

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
(повне найменування вищого навчального закладу)

Навчально-науковий інститут інформаційних технологій та роботехніки
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

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

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи

бакалавр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему **Розроблення системи автоматичного керування конвеєрною лінією
на базі ПЛК Siemens 1200**

Виконав: студент 4 курсу, групи 401-МЕ
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 Трет'як А.В.

(прізвище та ініціали)

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

**Завідувач кафедри автоматки,
електроніки та телекомунікацій**

_____ О.В. Шефер
«01» квітня 2023 р.

З А В Д А Н Н Я НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРУ СТУДЕНТУ

Плешканю Даніілу Павловичу

1. Тема роботи «Розроблення системи автоматичного керування конвеєрною лінією на базі ПЛК Siemens 1200»
керівник роботи Галай Василь Миколайович, к.т.н., доцент
затверджена наказом вищого навчального закладу від 20.03.2023 року № 236-фа
2. Строк подання студентом проекту (роботи) 14.06.2023 р.
3. Вихідні дані до проекту (роботи) ПЛК Siemens 1200, Factory I/O, TIA Portal, тип двигуна: асинхронний, швидкість переміщення вантажу по стрічці: 0,6 м/с., штучна продуктивність: 2700 шт/год.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Аналіз існуючих видів конвеєрів, розрахунок конвеєра, математичне моделювання двигуна, моделювання конвеєрної лінії, розроблення ситеми автоматичного керування, висновки.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових плакатів):
 - 1) Загальний вигляд стрічкового конвеєра;
 - 2) загальний вигляд конвеєрної лінії сортування;
 - 3) перехідні процеси пуску асинхронного двигуна при різному навантаженні;
 - 4) загальний вигляд ПЛК
 - 5) схема електричних з'єднань CPU 1212C DC/DC/DC;
 - 6) 3-д модель конвеєрної лінії;
 - 7) Алгоритм роботи програми сортування.
6. Дата видачі завдання 01.04.2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва етапів кваліфікаційної роботи бакалавра	Термін виконання етапів роботи			Примітка (плакати)
1	Аналіз існуючих конвеєрів та сфера їх застосування.	26.04.23	I	20%	Пл. 1
2	Розрахунок параметрів конвеєра.	10.05.23		40%	Пл. 2
3	Розроблення системи керування конвеєрної лінії.	24.05.23	II	60%	Пл. 3
4	Моделювання конвеєрної лінії.	07.06.23		80%	Пл. 4
5	Оформлення кваліфікаційної роботи бакалавра.	14.06.23	III	100%	Пл. 5

Студент _____

(підпис)

Плешкань Д.П.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____

(підпис)

Галай В.М.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

кваліфікаційної роботи

"Розроблення системи автоматичного керування конвеєрною лінією на базі ПЛК Siemens 1200"

Випускна кваліфікаційна робота бакалавра містить 61 сторінок, 37 рисунків, 3 таблиці, 12 джерел.

Ключові слова: асинхронний двигун, конвеєр, програмований логічний контролер, конвеєрна лінія сортування, моделювання.

Метою кваліфікаційної роботи бакалавра є розробка автоматизованого керування конвеєрною лінією на базі ПЛК Siemens 1200.

ПЛК Siemens S7-1200 є потужним та компактним контролером, який широко використовується в промислових системах автоматизації. Він має вбудовані цифрові та аналогові входи/виходи, можливість розширення за допомогою модулів введення/виведення та підтримує різні комунікаційні інтерфейси. ПЛК Siemens S7-1200 працює на основі програмування на мові схем логічних контактів (Ladder Diagram), що спрощує розробку та налагодження програмного забезпечення.

Виконано розрахунок і вибір електроприводу конвеєрів, розроблено та реалізовано алгоритм керування, синхронізації операцій. В залежно від вимог замовника можливе застосування інших технічних рішень.

Побудовані математичні моделі пуску двигунів і досліджені їх перехідні процеси електроприводу на ЕОМ в системі імітаційного моделювання MATLAB – Simulink.

ABSTRACT

of qualification work

"Development of an automatic control system for a conveyor line based on Siemens 1200 PLC"

The bachelor's thesis contains 61 pages, 37 figures, 3 tables, 12 sources.

Keywords: induction motor, conveyor, programmable logic controller, conveyor sorting line, modeling.

The purpose of the bachelor's thesis is to develop an automated control of a conveyor line based on Siemens 1200 PLC.

The Siemens S7-1200 PLC is a powerful and compact controller that is widely used in industrial automation systems. It has built-in digital and analog inputs/outputs, can be expanded with I/O modules, and supports various communication interfaces. The Siemens S7-1200 PLC operates on the basis of programming in the language of logic contact diagrams (Ladder Diagram), which simplifies software development and debugging.

The calculation and selection of the electric drive of conveyors were performed, a control algorithm and synchronization of operations were developed and implemented. Depending on customer requirements, other technical solutions can be used.

Mathematical models of motor starting were built and their transient processes of the electric drive were studied on a computer in the MATLAB-Simulink simulation system.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА.....	8
1.1 Види конвеєрів	8
1.2 Переваги та недоліки конвеєрів	12
1.3 Конвеєрні сортувальні лінії	13
1.4 Програмований логічний контролер.....	14
1.5 Мова LD	16
1.6 Мова FBD.....	18
РОЗДІЛ 2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	21
2.1 Вимоги до конвеєра	21
2.2 Вибір типу електроприводу	21
2.3 Вибір конвеєрної стрічки.....	23
2.4 Вибір приводу конвеєра	25
2.5 Вибір ПЛК	27
2.6 Розрахунок конвеєра.....	28
РОЗДІЛ 3: МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ КОРОТКОЗАМКНУТОГО АСИНХРОННОГО ДВИГУНА У ПАКЕТІ MATLAB SIMULINK.....	36
3.1. MATLAB Simulink	36
3.2. Визначення параметрів схеми асинхронної машини за даними каталогу ..	37
3.3. Дослідження моделі асинхронного двигуна в Matlab Simulink.....	39
РОЗДІЛ 4: МОДЕЛЮВАННЯ КОНВЕЄРНОЇ ЛІНІЇ СОРТУВАННЯ.....	45
4.1 Елементи моделі	45
4.2 Загальний опис роботи конвеєрної лінії сортування	48
РОЗДІЛ 5: СИСТЕМА КЕРУВАННЯ КОНВЕЄРНОЇ ЛІНІЇ	50
5.1 ПЛК Simatic S7-1200	50
5.2 TIA Portal	52
5.3 Система управління конвеєрної лінії сортування.....	53
ВИСНОВОК	58
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	60
ДОДАТКИ	62

ВСТУП

В сучасному світі автоматизація виробництва є важливою складовою успішного функціонування підприємств. Автоматизація виробництва дозволяє підвищити продуктивність, якість виробів, зменшити витрати на оплату праці та матеріали, підвищити безпеку праці та забезпечити стабільність виробництва.

Одним з ключових елементів автоматизації є системи автоматичного керування, що включають в себе комплекс електронних пристроїв та програмне забезпечення. Системи автоматичного керування дозволяють забезпечити контроль та управління процесами виробництва, оптимізувати використання обладнання та зменшити кількість відхилень в якості продукції.

Одним із завдань автоматизації є керування конвеєрною лінією. Конвеєрна лінія є ключовим елементом виробництва, який забезпечує перенесення матеріалів та виробів від однієї точки до іншої. Завдання керування конвеєрною лінією полягає у забезпеченні безперебійної роботи конвеєра, контролі за матеріалами та продуктами на конвеєрі, їх розподілі та пересуванні по конвеєрі.

У даній кваліфікаційній роботі розглянуто розробку системи автоматичного керування конвеєрною лінією на базі ПЛК Siemens 1200. При розробці системи будуть використані сучасні електронні компоненти та програмне забезпечення. Результатом роботи є створення системи, що дозволить забезпечити безперебійну роботу конвеєра та підвищити продуктивність виробництва.

Крім того, конвеєрні системи оснащуються різними додатковими пристроями, які роблять їх більш універсальними і забезпечують високу продуктивність та ефективність. Наприклад, система сортування товарів на конвеєрі дозволяє автоматично розподіляти товари за певними критеріями, що зменшує час та затрати на ручну сортування.

Однак, щоб забезпечити ефективну роботу конвеєрної лінії, потрібно мати відповідну систему керування. Така система має забезпечувати автоматичний контроль за рухом матеріалів на конвеєрі, регулювати швидкість руху, здійснювати координацію роботи всіх пристроїв, які залучені до роботи конвеєрної лінії.

Для реалізації такої системи автоматичного керування доцільно використати програмовані логічні контролери (ПЛК). Одним з провідних виробників ПЛК є Siemens, який пропонує різноманітні моделі ПЛК з різним функціоналом та характеристиками.

У зв'язку з високими вимогами до ефективності та якості виробництва, автоматизація процесів керування стала необхідністю для більшості підприємств. У сучасних умовах важливо мати можливість контролювати процеси виробництва на різних етапах, а також реагувати на можливі помилки та несправності.

Одним з найбільш поширених та ефективних засобів автоматизації є програмовані логічні контролери (ПЛК). ПЛК є надійним та ефективним інструментом для керування процесами виробництва, що дозволяє знизити витрати на виробництво та підвищити продуктивність.

РОЗДІЛ 1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Види конвеєрів

Конвеєр – машина безперервної дії, призначена для транспортування насипних і штучних матеріалів з одного місця в інше.

Існують наступні типи конвеєрів:

– Стрічковий - у таких конвеєрах рух вантажу здійснюється за допомогою замкнутої стрічки, приводимою у рух силою тертя між нею та приводним барабаном. Використовуються для транспортування вантажу по горизонталі та похилою площиною. Складається з конвеєрної стрічки, привода, постав з роликоопорами, завантажувального і натяжного пристроїв. Такі конвеєри мають високу продуктивність, яка сягає 30 тис. т/год, а довжина 15 тис. метрів.



Рисунок 1.1 Стрічковий конвеєр

– Гвинтовий – рух вантажу здійснюється волочінням вантажу лопастями обертового гвинта вздовж нерухомого жолоба. Використовуються для транспортування сипких, пилоподібних, дрібнокускових, порошкових матеріалі у вертикальному, горизонтальному та похилому напрямках. Також можуть

використовуватися як дозатори або змішувачі. Їх конструкція не є складною та проста в обслуговуванні, мають невеликі габарити, герметичні та здатні транспортувати пилоутворювальні, гарячі та токсичні матеріали. Проте недоліком є значні зношення частин механізму, витрати енергії та стирання вантажу.



Рисунок 1.2 Гвинтовий конвеєр

– Скребокві – застосовуються для пересування малоабразивних, сипких, а в деяких випадках і штучних вантажів за допомогою скребків з'єднаних між собою за допомогою тягових ланцюгів у горизонтальному та вертикальному положенні. Вони надійні та не вибагливі в експлуатації та продуктивні. Недоліком є швидкий знос скребків.

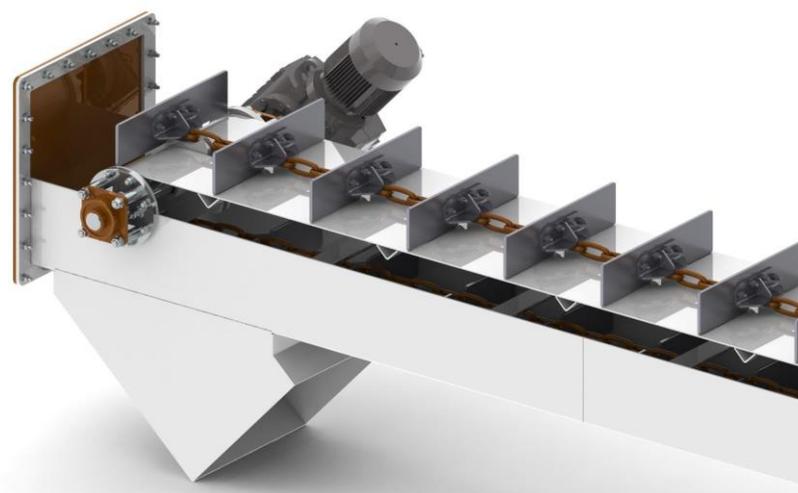


Рисунок 1.3 Скребковий конвеєр

– Вібраційні – принцип дії оснований на коливному русі робочого вантажонесучого органу. Використовуються для транспортування високодисперсних матеріалів в горизонтальному, вертикальному та похилому напрямках. Зазвичай вібраційні конвеєри застосовуються у гірничій промисловості для переміщення підірваної руди. Виходячи з цього конструкція повинна буди простою, міцною та надійною.

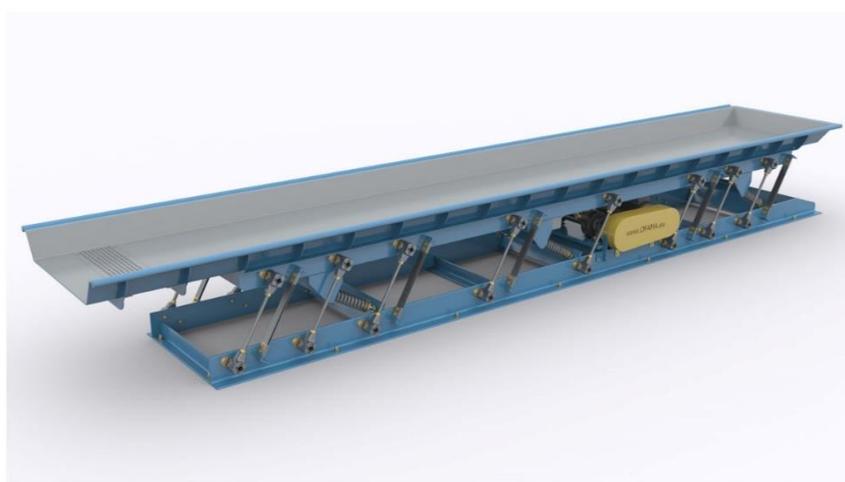


Рисунок 1.4 Вібраційний конвеєр

– Пластинчасті - складаються з пластинчастих ланцюгів. Використовується у тих випадках, коли стрічковий аналог не може витримати.

Також використовується для сортування легкої за вагою продукції, що підлягає автоматичному сортуванню. Пластинчасті конвеєри мають високу надійність та, завдяки своїй універсальності, більш широкий асортимент вантажу для сортування. Але швидкість руху вантажу мала, конвеєр має значну масу, складність та дороговизну використання пов'язаних з великою кількістю шарнірних елементів, що потребують регулярного змащування, та високу витрату енергії.



Рисунок 1.5 Пластинчастий конвеєр

– Рольганг (роликові) – ролики, закріплені на невеликій відстані один від одного. Їх поділяють на два види: неприводні (гравітаційні) та приводні. Неприводні встановлюють під невеликим кутом, завдяки чому вантаж рухається під дією сили тяжіння. У приводних рух забезпечується груповим або індивідуальним приводом. Ролики монтуються на жорсткій рамі. Застосовуються для переміщення поштучних вантажів. Такий вид конвеєра ідеально підходить для транспортування несипких матеріалів.



Рисунок 1.6 Роликовий конвеєр

Також до конвеєрів відносять елеватори та ескалатори.

1.2 Переваги та недоліки конвеєрів

Переваги конвеєрів:

1. Підвищення продуктивності: конвеєри здатні перевозити великі обсяги товарів з мінімальними затратами часу та зусиль працівників.
2. Зниження витрат: конвеєри зменшують витрати на транспортування, зберігання та управління складами.
3. Збільшення якості: з використанням конвеєрів зменшується кількість помилок при обробці товарів, а також збільшується точність та швидкість обробки.
4. Зниження ризику травм та підвищення безпеки працівників: конвеєри зменшують кількість ручної роботи, тим самим зменшуючи ризик травм та підвищуючи безпеку працівників.
5. Зменшення впливу на навколишнє середовище: використання конвеєрів може зменшити кількість викидів відходів та забруднень, що відбувається при транспортуванні товарів за допомогою транспортних засобів.

Недоліки конвеєрів:

1. Високі витрати на покупку та установку: конвеєри є складними конструкціями та вимагають великих витрат на їх придбання та встановлення.

2. Обмеження в розміщенні: конвеєри потребують певної площі для їх встановлення та використання, що може бути недоступним у невеликих приміщеннях або місцях з обмеженим простором.

3. Обмежена гнучкість: конвеєри не дозволяють швидко змінювати виробничі процеси або виробничі потреби, оскільки зазвичай призначені для певного типу товарів або для певного процесу.

4. Складна монтажна інсталяція: конвеєри можуть бути складними для монтажу та налагодження, що може вимагати додаткового часу та витрат на роботу спеціалістів.

1.3 Конвеєрні сортувальні лінії

Конвеєрна лінія – технологічна вантажно-транспортна система, яка складається з двох або декількох послідовно розташованих конвеєрів.

Конвеєрні сортувальні лінії – система автоматичного сортування вантажів за допомогою конвеєра.

Конвеєрні сортувальні лінії складаються з різноманітних компонентів, таких як робочі столи, пристрої для розпізнавання та класифікації продуктів, різні види конвеєрів, що переміщують продукти на робочі столи, транспортні засоби для вивезення сортуваних продуктів та контрольні пристрої для моніторингу процесу сортування.

Користь подібних систем полягає у полегшенні та пришвидшенні роботи. Працівникам просто хаотично викласти певний вантаж на транспортувальну стрічку, і далі система за заданим алгоритмом сортує її за певними параметрами. Система може сортувати будь-що: різногабаритні посилки, форми, деталі тощо.

Така лінія розподіляє вантажі на багато швидше та точніше, ніж людина, що майже виключає ризик помилок внаслідок людського фактора. Також система може працювати цілодобово. Конвеєрне сортування вкрай корисне для виробників, підприємств, дистриб'юторів та ін.

Сортувальна конвеєрна лінія схожа на звичайні лінії сортування, які є на багатьох підприємствах. Різниця полягає у завданнях цих ліній. Якщо останні транспортують вантаж з точки А в точку Б, то автоматичний конвеєр виконує додаткові функції, які були прямими обов'язками працівників. Це, наприклад, ідентифікація, сканування, зважування та ін. Система виконує ці операції автоматично, та направляє у потрібний контейнер.

1.4 Програмований логічний контролер

Програмований логічний контролер (ПЛК) – це пристрій, який використовується для автоматизації технологічних процесів.

ПЛК складається з центрального процесора (CPU), пам'яті, вхідних та вихідних модулів, а також програмного забезпечення. Вхідні модулі приймають інформацію від датчиків та інших пристроїв, а вихідні модулі передають сигнали до пристроїв керування та вимірювання.

Застосування ПЛК в якості спеціалізованих комп'ютеризованих засобів автоматизації передбачає їх тривале автономне використання

практично без обслуговування і втручання людини, частіше всього, в складних умовах експлуатації.

ПЛК належать до пристроїв, призначених для роботи в системах реального часу і мають декілька відмінностей від інших подібних пристроїв.

На відмінну від мікропроцесорів з жорсткою логікою ПЛК прийнятніші у разі одиничного і дрібносерійного виготовлення систем керування, особливо при необхідності адаптації їх до об'єктів керування. Також на відмінну від вбудованих систем виготовляються як самостійні вироби.

Сучасні ПЛК є вільно програмованими. Усі мови ПЛК мають легкий доступ до мапулювання бітами в машинних словах, на відміну від більшості високорівневих мов програмування сучасних комп'ютерів.

Для будь-якого виробничого процесу існує жорсткий регламент, якого необхідно підтримуватися для забезпечення продуктивності та якості технологічного процесу. Складні процеси поділені на елементарні операції.

При автоматизації технологічних процесів виникає необхідність у керуванні процесами без втручання людини, тому засоби автоматизації повинні забезпечити ведення процесу відповідно до заданого алгоритму керування. Схема, що пояснює, яким чином взаємодіють технічні засоби взаємодіють технічні засоби, називається структурною схемою керування.

Для виконання елементарної логіки використовують релейно-контактні пристрої, такі як: електромагнітні реле, пускачі, перемикачі, кнопки тощо.

Основні елементарні логічні операції, які використовують в програмованих логічних контролерах (ПЛК), включають такі:

1. Логічне "І" (AND). Ця операція повертає TRUE (логічну одиницю) тільки в тому випадку, коли обидва вхідні сигнали TRUE. В іншому випадку вона повертає FALSE (логічний нуль).
2. Логічне "АБО" (OR): Ця операція повертає TRUE, якщо хоча б один з вхідних сигналів TRUE. Вона повертає FALSE, якщо обидва вхідні сигнали FALSE.
3. Логічне "НЕ" (NOT): Ця операція змінює значення вхідного сигналу на протилежне. Якщо вхідний сигнал TRUE, то вона повертає FALSE, і навпаки.
4. Логічне "XOR" (ексклюзивне АБО): Ця операція повертає TRUE, якщо кількість TRUE вхідних сигналів є непарною, і FALSE, якщо кількість TRUE вхідних сигналів є парною.
5. Логічне "НЕ-І" (NAND): Ця операція повертає FALSE, якщо обидва вхідні сигнали TRUE, і TRUE в будь-якому іншому випадку.
6. Логічне "НЕ-АБО" (NOR): Ця операція повертає TRUE, якщо обидва вхідні сигнали FALSE, і FALSE в будь-якому іншому випадку.

Ці елементарні логічні операції комбінуються для створення складніших логічних виразів, які використовуються в програмах ПЛК для керування різними процесами та пристроями в автоматизованих системах, що дозволяє виконувати завдання різної складності.

1.5 Мова LD

Мова релейних діаграм LAD (Ladder Diagram) або релейно-контактних схем (РКС) – графічна мова, що реалізує структури електричних ланцюгів.

ЛАД виникла з потреби в простому та зрозумілому засобі програмування логіки управління. Вона з'явилася в середині 20-го століття як спрощена форма програмування реле. Початково ЛАД використовувалася в електротехнічних системах, а згодом знайшла широке застосування у виробничій автоматизації та контролі.

Графічно LD-діаграма зображується у вигляді двох вертикальних шин живлення. Між ними розміщені ланцюги, утворенні з'єднанням контактів. Навантаженням кожного ланцюга служить реле, кожне з яких має контакти, які можна використати в інших ланцюгах. За допомогою мови LAD можливо легко візуалізувати логічні операції, що виконуються в ПЛК, і відслідковувати стан вхідних та вихідних сигналів.

ЛАД широко використовується для програмування ПЛК, які здатні контролювати різні промислові процеси, такі як автоматичне виробництво, системи управління будівлями, машинобудування, транспорт і багато іншого. ЛАД також може бути застосована для моделювання та симуляції роботи систем управління перед їх фізичною реалізацією.

Основні елементи мови LAD:

1. Контакти - символізують входи ПЛК, такі як датчики, кнопки і т.д. Вони мають два стани: замкнено (1) або розімкнено (0).
2. Реле - символізують вихідні сигнали ПЛК. Вони є активними (1) або неактивними (0).
3. Блоки логічних операцій - включають в себе операції "І" (AND), "АБО" (OR), "НЕ" (NOT) та інші.
4. Блоки затримок - використовуються для затримки виконання логічних операцій на заданий час.

5. Блоки таймерів - використовуються для вимірювання часу та виконання певних дій в залежності від часових інтервалів.

У LAD елементи розташовуються горизонтально на "лініях" (рівнях), які відображають послідовність подій. Рівні пов'язані з логікою програми і виконуються від верхнього до нижнього.

Лінії, що з'єднують контакти та котушки, вказують на логічні зв'язки між ними. Якщо зв'язок замкнутий, це означає, що активація контакту призводить до активації котушки або іншого контакту, з яким він пов'язаний.

У LAD можливо використовувати комбінації контактів та котушок для створення складних логічних виразів. Наприклад, використовувати серію контактів, щоб створити послідовну логіку, або паралельні контакти для створення альтернативних шляхів виконання.

При створенні сегмента LAD необхідно дотримуватися таких правил:

1. Не можна створювати розгалуження, які призведуть до реверсування потоку сигналів.

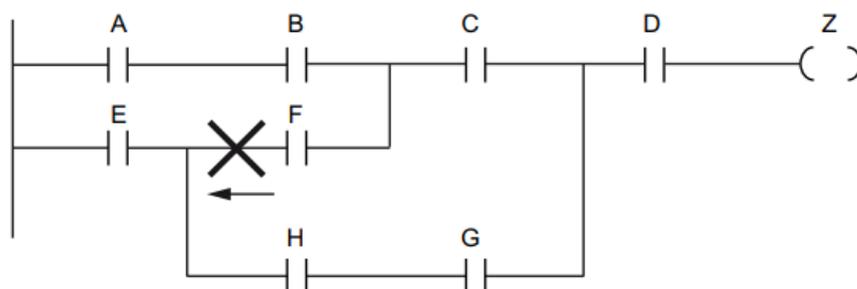


Рисунок 1.7 Неправильне з'єднання елементів схеми

2. Не можна створювати розгалуження, які призведуть до короткого замикання.

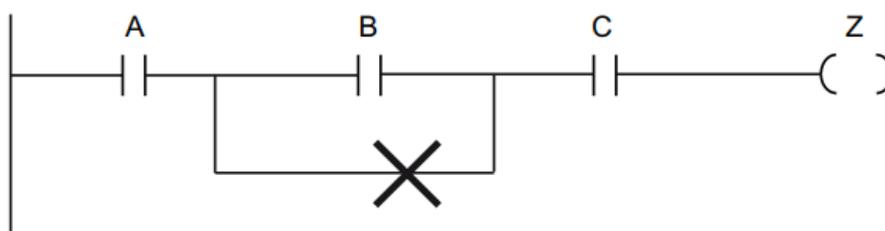


Рисунок 1.8 Розгалудення, що приводить до короткого замикання

Основним перевагою мови LAD є простота використання та візуальна зрозумілість. Проте, мова має свої обмеження, зокрема проблематичність програмування відносно складних логічних операцій та управління послідовністю виконання команд.

Також недоліком мови LAD є необхідність використовувати велику кількість графічних символів та контактів реле для складних програм, що може призвести до заплутання та складності розуміння програми. Крім того, мова LD не підходить для реалізації високорівневих алгоритмів та операцій з обробки даних.

1.6 Мова FBD

Функціональна блок-схема (FBD) є графічною мовою програмування, яка використовується для опису логіки управління в програмованих логічних контролерах (ПЛК) та інших автоматизованих системах. FBD надає можливість виразити логіку управління через функціональні блоки, що спрощує розуміння та розробку програм для промислового автоматизованого обладнання.

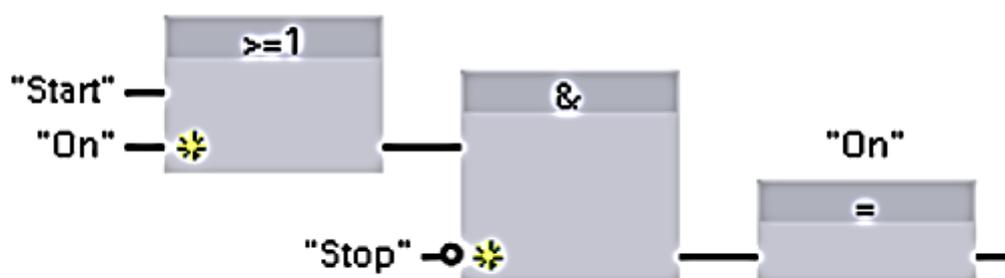


Рисунок 1.9 Функціональна блок-схема (FBD)

Функціональна блок-схема (FBD) була розроблена з метою спрощення програмування логіки управління в програмованих логічних контролерах (ПЛК). Вона з'явилася як альтернатива текстовому програмуванню, що дозволяла розробникам виразити логіку управління за допомогою графічних елементів та зв'язків між ними.

FBD широко використовується у програмуванні промислових автоматизованих систем, зокрема в програмованих логічних контролерах (ПЛК). Вона дозволяє описати складні логічні взаємозв'язки та управління обладнанням з використанням функціональних блоків.

Основними елементами FBD є функціональні блоки, зв'язки та входи/виходи. Функціональні блоки представляють окремі функції або операції. Зв'язки використовуються для передачі сигналів та даних між функціональними блоками. Входи/виходи визначають зовнішні з'єднання з обладнанням або іншими системами.

У FBD існує велика кількість функціональних блоків, які виконують різні операції та функції. Деякі з них включають:

1. Логічні операції: блоки "І" (AND), "АБО" (OR), "НЕ" (NOT) та інші, які виконують логічні операції над вхідними сигналами.
2. Арифметичні операції: блоки додавання, віднімання, множення, ділення та інші, які виконують арифметичні операції над числовими значеннями.
3. Таймери та лічильники: блоки, що дозволяють вимірювати час або кількість подій.
4. Порівняння: блоки, які порівнюють значення та виконують умовні переходи.
5. Затримки: блоки, що дозволяють затримати вхідний сигнал на певний проміжок часу.
6. Обробка рядків: блоки, які виконують операції з рядками, такі як конкатенація, розбиття тощо.
7. Аналогові операції: блоки, які виконують операції над аналоговими сигналами, такі як фільтрація, масштабування тощо.

У FBD функціональні блоки розташовуються на графічному полі, зв'язки між ними вказують на потік даних або сигналів. Блоки можуть бути розташовані в будь-якому порядку, а зв'язки вказують на логічні залежності між блоками.

Зв'язки в FBD повинні бути здійснені між виходами та входами функціональних блоків. Вхідні та вихідні типи даних повинні бути сумісними. Один вихідний сигнал може бути підключений до кількох вхідних сигналів.

У FBD можливо використовувати розгалуження та умовні переходи, щоб визначити різні шляхи виконання програми. Зазвичай це досягається за допомогою логічних блоків, які виконують порівняння та приймають рішення на основі умов.

Переваги FBD

1. **Графічний характер:** FBD надає візуальне представлення логіки управління, що полегшує розуміння та аналіз програм.
2. **Простота використання:** FBD дозволяє розробникам виразити логіку управління за допомогою графічних елементів, що робить його доступним навіть для початківців.
3. **Модульність:** FBD дозволяє створювати модулі та підпрограми, які можуть бути повторно використані та легко підтримуватись.
4. **Інтеграція з іншими мовами:** FBD може бути поєднана з іншими мовами програмування, такими як текстове програмування або мови схематичного представлення.

Недоліки FBD

1. **Обмежені можливості:** FBD не завжди може виразити складні алгоритми або функціональні вимоги, що доступні в інших мовах програмування.
2. **Великі розміри програм:** Складні програми на FBD досить великі в розмірі через графічне представлення, що ускладнює їх аналіз та підтримку.
3. **Важкість відлагодження:** Під час відлагодження програм на FBD важко визначити точку проблеми, оскільки це вимагає аналізу графічних зв'язків та блоків.

РОЗДІЛ 2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1 Вимоги до конвеєра

Конвеєр - це пристрій для переміщення різних предметів або матеріалів з однієї точки в іншу. Вимоги до конвеєра залежать від конкретного застосування та типу конвеєра, але загалом основні вимоги до конвеєра такі:

1. Надійність: конвеєр повинен бути стійким до впливу зовнішніх факторів (таких як вібрації, температура, вологість, тиск), щоб забезпечити безперебійну роботу.

2. Ефективність: конвеєр повинен працювати з високою ефективністю, забезпечуючи швидке та точне переміщення матеріалів.

3. Модульність: конвеєр повинен бути модульним, щоб його легко збирати та розбирати, додавати або видаляти компоненти для забезпечення різних потреб.

4. Простота управління: конвеєр повинен бути легким у керуванні та налаштуванні для забезпечення ефективної роботи.

5. Легкість у монтажі та обслуговуванні: конвеєр повинен бути легким у монтажі та обслуговуванні для забезпечення швидкого та легкого доступу до компонентів конвеєра для їх обслуговування та ремонту.

6. Економічність: конвеєр повинен бути економічним у використанні енергії та матеріалів, щоб забезпечити мінімальні витрати на експлуатацію та обслуговування.

2.2 Вибір типу електроприводу

Вибір типу електроприводу конвеєра залежить від ряду факторів, таких як тип вантажу, який буде переноситися, вага та об'єм, швидкість руху конвеєра, тип транспортної стрічки та інші.

Один з найпоширеніших типів електроприводу для конвеєрів - це прямий електропривод, коли електродвигун прив'язаний безпосередньо до валу редуктора, що забезпечує рух транспортної стрічки. Прямий електропривід може бути

змінного або постійного струму, залежно від потреб ефективності та економії енергії.

Також можливе використання інші типи електроприводів, наприклад, з використанням серводвигунів або роторних двигунів. Вибір типу електроприводу залежить від конкретних вимог та умов експлуатації конвеєра.

В значній мірі вибір приводу залежить від кількості приводних барабанів і двигунів. Зазвичай конвеєри мають один або два приводні барабани, що залежить від довжини конвеєра та кількості перешкод на ньому. Також, кількість двигунів може змінюватися в залежності від ваги та об'єму перевозимих вантажів.

Якщо конвеєр має один приводний барабан, то доцільно використати простіший одномоторний електропривід, який включає в себе один електродвигун та механізм передачі потужності до приводного барабану.

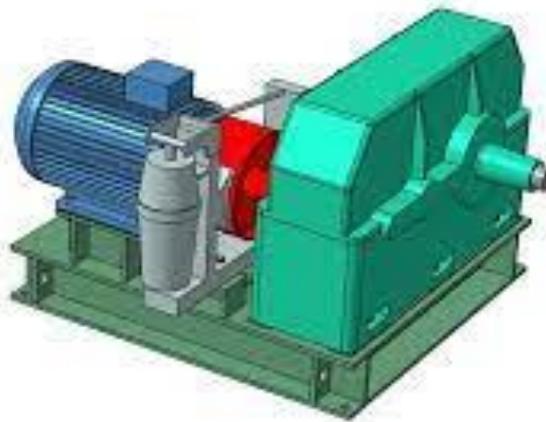


Рисунок 2.1 Одномоторний електропривод

Якщо ж конвеєр має два приводні барабани, то допустимо використати двомоторний електропривід, який містить два електродвигуни та механізм передачі потужності до кожного з приводних барабанів окремо. Такий привід забезпечує більшу стійкість та надійність роботи конвеєра.

Для вибору типу електроприводу конвеєра також важливим є економічний аспект. Для великих конвеєрів зі значним обсягом переносимих матеріалів

ефективним може бути використання вискоефективних асинхронних двигунів з частотними приводами, які дозволяють знизити витрати на енергію.

Також варто звернути увагу на можливості автоматизації та управління конвеєром. Сучасні електроприводи можуть бути підключені до систем автоматизації та керування, що дозволяє забезпечити більш точну та ефективну роботу конвеєра. Такі системи використовують датчики, які вимірюють швидкість та вагу переносимих матеріалів, що забезпечує більш точне та раціональне управління рухом конвеєра.

Загалом, вибір типу електроприводу для конвеєра залежить від конкретних потреб та умов експлуатації. Важливо враховувати такі фактори, як тип транспортної стрічки, тип переносимого матеріалу, швидкість руху конвеєра, вага та об'єм матеріалу, вимоги до ефективності та енергозбереження, можливості автоматизації та управління конвеєром. Рекомендується звернутися до фахівців з монтажу та обслуговування конвеєрів для отримання детальної консультації та вибору оптимального рішення.

2.3 Вибір конвеєрної стрічки

У стрічкових конвеєрах стрічка служить водночас вантажонесучим та тяговим органом. Рух стрічки конвеєра здійснюється за рахунок фрикційного зв'язку стрічки з приводним барабаном. При роботі конвеєра стрічка піддвється значним навантаженням від натягу і переміщення вантажу, а також зносу від тертя робочих обкладок, руйнування при взаємодії з транспортуємим матеріалом, дії навколишнього середовища, перегинами на барабанах і роликкоопорах.

На конвеєрах застосовуються стрічки з прокладками з бавовняних та синтетичних тканин, а також з тросовою основою. Для стрічкових конвеєрів найчастіше використовуються гумовотканинні і гумовотросові стрічки.

Основними частинами конвеєрної стрічки є каркас і захисне покриття. Призначення каркаса – сприйняття поздовжніх і поперечних навантажень, а захисного покриття – захист каркасу від механічних пошкоджень.

Каркас гумовотканинних стрічок - Ш, 2Ш, ПВХ складається з пошарово прокладених прокладок . Призначення прокладок – передача тягового зусилля від приводного барабана. Захисний шар гуми наноситься на каркас зверху, знизу і з боків. Верхній шар гуми –робочий, який товщий ніж нижній (неробочий).

Гумовотросові стрічки - РТЛ, РТЛО використовують на магістральних конвеєрах великої довжини. Вони мають високу міцність (до 30 кН/см і більше) і мале відносне подовження (до 0,25 %). В гумовотросовій стрічці основою служать сталеві канатики – троси. Недоліком гумовотросових стрічок є велика маса і трудоємність з'єднання стиків при поривах та з'єднаннях стрічок.

Для з'єднання кінців високоміцних тканинних і гумовотросових стрічок на стаціонарних конвеєрах використовують гарячу вулканізацію.

Вибір матеріалу стрічки для стрічкового конвеєра залежить від декількох факторів, таких як тип вантажу, його вага, швидкість транспортування та інші.

Основні матеріали стрічок для конвеєрів:

1. Гумова стрічка – це найбільш поширений тип стрічки для конвеєрів. Вона має високу міцність та стійкість до зносу, що дозволяє використовувати її для важких вантажів та в умовах високого навантаження. Гумові стрічки також мають хорошу адгезію, тому вони підходять для транспортування продуктів з високим коефіцієнтом тертя.

2. PVC-стрічка – вона має високу міцність та стійкість до зносу. PVC-стрічки легко чистити, що робить їх ідеальними для продуктів харчування та фармацевтичної промисловості.

3. PU-стрічка – це тонкі та міцні стрічки з високою стійкістю до зносу. Вони підходять для транспортування легких та середніх вантажів. PU-стрічки також мають хорошу адгезію, тому вони підходять для транспортування продуктів з високим коефіцієнтом тертя.

4. Металева стрічка – вона має високу міцність та стійкість до високих температур. Металеві стрічки підходять для транспортування продуктів з високою температурою або в умовах високої навантаженості.

5. Текстильна стрічка – цей тип стрічки має високу міцність та стійкість до зносу. Вона зазвичай виготовляється з поліестеру або нейлону і добре підходить для транспортування легких та середніх вантажів. Текстильна стрічка має гнучкість та добре пристосовується до різних форм продуктів.

6. Модульна пластикова стрічка – цей тип стрічки складається з модульних пластикових ланок, які з'єднуються між собою. Вона має високу міцність, стійкість до зносу та хімічну стійкість. Модульна пластикова стрічка легко миється, стерилізується та підходить для використання в галузях харчування та фармацевтики.

В даному випадку вибираємо гумову стрічку шириною 500 мм, оскільки вони є загальнодоступними, мають гарну адгезію, довговічні та витримують високі навантаження, мають гарну адгезію.

2.4 Вибір приводу конвеєра

Вибір приводу стрічкового конвеєра залежить від декількох факторів, таких як потужність конвеєра, швидкість переміщення стрічки, розмір і вага транспортованого вантажу та інші.

Достатньо поширеним є барабанний привод. Складається з барабана, передавальних механізмів (муфт редукторів) і двигуна.

У приводах похилих конвеєрів також встановлюють стопорні пристрої або гальма, що перешкоджає мимовільному руху стрічки вниз у випадку вимкнення двигуна.

По числу приводів розрізняють однобарабанні приводи з одним або двома двигунами, двохбарабанні й трибарабанні. Найбільш простим є однобарабанний привод.

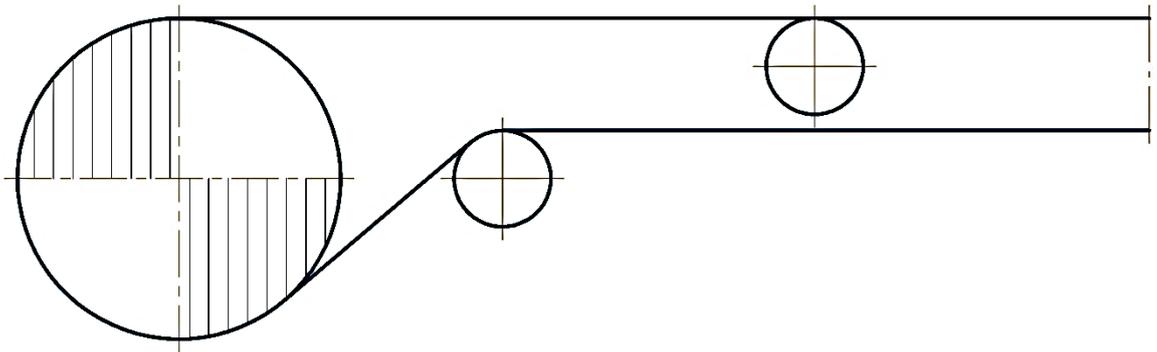


Рисунок 2.2 Однобарабанний привод

Однобарабанний привод невеликої потужності до 30-50 кВт може бути оснащений мотор-редуктором.

Переваги однобарабанного привода – простота та надійність конструкції, невеликі габарити.

Недоліки – обмежений кут обхвату стрічкою приводного барабана (до 240°) і через це недостатня тягова здатність для довгих і важких конвеєрів.

Двобарабанні приводи застосовуються тільки на досить довгих і великовантажних конвеєрах. Вони складніше по конструкції, але вимагають меншого попереднього натягу стрічки.

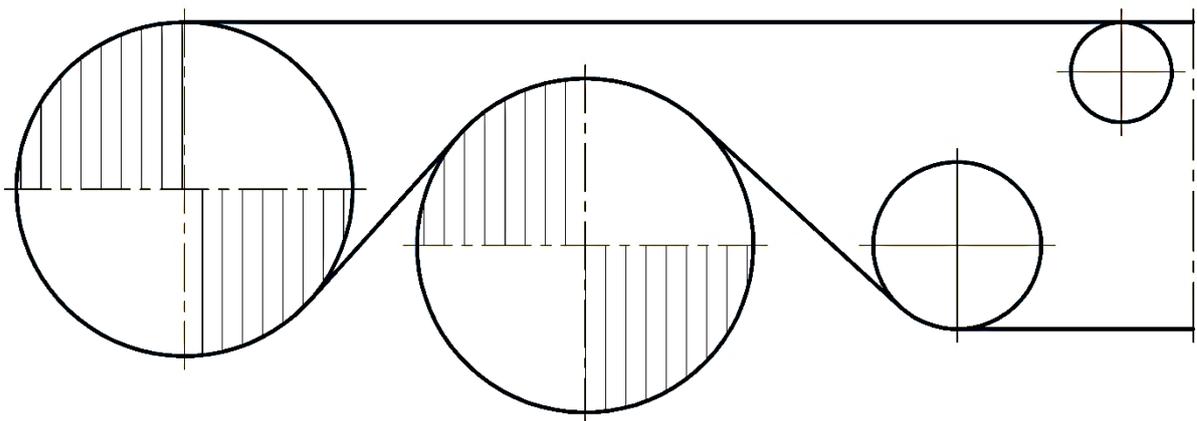


Рисунок 2.3 Двобарабанний привод

Недолік - менший термін служби стрічки за рахунок перегинів, необхідний привод з диференціальним механізмом або гідromуфтою.

Переваги двухбарабанного привода - збільшений загальний кут обхвату (до 480°). Недоліки - збільшення габаритних розмірів, багаторазовий перегин стрічки, що обумовлює зниження строку її служби.

Остаточний вибір схеми привода визначається шляхом порівняльного техніко-економічного розрахунку можливих варіантів.

2.5 Вибір ПЛК

Вибір програмованого логічного контролера (ПЛК) залежить від конкретних потреб і вимог вашого проекту. Існує багато різних виробників ПЛК, кожен з яких пропонує свої моделі з різними функціями, можливостями і характеристиками.

При виборі ПЛК слід враховувати такі фактори:

1. Вимоги проекту: необхідно розглянути потреби проекту і визначити, які функції, вхідні/вихідні засоби, комунікаційні можливості і швидкість виконання потрібні для ефективної автоматизації.

2. Масштаб проекту: враховуємо розмір і складність певного проекту. Деякі ПЛК призначені для менших масштабів, таких як один окремий процес, тоді як інші здатні керувати великими системами з багатьма вузлами.

3. Надійність і підтримка: слід дізнатися репутація виробника ПЛК щодо надійності своїх пристроїв та якість підтримки, яку вони надають своїм клієнтам.

4. Інтеграція з існуючим обладнанням: якщо у нас вже є певне обладнання, з яким потрібно інтегрувати ПЛК, необхідно враховувати, що вибраний ПЛК підтримує відповідні інтерфейси та протоколи зв'язку.

5. Вартість: Вартість ПЛК може бути важливим фактором для багатьох проектів. Порівняння ціни різних виробників і моделей ПЛК допоможе заощадити але не слід нехтувати іншими факторами, такі як якість, підтримка та зручність у роботі.

2.6 Розрахунок конвеєра

Розрахунок стіркового 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 використовуємо габаритні значення найбільшої коробки.

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

$G_g = 15$ кг

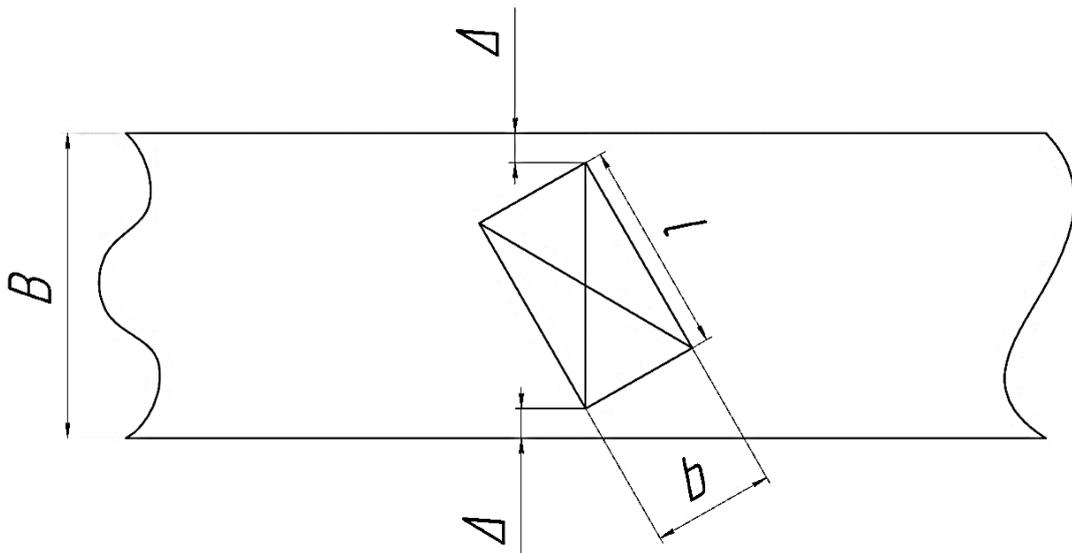


Рисунок 2. – Косе розміщення вантажу на стрічки

$$B = \sqrt{l^2 + b^2} + 2\Delta = \sqrt{600^2 + 350^2} + 2 \cdot 30 = 754,622 \text{ мм}, \quad (2.1)$$

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

Згідно стандарту вибираємо $B = 800$ мм.

Крок між вантажами

$$a = \frac{3600 \cdot v}{Z_p} \quad (2.2)$$

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

$$Z_p = Z \cdot \frac{K_H}{K_t} = 2700 \frac{1,2}{0,8} = 4050 \text{ шт/год} \quad (2.3)$$

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

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

Визначення погонних навантажень

Від вантажу:

$$q_B = \frac{G_e}{a} = \frac{15}{0,533} = 28,125 \text{ кг/м,} \quad (2.4)$$

Де $G_e = 15$ 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:

$$q_{ст} = 1,1 \cdot B \cdot (i \cdot \delta_0 + \delta_1 + \delta_2) = 1,1 \cdot 0,6 \cdot (3 \cdot 1,5 + 3 + 1,5) = 7,92 \text{ кг/м} \quad (2.5)$$

Від обертових частин ролткових опор:

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

$$G_p = \frac{100 \cdot B + 30}{g} = \frac{100 \cdot 0,6 + 30}{9,81} = 11,213 \text{ кг} \quad (2.6)$$

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:

$$q_p^e = \frac{G_p}{l_p^e} = \frac{11,213}{0,6} = 18,688 \text{ кг/м} \quad (2.8)$$

$$q_p^H = \frac{G_p}{l_p^H} = \frac{11,213}{1,2} = 9,344 \text{ кг/м} \quad (2.9)$$

Визначення натягів стрічки

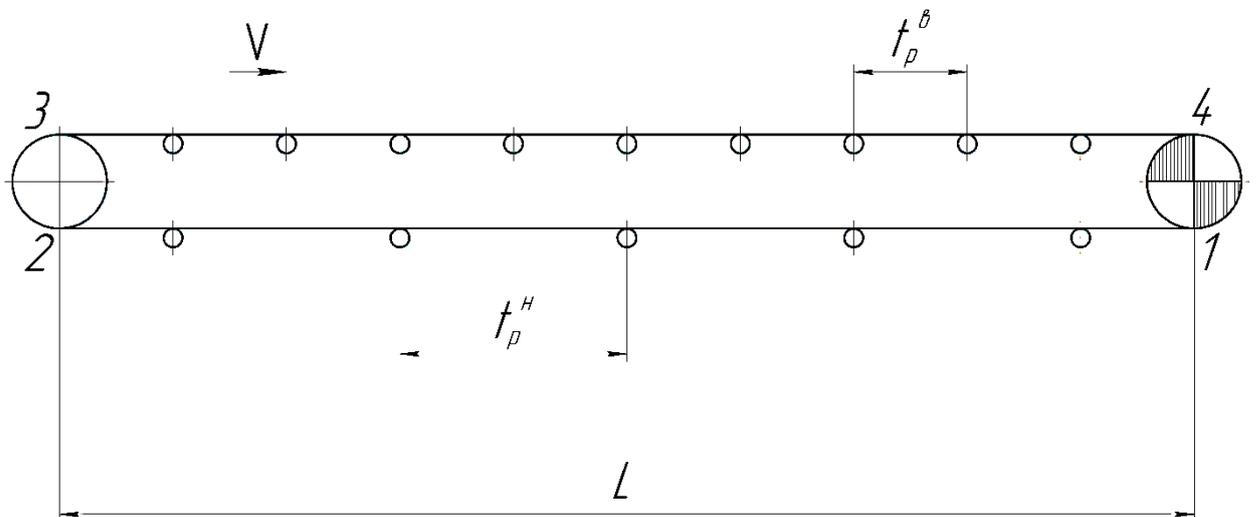


Рисунок 2. – Розрахункова схема конвеєра

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

$$S_1 = S_{зб}$$

$$S_2 = S_1 + (q_{cm} + q_p^H) \cdot g \cdot \omega_0 \cdot L \quad (2.10)$$

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

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

$$S_3 = S_2 \cdot K_B = (S_{зб} + 22,355) \cdot 1,025 = 1,025S_{зб} + 22,914 \text{ Н} \quad (2.11)$$

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

$$\begin{aligned} S_4 &= S_n = S_3 + (q_g + q_{cm} + q_p^e) \cdot g \cdot \omega_0 \cdot L \\ S_4 &= 1,025S_{зб} + 22,914 + (28,125 + 7,92 + 18,688) = 1,025S_{зб} + 93,79 \text{ Н} \end{aligned} \quad (2.12)$$

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

Використовуючи рівняння Ейлера маємо систему рівнянь:

$$\begin{aligned} S_{нб} &= S_{зб} \cdot e^{\mu\alpha} \\ \begin{cases} S_{нб} = 1,025 \cdot S_{зб} + 93,79 \\ S_{нб} = 2,56 \cdot S_{зб} \end{cases} \end{aligned} \quad (2.13)$$

В результаті рішення системи рівнянь маємо:

$$S_{зб} = 61,101 \text{ Н}$$

$$S_{нб} = 156,419 \text{ Н}$$

Потрібна кількість прокладок

$$z = \frac{K \cdot S_{зб}}{B \cdot K_p} \quad (2.14)$$

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

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

$$z = \frac{K \cdot S_{зб}}{B \cdot K_p} = \frac{9,5 \cdot 61,101}{80 \cdot 550} = 0,33 \quad (2.15)$$

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

Найменший натяг стрічки

$$S_{\min} = (4 \dots 5) \cdot (q_g + q_{cm}) \cdot g \cdot l_p = 4 \cdot (28,125 + 7,92) \cdot 9,81 \cdot 0,6 = 848,643 \text{ Н} \quad (2.16)$$

Найменший натяг буде в т. 3

$$S_3 = 1,025S_{зб} + 22,914 = 1,025 \cdot 61,101 + 22,914 = 85,543 \text{ Н} \quad (2.17)$$

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

Приймаємо натяг в т. 3:

$$S_3 = 900 \text{ Н},$$

$$S_2 = \frac{S_3}{K_B} = \frac{900}{1,025} = 878,049 \text{ Н, тоді} \quad (2.18)$$

$$S_{нб} = S_3 + (q_b + q_{cm} + q_p) \cdot g \cdot \omega_0 \cdot L \quad (2.19)$$

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

$$S_{зб} = \frac{S_{нб}}{e^{\mu\alpha}} = \frac{970,875}{2,56} = 379,248 \text{ Н} \quad (2.20)$$

Тягове зусилля

$$W_T = S_{нб} - S_{зб} + (k_{бар} - 1)(S_{нб} + S_{зб}) = \quad (2.21)$$

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

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

$$k_{бар} = 1,025$$

Кінематичний і силовий розрахунок

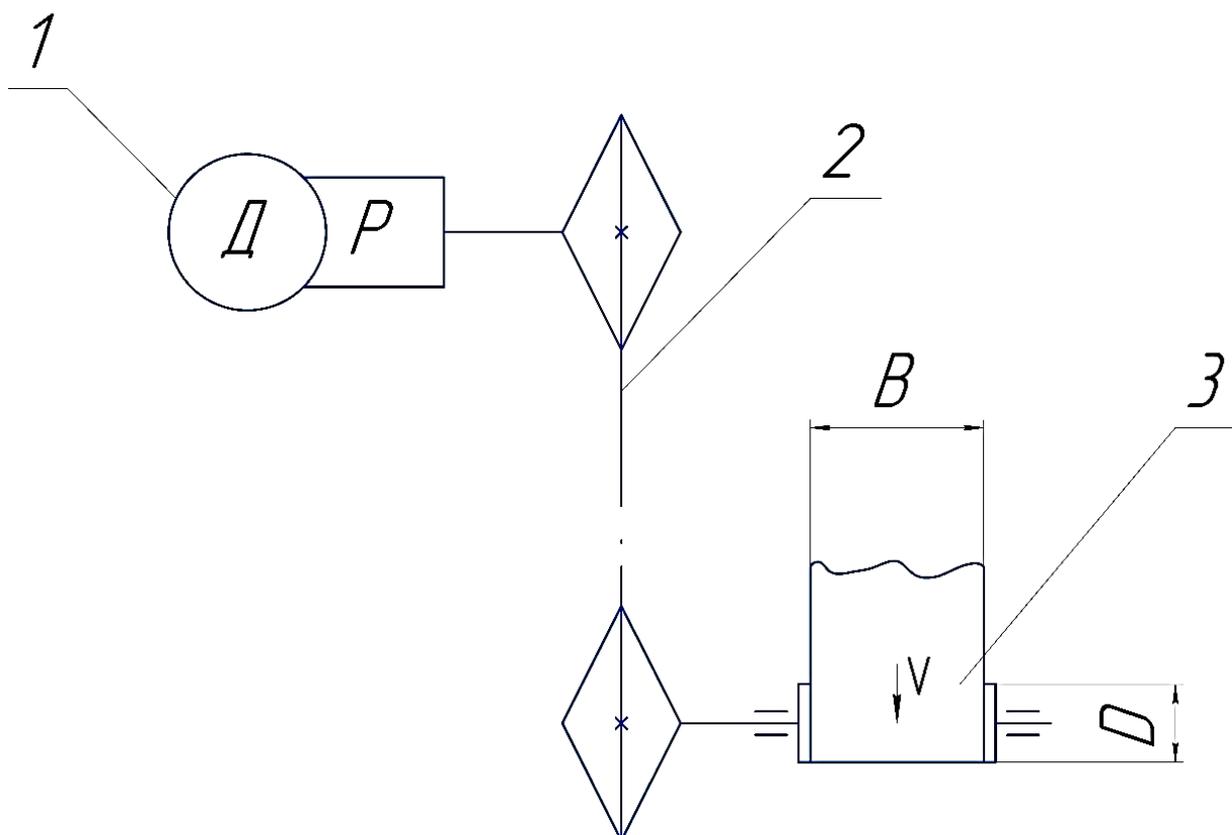


Рисунок 2.6 – Кінематична схема приводу

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

Загальний ККД приводу

$$\eta_{заг} = \eta_{дв} \cdot \eta_{л.п.} \cdot \eta_{бар} \quad (2.22)$$

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

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

Розрахунок потужності електродвигуна

$$P_{дв} = k_3 \frac{W_T \cdot v}{1000 \cdot \eta_{заг}} = 1,3 \frac{625,38 \cdot 0,6}{1000 \cdot 0,573} = 0,851 \text{ кВт} \quad (2.23)$$

Де W_T – тягове зусилля на приводному барабані, $\eta_{заг}$ – 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 2.1 – Технічні характеристики двигуна-редуктора типорозміру МПз-50

Найменування	Позначення	Величина
Крутний момент на вихідном валу, Н·м	T	550
Частота обертання, об/хв	$n_{др}$	18
Допустиме радіальне навантаження, Н	F_r	6400
Маса двигуна-редуктора, кг	$m_{др}$	75

Таблиця 2.2 – Технічні характеристики двигуна АИР90LB8

Найменування	Позначення	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

Продовження таблиці 2.2

Найменування	Позначення	Величина
Коефіцієнт потужності	$\cos\varphi$	0,69
Частота мережі, Гц	f	50
Співвідношення моментів струму	M_n/M_H	1,8
Співвідношення моменту сили	M_{max}/M_H	2,0
Співвідношення струмів	I_n/I_H	5,0
Момент інерції, кг·м ²	J	0,0090
Вага, кг	m	27

Частота обертання барабана

$$n_{\bar{o}} = \frac{60 \cdot v}{\pi \cdot D_{\bar{o}}} \quad (2.24)$$

де $D_{\bar{o}}$ – діаметр барабана

$$D_{\bar{o}} = (125 \dots 130) \cdot z = 130 \cdot 3 = 390 \text{ мм.} \quad (2.25)$$

Приймаємо $D_{\bar{o}} = 400 \text{ мм.}$

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

Передаточне число ланцюгової передачі

$$U_{л.п.} = \frac{n_{dp}}{n_{\bar{o}}} = \frac{17,7}{28,662} = 0,618 \quad (2.26)$$

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

Потужність на валах

$$P_{dp} = P_{дв} \cdot \eta_{dp} = 0,851 \cdot 0,67 = 0,57 \text{ кВт} \quad (2.27)$$

$$P_{\bar{o}} = P_{дв} \cdot \eta_{заг} = 0,851 \cdot 0,573 = 0,488 \text{ кВт} \quad (2.28)$$

Крутні моменти на валах

$$T_{op} = 9550 \frac{P_{op}}{n_{op}} = 9550 \frac{0,57}{17,7} = 307,608 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (2.29)$$

$$T_{\sigma} = 9550 \frac{P_{\sigma}}{n_{\sigma}} = 9550 \frac{0,488}{28,662} = 162,528 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (2.30)$$

Виходячи з розрахунків, робимо висновок, що даний мотор-редуктор підходить для конвейєра. Він є оптимальним та підходить для поставленого завдання. Застосування визначених параметрів дозволить забезпечити ефективну роботу конвеєрної системи з мінімальними витратами енергії та максимальною продуктивністю.

Розділ 3: Математичне моделювання короткозамкнутого асинхронного двигуна у пакеті Matlab Simulink

3.1. MATLAB Simulink

1. MATLAB Simulink – це інтегроване середовище розробки (ICP) для моделювання, аналізу та симуляції динамічних систем. Вона дозволяє інженерам та вченим створювати моделі систем, виконувати чисельні експерименти та проводити візуальне налагодження.

2. Simulink розроблений для роботи разом із MATLAB, що дозволяє користувачам легко комбінувати моделювання та аналіз динамічних систем з алгоритмами, оптимізацією та іншими можливостями MATLAB. Simulink надає блоковий інтерфейс, де системи представлені як блоків, пов'язаних лініями, які позначають потік даних.

3. Основні можливості MATLAB Simulink включають:

4. Моделювання систем Simulink надає набір вбудованих блоків для створення моделей різних систем, включаючи електричні, механічні, гідравлічні та інші системи.

5. Розробка контролерів: Simulink дозволяє розробляти та тестувати контролери для автоматичного керування системами. Це може включати створення моделей регуляторів PID (пропорційно-інтегрально-диференціальних), кінцевих автоматів або алгоритмів управління.

6. Візуалізація результатів: Simulink надає інструменти для візуалізації результатів симуляції у вигляді графіків, діаграм та анімацій. Це дозволяє користувачам аналізувати поведінку системи та перевіряти відповідність моделей вимогам проекту.

7. Кодогенерація: Simulink може генерувати ефективний код різними мовами програмування, таких як C або C++, який можна використовувати для реалізації та розгортання моделей на реальному апаратному забезпеченні.

8. Вбудована підтримка багатьох сфер застосування: Simulink має спеціалізовані бібліотеки та набори інструментів для моделювання та аналізу

систем у різних галузях, таких як автомобільна промисловість, аерокосмічна галузь, енергетика тощо.

Матлаб Simulink є потужним інструментом для розробки та моделювання складних динамічних систем. Він широко використовується в інженерії, науці та дослідженнях для вирішення різних завдань, пов'язаних із моделюванням та аналізом систем.

3.2. Визначення параметрів схеми асинхронної машини за даними каталогу

Розглянемо основні параметри схеми заміщення асинхронного електродвигуна, які можна визначити за даними з каталогу

1. Номінальне ковзання:

$$s_n = \frac{n_s - n_n}{n_s} = \frac{750 - 680}{750} = 0,093 \quad (3.1)$$

де n_s – синхронна швидкість (швидкість обертання магнітного поля);
 n_n – номінальна швидкість обертання двигуна.

2. Критичне ковзання:

$$s_k = (m_{\max} + \sqrt{m_{\max}^2 - 1})s_n = (2 + \sqrt{2^2 - 1})0,093 = 0,384 \quad (3.2)$$

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

3. Конструктивний коефіцієнт:

$$c_1 = 1 + \frac{L_{1s}}{L_m} \quad (3.3)$$

Спочатку, для визначення конструктивного коефіцієнта, використовується діапазон значень від $c_1 = 1,02 \dots 1,05$, що базується на попередньому розрахунку параметрів схеми заміщення. Після розрахунку індуктивностей, які входять до рівняння, необхідно порівняти отримане значення зі спочатку обраним і уточнити розрахунок. Зазвичай, за дві-три ітерації, вдається досягти збігу між прийнятим та розрахованим значеннями конструктивного коефіцієнта.

4. Коефіцієнт в'язкого тертя:

$$B_T = \frac{\Delta P_{\text{мех}}}{\left(\frac{2\pi n_n}{60}\right)^2} \quad (3.4)$$

5. Механічні втрати:

Якщо припустити, що загальні втрати складаються з двох компонентів - постійних і змінних втрат, при цьому постійні втрати приблизно становлять 1/3 від загальних втрат, а механічні втрати становлять половину постійних втрат, тоді механічні втрати $\Delta P_{мех}$ можуть бути визначені за допомогою наступного рівняння:

$$\Delta P_{мех} = P_n \left(\frac{1}{\eta_n} - 1 \right) \cdot \frac{1}{6} = 1,1 \left(\frac{1}{0,72} - 1 \right) \cdot \frac{1}{6} = 0,071 \text{ кВт} \quad (3.5)$$

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

$$P_n + \Delta P_{мех} = P_n \left(1 + \left(\frac{1}{\eta_n} - 1 \right) \cdot \frac{1}{6} \right) = 1,171 \text{ кВт} \quad (3.6)$$

7. Опір статора:

$$R_s = \frac{1}{2} \frac{U_n^2 (1 - s_n)}{c_1 \left(1 + \frac{c_1}{s_k} \right) m_k (P_n + \Delta P_{мех})} \quad (3.7)$$

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

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

8. Опір ротора:

$$R_r = \frac{1}{3} \frac{(P_n + \Delta P_{мех}) m_k}{(1 - s_n) i_k^2 I_n^2} = \frac{1}{3} \frac{((1,1 + 0,071) \cdot 10^3) 1,8}{(1 - 0,093) \cdot 5^2 \cdot 3,36^2} = 13,42 \text{ Ом} \quad (3.8)$$

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

9. Індуктивність статора та ротора:

$$L_s \cong L_r = \frac{1}{2 P f} \frac{U_n}{\sqrt{3} I_n \left(\sqrt{1 - (\cos(\varphi))^2} - \frac{s_n \cos(\varphi)}{s_k} \right)} \quad (3.9)$$

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

10. Индуктивность рассеяния статора и ротора:

$$L_{1s} \cong L_{1r} = \frac{1}{4pf} \sqrt{\left(\frac{U_n}{\sqrt{3}(i_k I_n)}\right)^2 - (R_s + R_r)^2} \quad (3.10)$$

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

11. Взаєміндукція:

$$L_m = L_s - L_{1s} = 0,251 - 0,0226 = 0,229 \text{ Гн} \quad (3.11)$$

Розрахункові значення наведені у таблиці 2.2.

3.3. Дослідження моделі асинхронного двигуна в Matlab Simulink

За замовчуванням модель асинхронного двигуна з розділу бібліотеки Simscape надається для фазного ротора (рис. 7.2, а).

Клеми А, В, С служать підключення до трехфазному напрузі, клеми а, b, с – виходи обмотки ротора. Параметри двигуна для модифікації SI Units в абсолютних одиницях вводяться через діалогове вікно, яке викликається подвійним натисканням на зображення двигуна (Мал. 7.3). У рядку Rotor type пропонується два варіанти: Wound – двигун із фазним ротором, Squirrel-cage – короткозамкнений двигун (з білячою кліткою) та Double Squirrel-Cage - короткозамкнений двигун (з подвійною білячою кліткою). У рядку Reference frame пропонується три варіанти вибору системи координат: Rotor – обертова з ротором з однаковою частотою; Stationary – нерухома, найбільш природна для нас; Synchronous - система координат, що синхронно обертається з частотою мережевого напруги. Параметри асинхронного двигуна вводяться в рядки в абсолютних одиницях.

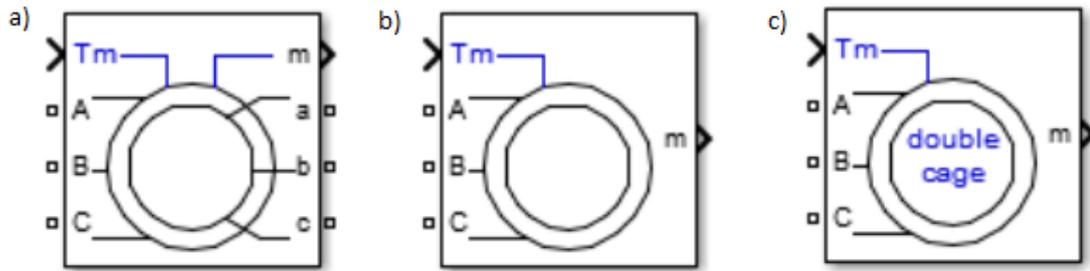


Рисунок 3.1 Віртуальна модель асинхронної машини:

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

Варто зауважити, що ці параметри не наводяться у довідниках та каталогах, але їх можна розрахувати за допомогою різних методик, як описано в попередньому пункті.

Найчастіше використовується модель короткозамкнутого двигуна з білячою кліткою (рис. 3.2 б). Для підключення до виходу m використовується спеціальний блок Bus Selector, який знаходиться в розділі Simulink. Тип змінного струму машини відображається у рядку "Rotor type" і може бути змінений подвійним натисканням лівої кнопки миші (рис. 3.2, 3.3).

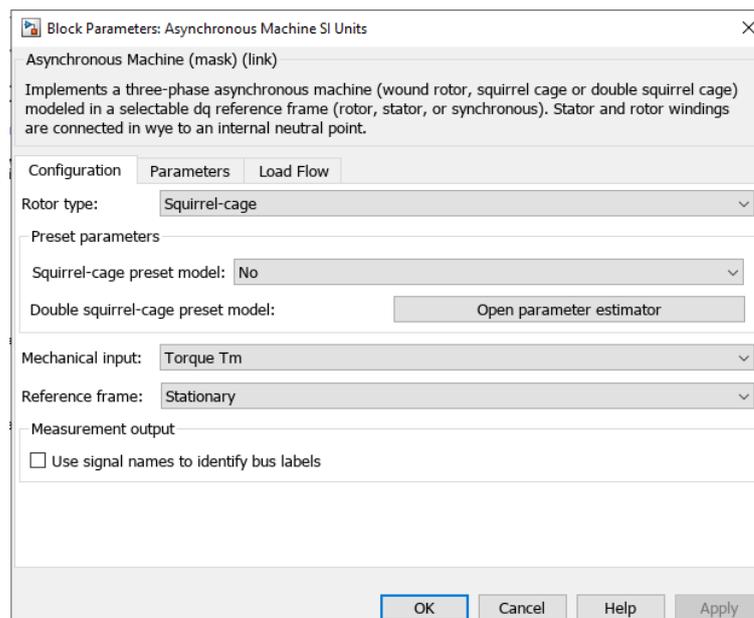


Рисунок 3.2 Вікно налаштування двигуна

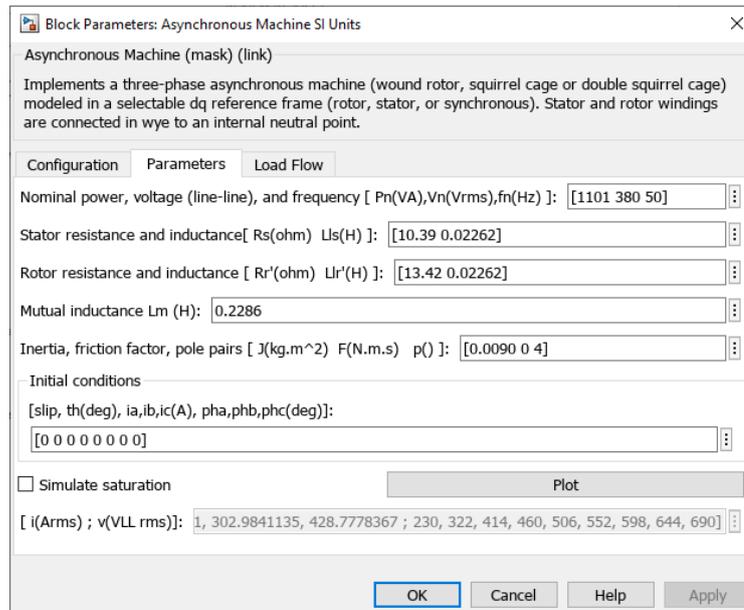


Рисунок 3.3 Вікно введення параметрів двигуна в абсолютних одиницях

При введенні сигналу T_m на вхід, задається активний момент навантаження в Ньютон-метрах. Для виконання вимог програми Simulink на робочому полі моделі потрібно розмістити блок powergui.

На рисунку 3.4 показана схема моделювання процесів запуску асинхронного короткозамкнутого двигуна при підключенні до фазової напруги 220 В (або 380 В лінійної напруги) з частотою мережі 50 Гц. Активний момент навантаження задається в блоках Step. Через 5 секунд після початку моделювання двигун навантажується моментом 15,415 Н·м, і кожні 5 секунд момент зменшується у 2 рази за допомогою блока Sum. Оскільки є три блока AC Voltage Source, в їх параметрах вказуємо фазовий кут, а саме 0° , 120° , -120° . Для побудови динамічної механічної характеристики використовуємо графічний блок XY Graph.

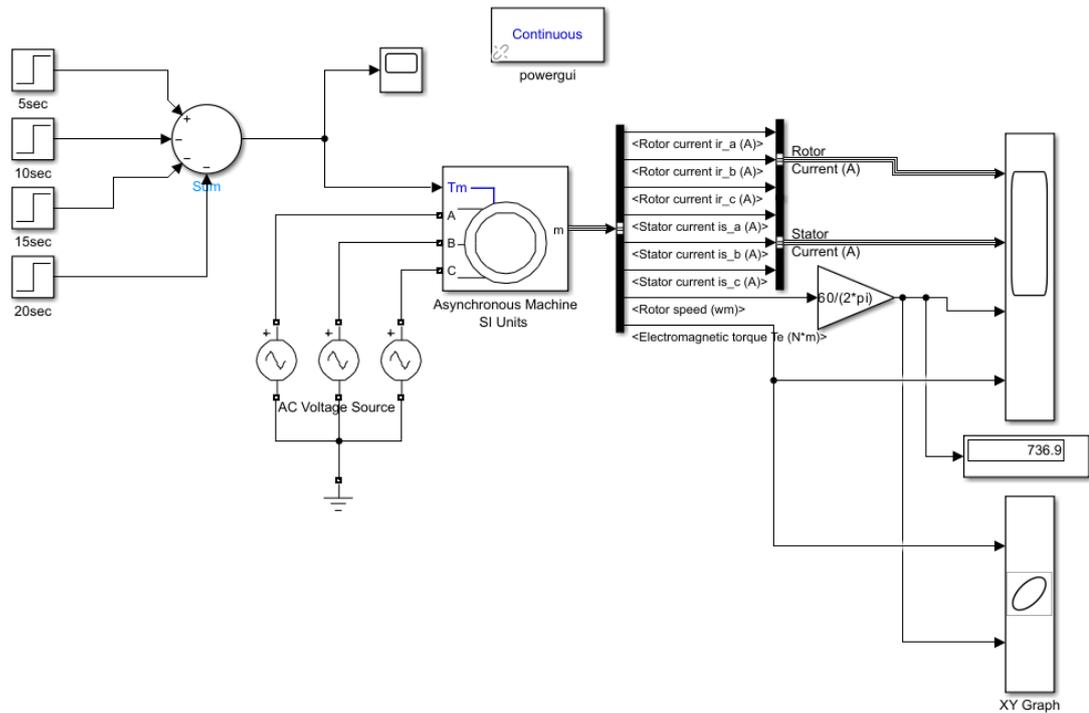


Рисунок 3.4 Модель пуску електроприводу змінного струму з прямим включенням двигуна до мережі

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

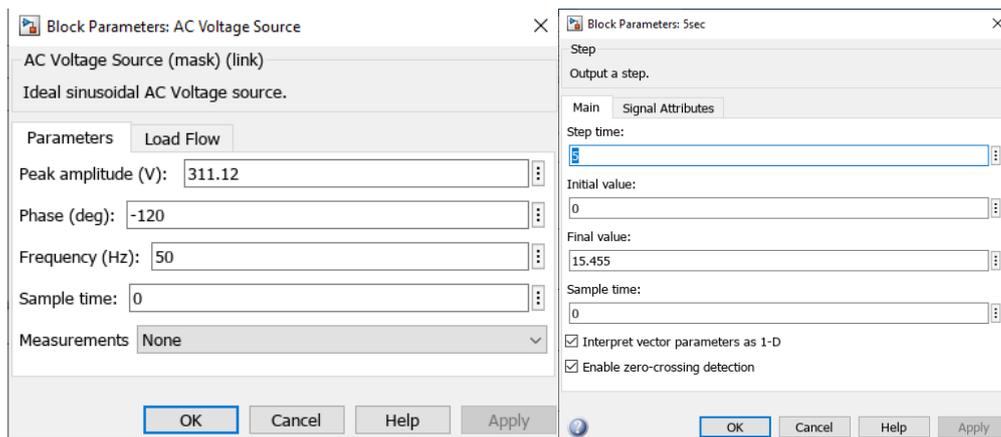


Рисунок 3.5 Налаштування блоків AC Voltage Source та Step

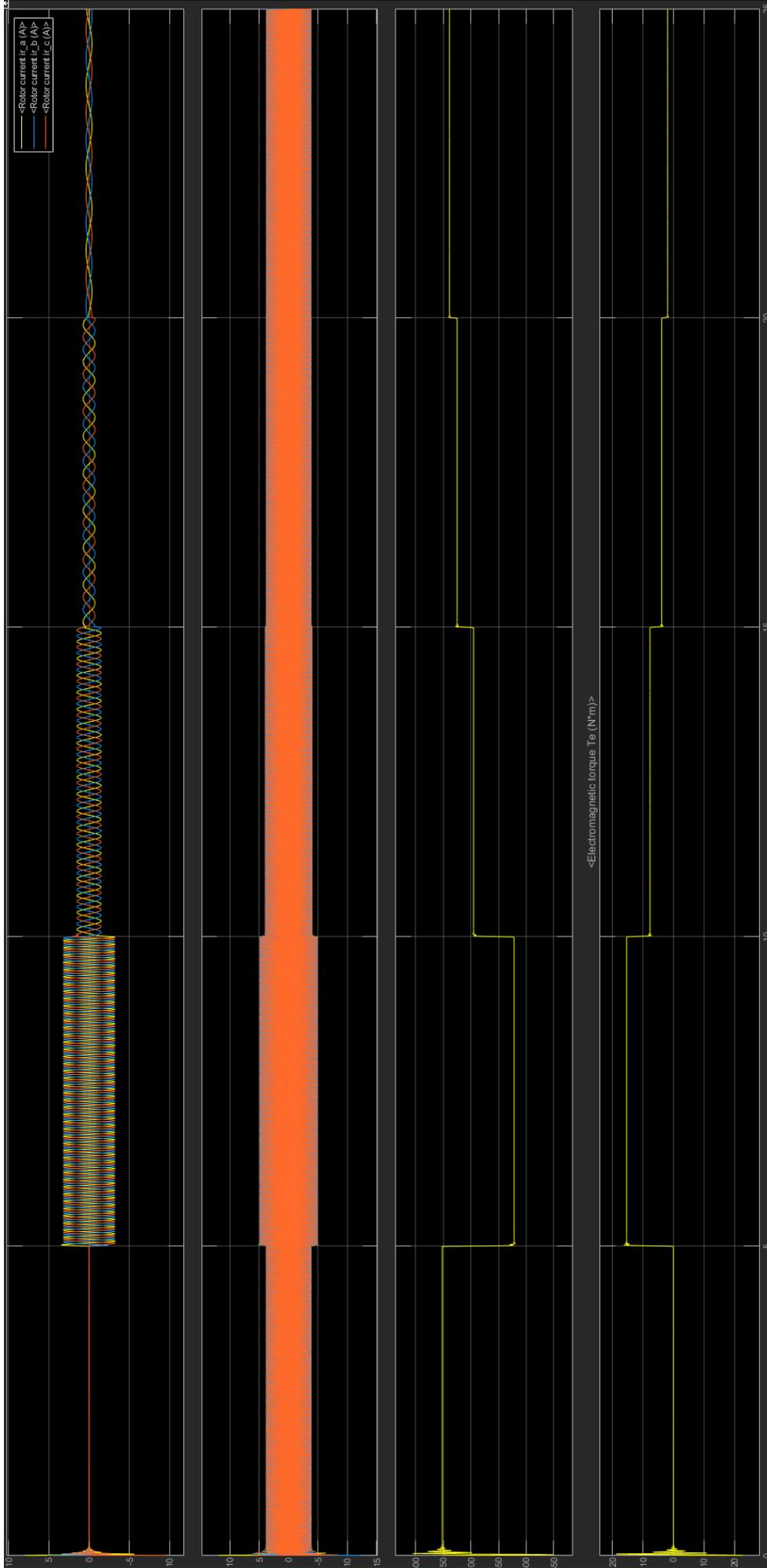


Рисунок 3.6 Перехідні процеси пуску асинхронного двигуна при різному активному навантаженні

Результати моделювання процесів пуску представлені на рис. п.6. Поточне значення струмів представлено кожній фазі.

На рис. 3.7 наведено зняту при пуску механічну характеристику двигуна. Коливальний характер моменту під час пуску істотно змінює вигляд механічної характеристики.

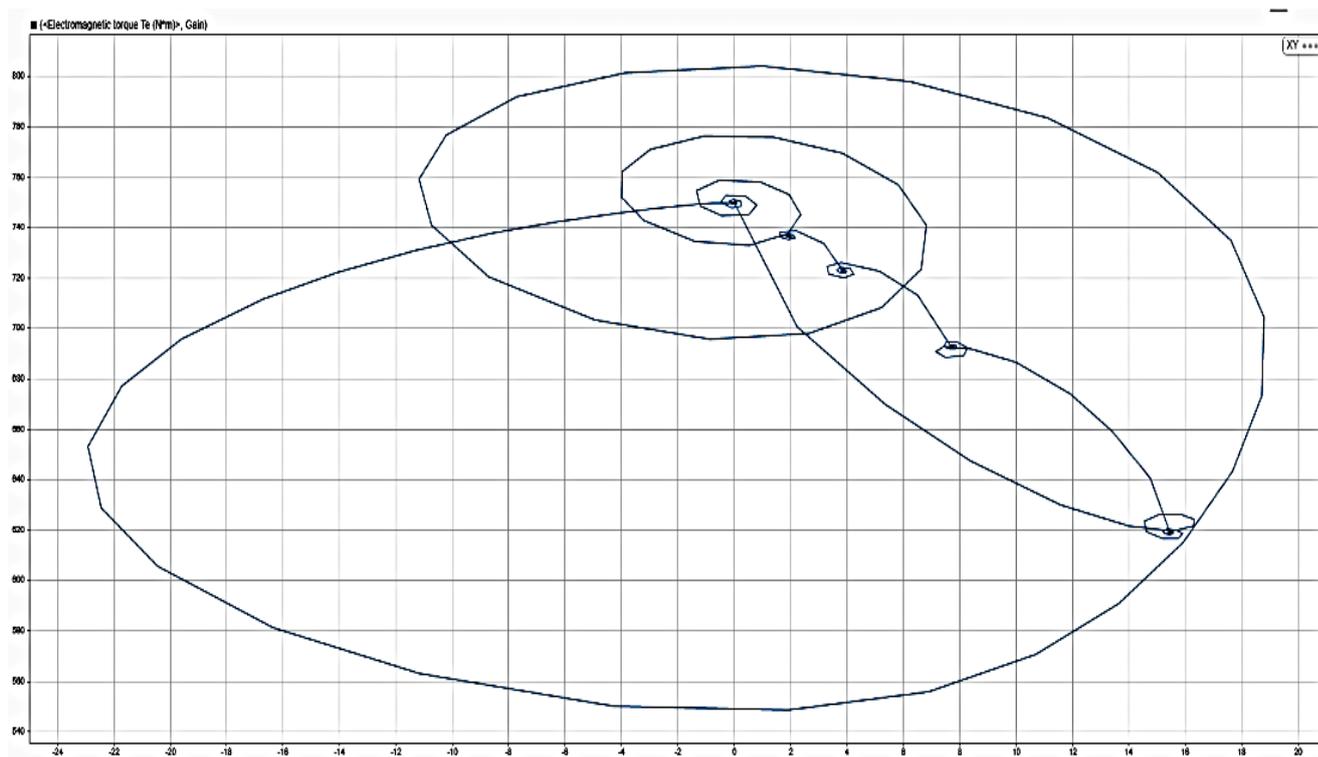


Рисунок 3.7 Динамічна механічна характеристика асинхронного двигуна при пуску з різним активним моментом навантаження
При пуску максимальний момент досягає значення 800 Н·м.

РОЗДІЛ 4: МОДЕЛЮВАННЯ КОНВЕЄРНОЇ ЛІНІЇ СОРТУВАННЯ

4.1 Елементи моделі

Конвеєрна лінія сортування виконана секційно. Складається з 4-х конвеєрів довжиною 6 метрів, двох довжиною 2 метри та двох вигнутих стрічкових конвеєрів, автоматичних ваг, дифузійних датчиків, електричної шафи, кнопок керування. Модель побудована в середовищі Factory I/O.



Рисунок 3.1 3-Д модель конвеєрної лінії сортування у середовищі Factory I/O



Рисунок 3.2 3-Д моделі стрічкових конвеєрів



Рисунок 3.3 3-Д модель автоматичних ваг

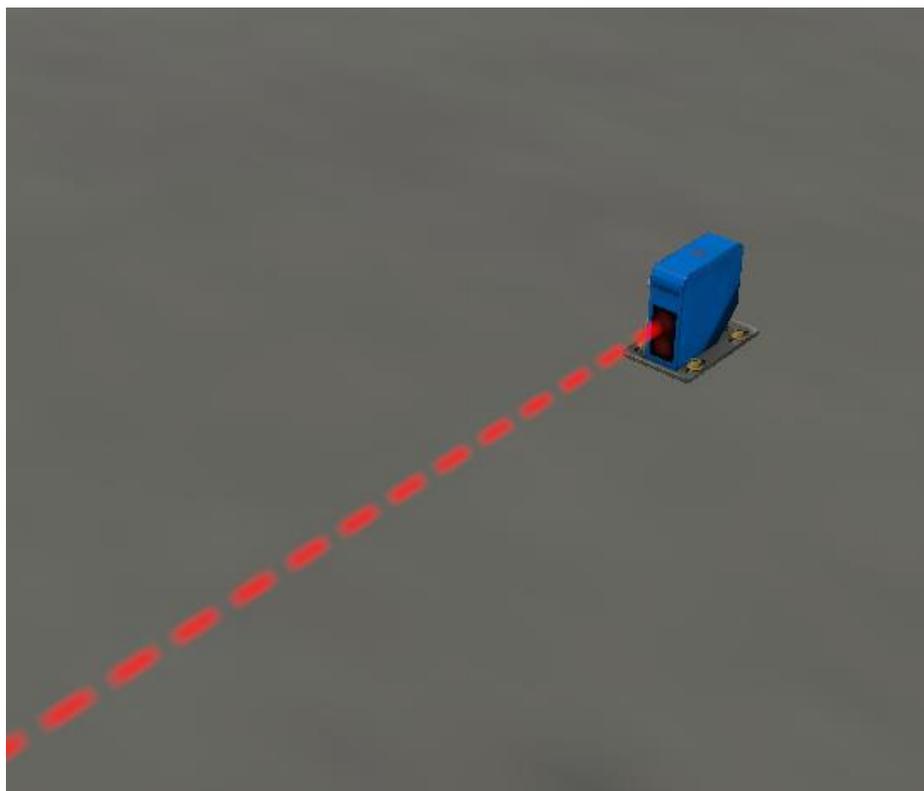


Рисунок 3.4 3-Д модель дифузійного датчика



Рисунок 3.5 3-Д модель сортувальника



Рисунок 3.6 Електрична шафа з вмонтованими кнопками керування та дисплеями

4.2 Загальний опис роботи конвеєної лінії сортування

На конвеєрну стрчку викладають випадковим чином посилки, після чого вони автоматично сортуються на різні сторони де доставляються до кінцевої точки.

Виглядає це наступним чином: після погрузки на конвеєр коробка потрапляє на автоматичні конвеєрні ваги. Вимірявши вагу вантажу, конвеєрні ваги відправляють отримані дані на ПЛК, де той, за заданими діапазонами, визначає необхідну лінію. Після визначення лінії сортувальник повертає колеса в напрямок потрібної лінії.

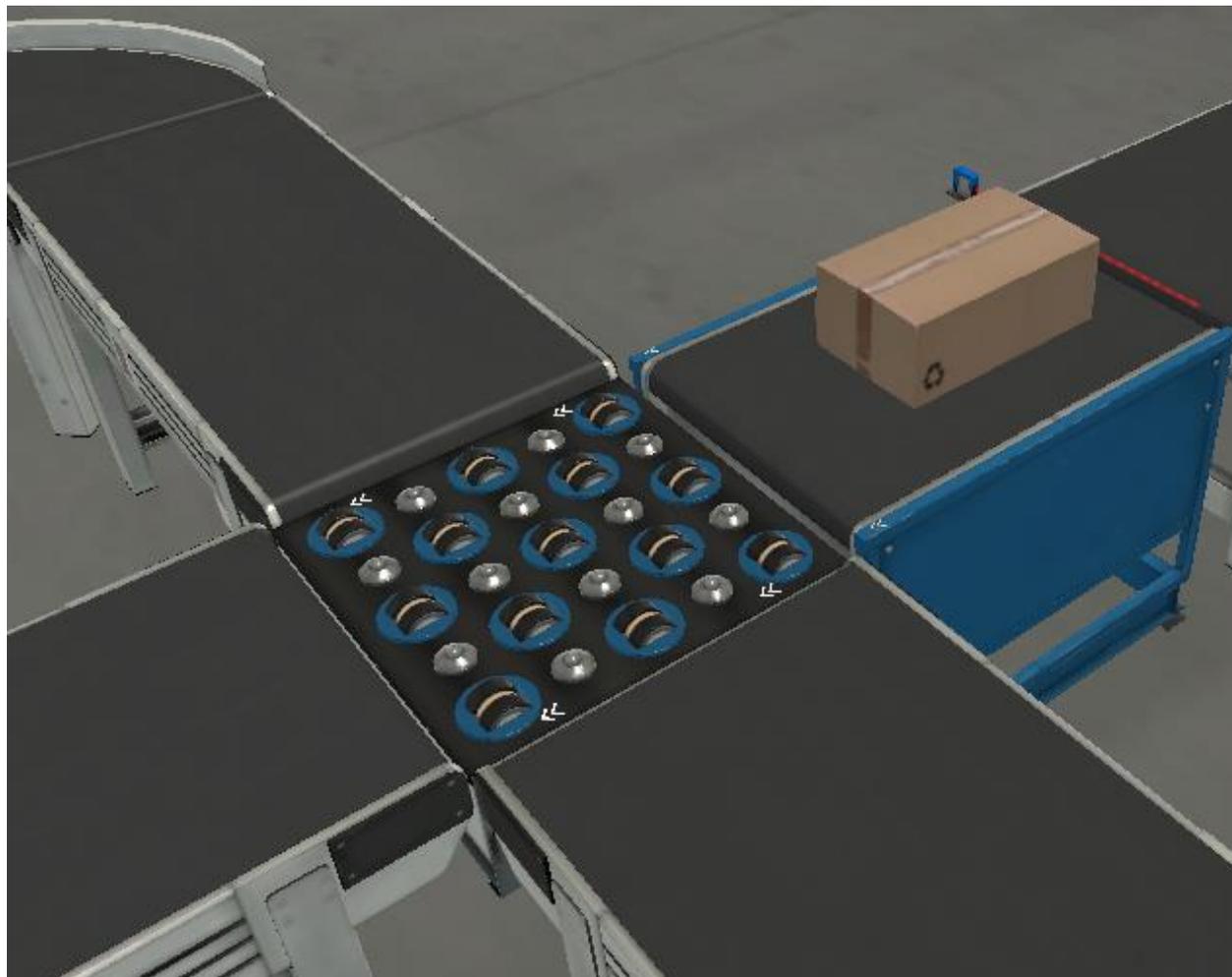


Рисунок 3.7 Вантаж на автоматичних вагах.

На кінці кожної лінії встановлений дифузійний датчик. Він потрібний для рахунку вантажу, що пройшов по даній лінії.

РОЗДІЛ 5: СИСТЕМА КЕРУВАННЯ КОНВЕЄРНОЇ ЛІНІЇ

5.1 ПЛК Simatic S7-1200

ПЛК Siematic S7-1200 – досить популярна серія контролерів компанії Siemens. Завдяки низкій ціні, компактному дизайну, універсальності та ефективності вони є ідеальним вибором в області автоматизації в низькому і середньому діапазоні продуктивності. Завдяки інтегрованим ПД-контролерам можливо точно і ефективно налаштовувати фізичні змінні необхідні для поставлених задач.



Рисунок 5.1 Simatic S7-1200

Всі центральні процесори мають можливість використання функції трасування. Ця функція дозволяє здійснювати детальну діагностику та оптимізацію користувацьких програм та програм руху, що були створені для них.

Вони здатні працювати в режимі реального часу і використовуються для створення як простих локальних автоматизованих вузлів, так і складних систем автоматичного управління. Вони забезпечують інтенсивний обмін даними через різні мережі, такі як Industrial Ethernet/PROFINET, PROFIBUS, а також пункт-пунктові (PtP) з'єднання.

SIMATIC S7-1200 має модульну конструкцію і може бути масштабований з точки зору його функціональності. ПЛК пропонує розширений асортимент модулів введення-виведення сигналу, технологічних модулів для спеціальних функцій, таких як обчислення, а також централізованих і децентралізованих модулів зв'язку,

які можуть слугувати інтерфейсами для машин або установок. SIMATIC S7-1200 має клас захисту IP20 і призначений для монтажу в шафі управління.

SIMATIC S7-1200 є достатньо легким у роботі. Спеціальні стартові пакети, що включають симулятори та документацію, полегшують ознайомлення. Також простота у роботі, обумовлена простими стандартними командами в поєднанні з потужним програмним забезпеченням дозволяють досить легко програмувати ПЛК.

Таблиця 5.1 Технічні характеристики Simatic S7-1200 CPU 1212C

Найменування	Величина
Розміри, мм	90x100x75
Діапазон напруги, В	20,4–28,8
Пусковий струм, А	12
Робоча пам'ять, кБ	75
Завантажена пам'ять, МБ	2
Зберігаюча пам'ять, кБ	10
Кількість цифрових входів	8
Кількість цифрових виходів	6
Кількість аналогових входів	2
Кількість аналогових виходів	0
Модуль розширення (SM)	2
Комунікаційний модуль (CM)	3
Швидкі лічильники	6
Імпульсні виходи	4
Карта пам'яті	Карта пам'яті SIMATIC
PROFINET комунікаційний порт Ethernet	1
Час виконання арифметичних операцій, мкс/оп	2,3
Час виконання логічних операцій, мкс/оп	0,08

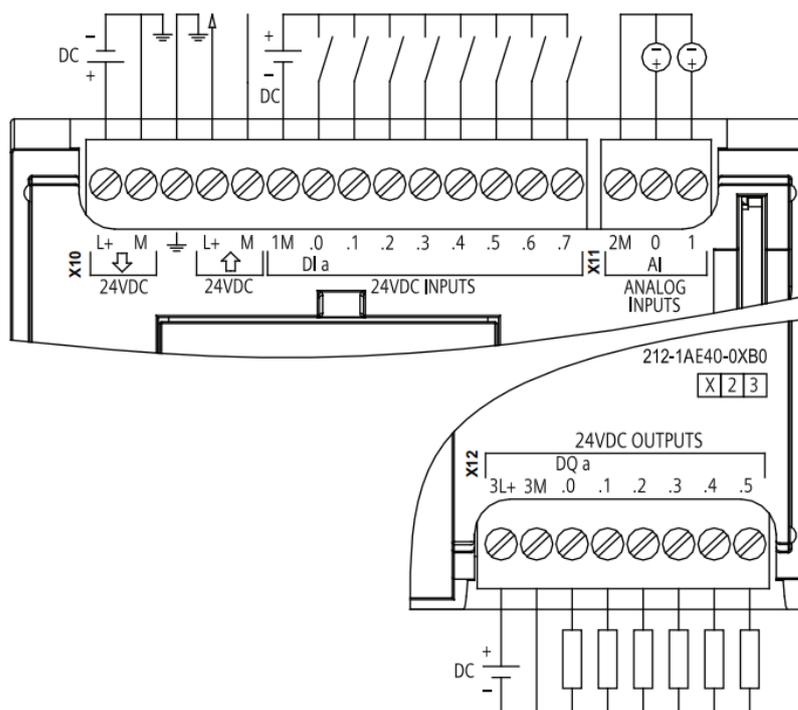


Рисунок 5.2 Схема електричних з'єднань CPU 1212C DC/DC/DC

5.2 TIA Portal

TIA (Totally Integrated Automation) Portal є інтегрованим середовищем розробки, яке використовується для програмування та налаштування автоматизованих систем управління. Воно розроблене компанією Siemens і є ключовим компонентом їх платформи промислової автоматизації.



Рисунок 5.3 Інтерфейс TIA Portal

TIA Portal надає зручний і єдиний інтерфейс для роботи з різними пристроями, такими як контролери, промислові комп'ютери, розподілені введення/виведення (I/O), роботи, сенсори та інші пристрої. Це дозволяє інженерам зосередитися на розробці логіки управління та інтеграції систем, замість того, щоб витрачати час на вивчення різних програмних продуктів.

Однією з ключових особливостей TIA Portal є його візуальна середовище програмування, що дозволяє інженерам створювати логіку управління шляхом перетягування та з'єднання блоків функцій за допомогою графічного інтерфейсу. Це спрощує процес програмування і забезпечує більшу зрозумілість та перевірку програмного коду.

TIA Portal також надає інструменти для налаштування візуалізації НМІ (людина-машинний інтерфейс), що дозволяє створювати інтуїтивно зрозумілі та інтерактивні інтерфейси для взаємодії операторів з автоматизованою системою.

Окрім того, TIA Portal має вбудовані інструменти для налаштування мережевої комунікації між пристроями, що дозволяє забезпечити ефективний обмін даними та керування системою.

Загалом, TIA Portal спрощує процес розробки та інтеграції автоматизованих систем управління, забезпечуючи єдине середовище для програмування, налаштування та візуалізації. Він дозволяє інженерам працювати більш ефективно, зменшуючи час і зусилля, необхідні для розробки складних автоматизованих систем.

5.3 Система управління конвеєрної лінії сортування

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

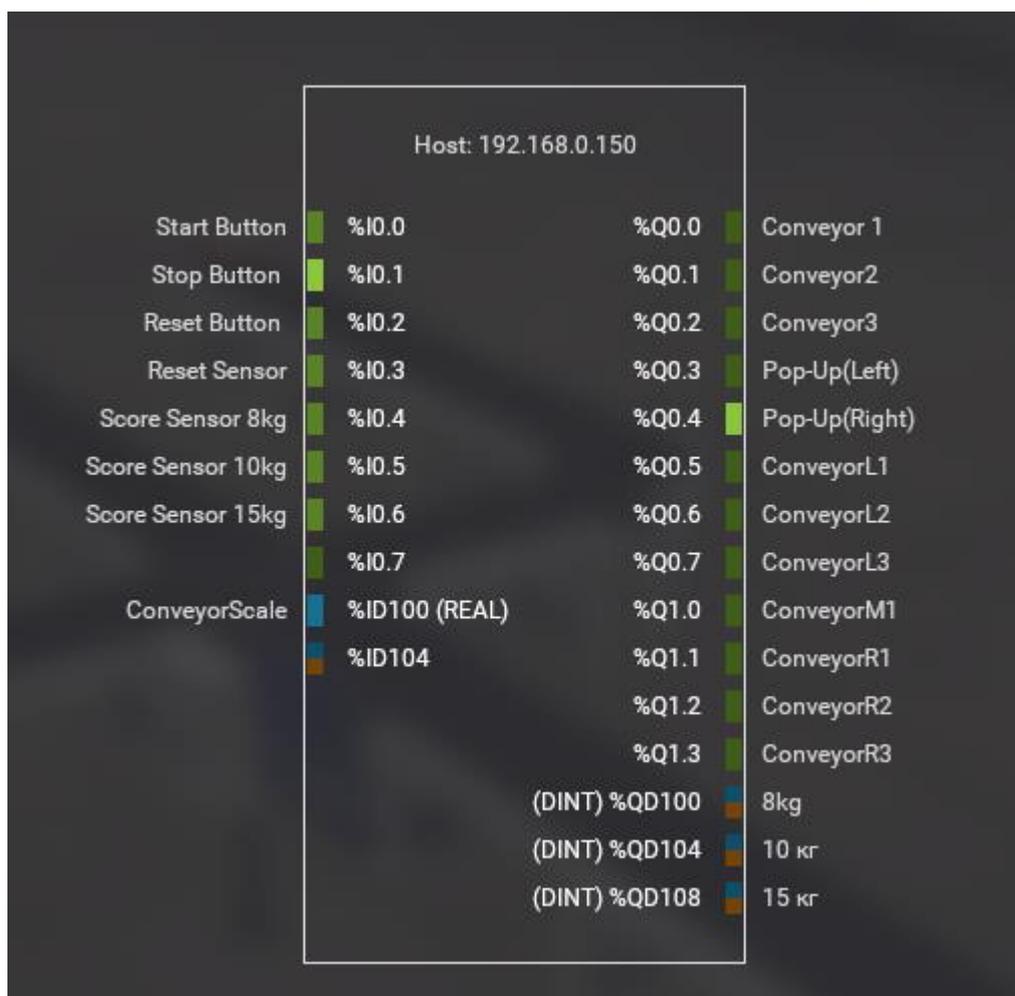


Рисунок 5.4 Схема з'єднання входів/виходів у серидовищі Factory I/O

За допомогою ПЛК Siematic S7-1200 відбувається керування лінією сортування, а саме пуск/стоп, алгоритм сортування та рахунок коробок.

Оскільки Factory I/O не дозволяє об'єднати декілька елементів в один необхідно кожен елемент системи підключати в окремий вихід. Також не можливо зробити конвеєрну лінію за необхідним розміром, тому що будова моделі відбувається вибором готових елементів. В серидовищі Factory I/O Стрічкові конвеєри мають довжини 2, 4 та 6 метрів, тому конвеєр будується секційно. Через це, наприклад, замість одного довгого конвеєра довжиною 12 метрів ставлять два шести метрових конвеєра, котрі мають власний привод. Це необхідно враховувати при моделюванні та програмуванні ПЛК, хоча насправді, в житті, за необхідності можливо фізично з'єднати всі елементи в один.

Пуск двигунів відбувається за класичною схемою запуску асинхронних двигунів.

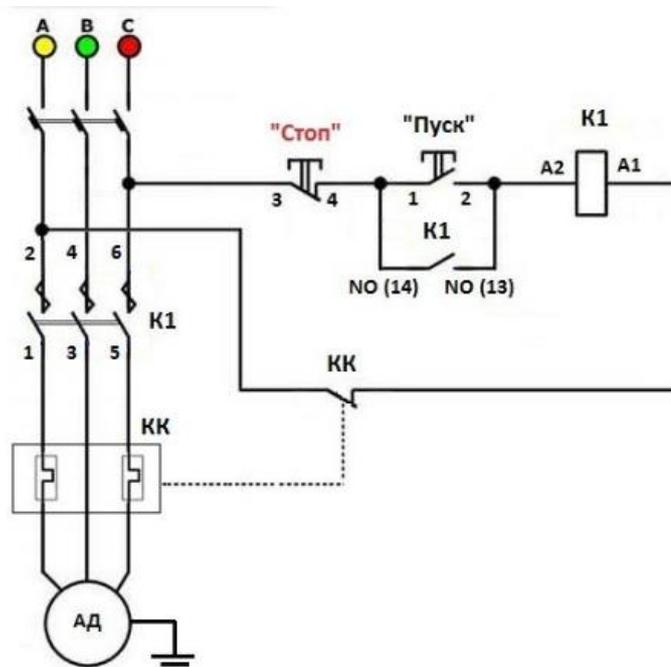


Рисунок 5.5 Схема пуску асинхронного двигуна

Кнопка "Стоп" постійно замкнена. Нажимаючи на кнопку "Пуск" ми замикаємо електричний ланцюг. Контактор (К1) 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.

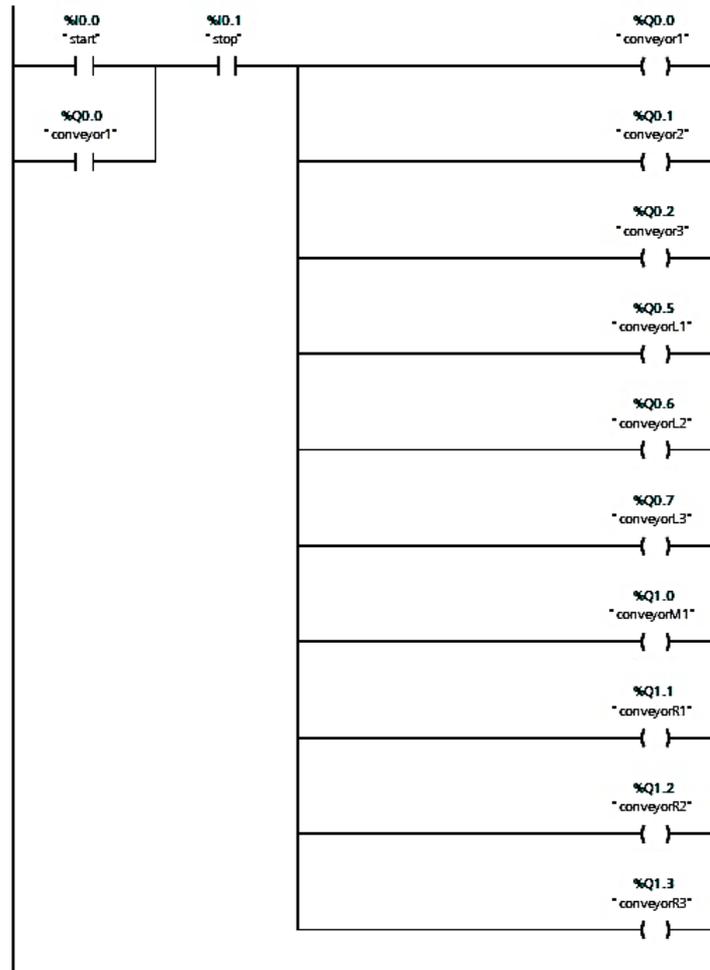


Рисунок 5.6 Схема пуску/зупинки у серидовищі TIA Portal

Проте, оскільки наша модель віртуальна, ми ємітуємо контактор двигуном конвеєра. Також через те, що у серидовищі Factory I/O кнопка "Стоп" постійно замкнена, на LD-діаграмі ми зображуємо її як нормально замкнену.

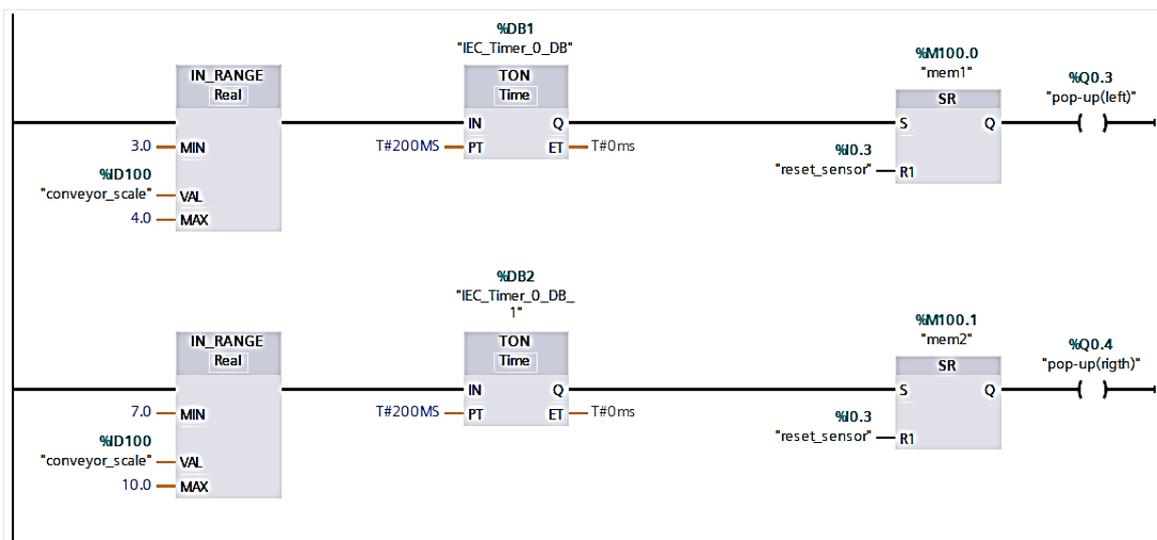


Рисунок 5.7 Схема сортування

Конвеєрні ваги підключенні до аналогового входу. Після потрапляння на них вантажу вони передвають дані на контролер. Дані порівнюються у блоках "IN_RANGE" за заданим діапазоном. Оскільки вимірювання починається як тільки вантаж почне потрапляти на ваги, вимірювання не є точним. Тому використовуємо таймер "TON" який через 200 мілісекунт дає сигнал на блок пам'яті "SR", котрий постійно подає сигнал на сортувальник після проходження вантажу через ваги, після чого він повертає у необхідну сторону, або, якщо вага вантажу не підходить жодному з діапазонів, залишається в стандартному положенні. Наступний вантаж проходить через датчик сбросу, який постійно подає сигнал "reset" на блок "SR", що повертає сортувальник на вихідне положення. Датчик розміщений так, щоб після його проходження вага вантажу вимірялась в центрі конвеєрних ваг, що забезпечує точність вимірювання.

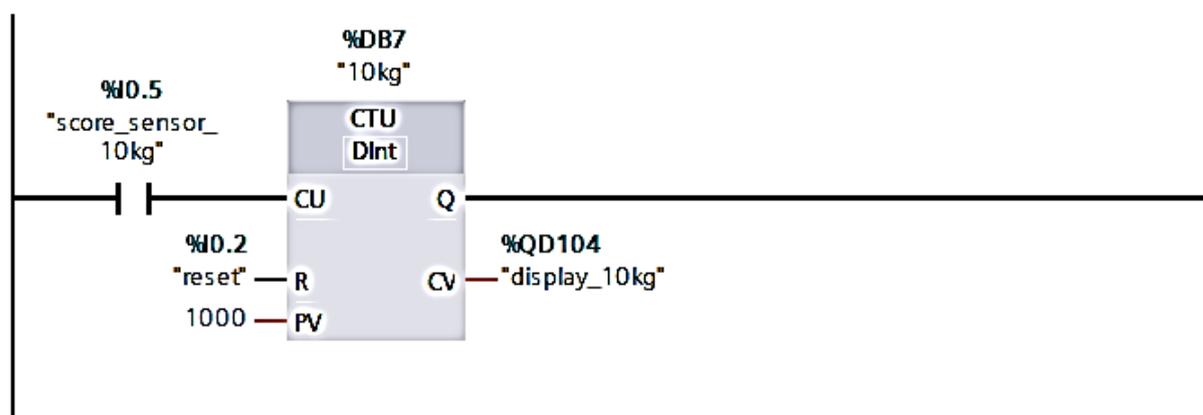


Рисунок 5.8 Схема лічильників

На кінцях кожної з ліній встановлено по датчику. Коли через них проходить вантаж вони подають сигнал в блок "СТУ", який рахує кожен сигнал та відпраляє ці дані на дисплей. Кнопка "Reset" скидає рахунок до 0 і починає рахувати спочатку.

ВИСНОВОК

У даній кваліфікаційній роботі була розроблена система автоматичного керування конвеєрною лінією на базі програмованого логічного контролера (ПЛК) Siemens 1200. Метою дослідження було вивчення можливостей ПЛК Siemens 1200 і розроблення ефективної системи керування для покращення продуктивності та ефективності конвеєрної лінії сортування.

У результаті виконання кваліфікаційної роботи були досягнуті наступні результати:

1. Була проведена детальна аналітична робота щодо вивчення можливостей ПЛК Siemens 1200. Було розглянута архітектура контролера, його особливості та функціональні можливості. Це дало змогу краще зрозуміти принципи роботи ПЛК та визначити найбільш оптимальний підхід до розробки системи керування конвеєрною лінією.

2. Були визначені основні функції та вимоги до системи керування конвеєрною лінією. Враховуючи ці вимоги, була розроблена архітектура системи, включаючи алгоритми управління, взаємозв'язок між компонентами та інтерфейси з оператором.

3. За допомогою програмного забезпечення Siemens TIA Portal було реалізовано програмування ПЛК Siemens 1200 для керування конвеєрною лінією. Були створені програми для управління рухом конвеєрів, синхронізації роботи різних пристроїв, контролю якості та інших функцій.

4. Було проведено тестування розробленої системи керування на віртуальній моделі конвеєрної лінії. Результати тестування підтвердили правильність роботи системи, її ефективність та надійність.

Отже, кваліфікаційна робота "Розроблення системи автоматичного керування конвеєрною лінією на базі ПЛК Siemens 1200" успішно досягла своєї мети. Розроблена система дозволяє підвищити продуктивність та ефективність

конвеєрної лінії, автоматизувати процеси контролю та керування, а також забезпечує гнучкість і надійність у роботі.

Для подальших досліджень та розвитку варто розглянути наступні напрями:

1. Розширення функціональності системи керування для підтримки додаткових функцій, таких як відстеження стану обладнання, діагностика несправностей, взаємодія з системами моніторингу тощо.

2. Впровадження інтелектуальних алгоритмів для оптимізації роботи конвеєрної лінії, наприклад, адаптивного керування швидкістю, оптимізації траєкторій руху тощо.

3. Інтеграція з іншими системами автоматизації, наприклад, системою управління запасами або системою моніторингу виробничих процесів.

В цілому, розроблення системи автоматичного керування конвеєрною лінією на базі ПЛК Siemens 1200 виявилось успішним та перспективним. Результати дослідження вказують на його потенціал для вдосконалення виробничих процесів, зниження витрат та підвищення якості продукції.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Мала гірнича енциклопедія, т. 1 / За редакцією В.С.Білецького. — Донецьк: Донбас, 2004. — 640 с.
2. 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>.
3. Юхно М. І. Мех. НРТС робіт [Електронний ресурс] / Михайло Іванович Юхно – Режим доступу до ресурсу: <https://www.slideshare.net/cit-cit/ss-70848591>.
4. 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.
5. 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>.
6. GlobalProm [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://globalprom.com.ua/motor-reduktory-planetarnye-3mp-50-i-4mp-50>.
7. Курсове проектування з теорії механізмів і машин : навчальний посібник / М. М. Вірник, Ю. В. Булига. – Вінниця : ВНТУ, 2012. – 211 с.
8. 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.
9. 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.

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

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

12. Mathworks [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.mathworks.com/help/index.html>.

ДОДАТКИ

SECTION 1 ANALYTICAL PART

1.1 Types of conveyors

A conveyor is a continuous machine designed to transport bulk and piece materials from one place to another.

There are the following types of conveyors:

- Belt conveyors - in such conveyors, the movement of cargo is carried out by means of a closed belt driven by the friction force between it and the drive drum. They are used to transport goods horizontally and on an inclined plane. It consists of a conveyor belt, a drive, a stage with rollers, a loading and tensioning device. Such conveyors have a high capacity of up to 30 thousand tons per hour and a length of 15 thousand meters.



Figure 1.1 Belt conveyor

- Screw conveyor - the movement of cargo is carried out by dragging the cargo with the blades of a rotating screw along a fixed chute. They are used for transportation of bulk, dusty, small lumps, powdery materials in vertical, horizontal and inclined directions.

They can also be used as dispensers or mixers. Their design is simple and easy to maintain, they are small in size, hermetically sealed, and capable of transporting dusty, hot, and toxic materials. However, the disadvantage is significant wear and tear of the mechanism parts, energy consumption, and abrasion of the cargo.



Figure 1.2 Screw conveyor

- Scraper conveyors are used to move low-abrasive, loose, and in some cases piece goods with the help of scrapers connected to each other by means of traction chains in a horizontal and vertical position. They are reliable and unpretentious in operation and productive. The disadvantage is that the scrapers wear out quickly.

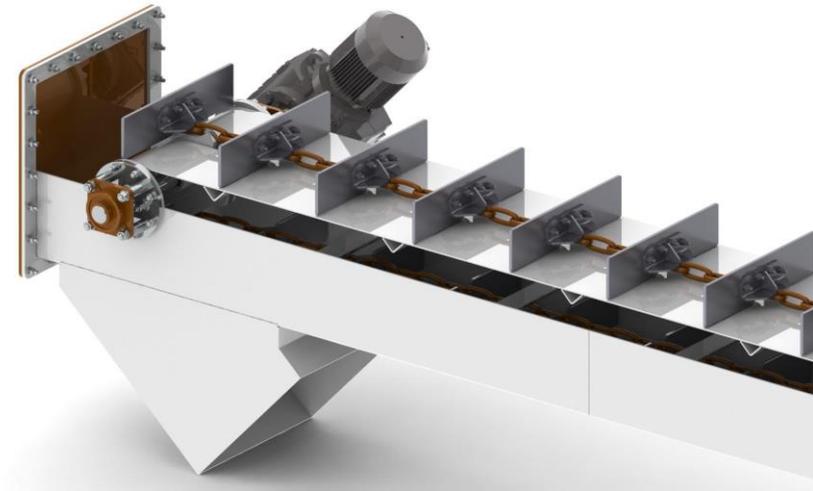


Figure 1.3 Scraper conveyor

- Vibratory - the principle of operation is based on the oscillatory movement of the working load-carrying body. They are used to transport highly dispersed materials in horizontal, vertical, and inclined directions. Vibrating conveyors are usually used in the mining industry to move blasted ore. Therefore, the design should be simple, robust, and reliable.

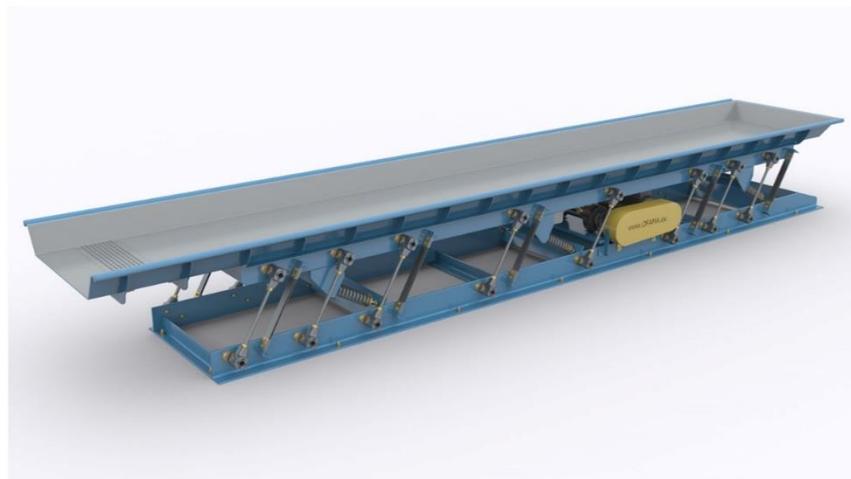


Figure 1.4 Vibrating conveyor

- Plate conveyors consist of plate chains. It is used in cases where the belt analog cannot withstand. Also used for sorting lightweight products that are subject to automatic

sorting. Slat conveyors are highly reliable and, due to their versatility, have a wider range of cargo for sorting. However, the speed of cargo movement is low, the conveyor is heavy, complex and expensive to use due to the large number of hinge elements that require regular lubrication, and high energy consumption.



Figure 1.5 Plate conveyor

- Roller conveyor - rollers fixed at a small distance from each other. They are divided into two types: non-driven (gravity) and driven. Non-driven ones are installed at a slight angle, so that the load moves under the influence of gravity. In the driven type, the movement is provided by a group or individual drive. Rollers are mounted on a rigid frame. They are used to move single pieces of cargo. This type of conveyor is ideal for transporting non-bulk materials.



Figure 1.6 Roller conveyor

Conveyors also include elevators and escalators.

1.2 Advantages and disadvantages of conveyors

Advantages of conveyors:

1. Increased productivity: conveyors are able to transport large volumes of goods with minimal time and effort.
2. Cost reduction: conveyors reduce the cost of transportation, storage and warehouse management.
3. Improved quality: the use of conveyors reduces the number of errors in the processing of goods, as well as increases the accuracy and speed of processing.
4. Reducing the risk of injury and improving worker safety: conveyors reduce the amount of manual work, thereby reducing the risk of injury and improving worker safety.
5. Reduced environmental impact: the use of conveyors can reduce the amount of waste and pollution that occurs when goods are transported by vehicles.

Disadvantages of conveyors:

1. High purchase and installation costs: Conveyors are complex structures and require high costs to purchase and install.
2. Space constraints: Conveyors require a certain amount of space for installation and use, which may not be available in small rooms or places with limited space.
3. Limited flexibility: Conveyors do not allow for rapid changes in production processes or production needs, as they are usually designed for a specific type of product or for a specific process.
4. Difficult installation: Conveyors can be difficult to install and set up, which can require additional time and labor costs.

1.3 Conveyor sorting lines

A conveyor line is a technological cargo transportation system consisting of two or more conveyors arranged in series.

Conveyor sorting lines are a system of automatic sorting of goods using a conveyor.

Conveyor sorting lines consist of various components, such as work tables, devices for recognizing and classifying products, various types of conveyors that move products to the work tables, vehicles for removing sorted products, and control devices for monitoring the sorting process.

The benefit of such systems is to facilitate and speed up work. Employees simply randomly place a certain cargo on the conveyor belt, and then the system sorts it according to a given algorithm. The system can sort anything: multi-sized parcels, molds, parts, etc.

Such a line distributes goods much faster and more accurately than a human, which almost eliminates the risk of errors due to the human factor. The system can also operate around the clock. Conveyor sorting is extremely useful for manufacturers, businesses, distributors, etc.

The sorting conveyor line is similar to conventional sorting lines that are available at many enterprises. The difference lies in the tasks of these lines. While the latter transport goods from point A to point B, the automatic conveyor performs additional functions that were the direct responsibilities of employees. These include, for example, identification, scanning, weighing, etc. The system performs these operations automatically and directs them to the right container.

1.4 Programmable logic controller

A Programmable Logic Controller (PLC) is a device used to automate processors.

A PLC consists of a central processing unit (CPU), memory, input and output modules, and software. Input modules receive information from sensors and other devices, and output modules transmit signals to control and measurement devices.

The use of PLCs as specialized computerized automation tools implies their long-term autonomous use

with little or no maintenance and human intervention, most often in difficult operating conditions.

PLCs are devices designed to operate in real-time systems and have several differences from other similar devices.

Unlike microprocessors with hard logic, PLCs are more acceptable in the case of single and small-scale production of control systems, especially when it is necessary to adapt them to the objects under control. Unlike embedded systems, they are also manufactured as standalone products.

Modern PLCs are freely programmable. All PLC languages have easy access to bit mapping in machine words, unlike most high-level programming languages of modern computers.

For any production process, there are strict regulations that must be followed to ensure the productivity and quality of the process. Complex processes are divided into elementary operations.

When automating technological processes, there is a need to control processes without human intervention, so automation tools must ensure that the process is conducted in accordance with a given control algorithm. A diagram that explains how technical means interact with each other is called a control structure diagram.

To perform elementary logic, relay-contact devices are used, such as electromagnetic relays, starters, switches, buttons, etc.

The basic elementary logic operations used in programmable logic controllers (PLCs) include the following:

1. Logical "AND". This operation returns TRUE (logical one) only if both input signals are TRUE. Otherwise, it returns FALSE (logical zero).
2. Logical OR: This operation returns TRUE if at least one of the input signals is TRUE. It returns FALSE if both inputs are FALSE.
3. Logical NOT: This operation reverses the value of an input signal. If the input signal is TRUE, it returns FALSE, and vice versa.
4. Logical XOR (exclusive OR): This operation returns TRUE if the number of TRUE input signals is odd and FALSE if the number of TRUE input signals is even.
5. NAND: This operation returns FALSE if both input signals are TRUE, and TRUE in any other case.
6. NOR: This operation returns TRUE if both inputs are FALSE, and FALSE in any other case.

These elementary logic operations are combined to create more complex logic expressions that are used in PLC programs to control various processes and devices in automated systems, allowing you to perform tasks of varying complexity.

1.5 LD language

The language of relay diagrams LAD (Ladder Diagram) or relay-contact diagrams (RCS) is a graphical language that implements the structures of electrical circuits.

LAD arose out of the need for a simple and understandable means of programming control logic. It appeared in the mid-20th century as a simplified form of relay programming. Initially, LD was used in electrical systems, and later found wide application in industrial automation and control.

Graphically, an LD diagram is depicted as two vertical power buses. Between them are circuits formed by connecting contacts. The load of each circuit is a relay, each of which has contacts that can be used in other circuits. Using the LAD language, you can easily visualize the logical operations performed in a PLC and monitor the status of input and output signals.

LAD is widely used to program PLCs that are capable of controlling various industrial processes, such as automatic manufacturing, building management systems, mechanical engineering, transportation, and much more. LAD can also be used to model and simulate the operation of control systems before their physical implementation.

The main elements of the LAD language are:

1. Contacts - symbolize PLC inputs, such as sensors, buttons, etc. They have two states: closed (1) or open (0).
2. Relays - symbolize the output signals of the PLC. They are active (1) or inactive (0).
3. Blocks of logical operations - include AND, OR, NOT and other operations.
4. Delay blocks - used to delay the execution of logical operations for a specified time.
5. Timer blocks - used to measure time and perform certain actions depending on time intervals.

In the LAD, elements are arranged horizontally on "lines" (levels) that represent the sequence of events. Levels are related to the program logic and are executed from top to bottom.

Lines connecting contacts and coils indicate logical connections between them. If the connection is closed, it means that activation of a contact leads to activation of the coil or another contact with which it is connected.

In LAD, you can use combinations of contacts and coils to create complex logic expressions. For example, use a series of pins to create sequential logic, or parallel pins to create alternative execution paths.

When creating a LAD segment, you must follow the following rules:

1. Do not create branches that will reverse the signal flow.

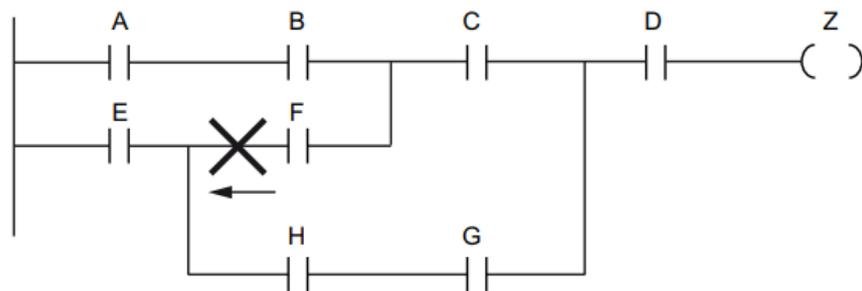


Figure 1.7 Incorrect connection of circuit elements

2. Do not create branches that will lead to a short circuit.

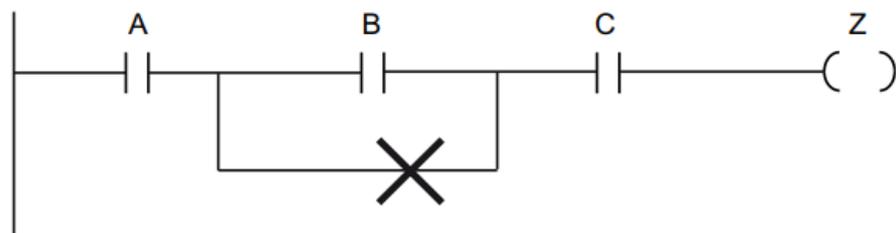


Figure 1.8 Branching that leads to a short circuit

The main advantage of the LAD language is its ease of use and visual clarity. However, the language has its limitations, in particular, the difficulty of programming

relatively complex logical operations and controlling the sequence of command execution.

Another disadvantage of the LAD language is the need to use a large number of graphical symbols and relay contacts for complex programs, which can lead to confusion and difficulty in understanding the program. In addition, the LD language is not suitable for implementing high-level algorithms and data processing operations.

1.6 FBD language

Function Block Diagram (FBD) is a graphical programming language used to describe control logic in programmable logic controllers (PLCs) and other automated systems. FBD provides the ability to express control logic through function blocks, which simplifies the understanding and development of programs for industrial automation equipment.

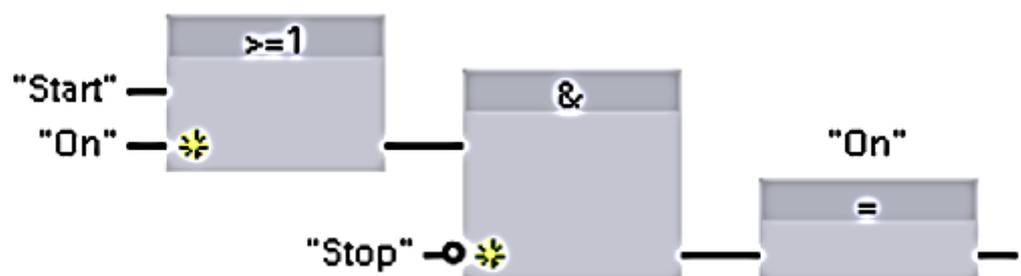


Figure 1.9 Functional block diagram (FBD)

The Function Block Diagram (FBD) was developed to simplify the programming of control logic in programmable logic controllers (PLCs). It appeared as an alternative to text-based programming, allowing developers to express control logic using graphical elements and connections between them.

FBD is widely used in the programming of industrial automated systems, in particular in programmable logic controllers (PLCs). It allows you to describe complex logical relationships and equipment control using function blocks.

The main elements of FBD are function blocks, connections, and inputs/outputs. Function blocks represent individual functions or operations. Links are used to transfer signals and data between function blocks. Inputs/outputs define external connections to equipment or other systems.

In an FBD, there are a large number of function blocks that perform different operations and functions. Some of them include:

1. Logical operations: AND, OR, NOT and other blocks that perform logical operations on input signals.
2. Arithmetic operations: blocks of addition, subtraction, multiplication, division and others that perform arithmetic operations on numerical values.
3. Timers and counters: blocks that allow you to measure the time or number of events.
4. Comparisons: blocks that compare values and perform conditional transitions.
5. Delays: blocks that allow you to delay an input signal for a certain period of time.
6. String processing: blocks that perform operations on strings, such as concatenation, splitting, etc.
7. Analog operations: blocks that perform operations on analog signals, such as filtering, scaling, etc.

In FBD, function blocks are arranged on a graphical field, with connections between them indicating the flow of data or signals. Blocks can be arranged in any order, and links indicate logical dependencies between blocks.

The connections in the FBD must be made between the outputs and inputs of the function blocks. The input and output data types must be compatible. One output signal can be connected to several input signals.

In FBD, it is possible to use branching and conditional jumps to define different ways of executing a program. This is usually achieved by using logic blocks that perform comparisons and make decisions based on conditions.

Advantages of FBD

1. Graphical nature: FBD provides a visual representation of the control logic, which makes it easier to understand and analyze.

1. Graphical nature: FBD provides a visual representation of control logic, which makes it easier to understand and analyze programs.

2. Ease of use: FBD allows developers to express control logic using graphical elements, making it accessible even to beginners.

3. Modularity: FBD allows you to create modules and subroutines that can be reused and easily maintained.

4. Integration with other languages: FBD can be combined with other programming languages, such as text-based programming or schematic representation languages.

Disadvantages of FBD

1. Limited capabilities: FBD cannot always express complex algorithms or functional requirements that are available in other programming languages.

2. Large program sizes: Complex FBD programs are quite large in size due to the graphical representation, which makes them difficult to analyze and maintain.

3. Difficulty of debugging: While debugging FBD programs, it is difficult to determine the point of the problem because it requires analyzing graphical relationships and blocks.

2. Ease of use: FBD allows developers to express control logic using graphical elements, making it accessible even to beginners.
3. Modularity: FBD allows you to create modules and subroutines that can be reused and easily maintained.
4. Integration with other languages: FBD can be combined with other programming languages, such as text-based programming or schematic representation languages.

Disadvantages of FBD

1. Limited capabilities: FBD cannot always express complex algorithms or functional requirements that are available in other programming languages.
2. Large program sizes: Complex FBD programs are quite large in size due to the graphical representation, which makes them difficult to analyze and maintain.
3. Difficulty of debugging: When debugging FBD programs, it is difficult to determine the point of the problem because it requires analyzing graphical relationships and blocks.

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

**Розроблення системи автоматичного керування конвеєрною
лінією на базі ПЛК Siemens 1200**

Кваліфікаційна робота бакалавра

Виконав:

Студент 401-МЕ групи

Плешкань Д.П.

Керівник:

к.т.н, доцент

Галай В.М.

Полтава 2023

Метою роботи є розроблення системи автоматичного керування конвеєрною лінією.

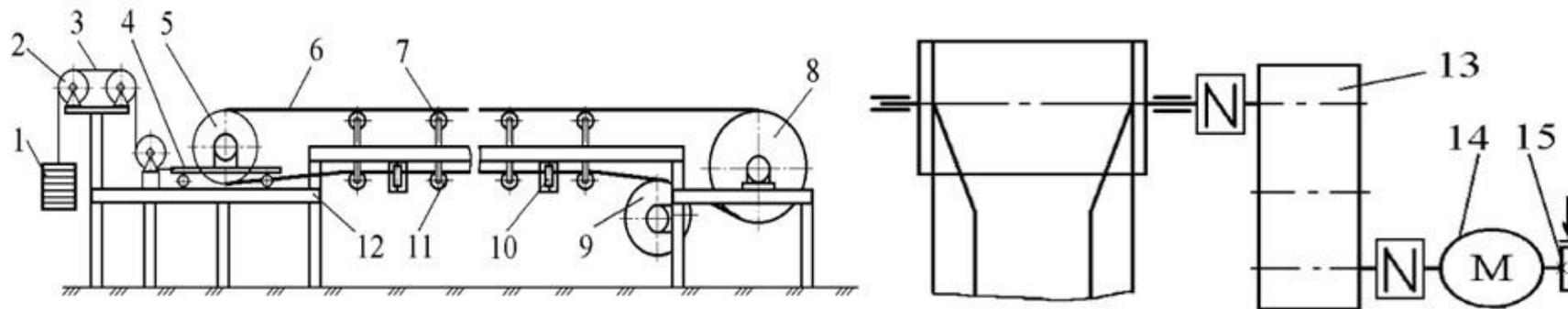
Для виконання поставленої мети в роботі необхідно виконати наступні **завдання**:

- провести аналіз сучасних конвеєрів;
- скласти модель конвеєрної лінії сортування;
- розробити систему автоматичного керування для КЛС з використанням ПЛС Siemens S7-1200;
- провести дослідження пуску двигуна конвеєра в програмі Matlab.

Об'єкт дослідження – система автоматичного керування конвеєрною лінією.

Предмет дослідження – система автоматичного керування конвеєрною лінією на базі ПЛК Siemens 1200.

Вид загальний стрічкового конвеєра



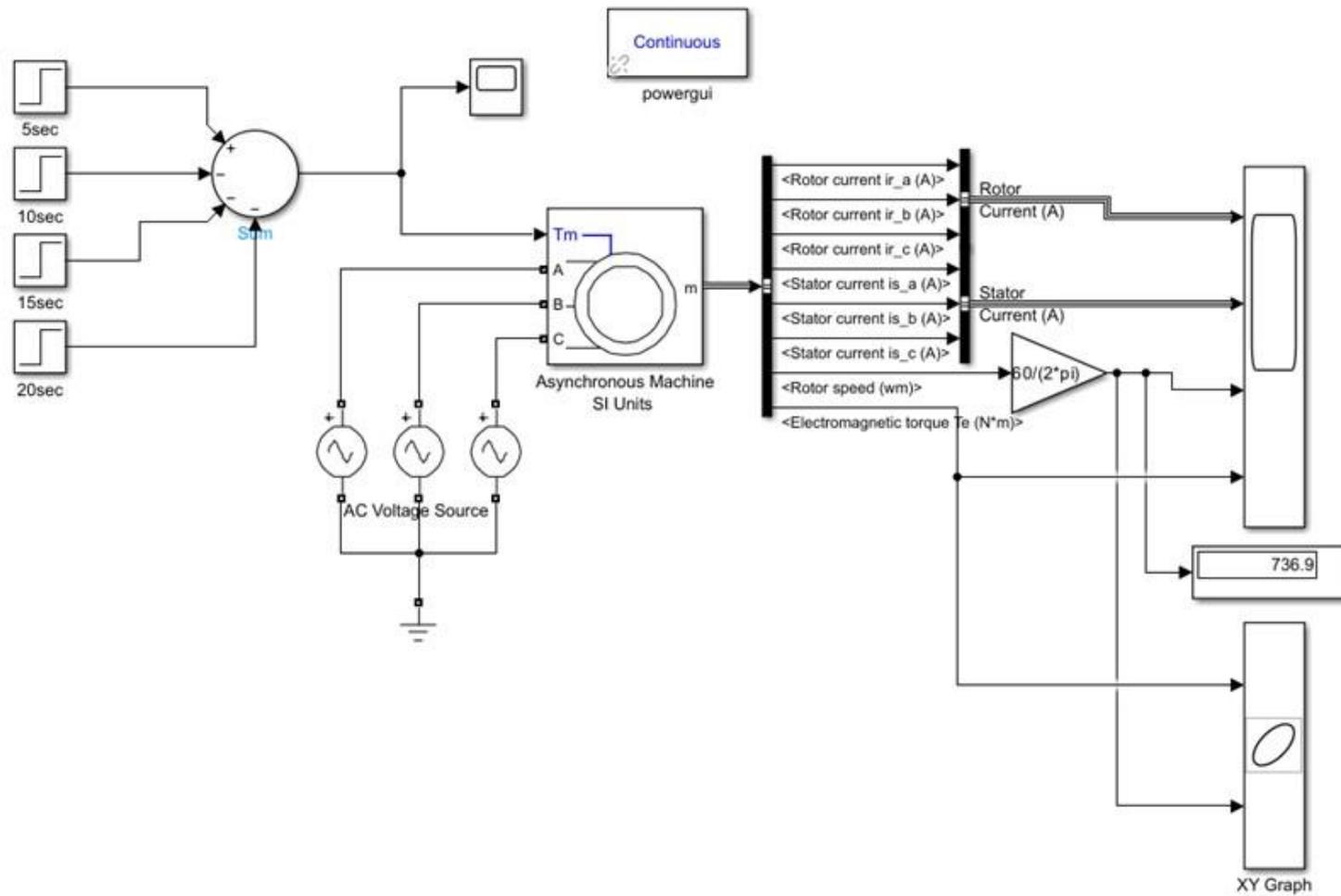
Основні частини стрічкового конвеєра

- 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

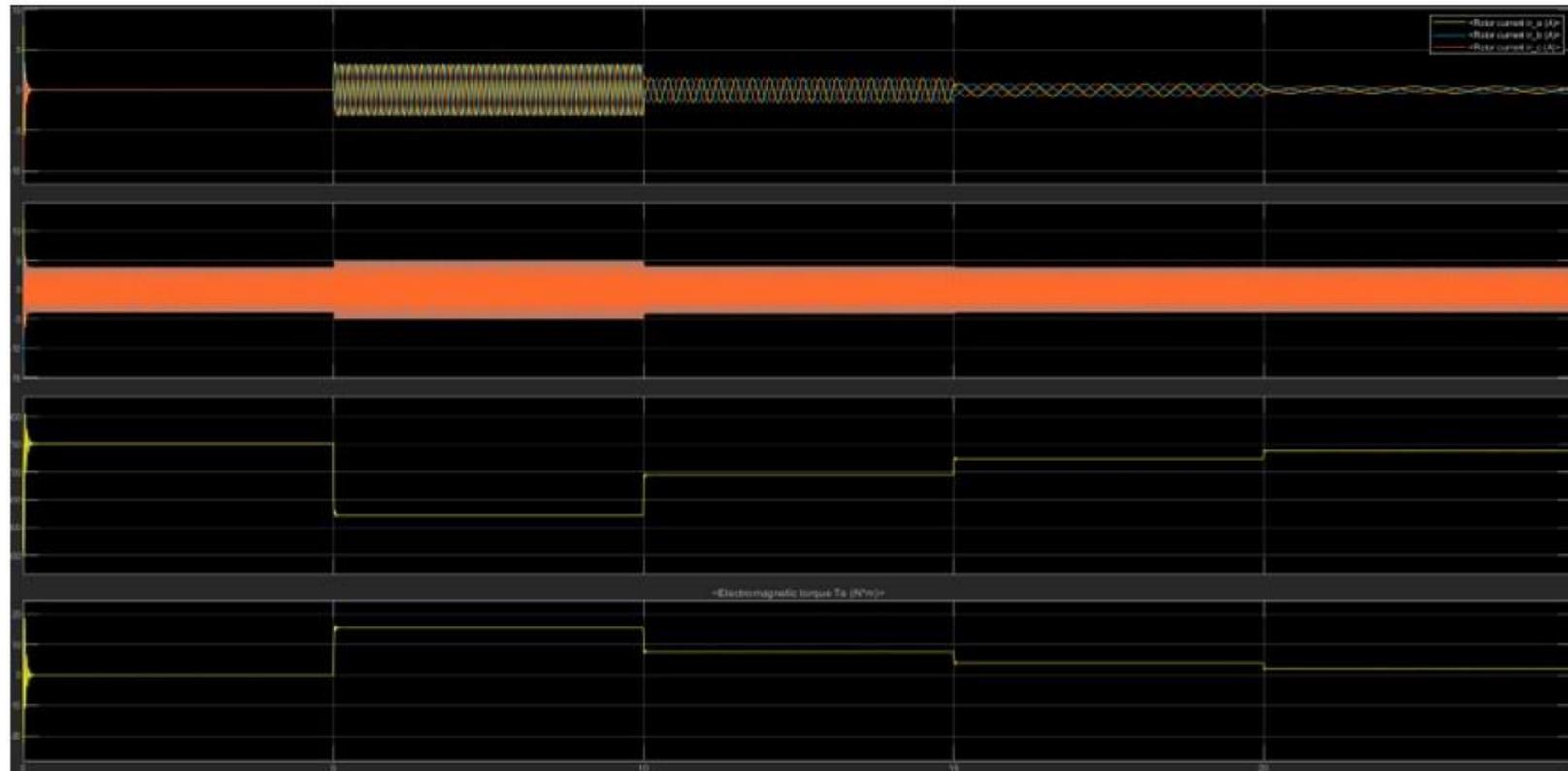
Вид загальний конвеєрної лінії сортування



Модель пуску електроприводу змінного струму з прямим включенням двигуна до мережі



Перехідні процеси пуску асинхронного двигуна при різному активному навантаженні

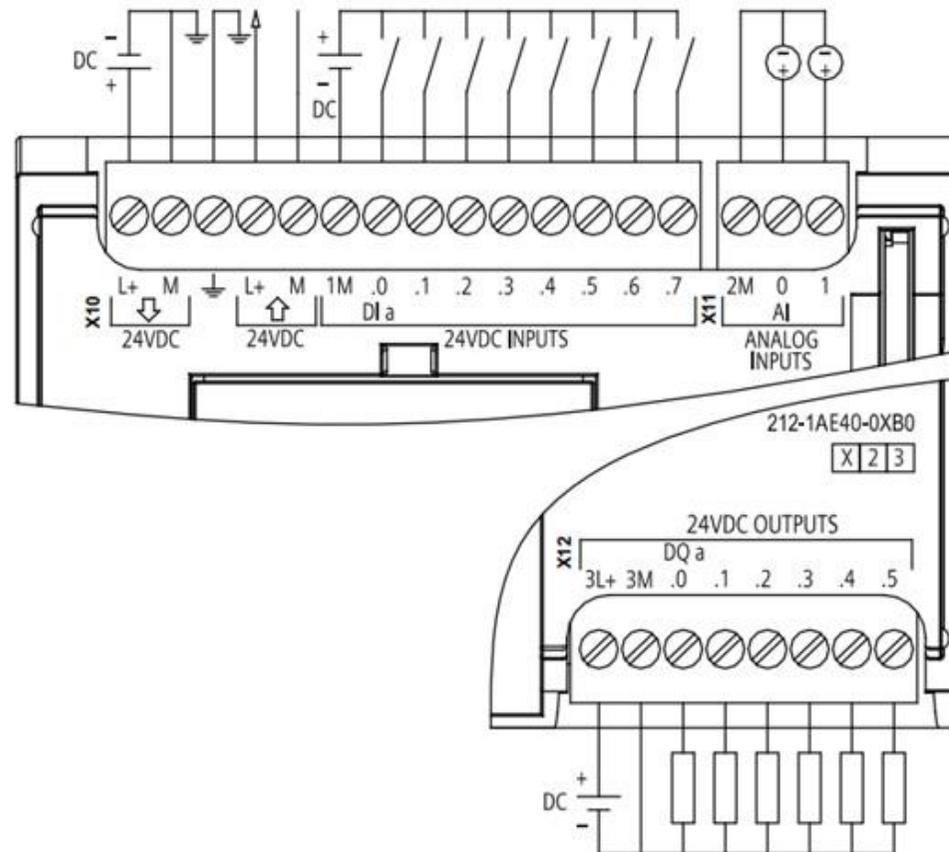


Вид загальний ПЛК



ПЛК Simatic S7-1200 компанії Siemens

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

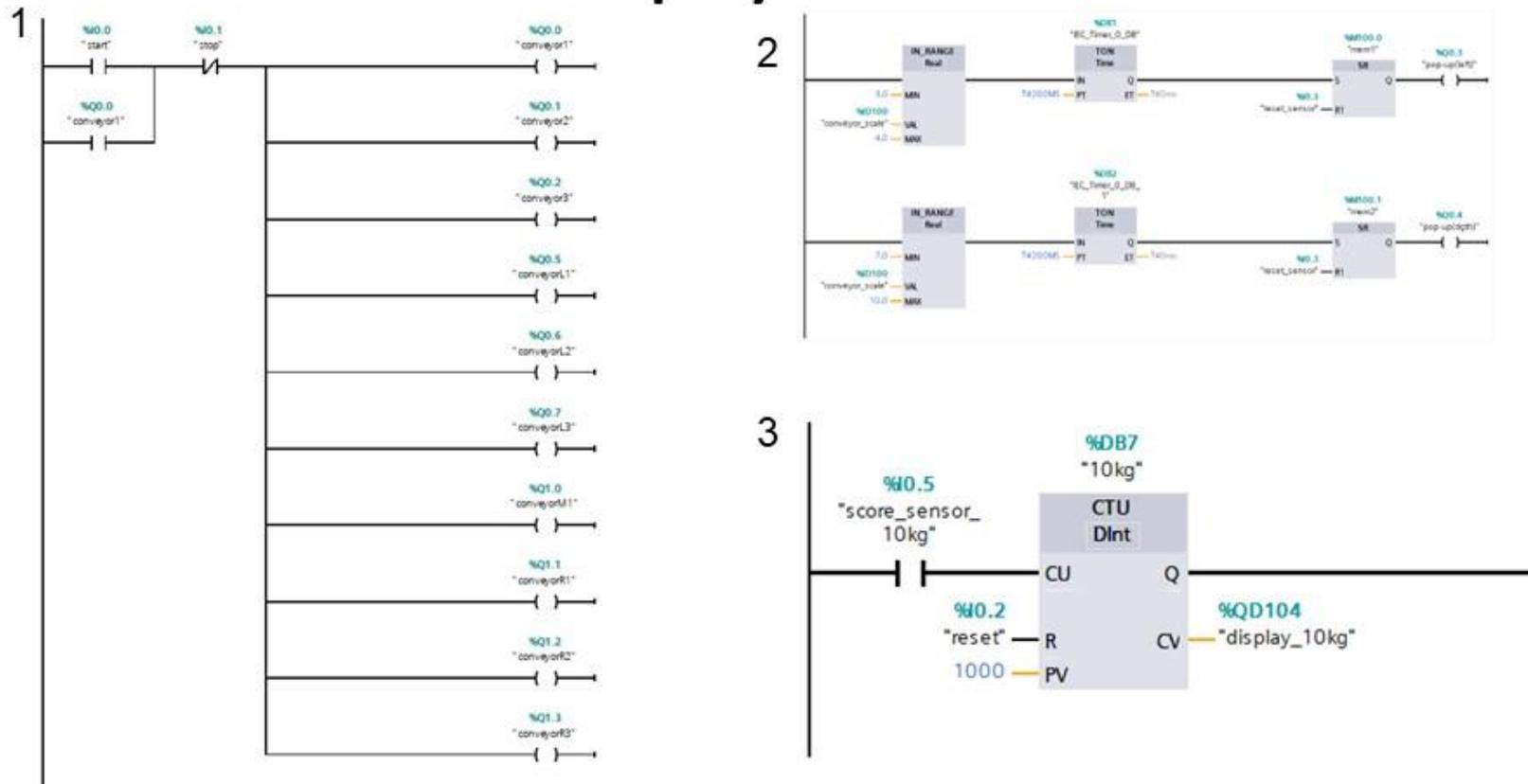


3-Д модель конвеєної лінії



Конвеєрна лінія сортування

Алгоритм роботи програми сортування



1 – Пуск; 2 – Алгоритм сортування; 3 – Рахунок коробок