

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

«Комп'ютерних наук і технологій»
(повне найменування факультету)
«Комп'ютерні системи та мережі»
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка
до дипломного проєкту

Бакалавр

(ступінь вищої освіти)

на тему «Розробка системи автоматного керування
конвеєром»

(назва теми)

Виконав: студент(ка) 4 курсу, групи КНТ 519

Спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія»
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)
«Комп'ютерна інженерія»

ДЕМЧАН Д. С.

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

Керівник ГРУШКО С. С.
(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

Рецензент ЄФИМЕНКО М. В.
(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Факультет Комп'ютерних наук і технологій
Кафедра «Комп'ютерні системи та мережі»
Ступінь вищої освіти бакалаврський
Спеціальність 123 Комп'ютерна інженерія
(код і найменування)
Освітня програма (спеціалізація) «Комп'ютерна інженерія»
(назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Кудерметов Р.К.

« » 2023 року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ СТУДЕНТА

ДЕМЧАН Дмитро Сергійович

(ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту Розробка системи автоматного керування конвеєром

керівник проєкту к.т.н., доцент ГРУШКО Світлана Сергіївна,
(науковий ступінь, вчене звання, ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «24» березня 2023 року № 71

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 25 травня 2023 року

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) тип конвеєра, принцип керування конвеєром

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1) Теоретична частина

2) Аналіз існуючих систем керування конвеєрами

3) Розробка ситеми керування конвеєром на основі цифрового автомату

4) Експериментальна частина

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

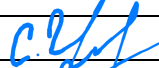
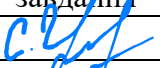
ПЛ1 Математична модель автоматичного управління конвеєром

ПЛ2 Структурна схема системи автоматного керування

ПЛ3 Схема системи автоматного керування конвеєром

ПЛ4 Часова діаграма системи автоматного керування конвеєром

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	ПРИЗВИЩЕ, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1-4	к.т.н., доцент ГРУШКО С. С.		
1-4	ЩЕРБАК Н.В.		

7. Дата видачі завдання « 2 » березня 2023 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Надання теми ДРБ	01.03.23 р.	
2	Затвердження «Технічного завдання» на ДРБ	12.03.23 р.	
3	Проходження переддипломної практики(в умовах карантину всі проходять практику на кафедрі КСМ під безпосереднім керівництвом ДРБ)	З 05.04.23 р. до 25.04.23 р.	
	Захист звіту з переддипломної практики	До 30.04.23 р.	
4	Розробка та оформлення ПЗ ДРБ	До 17.05.23 р.	
5	Проходження нормконтролю	До 17.05.23 р.	
6	Перевірка на наявність академічного плагіату	До 25.05.23 р.	
7	Рецензування ДРБ	До 25.05.23р	
8	Захист ДРБ	З 25.05.23 р. до 10.06.23 р.	

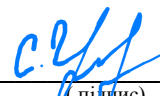
Студент


(підпис)

Дмитро ДЕМЧАН

(Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

Керівник проєкту (роботи)


(підпис)

Світлана ГРУШКО

(Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 42 с., 11 рис., 2 табл., 11 джерел.

АВТОМАТИЗАЦІЯ, КОНВЕЄР, СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ, ЦИФРОВІ АВТОМАТИ

Об'єкт розробки – система автоматного керування конвеєром.

Метою роботи є розробка системи автоматного керування конвеєром, проведення аналізу існуючих систем керування конвеєрами. Проект складається з чотирьох розділів.

Перший розділ присвячено конвеєрам, цифровим автоматам та їх різновидам. Проводиться детальний огляд систем автоматного керування та їх основні складові.

У другому розділі проводиться детальний аналіз існуючих систем керування конвеєрами та опис технічних характеристик, переваг і недоліків різних систем керування.

Третій розділ присвячено моделюванню системи керування конвеєром на основі цифрового автомату і мови VHDL.

В четвертому розділі проводиться детальний аналіз системи автоматного керування. В кінці розділу надано рекомендації щодо вибору ПЛІС для реалізації системи автоматного керування конвеєром .

В результаті виконання дипломної роботи проведено аналіз, моделювання та дослідження розроблюваної системи автоматного керування конвеєром та розглянуті перспективи розвитку автоматизації в різних галузях.

ЗМІСТ

Перелік скорочень та умовних позначень	7
Вступ.....	8
1. Теоретична частина.....	9
1.1 Опис конвеєрів та їх різновидів.....	9
1.1.1 Транспортні конвеєри	9
1.1.2 Технологічні конвеєри	9
1.1.3 Стрічкові конвеєри	10
1.1.4 Горизонтальні стрічкові конвеєри.....	10
1.1.5 Вертикальні стрічкові конвеєри	11
1.1.6 Жолобчасті стрічкові конвеєри	12
1.1.7 Поворотні стрічкові конвеєри.....	12
1.1.8 Пересувні стрічкові конвеєри	13
1.1.9 Крокуючий конвеєр.....	14
1.2 Огляд систем автоматного керування та їх основні складові.....	15
1.3 Вивчення сучасних методів автоматизації конвеєрів	17
1.4 Опис цифрових автоматів та їх особливості в контексті керування конвеєром	25
2. Аналіз існуючих систем керування конвеєром	29
2.1 Опис технічних характеристик та переваг і недоліків різних систем керування.....	29
2.2 Визначення основних вимог до системи керування конвеєром для розв'язання поставленої задачі	31
3. Розробка системи керування конвеєром на основі цифрового автомату.....	33
3.1 Проектування системи керування з використанням цифрового автомату	33
3.2 Розробка системи керування конвеєром на основі цифрового автомату.....	37
3.3 Відладка системи керування та перевірка її роботи на різних режимах.....	44
3.4 Опис інтегральних схем та їх різновидів	46

3.5 Засоби програмування ПЛІС	49
3.6 Різновиди і характеристики ПЛІС	50
4. Експериментальна частина	55
4.1 Аналіз результатів експерименту та оцінка ефективності системи керування на основі цифрового автомату	55
4.2 Реалізація системи автоматного керування конвеєром на основі програмованої логічної інтегральної схеми	58
Висновки	60
Перелік джерел посилання	61

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

VHDL – Hardware Description Language;

ЦА – цифровий автомат;

ПЛІС – програмована логічна інтегральна схема;

САКК – система автоматного керування конвеєром;

САК – система автоматного керування;

БК – блок керування;

АСУ – автоматизована система управління;

КП – керуючі пристрої;

БМК - базові матричні кристали;

ІС - інтегральні схеми;

ПАІС - програмовані аналогові та аналого-цифрові інтегральні схеми;

БВВ - блоки введення/виведення;

GAL - Generic Array Logic;

PAL - Programmable Array Logic;

CPLD - Complex Programmable Logic Device;

FPGA – field-programmable gate array.

ВСТУП

Розробка системи автоматного керування конвеєром є дуже актуальною в сучасному промисловому виробництві. Це пов'язано з тим, що автоматизація процесів перевезення вантажів на конвеєрах дозволяє підвищити продуктивність та ефективність роботи, зменшити кількість помилок та витрат матеріалів і енергії.

САКК(система автоматного керування конвеєром) може містити різні компоненти, такі як датчики для вимірювання розміру та маси вантажу, пристрої для сортування, системи контролю швидкості та напруги, програмне забезпечення для управління процесами та інше. Всі ці компоненти дозволяють створити повністю автоматизовану систему керування конвеєром, яка забезпечує точне та швидке переміщення вантажу без участі людей.

Окрім підвищення продуктивності та ефективності роботи, система автоматного керування конвеєром також допомагає зменшити ризик виникнення аварій та нещасних випадків на виробництві, що забезпечує більш безпечні умови праці. Таким чином, розробка системи автоматного керування конвеєром є важливим кроком у напрямку покращення промислового виробництва та забезпечення безпеки працівників. Одним з головних переваг автоматизованої системи керування конвеєром є можливість точного контролю швидкості транспортування матеріалів. Це дозволяє зменшити витрати енергії та матеріалів, а також покращити якість продукції. Крім того, автоматизована система може виявляти та усувати помилки, що дозволяє зменшити відходи та збільшити продуктивність виробництва. Загалом, розробка автоматизованої системи керування конвеєром є важливим кроком у напрямку покращення промислового виробництва та забезпечення безпеки працівників. Ця технологія дозволяє збільшити продуктивність та ефективність виробництва, зменшити відходи та помилки, а також забезпечити безпечніші умови праці

1 ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Опис конвеєрів та їх різновидів

Конвеєр та транспортер – це машини, які призначені для постійного перевезення різних видів вантажів, таких як корисні копалини, породи, будівельні і т.д. Вони широко застосовуються в кар'єрах, на збагачувальних фабриках. У сучасному серійному виробництві конвеєр є необхідним складським устаткуванням, особливо в галузях, де потрібно переміщати сипучі, кускові або штучні вантажі. Це обладнання застосовується практично скрізь – на заводах, в портах та в інших промислових сферах. Класифікація конвеєрів дуже велика і залежить від типу вантажу, його розміру та функцій, таких як транспортування чи сортування.

Кожен тип конвеєра має свої переваги та недоліки, і вибір конвеєра залежить від потреб виробництва та характеру переміщуваних матеріалів.

1.1.1 Транспортні конвеєри

Транспортні конвеєри призначені для транспортування вантажів від пунктів відправлення до пункту призначення, а технологічні конвеєри — для переміщення вантажів вздовж потокової лінії. За призначенням розділяють конвеєрний транспорт:

- внутрішньо цеховий – призначений для транспортування вантажів у цеху між відділеннями, внутрішніми складами, окремими агрегатними і робочими місцями;
- міжцеховий – забезпечує перевезення вантажів між цехами, а також для вивезення продукції цеху;
- зовнішній – служить для доставки вантажів до підприємства і для вивозу його готової продукції.

1.1.2 Технологічні конвеєри

Технологічний конвеєр - це система, що використовується в промисловості для автоматизованого переміщення виробів або матеріалів через різні етапи

виробничого процесу. Такі конвеєри можуть бути механічними, електричними або гібридними, і вони дозволяють підвищити продуктивність, знизити витрати і покращити якість виробництва.

Основна мета технологічних конвеєрів - це забезпечити безперервний рух виробів або матеріалів від одного робочого місця до іншого, мінімізуючи необхідність вручну переміщувати або транспортувати їх. Вони дозволяють автоматизувати процеси маніпулювання, монтажу, обробки, упаковки і транспортування виробів.

Технологічні конвеєри можуть бути реалізовані у різних формах, таких як рухомі стрічки, рольганги, ланцюгові або ленточні системи. Вони можуть мати різні типи приводу, такі як електричний, гідравлічний або пневматичний, і керуватися за допомогою програмованої логіки або комп'ютерних систем.

1.1.3 Стрічкові конвеєри

При транспортуванні дрібно кускових вантажів швидкість руху конвеєрів загального призначення може бути прийнята 3,15 – 4 м/с. Стаціонарні конвеєри (стрічкові) загального призначення використовуються для перевезення вантажів в різних галузях промисловості. Стрічкові конвеєри важкого типу використовуються для перевезення сипучих і шматкових матеріалів з насипною щільністю 1.6 – 3.5 т/м³ з максимальним розміром шматків до 400 мм. У горизонтальному і похилому напрямкові. Стрічкові конвеєри у складі роторних комплексів використовуються для транспортування порід і сипучих матеріалів при відкритому способі видобутку. Стрічкові транспортери використовуються для транспортування будь-яких вантажів: ящиків, коробок, мішків, піску, зерна т. Ін. Тому обладнання підбирається з урахуванням габаритів і ваги продукції, а також завдання. Найбільш поширеними є конвеєри: горизонтальні (прямі); похилі; вертикальні; жолобчаті; поворотні; пересувні; змішаного типу; телескопічні.

1.1.4 Горизонтальні стрічкові конвеєри

Горизонтальні стрічкові конвеєри є одним із типів конвеєрних систем, які використовуються для пересування матеріалів, виробів або вантажу по горизонталі. Вони складаються з горизонтально розташованої стрічки, яка

рухається вздовж лінії перенесення. Горизонтальні стрічкові конвеєри широко застосовуються в різних промислових секторах, таких як виробництво, складське господарство, логістика, гірництво тощо. Вони дозволяють ефективно переносити великі обсяги матеріалів на відстані, зменшують необхідність у ручній праці.

В основі горизонтальних (прямих) стрічкових конвеєрів лежить гнучка нескінченна стрічка, робоча і холоста гілки якої підтримуються роликоопорами. Рух стрічки забезпечується за рахунок приводного барабана, а її натяг за рахунок натяжного барабана. Горизонтальний стрічковий конвеєр є найбільш поширеним видом обладнання завдяки своїй універсальності. Його можна застосовувати для транспортування штучної, кускової та сипучої продукції. Він підходить для сортувальних ліній, а також для організації роботи на складах і базах. Працювати з ним дуже просто.

Основні компоненти горизонтального стрічкового конвеєра включають:

- стрічка: це гумова або текстильна стрічка, яка служить основним засобом перенесення матеріалів. Вона може бути виготовлена з різних матеріалів залежно від типу транспортованого вантажу і умов експлуатації.
- привід: використовується для приведення стрічки в рух. Це може бути електромотор, гідромотор або пневматична система, залежно від потреби.
- барабани: барабани встановлюються на кінцях стрічки і служать для її підтримки і натягу. Привідний барабан забезпечує рух стрічки, а роликовий барабан або направляючі барабани служать для зміни напрямку руху стрічки.
- рама: рама підтримує стрічку і інші компоненти конвеєра. Вона може бути виготовлена з металу або інших матеріалів і має стійку конструкцію, щоб витримувати вантаж і забезпечувати стабільність системи.

1.1.5 Вертикальні стрічкові конвеєри

Вертикальні стрічкові конвеєри використовуються для підйому або спуску ящиків, коробок та інших вантажів з одного рівня на інший. І при цьому – з високою пропускною спроможністю і швидкістю. На відміну від похилого обладнання такі моделі займають небагато місця і дозволяють швидше транспортувати продукцію до потрібної точки. Принцип роботи: стрічка

складається з секцій тонких металевих пластин довжиною у розмір ящика, який транспортується; у верхній точці вона розбивається на горизонтальні транспортуючі униз площадки за рахунок 2-х ланцюгів (чіпляють її спереду й ззаду), а унизу знову перетворюється на вертикальну стрічку та йде уверх.

Основними перевагами вертикальних стрічкових конвеєрів є:

- ефективне використання простору: Вертикальні конвеєри дозволяють транспортувати матеріали вгору або вниз, мінімізуючи потребу у великій площі.
- збереження енергії: Вертикальні конвеєри можуть використовувати гравітацію для переміщення матеріалів вниз, що зменшує енергозатрати.
- можливість переміщення великих об'ємів: Вертикальні стрічкові конвеєри дозволяють транспортувати великі об'єми товарів або виробів, що є корисним у важкій промисловості, такій як гірничо-металургійна галузь або будівельна галузь.
- автоматизація: Вертикальні конвеєри можуть бути легко інтегровані з автоматизованими системами, що дозволяє автоматизувати процес транспортування матеріалів.

1.1.6 Жолобчасті стрічкові конвеєри

Жолобчасті стрічкові конвеєри - це системи транспортування, що використовуються для переміщення матеріалів, виробів або предметів за допомогою стрічки з виступами або жолобцями. Основним елементом жолобчастого стрічкового конвеєра є стрічка, яка зазвичай виготовлена з гуми або спеціального полімерного матеріалу. На цій стрічці розміщені жолобці або виступи, які створюють жолобчасту структуру. Це дозволяє утримувати матеріали на стрічці та запобігати їх зсуванню під час переміщення

В якості основи стрічки такого транспортера використовується жолобчата роликів опора, виготовлена з алюмінієвого або сталевих профілю.

1.1.7 Поворотні стрічкові конвеєри

Поворотні стрічкові конвеєри - це системи транспортування, які використовуються для переміщення матеріалів або виробів по лінії виробництва.

Вони включають горизонтальні стрічки, які можуть обертатися навколо вертикальних осей.

Основним принципом роботи поворотного стрічкового конвеєра є здатність горизонтальних стрічок обертатися, що дозволяє змінювати напрямок руху матеріалів або виробів. Конвеєр може бути налаштований на рух у будь-якому напрямку - вліво, вправо або по діагоналі.

Такий тип конвеєра використовується в різних галузях промисловості, де необхідно змінювати напрямок руху матеріалів або виробів без переривання процесу виробництва. Наприклад, поворотні стрічкові конвеєри широко використовуються в продуктивній промисловості для переміщення продуктів на різні стадії виробництва або для забезпечення їх подачі на упаковку або маркування. Широко поширені поворотні стрічкові конвеєри. Основна їхня відмінність полягає в можливості змінювати напрямок подачі продукції. Тобто, конвеєрна стрічка може огинати кути, повертати в інші приміщення, робити розворот на 180 градусів, подавати вантажі на іншу платформу.

1.1.8 Пересувні стрічкові конвеєри

Пересувний стрічковий транспортер (він же переносний або мобільний) – ще один популярний на сьогодні вид даної техніки. Оснащений спеціальними колесами, що робить його ефективним пристроєм для транспортування вантажів. Адже його можна встановлювати в будь-якому місці, переміщаючи по периметру складу. А ще пересувний стрічковий конвеєр можна використовувати для завантаження, розвантаження продукції безпосередньо з транспорту для цього достатньо лише встановити обладнання біля машини. Сфера застосування такої моделі не обмежена: вона здатна транспортувати будь-які види вантажів (кускові, сипучі, штучні). Можна регулювати рукояткою висоту підймання або опускання (трикутник складається та розкладається). Стрічкові транспортери змішаного типу: Змішаний тип по суті являє собою комбінацію всіх вище перелічених видів складського обладнання. Наприклад, для складських приміщень з обмеженим простором, де немає можливості встановити прямі або похилі моделі, встановлюються Z-образні або L-образні конвеєри. Як ви вже могли здогадатися,

вони поєднують в собі відразу 2 види: горизонтальний і вертикальний. За бажанням замовника виготовляються транспортери різноманітних конструкцій: горизонтальні пересувні, похилі жолобчастого типу (для транспортування зерна).

1.1.9 Крокуючий конвеєр

Крокуючий конвеєр - це система транспортування, що використовує механізм крокування для переміщення вантажів поступово крок за кроком.

Традиційно крокуючі конвеєри використовуються в автоматизованих виробничих процесах, де необхідно точне позиціонування вантажу на кожному кроці. Вони можуть бути використані для переміщення виробів або матеріалів по лінії виробництва, проходячи через різні етапи обробки, обладнані робочими станціями або машинами.

Крокуючий конвеєр складається з ряду платформ або ланок, які здатні крокувати або переміщатись вздовж лінії виробництва. Кожна ланка має механізм крокування, що дозволяє їй рухатись вперед або зупинятись точно на встановленій позиції. Цей механізм може бути електричним, гідравлічним або пневматичним, залежно від конкретних потреб і можливостей виробництва.

Крокуючі конвеєри зазвичай керуються комп'ютерними системами або програмованими контролерами, які забезпечують точне позиціонування кожної ланки і синхронізацію руху всієї системи. Це дозволяє досягти високої точності та ефективності виробничого процесу. Ці конвеєри є пульсуючими і були розроблені для збирання верстатів і машин. Також створено крокуючі конвеєри для збирання, заливання ливарних форм, фарбування та сушіння виробів. Крокуючий конвеєр складається з нерухомої рами, рухомої рами, підйомників та приводу. Підйомники можуть бути гідравлічними або ексцентриковими з гідроприводом. Рухома рама переміщується циклічно, збираючи вироби на кожній робочій позиції. Привод вмикається для переміщення рухомої рами на наступну робочу позицію, де виріб опускається на нерухому раму.

1.2 Огляд систем автоматного керування та їх основні складові

Система автоматного керування(САК) – сукупність об'єкта управління (робочої машини, механізму) і з'єднаних певним чином елементів, взаємодією яких забезпечується вирішення поставленого завдання управління об'єктом. Основними елементами система автоматного керування є: об'єкт керування; вимірювальний чи чутливий елемент; керуючий елемент; виконуючий елемент. Вимірювальний (чутливий) елемент фіксує зміни початкового (регульованого) значення об'єкта і в багатьох випадках перетворює його в значення іншого роду. Як чутливі елементи САК часто використовують датчики, які перетворюють неелектричні величини (швидкість, тиск, силу, момент тощо) в електричні. (опір: активний, індуктивний, ємнісний; постійна або змінна напруга, струм, частота, фаза тощо). Розрізняють датчики активного опору, індуктивні, ємнісні, а також датчики напруги, струму, швидкості, тиску, моменту та ін. Елемент управління отримує інформацію від чутливого елемента і формує потрібний сигнал для виконавчого елемента. Часто він виконує функції підсилювача. Основні підсилювачів: напівпровідникові, електромеханічні, магнітні, електронні, електронні. Серед неелектричних найбільш поширені гідравлічні та пневматичні підсилювачі. Як приклад розглянемо формування сигналу за допомогою електромеханічних або магнітних підсилювачів, у яких сигнал формується за допомогою обмоток керування. При цьому фактичне значення у вигляді напруги (струму) від чутливого елемента подається на одну з обмоток керування, яка формує відповідний магнітний потік, пропорційний дійсному значенню регульованої величини x_d . Друга обмотка (задача) формує зустрічний магнітний потік, пропорційний значенню регульованої змінної x_3 .

Для керування конвеєрами та іншими промисловими використовуються цифрові автомати. Це електронні пристрої, які призначені для автоматного керування технологічними. Вони можуть працювати в різних режимах, включаючи автоматичний, напівавтоматичний та ручний.

Основні складові систем автоматичного керування включають в себе датчики, контролери, приводи та інтерфейси з оператором. Датчики вимірюють фізичні параметри, такі як температура, тиск, швидкість руху тощо. Контролери обробляють ці дані та видають команди приводам для керування. Приводи забезпечують рух обладнання та виробів на конвеєрі. Інтерфейси з оператором дозволяють змінювати параметри та контролювати його стан.

Виконуючий елемент забезпечує потрібний режим роботи керуючих органів об'єкта. Залежно від технологічних особливостей об'єкта керування виконуючим елементом можуть бути різного роду серводвигуни обертового або поступального руху, що діють на відповідні технологічні регулюючі пристрої засувки трубопроводів подачі стисненого повітря, пари, води, ручки керування, перемикачі швидкості та ін. Крім згаданих основних елементів, до САК можуть входити й інші, які виконують функції проміжних перетворювачів, підсилювачів тощо. Якщо всі елементи САК позначити прямокутниками, розмістивши їх у послідовності, що відповідає їх взаємодії, а напрям цієї взаємодії вказати стрілками, то дістанемо функціональну схему САК. Якщо на функціональній схемі відобразити характеристики (рівняння, криві залежності вихідних параметрів від часу), що визначають динамічні властивості елементів системи, то дістанемо так звану структурну схему САК. Елементи відповідних схем наазивають ланками. Треба мати на увазі, що іноді, для зручності математичного описання динамічних процесів, можна об'єднувати частини деяких фізичних елементів в окрему ланку структурної схеми. Виконуючий елемент забезпечує необхідний режим роботи органів управління об'єкта. Залежно від технологічних особливостей об'єкта керування виконавчим елементом можуть бути різного типу серводвигуни обертового або поступального руху, що діють на відповідні технологічні регулюючі пристрої, такі як вентиля трубопроводів стисненого повітря, пари, рукоятки керування, перемикачі швидкостей тощо. Крім перерахованих вище основних елементів, до складу САК можуть входити й інші, які виконують роль проміжних перетворювачів, підсилювачів тощо. Якщо всі елементи САК позначити прямокутниками, розміщеними в послідовності, що відповідає їх

взаємодії, а напрямок цієї взаємодії вказати стрілками, то отримаємо функціональну схему САК. Якщо на функціональній схемі відобразити характеристики (рівняння, криві залежності вихідних параметрів від часу), що визначають динамічні властивості елементів системи, отримаємо так звану структурну схему САК. Елементи відповідних схем називаються ланками. Слід мати на увазі, що іноді для зручності математичного опису динамічних процесів можна об'єднувати частини деяких фізичних елементів в окрему ланку структурної схеми елементів системи, то отримаємо так звану структурну схему САК. Елементи відповідних схем називаються ланками. Слід мати на увазі, що іноді для зручності математичного опису динамічних процесів можна об'єднувати частини деяких фізичних елементів в окрему ланку структурної схеми.

Усі ці компоненти працюють разом, щоб забезпечити ефективне та безпечне виробництво. Системи автоматичного керування дозволяють підвищити продуктивність та якість виробництва, знизити витрати та забезпечити безпеку праці.

1.3 Вивчення сучасних методів автоматизації конвеєрів

Головним завданням рудникового транспорту є переміщення добутої сипучих матеріалів з вибоїв до ствола шахти під землею та до місця відвантаження на поверхні. Тому на кожному гірничому підприємстві використовують два види транспорту: наземний і підземний. Основна частина транспортних операцій виконується підземним транспортом. Можливі додаткові завдання рудникового транспорту: переміщення до ствола, тобто до місць закладки у вироблений простір породи; транспортування від ствола до вибоїв закладних матеріалів (у випадку роботи із закладкою); перевезення від ствола до вибоїв і від вибоїв до ствола людей, устаткування, кріпильних та інших матеріалів. На багатьох гірничих підприємствах основним видом транспорту є конвеєрний, який має

високі експлуатаційні якості, більший діапазон продуктивності при відносній простоті конструктивного виконання. До його складу входять стрічкові й скребкові конвеєри. Конвеєрні схеми транспорту – найбільш прогресивні. На даний час у більшості проектів нових шахт, а також при підготовці нових горизонтів на діючих шахтах передбачають транспортування вугілля від очисних вибоїв до приствольного двору або до поверхні шахти за допомогою конвеєрів. У цей час на шахтах України експлуатується більше 8000 конвеєрів, з яких 54% становлять скребкові конвеєри і 46% – стрічкові. Максимальна кількість визначається складною гіпсометрією залягання шарів у вугільних, що не дозволяє витримувати прямолінійність виробки на великій довжині. Отже, через певні відстані необхідно робити повороти конвеєрної лінії, тому конвеєрний постав має невелику середньостатистичну довжину. Аналіз конвеєрного парку показав, що більшість конвеєрів (скребкових і стрічкових) є однопривідними й оснащені двигунами невеликої потужності. Для скребкових конвеєрів потужність таких приводів становить 45 – 55, а для стрічкових – 75 – 100 кВт. Магістральні конвеєри мають понад дві привідні станції, і їх загальна потужність може доходити до 750 кВт. Конвеєрну лінію можна визначити як технологічну поточно-транспортну схему, яка складається з двох і більше послідовно розташованих конвеєрів, за допомогою яких проводиться переміщення добути сипучі матеріали. Нерозгалужена конвеєрна лінія – це однопотокова лінія, у якій вантаж на кожний наступний конвеєр надходить тільки від одного попереднього. Розгалужена – це багатопотокова лінія, що складається з відгалужень і збірної магістральної частини. Конвеєрна транспортна схема шахти залежить від характеру залягання шарів, які можуть бути горизонтальними, пологими, похилими та крутоспадними. При похилому і крутому падінні сипучих матеріалів очисному вибої переміщається 18 мопливом, на пологих і горизонтальних шарах — скребковими конвеєрами або скреперами.

Керування конвеєрними установками найчастіше пов'язане з пуском і зупинкою електродвигунів, що приводять у рух робочі органи, стрічки або скребки, але іноді зі зміною напрямку і швидкості руху або особливих способів га-

льмування. При конвеєрними лініями повинні бути вирішені такі завдання: послідовний пуск транспортних механізмів або частини лінії, підтримка їх нормальної роботи, зупинка лінії або її частини. Робота лінії повинна бути налагоджена так, щоб не утворювалися завали у місцях пересипання вантажу або переповнення приймальних бункерів. Для цього запуск кожного наступного конвеєра має починатися тільки після розгону попереднього, що приймає вантаж конвеєра. Обов'язковою умовою є подача передпускового попереджувального сигналу тривалістю не менше 5 с, причому він повинен бути таким, щоб його чули в будь-якій точці конвеєрної траси. У розгалужених конвеєрних лініях повинна бути можливість керування маршрутами або їх частинами. Для конвеєрних ліній найчастіше використовується такий вид керування, як автоматизований режим, коли запуск або зупинка лінії проводиться за рішенням оператора або обслуговуючого персонала. Далі розгону конвеєрів розвивається автоматично, починаючи з подачі передпускового сигналу, потім послідовний пуск конвеєрів або їх зупинка. Автоматизований режим керування може використовуватися тільки в конвеєрно-бункерних транспортних системах, коли лінія, що працює на бункер, запускається або зупиняється згідно із сигналами від датчиків рівня матеріалу в бункері. Для керування лініями застосовуються окремі пульти. Крім описаних вище функцій, пульт керування виконує також такі функції: контроль часу розгону лінії, виявлення та індикацію аварійно зупинених або заблокованих до пуску механізмів. Як правило, індикація проводиться для працюючих конвеєрів. Пульти можуть бути в підземному, вибухобезпечному виконанні й відповідно використовуватися в шахті або вибухонебезпечних зонах, а також у загальнопромисловому й використовуватися в диспетчерських або спеціально відведених приміщеннях. Однією з додаткових функцій, але обов'язковою для шахт, є наявність телефонного або гучномовного зв'язку між пультом керування привідними станціями конвеєрів.

Наведений вище аналіз конвеєрного транспорту говорить про його велику різноманітність як відносно використання окремих машин, що мають різні функціональні й технічні характеристики, так і відносно побудови схем конвеє-

рного транспорту. Це уможливорює використання системи керування з різним складом функціональних вимог, на відміну від інших об'єктів автоматизації, наприклад, очисних комплексів, прохідницьких комбайнів, які характеризуються їх постійним складом. Така особливість конвеєрного транспорту повинна враховуватися при синтезі функціональних структур систем керування, які, як відомо, бувають двох видів – тверді й гнучкі. Тверда структура має постійний склад функціональних можливостей, а гнучка – змінний, який визначається об'єктом керування. У твердій структурі порівняно з гнучкою можлива функціональна надмірність. Вибір функціональної структури системи керування здійснюється на стадії техніко-економічного обґрунтування з урахуванням конкретного складу конвеєрів і конвеєрних ліній. Керування конвеєрними установками найчастіше пов'язане з пуском і зупинкою електродвигунів, що приводять у рух робочі органи, стрічки або скребки, але іноді – зі зміною напрямку і швидкості руху або особливих способів гальмування. При керуванні конвеєрними лініями повинні бути вирішені такі завдання: послідовний пуск транспортних механізмів або частини лінії, підтримка їх нормальної роботи, зупинка лінії або її частини. Робота лінії повинна бути налагоджена так, щоб не утворювалися завали у місцях пересипання вантажу або переповнення приймальних бункерів. Для цього запуск кожного наступного конвеєра має починатися тільки після розгону попереднього, що приймає вантаж конвеєра. Обов'язковою умовою є подача передпускового попереджувального сигналу тривалістю не менше 5 с, причому він повинен бути таким, щоб його чули в будь-якій точці конвеєрної траси. У розгалужених конвеєрних лініях бути можливість керування маршрутами або їх частинами. Для конвеєрних ліній найчастіше використовується такий вид керування, як автоматизований режим, коли запуск або зупинка лінії проводиться за рішенням оператора або обслуговуючого персонала. Далі розгону конвеєрів розвивається автоматично, починаючи з подачі передпускового сигналу, потім послідовний пуск конвеєрів або їх зупинка. Автоматизований режим керування може використовуватися тільки в конвеєрно-бункерних транспортних системах, коли лінія, що працює на бункер, запускається

або зупиняється згідно із сигналами від датчиків рівня матеріалу в бункері. Для керування лініями застосовуються окремі пульти. Крім описаних вище функцій, пульт керування виконує також такі функції: контроль часу розгону лінії, виявлення та індикацію аварійно зупинених або заблокованих до пуску механізмів. Як правило, індикація проводиться для працюючих конвеєрів. Виходячи з цього, можна сформулювати перелік вимог для автоматизації конвеєрних ліній. Апаратура автоматизованого керування повинна забезпечувати:

- можливість вибору й запуску або зупинки маршрутів для переміщення вантажу або людей;
- можливість пуску як усієї лінії (маршруту), так і їхніх частин або дозапуск необхідної кількості конвеєрів без зупинки працюючих;
- вмикання кожного наступного подавального конвеєра в лінії тільки номінальної швидкості руху тягового органа попереднього приймального конвеєра;
- оперативну зупинку лінії (маршруту) або їх частин з автоматичним вимиканням усіх конвеєрів, що подають вантаж на зупинений конвеєр;
- автоматичне вимикання всіх конвеєрів, що транспортують вантаж на аварійно зупинений, а в лінії, що складається зі скребкових конвеєрів, і зупинку приймального конвеєра;
- контроль і надання інформації про режим роботи й стан конвеєрів у лінії а також причини їх зупинок;
- контроль і надання інформації про показники споживаної електроенергії відповідно до кожного транспортного механізму;
- контроль і надання інформації про вантажі, які переміщують на конвеєрах (вага, завантаженість.);
- можливість керування вантажопотоками за якісно кількісними;
- можливість керування супутнім устаткуванням типу шибера за допомогою пульта керування лінією;
- двосторонній симплексний телефонний або гучномовний зв'язок між пультом керування і пунктами встановлення приводів конвеєра.

Комплекс АУК.1М призначений для керування й контролю роботи стаціонарних і них нерозгалужених конвеєрних ліній, що складаються зі стрічкових і скребкових конвеєрів. Пульти керування з виносним приладомпоказчиком (ВПК) розташовується в головній частині конвеєрної лінії. Поблизу приводу кожного конвеєра встановлюється блок керування конвеєром (БК). Живлення пульта й кожного блока здійснюється або від пристроїв сигналізації УСТ, або від пускачів КМ. З пультом може використовуватися виносний кнопочний пост (КП) для дистанційного керування конвеєрною лінією. Кожний блок керування з'єднується з такими лініями та датчиками: лінії екстреного припинення пуску й аварійної зупинки конвеєра з кінцевим діодом (прокладається або голими проводами, або телефонним кабелем, що з'єднує кабельтросові вимикачі КТВ-2); датчик швидкості BV (ДКС або БКВ для стрічкових конвеєрів, ДМ-2М для скребкового одноланцюгового); датчики контролю бічного сход стрічки КСЛ-2; датчик контролю місця пересипання (заштибування) SL; сигналізатори НА або пристрої сигналізації типу УСТ. Для контролю швидкості стрічки і її пробуксовування використовується пристрій контролю швидкості й пробуксовування (УКПС). З цим пристроєм з'єднані два датчики швидкості: стрічки BV1 і барабана BV2. Пристрій УКПС може формувати такі сигнали: зниження ($V_{л} < 0,75V_{н}$) і перевищення ($V_{л} > 1,08V_{н}$) швидкості; пробуксовування ($V_{л} < 0,9V_{б}$); швидкість стрічки менше 0,5 м/с. Останнє використовується для оперативної зупинки конвеєра у випадку наявності гальмових пристроїв. Для дволанцюгових скребкових конвеєрів додатково використовується апаратура КДК, за допомогою якої здійснюється контроль швидкості й цілісності тягових ланцюгів конвеєра. При обриві одного з ланцюгів КДК посиляє сигнал для аварійної зупинки конвеєра. За останнім блоком керування в лінії встановлюється блок кінцевого реле (БКР). Пуск конвеєрної лінії здійснюється за допомогою команд, що видаються з ПК через лінію зв'язку на БУ (провідники 1 і 2). Спочатку формується сигнал «пускова полярність», коли на провід 1 подається позитивний потенціал (+), а на провід 2 – негативний (-). Після закінчення запуску конвеєрної

лінії пульт керування формує сигнал «робоча полярність». У цьому випадку на провід 2 подається позитивний потенціал, а на провід 1 – негативний.

Дуже велику роль у автоматизації сучасних приладів ріхних сферах. Програмований логічний контролер (ПЛК) – це спеціальний пристрій для керування, який можна програмувати за допомогою спрощених мов програмування. Він є спрощеною моделлю комп'ютера, яка виконує цифровий керуючий автомат. ПЛК має блочно-модульну конструкцію, що дозволяє користувачеві компонувати необхідну конфігурацію контролера шляхом доукомплектування базового модуля необхідним набором модулів вводу/виводу. Використання ПЛК дозволяє ефективно керувати процесами виробництва без необхідності в спеціальній підготовці з програмування.

- простота спілкування з користувачем, тобто можливість;
- програмувати ПЛК відповідно до принципової схеми, згідно з логічними рівняннями та за допомогою простої алгоритмічної мови;
- здатність програмувати згідно з логічними рівняннями та з використанням простої алгоритмічної мови;
- пристосованість до роботи в складних виробничих умовах завдяки оптоелектронному відокремленню входів і виходів від зовнішніх електричних ланцюгів;
- пристосованість до роботи в складних виробничих умовах, завдяки здатності ПЛК до фотоелектричного розділення входів і виходів від зовнішніх електричних ланцюгів;
- пристосованість до широкого діапазону умов експлуатації;
- модульність конструкції дозволяє будувати контролер з обмеженої кількості уніфікованих модулів;
- модульність конструкції дозволяє конфігурувати контролер з обмеженої кількості уніфікованих модулів для різних функціональних призначень і в необхідній конфігурації;
- модульна конструкція дозволяє конфігурувати контролери з різним функціональним призначенням і конфігурацією з обмеженої кількості

уніфікованих модулів, пропонуючи таким чином великий потенціал в області підвищення гнучкості ПЛК.

Існує великий потенціал в області підвищення гнучкості систем управління для складних технічних модулів. Це має великий потенціал в області підвищення гнучкості систем управління для складних технічних модулів:

- значне скорочення витрат на проектування за рахунок значного скорочення витрат на програмування;
- значне скорочення витрат на проектування за рахунок значного спрощення зв'язку конструкції модуля з конкретними об'єктами управління.
- значне скорочення часу на розробку та проектування систем управління.
- значне скорочення термінів розробки і проектування систем управління можливе завдяки тому, що система управління може розроблятися і проектуватися паралельно на базі ПЛК.

Оскільки алгоритми керування можуть бути скориговані безпосередньо на об'єкті (під час монтажу, запуску, тестування та модернізації обладнання), оскільки алгоритм керування може бути скоригований безпосередньо на місці, що значно підвищує адаптивність. Значно покращується адаптивність системи управління, обладнання. Широкий спектр модулів вводу/виводу для зв'язку між контролером і датчиками, керованим механізмом і керуючим пристроєм, виконаних за іншими принципами і на іншій елементній базі.

Позитивно впливає на ефективність побудови інтегрованих систем управління з використанням ПЛК. Вбудована автоматична діагностика функцій дозволяє значно спростити процес експлуатації та підвищити ремонтпридатність як самого контролера, так і технологічного обладнання, яким він управляє.

Основними характеристиками (параметрами), на які орієнтуються користувачі при виборі ПЛК для конкретного застосування. Кількість входів і виходів – одна з основних характеристик, що визначає максимально можливу кількість контрольованих і керованих датчиків, які можна підключити до ПЛК;

Асортимент пропонованих модулів вводу/виводу характеризує можливість адаптації ПЛК компаній до вимог наступних промислових застосувань.

Продуктивність ПЛК – як правило, характеризує час циклу одного обслуговування всіх входів і виходів. Тип використовуваної мови програмування і технології – характеризує ступінь складності розробки прикладного програмного забезпечення і простоту введення і коригування керуючих програм, що зберігаються в пам'яті;

Основною характеристикою ПЛК є циклічна робота. Кожен цикл складається з трьох основних етапів. На першому етапі опитується стан входу і ця інформація зберігається. На другому етапі отримана інформація аналізується відповідно до інформації, що зберігається в пам'яті ПЛК, за допомогою управління. Іншими словами, отримана інформація аналізується відповідно до інформації, що зберігається в пам'яті ПЛК, керуючою програмою. Іншими словами, робиться спроба вирішити серію логічних рівнянь, що зберігаються в програмі. На третьому етапі за результатами розв'язання логічних рівнянь формуються команди на збудження виходів, сигнали запуску та скидання для таймерів та лічильників, також генеруються оператори всередині програми.

1.4 Опис цифрових автоматів та їх особливості в контексті керування конвеєром

Цифрові автомати – це електронні пристрої, які призначені для керування технологічними процесами. У контексті керування конвеєром, цифрові автомати використовуються для контролю за швидкістю руху конвеєра, регулювання напруги та частоти обертання приводів, а також для моніторингу стану обладнання та виробів на конвеєрі.

Особливості цифрових автоматів включають в себе можливість працювати в різних режимах, включаючи автоматичний, напівавтоматичний та ручний. Вони також можуть бути програмовані для виконання різних завдань та функцій, що дозволяє їм пристосовуватись до різних умов виробництва.

Іншою важливою особливістю цифрових автоматів є можливість зберігати та аналізувати дані процесу, що дозволяє виявляти та виправляти проблеми виробництва та підвищувати ефективність процесу.

Характерна риса сучасних систем автоматики – високе насичення їх обчислювальними пристроями, інтегральними мікросхемами малого, середнього й великого ступенів інтеграції, розвиненою логічною структурою. Розробка й експлуатація таких систем вимагає від фахівців знань як традиційних методів побудови цифрових керуючих пристроїв, так і методів програмування систем, реалізованих на програмованих логічних контролерах або мікропроцесорах. Процес проектування складних цифрових керуючих пристроїв (КП) включає такі етапи:

- складання алгоритму роботи КП (технічне завдання, з якого починається проектування, не містить усієї необхідної інформації для написання алгоритму функціонування, тобто перехід від технічного завдання до алгоритму функціонування вимагає цілого ряду уточнень);
- блоковий синтез (розробляється структурна схема пристрою; увесь пристрій розбивається на окремі функціональні блоки, визначаються розв'язувані кожним блоком завдання, намічається загальний план обміну інформацією між блоками; уточнюються алгоритми функціонування кожним блоком);
- якщо КП нескладні, етап блокового синтезу не проводиться, а якщо складні, то можливе кількаразове повернення до цього етапу);
- логічне проектування (розробка функціональних і принципових схем КП в цілому і його блоків). Прийнято логічне проектування розділяти на два типи: абстрактного синтезу, на якому умови функціонування кожного блоку записуються на обраній формальній мові, установлюються вхідні й вихідні сигнали, мінімальна кількість внутрішніх станів і обсяг пам'яті; структурного синтезу, на якому вибирається тип елементів пам'яті, одержують рівняння, що відбивають логічну залежність вихідних змінних від вхідних, і за цими рівняннями складається функціональна схема, на якій показують графічне зображення структури КП, що містить умовне зображення блоків і елементів

структури, канали передачі впливів між ними, входами й виходами. Найбільш загальна модель пристрою керування – абстрактний автомат, який можна задати шістьма об'єктами:

– безліччю вхідних станів (вхідний алфавіт)

$$X = \{x_1, x_2, x_3, \dots, x_m\}; \quad (1.1)$$

– безліччю вихідних станів (вихідний алфавіт)

$$Y = \{y_1, y_2, y_3, \dots, y_n\}; \quad (1.2)$$

– безліччю внутрішніх станів

$$A = \{a_1, a_2, a_3, \dots, a_k\}; \quad (1.3)$$

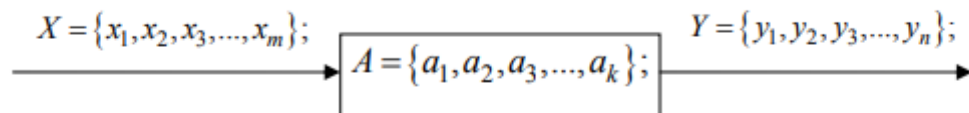
– функцією переходів δ , що визначає залежність наступного значення внутрішньої змінної i від поточних значень вхідної змінної x і внутрішньої змінної $a(t)$;

– функцією виходів λ , що визначає залежність вихідної змінної y від поточних значень вхідної змінної x і внутрішньої змінної $a(t)$;

– початкового стану автомата.

Абстрактний автомат зображується у вигляді «чорного ящика» з одним. У кожний момент автоматного часу t на вхід автомата, що перебуває в стані $a(t)$, надходить буква вхідного алфавіту $x(t)$. У цей самий момент на виході знаходиться буква вихідного алфавіту $y(t)$. У наступному такті автомат перейде в новий стан i , обумовлений функцією переходів. Розрізняють дві моделі автоматів:

Мілі та Мура, які відрізняються один від одного функціями виходів. Поведінка автомата Мілі описується такими рівняннями:

$$\begin{aligned}
 a(t+1) &= \delta[a(t), x(t)]; \\
 y(t) &= \lambda[a(t), x(t)].
 \end{aligned}$$


$$X = \{x_1, x_2, x_3, \dots, x_m\}; \quad A = \{a_1, a_2, a_3, \dots, a_k\}; \quad Y = \{y_1, y_2, y_3, \dots, y_n\};$$

(1.4)

В автоматі Мура функція виходу не залежить від вхідних змінних, і його рівняння виглядають так:

$$\begin{aligned}
 a(t+1) &= \delta[a(t), x(t)]; \\
 y(t) &= \lambda[a(t)].
 \end{aligned}$$

(1.5)

Таким чином, у моделі автомата Мілі функція виходів залежить як від стану входів, так і від внутрішнього стану автомата. У той час як в автоматі Мура функція виходів повністю визначається внутрішнім станом автомата. Для автомата джерело вхідних сигналів – це зовнішнє середовище і його стан сприймається автоматом через стан входів. У моменти зміни такту внутрішні стани автомата і його входів повинні бути незмінними, тобто моменти зміни станів зовнішнього середовища мають бути погоджені з моментами зміни станів автомата. Коли такт формується зовнішнім сигналом від спеціального пристрою (генератора), загального як для зовнішнього середовища, так і для автомата, автомат називається синхронним. Якщо ж такт формується зовнішнім середовищем і його тривалість визначається часом, протягом якого залишається незмінним стан входу, автомат називається асинхронним. Якщо такт для зовнішнього середовища формується автоматом, а такт для автомата – зовнішнім середовищем, автомат називається погодженим. У загальному випадку джерело синхросигналів може

розглядатися як складова частина зовнішнього середовища. Тоді в синхронному автоматі зміна такту настає щораз, коли відбувається зміна стану входів автомата, тобто автомат стає асинхронним. Тому будь-який автомат можна розглядати як асинхронний; зворотнє в загальному випадку неправильно, тому що в довільному асинхронному автоматі не завжди можна виділити вхідні сигнали, що формують зміну такту.

2 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ КОНВЕЄРАМИ

2.1 Опис технічних характеристик та переваг і недоліків різних систем керування

Системи керування конвеєрів можуть бути різних типів, включаючи механічні, електричні та автоматизовані системи. Механічні системи керування використовуються для простих конструкцій конвеєрів, де керування забезпечує переміщення матеріалів. Ці системи мають низьку вартість та простоту в обслуговуванні, але не забезпечують точного контролю за рухом матеріалів та не можуть бути використані для складних процесів.

Електричні системи керування використовуються для більш складних конструкцій конвеєрів, де електричні двигуни забезпечують переміщення матеріалів. Ці системи мають високу точність та швидкість переміщення матеріалів, але вимагають великої кількості електроенергії та регулярного обслуговування. Автоматизовані системи керування використовуються для найбільш складних конструкцій конвеєрів, де комп'ютерні програми забезпечують повний контроль за рухом матеріалів. Ці системи мають високу точність та швидкість переміщення матеріалів, а також можуть бути налаштовані для автоматичного виявлення та виправлення помилок. Однак, вони вимагають великих витрат на обладнання та програмне забезпечення, а також потребують кваліфікованих спеціалістів для їх установки та обслуговування. Переваги і

недоліки кожної системи керування залежать від конкретних потреб користувача та характеристик конвеєра. Для простих процесів може бути достатньо механічної системи, а для складних процесів може бути необхідна автоматизована система. Важливо враховувати вартість, точність та швидкість переміщення матеріалів, а також витрати на обслуговування та ремонт системи.

Щоб перемістити сипкі та штучні вантажі в горизонтальних, похилих та вертикальних напрямках, а також для транспортування виробів між операційними в поточному виробництві, використовують стрічкові конвеєри. Ці конвеєри мають такі переваги, як простота конструкції, економічність, продуктивність та надійність, і широко застосовуються в сільськогосподарському виробництві. Однак, недоліками стрічкових конвеєрів є втрати вантажу при транспортуванні дрібнодисперсних та пилових вантажів. Крім того, стрічкові конвеєри можуть бути вбудовані в складні машини чи комплекси, такі як комбайни, підбирачі, кормороздавачі кормоцеху і т.д.

Транспортуюча стрічка є основним тяговим та вантажонесучим елементом, який сприймає та передає рушійну (тягову) силу, щоб перебороти всі опори, які виникають при переміщенні вантажу. Однак, це найбільш дорогий та найменш довговічний елемент конвеєра. Сучасна транспортуюча стрічка повинна відповідати таким вимогам:

- висока міцність;
- добра гнучкість;
- достатня довговічність;
- бути негігроскопічною;
- мати невелику;
- мале відносне видовження.

Прогумована стрічка є найбільш поширеною на сьогоднішній день, хоча в минулому в сільському господарстві використовувалися різні матеріали для стрічок. Нинішнім трендом є заміна органічних матеріалів на сучасні поліуританові, а також виготовлення стрічок з бавовняних тканин.

Крокуючі конвеєри мають багато переваг: вони надійні, мають низьку вартість виготовлення, можуть бути механізовані та автоматизовані, мають просту конструкцію та плавний хід, малу енергоємність, можуть працювати при великих швидкостях руху, мають точну навантаження й вивантаження виробів, можуть об'єднувати операції навантаження та розвантаження, можуть застосовуватися для різних збиральних операцій в складальних цехах, зменшують трудомісткість транспортних і технологічних операцій, скорочують виробничу площу та кількість робітників, що зайняті при збиранні та виготовленні виробів, можуть виконувати точні регулювальні роботи, можуть бути заглиблені на рівні підлоги для вмонтовування в автоматичну потокову лінію.

Основними недоліками крокуючих конвеєрів є холостий хід рухомої рами, поява динамічних навантажень та необхідність у додаткових транспортних пристроях. Проте застосування крокуючого конвеєра допомагає зменшити трудомісткість технологічних і транспортних операцій, полегшує працю робітників, підвищує культуру виробництва та різко скорочує площу виробничої ділянки.

2.2 Визначення основних вимог до системи керування конвеєром для розв'язання поставленої задачі

Основні вимоги до системи керування конвеєром для розв'язання поставленої задачі включають:

- надійність – система керування повинна бути надійною та безперебійною, щоб забезпечити безперебійну роботу конвеєра;
- швидкість та точність – система повинна забезпечувати швидке та переміщення матеріалів по конвеєру;
- гнучкість – система повинна бути гнучкою та можливою до налаштування, щоб відповідати потребам виробництва;

- простота в управлінні – система повинна бути простою в управлінні та налагодженні, щоб забезпечити ефективну роботу персоналу;
- безпека – система повинна відповідати всім стандартам безпеки, щоб забезпечити безпеку робочого персоналу;
- економічність – система повинна бути економічною та ефективною використовувати ресурси, щоб знизити витрати на виробництво.

Розробка забезпечення для керування конвеєром на основі цифрового автомату може включати наступні етапи:

- аналіз вимог до системи керування конвеєром, включаючи функціональні та нефункціональні вимоги;
- розробка архітектури забезпечення, що включає в себе визначення структури програми та взаємодії між її складовими;
- розробка алгоритмів для управління конвеєром на основі цифрового автомату, включаючи розробку логіки керування та алгоритмів безпеки;
- розробка коду на мовах програмування, таких як VHDL, VERILOG;
- тестування та налагодження забезпечення, щоб переконатися, що воно відповідає вимогам та працює правильно;
- впровадження управління забезпечення на конвеєрі та навчання персоналу користуватися ним.

Розробка забезпечення для керування конвеєром на основі цифрового автомату може допомогти підвищити ефективність та безпеку роботи конвеєра, зменшити ризик аварій та збільшити продуктивність. Надійність системи є ключовим фактором для забезпечення безперебійної роботи конвеєра. Швидкість та точність переміщення матеріалів по конвеєру є важливими факторами для забезпечення ефективності виробництва. Гнучкість системи дозволяє налаштовувати її під потреби виробництва. Простота в управлінні допомагає забезпечити ефективну роботу персоналу. Безпека є важливим аспектом для забезпечення безпеки робочого персоналу. Економічність системи дозволяє ефективно використовувати ресурси та знизити витрати на виробництво.

3 РОЗРОБКА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ КОНВЕЄРОМ НА ОСНОВІ ЦИФРОВОГО АВТОМАТУ

3.1 Проектування системи керування з використанням цифрового автомату

Проектування системи керування з використанням цифрового автомату дозволяє забезпечити точність та швидкість управління, а також забезпечує більшу автоматизацію процесів. Однак, вона може бути дорогим в установці та потребує спеціалістів для програмування та обслуговування. Вибір системи керування залежить від потреб виробництва та характеру процесів, тому перед проектуванням необхідно провести аналіз та визначити оптимальний варіант. Опис технічних характеристик та переваг і недоліків різних систем керування.



Рисунок 3.1- Фронтальний вид конвеєра

Це показує, що кожен конвеєр має дві станції – одна станція притяжна, а зважаючи на те, що натяжна станція призначена для натягу стрічки на самому конвеєрі. Стрічка конвеєра рухається на роликах. Мінерал має більше роликів, ніж нижня частина конвеєра. Це робить необхідним стежити за тим, щоб стрічка не прогиналася під вагою вантажу. В якості приводної станції використовується потужний електродвигун з редуктором. Виходячи з конструктивних особливостей

конвеєра, принципу конвеєра, мовний алгоритм його роботи виглядає наступним чином:

- конвеєр повинен працювати, коли на електродвигун подається подано живлення;
- якщо конвеєр працює і стрічка сходить з роликів, конвеєр повинен автоматично зупинятися;
- конвеєр повинен автоматично зупинятися в разі перевищення заданої температури барабана на натяжній або приводній станції. Конвеєр повинен автоматично зупинятися при перевищенні заданої температури станції;
- запуск конвеєра в експлуатацію при наявності несправностей по п.2 і п.3 можливий тільки після їх усунення можливий тільки після їх усунення;
- конвеєр може бути зупинений ззовні шляхом ручного відключення;
- розробка абстрактної математичної моделі електронного пристрою автоматичного управління конвеєром.

Проектування системи керування з використанням цифрового автомату (ЦА) включає кілька кроків. Починають з аналізу вимог до системи керування. Це включає визначення функцій, які має виконувати система, таких як контроль рівня, температури, швидкості і т.д. Треба визначити вимоги до точності, швидкості реакції, надійності та інших параметрів. На основі аналізу вимог вибирають відповідний ЦА, який задовольняє потреби системи. Треба враховувати кількість входів-виходів (I/O), швидкість обробки, пам'ять, можливості комунікації та програмування. Обравши відповідний ЦА, починають розробку логіки керування, яка буде виконуватись ЦА. Це включає визначення умов, визначення вихідних сигналів на основі вхідних даних та розробку алгоритмів керування. Після починають займатися реалізації програми для ЦА, використовуючи відповідну мову програмування, таку як логічні блоки, структурний текст або функціональний блоковий код. Треба Реалізувати розроблену логіку керування.Інтеграція зі зовнішніми компонентами: підключіть ЦА до зовнішніх компонентів системи, таких як датчики, приводи, клапани тощо. Налаштовують комунікацію між ЦА та цими компонентами, щоб забезпечити збір

вхідних даних та керування вихідними сигналами. Останнім кроком Перевіряють роботу системи керування.

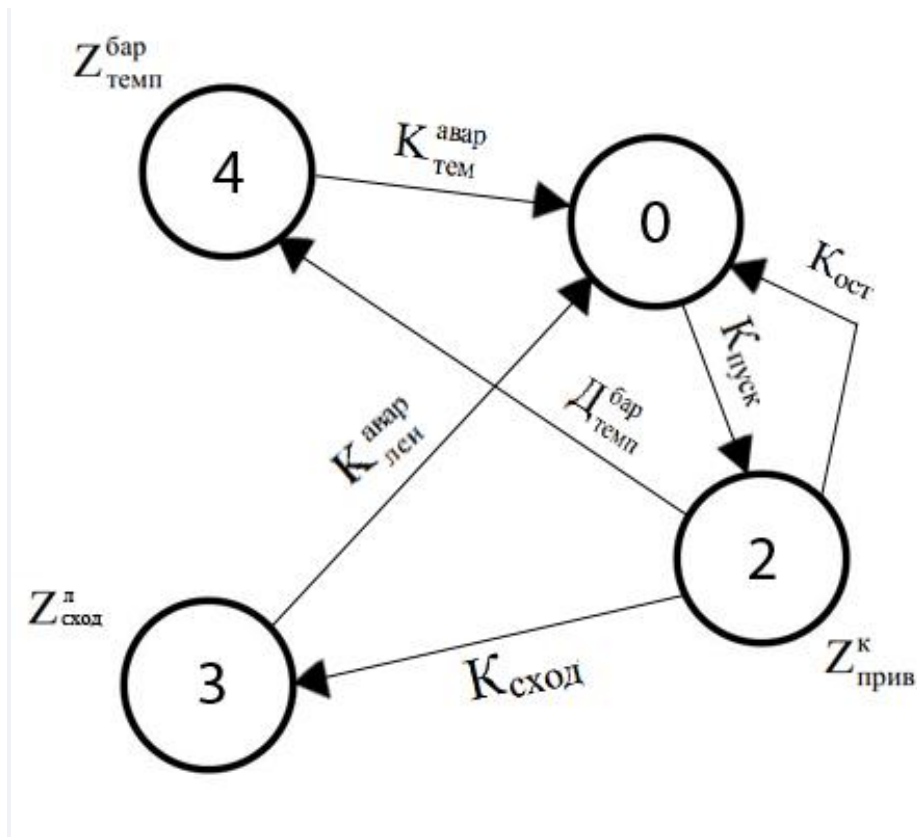


Рисунок 3.2 – Математична модель, що описує електронний пристрій управління конвеєром у абстрактній формі

В абстрактній математичній моделі електронного пристрою автоматичного керування конвеєрами використовуються наступні позначення:

- $K_{пуск}$ –кнопка включення конвеєра в роботу;
- $K_{ост}$ –кнопка зупинки конвеєра;
- $K_{сход}$ –кнопка сходу ленти у конвеєрі;
- $Д_{бар\ тем}$ –датчик фіксації підвищення температури на барабані;
- $K_{авар\ лен}$ –кнопка зняття аварії від сходу ленти у конвеєрі;
- $K_{авар\ тем}$ –кнопка зняття аварії від підвищення температури в барабані конвеєра;
- $Z_{к\ прив}$ –сигнал на включення в роботу конвеєра;

- Z л сход–сигнал діагностики при сході ленти у конвеєра;
- Z бар темп–сигнал діагностики при підвищенні температури барабана у конвеєрі.

Електронний пристрій автоматичного керування конвеєром за абстрактною математичною моделлю працює наступним чином. При натисканні кнопки пуску вмикається електропривод конвеєра і конвеєр починає працювати. Якщо під час роботи конвеєра датчик Кост виявить, що його стрічка зійшла з напрямних, абстрактна математична модель під дією сигналу від цього датчика перейде зі стану «1» у стан «2», що призведе до відключення електроприводу конвеєра від джерела живлення і зупинки самого конвеєра. Якщо ця несправність усувається натисканням кнопки усунення несправності конвеєрної стрічки, то абстрактна модель переходить зі стану «2» в стан «0». Для запуску конвеєра абстрактна математична модель переходить зі стану «0» в стан «1» при повторному натисканні кнопки запуску, вмикається електропривод конвеєра і конвеєр починає. Якщо під час роботи конвеєра спрацює датчик, що фіксує підвищення температури на барабані конвеєрної планки D_{temp} , абстрактна математична модель переходить зі стану «1» в стан «3». У стані «3» електричний провід 14 конвеєра від'єднується, конвеєр зупиняється і діагностується, що барабан конвеєра перегрівся і цю несправність необхідно усунути. Після усунення несправності та натискання тривожної кнопки абстрактна математична модель переходить зі стану «3» в стан «0». Для запуску конвеєра необхідно натиснути кнопку пуску, математична модель переходить зі стану «0» в стан «1», вмикається електропривод конвеєра і конвеєр починає працювати. Щоб зупинити конвеєр ззовні або вимкнути його, натисніть кнопку «Зупинка конвеєра». Проектування системи керування з використанням цифрового автомату включає розробку алгоритмів та апаратних компонентів для забезпечення автоматичного керування пристроями або процесами. Цифровий автомат є електронною системою, яка здатна автоматично приймати рішення на основі вхідних сигналів і виконувати відповідні дії.

3.2 Розробка системи керування конвеєром на основі цифрового автомату

Основна мета такої системи полягає в автоматизації руху виробів або матеріалів на конвеєрі, що дозволяє покращити продуктивність, ефективність та безпеку роботи.

Для того, щоб перетворити абстрактну математичну модель у структурну, необхідно закодувати її стан. Для цього використовується двійковий код, кількість бітів у двійковому коді (елемент пам'яті) можна отримати з рівняння:

$$n = \lceil \log_2 Q \rceil, \quad (3.1)$$

де – Q кількість станів абстрактної моделі;

n – кількість елементів пам'яті розрядів двійкового коду;

$\lceil \rceil$ – знак, який показує на найбільше ціле додатне число.

Для пояснення роботи електроніки автоматичного керування конвеєром використовується структурно-математична модель, зображена на рисунку 3. 2. У початковому стані «00» електропривод конвеєра відключений від джерела живлення і конвеєр не працює. При натисканні кнопки пуску структурно-математична модель переходить зі стану «00» в стан «01», перший елемент пам'яті переходить зі стану «0» в стан «1», а другий елемент пам'яті залишається в стані «0». У стані «01» живлення подається на електропривод і конвеєр працює. Якщо під час роботи стрічка сходить з напрямних конвеєра і спрацьовує датчик Ксход, то під дією цього сигналу структурна математична модель переходить зі стану «01» в стан «11», перший елемент пам'яті залишається в стані «1», а другий елемент пам'яті переходить в стан «1». У стані «11» електропривод конвеєра відключається від джерела живлення і конвеєр зупиняється. Якщо цю несправність усунути натисканням кнопки зняття аварії з несправної стрічки

конвеєра, структурна математична модель перейде зі стану «11» в стан «00», а перший і другий елементи пам'яті перейдуть в стан «0». При натисканні кнопки «Пуск» для перезапуску конвеєра структурна математична модель перейде зі стану «00» в стан «01», перший елемент пам'яті в стані «0» перейде в стан «1», а другий елемент пам'яті залишиться в стані «0». У стані «01» вмикається електропривод конвеєра і конвеєр знову починає працювати. Якщо під час роботи конвеєра спрацьовує датчик фіксації, який фіксує підвищення температури барабана штреку конвеєра, структурна математична модель переходить зі стану «01» в стан «10», перший елемент пам'яті переходить зі стану «1» в стан «0» і навпаки в другому. У стані «10» електропривод конвеєра відключається і зупиняється, і діагностується, що барабан конвеєра перегрівся і цю несправність потрібно усунути. Після усунення несправності та натискання тривожної кнопки структурна математична модель переходить зі стану «10» в стан «00», перший елемент пам'яті залишається в стані «0», а другий елемент пам'яті переходить зі стану «1» в стан «0». Для запуску конвеєра необхідно натиснути кнопку пуску, структурна математична модель переходить зі стану «00» в стан «01», вмикається електропривод видобувного конвеєра і конвеєр починає працювати. Для зовнішньої зупинки або вимкнення конвеєра необхідно натиснути кнопку зупинки на вартості конвеєра, структурна математична модель переходить зі стану «01» в стан «00», перший елемент пам'яті переходить в стан «0», другий елемент пам'яті залишається в стані «0», а електропривод конвеєра вимикається і конвеєр починає працювати. Електропривод вимикається і зупиняється.

Використовуючи (3.1), отримуємо $n = 2$. Це означає, що для реалізації чотирьох станів абстрактної математичної моделі електронного пристрою потрібно використовувати два запам'ятовуючі елементи, наприклад, два RS-тригери. Для отримання структурної математичної моделі та отримання логічного рівняння пристрою необхідно закодувати стани абстрактної математичної моделі. Кодування можна здійснити наступним чином:

0 – 00; 1 – 01; 2 – 11; 3 – 10.

Після цього структурно-математична модель набуває вигляду на рис. 3.2 .

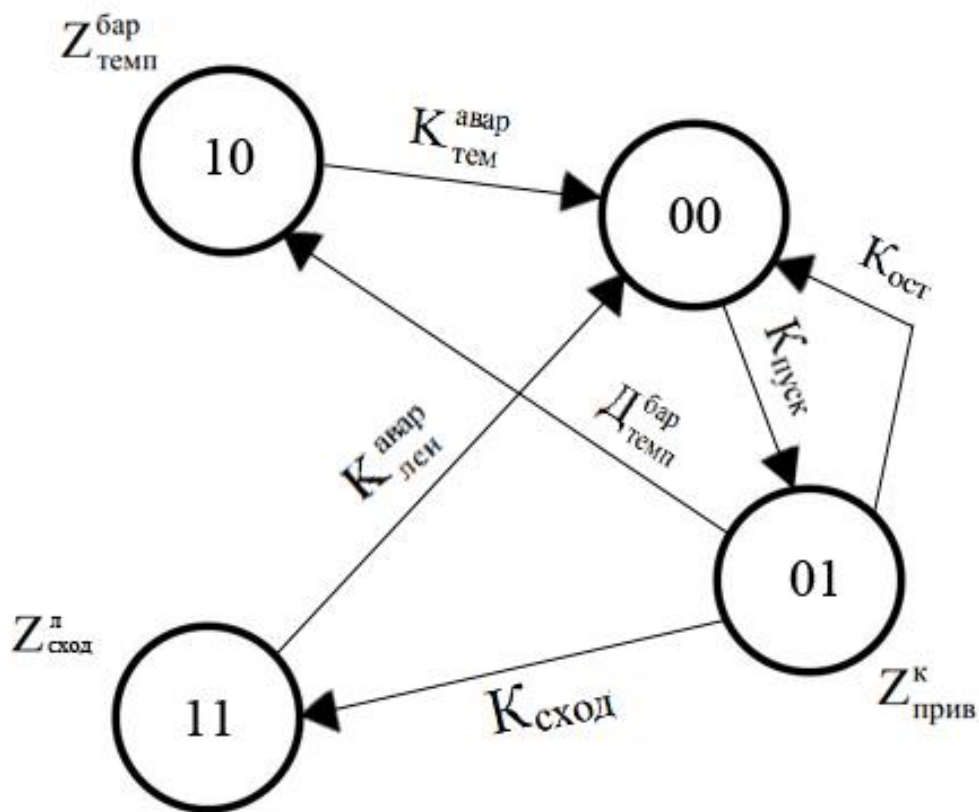


Рисунок.3.3 - Граф-схема системи автоматного керування конвеєром

Щоб визначити кількість розрядів системи автоматного керування конвеєром, треба розрахувати кількість його станів. Конвеєр має 4 стани: 00, 01, 10, 11. Тобто нам потрібно закодувати 4 стани. Для того, щоб зобразити десяткове число 4 зобразити у двійковій системі числення нам потрібно 2 розряди Q_0 і Q_1 . Таким чином, вигляд таблиці прямого кодування станів системи автоматичного керування конвеєром буде наступним табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Пряме кодування станів системи автоматного керування конвеєром

	Q_1	Q_0
00	0	0

Таблиця 3.2 – Пряме кодування станів системи автоматного керування конвеєром

01	0	1
10	1	0
11	1	1

Для реалізації таблиці переходів і виходів, та функцій виходів і збудження замінемо назви кнопок на X, стани на A та додамо інверсні значення кнопок:

- Кост – X1;
- Ксход – X2;
- К авар лен – X3;
- К авар тем – X4;
- Кпуск – X5;
- Д Бар темп – X6;
- 00 – A0;
- 01 – A1;
- 10 – A2;
- 11 – A3.

Граф-схема системи автоматного керування конвеєром набуває такого вигляду показанного на рисунку 3.4

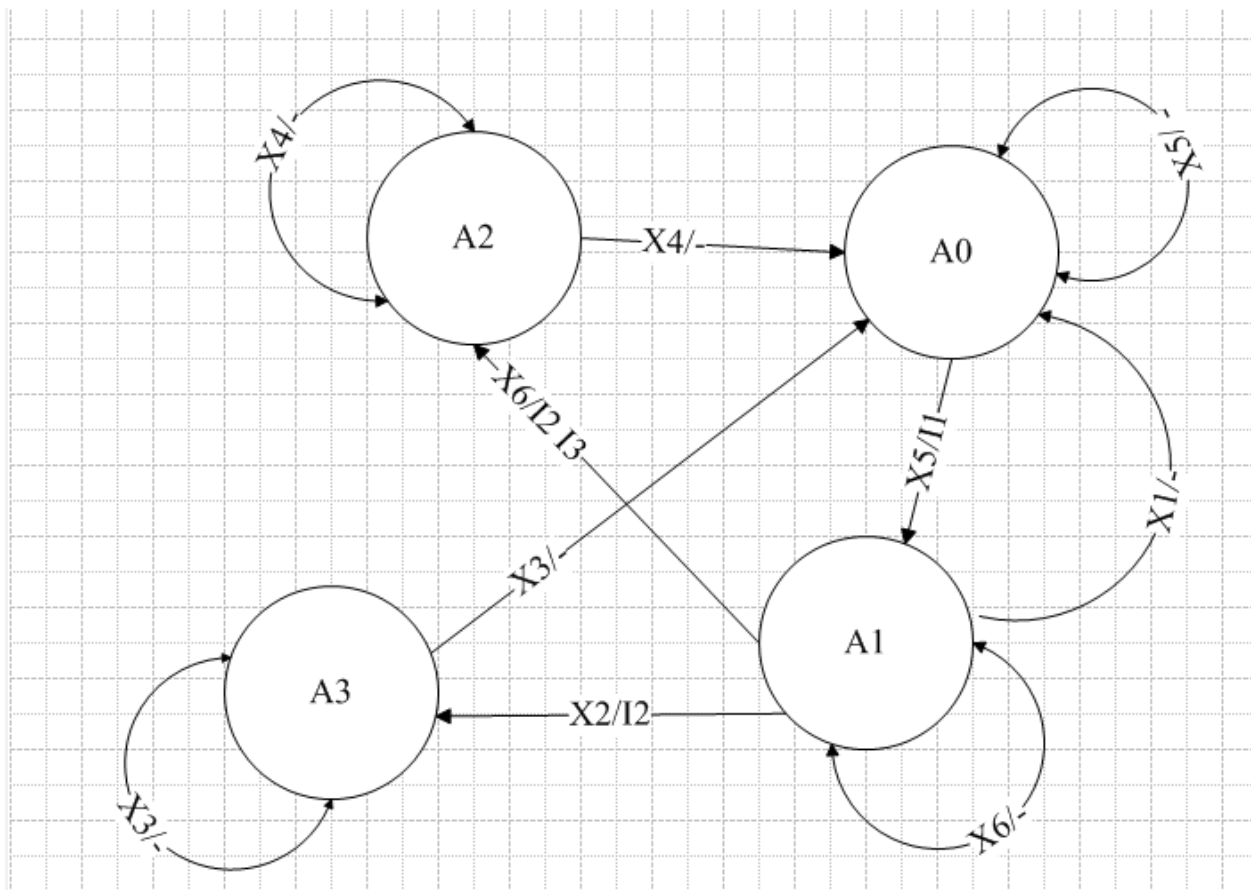


Рисунок 3.4 - Граф-схема системи автоматного керування конвеєром з х та інверсними значеннями кнопок

Коли розряди, закодовані необхідно заповнити таблицю функцій, виходів, переходів, і збудження конвеєра.

Таблиця 3.3 – Функцій виходів, переходів, і збудження конвеєра

Початковий стан			Умови переходу	Наступний стан			Функції виходу	Функції збудження			
Позначка	Код			Позначка	Код			J	К	J	К
	Q1	Q0			Q1	Q0					

Таблиця 3.4 – Функцій виходів, переходів, і збудження конвєсра

A_0	0	0	X_5	A_1	0	1	I_1	0	*	1	*
A_1	0	1	X_1	A_0	0	0	-	0	*	*	1
A_1	0	1	X_6	A_2	1	0	I_2, I_3	1	*	*	1
A_2	1	0	X_4	A_0	0	0	-	*	1	0	*
A_1	0	1	X_2	A_3	1	1	I_2	1	*	*	0
A_3	1	1	X_3	A_0	0	0	-	*	1	*	1
A_2	1	0	$\overline{X_4}$	A_2	1	0	-	*	0	0	*
A_0	0	0	$\overline{X_5}$	A_0	0	0	-	0	*	0	*
A_1	0	1	$\overline{X_6}$	A_1	0	1	-	0	*	*	0
A_3	1	1	$\overline{X_3}$	A_3	1	1	-	*	0	*	0

Згідно таблиці переходів і виходів див. табл. 3.4 ми отримаємо таку функцію збудження:

$$J_1 = \overline{Q}_1 Q_0 X_6 \vee \overline{Q}_1 Q_0 X_2$$

$$K_1 = Q_1 \overline{Q}_0 X_4 \vee Q_1 Q_0 X_3$$

$$J_0 = \overline{Q}_1 \overline{Q}_0 X_5$$

$$K_0 = \overline{Q}_1 Q_0 X_1 \vee \overline{Q}_1 Q_0 X_6 \vee Q_1 Q_0 X_3$$

Згідно таблиці переходів і виходів табл. 3.4 ми отримаємо таку функцію виходу:

$$I_1 = \overline{Q}_1 \overline{Q}_0 X_5$$

$$I_2 = \overline{Q}_1 Q_0 X_6 \vee \overline{Q}_1 Q_0 X_2$$

$$I_3 = \overline{Q}_1 Q_0 X_6$$

На основі отриманих функцій побудуємо графічно схему системи автоматного керування конвеєром.

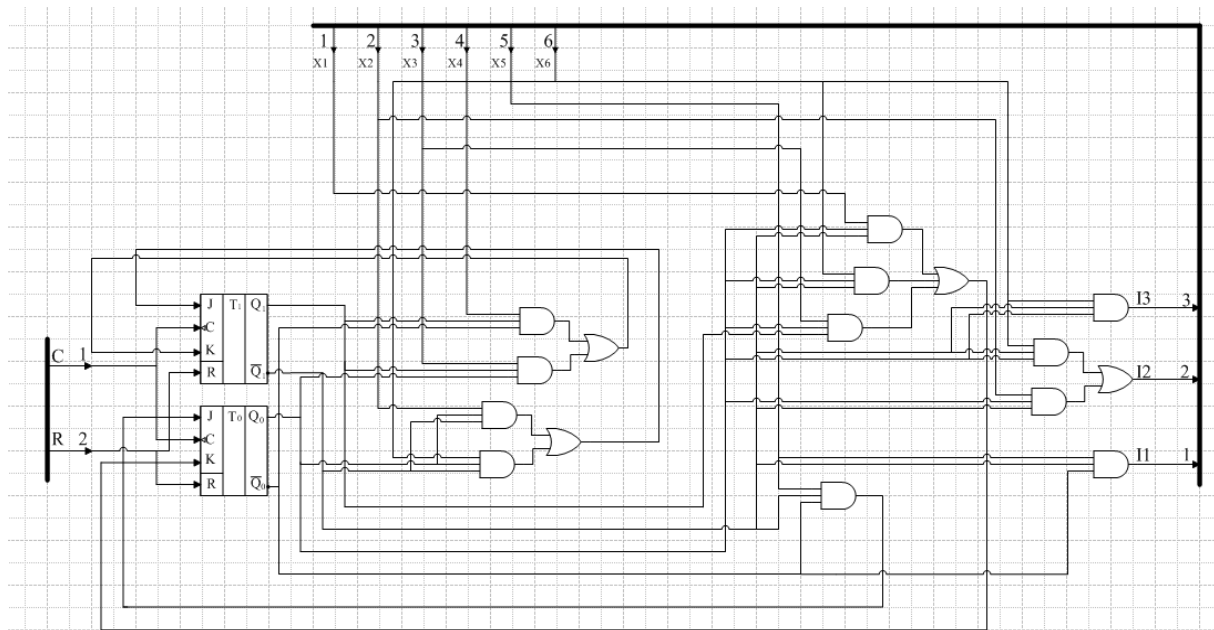


Рисунок 3.5 - Креслення цифрового автомата

де $X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6$ – вхідні сигнали;

C – синхроімпульс;

R – вхідні сигнали ;

T_1 і T_2 – JK-тригери;

I_1, I_2, I_3 – вихідні сигнали.

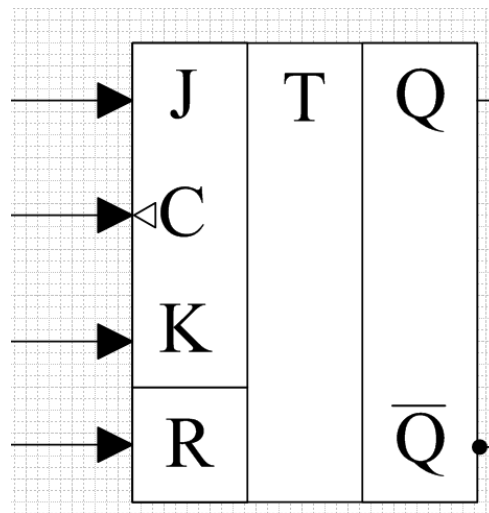


Рисунок 3.6 – JK-тригера

де J і K – 2 інформаційних входа;

C – вхід синхронізації;

R – вхід;

Q і $\bar{Q}$ – виходи.

3.3 Відладка системи керування та перевірка її роботи на різних режимах

Для відладки системи керування конвеєром необхідно провести ряд тестів на різних режимах роботи. Перш за все, потрібно перевірити роботу сенсорів, які відповідають за виявлення наявності матеріалів на конвеєрі. Для цього можна використовувати спеціальні тестові матеріали або просто рухати рукою перед сенсором. Далі слід перевірити роботу моторів та редукторів, які забезпечують переміщення матеріалів по конвеєру. Для цього можна провести тест на зміну напрямку руху, перевірити точність переміщення матеріалів та швидкість руху.

Також необхідно перевірити роботу електронних компонентів, які входять до складу системи керування. Для цього можна провести тест на виявлення по-

милок у забезпеченні, перевірити роботу контролерів та інших електронних пристроїв.

У разі виявлення помилок слід провести їх виправлення та повторно перевірити роботу системи на різних режимах. Також важливо забезпечити регулярне обслуговування системи керування, щоб уникнути виникнення непередбачуваних ситуацій під час роботи конвеєра.

Це важливий, який дозволяє забезпечити безперебійну роботу конвеєра та підвищити ефективність виробництва. Для відладки системи керування конвеєром необхідно виконати такі кроки:

- перевірити роботу сенсорів, які відповідають за виявлення наявності матеріалів на конвеєрі;
- перевірити роботу моторів та редукторів, які забезпечують переміщення матеріалів по конвеєрі;
- перевірити роботу електронних компонентів, які входять до складу системи керування;
- виявити та виправити помилки у програмному забезпеченні;
- перевірити точність переміщення матеріалів та швидкість руху;
- провести тест на зміну напрямку руху;
- забезпечити обслуговування системи керування.

Ці кроки допоможуть виявити та виправити помилки у системі керування конвеєром, що забезпечить безперебійну роботу у виробничому процесі. Також важливо пам'ятати про регулярне обслуговування системи керування, щоб уникнути виникнення непередбачуваних ситуацій під час роботи конвеєра. Цей підхід дозволяє відлагодити систему керування та перевірити її роботу на різних режимах, забезпечуючи надійну та оптимальну роботу системи у реальних умовах.

3.4 Опис інтегральних схем та їх різновидів

Інтегральні схеми (ІС) - це електронні пристрої, в яких електронні схеми сформовані на одному або декількох кристалах напівпровідникового матеріалу. Вони забезпечують функціональність складних електронних систем, зменшуючи при цьому розміри, енергоспоживання та вартість обладнання.

Сучасна радіoeлектронна апаратура в основному базується на використанні великих інтегральних схем (ВІС), що містять функціонально закінчені пристрої та вузли. Однак, для скорочення часу розробки та модернізації мікроелектронної апаратури спеціального призначення застосовуються напівзамовні мікросхеми - базові матричні кристали (БМК). Виготовлення тестових схем на основі БМК, які успішно проходять усі кваліфікаційні випробування, значно спрощує процес атестації спеціалізованих мікросхем на їх основі. Цей фактор дозволяє зменшити вартість та терміни виробництва мікроелектронних пристроїв, особливо в умовах малосерійності.

Іншим способом прискорення розробки і зниження виробничих витрат є використання програмованих користувачем інтегральних схем. Це використання цифрових (програмованих логічних інтегральних схем, ПЛІС), аналогових і аналого-цифрових (програмованих аналогових і аналого-цифрових інтегральних схем, ПАІС) програмованих користувачем інтегральних схем, які ПЛІС являють собою чіпи-заготовки. На відміну від звичайних цифрових схем, логіка ПЛІС не визначається в момент виготовлення на заводі, а задається шляхом додаткового програмування (проектування) за підтримки спеціальних інструментів - програматорів і програмного забезпечення. Ця технологія дає змогу розробляти мікросхеми з унікальними архітектурами: ПЛІС - це високоінтегрований і гнучкий універсальний логічний пристрій із внутрішньою системою перепрограмування. Зростаючий попит на пристрої, які можуть змінювати свою внутрішню структуру в режимі реального часу і швидко переконфігурувати виконувані функції, розширив застосування ПЛІС. Швидкість їхнього

використання зумовлена необхідністю розроблення оригінальних апаратних засобів або заміни низки традиційних інтегральних схем на малі та середні, що дає змогу зменшити розміри пристрою, знизити енергоспоживання та підвищити надійність. Сучасні мікросхеми БМК, ПЛІС і ПАІС включають великі масиви програмованої логіки, вбудовані процесорні ядра або процесорні системи, аналогові та аналого-цифрові блоки і блоки цифрового оброблення сигналів.

Широковідомі фірми, такі як Altera (Intel-Altera), Xilinx, Cypress, Anadigm, Lattice Semiconductor та інші, також використовують ці мікросхеми для розробки своїх продуктів.

Інтегральні схеми (ІС) складають елементну базу сучасної електронної технології обробки та зберігання інформації. Залежно від виду інформаційного сигналу засоби його обробки можна розділити на цифрові, аналогові та цифро-аналогові. Для цього необхідні електронні засоби з різною швидкістю, різною точністю обробки інформації та різними алгоритмами. До складу електронних систем і пристроїв входять як стандартні компоненти (наприклад, процесори, пам'ять, аналого-цифрові перетворювачі, цифро-аналогові перетворювачі), так і нестандартні, специфічні для конкретного проєкту. Переважно це механізми для керування модулями системи та забезпечення їхньої взаємодії. Нестандартні частини системи реалізуються на малих і середніх інтегральних схемах (МІС і СІС); використання МІС і СІС супроводжується збільшенням кількості корпусів ІС, ускладненням монтажу та зниженням надійності й продуктивності системи. Зміна алгоритму роботи вимагає зміни структури системи та заміни електронних компонентів і з'єднань між електронними компонентами, тобто розроблення нових друкованих плат тощо.

Слід зазначити, що інтегральні схеми з програмованими користувачем структурами є спеціалізованими для споживчого використання і стандартними для промислового використання. Структури є спеціалізованими для споживачів і стандартними для промисловості. Вона стандартизована для промисловості. Розглянемо це питання більш детально. Спеціалізовані ІС (ASIC, Application Specific Integrated Circuit) призначені для використання в конкретному обладнанні.

Такі ІС часто називають замовними, оскільки вони виробляються невеликими партіями на замовлення компаній-виробників обладнання. Спеціальні ІС зазвичай виконують складні повні логічні (або аналогові) функції. Використання спеціальних ІС дає змогу значно скоротити кількість ІС, тим самим зменшуючи загальний розмір, вагу та енергоспоживання пристрою, оскільки об'єднання елементів у ЗБІС зменшує довжину з'єднувальних провідників, їхні паразитні значення ємності та індуктивності та кількість монтажних з'єднань на друкованій платі; покращуються експлуатаційні характеристики, надійність і завадостійкість системи. У багатьох випадках спеціалізовані ВІС діляться на програмовані постачальником і програмовані користувачем. Програмовані постачальником ІС - це повні замовні ІС, ІС на стандартних елементах (комірках) і напівзамовні ІС (mask programmable IC) - базові матричні кристали. Повністю замовні ІС - це ІС, які повністю проєктуються та виготовляються за специфікаціями замовника; для виготовлення ІС необхідно розробити повний набір фотошаблонів, перевірити та налаштувати всі фрагменти схеми. Завдяки специфікаціям схеми та можливостям обраної напівпровідникової технології їхні характеристики повністю перевершують інші класи спеціалізованих ІС. Замовна ВІС (логіка стандартних комірок) зі стандартними елементами Використовує бібліотеку раніше розроблених стандартних фрагментів, набір топологій стандартних вузлів і блоків (логічні елементи, буферні елементи, тригери, лічильники, регістри, арифметичні блоки, контролери, оперативна пам'ять, постійна пам'ять тощо). Базові матричні кристали, БМК (Uncommitted Logic Array). це напівзамовна схема; СВМ - універсальний кристал, розміщений на напівпровідниковій пластині. Затвори можуть бути персоналізовані в МРГА (Mask Programmable Gate Array) шляхом формування відповідних з'єднань за допомогою фотолітографії металевого шару, в ЛРГА (Laser Programmable Gate Array) шляхом видалення непотрібних з'єднань або, навпаки, формування необхідних з'єднань за допомогою лазерних променів. персоналізація шляхом видалення непотрібних з'єднань або, навпаки, формування необхідних з'єднань лазерним променем.

3.5 Засоби програмування ПЛІС

Програмування, яке передбачає перемикання елементів ПЛІС для досягнення заданої функції, може здійснюватися різними способами:

- розробка відповідної топології металевих з'єднань (метод маски, подібний до з'єднань ВМС);
- розробка відповідної топології металевих з'єднань (метод маски, подібний до з'єднань ВМС); Розрив металевих з'єднань (випалювання перемичок) або діелектричного шару;
- формування електричних з'єднань;
- зміна стану (провідного або непровідного) транзисторів, до яких підключаються елементи різних каскадів ПЛІС.

Перший спосіб програмування реалізується виробником ІС і широко застосовується під час створення ПЛІС, що входять до складу серійних ВІС, наприклад, мікропроцесорів, контролерів периферійних пристроїв тощо.

Другий і третій способи програмування здійснюються споживачем. ПЛІС із перемичками, що перепалюються, й діелектричними шарами, що пробиваються, дозволяють робити однократне програмування. Програмування за допомогою перемичок. Фрагмент схеми ПЛІС, яка програмується руйнуванням металевих з'єднань (перепалюванням перемичок). а. Це так звані перемички типу fuse. Перемички виготовляють з полікремнію або ніхрому. Перемички мають опір приблизно 10 Ом. Крізь них пропускають імпульси струму, амплітуда яких значно більша, ніж струм зчитування. Перемички розплавляються і електричне коло руйнується. Для руйнування ніхромових і полікремнієвих перемичок застосовується струм 20...50 мА, час розплавлення становить 10...200 мс. 76. У деяких випадках застосовується пробій зворотно зміщеного діоду імпульсом напруги від джерела живлення з низьким вихідним опором. МОП-транзистори з плаваючим затвором. Енергонезалежні ПЛІС, які багаторазово програмуються (перепрограмуються), використовують транзисторну структуру з плаваючим

затвором для перемикання МОП-транзисторів. Останнім часом набули поширення ПЛІС, які електрично стирають записані логічні функції. Транзистори з плаваючим затвором мають закриту провідну ділянку, звану "плаваючим" затвором, у підзатворному діелектрику. У цю область може бути введений заряд, і заряд зберігається. Для введення і виведення заряду використовуються різні механізми, включно з лавинною інжекцією і тунелюванням. Використання елементів пам'яті в статичній пам'яті з довільним доступом. Використовуються елементи пам'яті (RAM). В інших випадках для створення необхідних з'єднань використовується МОП-транзистор, закритий або відкритий стан якого визначається тригером. Ключовий транзистор VT2 перебуває у відкритому або закритому стані і відповідно з'єднує або роз'єднує ділянки електричного кола аb. Стан ключового транзистора задається тригером, а його вихід під'єднується до затвора транзистора VT2.

3.6 Різновиди і характеристики ПЛІС

Існує кілька типів програмованих логічних інтегральних схем (ПЛІС), які відрізняються за рівнем складності та функціональними можливостями. Основні типи ПЛІС: FPGA, . PAL, CPLD, GAL.

PAL (Programmable Array Logic) - це перші програмовані логічні інтегральні схеми, які з'явилися на ринку в 1970-х роках. Вони складаються з AND-матриці та OR-матриці, які можуть бути програмовані для створення будь-якої булевої функції. Однак, PAL має обмежену кількість входів та виходів. Структура PAL дозволяє програмувати логічні функції, що визначають відповідність вхідних сигналів вихідним сигналам. Програмування PAL здійснюється шляхом встановлення відповідних бітів у програмній пам'яті, яка впливає на стан елементів АБО та І. Це дозволяє створювати логічні функції з певними вхідними та вихідними комбінаціями сигналів. Існують різні варіанти PAL з різними

розмірами програмної пам'яті, кількістю входів і виходів, а також різними функціональними можливостями. Загальна структура PAL залишається схожою, але специфікації можуть відрізнятися залежно від конкретної реалізації. Вхід (Input): PAL має набір входних контактів, через які приймаються входні сигнали. Ці сигнали можуть бути логічними 0 чи 1. Програмована матриця І складається з логічних елементів АБО (OR). Кожен елемент АБО отримує свої входні сигнали від входів PAL та формує вихідні сигнали. PAL також містить програмну матрицю АБО (OR-матрицю). Вона отримує вихідні сигнали від елементів АБО в матриці І формує кінцеві вихідні сигнали. PAL має набір вихідних контактів, якими надсилаються кінцеві вихідні сигнали. Ці сигнали можуть бути логічними 0 або 1 в залежності від входних сигналів та програмування PAL. PAL має програмовану пам'ять, яка зберігає інформацію про програмування логічних елементів АБО та елементів І. Ця пам'ять може бути програмована за допомогою спеціального пристрою програмування. PAL містить декодер, який перетворює адресні сигнали з програмної пам'яті в керуючі сигнали для програмування матриці та матриці АБО.

CPLD (Complex Programmable Logic Device) - це програмована логічна інтегральна схема, яка має більшу кількість логічних блоків та входів/виходів, ніж GAL. CPLD зазвичай містить багато малих логічних блоків, які можуть бути програмовані для виконання різних функцій. Цей тип ПЛІС зазвичай використовується для розробки простих електронних пристроїв, таких як контролери та інтерфейсні пристрої. Усі компоненти CPLD (Complex Programmable logic Devices) є програмованими. У блок-схемах використовуються такі позначення. Функціональні блоки (ФБ) використовуються для представлення функціональних блоків, кількість яких, N , залежить від ступеня інтеграції мікросхеми і варіюється в досить широких межах. Кожен ФБ має n макрокомірок МК. Функціональні блоки отримують входні сигнали від програмованої матриці з'єднань ПМЗ. Кількість таких сигналів дорівнює m . Вихідні сигнали ФБ спрямовуються як у ПМЗ, так і в IOBs (блоки введення/виведення) CPLD ПМЗ забезпечує повну комутативність функціональних блоків. Це означає, що сигнали

можуть бути відправлені з будь-якого виходу функціонального блоку на будь-який вхід.

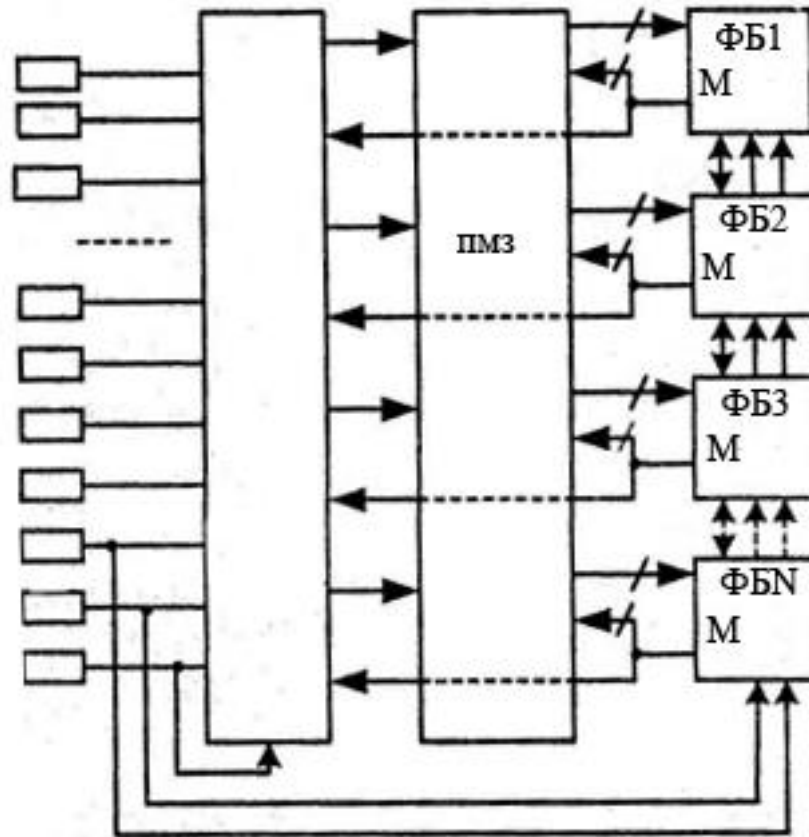


Рисунок 3.7 - Структура CPLD

GAL (Generic Array Logic) - це програмована логічна інтегральна схема, яка має більшу кількість входів та виходів, ніж PAL та PLA. GAL має програмований AND-матрицю та фіксовану OR-матрицю, що дозволяє створювати більш складні функції. Програмований масив I складається з матриці вентилів I. Кожен вхід пристрою GAL може бути підключений до будь-якого з вентилів I в масиві. Це дозволяє створювати складні логічні функції, вибірково вмикаючи або вимикаючи входи. Масив фіксованого АБО відповідає за об'єднання виходів вентилів I для генерації кінцевих виходів пристрою GAL. Масив АБО складається з кількох вентилів АБО, які з'єднані з виходами вентилів I. З'єднання між елементами I та АБО заздалегідь визначені та не можуть бути змінені користувачем. Пристрої GAL мають вихідні буфери, які забезпечують можливість керувати зовнішніми

схемами. Ці буфери підсилюють і формують логічні сигнали, згенеровані масивом АБО, перш ніж вони надсилаються на виходи пристрою.

Пристрої GAL пропонують програмовані з'єднання, які дозволяють користувачам налаштовувати вхідні та вихідні контакти пристрою. Програмуючи з'єднання, користувачі можуть визначати взаємозв'язки між входами, вентилями І та виходами.

Також пристрої GAL містять елементи енергонезалежної пам'яті, як правило, на основі технології електрично стираної програмованої постійної пам'яті (EEPROM), яка зберігає конфігурацію пристрою. Дані конфігурації визначають, як входи підключені до вентилів І, а також як вентиля І підключені до вентилів АБО. Загалом структура GAL дозволяє користувачам створювати власні логічні функції шляхом програмування взаємозв'язків входів, вентилів І та виходів пристрою. Ця гнучкість робить пристрої GAL придатними для широкого спектру застосувань, де необхідно реалізувати певні цифрові логічні функції.

FPGA (Field-Programmable Gate Array) - це найбільш потужний та складний тип ПЛІС. FPGA має велику кількість програмованих логічних елементів, таких як логічні вентиля, блоки пам'яті та інші. FPGA може бути програмована для виконання будь-яких функцій, включаючи процесори, сигнальні процесори та інші складні системи. Загальна структура кристала FPGA має такий вигляд, як на рисунку 3.8.

Проектуванням та виробництвом ПЛІС на даний момент часу займаються декілька десятків провідних фірм та компаній. Лідером у цій галузі є фірма Xilinx (обсяг виробництва тільки у 1-му півріччі 1999 р. склав 211,4 млн. USD). Фірма Xilinx спеціалізується на виробництві ІМС високої якості, зокрема стійких до впливу радіації та інших зовнішніх збурень, що обумовлює широке застосування ПЛІС в аерокосмічній галузі, військовій техніці та в промисловому виробництві. Програмовані логічні ІМС фірми Altera (197,8 млн. USD) займають нішу масових ПЛІС невисокої вартості. Фірма Lattice (59,7 млн. USD) в основному розробляє перепрограмовані мікросхеми CPLD і утримує лідируючі позиції в цій галузі.

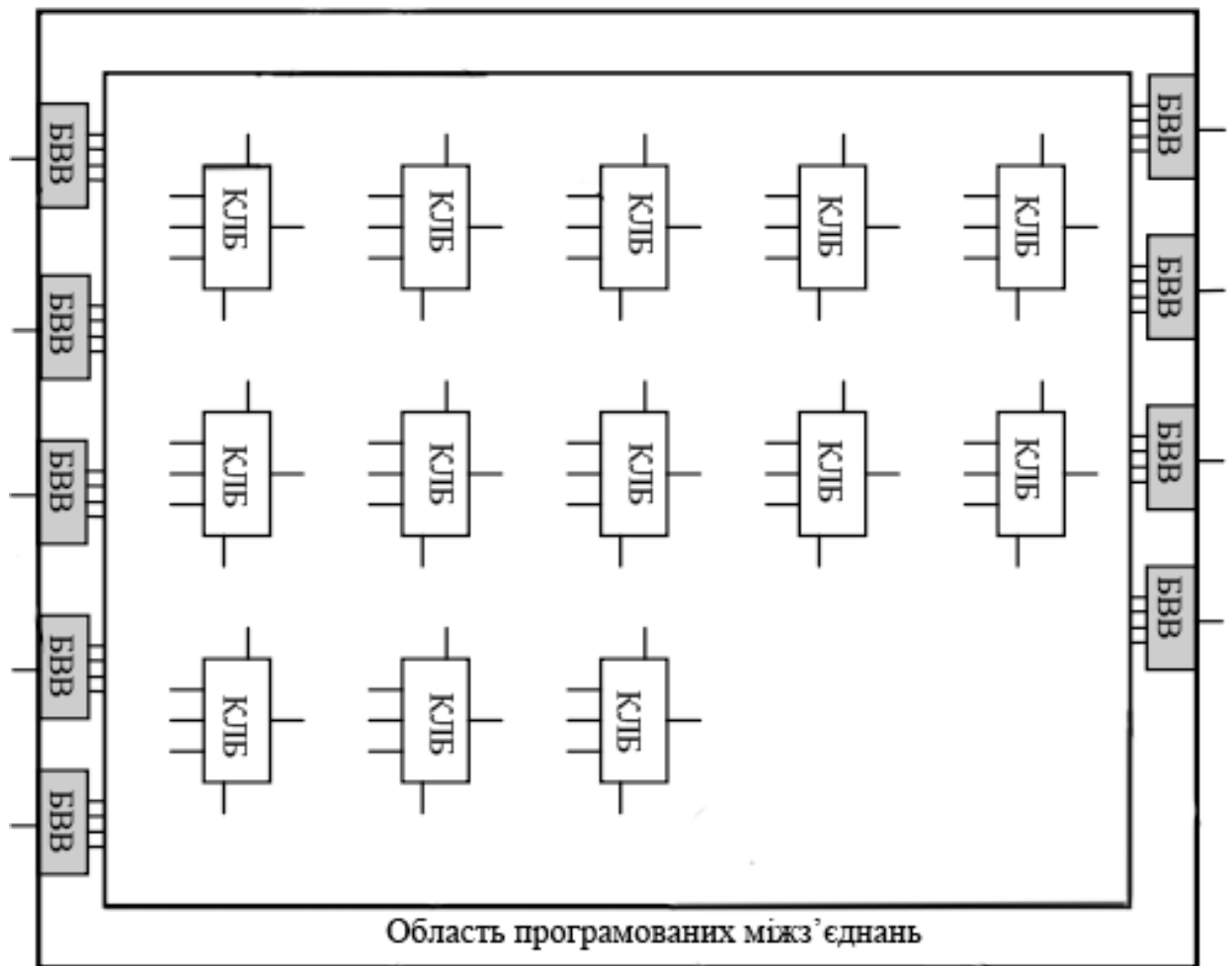


Рисунок 3.8 - Структура FPGA

Навколо верхнього шару кристала розташовані блоки вводу/виводу (БВВ), які можуть бути запрограмовані на виконання буферних функцій, таких як введення, виведення та зберігання станів. Існують блоки введення/виведення (БВВ), які можуть бути запрограмовані на виконання буферних функцій, таких як введення, виведення і зберігання станів. У деяких серіях FPGA-IMS рівень напруги рівні напруги і можуть об'єднувати інтерфейси з різними рівнями потужності. У центрі кристала розташовані конфігуровані конфігуровані. У центрі кристала розташовані логічні блоки (КЛБ). Продуктивність мікросхеми визначається часом. Тимчасова затримка мікросхеми визначається одним КЛБ; структура КЛБ залежить від серії мікросхеми, наприклад, в ІС XC2000 кожен КЛБ має один елемент пам'яті (тригер), два виходи, чотири входи загального

призначення і спеціальний вхід синхронізації (тактовий вхід). КЛБ цієї серії можуть генерувати довільні логічні функції з чотирьох змінних або дві логічні функції з трьох змінних. Змінні логічної функції можуть бути отримані з чотирьох входів і виходу елемента пам'яті. Область між конфігурованими логічними блоками, що конфігуруються називається областю програмованого між'єднання, де розробляється ієрархія металевих ліній зв'язку, а на їх перетинах розміщуються спеціальні високошвидкісні транзистори. Функція області між'єднань полягає в забезпеченні зв'язку між будь-якими виходами КЛБ і БВВ. Необхідний маршрут між'єднання ПЛІС FPGA досягається шляхом комутації відповідних ліній за допомогою транзисторів. Нижній шар кристала займають тіньові запам'ятовуючі пристрої, і інформація в цих елементах визначає логічну функцію КЛБ, конфігурацію БВВ і маршрут між'єднання.

4 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

4.1 Аналіз результатів експерименту та оцінка ефективності системи керування на основі цифрового автомату

Отримавши повністю реалізовану систему функцій, можна переходити до створення безпосередньо схеми системи автоматного керування конвеєром. Схема буде побудована в середовищі ActiveHDL на основі двох JK-тригерів. VHDL код JK-тригера:

Лістинг 4.1 – VHDL код системи автоматного керування конвеєром

```
library ieee;
use ieee.std_logic_1164.all;
entity JK_FF is
port (J, K, Clock, Reset : in std_ulogic;
Q, Qbar : out std_ulogic);
end JK_FF;
architecture sig of JK_FF is
signal state : std_ulogic;
begin
```

```

process (Clock, Reset) is
begin
  if (Reset = '0') then
    state <= '0';
  elsif rising_edge(Clock) then
    case std_ulogic_vector'(J, K) is
      when "11" =>
        state <= not state;
      when "10" =>
        state <= '1';
      when "01" =>
        state <= '0';
      when others =>
        null;
    end case;
  end if;
end process;
Q <= state;
Qbar <= not state;
end sig;

```

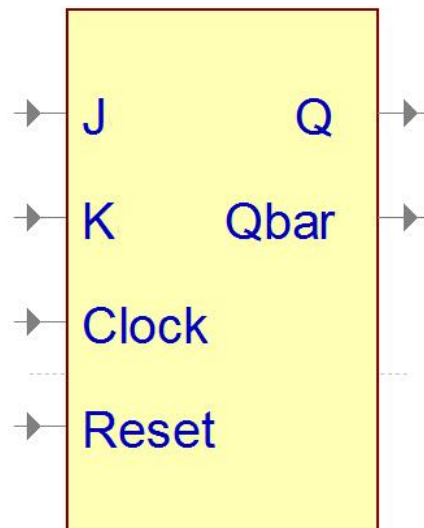


Рисунок 4.1- Умовне позначення JK-тригера в ActiveHDL

де J і K – 2 інформаційних входа;

Clock – вхід синхронізації;

Reset – вхід збросу;

Q і Qbar – відповідно виходи Q і $\bar{Q}$;

Схема системи автоматного керування конвеєром на основі 2 JK-тригерів та логічних елементах і/або в середовищі ActiveHDL буде мати такий вигляд:

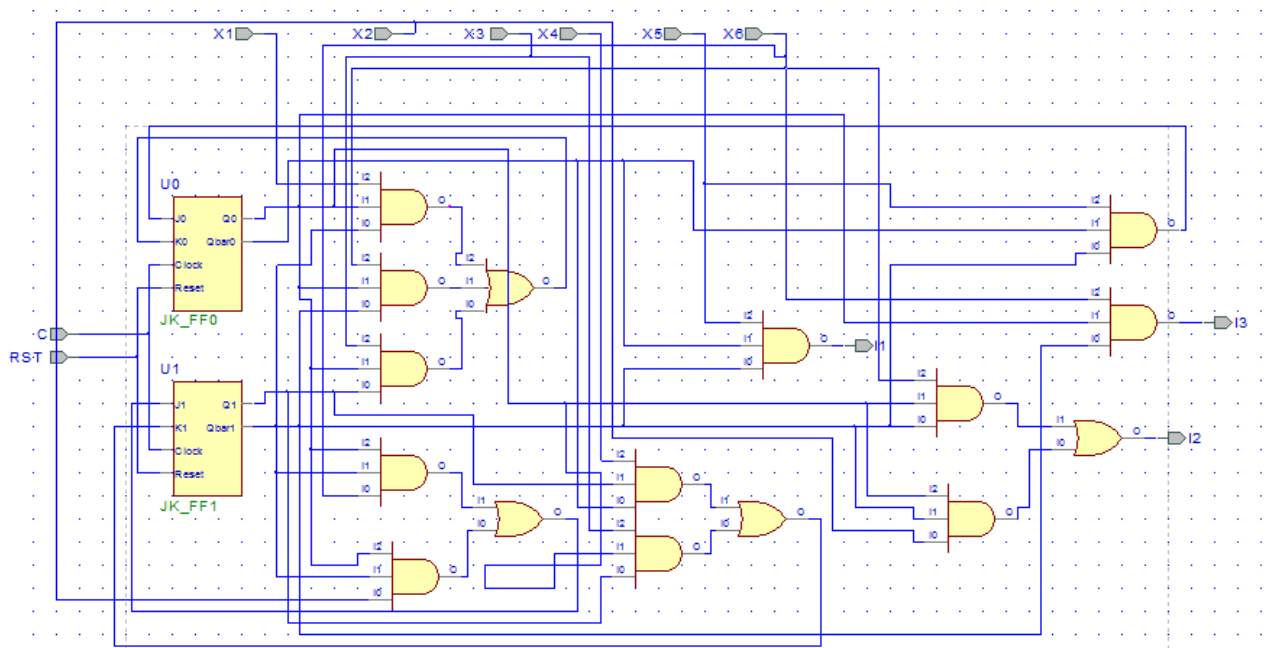


Рисунок 4.2 - Схема САКК

Відлагодивши JK-тригери отримаємо таку часову діаграму:

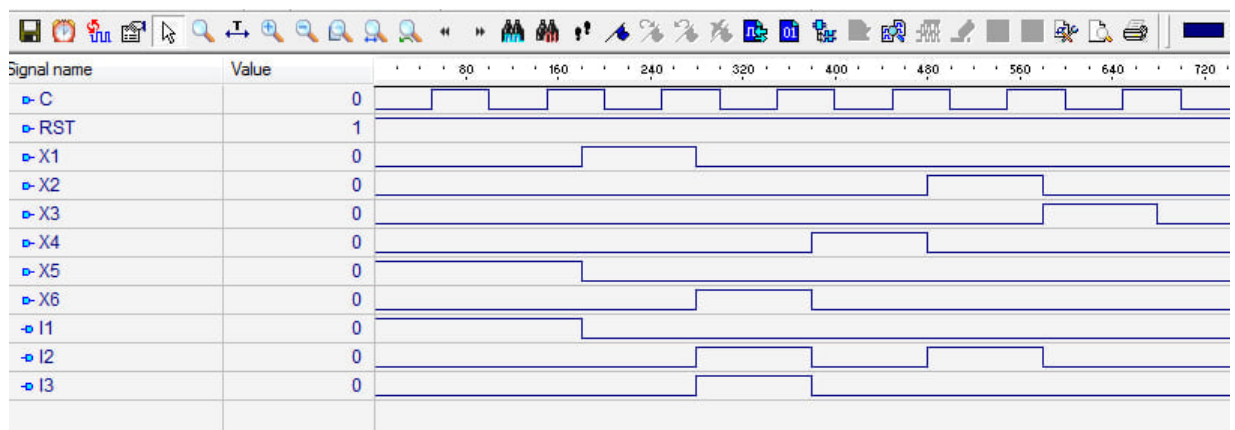


Рисунок 4.3 – Часова діаграма системи автоматного керування конвеєром

На часовій діаграмі можна побачити, що схема системи автоматного керування конвеєром в ActiveHDL працює згідно структурної математичної моделі див. рис 4.2. При натисканні кнопки пуску, сигнал з X_5 доходить до мікросхеми електропривода. Отримуємо сигнал на виході I_1 і системи автоматного керування конвеєр вмикається. При натисканні кнопки зупинки, сигнал X_1 доходить до мікросхеми електропривода. В результаті, сигнал на виході I_1 зникає і конвеєр вимикається. Якщо в процесі роботи конвеєра спрацює

датчик фіксації підвищення температури на барабані, сигнал з X_6 доходить до електропривода. Отримаємо сигнали на виходах I_2 і I_3 , а на I_1 зникне. В результаті, відключиться електропривод системи автоматного керування конвеєром, він зупиниться і перейде в аварійний стан. При ліквідації несправності і натисканні кнопки зняття аварії, сигнал з X_4 доходить до електропривода і сигнали на виході I_2 і I_3 зникають. В результаті, система автоматного керування конвеєром переходить з аварійного стану в стан “очікування”. При натисканні кнопки сходу стрічки, спрацює датчик зупинки, сигнал буде переданий з X_2 до електроприводу, що призведе до отримання сигналів на виході I_2 . Це призведе до відключення електроприводу конвеєра від джерела живлення, що зупинить роботу самої системи автоматного керування конвеєром і перехід в аварійний стан. При ліквідації несправності і натисканні кнопки зняття аварії при сході стрічки, сигнал з X_3 доходить до електропривода і сигнал на виході I_2 зникає. В результаті, система автоматного керування конвеєром переходить з аварійного стану в стан “очікування”.

4.2 Реалізація системи автоматного керування конвеєром на основі програмованої логічної інтегральної схеми

Так як структура схеми дуже проста і невелика, підійде майже будь-яка ПЛІС. Низька ціна, гнучка структура і висока ефективність робить INTEL (ALTERA) EPF8282ALC84-4N найоптимальнішим варіантом серед всіх програмованих логічних інтегральних схем для реалізації системи автоматного керування конвеєром.

Характеристики INTEL (ALTERA) EPF8282ALC84-4N:

- тип мікросхеми: FPGA;
- корпус: PLCC84;
- кількість макроосередків: 208;

- кількість входів/виходів: 68;
- кількість тригерів: 2.5к;
- струм спокою: 10 мА;
- час перемикання: 4нс;
- серія виробника: Flex 8000;
- напруга живлення: 3...3,6В DC. 4,75...5,25В DC.

Взагалі всі мікросхеми типу FPGA досить гнучкі: дуже легко настраюються та можуть бути перепрограмовані для виконання різних завдань, що робить їх придатними для широкого спектру застосувань. FPGA розроблені таким чином, щоб споживати менше електроенергії, ніж традиційні процесори, що робить їх ідеальними для пристроїв, що живляться від акумулятора, або програм, де енергоспоживання є проблемою. Мікросхеми такого типу розроблені як високонадійні та можуть без збоїв працювати в суворих умовах. FPGA забезпечують високу швидкість обробки та низьку затримку, що робить їх ідеальними для додатків, які потребують обробки в реальному часі. Тому всі вищеперелічені плюси роблять INTEL (ALTERA) EPF8282ALC84-4N ідеальним варіантом за досить невелику ціну(1000-1300грн) серед високоефективних ПЛІС.

ВИСНОВКИ

У результаті виконання дипломного проекту була розроблена система автоматного керування конвеєром, яка дозволяє автоматизувати процеси перевезення вантажів на конвеєрах, підвищити продуктивність та ефективність роботи, зменшити кількість помилок, витрат матеріалів і енергії, на основі відносно дешевих програмованих логічно інтегральних схем.

. Для розробки програмного продукту була використана мова програмування VHDL. В якості середовища розробки було використано програмне забезпечення ActiveHDL. В процесі розробки було проведено аналіз і дослідження існуючих систем автоматного керування та їх основні складові, сучасні методи автоматизації конвеєрів, цифрових автоматів.

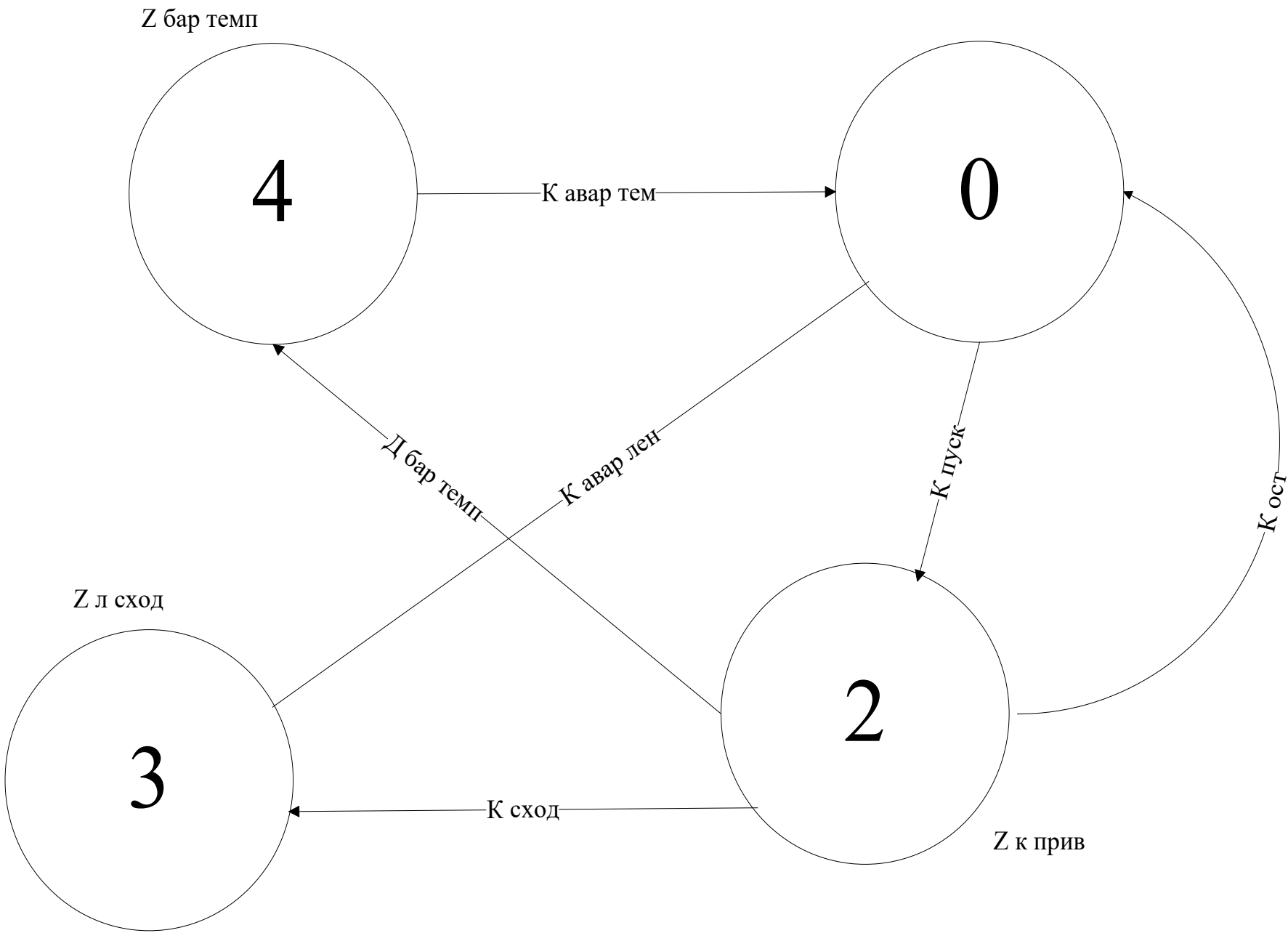
Дослідження існуючих систем автоматного керування може допомогти багатьом підприємствам. Застосування таких систем можливе в різних сферах, наприклад, у транспорті, міському плануванні, екології та інших. Запровадження систем автоматного керування в різних галузях зменшить вплив людського фактору на робочі процеси, збільшить продуктивність та ефективність роботи, що дозволить поліпшити якість продукцій та послуг, мінімізувати витрати і зменшити ризики нещасних випадків на робочому місці.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

- 1 Мартинов І.Е., Равлюк В.Г. Вагоноремонті машини та обладнання: навч. посіб. част. 1 / за ред. Еткало О.О. Харків, 2012. 168с.
- 2 Самофалов К.Г., Романкевич А.М., Валуйский В.Н. Прикладна теорія цифрових автоматів. Київ: Вища шк., 1987. 369 с.
- 3 Бубліков А. В., Козар, М. В., Проценко С. М., Стаднік М. І, Чернишев В. П, Шаруда В. Г. В.В. Ткачов Е.Д. Автоматизація технологічних процесів підземних гірничн робіт / за заг. ред. В.В. Ткачова. Дніпропетровськ : НГУ, 2012. 304с.
- 4 Рябенський В.М., Жуйков В.Я., Гулий В.Д. Цифровасхемотехніка: навч. посіб. Львів: Новийсвіт. 2000, 2009, 736с.
- 5 Бабич М. П., Жуков І.А. Комп'ютерна схемотехніка: навч. посіб. К.: "МП – Прес", 2004. 412с.
- 6 Гавриленко С. Ю. Теорія цифрових автоматів та формальних мов. Вступний курс : навч. посібник /, Клименко А. М., Любченко Н.Ю. та ін. – Харків : НТУ "ХПІ", 2011. 176 с.
- 7 Коробко М.М. Стрічкові конвеєри: навч. посіб. – Київ., 2014. 90 с.
- 8 Цифрова схемотехніка : підручник / О. А. Борисенко. – Суми : Сумський державний університет, 2016. 200 с.
- 9 Невлюдов І.Ш., Новоселов С.П., Сичова О.В. Технологія програмування промислових контролерів в інтегрованому середовищі CODESYS: навч. посіб. Харків: ХНУРЕ, 2019 . 264 с.
- 10 Мірошник М. А., Клименко Л. А., Корольова Я. Ю. Технології та автоматизація проєктування цифрових пристроїв пристроїв складних комп'ютерних систем на ПЛІС: навч. посіб. Харків, 2021. 221с.
- 11 Бондаренко І.М., Бородін О.В., Карнаушенко В.П. Сучасна компонентна база електронних систем: навч. посіб. Харків, 2020. 269с.

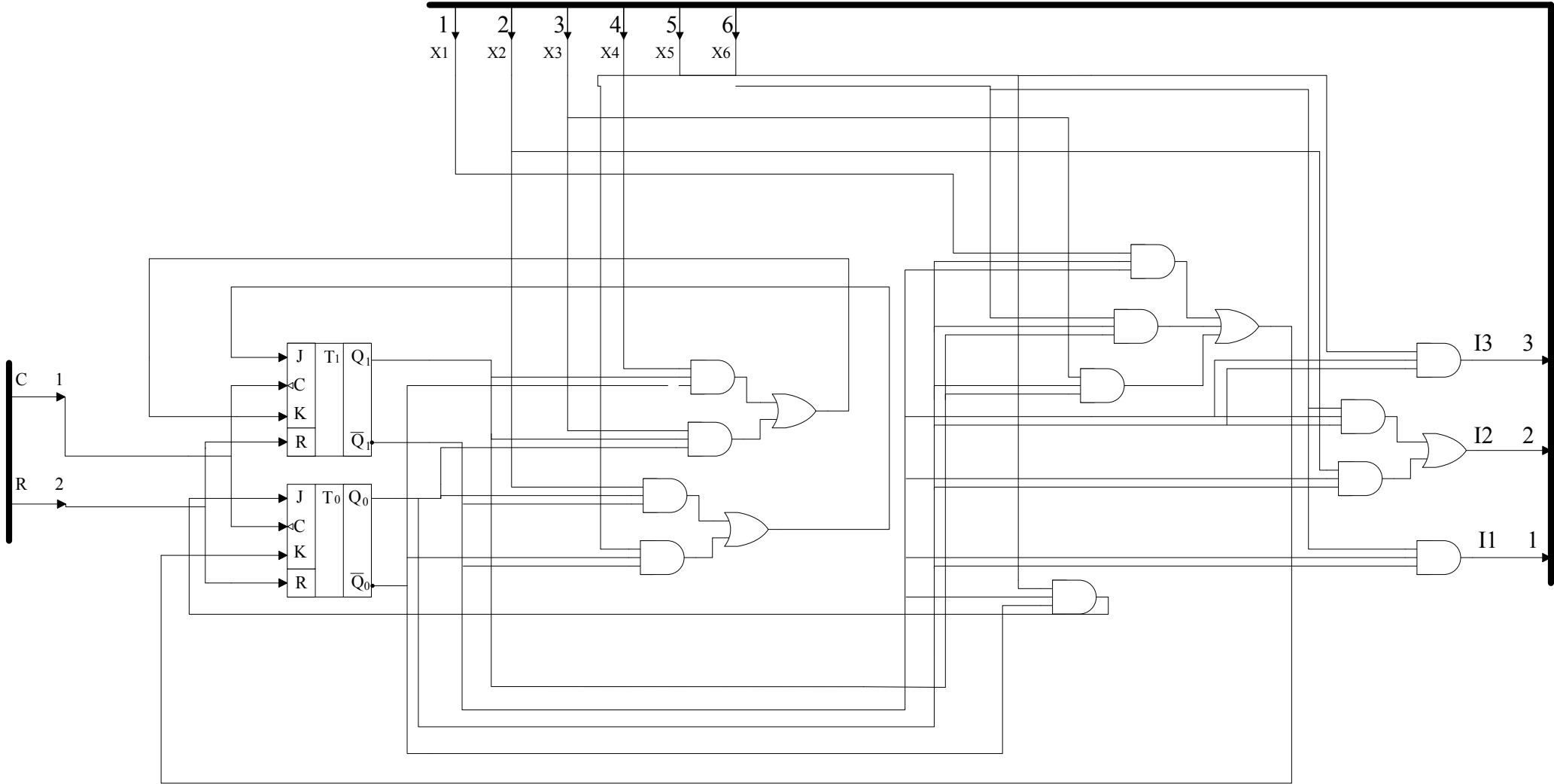
Математична модель автоматичного управління конвеєром

- Z бар темп - сигнал діагностики при підвищенні температури барабана у конвеєрі;
- Z л сход - сигнал діагностики при сході ленти у конвеєра;
- Z л сход - сигнал на включення в роботу конвеєра;
- К авар тем—кнопка зняття аварії від підвищення температури в барабані конвеєра;
- К авар лен—кнопка зняття аварії від сходу ленти у конвеєрі;
- Д Бар темп—датчик фіксаціїпідвищення температури на барабані у конвеєрі;
- Ксход—кнопка сходу ленти у конвеєрі;
- Кост—кнопка зупинки конвеєра;
- Кпуск—кнопка включенняконвеєрав роботу;



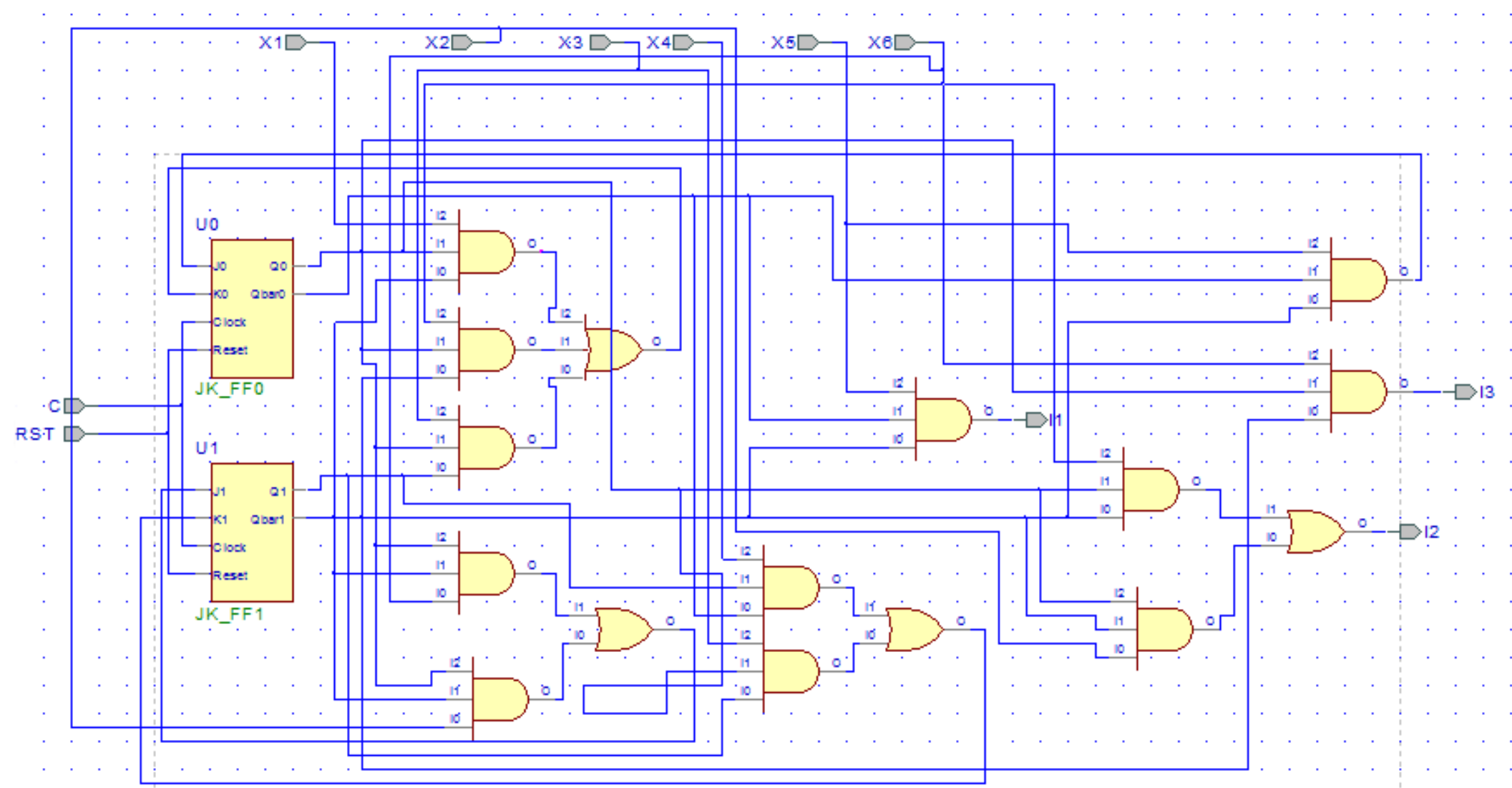
					13.02070849.51906 ПЛ1							
					Розробка системи автоматного керування конвеєром	Лит.			Маса		Масшт.	
Зам.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата	Математична модель автоматичного управління конвеєром							
Розроб.		Демчан Д.С.										
Перев.		Грушко С.С.										
Т.контр.						Лист 1			Листів 1			
Н.контр.		Щербак Н.В.				НУ «Запорізька політехніка»						
Затв.		Кудерметов Р.К.				КНТ-519						

Структурна схема системи автоматного керування



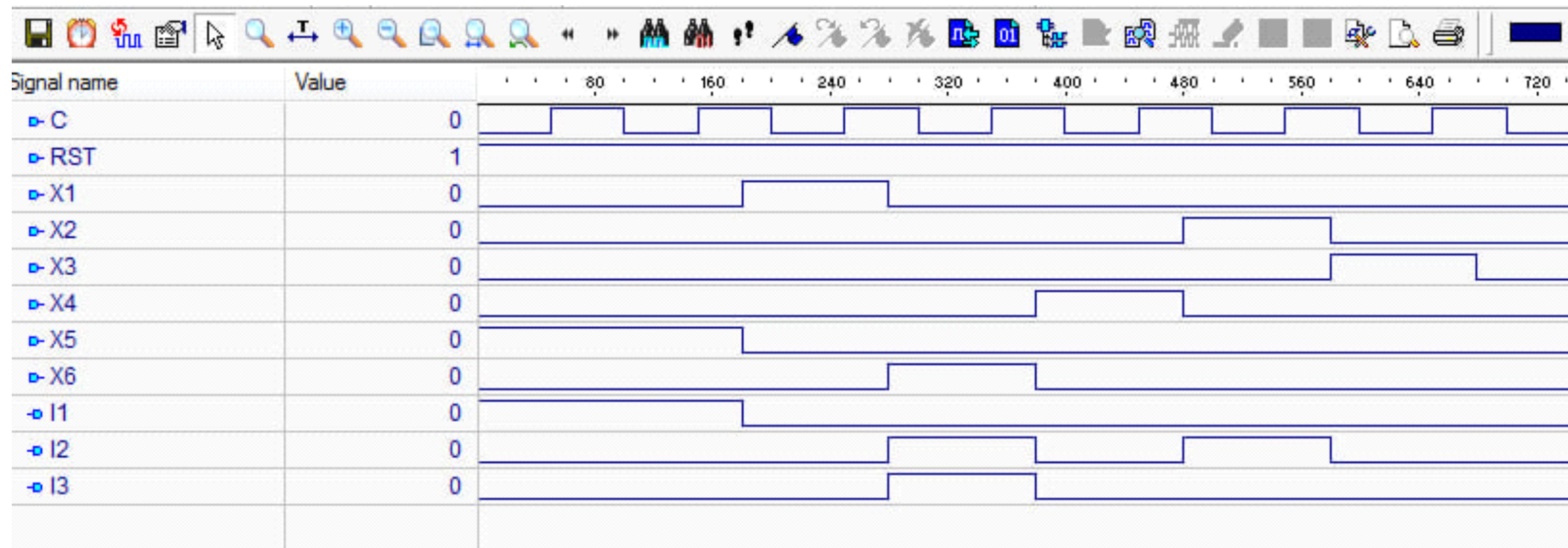
					13.02070849.51906 ПЛ2						
					Розробка системи автоматного керування конвеєром Структурна схема системи автоматного керування	Лит.		Маса		Масшт.	
Зам.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата							
Розроб.		Демчан Д.С.									
Перев.		Грушко С.С.									
Т.контр.						Лист 1		Листів 1			
Н.контр.		Щербак Н.В.				НУ «Запорізька політехніка» КНТ-519					
Затв.		Кудерметов Р.К.									

Схема системи автоматного керування конвеєром



					13.02070849.51906 ПЛЗ						
					Розробка системи автоматного керування конвеєром Схема системи автоматного керування конвеєром	Лит.		Маса		Масшт.	
Зам.	Лист.	№ докум.	Під.	Дата							
Розроб.		Демчан Д.С.									
Перев.		Грушко С.С.									
Т.контр.						Лист 1		Листів 1			
Н.контр.		Щербак Н.В.				НУ «Запорізька політехніка» КНТ-519					
Затв.		Кудерметов Р.К.									

Часова діаграма системи автоматного керування конвеєром



					13.02070849.51906 ПЛ4				
					Розробка системи автоматного керування конвеєром Часова діаграма системи автоматного керування конвеєром	Лит.		Маса	Масшт.
Зам.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата					
Розроб.		Демчан Д.С.							
Перев.		Грушко С.С.							
Т.контр.									
						Лист 1		Листів 1	
Н.контр.		Щербак Н.В.				НУ «Запорізька політехніка»			
Затв.		Кудерметов Р.К.				КНТ-519			