

Хмельницький національний університет
Факультет інформаційних технологій
Кафедра автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та
робототехніки

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавр

Освітній рівень

Автоматизований пристрій керування конвеєром

Назва теми

КвРАКІТ. 2022116.01.01.ПЗ

Галузь знань 15 «Автоматизація та приладобудування»

Шифр, назва

Спеціальність 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Шифр, назва

Освітня програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Назва

Виконав:

студент 4 курсу, група АКІТс-22-1



Підпис

Сергій БУТЕНКО

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник:

д-р техн. наук, проф.



Підпис, дата

Валерій МАРТИНЮК

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Нормоконтролер



Підпис, дата

Людмила КОРЕЦЬКА

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

До захисту допускаю:

зав. кафедри автоматизації,
комп'ютерно-інтегрованих
технологій та робототехніки



Підпис, дата

Валерій МАРТИНЮК

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

«17» червня 2025 р.

Хмельницький 2025

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інформаційних технологій
Кафедра автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
Галузь знань 15 – Автоматизація та приладобудування
Спеціальність 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
Освітня програма Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри АКІТтаР

Валерій МАРТИНЮК

07 лютого 2025р.



**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

Бутенку Сергію Петровичу

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1 Тема роботи Автоматизований пристрій керування конвеєром

Керівник роботи Мартинюк В.В., д.т.н, професор

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, учене звання

Затверджено наказом ректора університету від 07.02.2025 р. №23

2 Строк подання студентом роботи на кафедру 02.06.2025р.





3 Вихідні дані до роботи Номінальна потужність електродвигуна: 4,0 кВт.

4 Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ. Огляд літературних джерел та патентних даних. Основна частина. Розробка програми роботи автоматизованого пристрою керування конвеєром. Висновки.

5 Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)
презентаційні матеріали (слайди)

6 Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Антиплагіат	Федула М.В., доцент кафедри АКІТтаР		
Нормоконтроль	Корецька Л.О., доцент кафедри АКІТтаР		

7 Дата видачі завдання 07 лютого 2025р.

АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Автоматизований пристрій керування конвеєром».

Автор роботи: Бутенко Сергій Петрович

Керівник роботи: Мартинюк Валерій Володимирович

Пояснювальна записка: 63 с., 36 рис., 3 дод., 40 джерел.

Графічна частина: 11 презентаційних слайдів.

**ПРИСТРІЙ КЕРУВАННЯ, КОНВЕЄР, ПРОГРАМОВАНІЙ ЛОГІЧНИЙ
КОНТРОЛЕР, АЛГОРИМТ КЕРУВАННЯ.**

Мета кваліфікаційної роботи - розробка автоматизованого пристрою керування конвеєром, що забезпечує ефективне та точне управління рухом конвеєрної стрічки в реальному часі, шляхом створення алгоритму взаємодії програмованого логічного контролера з електроприводом на основі двигуна постійного струму.

Розроблено автоматизований пристрій керування конвеєром. Створено контур керування електроприводом конвеєра з використанням зворотного зв'язку на основі енкодера та реалізацією пропорційно-інтегрального (ПІ) контролера. Управління роботою конвеєра здійснюється за допомогою програмованого логічного контролера, який широко застосовується в сучасних автоматизованих промислових системах. Проведено аналіз продуктивності та ефективності розробленого пристрою керування конвеєром.



Підпис студента

16.06.2025

Дата

ЗМІСТ	
ВСТУП.....	3
1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ ТА ПАТЕНТНИХ МАТЕРІАЛІВ .	5
1.1. Особливості конвеєрних пристроїв	5
1.2. Класифікація конвеєрних пристроїв	9
1.3. Висновки до першого розділу	14
2. ОСНОВНА ЧАСТИНА	16
2.1. Розробка структурної схеми автоматизованого пристрою керування конвеєром	16
2.2. Підбір блоків та пристроїв для структурної схеми автоматизованого пристрою керування конвеєром.....	18
2.3. Розробка шафи автоматизованого пристрою керування конвеєром	29
2.4. Висновки до другого розділу	35
3. РОЗРОБКА ПРОГРАМИ РОБОТИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРИСТРОЮ КЕРУВАННЯ КОНВЕЄРОМ	37
3.1. Алгоритм роботи автоматизованого пристрою керування конвеєром.	37
3.2. Розробка програми роботи автоматизованого пристрою керування конвеєром	39
3.3. Висновки до третього розділу	55
ВИСНОВКИ.....	57
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ	59
Додатки.....	65

КРБАКІТ. 2022116.01.01.ПЗ				
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата
Виконав		Бутенко С.П.		16.06.2025
Перевір		Мартинюк В.В.		16.06.25
Т.Конт				
Н.контр.		Корецька Л.О.		16.06.25
Затвер.		Мартинюк В.В.		16.06.25
Автоматизований пристрій керування конвеєром Пояснювальна записка				
		Літера	Аркуш	Аркушів
		у	2	63
ХНУ, АКІТс-22-1				

ВСТУП

Актуальність теми. Конвеєрні системи є невід'ємною складовою сучасного виробництва, логістики та складського господарства. Вони забезпечують безперервне переміщення вантажів або продукції, значно підвищуючи ефективність і продуктивність підприємств. Однак ефективна робота таких систем потребує надійного та точного керування, що дозволяє уникати збоїв, зменшити втрати енергії та підвищити загальну автоматизацію процесів.

Автоматизований пристрій керування конвеєром дозволяє точно координувати його роботу, регулювати швидкість руху, зупинку або запуск у відповідь на сигнали від датчиків, а також виявляти аварійні ситуації. Такий підхід сприяє зниженню витрат на обслуговування обладнання, підвищенню безпеки та ефективності виробничих процесів.

Актуальність роботи зумовлена потребою в розробці надійного автоматизованого пристрою керування конвеєром, який забезпечує точну взаємодію між апаратним та програмним забезпеченням системи в реальному масштабі часу.

Метою роботи є розробка автоматизованого пристрою керування конвеєром на основі програмованого логічного контролера, що дозволить забезпечити стабільну та ефективну роботу конвеєрної системи.

Для досягнення цієї мети необхідно розв'язати такі **завдання**:

- розробити структурну схему системи керування конвеєром;
- розробити алгоритм роботи пристрою керування конвеєром;
- створити програмне забезпечення для керування конвеєром.

Об'єктом дослідження є процес автоматизованого керування конвеєром.

Предметом дослідження є автоматизований пристрій керування конвеєром.

Практична значимість отриманих результатів:

					КРБАКІТ. 2022116.01.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		3

У роботі розроблено автоматизований пристрій керування конвеєром та програмне забезпечення його роботи. Використання автоматизований пристрій керування конвеєром дозволяє підвищити ефективність його роботи.

Кваліфікаційна робота складається із вступу, трьох розділів, висновків до кожного розділу, висновків, списку використаних джерел, 3 додатків. Загальний обсяг роботи складає 63 сторінок комп'ютерного тексту, у тому числі: 36 рисунки, список використаних джерел вміщує 40 найменувань.

У вступі обґрунтована актуальність кваліфікаційної роботи, сформульовано мету та задачі кваліфікаційної роботи, відображено її практичне значення.

В першому розділі були розглянуті наступні питання: особливості автоматизованого пристрою керування конвеєром, автоматизований процес керування конвеєром.

У другому розділі розроблено структурну схему системи керування, в якій відображено взаємозв'язки між джерелом живлення, частотним перетворювачем, електродвигуном, ПЛК, НМІ-панеллю та датчиками. Розроблено електричну схему силової та керуючої частин, яка реалізує ручний і автоматичний реверсивний пуск двигуна з урахуванням захистів та міжблокувань.

У третьому розділі розроблено програмне забезпечення для програмованого логічного контролера Siemens S7-1200 у середовищі TIA Portal. Реалізовано логіку автоматизованого керування, алгоритми безпеки та візуалізацію на сенсорній панелі оператора.

1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ ТА ПАТЕНТНИХ МАТЕРІАЛІВ

1.1 Особливості конвеєрних пристроїв

Конвеєрні пристрої стали невід'ємною частиною багатьох галузей промисловості та є ключовими елементами, які можуть транспортувати зростаючі обсяги вироблених товарів з одного місця в інше.

Порівняно з ручним транспортуванням конвеєрні пристрої є швидкими та ефективними, а також зменшують потребу в участі людини в процесі транспортування.

Конвеєрний пристрій є важливим пристроєм автоматизованого розподілу та обробки матеріалів, не обмежуючись типом товарів, що обробляються. Конвеєрний пристрій має великі можливості налаштування, які можна змінювати, щоб задовольнити потреби різних галузей.

У порівнянні з іншими пристроями транспортування та розподілу конвеєрний пристрій є найменш дорогою з точки зору витрат на встановлення та обслуговування. Ці фактори роблять конвеєрний пристрій найбільш поширеним механічним способом розподілу та транспортування товарів у різних галузях промисловості.

Структура конвеєрного пристрою проста і складається з двох або більше барабанів, конвеєрної стрічки, яка обертається навколо них, рами системи та двигуна, який приводить в рух шків. Хоча складність конструкції зростає зі збільшенням довжини конвеєрного пристрою, щоб відповідати сучасним вимогам. На рисунку 1.1 представлено будову найпростішого конвеєрного пристрою.

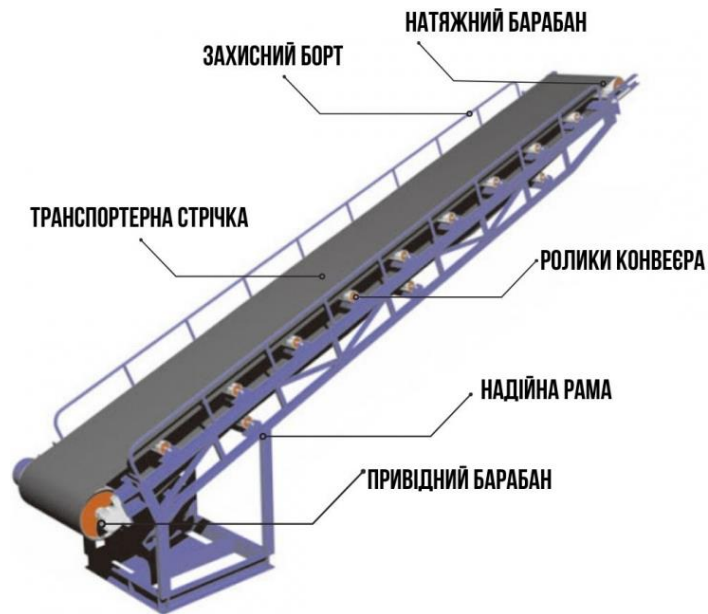


Рисунок 1.1 - Будова найпростішого конвеєрного пристрою [1]

Найпростіший конвеєрний пристрій, який зображено на рисунку 1.1, складається з приводного барабану, надійної рами, транспортерної стрічки, роликів конвеєра, захисного борта та натяжного барабана.

Основне призначення конвеєрного пристрою - переміщення матеріалів (вантажів) уздовж заданої траєкторії.

Привідний барабан - це основний елемент, який надає рух транспортерній стрічці. Він з'єднаний з електродвигуном, що обертає барабан, а той, у свою чергу, рухає стрічку.

Транспортерна стрічка - це рухома поверхня, на якій транспортується вантаж. Вона безперервно обертається навколо приводного та натяжного барабанів.

Ролики конвеєра підтримують стрічку, забезпечують зменшення тертя і рівномірний рух. Вони розміщені уздовж всієї довжини рами.

Натяжний барабан розташований на протилежному кінці від приводного. Його функцією є підтримання необхідного натягу транспортерної стрічки, щоб вона не провисала і не зісковзувала.

Надійна рама - це каркас, що утримує всі елементи конвеєра на місці. Забезпечує міцність і стійкість конструкції.

Захисний борт перешкоджає зсуву вантажу зі стрічки під час транспортування, особливо на похилих ділянках.

Коли електродвигун запускає привідний барабан, той тягне за собою транспортерну стрічку. Стрічка рухається, несучи вантаж із нижньої точки до верхньої (або навпаки, залежно від напрямку). Після проходження всього шляху стрічка огинає натяжний барабан і повертається до початку по нижній частині.

Перший офіційний патент був наданий Томасу Робінсу в 1905 році [2], а першим великим успіхом використання конвеєрів на виробництві стало впровадження оновленого заводу автомобільної промисловості «Highland Park» компанією Ford Motor у 1913-1914 роках.

Генрі Форд вирішив модернізувати виробництво з використанням конвеєрних стрічок для кожної окремої конструкції автомобіля (вузол двигуна, вузол кузова тощо).

У кожного працівника є лише одне функціональне завдання: це означає, що працівники не потребують спеціальної кваліфікації та працюватимуть як машина – швидко й точно.

Впровадження конвеєрних систем допомогло скоротити час виробництва однієї моделі Ford T з 12 до менше 2 годин, що вплинуло на вартість робочої сили і ціна готового автомобіля впала з €16500 до €7200 (у сучасному перерахунку).

Інші додаткові автомобілі, доступні на ринку США в ті дні, коштували щонайменше 30000-39000 євро, тому T model стала бестселером. Лише через півтора року, до квітня 1915 року, було вироблено та продано понад 1 мільйон автомобілів.

						КРБАКІТ. 2022116.01.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата			7

Використання автоматизованих конвеєрних ліній дало Генрі Форду ще одну можливість – збільшити мінімальну денну зарплату співробітників до 5 доларів, тоді як середня зарплата в усіх галузях була вдвічі меншою. Процеси автоматизації призвели до зміни робочого часу змін – з 2 змін по 9 годин до 3 змін по 8 годин і дозволили заводу працювати в режимі 24/7.

Зараз конвеєри використовуються на промислових підприємствах по всьому світу. Основні функції та структурні елементи залишаються такими ж, як і на початку 20 століття. Завдяки постійному науково-технічному прогресу транспортні агрегати стали більш функціональними. Машини ведуть виробництво, синхронізуючи велику кількість людей, що працюють на об'єкті, економлять час і зусилля та підвищують продуктивність.

Ще однією істотною перевагою використання автоматизованої конвеєрної системи є стабільно високий рівень безпеки праці при переміщенні вантажів.

Конвеєрне транспортування широко використовується у внутрішньоцехових переміщеннях, що забезпечує можливість ведення постійних технологічних процесів, для яких інші способи транспортування не забезпечують необхідної продуктивності.

Оскільки конвеєр є машиною для переміщення заготовки з А в Б, його структура досить проста. Кожен конвеєр має нерухому раму, рухомий двигун і робочу поверхню.

Рама конвеєрів є опорною конструкцією і забезпечує стійкість. Рухомий двигун є приводом конвеєра, він може змінюватися залежно від застосування та типу конвеєра, але найчастіше використовується електричний двигун. Робоча поверхня також відрізняється від застосування і відповідає за переміщення вантажу.

1.2 Класифікація конвеєрних пристроїв

Будова конкретного конвеєра впливає на його класифікацію. Конвеєрні пристрої класифікують за наступними ознаками [3].

1. За способом передачі рухомого навантаження:

- моторний;
- гравітаційний.

2. За способом прикладання рухомого навантаження:

- тягові конвеєри;
- конвеєри без тягових засобів.

3. За видами вантажу:

- насипний;
- штучний.

4. За розташуванням:

- стаціонарні;
- переносні;
- самопересувні.

5. За вантажопідйомністю:

- конвеєр з накопичуванням вантажів;
- конвеєр без накопичування вантажів.

Конвеєри використовуються для переміщення вантажів по фіксованих шляхах. Основна ідея полягає в тому, щоб перемістити вантаж з одного місця в інше за найкоротший час з найменшими витратами та мінімальними зусиллями.

Враховуючи широкий спектр можливих навантажень і застосування, можна виділити основні типи конвеєрних пристроїв [4].

1. Стрічкові конвеєри.

2. Ковшові конвеєри.

3. Ланцюгові конвеєри.
4. Рейсові конвеєри.
5. Підвісні конвеєри.
6. Роликові та колісні конвеєри.
7. Гвинтові транспортери.
8. Планкові конвеєри.
9. Вертикальні конвеєри.

Кожен з цих типів має свою структуру та особливості з перевагами та недоліками.

Стрічкові конвеєри - це один з найбільш поширених типів конвеєрів. Цей тип конвеєрів в основному використовується для обробки упаковки (аеропорти, продуктові магазини), обробки сировини (видобувна промисловість, сільськогосподарська промисловість) і для обробки дрібних деталей (різні виробничі лінії).

Конструкція стрічкових конвеєрів складається з трьох основних частин: рами з роликами (шківками), двигуна та конвеєрної стрічки. На рисунку 1.2 показано будову та принцип роботи стрічкового конвеєра з передавальним механізмом [5].

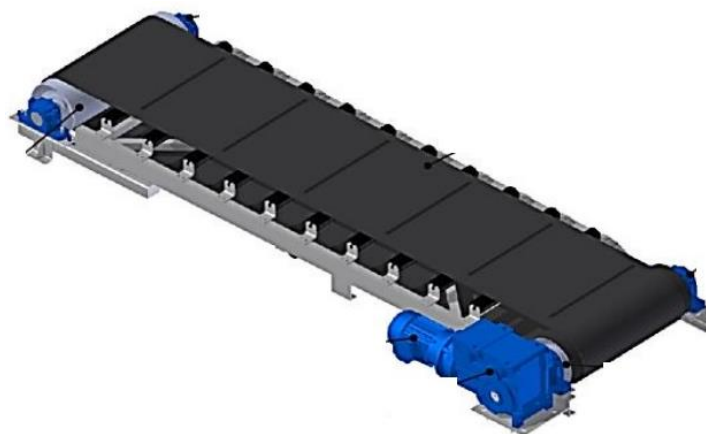


Рисунок 1.2 - Стрічковий конвеєрний пристрій [5]

Як бачимо – стрічкові конвеєри є основними автоматизованими спорудами для будь-яких видів виробництва. Вони прості у використанні та обслуговуванні, але потребують додаткового обладнання для кращої інтеграції у виробничий процес. Крім того, конвеєри трохи надійні, що надзвичайно важливо, наприклад, у гірничодобувній промисловості.

Ковшові транспортери використовуються для сипучих матеріалів (наприклад, у гірничодобувній промисловості, на будівельних майданчиках, у харчовій промисловості) та їх вертикальних або похилих переміщеннях.

Завдяки своїм конструктивним особливостям ковшові конвеєри пропонують найпростіше рішення для підйому великих обсягів матеріалу, тому вони потрібні на підприємствах з великими обсягами виробництва. Ці системи настійно рекомендується використовувати з сухими, пиловими матеріалами.

Використання ковшових конвеєрів у високопродуктивному виробництві у гірничій промисловості призводить до збільшення ваги обладнання, а отже, до більших витрат. На жаль, цей спосіб може бути єдиним варіантом у випадку, якщо потрібно вертикальне або похило переміщення об'ємних матеріалів.

Ланцюгові конвеєри використовуються для транспортування всередині приміщення. Транспортно-розвантажувальний пристрій приєднаний до рухомих ланцюгів, щоб буксирувати та завантажувати заготовки або пакети в одному напрямку.

Основними специфікаціями, які знаходяться в процесі проектування, є застосування, конфігурація конвеєра, потужність і силове обладнання. Є можливість перевозити сипучі матеріали за допомогою спеціальних боксів або бункерів і мати на лінії кілька точок вводу/виходу. Кілька спеціальних модифікацій ланцюгових конвеєрів здатні переміщувати матеріал по поверхні в будь-якому напрямку.

Основні переваги ланцюгових конвеєрів.

1. Гнучкість – ланцюг забезпечує більшу точність у разі кількох процедур запуску/зупинки завдяки легкості керування ланцюгом порівняно з ременем.

2. Можливість використання в складних умовах (екстремально низькі та високі температури) – ланцюг менш чутливий, ніж ремінь.

3. Конструкція простіша, ніж у стрічкового конвеєра. Один вал здатний рухати кілька ланцюгів без значного збільшення навантаження.

4. Дуже надійний – рухомі частини зроблені з металу.

Однак ланцюгові конвеєри мають також кілька важливих недоліків.

1. Дороге обладнання – полімерні або гумові ремені набагато дешевше ланцюгів.

2. Ланцюг вимагає акуратного кріплення та дбайливого догляду.

3. У разі розтягування – швидкість конвеєра дещо відрізнятиметься від запланованої, що може спричинити помилки.

4. Ланцюгові конвеєри не призначені для обробки заготовок при переміщенні.

Льотові конвеєри відрізняються від інших режимом передачі. Вони складаються з нерухомого корпусу (жолоба) і скребків, з'єднаних рухомим ланцюгом або тросом у відповідності до рисунку 1.3 [6].



Рисунок 1.3 - Льотовий конвеєрний пристрій [6]

Ланцюг рухається вздовж ринви, а скребки переміщують сипучі матеріали, такі як пісок, вугілля або хімікати. Ці конвеєри в основному застосовуються в гірничодобувній промисловості, особливо у вугільній промисловості.

Льотові конвеєри краще підходять для транспортування матеріалів, які не піддаються подрібненню, або матеріалів, які не постраждали б від подрібнення.

Лентові конвеєри з ланцюгом в основному використовуються в харчовій, хімічній, целюлозній, деревообробній і металургійній промисловості для транспортування сипучих вантажів в герметичному корпусі.

На рисунку 1.4 показаний приклад підвісного конвеєра: ланцюг приводиться в рух двигуном для переміщення заготовок по потрібному шляху як вертикальними, так і горизонтальними рухами.

Найвідомішим застосуванням підвісних конвеєрів є автомобільна промисловість. Конвеєром такого типу до місця обробки доставляється практично кожна окрема деталь автомобіля, яка потребує фарбування і подальшого складання. Другим поширеним застосуванням є виробництво металевих деталей шляхом плавлення.



Рисунок 1.4 - Підвісний конвеєрний пристрій [7]

Зі сказаного вище можна помітити, що підвісна конвеєрна система не є найпростішою в проектуванні та будівництві. Всі етапи попереднього залучення повинні проводитися відповідно до наявних потужностей і майбутніх потреб, оскільки підвісні конвеєри важко і дорого модернізувати. В іншому система надзвичайно надійна, а середній термін використання одного агрегату найвищий серед інших типів конвеєрів.

На рисунку 1.5 показано принцип роботи роликів і колісних конвеєрів: ролики і колеса розташовані між рамами і можуть вільно обертатися, або приводяться в рух двигуном.



Рисунок 1.5 - Роликовий конвеєрний пристрій [8]

1.3 Висновки до першого розділу

Підсумовуючи все вищесказане, можна констатувати, що конвеєри стали надзвичайно важливим транспортним засобом сучасності. Він має найрізноманітніше застосування через будь-які можливі обмеження та вимоги майже в будь-якій галузі - від найпростіших стрічкових і роликів конвеєрів у продуктових магазинах до найскладніших змішаних структур на сучасних

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

КРБАКІТ. 2022116.01.01.ПЗ

Арк.
14

автомобільних заводах або найдовших конвеєрів у гірничодобувній промисловості.

Використання конвеєрів серйозно обмежене кількома надзвичайно важливими факторами.

1. Вид навантаження.
2. Вантажопідйомність.
3. Відстань транспортування.
4. Робоче середовище.
5. Площа приміщення.

Впровадження транспортних технологій на об'єкті вимагає великої попередньої роботи та добре навченого та досвідченого персоналу для проектування та встановлення обладнання. Хорошим способом модернізації заводу є звернення до професійної команди інженерів з автоматизації для отримання рішення, яке б відповідало існуючим вимогам і буде найекономічнішим варіантом. Конвеєрна система на виробництві дозволить роботодавцю організувати безперервне виробництво для підвищення продуктивності і, таким чином, рентабельності, знизити трудовитрати, підтримувати безпеку виробництва на високому рівні.

Висока продуктивність, конструктивна простота, справедливі початкові витрати, можливість виконання багатьох технологічних завдань, поліпшення умов праці – всі ці переваги конвеєрної системи зробили її однією з основних ланок процесів промислової автоматизації.

Будучи основним транспортним засобом, він звільняє працівників від повільних, фізично дорогих вантажно-розвантажувальних робіт і збільшує швидкість виробництва, зберігаючи його ритм.

2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Розробка структурної схеми автоматизованого пристрою керування конвеєром

Структурна схема автоматизованого пристрою керування конвеєром складається із ввідно-розподільчого пристрою, за допомогою якого мережа змінного струму 380 В подається на автоматизований пристрій керування конвеєром.

Далі напруга мережі змінного струму 380 В подається на частотно-регульований привід, який керує частотою обертання та режимами роботи трифазного асинхронного двигуна.

Керування частотно-регульованим приводом здійснюється за допомогою програмованого логічного контролера. На програмований логічний контролер подаються сигнали від блоку датчиків.

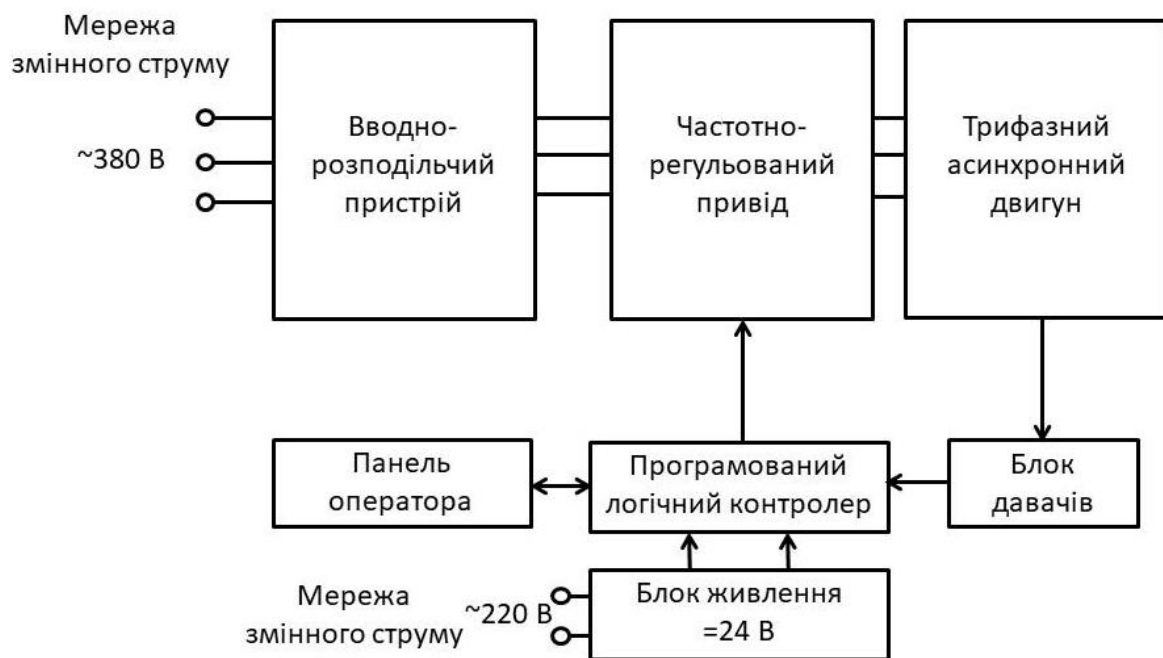


Рисунок 2.1 - Структурна схема автоматизованого пристрою керування конвеєром

Живлення програмованого логічного контролера здійснюється за допомогою блока живлення, на виході якого формується напруга постійного струму 24 В.

Керування конвеєром та відображення стану його роботи здійснюється за допомогою панелі оператора. Можливі два режими керування конвеєром.

1. Режим керування за допомогою панелі оператора.
2. Режим керування за допомогою кнопок керування.

До основних режимів роботи конвеєра відносяться наступні режими.

1. Режим руху конвеєрної стрічки вперед.
2. Режим руху конвеєрної стрічки назад.
3. Режим зупинки конвеєрної стрічки.

Для відслідковування положення предметів на конвеєрній стрічці передбачені оптичні давачі з обох боків конвеєрної стрічки. Коли предмет поступає на конвеєрну стрічку він перетинає світловий промінь першого оптичного давача.

Коли предмет рухається до кінця конвеєрної стрічки він перетинає світловий промінь другого оптичного давача. Сигнали від оптичних давачів подаються на цифрові входи програмованого логічного контролера.

Також на цифрові входи програмованого логічного контролера подаються сигнали від кнопок руху конвеєрної стрічки вперед, назад, а також сигнал від кнопки зупинки конвеєрної стрічки.

Для забезпечення аварійної зупинки конвеєрної стрічки в автоматизованому пристрої керування конвеєром передбачена кнопка аварійної зупинки конвеєра.

Сигнал з кнопки аварійної зупинки конвеєра також поступає на цифровий вхід програмованого логічного контролера. Цей сигнал має найвищий пріоритет і зупиняє роботу конвеєра у будь-якому режимі роботи.

З цифрових виходів програмованого логічного контролера сигнали поступають на частотно-регульований привід, який керує частотою обертання та режимами роботи трифазного асинхронного двигуна.

2.2 Підбір блоків та пристроїв для структурної схеми автоматизованого пристрою керування конвеєром

Підбір блоків та пристроїв для структурної схеми автоматизованого пристрою керування конвеєром розпочнемо із ввідно-розподільчого пристрою. В якості ввідно-розподільчого пристрою виберемо ВРУ-76М-1, який зображено на рисунку 2.2 [9].



Рисунок 2.2 - Вводно-розподільчий пристрій ВРУ-76М-1 [9]

Вводно-розподільчий пристрій ВРУ-76М-1 призначений для прийому, розподілу та обліку електричної енергії трифазного змінного струму напругою 380/220 В, частотою 50 Гц.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

КРБАКІТ. 2022116.01.01.ПЗ

Арк.
18

Він є невід'ємним елементом системи електроживлення автоматизованих об'єктів, зокрема, таких як пристрої керування промисловими конвеєрами. Завдяки своїй конструкції ВРУ-76М-1 виконує функції централізованого вузла живлення, від якого отримують електроенергію як силові споживачі (двигуни, перетворювачі частоти), так і вторинні системи керування (ПЛК, НМІ, давачі).

Основними завданнями ВРУ-76М-1 в системі автоматизованого керування конвеєром є наступні завдання.

1. Безпечний прийом електроенергії з зовнішньої електромережі.
2. Надійне розгалуження живлення на окремі функціональні модулі системи (силові та керуючі).
3. Облік споживаної електроенергії шляхом вбудованого електролічильника (за потреби).
4. Захист електричних кіл від перевантажень, струмів короткого замикання та неприпустимих режимів роботи.

До складу ВРУ-76М-1 можуть входити автоматичні вимикачі, індикатори напруги, плавкі запобіжники, нульова та заземлювальна шини, а також шина живлення керуючих ланцюгів. Монтаж пристрою здійснюється у металеву шафу з антикорозійним покриттям і високим ступенем захисту (зазвичай IP31 або вище), що дозволяє розміщувати його як у виробничих приміщеннях, так і в електрощитових.

До основних технічних характеристик ввідно-розподільчого пристрою ВРУ-76М-1 відносяться наступні параметри [9].

1. Номінальна напруга мережі живлення 380 В (лінійна), 220 В (фазна).
2. Номінальний струм 250 А, що дозволяє підключати споживачі сумарною потужністю до 165 кВт.
3. Частота мережі – 50 Гц.

4. Ступінь захисту оболонки - не нижче IP31, що забезпечує захист від пилу та випадкового контакту з струмопровідними частинами.

5. Кліматичне виконання УЗ згідно з ГОСТ 15150 (експлуатація у помірному кліматі в закритих приміщеннях).

6. Монтаж навісний або підлоговий, залежно від конструкції шафи.

Завдяки своїй простоті, надійності та універсальності ВРУ-76М-1 широко застосовується в промислових і комерційних об'єктах, де потрібна організація якісного та безпечного електропостачання.

Напруга мережі живлення 380 В після ввідно-розподільчого пристрою ВРУ-76М-1 поступає на трифазний автоматичний вимикач для захисту двигуна від теплового перегріву та короткого замикання.

В якості трифазного автоматичного вимикача для захисту двигуна від теплового перегріву та короткого замикання виберемо автоматичний вимикач 3RV2011-1JA10 для захисту двигуна компанії Siemens, який зображено на рисунку 2.3 [10].



Рисунок 2.3 - Автоматичний вимикач 3RV2011-1JA10 для захисту двигуна компанії Siemens [10]

Автоматичний вимикач Siemens 3RV2011-1JA10 належить до серії SIRIUS 3RV2 і є надійним апаратом для захисту електродвигунів від основних аварійних режимів: перевантажень, струмів короткого замикання та асиметрії фаз (втрати однієї з фаз).

Цей вимикач є важливим елементом у захисному колі електродвигуна і виконує функцію запобігання його пошкодженню у випадку тривалого перевищення струму або раптових аварій у силовому колі.

Пристрій має електромагнітний та тепловий елементи захисту. Тепловий розчіплювач реагує на перевантаження, тоді як електромагнітний – на струми короткого замикання. Крім того, він має можливість ручного керування – вмикання та вимикання – а також індикацію стану (ввімкнено-вимкнено-спрацював).

Автоматичний вимикач 3RV2011-1JA10 відзначається компактним конструктивним виконанням (розмір S00), що дозволяє ефективно розміщувати його у шафах керування навіть при обмеженому вільному просторі. Завдяки цьому його широко застосовують у розподільчих щитах, керуючих шафах і комбінованих модулях з пускачами Siemens серії SIRIUS.

Основні технічні характеристики автоматичного вимикача Siemens 3RV2011-1JA10.

1. Номінальний струм 10 А.
2. Діапазон регулювання струму спрацювання теплового розчіплювача від 8 до 12,5 А.
3. Максимальна комутаційна здатність при короткому замиканні досягає 100 кА (залежно від умов використання).
4. Напруга живлення до 690 В АС.
5. Клас спрацювання 10А - швидке відключення при перевантаженні.
6. Кількість полюсів 3.
7. Механічна та електрична зносостійкість до 100 000 циклів комутації.
8. Ступінь захисту: IP20 (встановлюється в IP54/IP65 шафу).
9. Монтаж: на DIN-рейку або гвинтове кріплення.

Крім основного захисту, пристрій може комплектуватися допоміжними контактами, індикаторами стану, роз'єднувачами тощо. Завдяки модульній

конструкції забезпечується гнучке налаштування відповідно до специфіки конкретного застосування.

Завдяки високій надійності, відповідності міжнародним стандартам (IEC/EN 60947-2, 60947-4-1) та зручності у використанні, Siemens 3RV2011-1JA10 є оптимальним рішенням для реалізації захисту двигунів у складі автоматизованого пристрою керування конвеєром.

Після трифазного автоматичного вимикача для захисту двигуна від теплового перегріву та короткого замикання напруга мережі змінного струму 380 В подається на частотно-регульований привід, який керує частотою обертання та режимами роботи трифазного асинхронного двигуна.

В якості частотно-регульованого приводу виберемо частотний перетворювач ACS150 компанії ABB, який зображено на рисунку 2.4 [11].



Рисунок 2.4 - Частотно-регульований привід ACS150 компанії ABB [11]

Частотно-регульований привід ABB ACS150 - це компактний, енергоефективний та надійний перетворювач частоти, який призначений для керування трифазними асинхронними двигунами змінного струму.

Він є частиною відомої серії ABB Drives, яка поєднує сучасні технології з простотою налаштування та експлуатації. Завдяки зручному інтерфейсу, вбудованим функціям керування і захисту, а також широкому діапазону потужностей, привід ACS150 знайшов широке застосування в малих і середніх автоматизованих системах.

Особливу увагу в ACS150 приділено інтеграції у наступні задачі промислової автоматики.

1. Керування вентиляторами, забезпечує плавний пуск і зупинку для зниження механічного зносу.

2. Насосні системи для оптимізації витрати енергії та захисту від гідравлічних ударів.

3. Конвеєрні лінії для зміни швидкості транспортування відповідно до логіки ПЛК.

4. Міксери та дозувальні машини для забезпечення точності обертання і захист від перевантажень.

Основні функціональні переваги ACS150.

1. Інтегрована панель керування з вбудованим потенціометром — дозволяє здійснювати базове керування без додаткових пристроїв.

2. Функція плавного пуску та зупинки, що зменшує пускові струми і продовжує термін служби механіки.

3. Інтегрований PID-регулятор, який дозволяє реалізувати автономне регулювання без зовнішнього ПЛК.

Широкий діапазон робочої температури забезпечує роботу від -10°C до $+50^{\circ}\text{C}$ без зниження номінальної потужності.

Компактний корпус дозволяє економити місце в електричних шафах.

Технічні характеристики типового варіанту ABB ACS150-03E-07A5-4.

1. Номінальна напруга: $3\times 400\text{ В AC } \pm 10\%$.

2. Частота живлення від 48 до 63 Гц.

3. Номінальний струм 7,5 А.
4. Потужність двигуна до 4 кВт.
5. Ступінь захисту IP20.

Інтерфейси керування забезпечує цифрові та аналогові входи/виходи, а також можливість підключення до PLC.

Має вбудований гальмівний чопер та забезпечує електромагнітну сумісність за допомогою фільтра С2 для промислових мереж. АВВ ACS150-03Е-07А5-4 застосовується в системі керування конвеєром.

АВВ ACS150-03Е-07А5-4 керує асинхронним двигуном АВВ М2АА112МВ2, забезпечуючи зміну частоти обертання відповідно до команд із ПЛК Siemens S7-1200. Така схема дозволяє реалізувати як плавний запуск/зупинку, так і реверсне керування, уникаючи різких механічних навантажень на стрічку конвеєра та електропривід.

Додатковою перевагою є можливість налаштування ACS150 через інтерфейс DriveConfig, що дозволяє швидко копіювати параметри та діагностувати несправності за допомогою ПК.

Таким чином, частотний перетворювач АВВ ACS150 - це універсальне, економічно доцільне та технічно обґрунтоване рішення для керування електродвигуном у складі автоматизованого пристрою керування конвеєром.

В якості двигуна для руху конвеєрної стрічки виберемо трифазний асинхронний двигун М2АА112МВ2 компанії АВВ, який зображений на рисунку 2.5 [12].



Рисунок 2.5 - Трифазний асинхронний двигун М2АА112МВ2 компанії АВВ

Електродвигун АВВ М2АА112МВ2 - це високоякісний трифазний асинхронний двигун з короткозамкненим ротором, розроблений для загальнопромислового застосування з урахуванням вимог енергоефективності, надійності та гнучкості монтажу.

Завдяки оптимальному співвідношенню технічних характеристик та вартості, він широко використовується в автоматизованих системах, зокрема у складі пристроїв керування конвеєрними лініями, вентиляційними установками, насосними агрегатами, змішувачами та дозувальними станціями.

Двигун серії М2АА входить до стандартного каталогу компанії АВВ, що є одним зі світових лідерів у галузі електротехніки та енергетичних технологій. Ця модель побудована за принципом повністю закритого двигуна з самовентиляцією, що забезпечує стабільну роботу в умовах запиленості, підвищеної вологості та температурних перепадів.

Основні технічні характеристики двигуна АВВ М2АА112МВ2.

1. Потужність 4,0 кВт.
2. Номінальна напруга живлення 400 В при підключенні "зіркою".
3. Номінальна частота 50 Гц.
4. Номінальний струм 8,2 А.
5. Кількість полюсів 2 (частота обертання 2900 об/хв).
6. Клас енергоефективності ІЕ2 (відповідає міжнародним стандартам EN 60034-30).
7. Клас ізоляції F, з допустимим перегрівом до 155 °С.
8. Режим роботи S1 (тривалий).
9. Ступінь захисту корпусу IP55, що забезпечує захист від пилу та водяних струменів з будь-якого напрямку.

Матеріал корпусу алюмінієвий литий під тиском - легкий, корозійностійкий.

Тип монтажу IM B5 (фланцеве виконання).

Основні переваги електродвигуна ABB M2AA112MB2.

1. Енергоефективність клас IE2 дозволяє суттєво зменшити витрати на електроенергію при тривалій експлуатації.

2. Універсальність - підходить для встановлення в широкому спектрі промислових задач, зокрема у складі конвеєрів, компресорів, підйомного обладнання тощо.

3. Компактність - завдяки алюмінієвому корпусу має малу вагу, що спрощує монтаж у шафах або на рухомих платформах.

4. Надійність в умовах виробництва - IP55 забезпечує стабільну роботу при підвищеній вологості, пилу та механічних впливах.

5. Гнучкість монтажу - підтримка різних конфігурацій (IM B3, B5, B35) дозволяє легко інтегрувати двигун у існуючі або нові системи.

6. Застосування в системі керування конвеєром.

Двигун ABB M2AA112MB2 виконує роль головного приводу конвеєрної стрічки. Його обертання забезпечує поступальний рух об'єктів по лінії транспортування. Регулювання швидкості та напрямку обертання виконується за допомогою частотно-регульованого приводу ACS150, що дозволяє плавно запускати та зупиняти конвеєр, а також реалізовувати функцію реверсу без механічних втручань.

Керування приводом здійснюється програмованим логічним контролером Siemens S7-1200, який формує сигнали на зміну частоти, запуск, зупинку та зміну напрямку обертання двигуна відповідно до обраного режиму роботи (ручний або автоматичний).

Таким чином, двигун M2AA112MB2 є ключовим виконавчим механізмом у системі автоматизованого керування конвеєром, поєднуючи високу ефективність, механічну надійність та гнучке управління в умовах сучасного виробництва.

В якості програмованого логічного контролера оберемо програмований логічний контролер SIMATIC S7-1200 CPU 1214C компанії Siemens, який зображено на рисунку 2.6 [13].



Рисунок 2.6 - Програмований логічний контролер SIMATIC S7-1200 CPU 1214C компанії Siemens [13]

Контролер SIMATIC S7-1200 CPU 1214C - це потужний і компактний програмований логічний контролер (ПЛК) від Siemens, призначений для автоматизації малих і середніх систем. Він поєднує в собі високу продуктивність, гнучкість розширення та зручність інтеграції в мережеві середовища.

Для живлення програмованого логічного контролера SIMATIC S7-1200 CPU 1214C компанії Siemens використовується постійна напруга живлення 24 В.

В якості блока живлення виберемо блок живлення SITOP PSU100L компанії Siemens, який зображено на рисунку 2.7 [14].



Рисунок 2.7 - Блок живлення SITOP PSU100L компанії Siemens [13]

Блок живлення Siemens SITOP PSU100L - це надійне та економічне рішення для стабілізованого живлення 24 В постійного струму в промислових системах. Ця серія призначена для базових задач автоматизації, забезпечуючи високу якість та ефективність при доступній ціні.

Керування конвеєром та відображення стану його роботи здійснюється за допомогою панелі оператора. В якості панелі оператора оберемо панель оператора SIPLUS HMI KTP700 Basic DP компанії Siemens, яка зображена на рисунку 2.8 [15].

Панель оператора SIPLUS HMI KTP700 Basic DP компанії Siemens - це промислова панель оператора від Siemens, призначена для візуалізації та керування процесами в складних умовах експлуатації.

Особливістю панель оператора SIPLUS HMI KTP700 є підтримка до 250 процесних екранів, 800 змінних та 1000 повідомлень у 32 класах. Панель оператора SIPLUS HMI KTP700 сумісність з контролерами: SIMATIC S7-1200, S7-300/400, SINUMERIK та SIMOTION.

2. Регульований струм спрацювання 8...12,5 А.

Для надійної роботи з двигуном АВВ М2АА112МВ2 виберемо контактор Siemens 3RT2026-1ВВ41, який зображений на рисунку 2.7 [17].

Для керування рухом конвеєрної стрічки в ручному режимі використовуються три кнопки.

1. Кнопка "STOP" (NC контакт).

Червона кнопка "STOP" типу "грибок" з нормально замкнутим контактом (NC). Каталожний номер червоної кнопки "STOP" (NC контакт) компанії Siemens - 3SU1050-0АВ20-0АА0. Червона кнопка "STOP" компанії Siemens зображена на рисунку 2.9 [18].



Рисунок 2.9 - Контактор Siemens 3RT2026-1ВВ41 [17]



Рисунок 2.10 - Червона кнопка "STOP" компанії Siemens 3SU1050-0АВ20-0АА0 [18]

2. Кнопка "FORWARD" (NO контакт).

Зелена кнопка "FORWARD" (NO контакт) з нормально розімкненим контактом (NO). Каталогний номер зеленої кнопки "FORWARD" (NO контакт) компанії Siemens - 3SU1051-0AB40-0AA0. Зелена кнопка "FORWARD" компанії Siemens зображена на рисунку 2.11 [19].



Рисунок 2.11 - Зелена кнопка "FORWARD" компанії Siemens 3SU1051-0AB40-0AA0 [19]

3. Кнопка "REVERSE" (NO контакт).

Синя кнопка "REVERSE" (NO контакт) з нормально розімкненим контактом (NO). Каталогний номер синьої кнопки "REVERSE" (NO контакт) компанії Siemens - 3SU1050-0AB50-0AA0. Синя кнопка "REVERSE" компанії Siemens зображена на рисунку 2.12 [20].



Рисунок 2.12 - Синя кнопка "REVERSE" компанії Siemens 3SU1050-0AB50-0AA0 [20]

На рисунку 2.13 зображена електрична схема силової та керуючої частини реверсивного пуску трифазного двигуна. Електрична схема, яка зображена на рисунку 2.13, складається з двох частин: силова (ліворуч) та керуюча (праворуч). Силова частина складається із трифазної напруги живлення 400 В L1, L2 та L3.

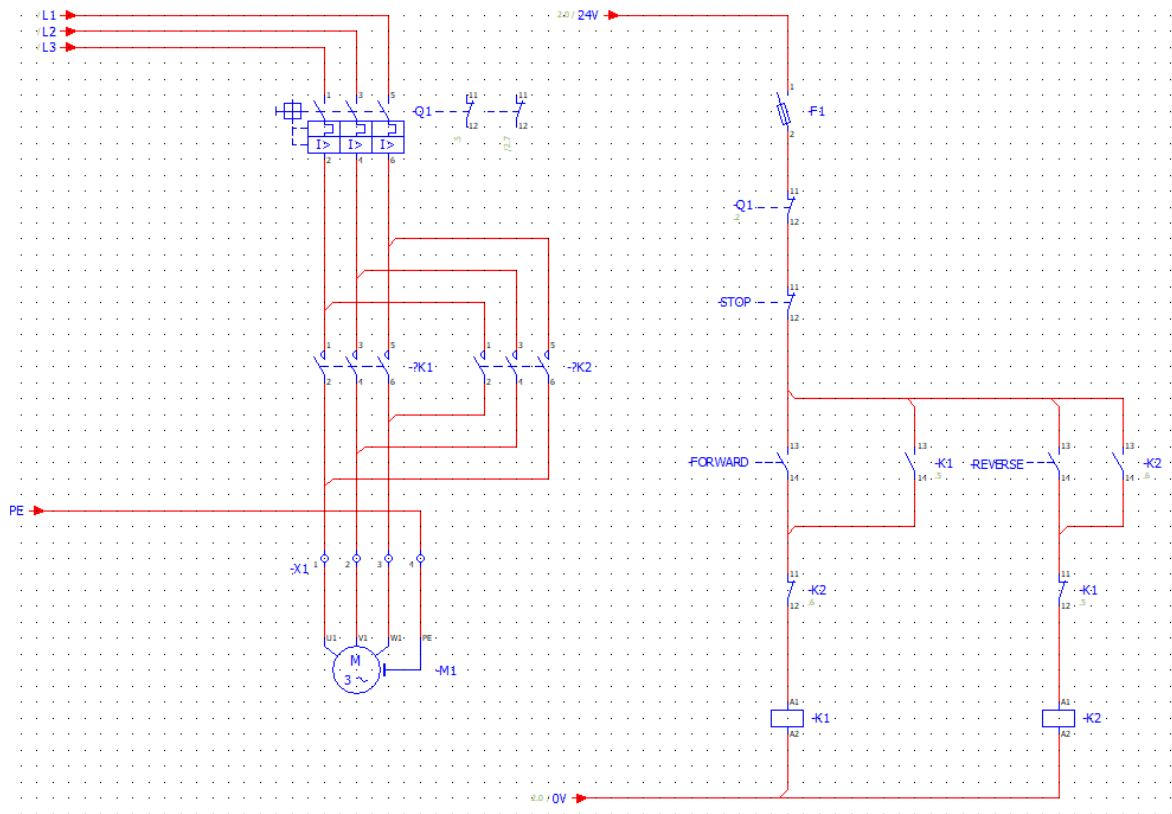


Рисунок 2.13 - Електрична схема силової та керуючої частини реверсивного пуску трифазного двигуна

Також до складу силової частини входить автоматичний вимикач Q1 типу 3RV2011-1JA10, який захищає M1 електродвигун ABB M2AA112MB2.

Контактор прямого K1 і зворотного K2 ходу типу Siemens 3RT2026-1BB41 забезпечують обертання ротора електродвигуна ABB M2AA112MB2 за часовою та проти часової стрілки.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

під'єднання до модуля цифрових входів (праворуч) кнопок "FORWARD", "REVERSE" і "STOP".

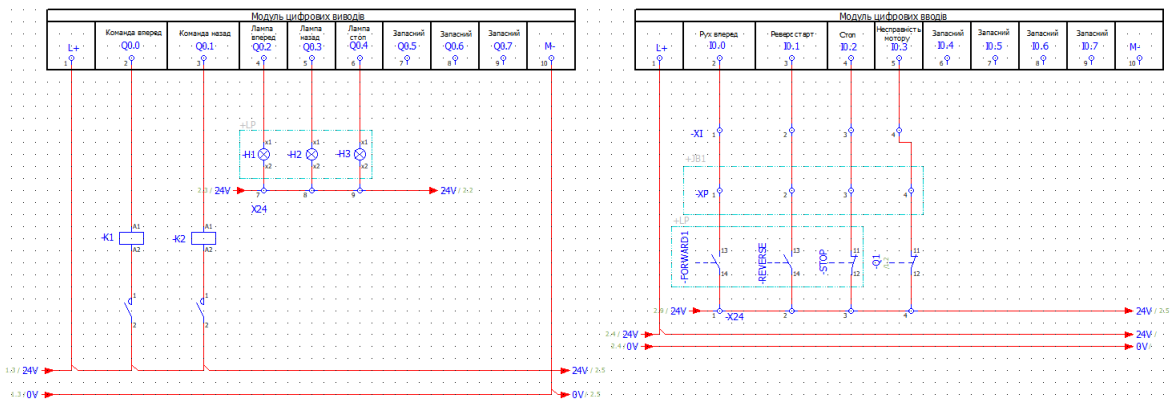


Рисунок 2.14 - Електрична схема керування з використанням модуля цифрових виходів (ліворуч) та модуля цифрових входів (праворуч)

Лампи Н1, Н2 та Н3 використовуються для світлової індикації режимів роботи конвеєра. Каталожний номер червоної лампи "STOP" Н1 компанії Siemens - 3SU1150-0AB20-1CA0. Червона лампа "STOP" компанії Siemens зображена на рисунку 2.15 [21].



Рисунок 2.15 - Червона лампа "STOP" компанії Siemens 3SU1150-0AB20-1CA0 [21]

Каталожний номер зеленої лампи "FORWARD" Н2 компанії Siemens - 3SU1102-6AA40-1AA0. Зелена лампа "FORWARD" компанії Siemens зображена на рисунку 2.16 [21].



Рисунок 2.16 - Зелена лампа "FORWARD" компанії Siemens 3SU1102-6AA40-1AA0 [22]

Каталожний номер синьої лампи "REVERSE" НЗ компанії Siemens - 3SU1102-6AA50-1AA0. Синя лампа "REVERSE" компанії Siemens зображена на рисунку 2.17 [23].



Рисунок 2.17 - Синя лампа "REVERSE" компанії Siemens 3SU1102-6AA50-1AA0 [23]

2.4 Висновки до другого розділу

У другому розділі було розроблено та обґрунтовано структурну схему автоматизованого пристрою керування конвеєром, а також здійснено підбір основних технічних засобів, необхідних для реалізації системи керування.

1. Побудовано структурну схему автоматизованого керування конвеєром, яка забезпечує керування рухом стрічки у трьох режимах: вперед, назад та зупинка, а також аварійну зупинку;

2. Обрано оптимальні компоненти системи: ВРУ-76М-1 як вводно-розподільчий пристрій, частотно-регульований привід АВВ ACS150,

асинхронний двигун ABB M2AA112MB2, ПЛК Siemens SIMATIC S7-1200, блок живлення SITOP PSU100L, панель оператора SIPLUS HMI KTP700 та оптичні давачі QMBONW E3F-DS30C4 NPN NO;

3. Розроблено електричну схему силової та керуючої частин для реалізації функцій реверсивного пуску двигуна та ручного/автоматичного керування;

4. Забезпечено надійний захист обладнання від аварійних режимів за рахунок використання автоматичних вимикачів та кнопки аварійної зупинки;

5. Здійснено компонування елементів шафи керування, що відповідає вимогам безпеки та забезпечує зручність обслуговування.

Таким чином, розроблена система відповідає сучасним вимогам до автоматизації транспортувальних систем і створює передумови для ефективної, безпечної та гнучкої експлуатації конвеєрного обладнання.

					КРБАКІТ. 2022116.01.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		36

3 РОЗРОБКА ПРОГРАМИ РОБОТИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРИСТРОЮ КЕРУВАННЯ КОНВЕЄРОМ

3.1 Алгоритм роботи автоматизованого пристрою керування конвеєром

Блок схема алгоритму роботи автоматизованого пристрою керування конвеєром зображено на рисунку 3.1.

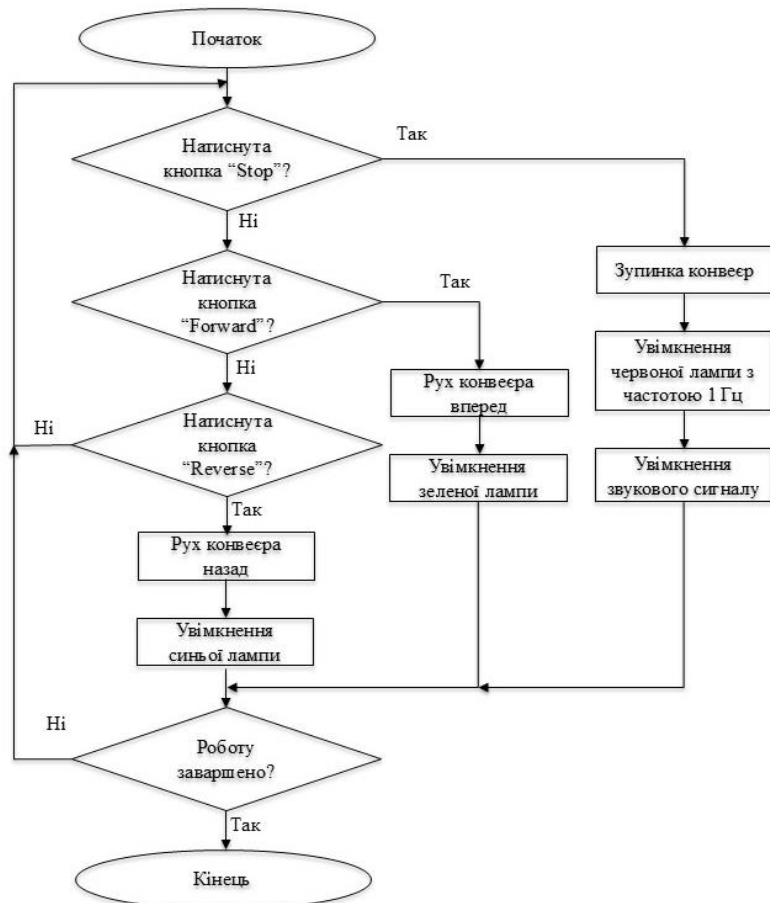


Рисунок 3.1 – Блок-схема алгоритму роботи автоматизованого пристрою керування конвеєром

Блок-схема алгоритму роботи автоматизованого пристрою керування конвеєром охоплює всі його режими роботи.

1. Рух конвеєрної стрічки вперед.
2. Рух конвеєрної стрічки назад.
3. Зупинка конвеєрної стрічки.

На початку роботи блок-схеми алгоритму роботи автоматизованого пристрою керування конвеєром здійснюється перевірка на зупинку. Якщо натиснута кнопка "Stop", система переходить до зупинки конвеєра. Конвеєр зупиняється, вмикається червона лампа, яка мигає з частотою 1 Гц. Також вмикається звуковий сигнал з тією ж частотою.

Якщо кнопка "Stop" не натиснута, тоді здійснюється перевірка натискання кнопки "Forward". Якщо натиснута кнопка "Forward", то відбувається рух конвеєра вперед. Вмикається зелена лампа як індикація прямого руху.

Якщо кнопка "Forward" не натиснута, тоді здійснюється перевірка натискання кнопки "Reverse". Якщо натиснута кнопка "Reverse", тоді конвеєр рухається назад. Вмикається синя лампа як індикація зворотного ходу.

Після виконання руху конвеєра вперед або назад, автоматизований пристрій керування конвеєром перевіряє чи завершена робота конвеєра. Якщо так, то робота автоматизованого пристрою керування конвеєром завершується. Якщо ні, то цикл роботи автоматизованого пристрою керування конвеєром повторюється від початку.

Блок-схема логічно і наочно ілюструє алгоритм роботи автоматизованого пристрою керування конвеєром. На основі розробленої блок-схеми алгоритму роботи автоматизованого пристрою керування конвеєром розробимо програмну реалізацію алгоритму.

3.2 Розробка програми роботи автоматизованого пристрою керування конвеєром

Розробку програми роботи автоматизованого пристрою керування конвеєром будемо виконувати в програмному середовищі TIA Portal (англійською мовою - Totally Integrated Automation Portal) від компанії Siemens.

Програмне середовище TIA Portal об'єднує в собі всі необхідні інструменти для проектування, програмування, візуалізації та налагодження автоматизованих систем керування.

Інтегроване програмне середовище TIA Portal об'єднує платформу від введення у експлуатацію до обслуговування. За допомогою програмного середовища TIA Portal зменшується час розробки за рахунок уніфікованих бібліотек, повторне використання коду та зручного налагоджувального середовища.

Інтегроване програмне середовище TIA Portal дозволяє здійснювати візуальне програмування за допомогою зручного графічного інтерфейсу. Інтегроване програмне середовище TIA Portal забезпечує масштабованість розробки - від малих машин до великих виробничих ліній.

Розробку програми роботи автоматизованого пристрою керування конвеєром будемо виконувати для програмованого логічного контролера SIMATIC S7-1200 CPU 1214C. Каталожний номер програмованого логічного контролера SIMATIC S7-1200 CPU 1214C 6ES7214-1AG40-0XB0.

На рисунку 3.2 зображено інтерфейс програмного середовища TIA Portal після створення нового проєкту та вибору апаратного контролера - SIMATIC S7-1200 CPU 1214C.

Інтерфейс демонструє структуру проєкту зліва, в якій видно вкладки: Devices & Networks, Program Blocks, PLC Tags, Technology Objects та інші,

ТІА Portal надає можливість не лише створювати логіку керування, але й здійснювати імітацію роботи системи (PLCSIM), що дозволяє протестувати програму ще до фактичного підключення апаратного забезпечення. Це особливо корисно на етапі розробки та налагодження логіки автоматизованого керування конвеєром.

Інтерфейс ТІА Portal у поєднанні з контролером SIMATIC S7-1200 є потужним середовищем для створення, тестування та реалізації програмного забезпечення сучасної автоматизованої системи керування.

Розробку програми роботи автоматизованого пристрою керування конвеєром продовжимо створення таблиці тегів (англійською мовою - PLC tags), яка зображена на рисунку 3.3.

	Name	Tag table	Data type	Address	Retain	Acces...	Writa...	Visibl...	Comment
1	THERMAL	Default tag table	Bool	%I0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
2	START/STOP	Default tag table	Bool	%M20.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
3	FORWARD START	Default tag table	Bool	%M20.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
4	REVERSE START	Default tag table	Bool	%M20.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
5	RESET	Default tag table	Bool	%M20.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
6	MOTOR FORWARD	Default tag table	Bool	%Q0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
7	MOTOR REVERSE	Default tag table	Bool	%Q0.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
8	FORWARD MOTOR LAMP	Default tag table	Bool	%Q0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
9	REVERSE MOTOR LAMP	Default tag table	Bool	%Q0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
10	FAILURE LAMP	Default tag table	Bool	%Q0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
11	FAILURE HORN	Default tag table	Bool	%Q0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
12	FAILURE MEMORY	Default tag table	Bool	%M5.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
13	Clock_1Hz	Default tag table	Bool	%M0.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
14	Tag_1	Default tag table	Bool	%M90.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
15	STATUS LAMP	Default tag table	Bool	%Q0.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
16	Tag_2	Default tag table	Bool	%M30.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
17	MOVEMENTRESET	Default tag table	Bool	%M30.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
18	Tag_4	Default tag table	Bool	%M40.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
19	Tag_3	Default tag table	Bool	%M30.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Рисунок 3.3 – Таблиця тегів програми роботи автоматизованого пристрою керування конвеєром

У цій таблиці теги мають наступне призначення.

1. THERMAL - Вхід %I0.0 - Сигнал від теплового реле (захист двигуна).
2. START/STOP - Комірка пам'яті %M20.0 - Кнопка запуску/зупинки.

3. FORWARD START - Комірка пам'яті %M20.1 - Кнопка запуску вперед.

4. REVERSE START - Комірка пам'яті %M20.2 - Кнопка запуску назад.

5. RESET - Комірка пам'яті %M20.3 - Перезавантаження.

6. MOTOR FORWARD - Вихід %Q0.4 - Вихід для прямого руху двигуна.

7. MOTOR REVERSE - Вихід %Q0.5 - Вихід для зворотного руху двигуна.

8. FORWARD MOTOR LAMP - Вихід %Q0.0 - Вихід для вмикання зеленої лампи індикації прямого руху двигуна.

9. REVERSE MOTOR LAMP - Вихід %Q0.1 - Вихід для вмикання синьої лампи індикації зворотного руху двигуна.

10. FAILURE LAMP - Вихід %Q0.2 - Вихід для вмикання червоної сигнальної лампи аварії.

11. FAILURE HORN - Вихід %Q0.3 - Вихід звукового сигналу.

12. FAILURE MEMORY - Комірка пам'яті %M5.0 - Комірка пам'яті аварії.

13. Clock_1Hz - Комірка пам'яті %M0.5 – Комірка пам'яті сигналу аварії 1 Гц.

14. STATUS LAMP - Вихід %Q0.6 - Вихід для вмикання лампи стану.

15. MOVEMENTRESET - Вихід %M30.2 - Комірка пам'яті скидання.

Основним блоком програми роботи автоматизованого пристрою керування конвеєром є Main [OB1], який зображений на рисунку 3.4.

Основний блок програми роботи автоматизованого пристрою керування конвеєром складається із кола 1 (англійською мовою Network 1). У колі 1 розміщений функційний блок KONVEYOR-1 [FC1].

Функційний блок KONVEYOR-1 [FC1] виконує наступні функції.

1. Запуск двигуна вперед або назад (із взаємним блокуванням).

2. Обробка аварійного сигналу від теплового реле.

3. Індикація напрямку руху та аварій.
4. Скидання аварій (RESET).
5. Керування за допомогою кнопок або автоматичних сигналів.

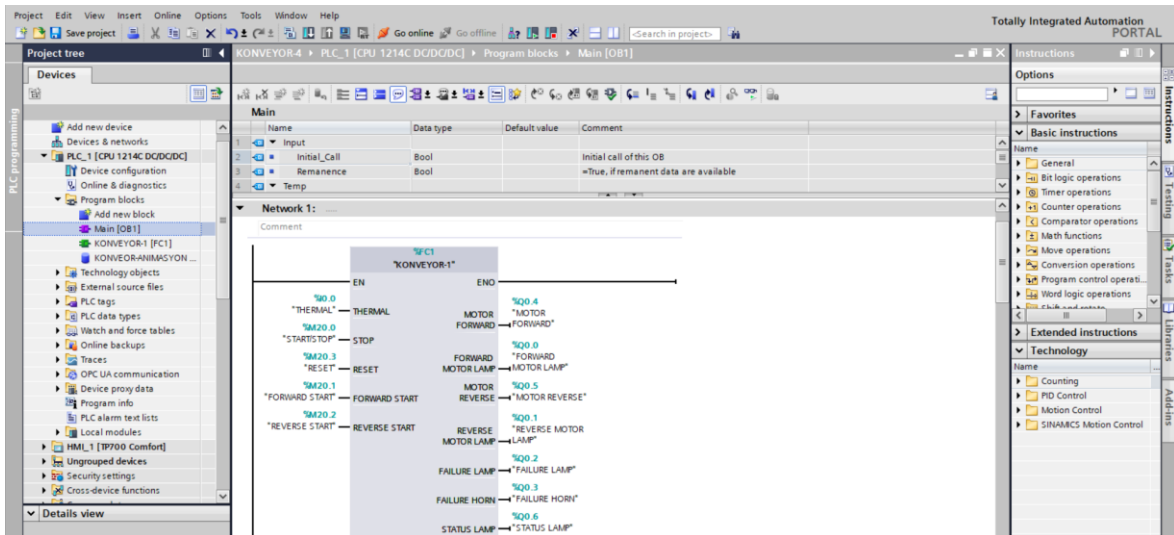


Рисунок 3.4 – Основний блок програми роботи автоматизованого пристрою керування конвеєром Main [OB1]

Функційний блок KONVEYOR-1 [FC1] складається із наступних кіл. Коло 1 керує двигуном конвеєра в двох напрямках - вперед (Forward) і назад (Reverse). Коло 1 зображене на рисунку 3.5.

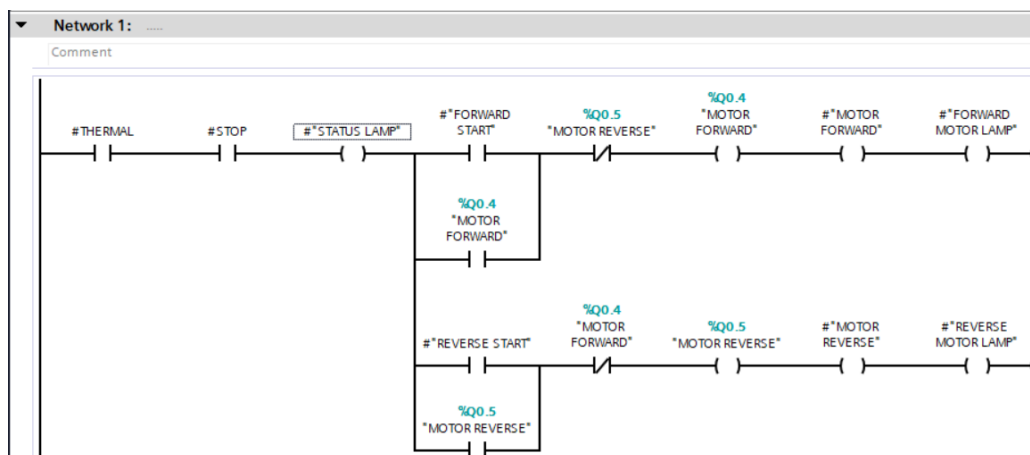


Рисунок 3.5 – Коло 1 функційного блока KONVEYOR-1 [FC1]

На початку кола 1 перевіряється умова дозволу запуску, яка програмується послідовним з'єднанням трьох контактів, що реалізують функцію 3-І.

1. #THERMAL - нормально замкнутий контакт (немає сигналу аварії з теплового реле).

2. #STOP - нормально замкнутий контакт (немає сигналу зупинки).

3. "STATUS LAMP" - відображає, що система готова до запуску.

Якщо ці три умови виконані, тільки тоді дозволяється запуск мотора.

Далі перевіряється умова запуску конвеєра вперед, яка програмується послідовним з'єднанням трьох контактів, що реалізують функцію 3-І.

1. #FORWARD START - команда на запуск конвеєра вперед.

2. %Q0.5 "MOTOR REVERSE" - зворотний напрям руху конвеєра не активний.

3. %Q0.4 "MOTOR FORWARD" - самоутримання контакта руху конвеєра вперед.

Якщо ці три умови виконані, тільки тоді виконуються наступні дії.

1. %Q0.4 "MOTOR FORWARD" – активується рух конвеєра вперед.

2. #MOTOR FORWARD → #FORWARD MOTOR LAMP - засвічується лампа, яка сигналізує про напрямок руху конвеєра "вперед".

Далі перевіряється умова запуску конвеєра в зворотному напрямі, яка програмується послідовним з'єднанням трьох контактів, що реалізують функцію 3-І.

1. #REVERSE START - команда на запуск конвеєра назад.

2. %Q0.4 "MOTOR FORWARD" - прямий напрям руху конвеєра не активний.

3. %Q0.5 "MOTOR REVERSE" - самоутримання контакта руху конвеєра назад.

Якщо ці три умови виконані, тільки тоді виконуються наступні дії.

1. %Q0.5 "MOTOR REVERSE" - активується рух конвеєра назад.
2. #MOTOR REVERSE → #REVERSE MOTOR LAMP - засвічується лампа, яка сигналізує про напрямок руху конвеєра "назад".

Особливістю кола 1 є виключення одночасного руху, шляхом використання міжблокування %Q0.4 і %Q0.5. У цьому випадку двигун не може працювати одночасно в обох напрямках.

Також використовується самоутримання кнопок для підтримки стану двигуна після натискання кнопки (%Q0.4 і %Q0.5 самі себе утримують через контакт). Лампи відображають, який напрямок активний.

Коло 2 призначене для миготіння лампи FAILURE LAMP, коли спрацює тепловий захист. Коло 1 зображене на рисунку 3.6.

Якщо контакт #THERMAL замкнутий, то це означає, що немає теплової помилки.

Якщо контакт #THERMAL розімкнутий, то системний біт %M0.5 "Clock_1Hz" змінюється кожну секунду для миготіння FAILURE LAMP.

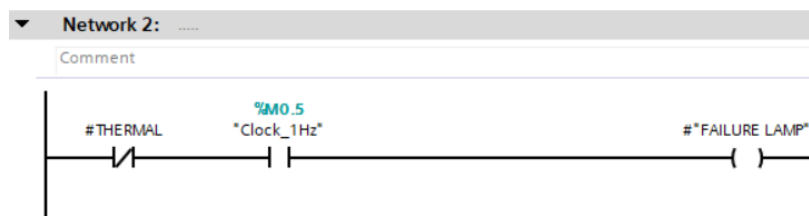


Рисунок 3.6 – Коло 2 функційного блока KONVEYOR-1 [FC1]

Це дозволяє оператору візуально бачити аварійну ситуацію у вигляді миготіння лампи.

Якщо THERMAL розімкнувся (аварія), тоді #THERMAL=0, коло стає активним і лампа блимає з частотою 1 Гц (1 раз на секунду).

Коло 3 призначене для запам'ятовування аварії та зображене на рисунку 3.7. Коло 3 функційного блока KONVEYOR-1 [FC1] зберігає стан

аварії по тепловому реле навіть після короткочасного зникнення сигналу, поки не буде натиснута кнопка RESET.

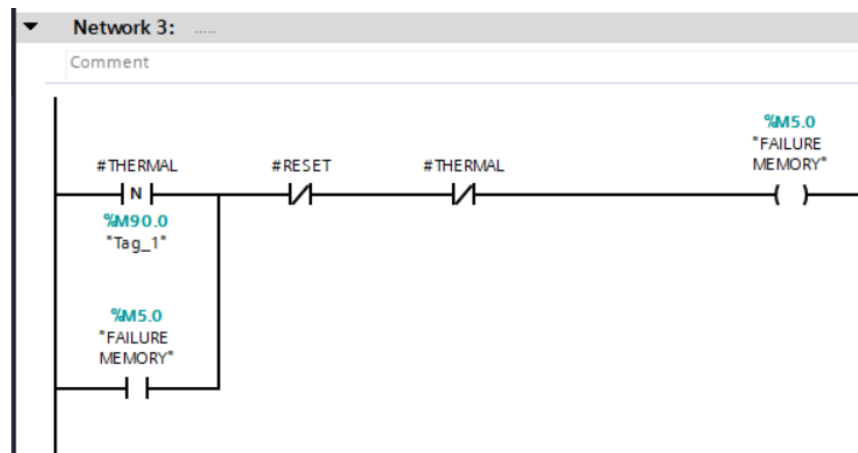


Рисунок 3.7 – Коло 3 функційного блока KONVEYOR-1 [FC1]

Логіка роботи кола 3 наступна.

Верхня частина (запис пам'яті).

1. #THERMAL контакт замкнутий при нормальному режимі роботи. При перегріванні двигуна #THERMAL контакт розімкнеться.

2. N-контакт (нормально замкнутий) і зберігає в комірці пам'яті %M90.0 "Tag_1" сигнал поки аварія не збережена.

3. Комірка пам'яті %M5.0 "FAILURE MEMORY" встановлюється в "1", коли трапилася аварія.

Нижня частина (скидання пам'яті).

1. #RESET - контакт від кнопки "Скидання".

2. #THERMAL - контакт ще розімкнутий (аварія не усунена).

Ці умови скидають комірку пам'яті %M5.0.

Таким чином, аварія запам'ятовується (і може виводитись на НМІ або лампу) до усунення причини та натискання кнопки RESET.

Якщо двигун перегріється, то контакт THERMAL розімкнеться і лампа FAILURE LAMP блимає з частотою 1 Гц. Також встановлюється біт

%M5.0=1, що фіксується аварійний стан. Для скидання аварійного стану після усунення проблеми натискають кнопку RESET, тоді аварія скидається.

Коло 4 функційного блока KONVEYOR-1 [FC1] керує звуковою сигналізацією (сиреною) у випадку аварії. До складу кола 4 входять наступні елементи.

1. %M5.0 "FAILURE MEMORY" - біт пам'яті про наявність аварії.
2. %M0.5 "Clock_1Hz" - генератор частоти 1 Гц (змінюється раз на секунду).
3. #FAILURE HORN - вихід, що вмикає сирену.

Коло 4 функційного блока KONVEYOR-1 [FC1] зображене на рисунку 3.8.

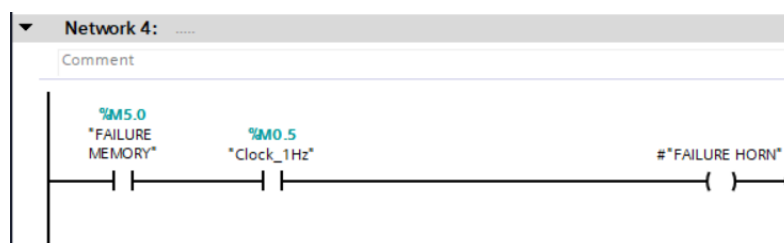


Рисунок 3.8 – Коло 4 функційного блока KONVEYOR-1 [FC1]

Якщо стався перегрів або інша аварія, біт %M5.0 встановлюється в "1". Сигнал %M0.5 генерує імпульси 1 Гц (тобто вмикається/вимикається щосекунди). Коли обидві умови істинні, а саме FAILURE MEMORY = 1 (є аварія) та Clock_1Hz = 1 (у потрібний момент часу), тоді активується вихід #FAILURE HORN.

Сирена подає звуковий сигнал з частотою 1 Гц (вмикання/вимикання через секунду) - це привертає увагу оператора до помилки. Сирена не вимикається автоматично, доки не буде натиснута кнопка RESET, яка скидає %M5.0.

(Clock_1Hz) до змінної "MOVEMENT VALUE" додається число 5, якщо двигун працює вперед і дозвіл на анімацію активний.

Змінна "MOVEMENT VALUE" використовується для графічної анімації руху стрічки конвеєра на екрані панелі оператора SIPLUS HMI KTP700. Чим більше значення змінної "MOVEMENT VALUE", тим далі "рухається" зображення. Це створює ефект безперервного руху при активному двигуні.

Контакт %M30.2 ("MOVEMENTRESET") запобігає накопиченню значення, коли він активний. В колі 3 основного блоку програми роботи автоматизованого пристрою керування конвеєром Main [OB1] реалізований блок, який встановлює MOVEMENTRESET = 1 після досягнення певної межі або при зупинці.

Коло 3 основного блоку програми роботи автоматизованого пристрою керування конвеєром Main [OB1] зображене на рисунку 3.10.

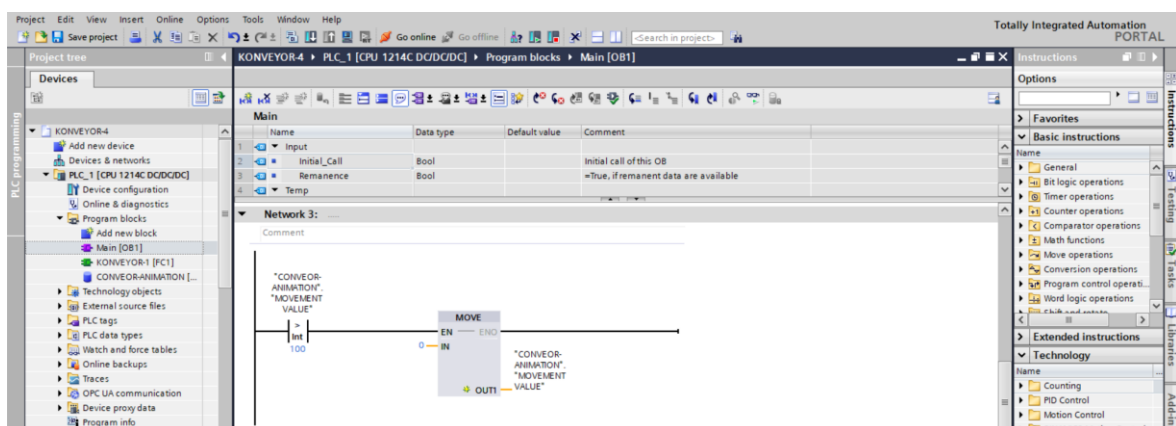


Рисунок 3.10 – Коло 3 основного блоку програми роботи автоматизованого пристрою керування конвеєром Main [OB1]

Коло 3 основного блоку програми роботи автоматизованого пристрою керування конвеєром Main [OB1] виконує обмеження максимального значення змінної MOVEMENT VALUE (рух/анімація конвеєра).

Коло 3 - це циклічний обмежувач (ресеттер), який забезпечує повторне використання "MOVEMENT VALUE" у межах від 0 до 100, щоб забезпечити плавну повторювану анімацію.

Коло 3 необхідне для імітації безперервного руху стрічки конвеєра на екрані панелі оператора SIPLUS HMI KTP700, де значення позиції або зсуву об'єкта оновлюється по колу та не виходить за межі.

Це простий механізм для реалізації циклічної анімації. В колі 2 основного блоку програми роботи автоматизованого пристрою керування конвеєром Main [OB1] значення змінної "MOVEMENT VALUE" збільшується на 5 кожену секунду.

Коли значення змінної "MOVEMENT VALUE" перевищує 100, тоді коло 3 скидає його в 0. В результаті змінна "MOVEMENT VALUE" циклічно змінюється від 0 до 100.

У колі 3 використовується блок "KONVEOR-ANIMATION". "MOVEMENT VALUE" > 100. Якщо значення лічильника (що зростає у попередньому колі 2) перевищує 100, тоді блок MOVE копіює значення 0 в ту ж змінну "MOVEMENT VALUE". Таким чином, при досягненні або перевищенні значення 100, змінна "MOVEMENT VALUE" скидається в нуль.

Коло 4 основного блоку програми роботи автоматизованого пристрою керування конвеєром Main [OB1] зображене на рисунку 3.11.

Коло 4 відповідає за зменшення значення змінної "MOVEMENT VALUE", коли двигун працює у зворотному напрямку (реверс). Коло 4 забезпечує реверсивну анімацію руху конвеєра, змінюючи значення змінної "MOVEMENT VALUE" у зворотному напрямку, коли працює реверс двигуна.

Для забезпечення реверсивної анімації руху конвеєра необхідно, щоб одночасно виконувались наступні умови.

Сенсорна панель оператора SIPLUS HMI KTP700 дозволяє оператору візуалізувати стан системи, керувати процесом (пуск/стоп, вибір режимів тощо) та отримувати повідомлення про помилки.

Мережевий інтерфейс Profinet/PN використовується для швидкого та надійного обміну даними між панеллю оператора SIPLUS HMI KTP700 та програмованим логічним контролером SIMATIC S7-1200 CPU 1214C.

На рисунку 3.14 зображено вигляд кореневого екрана (Root screen) панелі оператора SIPLUS HMI KTP700, реалізованого у середовищі TIA Portal. Цей екран є центральним інтерфейсом взаємодії оператора з автоматизованим пристроєм керування конвеєром.

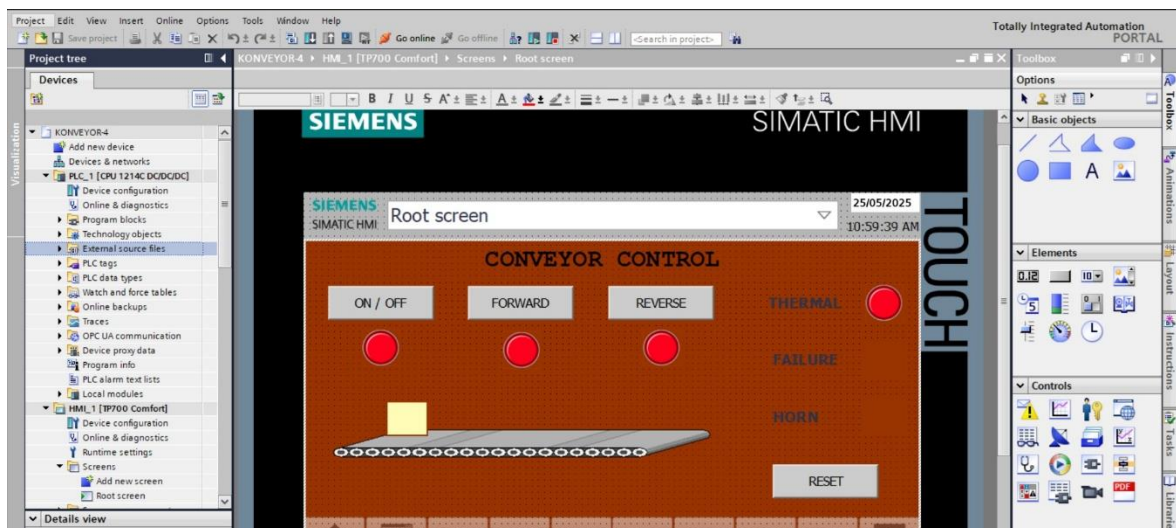


Рисунок 3.14 – Кореневий екран панелі оператора SIPLUS HMI KTP700

Заголовок екрана містить назву CONVEYOR CONTROL і розташований у верхній частині екрана. Заголовок екрана інформує користувача про призначення інтерфейсу.

Кореневий екран панелі оператора SIPLUS HMI KTP700 має чітке розділення функціональних зон.

Кнопки керування конвеєром наступні.

Кнопка ON / OFF виконує вмикання та вимикання пристрою.

Кнопка FORWARD виконує запуск руху конвеєра вперед.

Кнопка REVERSE виконує запуск руху конвеєра у зворотному напрямку.

Кожна кнопка має червоне коло під собою, яке виконує роль індикатора активності відповідного режиму.

Передбачені наступні аварійні індикатори.

Аварійний індикатор THERMAL призначений для відображення стану теплового захисту двигуна (при перегріванні двигуна).

Аварійний індикатор FAILURE здійснює загальну індикацію аварійного стану системи.

Аварійний індикатор HORN сигналізує про спрацювання звукового сигналу. Ці індикатори реалізовані як підписані червоні лампи праворуч від функціональних кнопок.

У нижній частині екрана розміщена анімація конвеєрної стрічки з рухомим прямокутником (умовне позначення об'єкта на стрічці). Ця анімація оновлюється відповідно до змінної MOVEMENT VALUE, створюючи ефект руху.

Кнопка RESET призначена для скидання аварійного стану, очищення пам'яті про помилки (після перегріву) і розташована у нижньому правому куті. У верхньому правому куті екрана виводиться поточна дата і час, що синхронізується з контролером через PROFINET. У верхньому лівому куті екрана виводиться поточна дата і час, що синхронізується з контролером через PROFINET.

Кореневий екран панелі SIPLUS HMI KTP700 створений з урахуванням принципів ергономічності, зрозумілості для оператора та оперативного реагування на події в системі. Він дозволяє здійснювати повне управління конвеєром, відстежувати напрямок його руху, виявляти аварії та проводити їх скидання в реальному часі.

ТІА Portal надає можливість не лише створювати логіку керування, але й здійснювати імітацію роботи системи (PLCSIM), що дозволяє протестувати програму ще до фактичного підключення апаратного забезпечення.

3.3 Висновки до третього розділу

1. Розроблено повноцінну програму керування автоматизованим пристроєм для приводу конвеєра з урахуванням усіх необхідних режимів роботи, аварійних ситуацій та візуалізації процесу. На основі блок-схеми алгоритму функціонування було реалізовано логіку роботи пристрою в середовищі ТІА Portal для контролера Siemens S7-1200 CPU 1214C.

2. Розроблено алгоритм роботи автоматизованого пристрою керування, що охоплює всі основні режими: рух стрічки вперед, назад, зупинка, а також обробка аварій.

3. Створено програмне забезпечення у вигляді структурованих функціональних блоків (FC1) та основної програми (OB1), з чітким поділом логіки за функціональністю: керування двигуном, обробка сигналів аварії, індикація стану та реалізація візуальної анімації.

4. Реалізовано захист обладнання - програма враховує сигнали від теплового реле, аварії запам'ятовуються, сигналізуються лампами та звуковими сигналами з частотою 1 Гц, і можуть бути скинуті лише вручну.

5. Передбачено взаємне блокування напрямків руху, що виключає одночасне вмикання прямого і зворотного напрямку, тим самим забезпечуючи безпеку для електродвигуна і виконавчого механізму.

6. Розроблено інтерфейс для панелі оператора SIPLUS HMI KTP700, що забезпечує зручне керування системою, відображення стану об'єкта, сигналізацію помилок та візуальну індикацію напрямку руху стрічки.

7. Реалізовано візуалізацію руху конвеєра на панелі оператора за допомогою змінної "MOVEMENT VALUE", яка циклічно змінюється відповідно до напрямку обертання двигуна, створюючи ефект безперервного переміщення.

8. Реалізована програма є надійною, функціонально завершеною та придатною до практичного застосування у складі системи автоматизованого керування конвеєром. Структура програми забезпечує гнучкість, розширюваність та простоту обслуговування, що відповідає сучасним вимогам до промислових систем автоматизації.

					КРБАКІТ. 2022116.01.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		56

ВИСНОВКИ

1. Розроблено та обґрунтовано автоматизований пристрій керування конвеєром, який відповідає сучасним вимогам до систем транспортування у промисловості. Робота охоплює як теоретичне обґрунтування технічних рішень, так і практичну реалізацію алгоритмів керування з використанням сучасних засобів автоматизації.

2. Проведено аналітичний огляд літературних джерел і патентної документації, в якому узагальнено еволюцію, класифікацію, технічні особливості та переваги конвеєрних пристроїв у різних галузях промисловості. Визначено ключові принципи побудови сучасних автоматизованих систем транспортування.

3. Розроблено структурну схему системи автоматизованого керування конвеєром, яка включає основні функціональні вузли: ввідно-розподільчий пристрій, частотно-регульований привід, електродвигун, контролер, блок живлення, сенсорні елементи та панель оператора.

4. Здійснено обґрунтований підбір обладнання, яке відповідає завданню на кваліфікаційну роботу бакалавра. Вибрано надійні промислові компоненти від компаній Siemens та ABB, які забезпечують енергоефективність, надійність та відповідність стандартам промислової автоматизації.

5. Розроблено електричну схему керування та силового кола, яка реалізує функцію реверсивного керування асинхронним двигуном. Передбачено елементи ручного керування, захисту від аварійних режимів і аварійної зупинки.

6. Створено програмне забезпечення в середовищі TIA Portal, яке базується на розробленій блок-схемі алгоритму керування. Розроблено таблицю тегів, функціональні блоки з реалізацією логіки прямого і зворотного руху, індикацію аварій, захист і анімацію переміщення.

7. Реалізовано інтерфейс для панелі оператора SIPLUS HMI KTP700, який забезпечує зручне керування системою, інформування про стан об'єкта, виведення повідомлень про помилки та візуалізацію руху стрічки конвеєра.

8. Розроблена програма має гнучку архітектуру, що дозволяє легко адаптувати її під потреби інших конвеєрних систем або розширити функціональність у майбутньому.

9. Загалом, розроблений автоматизований пристрій керування конвеєром демонструє високу функціональність, енергоефективність, надійність та відповідність сучасним вимогам до автоматизованих систем. Отримані результати можуть бути використані як у навчальних цілях, так і для впровадження в реальні виробничі процеси з метою підвищення продуктивності, якості та безпеки праці.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Будова конвеєрного пристрою. URL: <https://spetsbud.vimal.ua/straight-belt-conveyors> (дата звернення: 10.04.2025).
2. Стрічково-конвеєрне обладнання. URL: <https://patents.google.com/patent/US779666A> (дата звернення: 10.04.2025).
3. Deka R. A comprehensive review on mechanical conveyor systems: evolution, types, and applications. International Journal of Natural and Engineering Sciences. 2024. Vol. 18. P. 164-183.
4. Moor B. Belt vs Chain-Slat Bagasse Conveyors for Boiler Feeding. Proc S Afr Sug Technol Ass. 2020. Vol. 74. P. 285-289.
5. Mahmood M.S., Shareef I.R. Applications of artificial intelligence for smart conveyor belt monitoring systems: A comprehensive review. Journal Européen des Systèmes Automatisés. 2024. Vol. 57(4). P. 1195-1206.
6. Льоткові конвеєри. URL: https://fmbulk.com/wp-content/uploads/2021/01/FM_flight_conveyor_UK.pdf (дата звернення: 15.04.2025).
7. Підвісний конвеєр. URL: <https://www.yuandacrane.com/overhead-conveyor-system/Overhead-Monorail-Chain-Conveyor.html> (дата звернення: 15.04.2025).
8. Роликовий конвеєр. URL: <https://www.baoli-hubei.com/roller-conveyor> (дата звернення: 15.04.2025).
9. Вводно-розподільчий пристрій ВРУ-76М-1. URL: <https://avelectric.com.ua/ua/p1126457264-vvodno-raspredelitelnoe-ustrojstvo.html> (дата звернення: 17.05.2025).

10. Автоматичний вимикач Siemens 3RV2011-1JA10. URL: <https://mall.industry.siemens.com/mall/ru/ru/Catalog/product?mlfb=3RV2011-1JA10> (дата звернення: 17.05.2025).
11. Частотний перетворювач ABB ACS150-03E-08A8-4. URL: <https://atmic.ua/uk/chastotnye-preobrazovateli/chastotnii-peretvoryuvach-abb-ac150-03e-08a8-4> (дата звернення: 17.05.2025).
12. Електродвигун ABB M2AA112MB2. URL: <https://luxelectro.com.ua/uk/elektrodvigun-abb-m2aa112mb2-4-kvt-3000-ob-hv-400-415v-690v-y-50-gc-detail.html> (дата звернення: 17.05.2025).
13. SIMATIC S7-1200 CPU 1214C. URL: <https://mall.industry.siemens.com/mall/en/WW/Catalog/Product/6ES7214-1AG40-0XB0> (дата звернення: 17.05.2025).
14. Блок живлення SITOP PSU100L. URL: <https://mall.industry.siemens.com/mall/ru/ru/Catalog/Product/6EP1332-1LB00> (дата звернення: 17.05.2025).
15. Панель оператора SIPLUS HMI KTP700. URL: <https://mall.industry.siemens.com/mall/en/ww/Catalog/Product/?mlfb=6AG1123-2GA03-2AX0> (дата звернення: 17.05.2025).
16. Оптичний датчик QMBONW E3F-DS30C4 NPN NO. URL: <https://cncprom.ua/ua/p949920264-opticheskij-datchik-qmbonw.html> (дата звернення: 19.05.2025).
17. Контактор Siemens 3RT2026-1BB41. URL: <https://europromtrading.com.ua/3rt2026-1bb44-siemens> (дата звернення: 19.05.2025).
18. Червона кнопка STOP Siemens 3SU1050-0AB20-0AA0. URL:

Instructions. 2022. URL: <https://support.industry.siemens.com> (дата звернення: 20.05.2025).

28. Siemens.PS307 Power Supply 24V/5A. Product Manual. 2021. URL: <https://mall.industry.siemens.com> (дата звернення: 20.05.2025).

29. Siemens. SIMATIC HMI Panels. Configuration Manual. 2023. URL: <https://support.industry.siemens.com> (дата звернення: 20.05.2025).

30. Temposonics. R-Series V Position Sensor. PROFINET Manual. 2023. URL: <https://www.temposonics.com> (дата звернення: 20.05.2025).

31. Balluff. Magnetostrictive Linear Sensors BTL7. Datasheet. 2022. URL: <https://www.balluff.com> (дата звернення: 21.05.2025).

32. Siemens. Inductive Sensor 3RG4041-6KD00. Product Manual. 2023. URL: <https://mall.industry.siemens.com> (дата звернення: 21.05.2025).

33. Siemens. Absolute Encoder 6FX2001-5FN25. Product Overview. 2023. URL: <https://mall.industry.siemens.com> (дата звернення: 21.05.2025).

34. Siemens. SIMATIC S7-300 Automation System. System Manual. 2022. URL: <https://support.industry.siemens.com> (дата звернення: 21.05.2025).

35. Rezaeian M., Aghaei M. Development of a sensor-based sun tracking system. Solar Energy. 2020. Vol. 206. P. 813-820.

36. Lovegrove K., Stein W. Concentrating Solar Power Technology. Woodhead Publishing. 2021. 792 p.

37. Kalogirou S.A. Solar Energy Engineering. Processes and Systems. Academic Press. 2020. 840 p.

38. Duffie J.A., Beckman W.A. Solar Engineering of Thermal Processes. Wiley. 2013. 936 p.

39. Botros A. et al. Development of hybrid sun tracking system for parabolic concentrator. Journal of Cleaner Production. 2022. Vol. 331. P. 129973.
40. Rajagopalan P. Dust effect on solar concentrators: a review. Solar Energy. 2021. Vol. 218. P. 370-385.

					КРБАКІТ. 2022116.01.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		63

ДОДАТКИ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник Бутенко Сергій Петрович

Тема: Автоматизований пристрій керування конвеєром

Спеціальність: 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Обсяг кваліфікаційної роботи:

Кількість сторінок записки 63

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень: Метою роботи є розробка автоматизованого пристрою керування конвеєром, що забезпечує ефективно та точно управління рухом конвеєрної стрічки в реальному часі, шляхом створення алгоритму взаємодії програмованого логічного контролера з електроприводом на основі двигуна постійного струму.

2. Висновок про відповідність роботи дипломному завданню: Робота повністю відповідає поставленому завданню

3. Характеристика виконання кожного розділу, ступінь використання останніх досягнень науки і техніки і передових методів роботи: У першому розділі розглянуто особливості автоматизованого пристрою керування конвеєром, автоматизований процес керування конвеєром. У другому розроблено структурну схему системи керування, в якій відображено взаємозв'язки між джерелом живлення, частотним перетворювачем, електродвигуном, ПЛК, НМІ-панеллю та датчиками. У третьому розділі розроблено програмне забезпечення для програмованого логічного контролера Siemens S7-1200 у середовищі TIA Portal. Реалізовано логіку автоматизованого керування, алгоритми безпеки та візуалізацію на сенсорній панелі оператора.

4. Позитивні сторони роботи: Розроблений автоматизований пристрій керування конвеєром має високу функціональність, енергоефективність, надійність та відповідність сучасним вимогам до автоматизованих систем.

5. Негативні сторони роботи: не виконано порівняння розробленого автоматизованого пристрою керування конвеєром із відомими автоматизованими пристроями керування конвеєрами.

6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки роботи: Пояснювальна записка оформлена коректно, згідно діючих стандартів оформлення документації

7. Відгук про роботу в цілому: Робота виконана на належному технічному рівні.

8. Інші зауваження: відсутні

9. Оцінка дипломної роботи: добре (4,00/С)

Рецензент (прізвище, ім'я, по батькові, посада, місце роботи)

Кабозь Юрій Павлович, к.т.н, зав. кафедрою
Кібербезпеки ХНУ

“ 18 ” 06 2025 р.

 (підпис)

Завідувачу кафедри АКІТтаР
д-ру техн.наук, проф. Мартинюку В.В.

Бугенка С. П.

ІІБ здобувача вищої освіти

ФІТ, 3 курс, групи АКІТс-22-1

ЗАЯВА

З правилами чинного Положення «Про систему забезпечення академічної доброчесності у Хмельницькому національному університеті» від 01.07.2022, згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений (а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на наявність плагіату ознайомлений(а) та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (StrikePlagiarism та Anti-Plagiarism) та використання роботи для виявлення плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота для перевірки університетом надається в друкованому та електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.



дата



підпис

Anti-Plagiarism (UA) v-15.281 Educational

The maximum coincidence with one document 4.0%

Dictionaries check: en_US, ru_RU, ua_UA. Errors in the documents: 9%

ID: 246022 Title: БКР Автоматизований пристрій керування конвеєром Added in a DB: 2025-06-16 Authors: Сергій БУТЕНКО Heads: Валерій МАРТИНЮК Consultants: Opponents:	Document		Sum coincidence on the DB	
	Symbols	Lexemes	Symbols	Lexemes
	57529	911	3028 (5%)	38 (4%)

Plagiarism sources

ID	Description	Plagiarism presence in the document	
		Symbols	Lexemes

Протокол аналізу звіту подібності експертом

Заявляю, що я ознайомився (-лась) з Повним звітом подібності, який був згенерований Системою виявлення і запобігання плагіату щодо роботи:

Автор: Сергій БУТЕНКО

Співавтор:

Назва: Бутенко на антиплагіат

Експерт:

Підрозділ: Кафедра автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки

Коефіцієнт подібності 1: 5.1%

Коефіцієнт подібності 2: 0.9%

Мікропробіли: 0

Заміна букв: 0

Інтервали: 0

Білі знаки: 2

Дата створення звіту: 2025-06-16 12:27:49.0

Після аналізу Звіту подібності констатую наступне:

Запозичення, виявлені в роботі є законними і не є плагіатом. Рівень подібності не перевищує допустимої межі. Таким чином робота незалежна і приймається.

Запозичення не є плагіатом, але перевищено граничне значення рівня подібностей. Таким чином робота повертається на доопрацювання.

Виявлено запозичення і плагіат або навмисні текстові спотворення (маніпуляції), як передбачувані спроби укриття плагіату, які роблять роботу невідповідною вимогам законодавства (Ст. 32. ЗУ Про вищу освіту, пункт 3.1, Ст. 42. ЗУ Про освіту) та вимог НАЗЯВО (Критерій 5), а також кодексу етики і процедурам. Таким чином робота не приймається.

Обґрунтування:

2025-06-16


Доцент Микола Федула

Дата

експерт

РІШЕННЯ ЕКСПЕРНОЇ КОМІСІЇ
КАФЕДРИ АВТОМАТИЗАЦІЇ, КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА
РОБОТОТЕХНІКИ
ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Підтверджуємо ознайомлення з результатом звіту подібності щодо роботи, генерованого системою виявлення текстових збігів/ідентичності/схожості:

Назва: Автоматизований пристрій керування конвеєром

Автор: Бутенко Сергій Петрович

Спеціальність: 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Освітня програма: Освітньо-професійна програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Науковий керівник: Мартинюк Валерій Володимирович, доктор технічних наук, професор

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом. Робота приймається до захисту.	відповідає
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована. Відкоригований варіант має бути поданий на кафедру за 2 дні до захисту, разом із заявою щодо самостійності виконання письмової роботи та ідентичності друкованої й електронної версії роботи	
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. В зв'язку з цим мета роботи та поставлені завдання не були досягнені. Робота може бути допущена до захисту (наступного року) після того, як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	
5	Інше:	

Підтвердження:

Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом, оскільки:

1) у тексті кваліфікаційної роботи системами перевірки на плагіат виявлено схожість з деякими документами в частині загальноновживаних обов'язкових словосполучень у стандартних бланках (титулка, відомість документів), у структурі змісту, назвах розділів/підрозділів тощо, у назвах публікацій у переліку джерел посилання;

2) усі запозичення є фрагментарними або мають належним чином оформленні посилання;

3) виявлені модифікації тексту не впливають на відсоток схожості.

Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів ідентичності/схожості, складає 5,1% і адресується до 13 джерел, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру теми і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

Завідувач кафедри

Гарант освітньої програми

Керівник кваліфікаційної роботи



Валерій МАРТИНЮК

Юрій ФОРКУН

Валерій МАРТИНЮК