з часом знижується, початкове налаштування систем все ще вимагає значних фінансових вкладень. Це включає закупівлю спеціалізованого обладнання, такого як камери, сенсори, програмне забезпечення для обробки та аналізу зображень, а також створення необхідної інфраструктури для підтримки цих технологій. Для малих і середніх підприємств з обмеженим бюджетом такі витрати можуть стати серйозною перешкодою на шляху до впровадження машинного зору.

Для успішного впровадження таких технологій важливо мати доступ до спеціалізованих знань та досвіду. Багато компаній потребують допомоги зовнішніх консультантів або партнерів, які можуть допомогти з налаштуванням і оптимізацією систем машинного зору. Розвиток внутрішньої експертизи в галузі цифрових технологій також є важливим аспектом для забезпечення безперебійної роботи та ефективності таких систем. Вибір правильних партнерів та розробка стратегії адаптації до нових технологій можуть значно полегшити впровадження систем машинного зору та допомогти отримати максимальну вигоду від цих інвестицій.

Незважаючи на ці виклики, важливо зазначити, що впровадження машинного зору значно знижує ймовірність людських помилок у виробничих процесах. Людський фактор залишається однією з основних причин збоїв і втрат у виробництві. Проте навіть з урахуванням високих технологій, людський контроль над автоматизованими системами залишається необхідним. Важливо забезпечити ефективну взаємодію між людиною і машиною, щоб мінімізувати ризики, пов'язані з хибними результатами або дефектами. Введення додаткових рівнів перевірки та зворотного зв'язку між системою і оператором дозволяє значно підвищити надійність і точність роботи таких систем, покращуючи якість кінцевої продукції.

Таким чином, незважаючи на існуючі труднощі, технології машинного зору відіграють важливу роль у підвищенні ефективності та якості виробництва. Їх впровадження дозволяє підприємствам значно покращити продуктивність, знизити витрати та забезпечити високу якість кінцевого продукту. Системи машинного зору стають все більш доступними, і з кожним роком вони все більше адаптуються до потреб різних галузей, відкриваючи нові можливості для автоматизації та оптимізації виробничих процесів.

РОЗДІЛ 4 РОЗРАХУНОК КОНВЕЄРА

4.1 Вимоги до конвеєра

Конвеєр — це спеціалізоване обладнання, яке використовується для транспортування різних матеріалів або предметів з одного місця в інше. Завдяки своїй універсальності, конвеєри активно застосовуються у багатьох галузях промисловості: від харчової до гірничодобувної. Вимоги до конвеєрів, безумовно, залежать від конкретного виду застосування, типу вантажу, умов експлуатації, але є кілька загальних критеріїв, яких має дотримуватися будь-який конвеєр.

1. Надійність: Перш за все, конвеєр повинен бути надійним, тобто стійким до негативних зовнішніх факторів, таких як вібрації, різкі зміни температури, висока вологість або механічні навантаження. Надійність конструкції є вирішальною, адже навіть невеликі поломки можуть спричинити серйозні збої у виробничому процесі, що, в свою чергу, призведе до великих фінансових втрат для підприємства.

2. Ефективність: Ключовим показником ефективності конвеєра є його здатність забезпечувати високу продуктивність при мінімальних затратах часу. Конвеєр має працювати швидко, без збоїв, а також зберігати точність у переміщенні вантажів. Задача оптимізації роботи конвеєра стає ще важливішою в умовах постійного підвищення виробничих вимог, де кожен зекономлений хвилини чи секунда має значення для загальної продуктивності.

3. Модульність: Сучасні виробничі лінії потребують гнучкості, тому конвеєри повинні бути модульними. Це означає, що їх можна швидко адаптувати до змінних умов виробництва, додаючи чи видаляючи компоненти, як-то змінюючи тип або довжину стрічки, кути

нахилу або навіть додаючи додаткові елементи автоматизації. Модульність дозволяє забезпечити швидкий перехід між різними етапами виробництва.

4. Простота управління: Зручне управління є ще одним важливим критерієм. Конвеєр повинен бути оснащений інтуїтивно зрозумілою системою управління, що дозволяє операторам швидко налаштовувати роботу системи в залежності від виробничих потреб. В автоматизованих виробництвах з мінімальним участю людей, така простота є важливим фактором для безперебійної та безпомилкової роботи.

5. Легкість у монтажі та обслуговуванні: Ще однією вимогою до конвеєрів є зручність у монтажі та обслуговуванні. Чим простіший і доступніший монтаж і налаштування, тим швидше та ефективніше можна провести обслуговування, заміну частин чи ремонт. Це допомагає знижувати час на технічне обслуговування та підвищує тривалість експлуатації системи.

6. Економічність: Це важлива складова, оскільки правильний вибір матеріалів та елементів конвеєра дозволяє знизити експлуатаційні витрати. Важливим є використання енергоефективних мотора і матеріалів, що зменшують знос, а також автоматизації, яка може оптимізувати виробничі процеси, знижуючи споживання ресурсів.

Додатково, сучасні конвеєри часто оснащуються інтелектуальними системами для моніторингу стану обладнання, що дозволяє прогнозувати можливі поломки і вчасно проводити технічне обслуговування, запобігаючи великим збоям у виробничому процесі.

4.2 Вибір типу електроприводу

Вибір типу електроприводу для конвеєра є надзвичайно важливим етапом проектування, оскільки цей фактор безпосередньо впливає на ефективність, надійність і економічність роботи всієї системи. Від правильного вибору приводу залежить не тільки продуктивність конвеєра, але й його довговічність, споживана енергія та вартість обслуговування впродовж експлуатації. Конвеєрні системи часто використовуються в різноманітних галузях, від складських приміщень до великих виробничих підприємств, де навантаження та умови експлуатації можуть сильно варіюватися. Тому вибір типу електроприводу повинен ґрунтуватися на ряді факторів, таких як тип вантажу, вага і об'єм, швидкість руху конвеєра, тип транспортної стрічки, а також умови експлуатації.

Один з найпоширеніших варіантів приводу — прямий електропривод, при якому електродвигун підключається безпосередньо до валу редуктора, що безпосередньо забезпечує рух транспортної стрічки. Такий тип приводу дозволяє значно спростити конструкцію конвеєра, оскільки зменшується кількість додаткових елементів передачі, таких як ремені, ланцюги або додаткові редуктори. Це призводить до зниження можливих точок відмови і полегшує обслуговування системи. Прямий привід може бути як для двигунів змінного струму, так і для двигунів постійного струму, і вибір між ними залежить від багатьох факторів, таких як вимоги до енергоспоживання та можливості регулювання швидкості.

Зміннострумові електродвигуни зазвичай використовуються в більш потужних конвеєрних системах, де важлива висока ефективність та надійність. Вони здатні працювати в режимах з високим навантаженням і забезпечують стабільну роботу протягом тривалого часу. Для систем, де необхідне точне регулювання швидкості або підтримка постійної швидкості при змінних навантаженнях, частіше застосовуються двигуни постійного струму. Вони

дають змогу точно налаштувати швидкість обертання, що є важливим для багатьох автоматизованих виробничих процесів, де необхідна точність у виконанні операцій.

Інший варіант — це використання серводвигунів, які забезпечують високоточне управління швидкістю та позиціонуванням. Такий тип приводу застосовується на автоматизованих виробничих лініях, де важливо не тільки переміщення матеріалу, але й його точне розташування або орієнтація під час транспортування. Серводвигуни можуть бути використані для конвеєрних систем з високими вимогами до точності, таких як сортування або упаковка продукції, де навіть незначні коливання можуть призвести до помилок в роботі.

Вибір між одноmotorним і двомоторним електроприводом безпосередньо залежить від кількості приводних барабанів і довжини самого конвеєра. Для коротших або більш простих конвеєрів з одним приводним барабаном зазвичай достатньо одноmotorного приводу. Така конструкція є економічною та простою в обслуговуванні, оскільки всі механізми та елементи передачі потужності зводяться до мінімуму. Водночас для більш довгих або складних конвеєрних ліній, де можуть використовуватися два приводні барабани, оптимальним рішенням є двомоторний електропривод. У такому випадку кожен з двигунів працює окремо на кожен з барабанів, що дозволяє рівномірно розподіляти навантаження, знижувати ризик перевантаження і забезпечувати більш стабільну і надійну роботу системи в цілому. Це також дає можливість оптимізувати енерговитрати, оскільки при необхідності кожен з двигунів може працювати з мінімальними витратами потужності.

Економічний аспект вибору електроприводу є не менш важливим. Для великих конвеєрних систем, які працюють з великими обсягами матеріалів і постійними навантаженнями, найбільш ефективним рішенням є використання асинхронних двигунів з частотними перетворювачами. Частотні перетворювачі дозволяють точно регулювати швидкість обертання двигуна,

що не лише забезпечує оптимальну роботу конвеєра при мінімальних витратах енергії, але й дозволяє досягти значної економії в умовах інтенсивного використання. Це особливо важливо на великих підприємствах, де експлуатаційні витрати на енергоспоживання можуть становити значну частину загальних витрат.

Автоматизація управління електроприводом — ще один важливий фактор, який має велике значення для сучасних конвеєрних систем. Сучасні електроприводи можуть бути інтегровані в системи автоматизації, що дозволяє значно підвищити ефективність роботи конвеєра. За допомогою датчиків і систем управління, які слідкують за швидкістю, вагою і об'ємом матеріалів, що транспортуються, можна автоматично налаштовувати роботу приводу в реальному часі, адаптуючи його до змінних умов. Це дозволяє зберігати стабільну продуктивність і зменшити кількість людських помилок.

Крім того, важливо враховувати специфічні умови експлуатації, такі як температура, вологість або вибухонебезпечне середовище, які можуть вимагати використання спеціальних захищених компонентів для забезпечення безпеки та надійності роботи системи. Для таких умов можуть застосовуватися електроприводи з додатковими захисними екранами або спеціальними матеріалами, які витримують екстремальні температури або підвищену вологість.

Вибір типу електроприводу для конвеєра — це складний процес, який має бути ретельно продуманий і обґрунтований конкретними вимогами і умовами роботи. Потрібно враховувати всі аспекти, від типу транспортної стрічки та характеристики вантажу до економічних і технічних вимог. Найкращим варіантом є консультація з фахівцями, які зможуть не тільки здійснити детальний аналіз і допомогти з вибором найбільш підходящого приводу, але й забезпечити монтаж та подальше обслуговування, що дозволить забезпечити стабільну і ефективну роботу конвеєрної системи протягом тривалого часу.

4.3 Вибір конвеєрної стрічки

Стрічкові конвеєри є одним з найбільш поширених типів транспортних систем, що використовуються для переміщення різноманітних матеріалів у різних галузях промисловості, таких як добувна, харчова, фармацевтична та інші. Роль стрічки в таких системах полягає в тому, що вона одночасно виконує функції вантажонесучого та тягового органу. Рух стрічки забезпечується за допомогою фрикційного зв'язку з приводним барабаном, що дозволяє ефективно транспортувати вантажі з одного місця на інше. Однак стрічка піддається різноманітним навантаженням, зокрема натягу, тертю, перегину на барабанах, а також взаємодії з матеріалом, що транспортується. Це може призвести до її зносу, а в деяких випадках — до повного руйнування.



Рисунок 4.1 – Стрічковий конвеєр

Вибір типу стрічки для конвеєра є важливим кроком у забезпеченні стабільної і довговічної роботи системи, оскільки стрічка є одним із основних елементів конвеєра. В залежності від умов експлуатації, для стрічкових конвеєрів можуть використовуватися різні види стрічок: гумові, PVC, PU,

металеві та текстильні. Кожен з цих типів має свої переваги і специфічні застосування в залежності від вимог до міцності, гнучкості та умов роботи.

Найбільш популярними серед них є гумовотканинні та гумовотросові стрічки. Гумовотканинні стрічки складаються з кількох шарів тканини (наприклад, поліестеру, нейлону або ПВХ), що забезпечує необхідну міцність і передачу тягового зусилля від приводного барабана. Такі стрічки ідеально підходять для конвеєрних систем середнього навантаження, де важливими є як міцність, так і гнучкість. У випадку гумовотросових стрічок, до складу яких входять сталеві канати, забезпечується підвищена міцність і зменшене відносне подовження, що дозволяє використовувати їх на магістральних конвеєрах великої довжини або в умовах, де потрібно транспортувати важкі або великі вантажі. Такі стрічки мають високу міцність (до 30 кН/см і більше) і мале відносне подовження (до 0,25%), що робить їх оптимальними для транспортування важких вантажів, але через велику масу та складність з'єднання стиків під час поривів, вони використовуються переважно в специфічних умовах.

Основні частини конвеєрної стрічки включають каркас і захисне покриття. Каркас служить для сприйняття поздовжніх та поперечних навантажень, а захисне покриття запобігає механічним пошкодженням каркаса, захищаючи його від стирання та інших впливів, таких як хімічна агресія або вплив високих температур. Для гумовотканинних стрічок верхній шар гуми, який є робочим, повинен бути товстішим за нижній, який виконує роль неробочого. Така конструкція дозволяє максимізувати зносостійкість та ефективність роботи конвеєрної системи.

При виборі матеріалу для конвеєрної стрічки необхідно враховувати кілька ключових факторів. Це, перш за все, тип вантажу, що транспортується — вага, об'єм і хімічні характеристики. Зокрема, якщо вантаж має хімічно агресивні властивості, вибір матеріалу повинен забезпечити його стійкість до таких впливів. Також важливим є визначення швидкості транспортування,

оскільки для високошвидкісних конвеєрів потрібно використовувати стрічки, які зберігають свою цілісність навіть при великих швидкостях руху. Умови експлуатації, зокрема температурний режим, вологість та контакт з агресивними речовинами, також істотно впливають на вибір матеріалу стрічки.

Основні типи стрічок для конвеєрів включають:

1. Гумова стрічка — є найбільш поширеним типом, який відрізняється високою міцністю та зносостійкістю. Вона ідеально підходить для транспортування важких вантажів, таких як камінь, пісок, вугілля тощо, і забезпечує тривалий термін служби навіть при великих навантаженнях.

2. PVC-стрічка — має високу міцність, стійкість до зносу, а також хороші антиадгезійні властивості, що дозволяє використовувати її у харчовій та фармацевтичній промисловості. Вона легко очищається і має високу стійкість до хімічних речовин.

3. PU-стрічка — виготовляється з поліуретану, є міцною і тонкою, підходить для транспортування легких і середніх вантажів. Такі стрічки мають хорошу адгезію і здатні витримувати високі навантаження.

4. Металева стрічка — ідеальна для умов високих температур або для транспортування гарячих продуктів. Вона застосовується в спеціалізованих галузях, де інші типи стрічок не можуть витримати екстремальних температурних режимів.

5. Текстильна стрічка — виготовляється з поліестеру або нейлону і підходить для легких та середніх вантажів. Вона характеризується високою гнучкістю і здатністю адаптуватися до різних форм вантажу.

б. Модульна пластикова стрічка — складається з пластикових ланок, що дає можливість замінювати окремі елементи стрічки. Вона має високу стійкість до хімічних впливів, тому використовується у харчовій промисловості та на лініях упаковки.

Для більшості конвеєрних систем оптимальним вибором може бути гумова стрічка шириною 500 мм, оскільки вона є універсальним і доступним варіантом, який добре відповідає вимогам по міцності, адгезії і довговічності. Вона здатна витримувати високі навантаження і забезпечує стабільну роботу системи навіть при інтенсивному використанні, що робить її оптимальним вибором для широкого спектра вантажів.

4.4 Вибір ПЛК

Вибір програмованого логічного контролера (ПЛК) є важливим етапом у процесі автоматизації технологічних процесів, адже саме від цього залежить ефективність, надійність і зручність експлуатації автоматизованої системи. На ринку представлені різноманітні моделі ПЛК від різних виробників, і кожен з них має свої унікальні особливості та переваги. Тому правильний вибір ПЛК потребує ретельного аналізу і врахування кількох ключових факторів.

1. Вимоги проекту

Першим кроком у виборі ПЛК є чітке визначення вимог до проекту, що включає кількість вхідних та вихідних сигналів, типи датчиків і виконавчих механізмів, які будуть підключатися до контролера, а також швидкість виконання програм та використання спеціалізованих модулів, наприклад, аналого-цифрових перетворювачів чи модулів комунікації. У деяких випадках можуть бути потрібні специфічні функції, як от обробка складних алгоритмів або підтримка високошвидкісних операцій. ПЛК таких брендів, як Siemens, Allen-Bradley або Schneider Electric, пропонують широкий спектр моделей, що

покривають різноманітні потреби, від компактних рішень до більш потужних і складних систем.

2. Масштаб проекту

Інший важливий фактор — це масштаб і складність проекту. Для невеликих проектів, де кількість точок вводу/виводу обмежена і немає потреби в складних функціях, можна обрати компактні ПЛК, здатні виконати основні задачі. Наприклад, Siemens LOGO або ET200SP можуть стати оптимальними варіантами для простих автоматизаційних рішень і систем малого масштабу. Siemens S7-1200 — це оптимальний вибір для середніх за розміром проектів, який поєднує високу ефективність і можливості розширення системи. Однак для великих або високонавантажених проектів можуть бути доцільні більш потужні ПЛК, що підтримують більшу кількість точок вводу/виводу та складніші функції. У цьому випадку варто звернути увагу на Siemens S7-300 або S7-1500, які забезпечують більшу масштабованість і можливість обробки великих обсягів даних. Для складних і великомасштабних проектів, де потрібно працювати з великою кількістю точок вводу/виводу або здійснювати моніторинг і контроль у реальному часі, Allen-Bradley ControlLogix чи Schneider Electric Modicon M580 є прикладами високопродуктивних контролерів, що підходять для таких умов.

3. Надійність і підтримка

Надійність ПЛК є одним із ключових аспектів, адже система повинна працювати безперебійно в умовах підвищених навантажень або навіть в агресивних середовищах. Важливо звертати увагу на репутацію виробника і забезпечення технічної підтримки, а також гарантійні умови. ПЛК від провідних виробників, таких як Siemens, Allen-Bradley або Schneider Electric, мають надійну репутацію, пропонують високу якість і забезпечують доступ до розвинених сервісних мереж по всьому світу. Це гарантує високий рівень підтримки і доступ до запасних частин у разі потреби.

4. Інтеграція з існуючим обладнанням

При виборі ПЛК важливо також враховувати можливості інтеграції з іншими системами або обладнанням. Якщо в проекті передбачається використання різних типів пристроїв, необхідно вибрати ПЛК, який підтримує всі необхідні інтерфейси і протоколи зв'язку. ПЛК Siemens S7-1200, наприклад, підтримує такі популярні стандарти, як Modbus, Profinet, Profibus і Ethernet/IP, що дозволяє безперешкодно інтегрувати його в різні інфраструктури. Інші виробники, як Rockwell Automation з Allen-Bradley або Schneider Electric, також пропонують моделі, що підтримують різноманітні протоколи зв'язку, що дозволяє з'єднувати ПЛК з іншими системами автоматизації, моніторингу та управління.

5. Вартість

Вартість ПЛК може сильно варіюватися залежно від виробника та функціональних можливостей моделі. Водночас важливо пам'ятати, що економія на ціні на етапі вибору може призвести до більших витрат на обслуговування, модернізацію або інтеграцію в майбутньому. Вибір моделі ПЛК повинен базуватися на принципі "ціна-якість", щоб забезпечити не тільки прийнятну ціну на етапі придбання, але й довгострокову економічну ефективність експлуатації. Наприклад, хоча Siemens S7-1200 може бути дорожчим за деякі інші моделі, його надійність, функціональність і можливості для розширення можуть компенсувати початкові витрати у разі тривалого використання.

6. Програмування та сумісність

Легкість програмування та сумісність з розвиненими середовищами для розробки є важливими факторами, які можуть значно полегшити роботу з ПЛК. ПЛК повинні підтримувати різні мови програмування, такі як Ladder Diagram (LD), Function Block Diagram (FBD), структурований текст (ST) та інші. Вибір ПЛК із зручним середовищем для програмування дозволяє

зменшити час на розробку та налагодження системи. Siemens пропонує TIA Portal для програмування своїх ПЛК, що є потужним інструментом для розробки та управління програмами, спрощуючи процес налаштування та інтеграції системи.

7. Розширення та модульність

ПЛК має бути модульним, що дозволяє легко адаптувати систему до змін у вимогах проекту або технологічних процесах. Це дозволяє додавати нові функції або точки вводу/виводу без необхідності повної заміни контролера. Модульність також дозволяє забезпечити розширення системи в майбутньому при зміні виробничих умов. Siemens S7-1200 — відмінний приклад ПЛК, який підтримує модульну структуру. З його допомогою можна легко додавати додаткові модулі для розширення функціональних можливостей, зокрема вводи/виводи, аналогові модулі, комунікаційні модулі, а також розширення для підтримки різних інтерфейсів зв'язку. Це дозволяє будувати гнучкі та масштабовані автоматизовані системи, що можуть рости разом з розвитком підприємства або зміною виробничих вимог.

8. Безпека і діагностика

Не менш важливою є здатність ПЛК до моніторингу стану та виявлення потенційних проблем у роботі. ПЛК повинні мати вбудовані функції для діагностики та моніторингу, що дозволяє виявляти несправності на ранніх етапах і запобігати серйозним поломкам, що можуть призвести до зупинки виробництва. Schneider Electric та Allen-Bradley пропонують ПЛК з високорозвиненими функціями діагностики та моніторингу стану, що підвищує безпеку і надійність роботи автоматизованої системи.

У результаті, вибір ПЛК має бути обґрунтований потребами проекту, специфікацією обладнання та умовами експлуатації. Ретельний підхід до вибору дозволить досягти оптимального балансу між функціональністю, економічністю та надійністю.

4.5 Розрахунок конвеєра

Розрахунок стірчкового конвеєра для транспортування штучного вантажу з гравітаційним завантажувальним пристроєм.

Дано: продуктивність $Z = 2700$ шт/год, геометричні параметри $L = 6$ м, кут нахилу $\beta = 0^\circ$.

Визначаємо ширину стрічки

При переміщенні штучних вантажів ширина стрічки залежить від розмірів вантажу при косому їх розміщенні. Оскільки конвеєр переміщує коробки різних розмірів та ваги, то для полегшення розрахунків викорисовуємо габаритні значення найбільшої коробки.

Розмір вантажу, мм: $l \times b \times h = 600 \times 350 \times 280$,

$G_g = 15$ кг

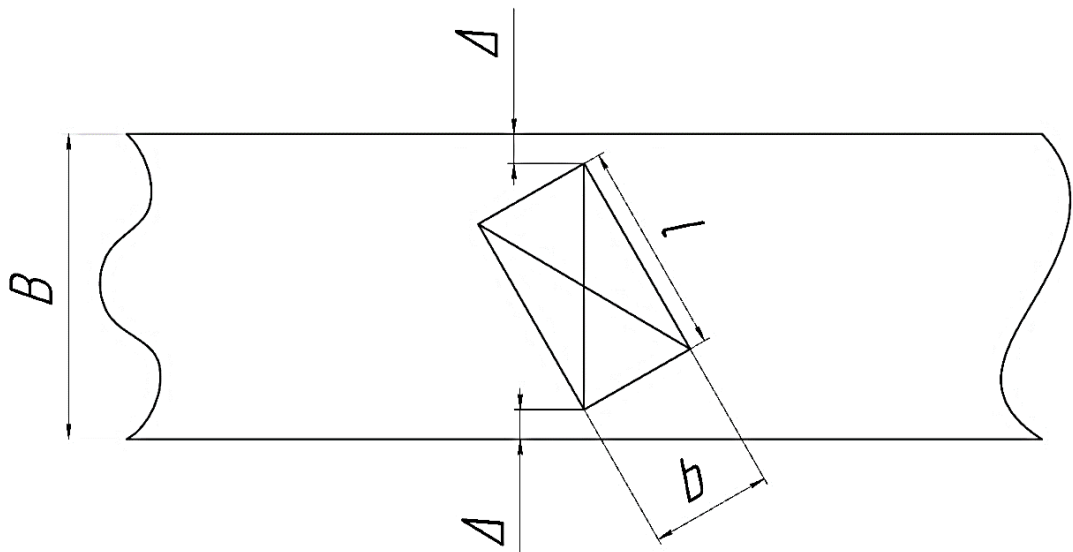


Рисунок 4.1 – Косе розміщення вантажу на стрічки

$$B = \sqrt{l^2 + b^2} + 2\Delta = \sqrt{600^2 + 350^2} + 2 \cdot 30 = 754,622 \text{ мм}, \quad (4.1)$$

Де $\Delta = 30$ мм – відстань від краю стрічки до вантажу.

Згідно стандарту вибираємо $B = 800$ мм.

Крок між вантажами

$$a = \frac{3600 \cdot v}{Z_p} \quad (4.2)$$

Де Z_p – розрахункова продуктивність конвеєра, $v = 0,6$ м/с – швидкість руху стрічки

$$Z_p = Z \cdot \frac{K_H}{K_t} = 2700 \frac{1,2}{0,8} = 4050 \text{ шт/год} \quad (4.3)$$

Де K_H – коефіцієнт нерівномірності заповнення, K_t – коефіцієнт нерівномірності використання конвеєра в часі.

$$a = \frac{3600 \cdot v}{Z_p} = \frac{3600 \cdot 0,6}{4050} = 0,533 \text{ м.} \quad (4.4)$$

Визначення погонних навантажень

Від вантажу:

$$q_B = \frac{G_g}{a} = \frac{15}{0,533} = 28,125 \text{ кг/м,} \quad (4.5)$$

Де $G_g = 15$ кг – маса вантажу.

Згідно ДСТУ вибираємо стрічку типу 2У з прокладками Б-820 з межою міцності однієї прокладки $K_p = 550$ Н/см, з товщиною $\delta_0 = 1,5$ мм.

Попередньо беремо кількість прокладок $i = 3$.

$\delta_1 = 3$ мм, $\delta_2 = 1,5$ мм – товщина верхніх та нижніх обкладок відповідно.

Від стрічки:

$$q_{cm} = 1,1 \cdot B \cdot (i \cdot \delta_0 + \delta_1 + \delta_2) = 1,1 \cdot 0,6 \cdot (3 \cdot 1,5 + 3 + 1,5) = 7,92 \text{ кг/м} \quad (4.6)$$

Від обертових частин ролткових опор:

Обертові деталі верхньої та нижньої опори однакові – прямі, їх вагу розраховуємо за формулою:

$$G_p = \frac{100 \cdot B + 30}{g} = \frac{100 \cdot 0,6 + 30}{9,81} = 11,213 \text{ кг} \quad (4.7)$$

Приймаємо крок розташування верхніх роликів $l_p^e = 0,6$ м,

Тоді нижніх: $l_p^h = 2l_p^e = 2 \cdot 0,6 = 1,2$ м.

(2.7)

Погонні навантаження обертових деталей роликів опор визначаємо для верхньої та нижньої ділянок відповідно:

$$q_p^e = \frac{G_p}{l_p^e} = \frac{11,213}{0,6} = 18,688 \text{ кг/м} \quad (4.8)$$

$$q_p^h = \frac{G_p}{l_p^h} = \frac{11,213}{1,2} = 9,344 \text{ кг/м} \quad (4.9)$$

Визначення натягів стрічки

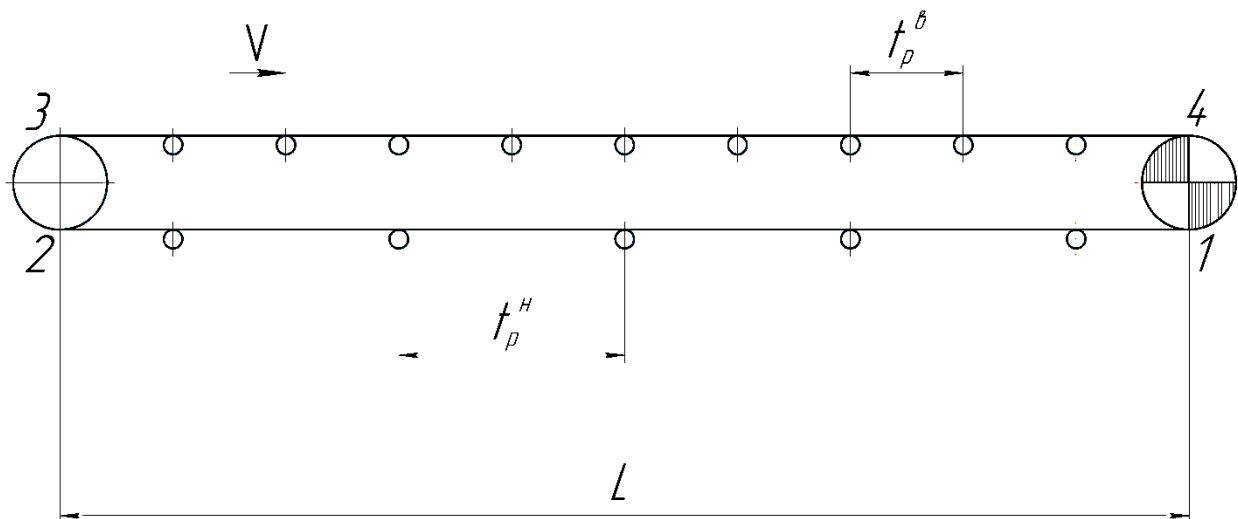


Рисунок 4.2 – Розрахункова схема конвеєра

Тяговий розрахунок стрічкового конвеєра проводиться методом обходу траси конвеєра. трасу розбивають на характерні ділянки з однаковим опором переміщення стрічки, розпочинаючи з точки збігання стрічки з приводним барабаном

$$S_1 = S_{зб}$$

$$S_2 = S_1 + (q_{cm} + q_p^h) \cdot g \cdot \omega_0 \cdot L$$

$$S_2 = S_{зб} + (7,92 + 9,344) \cdot 9,81 \cdot 0,022 \cdot 6 = S_{зб} + 22,355 \text{ Н} \quad (4.10)$$

$\omega_0 = 0,022$ – коефіцієнт, який враховує опір переміщення стрічки на роликів опорах.

$$S_3 = S_2 \cdot K_B = (S_{зб} + 22,355) \cdot 1,025 = 1,025S_{зб} + 22,914 \text{ Н} \quad (4.11)$$

K_B – коефіцієнт, який враховує опір переміщення стрічки по роликів батареям.

$$\begin{aligned} S_4 = S_n = S_3 + (q_g + q_{cm} + q_p^e) \cdot g \cdot \omega_0 \cdot L \\ S_4 = 1,025S_{зб} + 22,914 + (28,125 + 7,92 + 18,688) = 1,025S_{зб} + 93,79 \text{ Н} \end{aligned} \quad (4.12)$$

Вибираємо однобарабанний привод зі стальним барабаном і кутом обхвата барабана $a = 180^\circ$ (3,14 рад): для сухого середовища коефіцієнт тертя $\mu = 0,3$, коефіцієнт щеплення $e^{\mu a} = 2,56$.

Використовуючи рівняння Ейлера маємо систему рівнянь:

$$\begin{aligned} S_{нб} &= S_{зб} \cdot e^{\mu a} \\ \begin{cases} S_{нб} = 1,025 \cdot S_{зб} + 93,79 \\ S_{нб} = 2,56 \cdot S_{зб} \end{cases} \end{aligned} \quad (4.13)$$

В результаті рішення системи рівнянь маємо:

$$S_{зб} = 61,101 \text{ Н}$$

$$S_{нб} = 156,419 \text{ Н}$$

Потрібна кількість прокладок

$$z = \frac{K \cdot S_{зб}}{B \cdot K_p} \quad (4.14)$$

Де K – коефіцієнт запасу, який залежить від типу конвкера. Приймаємо $K = 9,5$

K_p – межа міцності однієї прокладки. $K_p = 550 \text{ Н/см}$

$$z = \frac{K \cdot S_{зб}}{B \cdot K_p} = \frac{9,5 \cdot 61,101}{80 \cdot 550} = 0,33 \quad (4.15)$$

Оскільки мінімальна кількість прокладок 3, то приймаємо $z = 3$.

Найменший натяг стрічки

$$S_{\min} = (4 \dots 5) \cdot (q_{\epsilon} + q_{cm}) \cdot g \cdot l_p = 4 \cdot (28,125 + 7,92) \cdot 9,81 \cdot 0,6 = 848,643 \text{ Н} \quad (4.16)$$

Найменший натяг буде в т. 3

$$S_3 = 1,025 S_{зб} + 22,914 = 1,025 \cdot 61,101 + 22,914 = 85,543 \text{ Н} \quad (4.17)$$

Оскільки $S_{\min} < S_3$, то умова найменшого провисання стрічки не додержується.

Приймаємо натяг в т. 3:

$$S_3 = 900 \text{ Н},$$

$$S_2 = \frac{S_3}{K_B} = \frac{900}{1,025} = 878,049 \text{ Н, тоді} \quad (4.18)$$

$$S_{нб} = S_3 + (q_{\epsilon} + q_{cm} + q_p) \cdot g \cdot \omega_0 \cdot L \quad (4.19)$$

$$S_{нб} = 900 + (28,125 + 7,92 + 18,688) \cdot 9,81 \cdot 0,022 \cdot 6 = 970,875 \text{ Н}$$

$$S_{зб} = \frac{S_{нб}}{e^{\mu \alpha}} = \frac{970,875}{2,56} = 379,248 \text{ Н} \quad (4.20)$$

Тягове зусилля

$$W_T = S_{нб} - S_{зб} + (k_{бар} - 1)(S_{нб} + S_{зб}) = \quad (4.21)$$

$$= 970,875 - 379,248 + (1,025 - 1)(970,875 + 379,248) = 625,38 \text{ Н}$$

Тут $k_{бар}$ – коефіцієнт опору переміщення стрічки по поверхні барабана,

$$k_{бар} = 1,025$$

Кінематичний і силовий розрахунок

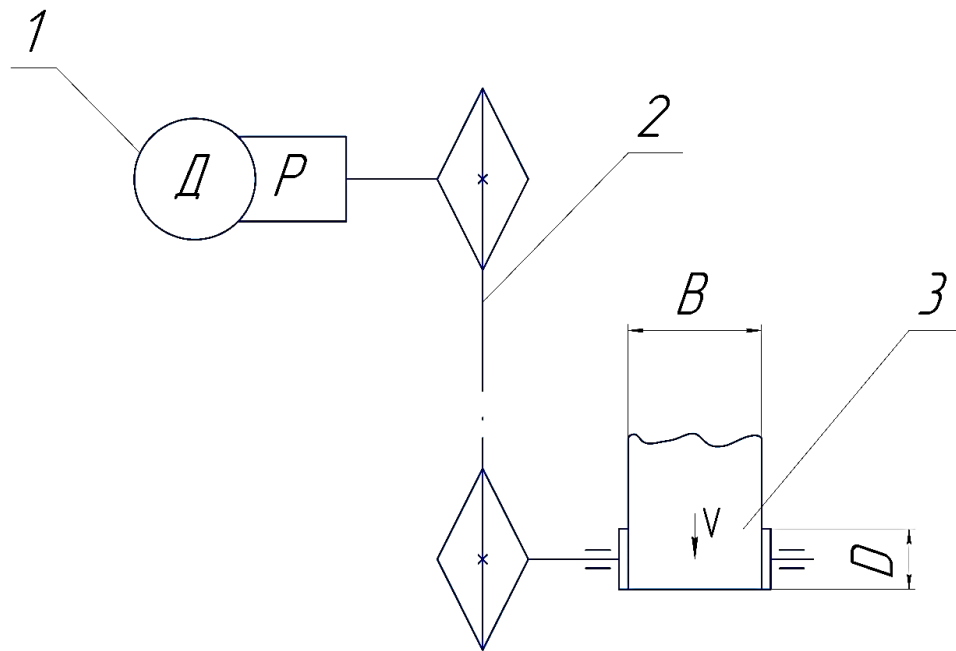


Рисунок 4.3 – Кінематична схема приводу

1 – Двигун-редуктор; 2 – Ланцюгова передача; 3 – стрічковий конвеєр.

Загальний ККД приводу

$$\eta_{\text{заг}} = \eta_{\text{дв}} \cdot \eta_{\text{л.п.}} \cdot \eta_{\text{бар}} \quad (4.22)$$

$\eta_{\text{дв}} = 0,67$ – ККД двигун-редуктора, $\eta_{\text{л.п.}} = 0,92$ – ККД ланцюговою передачею, $\eta_{\text{бар}} = 0,93$ – ККД приводного барабану на підшипниках кочення.

$$\eta_{\text{заг}} = \eta_{\text{дв}} \cdot \eta_{\text{л.п.}} \cdot \eta_{\text{бар}} = 0,67 \cdot 0,921 \cdot 0,93 = 0,573$$

Розрахунок потужності електродвигуна

$$P_{\text{дв}} = k_3 \frac{W_T \cdot v}{1000 \cdot \eta_{\text{заг}}} = 1,3 \frac{625,38 \cdot 0,6}{1000 \cdot 0,573} = 0,851 \text{ кВт} \quad (4.23)$$

Де W_T – тягове зусилля на приводному барабані, $\eta_{\text{заг}}$ – загальний ККД приводу, $k_3 = 1,2 \dots 1,3$ – коефіцієнт, який враховує зусилля, що витрачається на подолання сил інерції конвеєра і вантажу.

Вибираємо двигун-редуктор двохступінчастий планетарний типу ЗМП-50 за каталогом GlobalProm:

Таблиця 4.1 – Технічні характеристики двигуна-редуктора типорозміру МПз-50

Найменування	Позначен	Величина
Крутний момент на вихідном валу,	T	550
Частота обертання, об/хв	n_{dp}	18
Допустиме радіальне навантаження,	F_r	6400
Маса двигуна-редуктора, кг	m_{dp}	75

Таблиця 4.2 – Технічні характеристики двигуна АИР90LB8

Найменування	Позначенн	Величина
Потужність, кВт	$P_{дв}$	1,1
Частота обертання, об/хв	$n_{дв}$	750
Напруга живлення, В	U_n	380
Сила струму, А	$I_{дв}$	3,36
Коефіцієнт корисної дії, %	$\eta_{дв}$	72
Коефіцієнт потужності	$\cos \varphi$	0,69
Частота мережі, Гц	f	50
Співвідношення моментів струму	M_n/M_n	1,8
Співвідношення моменту сили	M_{max}/M_n	2,0
Співвідношення струмів	I_n/I_n	5,0
Момент інерції, кг·м ²	J	0,0090
Вага, кг	m	27

Частота обертання барабана

$$n_{\sigma} = \frac{60 \cdot v}{\pi \cdot D_{\sigma}} \quad (4.24)$$

де D_{σ} – діаметр барабана

$$D_{\sigma} = (125 \dots 130) \cdot z = 130 \cdot 3 = 390 \text{ мм.} \quad (4.25)$$

Приймаємо $D_{\sigma} = 400 \text{ мм.}$

$$n_{\sigma} = \frac{60 \cdot v}{\pi \cdot D_{\sigma}} = \frac{60 \cdot 0,6}{3,14 \cdot 0,4} = 28,662 \text{ об/хв.}$$

Передаточне число ланцюгової передачі

$$U_{л.н.} = \frac{n_{оп}}{n_{б}} = \frac{17,7}{28,662} = 0,618 \quad (4.26)$$

де $n_{оп}$ – частота обертання вибраного двигуна-редуктора, $n_{л.н.}$ – частота обертання вала приводного барабана.

Потужність на валах

$$P_{оп} = P_{ов} \cdot \eta_{оп} = 0,851 \cdot 0,67 = 0,57 \text{ кВт} \quad (4.27)$$

$$P_{б} = P_{ов} \cdot \eta_{заг} = 0,851 \cdot 0,573 = 0,488 \text{ кВт} \quad (4.28)$$

Крутні моменти на валах

$$T_{оп} = 9550 \frac{P_{оп}}{n_{оп}} = 9550 \frac{0,57}{17,7} = 307,608 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (4.29)$$

$$T_{б} = 9550 \frac{P_{б}}{n_{б}} = 9550 \frac{0,488}{28,662} = 162,528 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (4.30)$$

Згідно з проведеними розрахунками, можна зробити висновок, що обраний мотор-редуктор є оптимальним для використання в конвеєрній системі. Він відповідає вимогам завдання, забезпечуючи ефективну роботу з мінімальними енергетичними витратами та максимальною продуктивністю. Використання вказаних параметрів дозволяє досягти стабільної та надійної роботи конвеєра, що сприятиме підвищенню загальної ефективності виробничого процесу.

РОЗДІЛ 5: МОДЕЛЮВАННЯ КОНВЕЄРНОЇ ЛІНІЇ СОРТУВАННЯ

5.1 Елементи моделі

Конвеєрна лінія сортування виконана секційно. Вона складається з 10 конвеєрів довжиною 6 метрів, 5 штовхачів, дифузійних датчиків, електричної шафи, кнопок керування та RFID-зчитувачів. Модель побудована в середовищі Factory I/O. Через особливості роботи програми та взаємодії елементів моделі між собою програмування моделі потрібно здійснювати інакше, ніж якби це були реальні конвеєри, датчики тощо.

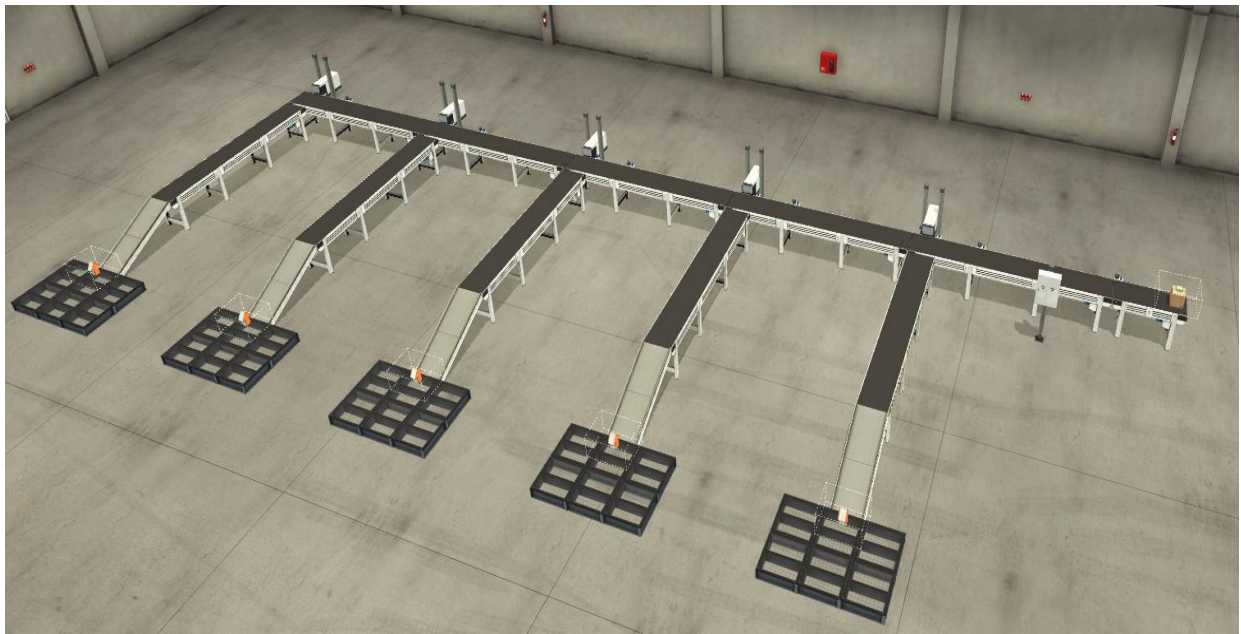


Рисунок 5.1 – 3-Д модель конвеєрної лінії сортування у Factory I/O



Рисунок 5.2 – 3-Д модель стрічкового конвеєра

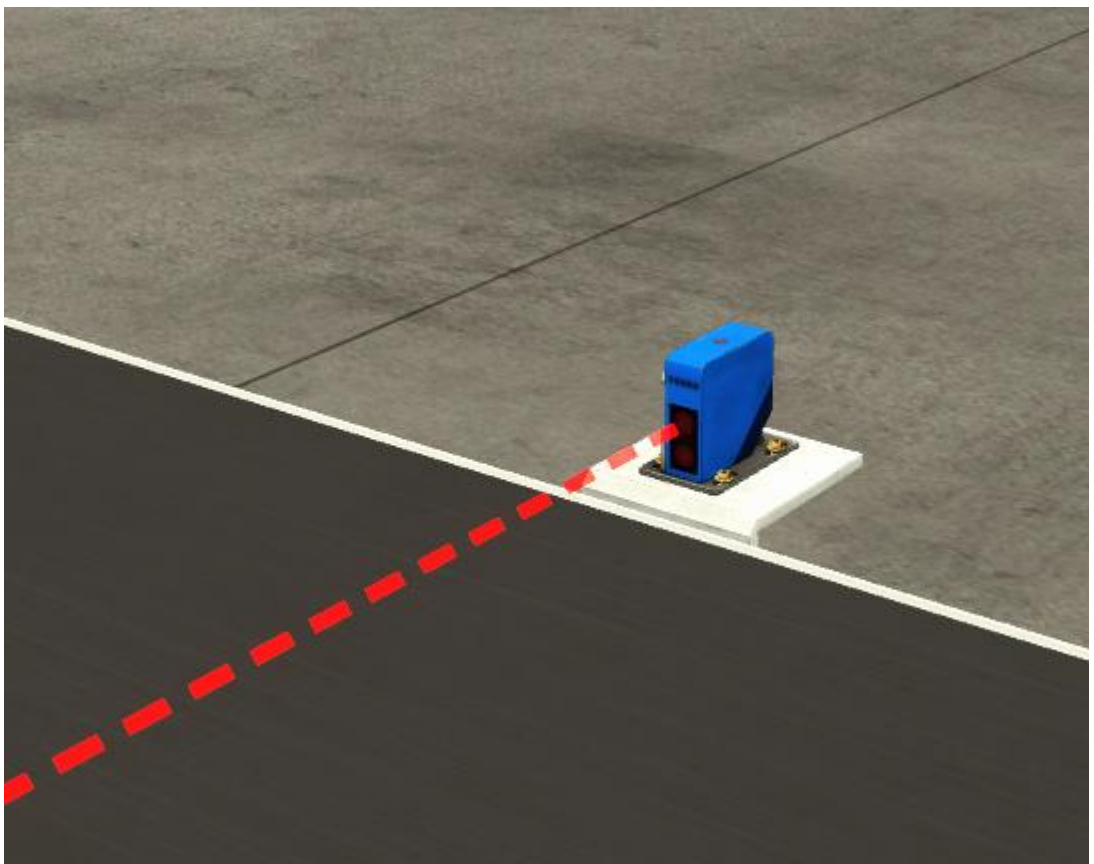


Рисунок 5.3 – 3-Д модель дифузійного датчика

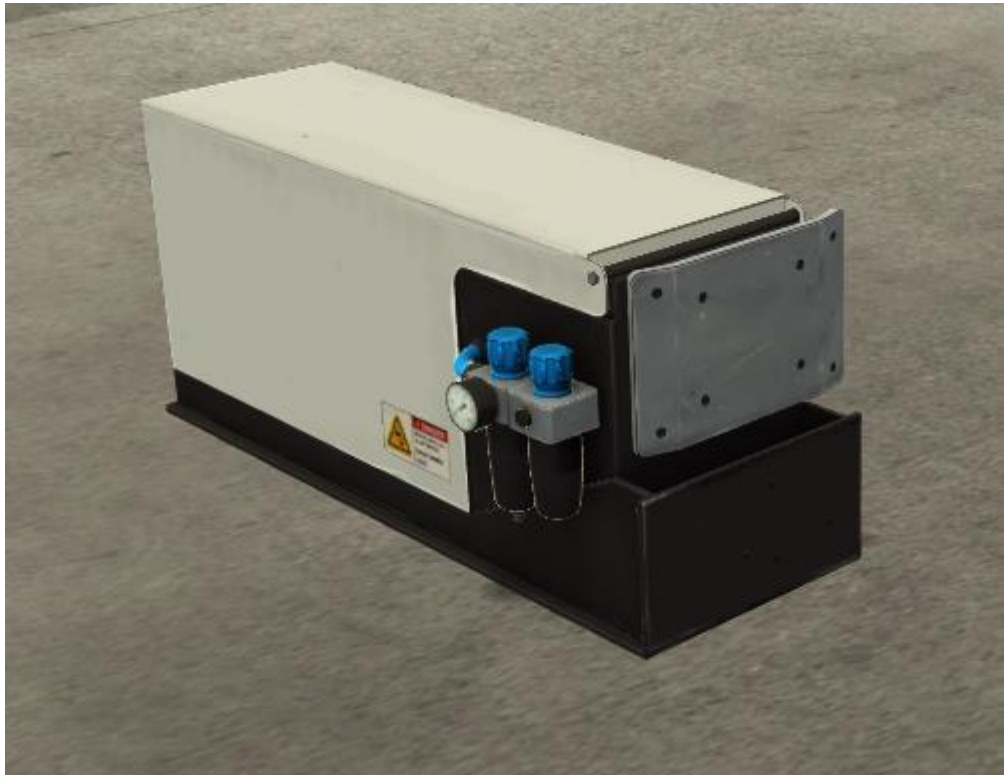


Рисунок 5.4 – 3-Д модель штовхача

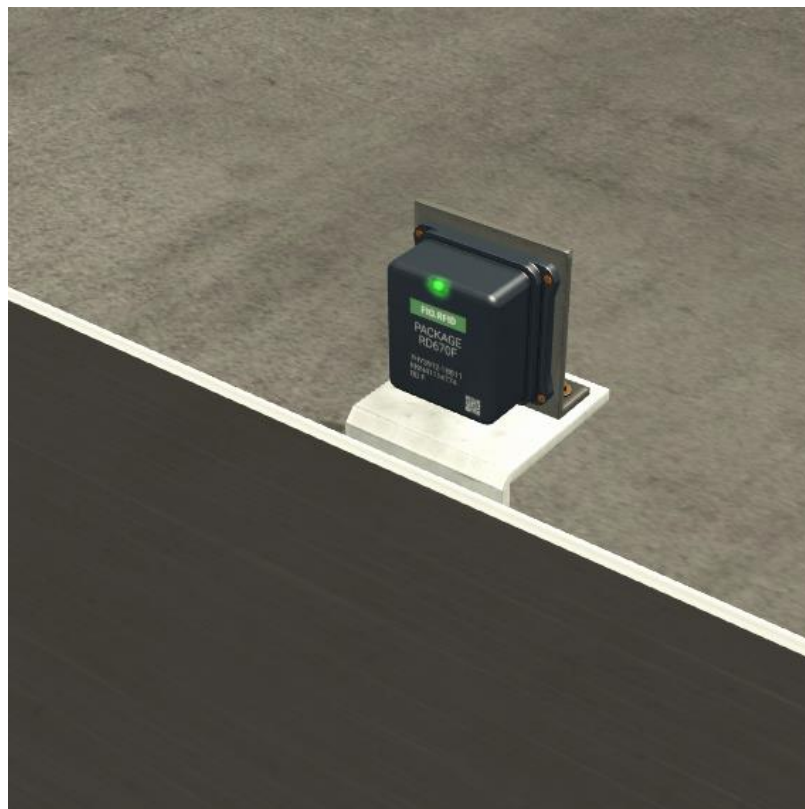


Рисунок – 5.5 RFID считувач

5.2 Загальний опис роботи конвеєрної лінії сортування

На конвеєрну стрічку викладають вантажі, після чого вони автоматично сортуються на різні лінії й доставляються до кінцевої точки. Кожен вантаж має самоклеючу RFID-мітку, на якій записана інформація про пункт призначення. Ця інформація записується заздалегідь, тому завдання оператора зводиться до того, щоб просто розмістити вантаж на стрічці — далі система самостійно сортує їх на основі цих даних.

У Factory I/O кожен вантаж має свій серійний номер і RFID-мітку, однак програмно змінювати ці дані неможливо. Тому напочатку лінії встановлено додатковий RFID-зчитувач, який записує необхідні дані на мітку вантажу. Таким чином, ми імітуємо ситуацію, коли вся потрібна інформація заздалегідь записана на мітку.

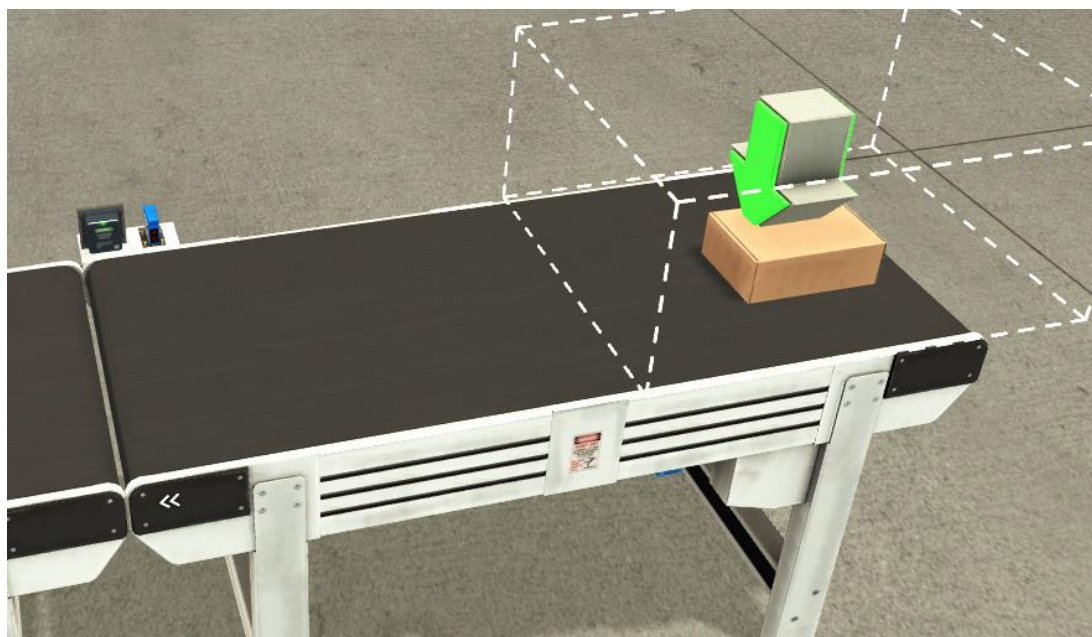


Рисунок – 5.6 Початок конвеєрної лінії

Поряд з кожним RFID считувачем встановлено дифузійний датчик. Він потрібен для того, щоб дати считувачу сигнал на виконання заданої команди.



Рисунок 5.7 – Приклад взаємодії дифузійного датчика та RFID-считувача

5.3 Загальний опис програми сортування

Програма написана на мові LAD і складається з основного блоку MAIN та трьох функціональних блоків: start/stop, RFID_Read та RFID_Write. Для програмування використовується TIA Portal v15, для симуляції конвеєрної лінії — Factory I/O, а для симуляції ПЛК — PLCSim.

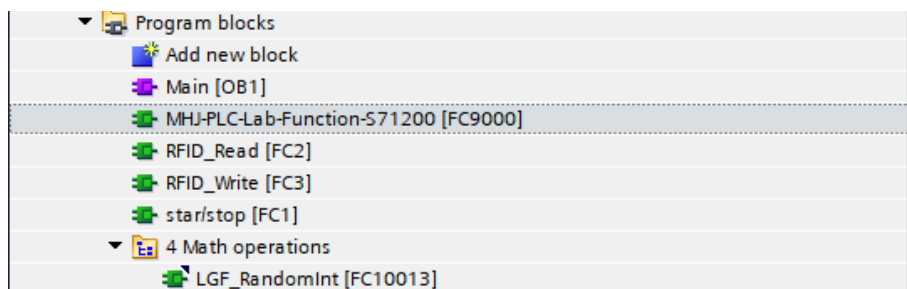


Рисунок 5.8 – Програмні блоки

Для коректної роботи програми PLCsim з Factory I/O необхідно завантажити шаблон із офіційного сайту розробника Real Games. Шаблон є проєктом TIA Portal із попередньо вибраним ПЛК та функціональним блоком, написаним на мові SCL. Тип ПЛК можна змінити на потрібний, але варто врахувати, що для серій S7-1200 і S7-1500 існують різні шаблони. Це важливо, аби система могла функціонувати. Для інших серій ПЛК від Siemens шаблонів немає, тому для роботи з ними у Factory I/O потрібно використовувати або фізичний ПЛК, або інші методи емуляції.

Система сортує вантажі за номером лінії, який задається на початку й виглядає як число від 1 до 5. Для імітації випадкового розподілу вантажів на лінії використано бібліотеку LGF (Library of General Functions). У цій бібліотеці є функціональний блок для генерації псевдовипадкових чисел, написаний мовою SCL, який можна завантажити з офіційного сайту Siemens.

```

29 //Set "No current job" status
30 #error := false;
31 #statusID := #ERROR_IN_THIS_BLOCK;
32 #status := #NO_CURRENT_JOBS;
33
34 //Check if the maximal Value is less than the minimal value
35 IF (#minValue > #maxValue) THEN
36     #error := true;
37     #statusID := #ERROR_IN_THIS_BLOCK;
38     #status := #MAX_LESS_MIN;
39     #LGF_RandomInt := 0;
40     RETURN;
41 END_IF;
42
43 //Read system time
44 #tempTimeStatus := RD_SYS_T(#tempTime);
45
46 IF (#tempTimeStatus <> 0) THEN
47     #error := true;
48     #statusID := #ERROR_RD_SYS_T;
49     #status := INT_TO_WORD(#tempTimeStatus);
50     #LGF_RandomInt := 0;
51     RETURN;
52 END_IF;
53
54 //Calculate a random-start-value depending on the time
55 #tempRandomValue.%B1 := #tempTime.NANOSECOND.%B0;
56 #tempRandomValue.%B0 := #tempTime.NANOSECOND.%B1;
57
58 //adapt the calculated random number to the given number span
59 #tempNormReal := NORM_X(MIN := #MIN_INT, VALUE := #tempRandomValue, MAX := #MAX_INT);
60 #LGF_RandomInt := SCALE_X(MIN := #minValue, VALUE := #tempNormReal, MAX := #maxValue);
61
62 #status := #NO_ERROR;

```

Рисунок 5.9 – Код функціонального блоку генерації псевдовипадкових чисел бібліотеки LGF.

5.4 Модель конвеєрної лінії сортування

Factory I/O дозволяє використовувати як внутрішній емулятор контролера Control I/O, так і реальний ПЛК. В даному випадку використовується симулюємо ПЛК Siematic S7-1200 за допомогою PLCsim.

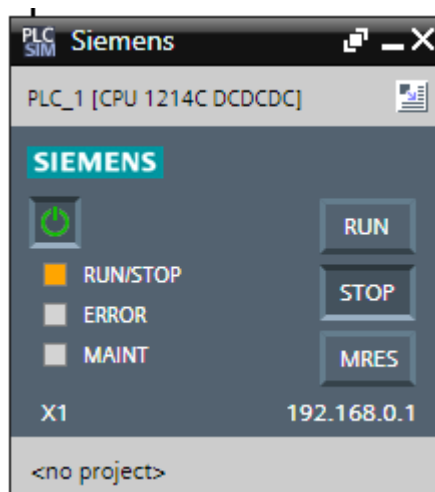


Рисунок 5.10 – Симуляція ПЛК в PLCsim

За допомогою плк Siematic S7-1200 відбувається керування лінією сортування, а сам пуск/стоп за допомогою контактора.

Оскільки в Factory I/O неможливо декілька елементів об'єднати в один або назначити одну змінну, та кожен елемент має свої входи/виходи, кожен елемент підключаємо окремо. Також неможливо створити елементи з необхідними паратетрами, саме тому лінія складається з окремих конвеєрів довжиною в 6 метрів та будується секційно. Наприклад для створення конвеєра довжиною в 12 метрі необхідно поставити два по 6 метрів і підключати їх окремо, хоча в житті, за необхідністю, можливо фізично створити один конвеєр з необхідною довжиною, а все двигуни в схему пуску, що зменшить кількіть входів або виходів ПЛК необхідних для підключення. В такому випадку двигуни можна підключити за класичною схемою пуску асинхронного двигуна.

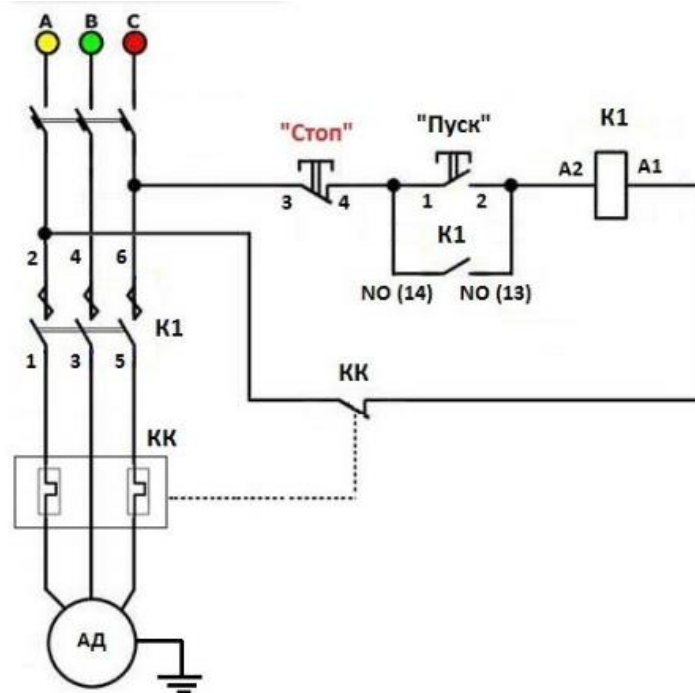


Рисунок 5.11 – Схема пуску асинхронного двигуна

В цій схемі кнопка "Стоп" постійно замкнена. Нажимаючи на кнопку "Пуск" ми замикаємо електричний ланцюг. Контактор (K1) використовується для того, щоб не було необхідності тримати кнопку "Пуск" постійно натиснутою. Після натискання на кнопку катушка контактора замикає контакти і утримує їх. Кнопка "Стоп" розмикає ланцюг.

Оскільки наша модель віртуальна, ми емітуємо контактор двигуна конвеєра. Також через те, що у середовищі Factory I/O кнопка "Стоп" постійно замкнена за замовченням на LAD-діаграмі ми зображуємо її я нормально розімкнену.

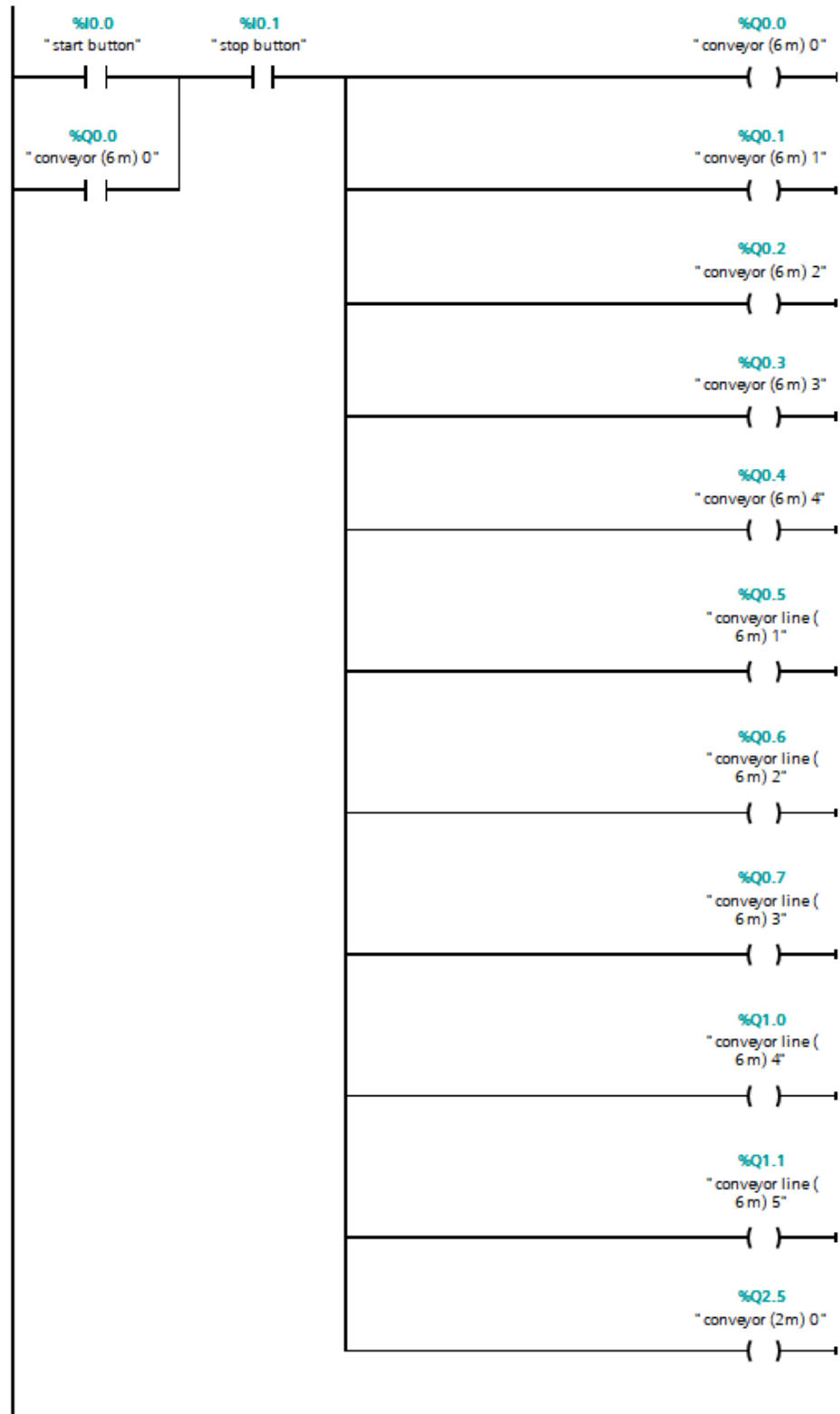


Рисунок 5.12 – Схема пуску/зупинки в блоці start/stop

Після запуску конвеєра вантаж проходить через RFID-зчитувач, який може як зчитувати, так і записувати дані. Зчитувач має 7 тегів, кожен з яких можна налаштовувати.

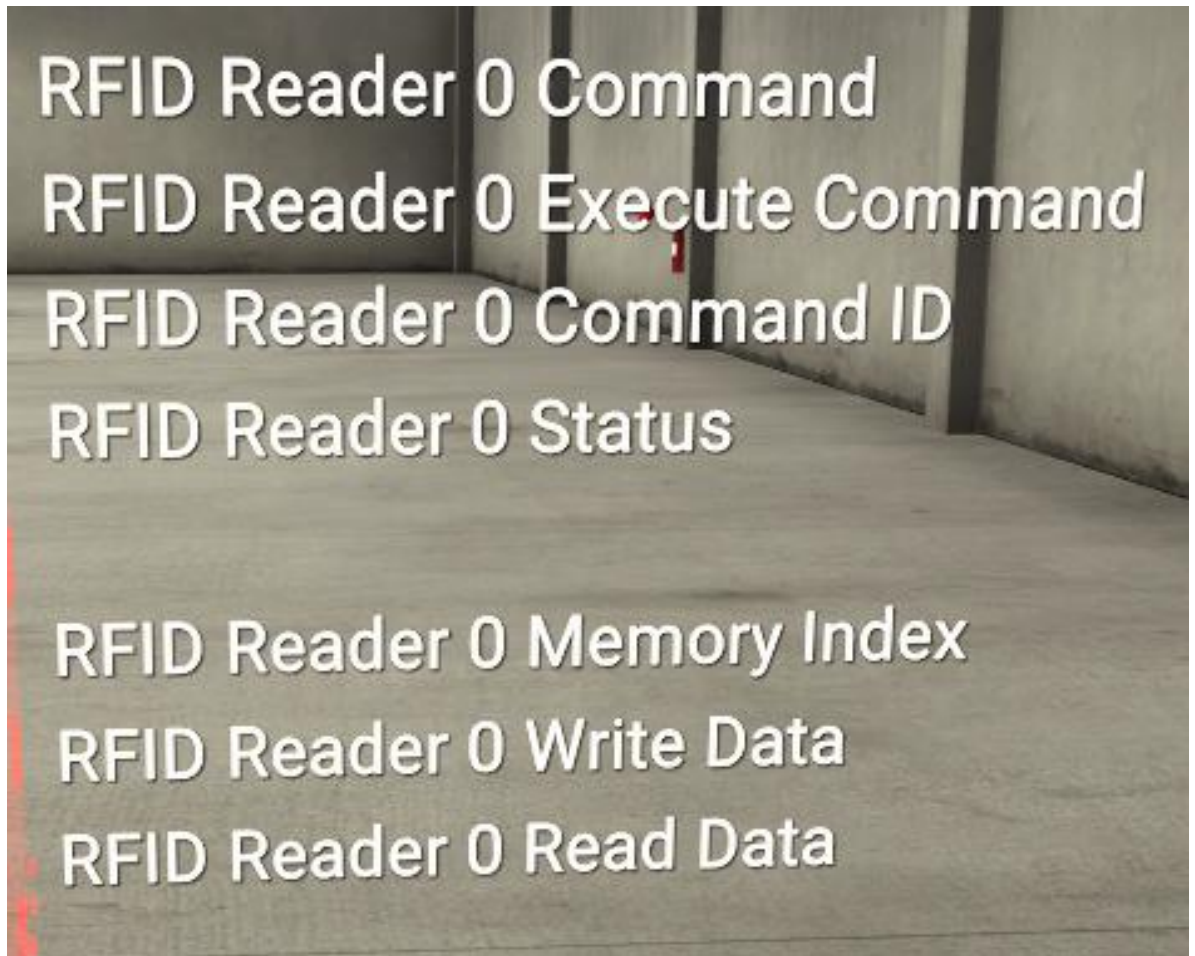


Рисунок 5.13 – Теги RFID считувача в Factory I/O

Розглянемо кожен тег:

- **Тег Command** — використовується для задання команди.

Можливі значення:

- 1 = прочитати серійний номер
- 2 = прочитати дані
- 3 = записати дані
- 4 = очистити всі дані

Тип даних: INT.

- **Тег Execute Command** — подає сигнал для виконання команди, записаної у тегі Command.

Тип даних: BOOL.

- **Тег Command ID** — відображає кількість виконаних команд.

Тип даних: INT.

- **Тег Status** — показує статус виконання команди:
 - 0 = виконано
 - 1 = помилка (відсутній тег)
 - 2 = помилка (багато тегів)
 - 3 = помилка (неприпустимий індекс)
 - 4 = помилка (неприпустима команда)

Тип даних: INT.

- **Тег Memory Index** — задає індекс пам'яті тегів, для операцій читання/запису.

Тип даних: INT.

- **Тег Write Data** — використовується для запису даних, коли Command = 3.

Тип даних: INT.

- **Тег Read Data** — зчитує дані, коли Command дорівнює 2 або 1.

Тип даних: INT.

Для роботи нас цікавлять теги: Command, Execute Command, Memory Index, Write Data та Read Data.

RFID-зчитувачу потрібен елемент, який подасть команду на виконання, причому ця команда має активуватися саме в момент проходження вантажу поруч із ним. Для цього використовується сенсор — у нашому випадку

дифузійний датчик. Коли вантаж проходить повз, датчик подає сигнал на зчитувач. Тому RFID-зчитувач і датчик слід встановлювати поруч.

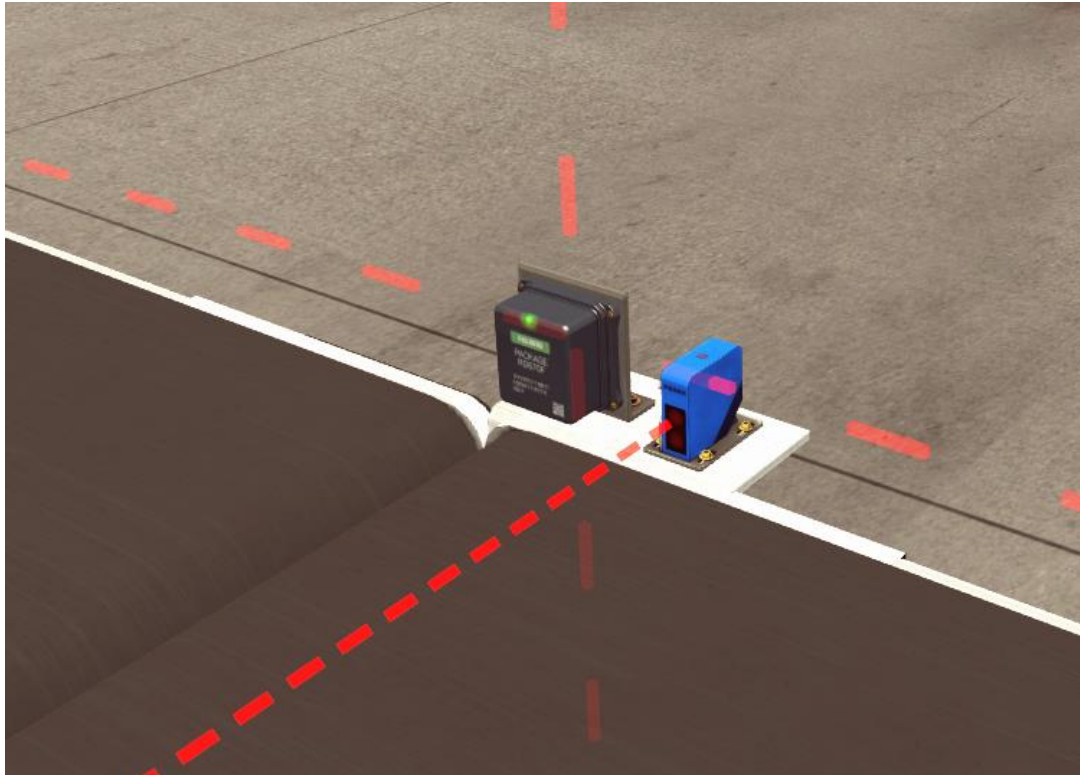


Рисунок 5.14 – Приклад встановлення RFID-зчитувача та дифузійного датчика

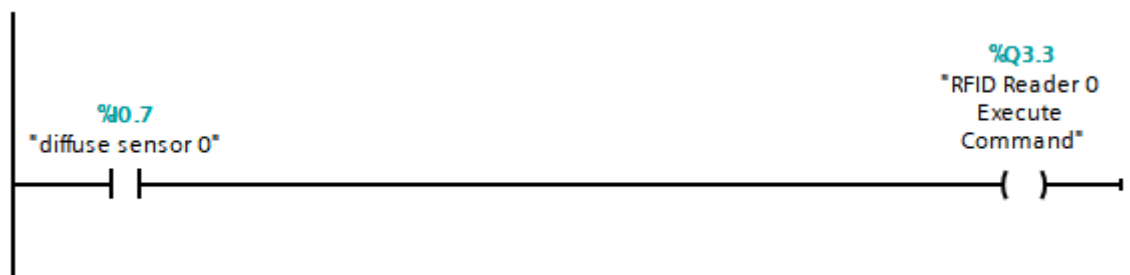


Рисунок 5.15 – Приклад взаємодії RFID-зчитувача та дифузійного датчика

Програмно потрібно встановити код команди для RFID-зчитувача в тег Command. Для запису значення буде 3, а для зчитування — 2. Також для всіх операцій задається індекс пам'яті через тег Memory Index; у нашому випадку це значення 1.

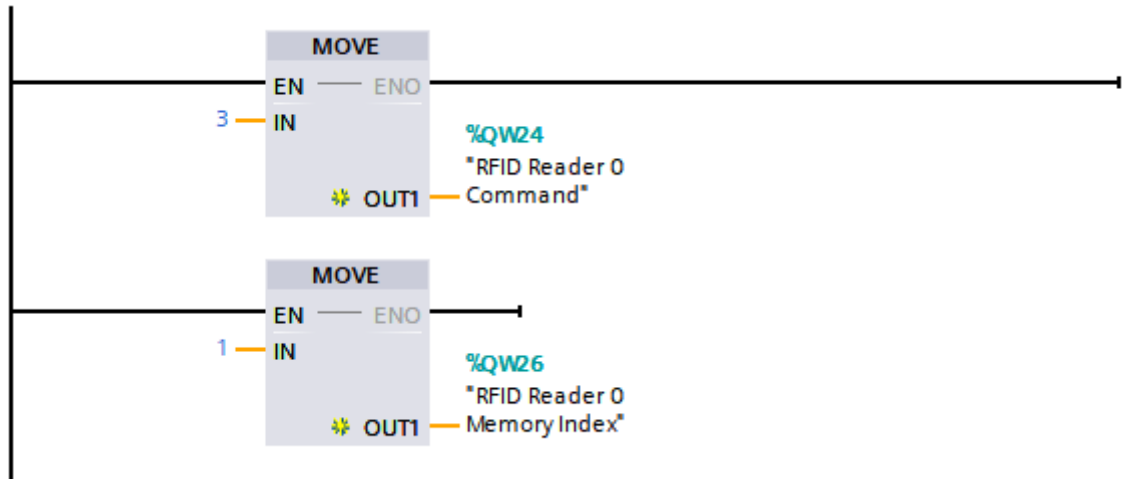


Рисунок 5.16 – Приклад команд для запису даних

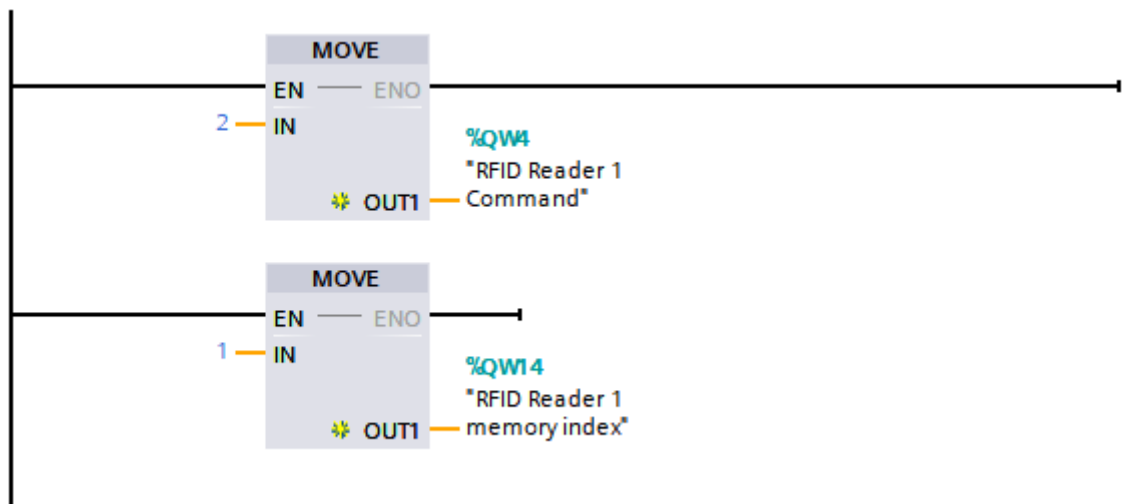


Рисунок 5.17 – приклад команд для считування даних

Після запису даних на мітку вантажу (у нашому випадку це код лінії), вантаж прямує далі для сортування. Оскільки у нас є 5 ліній, потрібно 5 зчитувачів і 5 пристроїв для переміщення вантажу на ці лінії. Для цього використовуються штовхачі.

Особливістю роботи з штовхачами в Factory I/O є те, що вони активуються лише при постійному сигналі (BOOL = 1) і повертаються у вихідне положення одразу при відсутності сигналу (BOOL = 0). Штовхач має спрацювати тільки в момент проходження вантажу, а також за умови відповідності коду лінії, записаного на мітці вантажу, коду лінії, на яку цей штовхач його переміщує.

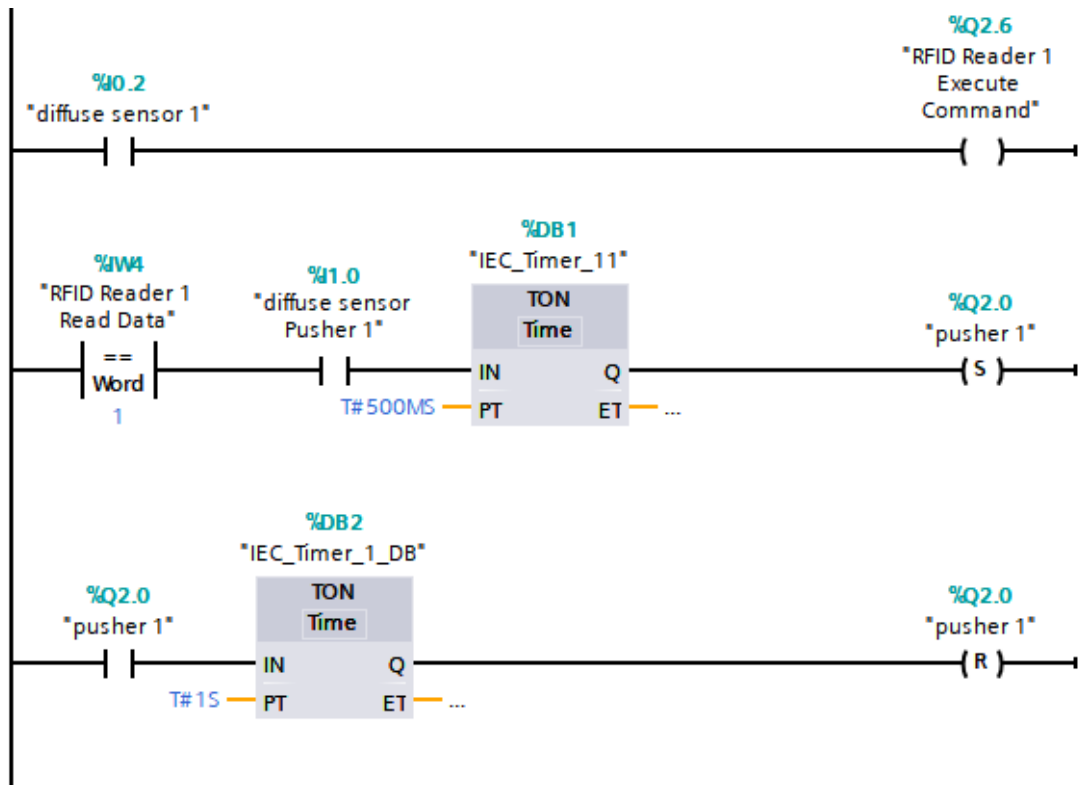


Рисунок 5.18 – Приклад алгоритму спрацювання штовхача

При проходженні вантажу через дифузійний датчик (diffuse sensor 1) він подає сигнал на зчитувач (RFID Reader 1 Execute Command). Отримані дані (RFID Reader 1 Data) порівнюються з заданим програмно кодом лінії, наприклад, 1. Якщо код вантажу і лінія співпадають (обидва 1), сигнал йде далі.

У момент проходження вантажу через дифузійний датчик, встановлений біля штовхача (diffuse sensor Pusher 1), сигнал передається далі через таймер з пріоритетом включення (IEC_Timer_11), який протягом 0.5 секунди дає сигнал на штовхач (Pusher 1) для переміщення вантажу на необхідну лінію. Щоб сигнал не зник після проходження вантажу повз датчик і штовхач не повернувся у вихідне положення раніше, ми фіксуємо сигнал. Таким чином, при зникненні сигналу штовхач продовжить виконувати команду, поки його не скинуть.

Для цього в момент спрацювання штовхача активується таймер (IEC_Timer_1_DB), який через 1 секунду після спрацювання дає команду повернутися штовхачу у вихідне положення. Однієї секунди вистачає, щоб

штовхач висунувся на максимальну відстань і перемістив вантаж на необхідну лінію.

Для псевдо випадкової генерації ми використовуємо бібліотеку бібліотеку загальних функцій (LGF). В ній вже є готова функція генерації випадкових значень за задним діапазоном.

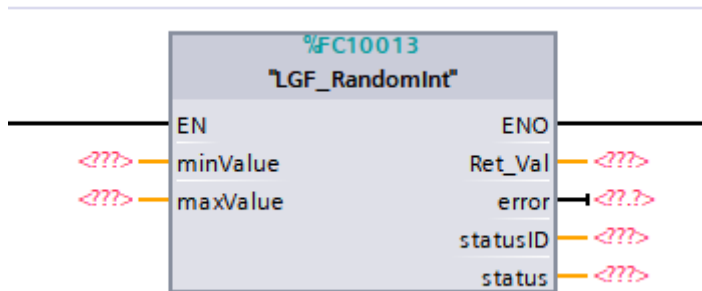


Рисунок 5.19 – Функція генерації випадкових чисел за заданим діапазоном.

Функція генерує випадкові значення в діапазоні: $-2147483648 \leq ReturnVal \leq 2147483647$. Випадкове значення формується з наносекунд поточного системного часу ЦП. Порядок байтів цього значення інвертується, а потім перетворюється на DInt.



Рисунок 5.20 – Алгоритм запису даних на RFID-мітки вантажу

РОЗДІЛ 6: МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ КОРОТКОЗАМКНУТОГО АСИНХРОННОГО ДВИГУНА У ПАКЕТІ MATLAB SIMULINK

6.1 MATLAB Simulink

MATLAB Simulink — це потужне програмне середовище, яке відіграє важливу роль у моделюванні, аналізі та симуляції динамічних систем, і використовується як інженерами, так і науковцями для розв’язання складних технічних задач. Це інтегроване середовище розробки поєднує в собі широкі можливості для створення точних і ефективних моделей, виконання чисельних експериментів і налагодження за допомогою візуальних інтерфейсів. Завдяки таким можливостям Simulink істотно скорочує час, необхідний для розробки складних систем, і робить цей процес простішим і інтуїтивно зрозумілим.

Однією з ключових переваг Simulink є його тісна інтеграція з MATLAB, що дозволяє користувачам об’єднувати потужність обох інструментів. Така взаємодія відкриває нові можливості для глибшого аналізу, моделювання та синтезу складних систем. Середовище Simulink реалізує блокову структуру, де кожен компонент моделі представляється у вигляді блоку, а лінії між ними ілюструють потік даних. Цей підхід дозволяє спрощувати побудову, модифікацію та аналіз складних моделей, що є важливим для інженерних і наукових розробок.

Особливістю Simulink є його здатність моделювати широкий спектр систем, включаючи електричні, механічні, гідравлічні, теплові та біологічні процеси. Завдяки гнучкості цього середовища, користувачі можуть адаптувати моделі під конкретні потреби своїх проектів, враховуючи не лише окремі елементи системи, але й її загальну поведінку. Це дозволяє проводити більш точні міждисциплінарні дослідження, де важливо враховувати взаємодію різних компонентів системи, таких як енергетичні потоки, механічні рухи чи хімічні реакції.

Ще одним важливим аспектом є можливість створення та оптимізації систем управління. Вбудовані інструменти Simulink дозволяють проектувати регулятори PID, автоматизовані алгоритми або складні системи контролю. Це дає змогу моделювати різноманітні стратегії управління, випробувувати їх на чисельних симуляціях і адаптувати до реальних умов експлуатації. Завдяки такому підходу можна ефективно оцінити працездатність розроблених рішень та вдосконалити параметри управління для досягнення максимального результату.

Не менш важливими є інструменти для візуалізації результатів симуляцій. За допомогою графіків, діаграм і анімацій користувачі можуть наочно відображати результати своїх розрахунків і легко аналізувати поведінку моделей. Ці інструменти полегшують виявлення потенційних проблем і допомагають вдосконалювати модель на ранніх етапах розробки, що в свою чергу значно знижує ризик помилок на пізніших етапах.

Simulink також надає можливість автоматичної генерації коду, що є величезною перевагою для тих, хто працює з реальними інженерними системами. Сгенерований код може бути використаний для реалізації моделі на апаратному забезпеченні, зокрема, на мікроконтролерах або спеціалізованих процесорах, що дозволяє значно скоротити час на переведення моделей в реальні продукти. Це дуже важливо для інженерних розробок, де з кожним днем зростає потреба в швидкому впровадженні нових технологій.

Simulink є незамінним інструментом у ряді галузей, включаючи автомобільну промисловість, енергетику, аерокосмічну сферу та багато інших. Завдяки спеціалізованим бібліотекам та наборам інструментів, Simulink адаптується під потреби кожної конкретної сфери. У автомобільній промисловості, наприклад, це середовище застосовують для моделювання та тестування систем автономного водіння та електричних приводів. В аерокосмічній галузі Simulink допомагає в розробці систем керування

авіаційними та космічними апаратами, а в енергетиці використовується для моделювання енергетичних мереж і підвищення енергоефективності.

Загалом, MATLAB Simulink є надзвичайно потужним та універсальним інструментом, який дозволяє ефективно розробляти, аналізувати та тестувати складні системи в різних галузях науки та техніки. Його здатність до інтеграції з іншими інструментами, підтримка автоматичної генерації коду та наявність численних інструментів для візуалізації робить його безцінним для інженерів, науковців і дослідників. У підсумку, Simulink залишається лідером серед програмних засобів для моделювання та симуляції, постійно вдосконалюючись і відповідаючи на зростаючі вимоги сучасного світу.

6.2 Визначення параметрів схеми асинхронної машини за даними каталогу

Розрахунок параметрів схеми заміщення асинхронного електродвигуна базується на точному аналізі даних каталогу. Це дозволяє отримати ключові характеристики, які визначають ефективність і надійність роботи двигуна. Розглянемо основні показники, які є критично важливими для подальших розрахунків.

1. Номінальне ковзання:

$$s_n = \frac{n_s - n_n}{n_s} = \frac{750 - 680}{750} = 0,093 \quad (6.1)$$

де n_s – синхронна швидкість (швидкість обертання магнітного поля);

n_n – номінальна швидкість обертання двигуна.

2. Критичне ковзання:

$$s_k = (m_{\max} + \sqrt{m_{\max}^2 - 1})s_n = (2 + \sqrt{2^2 - 1})0,093 = 0,384 \quad (6.2)$$

де $m_{\max} = M_{\max}/M_n$ - відношення максимального моменту (критичного) до номінального моменту

3. Конструктивний коефіцієнт:

$$c_1 = 1 + \frac{L_{1s}}{L_m} \quad (6.3)$$

На початковому етапі вибирається діапазон можливих значень, що зазвичай знаходиться в межах $c_1 = 1,02 \dots 1,05$. Цей діапазон базується на попередньому аналізі параметрів схеми заміщення і слугує вихідною точкою для подальших розрахунків. Після визначення індуктивностей, які входять до рівняння, проводиться ітераційний процес уточнення. У цьому процесі отримані значення порівнюються з початково обраним діапазоном, що дозволяє поступово звузити похибку розрахунків.

Як правило, двох-трьох ітерацій достатньо, щоб досягти високої точності й отримати значення конструктивного коефіцієнта, яке відповідає як теоретичним, так і практичним вимогам. Це уточнення має критичне значення для забезпечення стабільної та ефективної роботи електродвигуна в різних режимах експлуатації.

4. Коефіцієнт в'язкого тертя:

$$B_T = \frac{\Delta P_{\text{мех}}}{\left(\frac{2\pi n_n}{60}\right)^2} \quad (6.4)$$

5. Механічні втрати: $\Delta P_{\text{мех}}$

Втрати, що виникають через механічні фактори, становлять значну частину загальних втрат двигуна. Вважається, що постійні втрати приблизно дорівнюють третині загальних, а механічні – половині постійних. У цьому контексті механічні втрати $\Delta P_{\text{мех}}$ обчислюються за формулою:

$$\Delta P_{\text{мех}} = P_n \left(\frac{1}{\eta_n} - 1\right) \cdot \frac{1}{6} = 1,1 \left(\frac{1}{0,72} - 1\right) \cdot \frac{1}{6} = 0,071 \text{ кВт} \quad (6.5)$$

6. Сума $P_n + \Delta P_{\text{мех}}$, може бути визначена як:

$$P_n + \Delta P_{\text{мех}} = P_n \left(1 + \left(\frac{1}{\eta_n} - 1\right) \cdot \frac{1}{6}\right) = 1,171 \text{ кВт} \quad (6.6)$$

7. Опір статора:

$$R_s = \frac{1}{2} \frac{U_H^2 (1 - s_H)}{c_1 (1 + \frac{c_1}{s_k}) m_k (P_H + \Delta P_{Mex})} \quad (6.7)$$

$$R_s = \frac{1}{2} \frac{380^2 (1 - 0,093)}{1,035 (1 + \frac{1,035}{0,348}) 1,8 ((1,1 + 0,071) \cdot 10^3)} = 10,39 \text{ Ом}$$

де $m_k = M_k/M_H$ - кратність пускового моменту (каталожний параметр).

8. Опір ротора:

$$R_r = \frac{1}{3} \frac{(P_H + \Delta P_{Mex}) m_k}{(1 - s_H) i_k^2 I_H^2} = \frac{1}{3} \frac{((1,1 + 0,071) \cdot 10^3) 1,8}{(1 - 0,093) \cdot 5^2 \cdot 3,36^2} = 13,42 \text{ Ом} \quad (6.8)$$

де $i_k = I_k/I_H$ - Відношення струму короткого замикання (пускового) до номінального струму.

9. Індуктивність статора та ротора:

$$L_s \cong L_r = \frac{1}{2pf} \frac{U_H}{\sqrt{3} I_H (\sqrt{1 - (\cos(\varphi))^2} - \frac{s_H \cos(\varphi)}{s_k})} \quad (6.9)$$

$$L_s \cong L_r = \frac{1}{2 \cdot 8 \cdot 50} \frac{380}{\sqrt{3} \cdot 3,36 \cdot (\sqrt{1 - (0,69^2)} - \frac{0,093 \cdot \cos(\varphi)}{0,348})} = 0,251 \text{ Гн}$$

10. Індуктивність розсіяння статора и ротора:

$$L_{1s} \cong L_{1r} = \frac{1}{4pf} \sqrt{\left(\frac{U_H}{\sqrt{3} (i_k I_H)} \right)^2 - (R_s + R_r)^2} \quad (6.10)$$

$$L_{1s} \cong L_{1r} = \frac{1}{4 \cdot 8 \cdot 50} \sqrt{\left(\frac{380}{\sqrt{3} (5 \cdot 3,36)} \right)^2 - (10,39 + 13,42)^2} = 0,02262 \text{ Гн}$$

11. Взаємоіндукція:

$$L_m = L_s - L_{1s} = 0,251 - 0,0226 = 0,229 \text{ Гн} \quad (6.11)$$

Розрахункові значення наведені у таблиці 2.2.

6.3 Дослідження моделі асинхронного двигуна в Matlab Simulink

Модель асинхронного двигуна, що використовується в Simscape, за замовчуванням передбачає фазний ротор, як показано на рисунку 6.2, а. У цій моделі клеми А, В, С відповідають за підключення до трифазного напруги, тоді як клеми a, b, c є виходами обмоток ротора. Користувач може змінювати параметри двигуна в абсолютних одиницях, використовуючи діалогове вікно, яке відкривається подвійним натисканням на іконку двигуна (рис. 6.3).

У діалоговому вікні є декілька опцій для налаштування двигуна. У рядку *Rotor type* доступні три варіанти: *Wound* (двигун з фазним ротором), *Squirrel-cage* (короткозамкнений двигун з білячою кліткою) та *Double Squirrel-Cage* (короткозамкнений двигун з подвійною білячою кліткою). Ці опції дають змогу вибрати тип ротора відповідно до специфікацій моделі, що відповідає різним типам асинхронних двигунів.

Крім того, у діалоговому вікні є параметр *Reference frame*, де користувач може обирати між трьома типами систем координат: *Rotor* (обертюва система, що має однакову частоту з ротором), *Stationary* (нерухома система, яка є найбільш природною для розуміння роботи двигуна), та *Synchronous* (система, яка обертається синхронно з частотою мережевого напруги).

Параметри асинхронного двигуна вводяться в абсолютних одиницях, що дозволяє здійснювати точні налаштування для подальшого аналізу. Однак варто зауважити, що ці параметри не завжди наводяться в стандартних довідниках і каталогах, тому для їх розрахунку можуть використовуватись різні методики, описані в попередньому розділі.

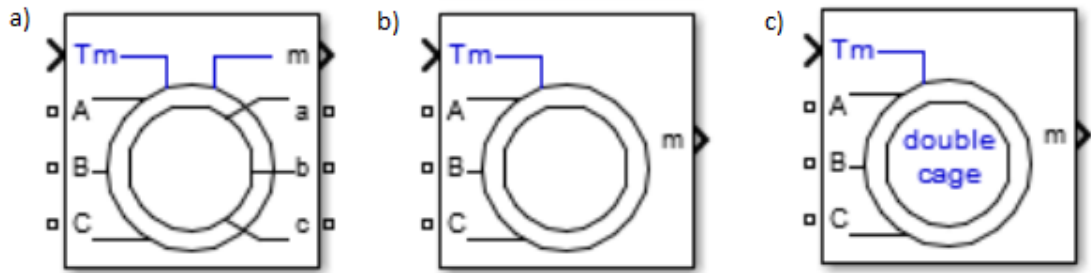


Рисунок 6.1 Віртуальна модель асинхронної машини:

- a) – модель в абсолютних одиницях двигуна із фазним ротором;
- b) – модель короткозамкнутого двигуна (з білячою кліткою);
- c) – короткозамкнений двигун (з подвійною білячою кліткою).

Варто зазначити, що параметри асинхронного двигуна не завжди можна знайти в стандартних довідниках чи каталогах. Однак їх можна розрахувати за допомогою різних методик, як це було описано в попередньому розділі. Ці розрахунки дозволяють отримати точні значення для параметрів двигуна, які необхідні для моделювання в Simulink, забезпечуючи реалістичне відображення роботи системи.

Найпоширенішим вибором є модель короткозамкнутого асинхронного двигуна з білячою кліткою (рис. 3.2, б). Це оптимальний варіант для багатьох типів промислових і побутових застосувань. Для підключення цього двигуна до виходу m в Simulink використовується спеціальний блок **Bus Selector**, який знаходиться в розділі Simulink. Цей блок дозволяє ефективно вибирати й обробляти виходи системи, що необхідні для подальших розрахунків чи візуалізацій.

Тип змінного струму, що використовується для машини, відображається в рядку *Rotor type* і може бути змінений за потреби. Змінити тип ротора можна простим подвійним натисканням лівої кнопки миші (рис. 6.2, 6.3), що дозволяє користувачам адаптувати модель під різні специфікації та вимоги. Це забезпечує гнучкість і точність у моделюванні асинхронних двигунів в різних умовах.

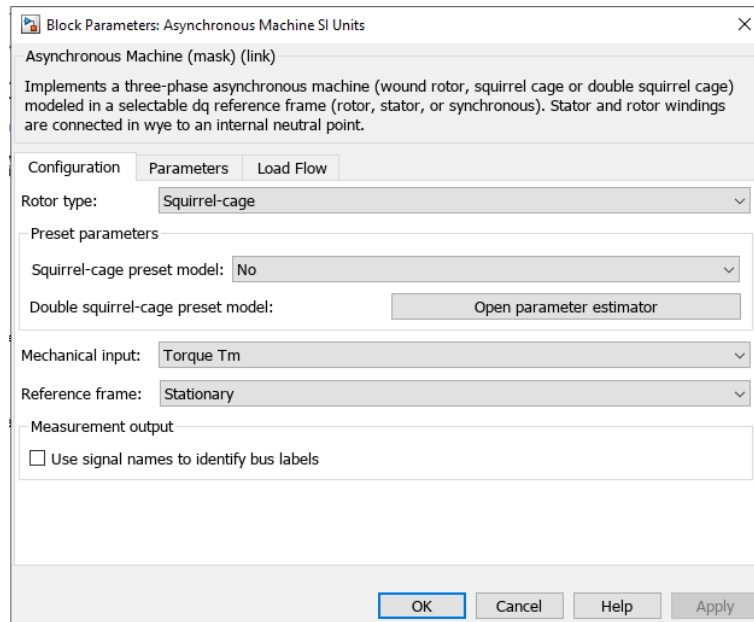


Рисунок 6.2 Вікно налаштування двигуна

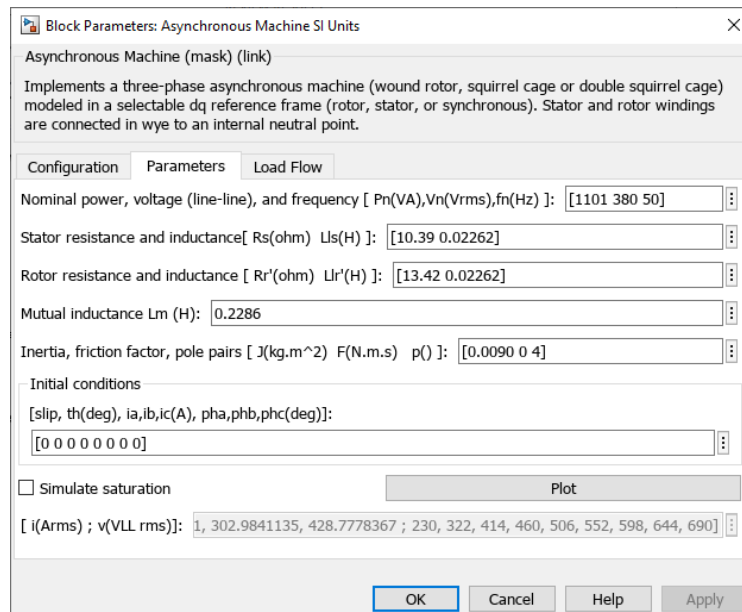


Рисунок 6.3 Вікно введення параметрів двигуна в абсолютних одиницях

При введенні сигналу $T_m T_{mTm}$ на вхід моделі, визначається активний момент навантаження в Ньютон-метрах. Для виконання цього в Simulink на робочому полі моделі необхідно розмістити блок **powergui**, який є основним для налаштування параметрів і режимів симуляції електричних мереж та динамічних процесів.

На рисунку 6.4 зображена схема моделювання процесу запуску асинхронного короткозамкнутого двигуна при підключенні до фазової напруги 220 В або 380 В лінійної напруги з частотою мережі 50 Гц. Така схема дозволяє детально вивчити динаміку роботи двигуна в різних умовах, що створюються при зміні параметрів навантаження. Важливою частиною моделі є активний момент навантаження, який задається через блоки **Step**. Ці блоки використовуються для поступової зміни навантаження, забезпечуючи точне відображення реальних умов експлуатації двигуна.

Через 5 секунд після початку моделювання двигун починає працювати під навантаженням, рівним 15,415 Н·м. Водночас кожні 5 секунд значення моменту зменшується в два рази завдяки блоку **Sum**, що дозволяє моделювати поступове зменшення навантаження на двигун. Це важливий момент, адже в реальних умовах навантаження часто змінюється в часі, і така зміна повинна бути точно відображена в моделі для оцінки ефективності роботи двигуна.

Для побудови трьохфазної схеми живлення використано три блока **AC Voltage Source**, які відповідають за подачу змінної напруги на двигун. Вони мають параметри фазового кута 0° , 120° та -120° , що є стандартними для трифазної мережі. Такий підхід дозволяє створити реалістичне моделювання умов живлення асинхронного двигуна.

Останнім елементом моделі є графічний блок **XY Graph**, який використовується для побудови динамічної механічної характеристики двигуна. Цей блок дозволяє візуалізувати залежність моменту від швидкості обертання в реальному часі, що є важливим для аналізу ефективності роботи двигуна при різних навантаженнях. Він дає змогу відстежувати, як змінюється характеристика двигуна при різних умовах роботи і допомагає оцінити вплив навантаження на його роботу.

Таким чином, весь процес моделювання в Simulink передбачає створення детальної схеми, яка дозволяє врахувати всі необхідні параметри

для дослідження динаміки запуску та роботи асинхронного короткозамкнутого двигуна при різних умовах навантаження і живлення. Це важливий етап для точного аналізу і оптимізації роботи двигуна в реальних умовах.

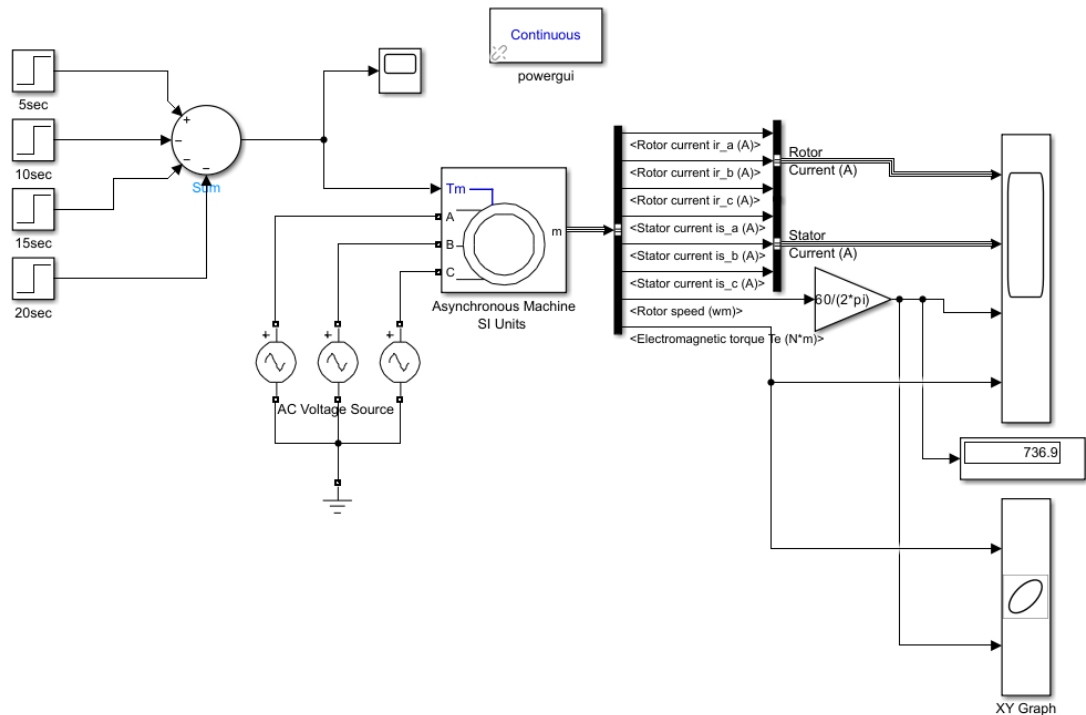


Рисунок 6.4 Модель пуску електроприводу змінного струму з прямим включенням двигуна до мережі

Налаштування блоків AC Voltage Source та Step, що задають синусоїдальні сигнали джерела напруги і лінійні сигнали активних моментів навантаження показано на рисунку 3.5.

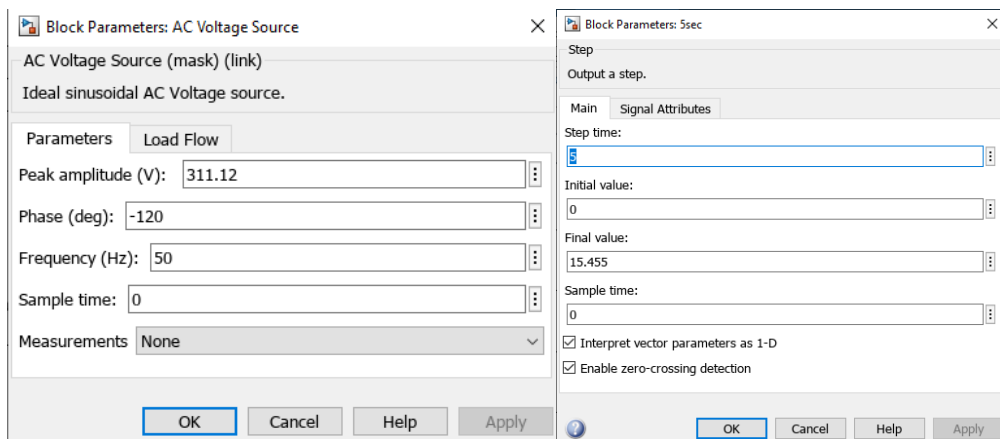


Рисунок 6.5 Налаштування блоків AC Voltage Source та Step

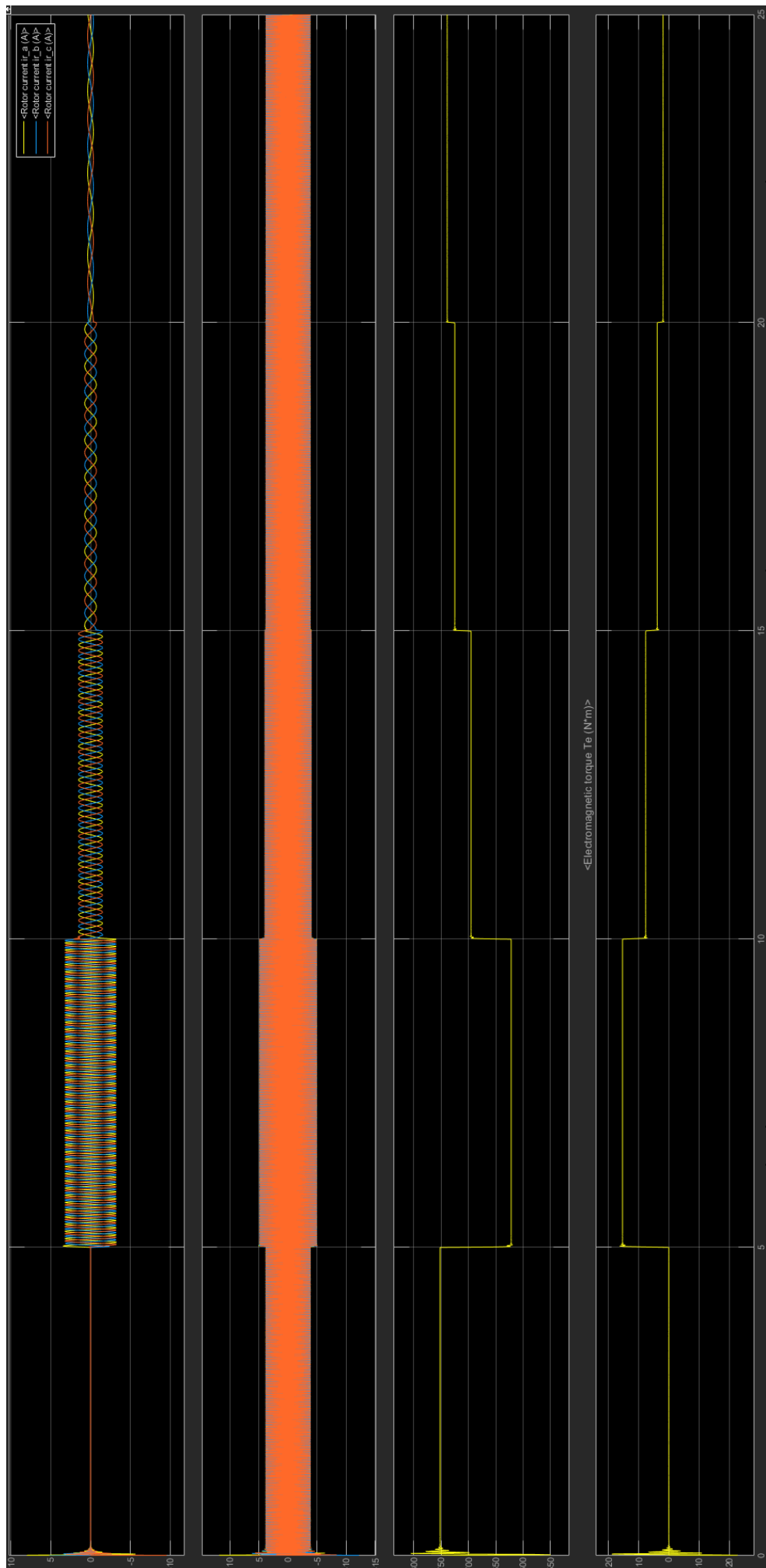


Рисунок 6.6 Перехідні процеси пуску асинхронного двигуна при різному активному навантаженні

Результати моделювання процесів пуску представлені на рис. 6.6. Поточне значення струмів представлено кожній фазі.

На рис. 6.7 наведено зняту при пуску механічну характеристику двигуна. Коливальний характер моменту під час пуску істотно змінює вигляд механічної характеристики.



Рисунок 6.7 Динамічна механічна характеристика асинхронного двигуна при пуску з різним активним моментом навантаження
При пуску максимальний момент досягає значення 800 Н·м.

Висновок

У рамках виконаного дослідження було розроблено і досліджено алгоритм інтелектуального сортування посилок, що є важливою складовою частиною процесу автоматизації у сучасних логістичних системах. Під час роботи було розглянуто ключові технології, які дозволяють значно покращити ефективність та точність сортування, зокрема, використання RFID-міток і програмованих логічних контролерів (ПЛК). Ці технології стали основою для створення алгоритму, що забезпечує високий рівень автоматизації, скорочує час сортування та мінімізує ймовірність помилок.

Одним з головних компонентів розробленого алгоритму є RFID-мітки, які використовуються для безконтактної ідентифікації посилок, що рухаються по конвеєрній лінії. Вони дозволяють здійснювати точний облік кожної одиниці товару, незалежно від його розміру чи ваги. Використання RFID-технології у поєднанні з алгоритмом сортування дозволяє автоматично відслідковувати стан посилок, що значно прискорює процеси обробки і покращує їх точність. Завдяки цій технології, облік посилок стає не тільки швидким, але й максимально точним, що є важливим для сучасних логістичних систем, де час та точність мають першочергове значення.

Не менш важливу роль у розробці алгоритму відіграють ПЛК, які керують усіма процесами на конвеєрній лінії. Програмовані логічні контролери відповідають за управління всіма етапами сортування, включаючи прийняття рішень на основі отриманих даних з RFID-системи. Вибір ПЛК визначає здатність системи працювати на високих швидкостях і з високою точністю, що є необхідним для ефективної роботи сортувального процесу. ПЛК також забезпечують інтеграцію різних компонентів системи, таких як сенсори і зчитувальні пристрої, що дозволяє автоматично адаптувати роботу сортувальної лінії до змін умов і обсягів навантаження.

Важливим етапом роботи стало моделювання процесу сортування, яке продемонструвало ефективність використання RFID-міток та ПЛК в інтегрованій автоматизованій системі. Завдяки використанню цих технологій, вдалося створити алгоритм, який не тільки точно сортує посилки, але й зменшує людський фактор, що неминуче знижує ймовірність помилок. У результаті розробленої моделі конвеєрної лінії посилки швидко і точно направляються до відповідних відділів для подальшої обробки чи доставки.

Отже, розробка алгоритму інтелектуального сортування посилок, заснованого на RFID-мітках і ПЛК, дозволяє значно підвищити ефективність роботи логістичних систем, скоротити час на обробку посилок і зменшити ймовірність помилок. Однак для подальшого вдосконалення цієї технології варто досліджувати можливості інтеграції інших інтелектуальних систем, таких як машинне навчання, для більш гнучкого і адаптивного сортування. Такий підхід відкриває нові горизонти для автоматизації, забезпечуючи ще більшу точність і ефективність у роботі сучасних логістичних підприємств.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Automated Sortation System Market [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.futuremarketinsights.com/reports/automated-sortation-system-market>.
2. Які застосовуються системи сортування товарів на складі та як підібрати оптимальне рішення [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://kapelou.com/blog/statti/systemy-sortuvannia-tovariv>.
3. Автоматизація неперервних технологічних процесів. Навчальний посібник для технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. – Тернопіль: ТДТУ ім. І.Пулюя, 2008. – 239с
4. Автоматизація технологічних процесів_лекції_основні терміни та поняття [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://learn.ztu.edu.ua/mod/resource/view.php?id=187419>.
5. What is a warehouse management system (WMS)? [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.sap.com/products/scm/extended-warehouse-management/what-is-a-wms.html#:~:text=WMS%20meaning%3A%20a%20warehouse%20management,until%20the%20moment%20they%20leave..>
6. RFID technology applied in a warehouse and logistics [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.ar-racking.com/en/blog/rfid-technology-applied-in-a-warehouse-and-logistics/>.
7. AI-Guided Robots Are Ready to Sort Your Recyclables [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://spectrum.ieee.org/ai-guided-robots-are-ready-to-sort-your-recyclables>.
8. Optical Sorting Machines - Industrial Vision Systems [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.industrialvision.co.uk/vision-systems/optical-sorting-machines>.

9. Artificial Intelligence (AI) Algorithms - GeeksforGeeks [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://www.geeksforgeeks.org/ai-algorithms/>.
10. Smart Manufacturing: Machine Vision & Edge AI for Increasing Efficiency [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://avinton.com/en/blog/2022/04/machine-vision-and-edge-ai-in-smart-factories/>.
11. What is Machine Vision - GeeksforGeeks [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://www.geeksforgeeks.org/what-is-machine-vision/>
12. Advancement in artificial intelligence for on-farm fruit sorting and transportation [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2023.1082860/full>
13. A Multi-Flow Production Line for Sorting of Eggs Using Image Processing [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://www.mdpi.com/1424-8220/23/1/117>.
14. Is Machine Vision Transforming Manufacturing? [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://qualitastech.com/blog/machine-vision-revolutionizing-manufacturing/>.
15. Transforming Manufacturing with Machine Vision Technology - Wevolver [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://www.wevolver.com/article/transforming-manufacturing-with-machine-vision-technology>.
16. Machine Vision Systems: What Is It and How Does It Work? - E2M COUTH – Wevolver [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://e2mcouth.com/en/blog/machine-vision-systems>.

17. The Role of Machine Vision in Modern Manufacturing: An In-Depth Guide [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.2020robotics.com/the-role-of-machine-vision-in-modern-manufacturing-an-in-depth-guide/>.
18. Understanding machine vision in automation [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://roboticsandautomationnews.com/2024/07/14/understanding-machine-vision-in-automation/84256/>.
19. Using AI for Counting and Sorting Products: Revolutionizing Efficiency in Quality Control [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://sciotex.com/using-ai-for-counting-and-sorting-products-revolutionizing-efficiency-in-quality-control/>.
20. Advanced Applications of Computer Vision in Manufacturing Processes [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://labeyourdata.com/articles/computer-vision-in-manufacturing>.
21. Computer Vision for Manufacturing [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://encord.com/blog/computer-vision-manufacturing/>.
22. Machine Vision In Manufacturing (Including Applications & Benefits) [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://visionplatform.ai/machine-vision-in-manufacturing-including-applications-benefits/>.
23. How Machine Vision Revolutionizes Automated Sorting: Unveiling its Secrets [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://medium.com/@nihil_13393/how-machine-vision-revolutionizes-automated-sorting-unveiling-its-secrets-c012864916a6.
24. Мала гірнича енциклопедія, т. 1 / За редакцією В.С.Білецького. — Донецьк: Донбас, 2004. — 640 с.
25. SIMATIC S7 S7-1200 Programmable controller [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:

<https://support.industry.siemens.com/cs/document/109814829/simatic-s7-s7-1200-programmable-controller?dti=0&lc=en-UA>.

26. Юхно М. І. Мех. НРТС робіт [Електронний ресурс] / Михайло Іванович Юхно – Режим доступу до ресурсу: <https://www.slideshare.net/cit/cit/ss-70848591>.

27. Проектування поточних ліній: Текст лекцій для студентів спеціальностей 7.05050206, 8.05050206 – «Машини і технології пакування» / Уклад.: А. Я. Карвацький – К. : НТУУ «КПІ», 2014. – 182 с.

28. SIMATIC S7-1200 - гнучке рішення Ваших завдань [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://new.siemens.com/ua/uk/produkty/avtomatyzatsiya-promyslovosti/systemy-avtomatyzatsiyi/systemy-promyslovoyi-avtomatyzatsiyi-simatic/plc-kontrolery-simatic/simatic-s7-1200.html>.

29. GlobalProm [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://globalprom.com.ua/motor-reduktory-planetarnye-3mp-50-i-4mp-50>.

30. Курсове проектування з теорії механізмів і машин : навчальний посібник / М. М. Вірник, Ю. В. Булига. – Вінниця : ВНТУ, 2012. – 211 с.

31. ДСТУ 2676-94 Конвеєри стрічкові стаціонарні. Загальні технічні вимоги [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=90649.

32. ДСТУ ISO 251:2009 Стрічки конвеєрні з тканинним каркасом. Ширини та довжини (ISO 251:2003, IDT) [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=62100.

33. Автоматизація неперервних технологічних процесів. Навчальний посібник для технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. – Тернопіль: ТДТУ ім. І.Пулюя, 2008. – 239с.

34. Factory I/O Manual [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://docs.factoryio.com/manual/>.

ДОДАТКИ

CHAPTER 1 ANALYSIS OF METHODS FOR SORTING OBJECTS ON A CONVEYOR

1.1 A automated systems sorting as integral part modern enterprises

Automation production processes is important component modern production and logistics environment . It involves implementation mechanized and automated systems for replacing labor-intensive manual operations that allows much to increase efficiency and productivity works enterprises . Thanks to this companies can optimize your processes , reducing production costs and minimizing human errors . Integration of such technologies allows create continuous workers processes that guarantee high stability and reliability at every stage production or processing cargo . Such automation has a large economic potential , because allows reach high and stable long-term results , reducing dependence from factors that can be unpredictable , such as human mistakes or instability in supplies .

According to the latest forecasts, the global market automated sorting systems , including conveyor and robotic system , will reach worth 9.3 billion US dollars in 2024. However it just the beginning, because it is expected that for next decades The market will grow by 8.8% annually , reaching a record \$ 21.7 billion dollars by 2034. These forecasts indicate a stable implementation automation in various industry , which , in turn , allows much reduce production expenses , improve quality service customers and increase general productivity . For example , automated sorting systems allow companies process bigger volumes goods in less time, which much shortens delivery time and reduces logistics costs .

One of the main factors that contribute fast growth popularity conveyor and automated sorting systems , there are their versatility and high level adaptability to different production conditions . Modern automated systems sorting capable work with different types of goods - from small parcels to large loads , and use various technologies for automatic identification cargo . For example , RFID tags , QR codes

, barcodes allow systems to quickly and accurately identify the product that much increases precision sorting and allows reduce errors related to the human factor . They also allow carry out monitoring of goods in real time , which increases level transparency process and gives opportunity on time to detect any deviation or errors in the process sorting .

Uniqueness modern automated systems consists of also in their abilities adapt to constantly changing business environment conditions . In addition to such systems capable effectively process various goods , they also can quickly to readjust under variable production needs . For example , modern sorting systems can automatically adjust your parameters depending on from volumes of cargo that allows save time and resources when changing demand . This gives enterprises possibility quickly respond to new conditions and easy to scale your operations .

However, not all automated systems equally effective in all conditions . Problems that can to occur in the event of necessity reconfiguration or changes in requirements , usually require significant investment . For example , in the case of changes technological requirements or reorientation to a new type of product , reconfiguration complex sorting systems can be expensive and wasteful process . For this maybe be necessary additional teaching personnel or involvement specialists for setup systems that maybe create additional costs for businesses , especially small and medium-sized ones companies .

Integration automated sorting systems in general process processing goods includes many stages , such as moving goods , registration their condition and location , sorting and arrangement in warehouses, as well as monitoring and control of implementation operations . Thanks to automation can much to lower probability mistakes that arise during the performance of such operations manually . At the same time automated systems allow much to increase precision sorting and optimize delivery time, which is an important factor in reducing transportation and logistics costs .

At the same time , despite all advantages , manual process supervision remains important because automated systems , although capable carry out many functions , not always capable quickly respond to situations that require human intervention . This is especially important in cases where it is necessary accept fast a solution that requires a creative approach or adaptation to non-standard conditions.

As a result , the combination automated and manual systems allows enterprises to reach the optimal level productivity and efficiency , while maintaining opportunity for flexibility and rapid adaptation to new conditions. This provides stability and reliability at every stage operations , allowing companies to be ready for changes and market challenges .

1.2 Basics types automation

Automation technological process is integral part development modern enterprises and is one of key factors that provide increase their efficiency , productivity and competitiveness . It includes the use of various automated systems that carry out management and control of production processes without the need for direct interventions human . Thanks to implementation advanced technologies automation allows much improve results for all stages production , starting from processing raw materials for production ready products .

The main goal of automation is not only abbreviation costs and increases speed implementation production tasks , but also ensuring high accuracy implementation operations , minimization errors that often occur due to the human factor, and improvements qualities products . Automation allows enterprises organize continuous and stable industrial a process that leads to reduced equipment downtime , optimization costs and increases productivity at all levels .

One of important aspects automation is its flexibility and adaptability to different production conditions and market requirements . It can be implemented in different levels : from partial automation , where a person controls important stages production , to full automation , where all operations performed without intervention person . Such approach allows you to make the most of resource enterprises and raise efficiency production without reduction qualities products .

Automation technological processes maybe cover many different areas , in particular : automation processing materials , transportation , warehousing , packaging , sorting and others stages . All these stages can be completely or part automated , depending from requirements of a particular enterprise and specifics its activities . Implementation automated systems gives enterprises opportunity not only to reduce production expenses , but also to ensure flexibility , which is important a condition for a quick adaptation to changes on the market , changes demand or production conditions .

Automation allows much to increase level qualities products , because automated systems able to perform accurately recurring operations , keeping stability and accuracy at every stage production process . This is especially important in industries such as automotive , electronics , food industry , pharmaceuticals, where everyone stage production has critical value for the final qualities products .

Thanks to automation enterprises can effectively manage with their own resources, reduce losses raw materials and energy , as well as reduce execution time operations . As a result , significantly increases general productivity and decreases cost products that the company makes more competitive on the market .

Types automation

1. Partial automation is implementation automated systems for execution individual operations or stages production process , while controlling others in stages maybe to remain behind a person . Such approach

expedient use when certain stages production is so complicated or need high accuracy , that without automation they become ineffective or even impossible to perform manually . Partial automation allows much to increase efficiency unnecessary work complete redesign or retraining production lines . For example , on food enterprises automation can be used for sorting , packaging or mix ingredients that allows reduce execution time routine tasks and ensure more stable quality products .

2. Comprehensive automation is more deep implementation automated systems that cover all stages technological process , from processing materials to them transportation and storage . In such systems, all operations are coordinated the only one automated control system that allows to provide maximum efficiency and minimum human intervention . Comprehensive automation allows much improve productivity , reduce expenses and increase precision implementation tasks . The implementation of such systems allows integrate different stages production process that leads to reduced execution time tasks and provides bigger consistency in work enterprises .

3. Complete automation is highest level automation , in which all production processes and control functions are transferred automated systems. In such conditions man performs only supervisory functions , observing processes and adjusting settings if necessary . Complete automation used in areas such as nuclear energy , high-tech manufacturing , where accuracy and reliability are critical . However even in conditions full automation is not possible fully refuse from human factor, because in conditions unpredictable situations , emergencies situations or if you need a specific analysis , qualified workers remain irreplaceable . This emphasizes importance support certain level of human control even in conditions high automation .

Importance human factor

Although automation much reduces influence human factor, importance qualified employees remains undeniable . In complex situations when needed specialized analysis or adoption solutions in conditions non-standard situations , people are still indispensable . That is why even in highly automated systems, the role of operators and managers who responsible for process control , analysis data and acceptance important solutions . This allows to provide security and stability in the operation of systems, even in conditions changes or unpredictable situations .

Thus, automation technological processes is powerful a tool for improvement efficiency production , decrease expenses and provision high qualities products . It allows enterprises adapt to modern market requirements and keep competitiveness , while keeping the important role of the human factor in critical aspects of production processes .

1.3 Objectives automation

Automation technological process has considerable impact on efficiency works enterprises , helping not only to lower expenses , but also significantly improve quality production , to ensure safety work and promote sustainable development company . Each of the aspects automation has yours important place in the general process optimizations , and together they create conditions for achieving competitive advantages on the market .

First of all, implementation automation allows much reduce the need for manual labor . This gives possibility to lower salary costs , while increasing efficiency management labor resources. Lack of the need for numerical personnel for execution routine tasks allows free people for more complex intellectual functions such as acceptance managerial solutions or implementation analytical tasks that cannot be automated .

On the other hand, automation contributes significant increase volumes production . Use automated systems allows accelerate production processes that gives opportunity enterprises increase number manufactured products without significant magnification costs . This important not only for pleasure growing demand , but also to ensure flexibility enterprises in solving problems with demand or production capacities .

What concerns efficiency of the production itself process , then automation gives opportunity much optimize workers operations . It reduces the time spent on execution certain tasks , increases speed processing and reduces probability human errors . This allows much increase productivity and reduce downtime , which has direct impact on the overall efficiency works enterprises .

No less than It is also important to increase qualities products . Automated systems capable perform operations with high accuracy and stability , which reduces probability errors and provides homogeneity products . Thanks to this is growing trust consumers , and increases reputation enterprise that produces products high quality .

To others An important aspect is saving on raw materials and energy . Automation allows reduce losses materials and energy resources thanks to precise control over them expenses . This is not only reduces cost products , but also allows to increase profitability enterprises .

Automation also contributes stability production processes , ensuring continuity release products and minimizing probability failures . This is especially important for businesses that work in continuous mode or have tough terms implementation orders . Thanks to automation provided rhythmicity , which allows on time respond to market needs and fulfill orders within the required time.

Security labor is another important aspect that improving thanks to automation . Use robotic systems for execution dangerous operations much reduces

risk of injuries and accidents cases , thereby increasing general safety in production . Automation is not only reduces physical workload on employees , but also improves conditions their work .

The environmental aspect is also important , because modern automated technology allow reduce emissions harmful substances into the atmosphere and optimize using natural resources . It is not only contributes preservation surrounding environment , but also allows enterprises answer requirements ecological legislation and standards .

Thanks to implementation automation enterprises can much to increase your economic efficiency . Reduction production costs , increase productivity and improvement qualities products allow companies achieve high profitability and growth profitability . This gives possibility to provide stable financial position in the market and maintain competitive advantages , even in complex economic conditions .

Thus, automation technological process is not only tool for optimization production , but also a key factor that determines strategy development enterprises in conditions modern market. It provides high standards quality , stability , reduction costs and savings competitiveness , which makes automation necessary a condition for successful management business in conditions modern economy

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ПОЛТАВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА ІМЕНІ ЮРІЯ КОНДРАТЮКА»

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ
за матеріалами X Всеукраїнської науково-практичної конференції
«ЕЛЕКТРОННІ ТА МЕХАТРОННІ СИСТЕМИ:
ТЕОРІЯ, ІННОВАЦІЇ, ПРАКТИКА»
20 грудня 2024 року



Полтава 2024

I. Silin, V. Lysechko

MODELS FOR DESCRIBING THE CONDITIONS OF RADIO WAVE PROPAGATION INSIDE BUILDINGS..... 62

С.В. Індик, В.О. Михайленко

ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ ВІРТУАЛЬНИХ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ІР ТЕЛЕФОНІЇ..... 63

М.М. Губіцький

МОДЕРНІЗАЦІЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДА МЕХАНІЗМУ ПЕРЕВАНТАЖЕННЯ ЦЕГЛИ ШЛЯХОМ ВПРОВАДЖЕННЯ ПРОМИСЛОВОГО РОБОТА..... 64

С.Г. Кислиця, А.І. Остапенко

ДОСЛІДЖЕННЯ АЛГОРИТМІВ УПРАВЛІННЯ СИНХРОННИМ ДВИГУНОМ З ПОСТІЙНИМИ МАГНІТАМИ..... 66

О.Г. Дрючко, Б.С. Гребенюк, Д.А. Погрібняченко, Д.О. Фещенко, Р.А. Белей

ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ФІЗИЧНИХ СЕРЕДОВИЩ ДЛЯ ПЕРЕДАЧІ ОПТИЧНИХ СИГНАЛІВ..... 68

В.М. Галай, Д.П. Плешкань

РОЗРОБЛЕННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ АЛГОРИТМУ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО СОРТУВАННЯ ПОСИЛОК..... 72

А.В. Марчук

ВИКОРИСТАННЯ СИМУЛЯТОРА AWS СЕРВІСІВ LOCALSTACK ДЛЯ НАВЧАННЯ РОБОТІ З ХМАРНИМИ СЕРВІСАМИ ТА ІНФРАСТРУКТУРОЮ..... 74

А.М. Капітон, Р.М. Талибов, О.С. Дзюбан

ОПТИМІЗАЦІЯ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ.. 76

Є.О. Мельник

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ФРЕЗЕРУВАННЯ ДЛЯ ВЕРСТАТІВ З ПРОГРАМНИМ КЕРУВАННЯМ.... 78

С.Г. Кислиця, Є.В. Вітченко

ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ГІДРОАГРЕГАТУ МІНІ-ГЕС..... 79

О.В. Шефер, А.В. Пащенко

ШЛЯХИ ЗНИЖЕННЯ ЕНЕРГОВИТРАТ У ПЕРЕХІДНИХ ПРОЦЕСАХ РОБОТИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА..... 81

*D. Pogribnyachenko, Student,
D. Feshchenko, Student,
R. Beley, Student
National University "Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic"*

УДК 621.865.8:004.896:658.78

В.М. Галай, к.т.н., доцент,

Д.П. Плешкань, магістрант

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

РОЗРОБЛЕННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ АЛГОРИТМУ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО СОРТУВАННЯ ПОСИЛОК

Автоматизація виробничих процесів передбачає заміну ручної праці автоматичними системами, що підвищує ефективність і продуктивність підприємств. Особливо актуальною автоматизація є в логістиці та складському господарстві, де автоматизовані системи сортування оптимізують операції, мінімізують людські помилки та забезпечують високу надійність робочих процесів [3].

Прогнозується, що світовий ринок автоматизованих систем сортування, з очікуваним зростанням на 8,8% протягом 2024–2034 років досягне \$21,7 млрд до 2034 року. Цей сектор швидко зростає через універсальність і адаптивність сортувальних конвеєрів, що дозволяє їм обробляти різноманітні види вантажу та відповідати специфічним вимогам різних галузей [1].

Одним із ключових рішень у автоматизованому сортуванні є використання алгоритмів на основі штучного інтелекту та машинного навчання. Ці алгоритми, зокрема для сортування об'єктів на конвеєрах, дозволяють здійснювати точне розпізнавання об'єктів та прийняття рішень у реальному часі, що значно підвищує ефективність. Наприклад, алгоритми обробки зображень, інтегровані зі сканерами та камерами, здатні розпізнавати типи товарів, їх розмір, вагу та навіть цінні характеристики (наприклад, крихкість або пріоритетність доставки). Використання алгоритмів машинного навчання дозволяє системі вдосконалювати свої результати, пристосовуючись до різних об'єктів, що надходять на сортувальну лінію [2].

До поширених технологій, що використовуються для автоматизації сортування, відносяться стрічкові конвеєри, автоматизовані сканери, сортувальні модулі з висувними частинами та RFID-технології для ідентифікації посилок. RFID-мітки спрощують автоматичне зчитування та відстеження об'єктів без потреби в ручному скануванні, що мінімізує ризик помилок, скорочує час на обробку та дозволяє в реальному часі відстежувати розташування вантажів. Впровадження RFID-технологій у складські системи через інтеграцію з іншими технологіями є важливим аспектом розвитку сучасних складів. Системи управління складом (WMS), які лише відстежують матеріали, не забезпечують достатньої точності та оперативності в обробці замовлень. Для

вирішення цієї проблеми доцільно модернізувати WMS у систему, що підтримує ухвалення рішень. Важливим етапом є розширення можливостей відстеження з рівня продуктів до всього складу, перетворюючи його на «розумний» склад з функціями саморегуляції та автоматичного розподілу. Для цього пропонується використовувати систему на основі конвеєрів з управлінням через програмовані логічні контролери (PLC), що комунікують із сенсорами за допомогою локальної мережі. PLC можуть працювати паралельно з інтегрованими інтелектуальними модулями для забезпечення оптимальної роботи системи. [4, 5].

Інтеграція алгоритмів штучного інтелекту, роботизованих систем сортування та RFID-технологій у логістичні процеси дозволяє значно покращити ефективність та точність виконання завдань, забезпечуючи компаніям стабільність і зниження операційних витрат у довгостроковій перспективі.

ЛІТЕРАТУРА:

1. *Automated Sortation System Market* [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.futuremarketinsights.com/reports/automated-sortation-system-market>.

2. *Which systems are used for goods sorting in the warehouse and how do you find the best solution?* [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://kapelou.com/blog/statti/systemy-sortuvannia-tovariv>.

3. *Автоматизація неперервних технологічних процесів. Навчальний посібник для технічних спеціальностей вищих навчальних закладів.* – Тернопіль: ТДТУ ім. І.Пулюя, 2008. – 239с

4. *RFID technology applied in a warehouse and logistics* [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.ar-racking.com/en/blog/rfid-technology-applied-in-a-warehouse-and-logistics/>.

5. *Smart Warehouses: Rationale, Challenges and Solution Directions* [Електронний ресурс]. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: https://www.researchgate.net/publication/357372387_Smart_Warehouses_Rationale_Challenges_and_Solution_Directions.

DEVELOPMENT AND RESEARCH OF AN INTELLIGENT PARCEL SORTING ALGORITHM

V. Halai, PhD, Associate Professor,

D. Pleshkan, Master's Student

National University "Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic"

**Міністерство освіти та науки України
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
Кафедра автоматики, електроніки та телекомунікацій**

**Розроблення та дослідження алгоритму інтелектуального сортування
посилок**

Кваліфікаційна робота магістра

Виконав:

Студент 601-МЕ групи

Керівник:

к.т.н, доцент

Плешкань Д.П.

Галай В.М.

Полтава 2025

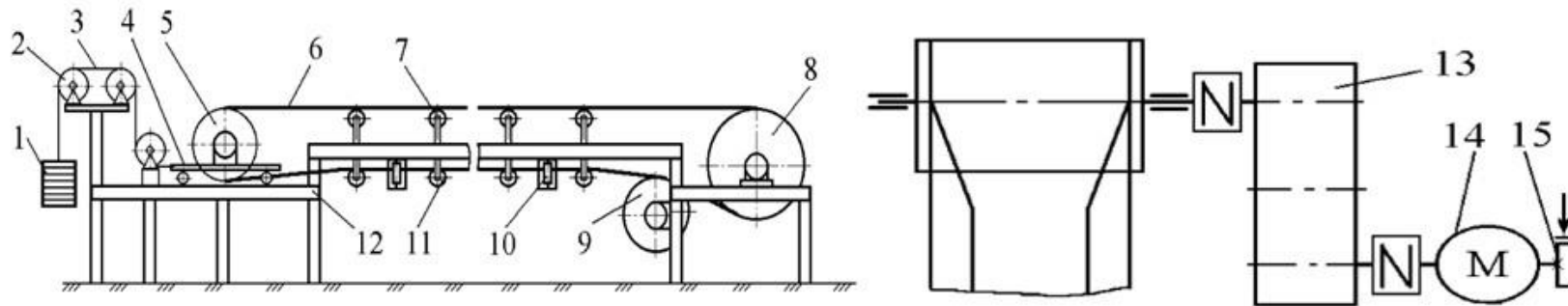
Метою роботи є розроблення та дослідження алгоритму інтелектуального сортування посилок

Для виконання поставленої мети в роботі необхідно виконати наступні **завдання:**

- провести аналіз сучасних конвеєрів, систем ідентифікації;
- скласти модель конвеєрної лінії сортування;
- розробити систему автоматичного керування для КЛС з використанням ПЛС Siemens S7-1200;
- Об'єкт дослідження** – система автоматичного сортування посилок.

Предмет дослідження – інтелектуальна система сортування посилок, що застосовується для ефективного управління вантажопотоками.

Вид загальний стрічкового конвеєра



Основні частини стрічкового конвеєра

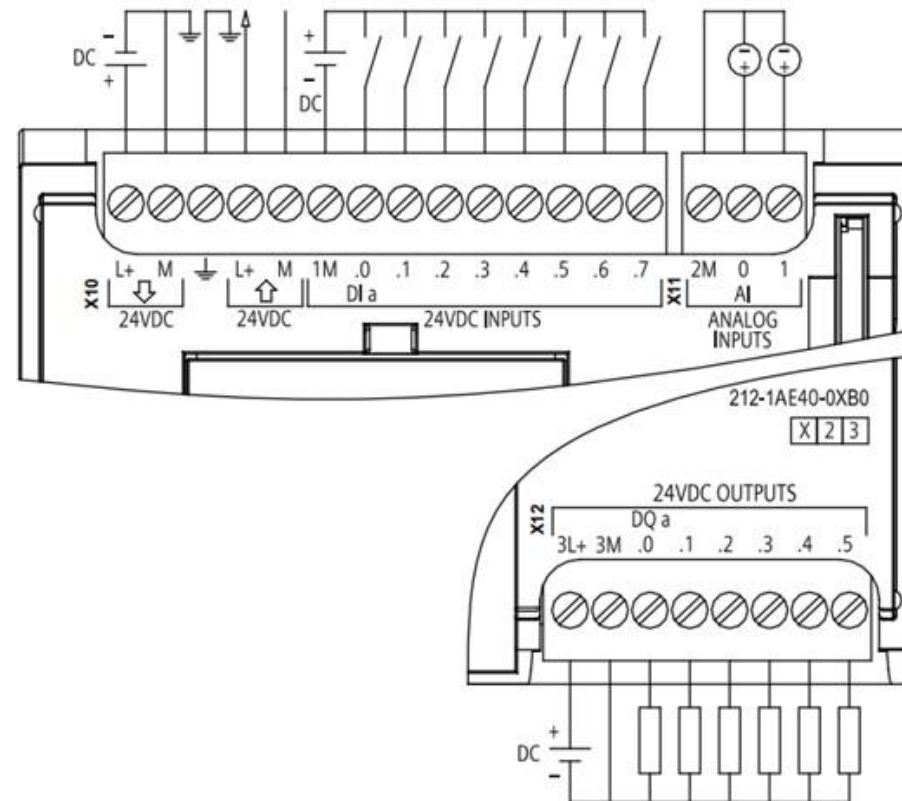
1 – Вантаж; 2 – Відхиляючі блоки; 3 – Канат; 4 – Візок; 5 – Натяжний барабан; 6 – Стрічка;
 7 – Верхні ролико опори; 8 – Привідний барабан; 9 – Відхиляючий барабан;
 10,11 – Нижні ролико опори; 12 – Рама; 13 – Редуктор; 14 – Двигун; 15 – Гальмо

Вид загальний ПЛК

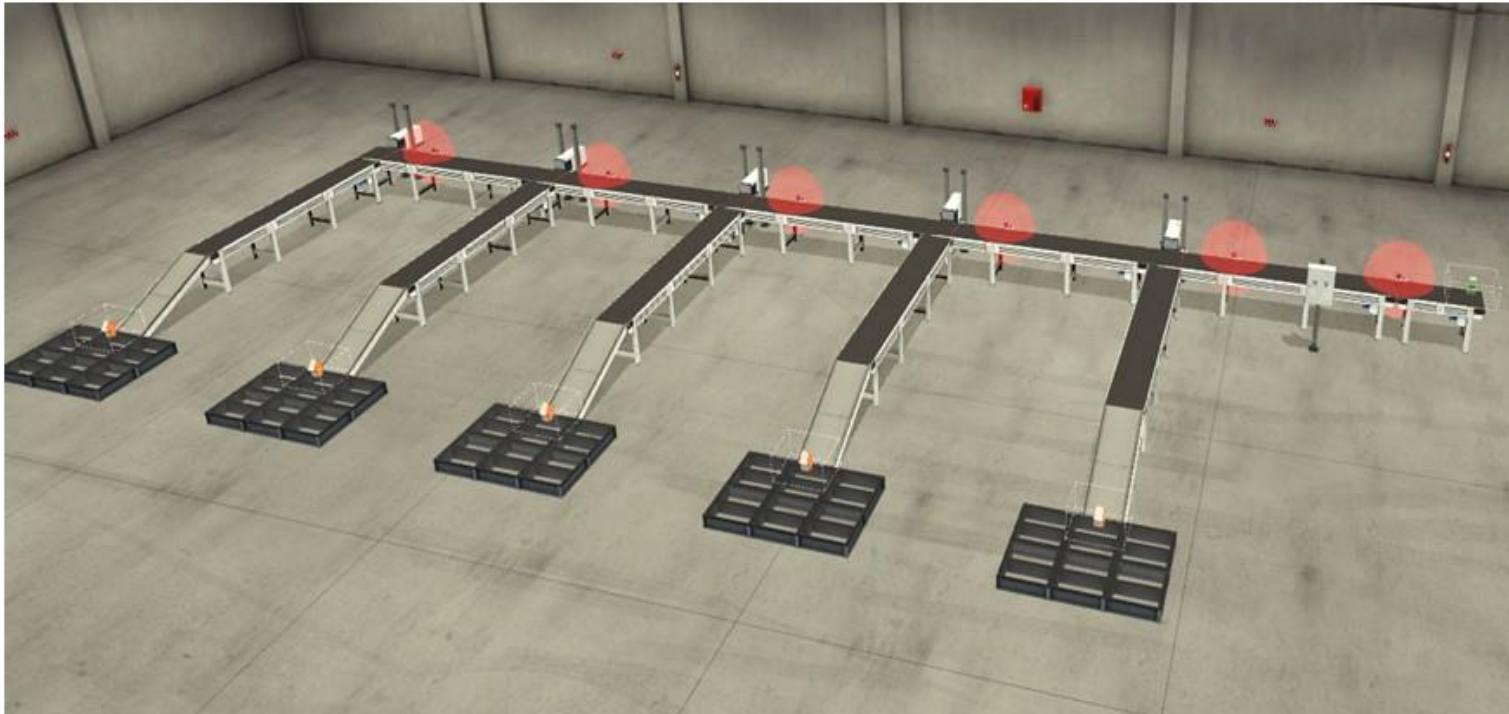


ПЛК Simatic S7-1200 компанії Siemens

Схема електричних з'єднань CPU 1212C DC/DC/DC

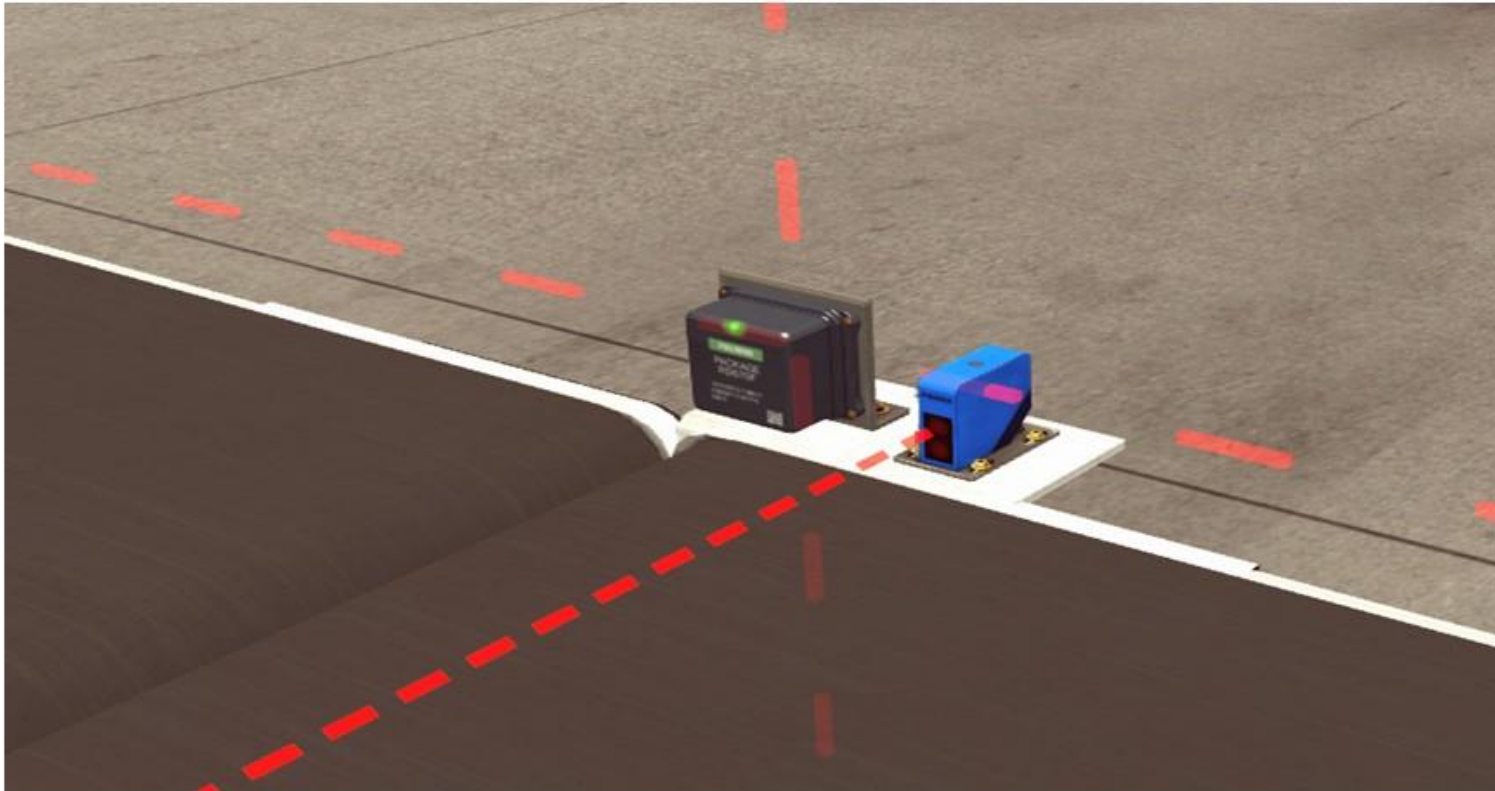


3-Д модель конвеєної лінії

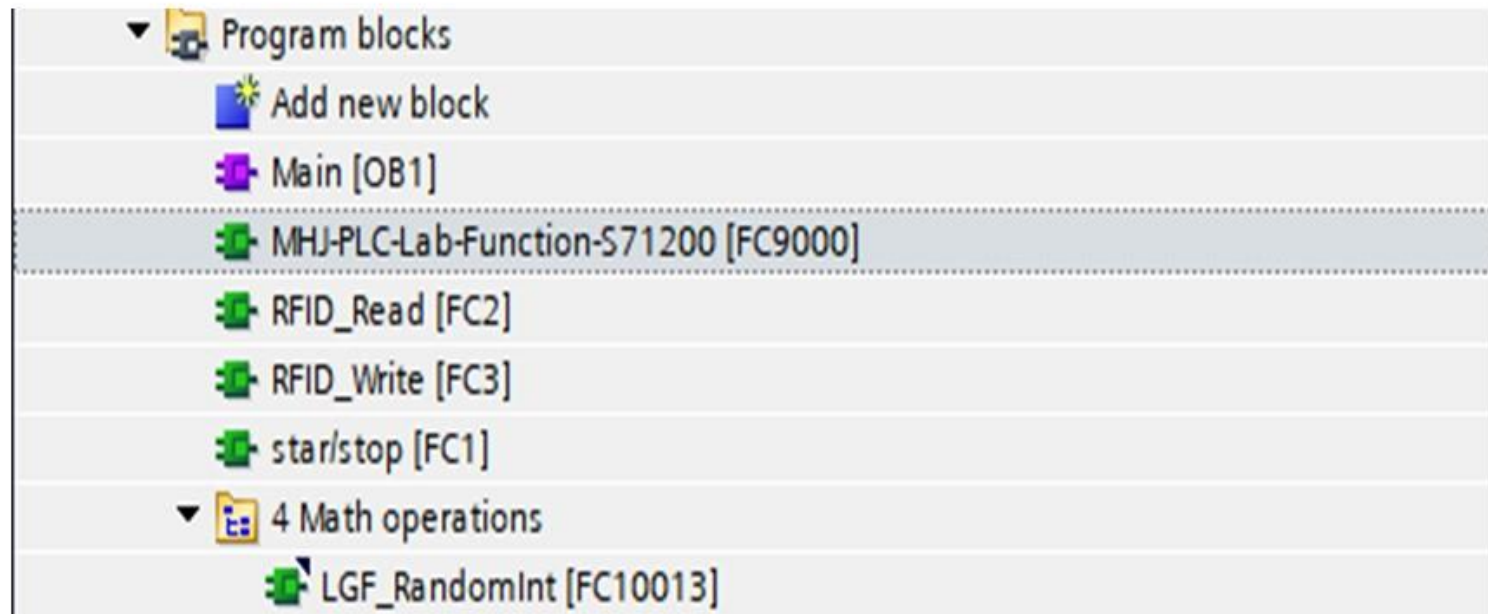


Конвеєрна лінія сортування

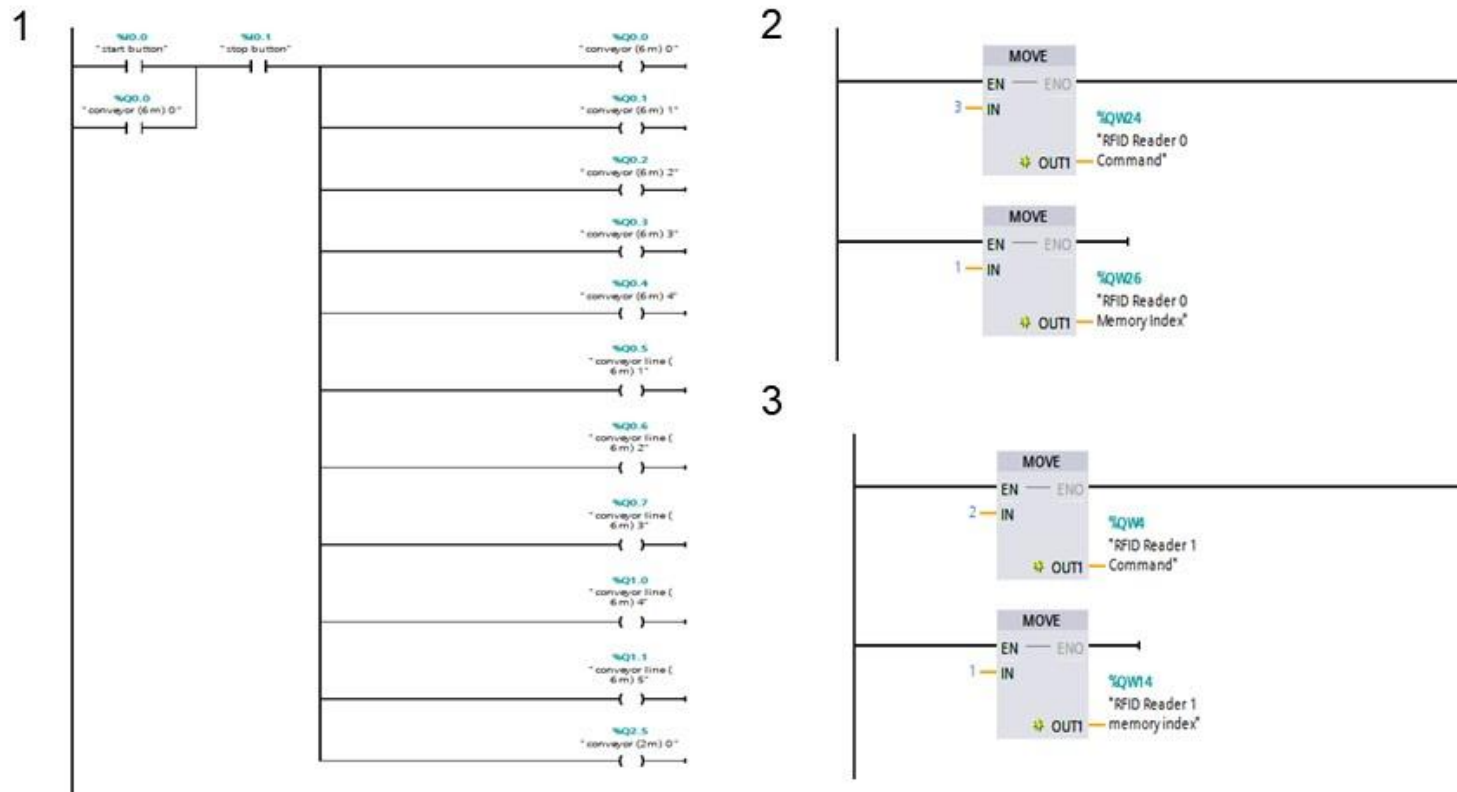
RFID-считувач та дифузійний датчик



Програмні блоки



Алгоритм роботи програми сортування



1 – Пуск; 2 – Алгоритм запису даних;
3 – Аргоритм считування даних

Алгоритм спрацювання штовхача

