

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавр

Освітній рівень

Автоматизована пакувальна машина

Назва теми

КвРАКІТ. 2020046.01.02.ПЗ

Галузь знань 15 «Автоматизація та приладобудування»

Шифр, назва

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

Шифр, назва

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

Назва

Виконав:

студент 3 курсу, група АКІТ_с-20-1



Підпис

Віталій СНИГУР

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник:

д-р техн. наук, проф.



Підпис, дата

Валерій МАРТИНЮК

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Нормоконтролер



Підпис, дата

Людмила КОРЕЦЬКА

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

До захисту допускаю:

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



Підпис, дата

Валерій МАРТИНЮК

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

«23» червня 2023 р.

Хмельницький 2023

Хмельницький національний університет

Факультет інформаційних технологій

Кафедра автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки

Освітній рівень перший (бакалаврський)

Галузь знань 15 – Автоматизація та приладобудування

Спеціальність 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Освітня-професійна програма Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедрою АКІТ та Р

В. Мартинюк

«01» _____ 02 _____ 2023р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ





Снігур Віталій Олегович

1. Тема роботи: Автоматизована пакувальна машина
керівник роботи Мартинюк В.В., д.т.н, професор
Затверджено наказом по університету від «01» березня 2023р. №5.
2. Строк подання студентом роботи на кафедру: 03.06.2023р.
3. Вихідні дані до проекту (роботи) Завдання на дипломне проектування
4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
Вступ. Огляд літературних джерел та патентних даних. Основна частина.
Розробка системи керування автоматизованою пакувальною машиною.
Висновки.
5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень).
 1. Структурна схема системи керування автоматизованою пакувальною машиною.
 2. Імітаційна модель пропорційно-інтегрально-диференційного регулятора.
 3. Графік зміни крутного моменту крокового двигуна у часі при використанні пропорційно-інтегрально-диференційного регулятора.

Завдання отримав 

Науковий керівник 

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

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


7. Дата видачі завдань « 01 » 02 2023 р.


КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН


№ п/п	Назва етапів (розділів) дипломної роботи	Строк виконання етапів дипломної роботи	Примітка
1	Вступ	15.02.2023р.	Виконано
2	Огляд літературних джерел та патентних даних	15.03.2023р.	Виконано
3	Основна частина	10.04.2023р.	Виконано
4	Розробка системи керування автоматизованою пакувальною машиною	10.05.2023р.	Виконано
5	Висновки	15.05.2023р.	Виконано
6	Оформлення пояснювальної записки до КРБ	25.05.2023р.	Виконано
7	Оформлення презентаційних матеріалів	1.06.2023р.	Виконано


Студент

Керівник роботи


Підпис


В.О. Свірид
Ініціали, прізвище


Підпис


В.В. Морозов
Ініціали, прізвище

АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Автоматизована пакувальна машина».

Автор роботи: Снігур Віталій Олегович.

Керівник роботи: Мартинюк Валерій Володимирович

Пояснювальна записка: 65 с., 18 рис., 1 дод., 40 джерел.

Графічна частина: 3 креслення.

АВТОМАТИЗОВАНА ПАКУВАЛЬНА МАШИНА, ПРОЦЕС ПАЛЕТУВАННЯ ТА ДЕПАЛЕТУВАННЯ, МІКРОКОНТРОЛЕРНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ.

Мета кваліфікаційної роботи – розробка автоматизованої пакувальної машини, яка використовується для пакування, шляхом розробки алгоритму взаємодії їх мікроконтролерної системи керування та комп'ютера в реальному масштабі часу.

Розроблено та промодельовано пропорційно-диференційний регулятор автоматизованої пакувальної машини. Пропорційно-інтегрально-диференційний регулятор (ПІД-регулятор або тричленний регулятор) - це механізм контуру керування, що використовує зворотний зв'язок, який широко використовується в промислових системах керування та в багатьох інших додатках, що вимагають безперервного модульованого керування. Виконано аналіз продуктивності та ефективності автоматизованої пакувальної машини.



Підпис студента

23.06.2023

Дата

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ ТА ПАТЕНТНИХ МАТЕРІАЛІВ .	6
1.1. Особливості автоматизованої пакувальної машини.....	6
1.2. Автоматизований процес палетування та депалетування.....	10
1.3. Особливості системи керування автоматизованою пакувальною машиною	13
1.4. Висновки до першого розділу.....	17
2. ОСНОВНА ЧАСТИНА.....	18
2.1. Модель автоматизованої пакувальної машини.....	18
2.2. Розробка захвату утримання.....	25
2.3. Конструкція шасі пакувальної машини.....	28
2.4. Висновки до другого розділу.....	29
3. РОЗРОБКА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЮ ПАКУВАЛЬНОЮ МАШИНОЮ.....	30
3.1. Розробка структурної схеми системи керування автоматизованою пакувальною машиною.....	30
3.2. Розробка пропорційно-диференційного регулятора автоматизованої пакувальної машини.....	33
3.3. Розробка пропорційно-інтегрально-диференційного (ПІД) регулятора автоматизованої пакувальної машини.....	40
3.4. Аналіз продуктивності та ефективності автоматизованої пакувальної машини.....	45
3.5. Висновки до третього розділу.....	49
ВИСНОВКИ.....	51
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	53
Додатки.....	59

				КВРАКІТ . 2020046.01.02.ПЗ				
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата	Автоматизована пакувальна машина	Літера	Аркуш	Аркушів
Виконав		Снігур В.О.		23.06.23		у	2	58
Перевір		Мартинюк В.В.		23.06.23р	Пояснювальна записка	ХНУ, АКІТс-20-1		
Т.Конт		Корецька Л.О.		23.06.23				
Н.контр.		Мартинюк В.В.		23.06.23р.				
Затвер.								

ВСТУП

Актуальність теми. Багато продуктів упаковують у коробки правильної форми та складають на стандартних піддонах для транспортування. Роботи зазвичай використовуються для палетування та депалетування коробок, оскільки їх можна запрограмувати на пересування по масиву позицій коробок шар за шаром.

Хоча палетування є більш поширеним, ніж депалетування, немає суттєвої функціональної різниці у вимогах до маніпуляцій. Коли використовуються стандартні сервоприводи, точність і повторюваність зазвичай будуть набагато кращими, ніж необхідна точність позиціонування коробки.

Палетування зазвичай вимагає чотирьох осей контрольованого руху - три для перекладу та четвертий для відхилення, щоб орієнтувати коробку.

Актуальність роботи обумовлена розробкою автоматизованої пакувальної машини, яка використовується для палетування.

Метою роботи є розробка автоматизованої пакувальної машини, яка використовується для пакування, шляхом розробки алгоритму взаємодії їх мікроконтролерної системи керування та комп'ютера в реальному масштабі часу.

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

- розробити структурну схему автоматизованої пакувальної машини;
- розробити алгоритм роботи автоматизованої пакувальної машини;
- розробити програму роботи автоматизованої пакувальної машини.

Об'єктом дослідження є процес керування автоматизованою пакувальною машиною.

Предметом дослідження є системи автоматичного керування автоматизованої пакувальної машини.

Методи досліджень. При вирішенні поставлених завдань у роботі були використані методи теорії керування, теорії кіл та методи алгоритмізації та програмування.

Практична значимість отриманих результатів:

У роботі розроблена автоматизована пакувальна машина та програмне забезпечення її роботи. Використання автоматизованої пакувальної машини дозволяє підвищити ефективність пакування в автоматизованому режимі.

Кваліфікаційна робота складається із вступу, трьох розділів, висновків до кожного розділу, висновків, списку використаних джерел, 1 додатку. Загальний обсяг роботи складає 59 сторінок комп'ютерного тексту, у тому числі: 33 рисунки, список використаних джерел вміщує 23 найменувань.

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

В першому розділі були розглянуті наступні питання: особливості автоматизованої пакувальної машини, автоматизований процес палетування та депалетування та особливості системи керування автоматизованою пакувальною машиною.

У другому розділі розглянута модель автоматизованої пакувальної машини, розроблено захват утримання та конструкцію шасі пакувальної машини.

У третьому розділі розроблено структурну схему системи керування автоматизованою пакувальною машиною, розроблено пропорційно-диференційний регулятор автоматизованої пакувальної машини, розроблено пропорційно-інтегрально-диференційний (ПІД) регулятор автоматизованої пакувальної машини та проаналізовано продуктивність та ефективність автоматизованої пакувальної машини.

					КвРАКІТ. 2020046.01.02.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		5

1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ ТА ПАТЕНТНИХ МАТЕРІАЛІВ

1.1 Особливості автоматизованої пакувальної машини

Роботи з циліндричними координатами користуються перевагою під час палетування, оскільки вони мають великий вертикальний підйом і компактну площу, що забезпечує більшу площу підлоги в робочому просторі для конвеєрів і піддонів. Якщо потрібен більший робочий простір, слід використовувати порталних роботів. Безперервні робочі цикли не є рідкістю, і потужність робота важлива для максимізації пропускної здатності.

Найбільш технічно складним аспектом проектування системи є захват. Вакуумні захвати популярні для підйому ящиків за верхню частину, але іноді потрібні інші більш складні способи захоплення. Корисне навантаження має бути ретельно розташоване відносно зап'ястя робота та інших ланок, щоб збалансувати гравітаційне та динамічне навантаження.

Зміщення навантаження під час рухів із високим прискоренням може призвести до падіння або неправильного розташування ящика. Масиви позицій палетування зазвичай навчаються або програмуються відносно кута або трапецієподібного положення ящика як орієнтира, щоб весь масив можна було зрушити шляхом перевизначення цієї однієї позиції.

Програми прості та легко модифікуються для адаптації до змін розмірів коробки. Контроль здійснюється шляхом перевірки стану дискретних датчиків наближення та вакууму.

Датчик наближення, встановлений на захваті, покаже, чи знаходиться об'єкт у очікуваному місці; або той самий простий датчик наближення може бути використаний, щоб зупинити робота в правильному місці, щоб підняти коробку зі стопки невідомої висоти, коли зустрічається верхня частина коробки.

Вакуумні реле тиску часто використовуються для перевірки отримання даних за допомогою присоски. Простий безконтактний перемикач можна використовувати для сигналізації про присутність очікуваного пакету в точці отримання. Завдяки ретельному розрахунку часу та за допомогою додаткових датчиків можна транспортувати предмети до та з рухомих конвеєрів.

Процес упакування - це комбінація дій палетування та складання. Сукупність об'єктів, які можуть бути не ідентичними, вставляється в коробку чи інший контейнер. Робот також може знадобитися для складання, розміщення кріплення, запечатування або маркування пакунка.

Для розміщення предметів у коробку можна просто розмістити предмет над отвором упаковки та скинути його в упаковку. Коробки найчастіше постачаються частково зібраними, роздрукованими та складеними. Зазвичай люди-оператори або спеціальна машина відкривають і готують коробку для пакування; рідко робот буде використовуватися для цієї мети.

Часто робота можна використовувати для розміщення в коробці роздільників картонних шарів, пінопласту або картонних утримуючих форм та іншого захисного матеріалу. Нарешті, робот може виконувати операції запечатування та маркування.

Предмети упаковки можуть вимагати складних рухів типу складання, таких як обертання та вигнуті рухи, щоб очистити інші упаковані предмети. Може знадобитися рух від трьох до шести осей.

Пакування предметів різних розмірів, форм та інших різноманітних фізичних властивостей в один пакет потенційно може ускладнити вимоги до руху та інструментів. Захвати можуть бути сконструйовані з декількома функціями або вони можуть бути сконструйовані для заміни роботом на стелажах для зберігання інструментів.

Коли пропускна здатність матеріалу висока, один робот може бути призначений для кожного предмета упаковки. Використовуються прості методи програмування, такі як машинне навчання. Дискретні датчики корисні для моніторингу стану захоплення предметів у пакунку.

За кузнями, процесом штампування, деякими верстатами та формувальними машинами зараз зазвичай доглядають роботи. Історично ці типи машин завантажували люди-оператори. Зараз ці роботи вважаються надто важкими та шкідливими.

Важливою перевагою завантаження роботизованої машини є покращена якість продукту в результаті послідовних машинних циклів. Роботи усувають неузгодженості навантажень, які виконує людина, і в результаті цикл можна точно повторити.

Для процесів лиття з нагріванням, штампування та кування формування та випуск деталей чутливих до теплового стану машини, якщо машина залишається відкритою для завантаження протягом різного часу кожного циклу, значні коливання охолодження призводять до потенційного залипання та геометричних дефектів.

Коли використовуються роботи, процес може бути налаштований на послідовний цикл завантаження робота. Завантаження машини

зазвичай є більш вимогливим, ніж інші програми обробки матеріалів, оскільки орієнтація та розміщення деталей є критичними та можуть вимагати механізмів місцезнаходження, таких як штифти інструментів і колодки та/або сенсорна логіка щоб гарантувати взаємодію між роботом і обслуговуваною машиною.

Точність зазвичай не є важливим фактором, оскільки станції завантаження постійно розташовані в робочому просторі робота, але вимоги до повторюваності можуть становити лише кілька тисячних дюйма.

Захвати для завантаження машини також можуть вимагати інструментальних штифтів і накладок для розташування та орієнтації частин і точного з'єднання з пристосуванням для утримання деталей машини. Захват може з'єднатися з утримуючим пристосуванням, а потім перенести деталь, коли зазори для завантаження дуже вузькі.

Весь діапазон типів, розмірів і конфігурацій роботів використовується для обслуговування машини. Роботи з шарнірною рукою потрібні, коли для транспортування деталей потрібне спритне маніпулювання крізь лабіринт затискачів, шпинделів та інших виступів і перешкод, які зустрічаються на деяких машинах, або коли для завантаження необхідно змінити орієнтацію деталей.

Програмування позиції зазвичай здійснюється шляхом навчання. Загально прийнято контролювати дискретні датчики в захваті та завантаженій машині, щоб забезпечити належне завантаження перед циклом технологічної машини.

Окремі частини часто сортуються під час виробництва, як правило, як умова передачі до наступної виробничої станції. Характеристики сортування зазвичай розподіляються якимось

непередбачуваним чином, тому потрібна індивідуальна перевірка та обробка.

Різниця між сортуванням та іншими роботами-завантажувачами полягає в тому, що розміщення деталей базується на інформації, отриманій під час сортування. Робот повинен мати функції програмування, щоб підтримувати виконання кількох попередньо запрограмованих шляхів, ініційованих умовами логічного результату сортування.

1.2 Автоматизований процес палетування та депалетування

Багато продуктів упаковують у коробки правильної форми та складають на стандартних піддонах для транспортування. Роботи зазвичай використовуються для палетування та депалетування коробок, оскільки їх можна запрограмувати на пересування по масиву позицій коробок шар за шаром.

Хоча палетування більш поширене, ніж депалетування, немає суттєвої функціональної різниці у вимогах до маніпулювання. Коли використовуються стандартні сервоприводи, точність і повторюваність зазвичай будуть набагато кращими, ніж необхідна точність позиціонування коробки. Палетування зазвичай вимагає чотирьох осей контрольованого руху - три для перекладу та четвертий для відхилення, щоб орієнтувати коробку.

Роботи з циліндричними координатами користуються перевагою під час палетування, оскільки вони мають великий вертикальний підйом і компактну площу, що забезпечує більшу площу підлоги в робочому просторі для конвеєрів і піддонів. Якщо потрібен більший робочий простір, необхідно використовувати порталні роботи. Безперервні

робочі цикли не є рідкістю, і потужність робота важлива для максимізації пропускної здатності.

Найбільш технічно складним аспектом проектування системи є захват. Вакуумні захвати популярні для підйому ящиків за верхню частину, але іноді потрібні інші більш складні способи захоплення.

Корисне навантаження має бути ретельно розташоване відносно зап'ястя робота та інших ланок, щоб збалансувати гравітаційне та динамічне навантаження.

Зміщення навантаження під час рухів із високим прискоренням може призвести до падіння або неправильного розташування ящика. Масиви позицій палетування зазвичай навчаються або програмуються відносно кута або трапецієподібного положення ящика як орієнтира, щоб весь масив можна було зрушити шляхом перевизначення цієї однієї позиції.

Програми прості та легко модифікуються для адаптації до змін розмірів коробки. Контроль здійснюється шляхом перевірки стану дискретних датчиків наближення та вакууму.

Датчик наближення, встановлений на захваті, покаже, чи знаходиться об'єкт у очікуваному місці; або той самий простий датчик наближення може бути використаний, щоб зупинити робота в правильному місці, щоб підняти коробку зі стопки невідомої висоти, коли зустрічається верхня частина коробки.

Вакуумні реле тиску часто використовуються для перевірки отримання даних за допомогою присоски. Простий безконтактний перемикач можна використовувати для сигналізації про присутність очікуваного пакету в точці отримання. Завдяки ретельному розрахунку часу та додатковим датчикам можна транспортувати предмети до та з рухомих конвеєрів.

Процес упакування - це комбінація дій палетування та складання. Сукупність об'єктів, які можуть бути не ідентичними, вставляється в коробку чи інший контейнер.

Робот також може знадобитися для складання, розміщення кріплення, запечатування або маркування пакунка. Для вставлення може знадобитися просто розмістити предмет упаковки над отвором упаковки та скинути його.

Коробки найчастіше постачаються частково зібраними, роздрукованими та складеними. Зазвичай люди-оператори або спеціальна машина відкривають і готують коробку для пакування; рідко робот буде використовуватися для цієї мети.

Часто робота можна використовувати для розміщення в коробці роздільників картонних шарів, пінопласту або картонних утримуючих форм та іншого захисного матеріалу. Нарешті, робот може виконувати операції запечатування та маркування.

Предмети упаковки можуть вимагати складних рухів типу складання, таких як обертання та вигнуті рухи, щоб очистити інші упаковані предмети. Може знадобитися рух від трьох до шести осей.

Пакування предметів різних розмірів, форм та інших різноманітних фізичних властивостей в один пакет потенційно може ускладнити вимоги до руху та інструментів.

Захвати можуть бути сконструйовані з декількома функціями або вони можуть бути сконструйовані для заміни роботом на стелажах для зберігання інструментів.

Коли пропускна здатність матеріалу висока, один робот може бути призначений для кожного предмета упаковки. Використовуються прості методи програмування, такі як навчання програмуванню. Дискретні датчики корисні для моніторингу стану захоплення предметів у пакунку.

1.3 Особливості системи керування автоматизованою пакувальною машиною

Машина - це динамічні системи, розроблені для спеціальних цілей. Якщо цілі визначені як вихідні дані та директиви, які викликають вхідні дані цілей, тоді будь-яку машину можна визначити за допомогою наступної узагальненої структурної схеми, яка зображена на рисунку 1.1.

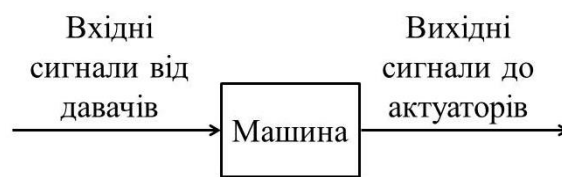


Рисунок 1.1 - Узагальнена структурна схема машини

Система керування - це комбінація компонентів, які діють разом таким чином, що загальна машина/система виконувала операції автоматично заздалегідь визначеним алгоритмом.

Існують два базових принципи керування машинами.

1. Керування з розімкнутим контуром.
2. Керування із замкнутим контуром.

Система з розімкнутим контуром керування - це система, вхід якої не залежить від виходу, як зображено на рисунку 1.2.

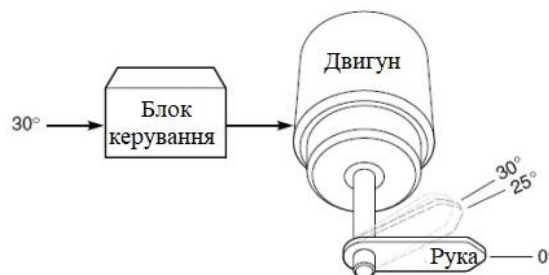


Рисунок 1.2 - Система з розімкнутим контуром керування

У системах з розімкнутим контуром керування, якщо продуктивність системи незадовільна, контролер (через відсутність зворотного зв'язку) нічого не робить для покращення продуктивності.

Система із замкнутим контуром керування - це система, вхідні дані якої залежать від виходу. Системи із замкнутим контуром керування відрізняються від систем із розімкнутим контуром керування.

Відмінність полягає у тому, чи повертається на вхід системи інформація, що стосується виходу системи, чи ні. Ця дія називається зворотним зв'язком і відіграє найважливішу роль у системах керування.

У системах із замкнутим контуром керування контролер діє таким чином, щоб підтримувати продуктивність системи в задовільних межах, як зображено на рисунку 1.3. Термін проектування системи керування особливо використовується для проектування систем керування із замкнутим контуром.

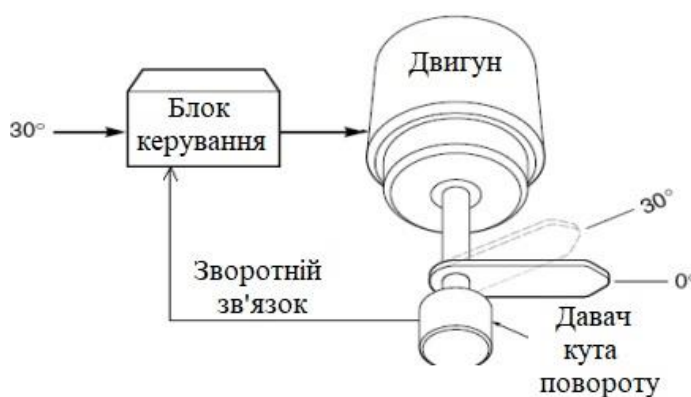


Рисунок 1.3 - Система із замкнутим контуром керування

Системи керування, які використовуються для керування змінними термічної/хімічної промислової обробки, такими як температура, тиск, об'єм тощо, називаються системами керування процесами.

Системи керування, які використовуються для керування такими змінними руху, як положення, швидкість, сила тощо, називаються системами керування рухом. На рисунку 1.4 зображено систему керування рухом.

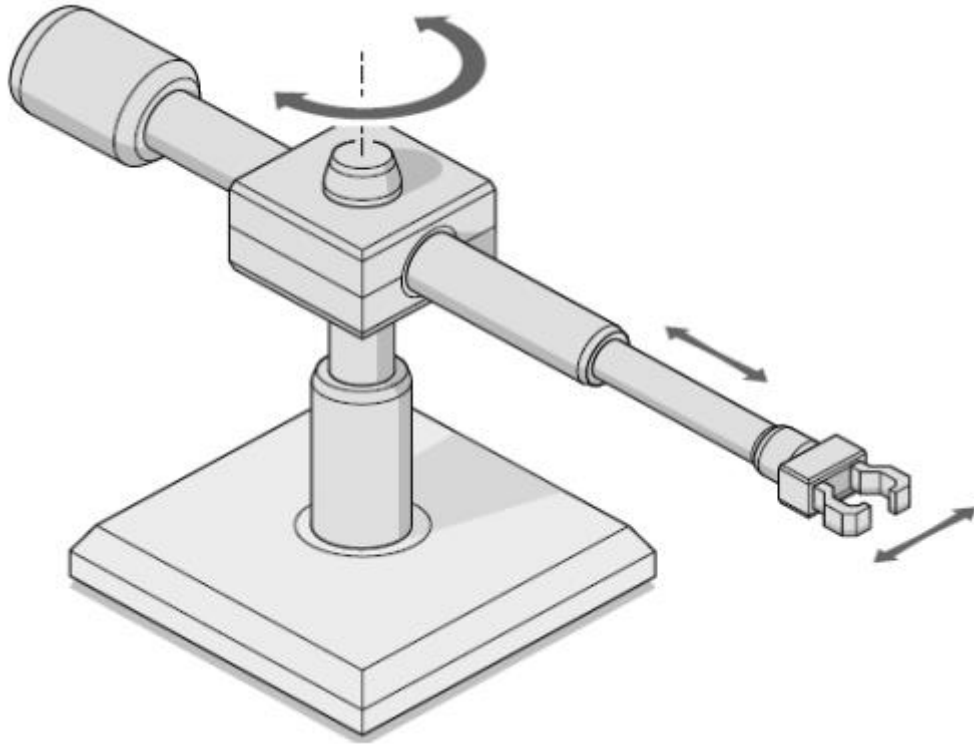


Рисунок 1.4 - Система керування рухом

Елемент, призначений для виправлення помилки із заданим і вимірним виходом, називається контролером. Контролер може бути аналоговим (інтегральні схеми на основі опору, конденсатора та підсилювача) або цифровим (мікроконтролери, ПК тощо).

Структурна схема системи керування зображена на рисунку 1.5. До складу структурна схема системи керування входять наступні блоки.

1. Контролер.
2. Актуатор.
3. Об'єкт керування.

4. Давач.

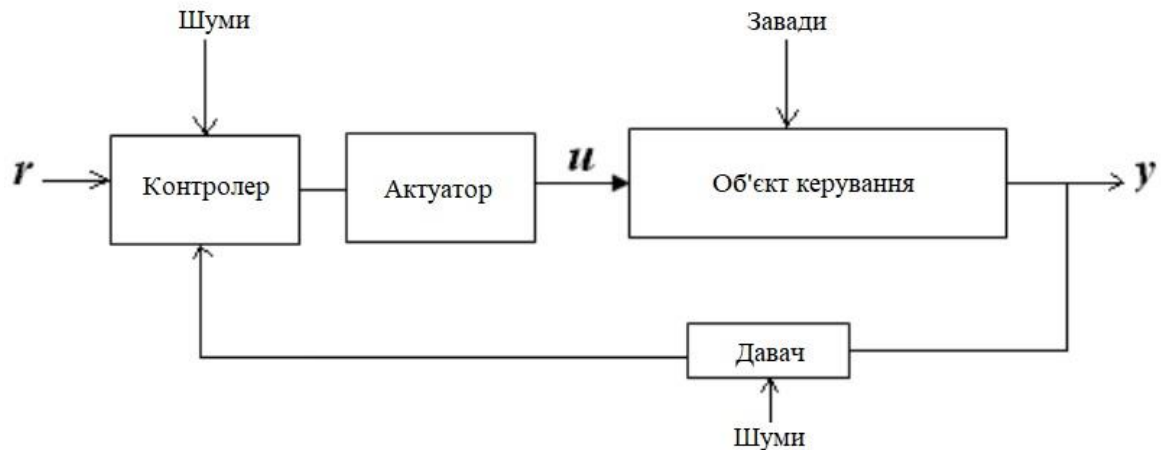


Рисунок 1.5 - Структурна схема системи керування

Актуатор - це пристрій, який може впливати на керовану змінну об'єкта керування. Керована фізична система називається об'єктом керування. Чутливий елемент, який повертає вихідні змінні в контролер, називається як давачем.

Зовнішні впливи, які діють на систему, але всупереч вхідному сигналу керування не мають коригувального ефекту, називаються завадами. Завади можна класифікувати як детерміновані та стохастичні завади.

Детерміновані завади - це зовнішні впливи, які можна змоделювати за допомогою ступінчастих, лінійних, синусоїдальних відомих функцій.

Стохастичні завади - це зовнішні впливи, які мають випадкові значення та можуть бути змодельовані функціями ймовірності.

Шум - це різновид завад, який впливає на процес лише тоді, коли він подається назад до контролера. Шуми також можна класифікувати як детерміновані та стохастичні.

1.3 Висновки до першого розділу

1. Роботи з циліндричними координатами користуються перевагою під час палетування, оскільки вони мають великий вертикальний підйом і компактну площу, що забезпечує більшу площу підлоги в робочому просторі для конвеєрів і піддонів. Якщо потрібен більший робочий простір, слід використовувати порталних роботів. Безперервні робочі цикли не є рідкістю, і потужність робота важлива для максимізації пропускної здатності.

2. Системи керування, які використовуються для керування змінними термічної/хімічної промислової обробки, такими як температура, тиск, об'єм тощо, називаються системами керування процесами.

3. Системи керування, які використовуються для керування такими змінними руху, як положення, швидкість, сила тощо, називаються системами керування рухом.

4. Зміщення навантаження під час рухів із високим прискоренням може призвести до падіння або неправильного розташування ящика. Масиви позицій палетування зазвичай навчаються або програмуються відносно кута або трапецієподібного положення ящика як орієнтира, щоб весь масив можна було зрушити шляхом перевизначення цієї однієї позиції.

2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Модель автоматизованої пакувальної машини

Модель автоматизованої пакувальної машини зображена на рисунку 2.1.

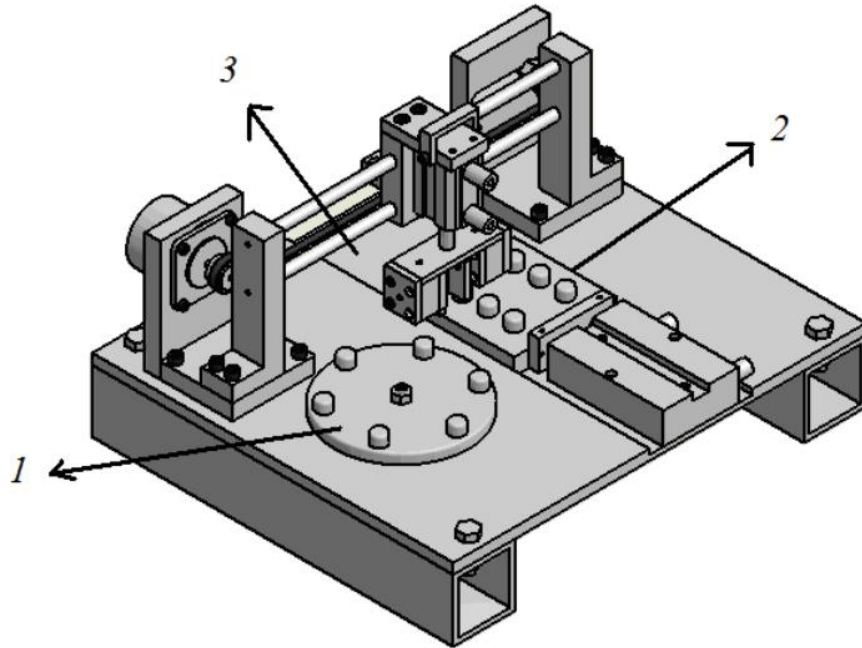


Рисунок 2.1 - Модель автоматизованої пакувальної машини

Автоматизований процес пакування, який виконує пакувальна машина, складається з наступних операцій.

1. Потрібно взяти виріб, який необхідно упакувати, з поворотного столу 1.
2. Потрібно розмістити виріб на відповідне місце упаковки 2.
3. Перемістіть упаковку, коли вона буде повністю заповнена в позицію 3, у відповідності до рисунка 2.1.

Автоматизовану пакувальну машину можна розглядати як автономну автоматизовану систему, але насправді в промисловому

середовищі вона буде лише підсистемою пакувального цеху через те, що подача (наприклад, конвеєр) і пов'язані з ним механізми передачі (після переміщення упаковки в позицію 3) не розробляються.

Задамо вагу коробки для пакування, що дорівнює 0,25 кг, а її розміри відповідно 0,5м x 0,5м x 0,5м (ширина x довжина x висота).

Шасі та відповідні елементи пакувальної машини можна спроектувати або вибрати лише після вибору відповідних актуаторів пакувальної машини.

Для голівки пакувальної машини виберемо кроковий двигун із зубчатим ременем, який утримує захват і забезпечує лінійний рух. Голівка пакувальної машини разом із зубчатим ременем та кроковим двигуном зображена на рисунку 2.2.

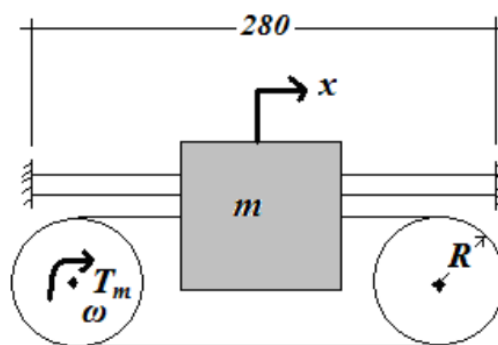


Рисунок 2.2 - Голівка пакувальної машини разом із зубчатим ременем та кроковим двигуном

Для вибору крокового двигуна необхідно визначити його потужність. Еквівалентну інерційність на валу двигуна можна визначити методом Лагранжа.

$$J_{eq} = J_m + mR^2, \quad (2.1)$$

$$T_m = J_{eq} \alpha + T_f. \quad (2.2)$$

Виберемо трапецієподібний профіль швидкості руху голівки пакувальної машини, який наведено на рисунку 2.3.

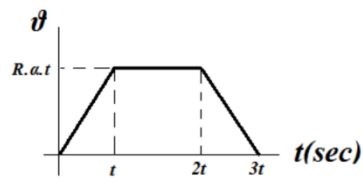


Рисунок 2.3 - Трапецієподібний профіль швидкості руху голівки пакувальної машини

Рівняння руху голівки пакувальної машини описується виразом (2.3).

$$x(t) = 2R\alpha t^2. \quad (2.3)$$

Приймемо відстань, яку проходить голівка пакувальної машини, рівною $x = 140 \text{ мм}$. Виберемо радіус зубчатого колеса $R = 20 \text{ мм}$, а час $t = 2,5 \text{ с}$. Звідси можна розрахувати прискорення:

$$\alpha = \frac{x}{2Rt^2} = \frac{140}{2 \cdot 20 \cdot (1,5)^2} = 1,5 \frac{\text{рад}}{\text{с}^2}. \quad (2.4)$$

Приймемо інерційність $J_m \cong 0$, масу $m = 2,5 \text{ кг}$ разом із пневматичним циліндром, захватом і відповідними утримуючими елементами та коефіцієнтом тертя Кулона $\mu = 0,2$.

То розрахуємо моменти інерції:

$$T_f = RF_f = 20 \cdot 0,2 \cdot 2,5 \cdot 10 = 100 \text{ Н} \cdot \text{мм}^2. \quad (2.5)$$

$$T_m = 2,5 \cdot 20^2 \cdot 1,5 + 100 = 1600 \text{ Н} \cdot \text{мм}^2 = 1,6 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (2.6)$$

$$\omega_{\max} = \alpha t = 1,5 \cdot 1,5 = 2,25 \frac{\text{рад}}{\text{с}}. \quad (2.7)$$

$$P_m = T_m \omega_{\max} = 1,6 \cdot 2,25 = 3,6 \text{ Вт}. \quad (2.8)$$

Оберемо кроковий двигун напругою живлення 6 В та струмом 1 А з роздільною здатністю 1,8 град/імпульс, який зображено на рисунку 2.4.

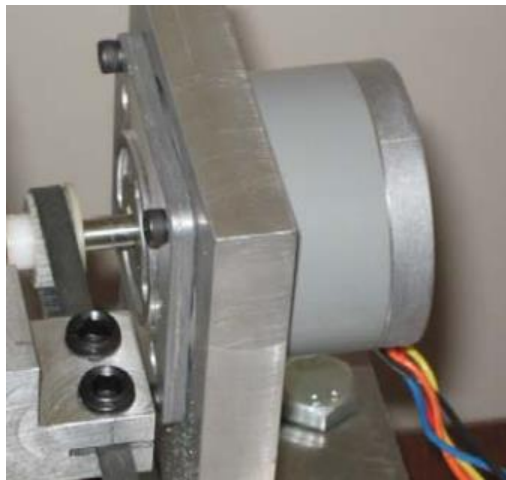


Рисунок 2.4 - Кроковий двигун напругою живлення 6 В та струмом 1 А

Виберемо максимальний струм драйвера 0,5 А. Завдяки цьому факту доступна потужність становитиме 3 Вт. Таким чином, час руху голови буде змінено, а загальний робочий цикл системи буде налаштовано відповідно до цієї ситуації.

Оберемо кроковий двигун для поворотного столу, який функціонує як пристрій подачі деталей і зображений на рисунку 2.5. Для вибору потужності двигуна слід визначити його параметри, як у попередньому розділі.

Еквівалентну інерційність на валу двигуна можна визначити методом Лагранжа.

$$J_{eq} = J_m + J_L, \quad (2.9)$$

$$T_m = J_{eq} \alpha + T_f. \quad (2.10)$$

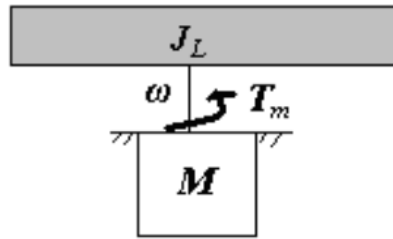


Рисунок 2.5 - Кроковий двигун напругою живлення 6 В та струмом 1 А

Припустимо трапецієподібний профіль швидкості для головки у вигляді на рисунку 2.6.

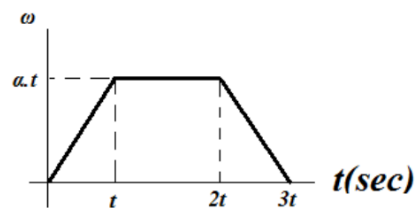


Рисунок 2.6 - Трапецієподібний профіль швидкості для головки

$$\theta(t) = 2\alpha t^2. \quad (2.11)$$

Прийmemo $\theta = \frac{2\pi}{6}$, $R = 20 \text{ мм}$, $t = 1,5 \text{ с}$ та прискорення $\alpha = 0,25 \frac{\text{рад}}{\text{с}^2}$. Припускаючи $J_m = 0$, а також що кулонівське тертя дорівнює нулю, отримаємо.

$$J_L = \frac{1}{2} m r^2 = \frac{1}{2} \cdot 0,35 \cdot 65^2 = 740 \text{ кг} \cdot \text{мм}^2. \quad (2.12)$$

$$T_m = J_{eq} \alpha + T_f = 740 \cdot 0,25 + 0 = 185 \text{ Н} \cdot \text{мм}^2 \approx 0,2 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (2.13)$$

$$\omega_{\max} = \alpha t = 0,25 \cdot 1,5 = 0,375 \frac{\text{рад}}{\text{с}}. \quad (2.14)$$

$$P_m = T_m \omega_{\max} = 0,2 \cdot 0,375 = 0,075 \text{ Вт}. \quad (2.15)$$

Виберемо кроковий двигун 24 В/0,18 А з роздільною здатністю 7,5 градусів/імпульс, а вибрану потужність струму драйвера становить максимум 0,5 А. Завдяки цьому доступна потужність становитиме 4,32 Вт. Час руху голови буде переналаштовано та загальний робочий цикл системи відповідно до цієї ситуації.

Виберемо пневматичний циліндр для лінійного руху упаковки у позицію 3. Для вибору слід визначити діаметри циліндра та штока.

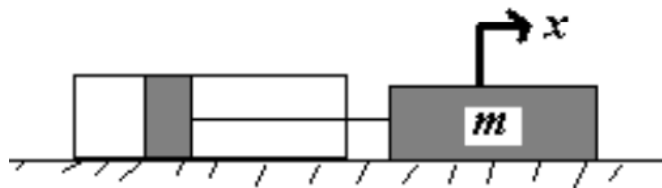


Рисунок 2.7 - Пневматичний циліндр для лінійного руху упаковки у позицію 3

Приймемо $m=0,5$ кг та коефіцієнт тертя Кулона $\mu=0,2$. Тиск подачі (p) становитиме 6 бар, що є промисловим стандартом. Лінійне прискорення приймемо $\alpha=1$ м/сн².

$$F = 0,5 \cdot 1 + 5 \cdot 0,2 = 1,5 \text{ Н}. \quad (2.16)$$

$$1,5 = p \cdot A = p \cdot \frac{\pi D^2}{4} = 0,6 \cdot \frac{\pi D^2}{4}. \quad (2.17)$$

Звідси $D \approx 2$ мм.

Отже, виберемо пневматичний циліндр подвійної дії Ø25/Ø111, хід циліндра L=50 мм.

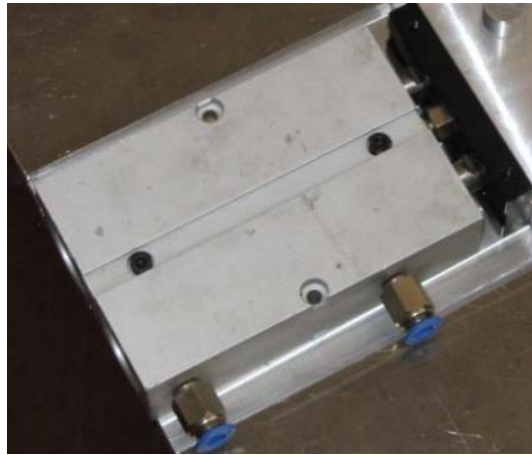


Рисунок 2.8 - Вибраний пневматичний циліндр для лінійного руху упаковки

Виберемо пневматичний циліндр для горизонтального переміщення захвату на лінійній головці. Для вибору потрібно визначити діаметр циліндра і штока.

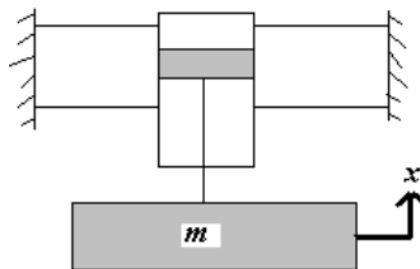


Рисунок 2.9 - Модель циліндра захвату утримання

Припустимо, що маса $m=1$ кг і кулонівське тертя дорівнює нулю. Лінійне прискорення прийнято $g=1$ м/с².

$$F = 1,1 \cdot 1 + 1 \cdot 9,81 = 11 \text{ Н} . \quad (2.16)$$

$$11 = p \cdot A = p \cdot \frac{\pi D^2}{4} = 0,6 \cdot \frac{\pi D^2}{4}. \quad (2.17)$$

Звідси $D \approx 4,83$ мм.

Отже, виберемо пневматичний циліндр подвійної дії $\text{Ø}20/\text{Ø}10$, хід циліндра $L=35$ мм.



Рисунок 2.10 - Пневматичний циліндр захвату утримання

2.2 Розробка захвату утримання

Вироби, які будуть упаковані, повинні бути взяті з поворотного столу та розташовані на упаковці. Для цього завдання потрібен механізм, який дозволяє їх вибирати та розміщувати. Отже, розробимо пневматичний захват для цього завдання.

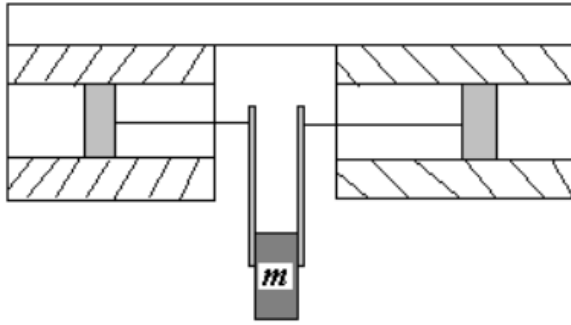


Рисунок 2.11 - Модель розробленого захвату

$$F_f = mg = 2\mu N = 2\mu pA. \quad (2.18)$$

Прийнявши $m=0,25$ кг, а кулонівське тертя $\mu=0,2$, отримаємо.

$$F_f = 0,25 \cdot 9,81 = 2 \cdot 0,2 \cdot 0,6 \cdot \frac{\pi D^2}{4}. \quad (2.18)$$

Звідси $D \approx 3,6$ мм.

Отже, виберемо два пневматичних циліндрів $\varnothing 12/\varnothing 8$ подвійної дії із ходом циліндра $L=7$ мм для захвату механізму підбору та розміщення.

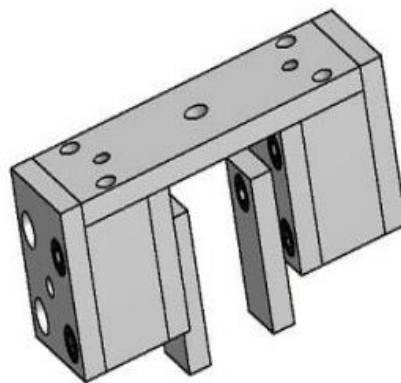


Рисунок 2.12 - Захват утримання

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

2.3 Конструкція шасі пакувальної машини

Шасі пакувальної машини можуть бути розроблені завдяки тому, що всі приводи та відповідні підсистеми вже визначені. Шасі та пов'язані з ним елементи машини повинні бути розроблені в першу чергу з урахуванням безпеки. Отже, для вибраних критичних елементів виконується аналіз напруги, концепції та розрахунки наведені нижче.

Розміри валів, які утримують і дозволяють ковзати головці, яка включає в себе захоплення та пов'язані з ним частини, повинні бути визначені на основі аналізу напруги.

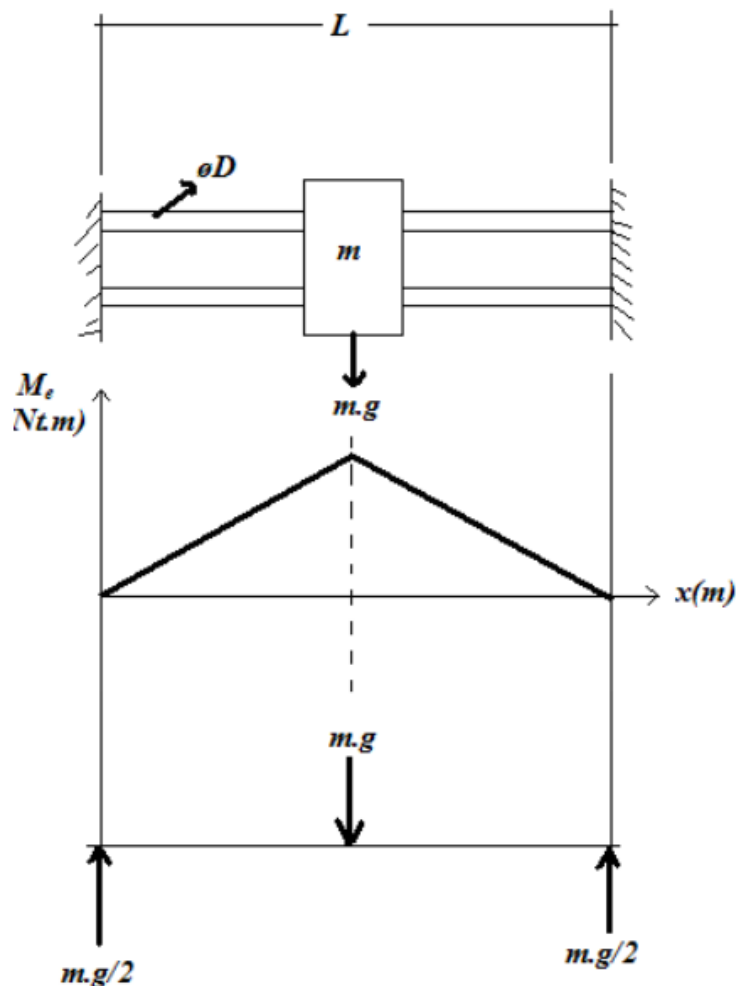


Рисунок 2.13 - Модель вигину валу, який утримує головку

Отже, діаметри валів прийняті рівними 10 мм. Головні елементи для утримання пневматичного циліндра повинні бути визначені на основі аналізу напруги.

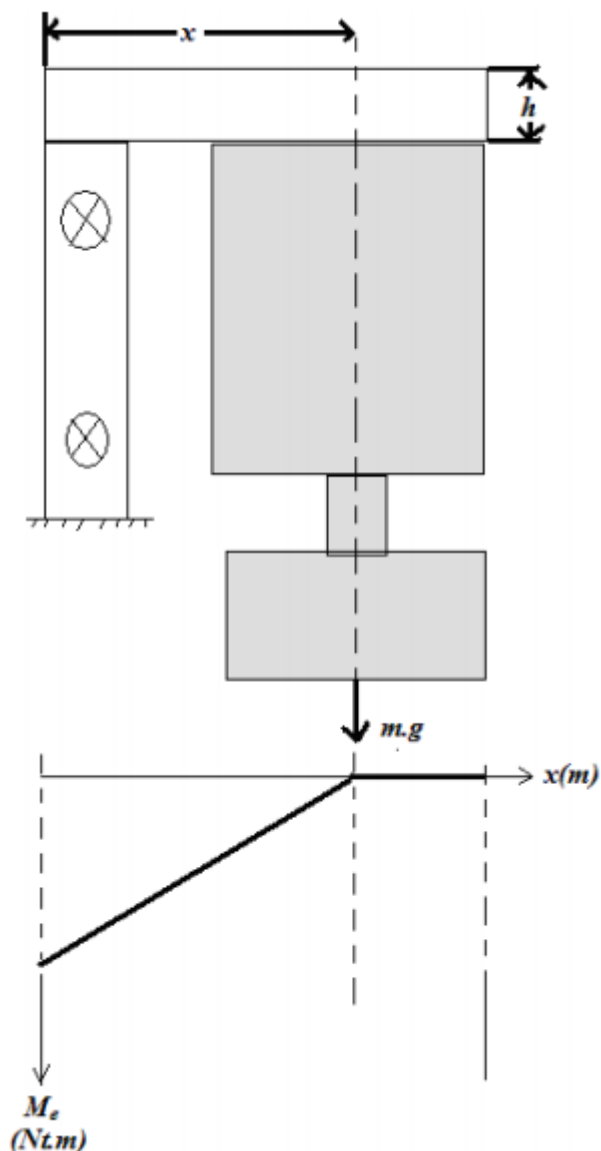


Рисунок 2.14 - Модель згинання елементів, що утримують захват

2.4 Висновки до другого розділу

1. Автоматизовану пакувальну машину можна розглядати як автономну автоматизовану систему, але насправді в промисловому

середовищі вона буде лише підсистемою пакувального цеху через те, що подача (наприклад, конвеєр) і пов'язані з ним механізми передачі (після переміщення упаковки в позицію 3) не розробляються.

2. Шасі та відповідні елементи пакувальної машини можна спроектувати або вибрати лише після вибору відповідних актуаторів пакувальної машини. Для голівки пакувальної машини виберемо кроковий двигун із зубчатим ременем, який утримує захват і забезпечує лінійний рух.

3. Шасі пакувальної машини можуть бути розроблені завдяки тому, що всі приводи та відповідні підсистеми вже визначені. Шасі та пов'язані з ним елементи машини повинні бути розроблені в першу чергу з урахуванням безпеки.

4. Вироби, які будуть упаковані, повинні бути взяті з поворотного столу та розташовані на упаковці. Для цього завдання потрібен механізм, який дозволяє їх вибирати та розміщувати. Отже, розробимо пневматичний захват для цього завдання.

					КВРАКІТ. 2020046.01.02.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		29

3 РОЗРОБКА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЮ ПАКУВАЛЬНОЮ МАШИНОЮ

3.1 Розробка структурної схеми системи керування автоматизованою пакувальною машиною

Структурна схема системи керування автоматизованою пакувальною машиною показана на рисунку 3.1.

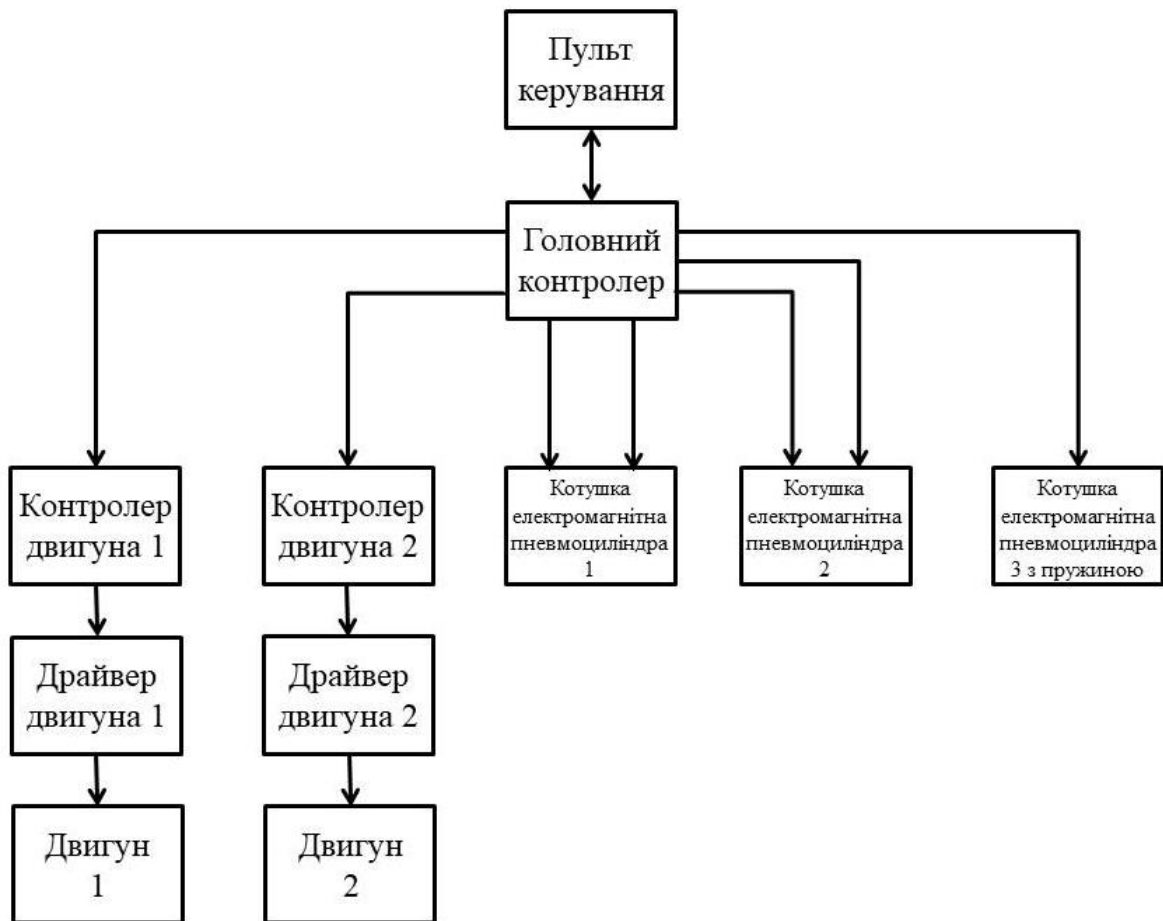


Рисунок 3.1 – Структурна схема системи керування автоматизованою пакувальною машиною

Головний контролер вибрано та реалізовано для виконання функцій, подібних до програмованого логічного контролера (ПЛК). Головний контролер буде спілкуватися з контролерами двигунів і пневматичними клапанами та керувати ними.

Головним контролером обрано PIC 16F877 компанії Microchip. Загалом він має 40 контактів і вбудований контакт для передачі даних RS-232. Схема контактів для PIC 16F877 наведена на рисунку 3.2.

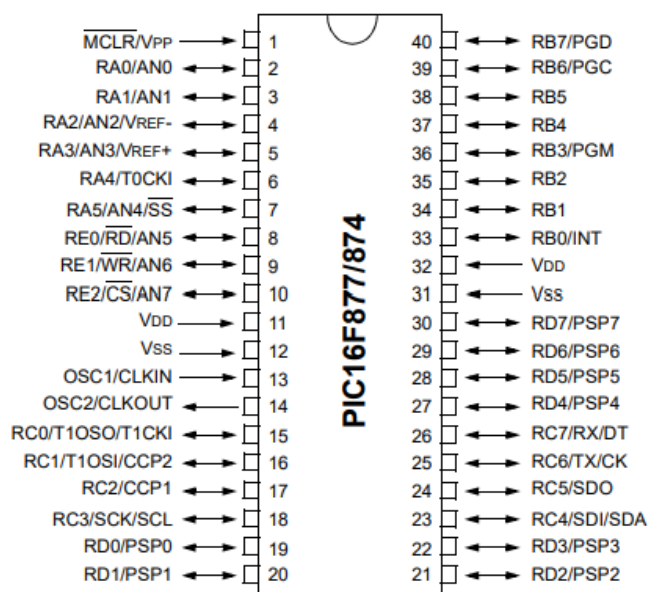


Рисунок 3.2 – Схема контактів PIC 16F877

Контролери двигунів і відповідні драйвери двигунів вибираються для системи керування автоматизованою пакувальною машиною на основі відповідних розрахунків, наведених нижче.

В якості контролера двигуна обрано PIC 16F84A компанії Microchip. Контролера двигуна має 18 контактів, а схема контактів для PIC 16F84A наведена на рисунку 3.3.

Усі ці критерії можна пов'язати з нашою пакувальною машиною, проаналізувавши продуктивність відстеження параметрів руху вибраних компонентів, а саме положення, швидкості та прискорення.

У розробленій пакувальній машині обмежимо аналіз точністю розміщення упакованих деталей. Позиційна роздільна здатність буде продиктована можливостями приводу та/або датчика зворотного зв'язку.

3.2 Розробка пропорційно-диференційного регулятора автоматизованої пакувальної машини

Найпростішою є модель із одним ступенем свободи для лінійного руху головки автоматизованої пакувальної машини, яка зображена на рисунку 3.5.

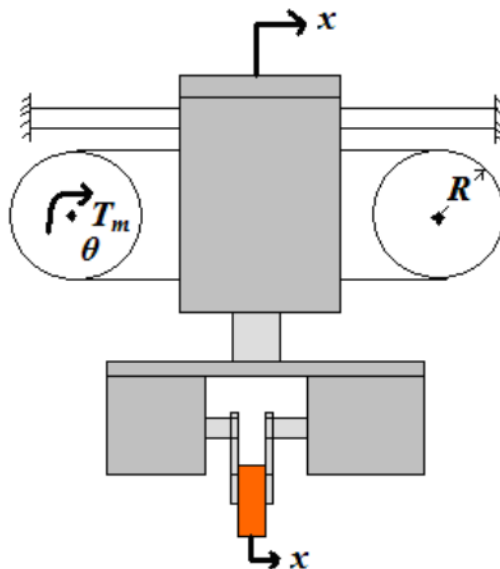


Рисунок 3.5 – Модель із одним ступенем свободи для лінійного руху головки автоматизованої пакувальної машини

Рівняння динамічного руху двигуна описується виразом (3.1).

$$J_{eq} \cdot \ddot{\theta} + b_{eq} \cdot \dot{\theta} = T_m(t), \quad (3.1)$$

де J_{eq} - еквівалентна інерція обертання;

θ - кутове положення ротора;

b_{eq} - коефіцієнт еквівалентного в'язкого тертя для вузла головки та повзуна;

$T_m(t)$ - крутний момент крокового двигуна.

Виконаємо перетворення Лапласа для виразу (3.1).

$$J_{eq} \cdot s^2 \cdot \theta(s) + b_{eq} \cdot s \cdot \theta(s) = T_m(s), \quad (3.2)$$

Після математичних перетворень отримаємо вираз коефіцієнта передачі для лінійного руху головки автоматизованої пакувальної машини.

$$\frac{\theta(s)}{T_m(s)} = \frac{1}{J_{eq} \cdot s^2 + b_{eq} \cdot s}. \quad (3.3)$$

В якості крокового двигуна виберемо МТ-2250А компанії Baldor. Це крокового двигун постійного струму з постійними магнітами. Зображення крокового двигуна МТ-2250А показано на рисунку 3.6.



Рисунок 3.6 – Кроковий двигун МТ-2250А

Для крокового двигуна МТ-2250А еквівалентна інерція обертання становить $J_{eq} = 1054 \text{ кг} \cdot \text{мм}^2$, а коефіцієнт еквівалентного в'язкого тертя для вузла головки та повзуна дорівнює $b_{eq} = 13,3 \cdot 10^{-3}$.

Тип контролера в системі керування, вихідний сигнал якого змінюється пропорційно сигналу помилки, а також похідній сигналу помилки, відомий як пропорційно-диференційний регулятор. Цей тип регулятора забезпечує комбіновану дію як пропорційної, так і похідної керуючої дії.

Відомо, що наявність регуляторів у будь-якій системі керування покращує продуктивність системи в цілому. Таким чином, наявність двох різних керуючих дій створює більш точну систему. Для

пропорційно-диференційного регулятора вихідний сигнал записується у вигляді виразу (3.4).

$$m(t) = K_p e(t) + K_D \frac{d}{dt} e(t), \quad (3.4)$$

де K_p – константа пропорційності сигналу помилки;

K_D – константа пропорційності похідної сигналу помилки.

Структурна схема пропорційно-диференційного регулятора наведена на рисунку 3.7

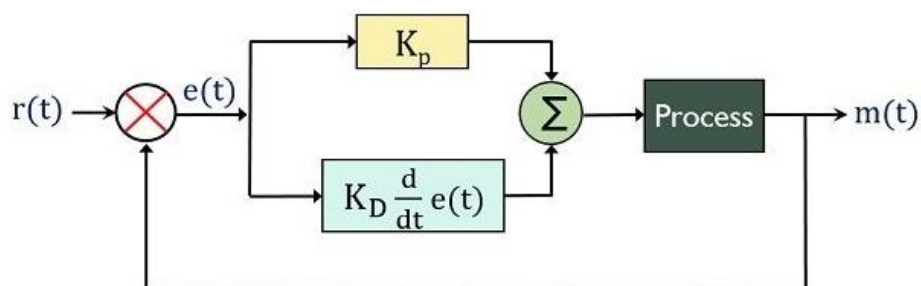


Рисунок 3.7 – Структурна схема пропорційно-диференційного регулятора

Раніше керуюча дія похідних регуляторів індивідуально використовувалася в системі керування. Але об'єднання пропорційного регулятора з диференційним регулятором забезпечує більш ефективну систему. Ефективність системи пояснюється тим, що недоліки, які

пов'язані з диференційним регулятором, усуваються за допомогою пропорційного регулятора.

Відомо, що диференційні регулятори в основному розроблені з метою, щоб їх вихід змінювався зі зміною сигналу помилки.

Однак диференційний регулятор не показує зміни у випадку постійного сигналу помилки. Причина цього полягає в тому, що коли значення сигналу помилки залишається постійним, то швидкість його зміни з часом дорівнюватиме 0.

Отже, щоб враховувати навіть постійний сигнал помилки, диференційний регулятор використовується разом із пропорційним регулятором.

Наявність похідної керуючої дії з пропорційним регулятором підвищує чутливість. Це допомагає отримати ранню коригуючу відповідь навіть для невеликого значення сигналу помилки, тим самим підвищуючи стабільність системи. Але ми також усвідомлюємо той факт, що диференційний регулятор збільшує похибку в стаціонарному стані. У той час як пропорційні регулятори зменшують похибку сталого режиму.

Тому для підвищення стабільності системи без впливу на похибку стаціонарного режиму використовується комбінація пропорційного та диференційного регуляторів.

Щоб отримати передавальну функцію пропорційно-диференційного регулятора, потрібно застосувати перетворення Лапласа до виразу (3.4).

$$M(s) = K_P E(s) + K_D s E(s). \quad (3.5)$$

$$M(s) = E(s) [K_P + s K_D]. \quad (3.6)$$

Відомо, що передавальна функція визначається як відношення вихідного сигналу до вхідного сигналу. Для регулятора вхід – це сигнал помилки, а вихід – це вихід регулятора. Отже, поділимо ліву та праву частину виразу (3.6) на $E(s)$, тоді отримаємо вираз (3.7).

$$\frac{M(s)}{E(s)} = K_P + s K_D. \quad (3.7)$$

Імітаційна модель пропорційно-диференційного регулятора розроблена за допомогою середовища Matlab Simulink і зображена на рисунку 3.8.

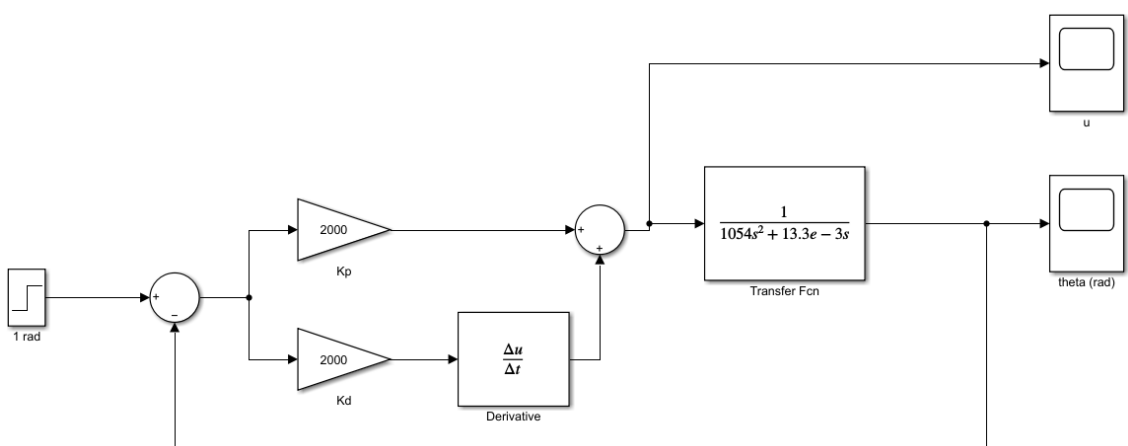


Рисунок 3.8 – Імітаційна модель пропорційно-диференційного регулятора

Пропорційна та диференційна константи (K_P і K_D) обрані довільно. Тестовий сигнал становить крок 1 рад, а вихідний сигнал показано на рисунку 3.9.

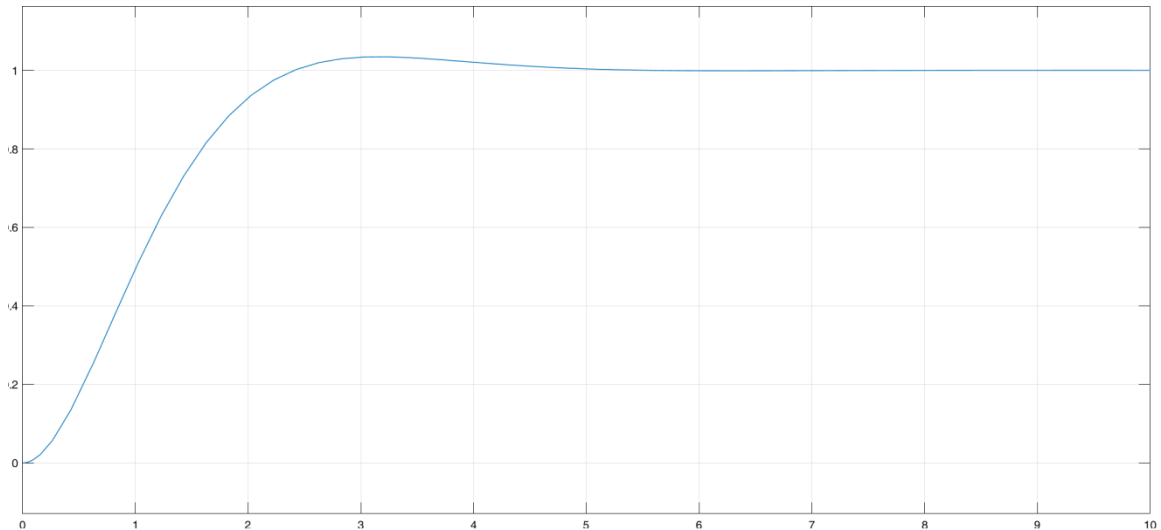


Рисунок 3.9 – Вихідний сигнал пропорційно-диференційного регулятора

Була досягнута стабілізація, а перевищення становить менше 5%. Але час встановлення не є задовільним, тому що він набагато більший, ніж заплановано (приблизно 5 с.), але має бути приблизно 1,5 с.

Отже, контрольні константи слід налаштувати, доки не буде досягнуто цільових результатів. Нарешті, керуючий сигнал необхідно перевірити на насичення через той факт, що якщо насичення відбувається, виконавчий механізм не може керувати системою, як це потрібно.

Графік зміни крутного моменту крокового двигуна у часі наведено на рисунку 3.10.

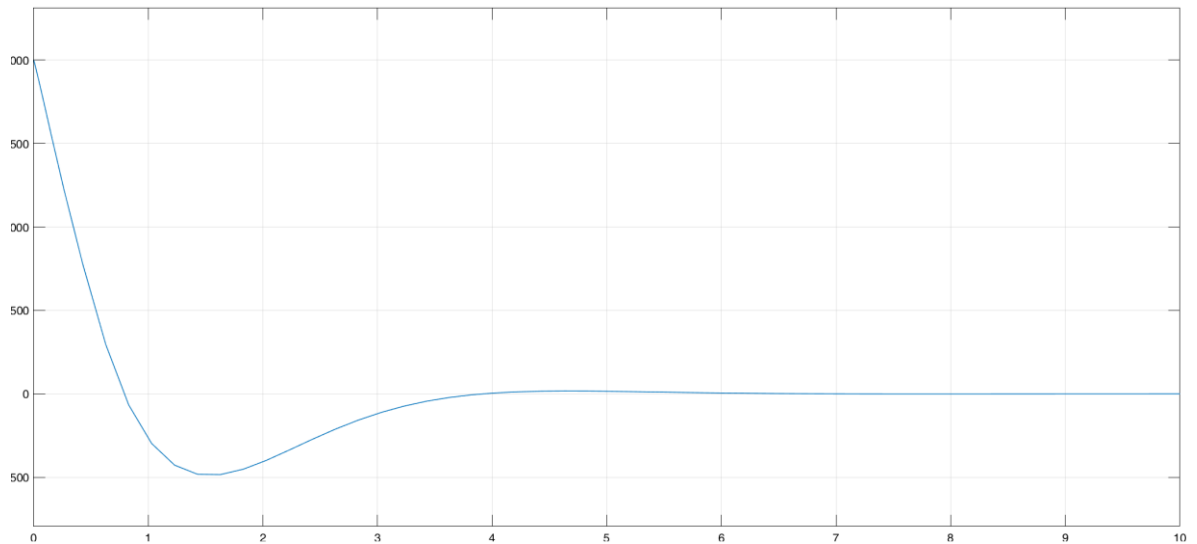


Рисунок 3.10 – Графік зміни крутного моменту крокового двигуна у часі при використанні пропорційно-диференційного регулятора

3.3 Розробка пропорційно-інтегрально-диференційного (ПІД) регулятора автоматизованої пакувальної машини

Пропорційно-інтегрально-диференційний регулятор (ПІД-регулятор або тричленний регулятор) - це механізм контуру керування, що використовує зворотний зв'язок, який широко використовується в промислових системах керування та в багатьох інших додатках, що вимагають безперервного модульованого керування.

ПІД-регулятор безперервно обчислює значення помилки $e(t)$ як різницю між бажаним заданим значенням (ЗЗ) і виміряною змінною процесу (ЗМ) і застосовує корекцію на основі пропорційних, інтегральних і диференційних членів (позначаються П, І і Д відповідно), звідси і назва.

З практичної точки зору, ПД-регулятор автоматично застосовує точну та чутливу корекцію до функції керування. Повсякденним прикладом є круїз-контроль на автомобілі, де підйом на пагорб зменшував би швидкість, якщо використовувати постійну потужність двигуна.

Алгоритм ПД-регулятора відновлює вимірну швидкість до бажаної швидкості з мінімальною затримкою та перерегулюванням шляхом контрольованого збільшення вихідної потужності двигуна.

Перший теоретичний аналіз і практичне застосування ПД-регулятор були в області автоматичних систем рульового керування для суден, розроблених з початку 1920-х років. Потім він використовувався для автоматичного управління процесами в обробній промисловості, де отримав широке застосування в пневматичних, а потім і в електронних контролерах. Сьогодні концепція ПД-регулятора використовується повсюдно в програмах, що вимагають точного й оптимізованого автоматичного керування.

Алгоритм ПД-регулятора використовує три різні умови: пропорційні, інтегральні та похідні величини. Усі ці три умови мають індивідуальні результати, і сума цих результатів використовується для коригування процесу.

Вихідний результат порівнюється з очікуваним значенням, яке було розраховано заздалегідь під час тестування. Це попередньо встановлене значення відоме як «задане значення». Різниця між виходом і попередньо визначеною заданою точкою є помилкою, яка виникає під час введення. На рисунку 3.11 показана структурна схема ПД-регулятора.

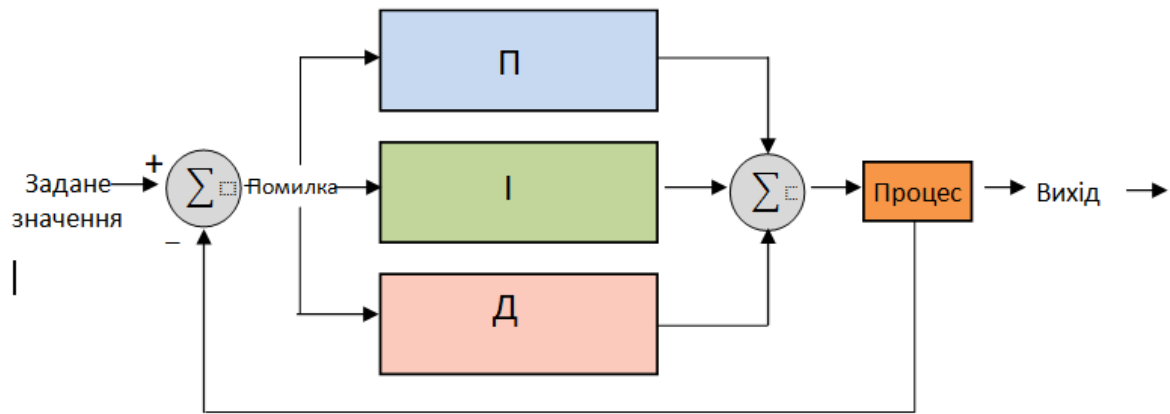


Рисунок 3.11 – Структурна схема пропорційно-інтегрально-диференційного регулятора

Вихідний сигнал ПІД-регулятора можна визначити за таким виразом:

$$m(t) = (K_P \cdot e(t)) + \left(K_I \cdot \int_0^t e(t) dt \right) + \left(K_D \cdot \frac{d}{dt} e(t) \right), \quad (3.8)$$

де $m(t)$ - вихідний сигнал;

K_P - пропорційний коефіцієнт підсилення;

K_I - інтегральний коефіцієнт підсилення;

K_D - диференційний коефіцієнт підсилення;

$e(t)$ - похибка (значення процесу мінус задане значення);

t - час.

Пропорційний член (П) є добутком значення помилки на пропорційний коефіцієнт підсилення K_p . Чим більше це значення, тим швидше регулюється вихід, оскільки пропорційне підсилення визначається швидкістю зміни вихідного сигналу.

Інтегральний член (І) є сумою значення помилки за час. Це дає системі значення накопичених помилок за час, які потрібно скоригувати, це також визначає швидкість швидкості зміни вихідного сигналу, однак воно обчислюється відповідно до накопиченої помилки на відміну від поточної помилки.

Диференційний член (Д) коригує вихід шляхом множення похідної приросту на похідну помилки. Цей термін сповільнює вихід контролера, коли він наближається до заданого значення.

Імітаційна модель пропорційно-інтегрально-диференційного регулятора розроблена за допомогою середовища Matlab Simulink і зображена на рисунку 3.12.

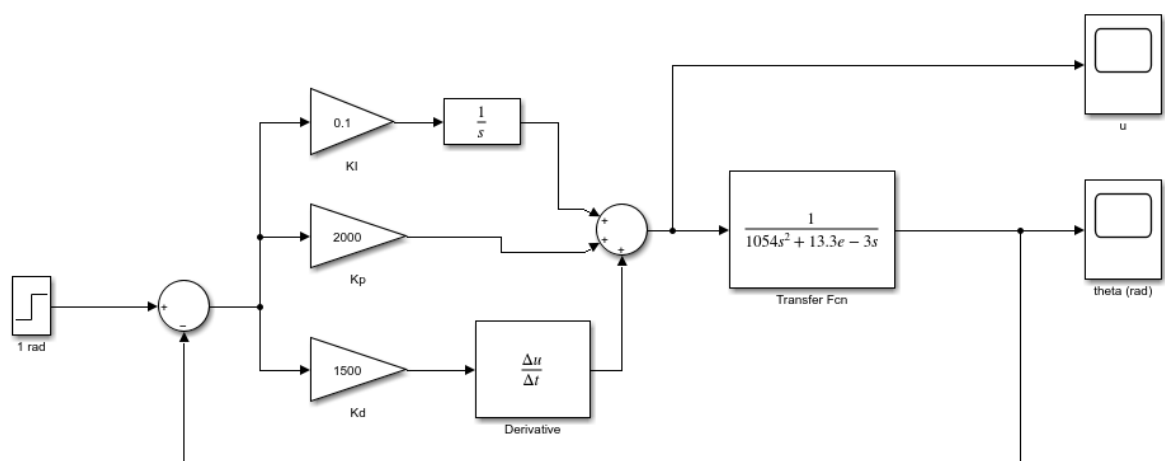


Рисунок 3.12 – Імітаційна модель пропорційно-інтегрально-диференційного регулятора

Пропорційні, інтегральні та диференційні константи (K_p , K_i та K_d) обрані довільно. Тестовий сигнал становить крок 1 рад, а вихідний сигнал зображено на рисунку 3.13.

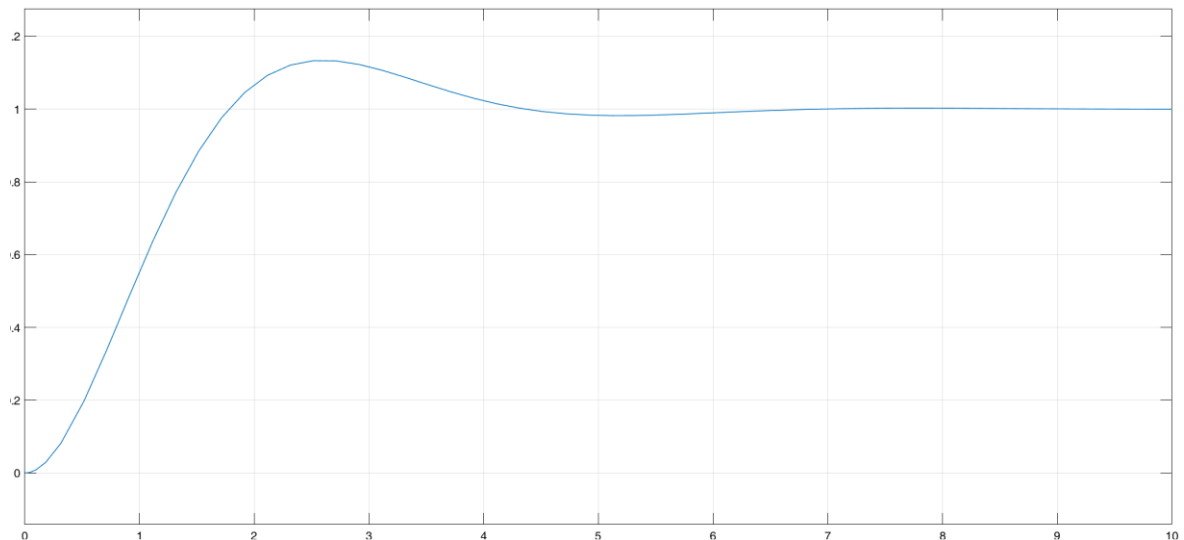


Рисунок 3.13 – Вихідний сигнал пропорційно-інтегрально-диференційного регулятора

Для пропорційно-інтегрально-диференційного регулятора була досягнута стабілізація, а перевищення становить менше ніж 20 %. Але час встановлення не є задовільним, тому що він набагато більший за цільовий (приблизно 5 секунд).

Час встановлення повинен становити приблизно 1,5 секунди. Отже, контрольні константи слід налаштовувати, доки не буде досягнуто цільових результатів. Нарешті, керуючий сигнал необхідно перевірити на насичення через той факт, що якщо насичення відбувається, виконавчий механізм не може керувати системою, як це потрібно.

Графік зміни крутного моменту крокового двигуна у часі наведено на рисунку 3.14.

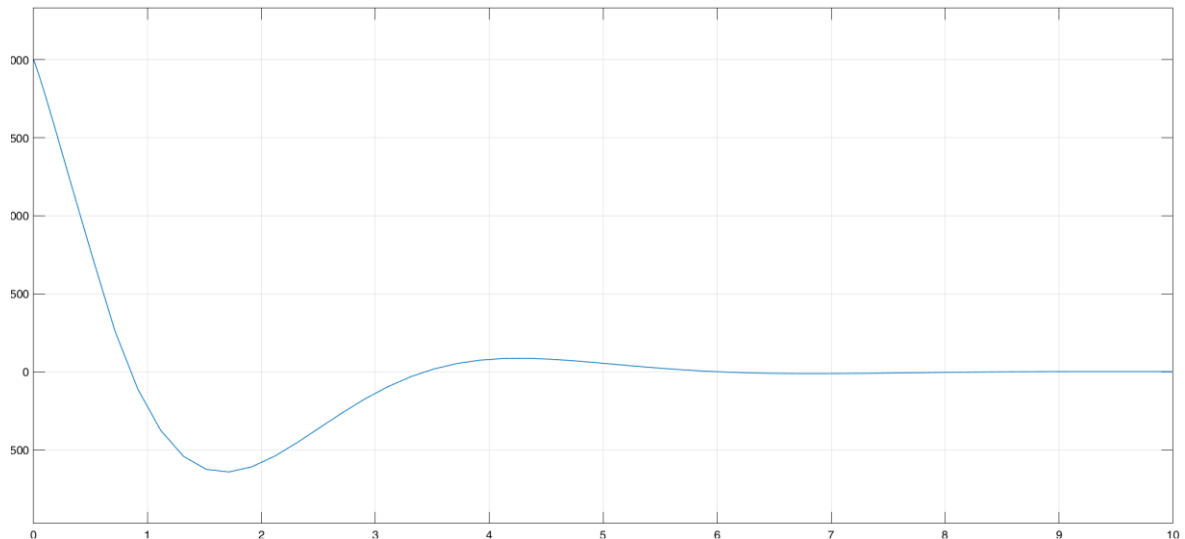


Рисунок 3.14 – Графік зміни крутного моменту крокового двигуна у часі при використанні пропорційно-інтегрально-диференційного регулятора

3.4 Аналіз продуктивності та ефективності автоматизованої пакувальної машини

Щоб зрозуміти зміни в ефективності виробничих підприємств, в аналіз необхідно включити кілька факторів. Загальні факторні показники продуктивності зазвичай включають людську працю, енергію, матеріал і капітал. У багатьох галузях промисловості стандартизація ресурсів і випусків необхідна через складні відносини між цінами на фактори виробництва та споживчим попитом у конкурентній економіці.

Продуктивна ефективність визначається як комбінація з найменшими витратами для даного випуску. Вимірювання ефективності компаній і галузей може стосуватися ефективності витрат (тобто

мінімізації вхідних ресурсів для певного результату) або ефективності цінності (тобто максимізації вартості на ринку з заданими вхідними ресурсами).

Загалом, ефективність - це вимірювана концепція, яка кількісно визначається відношенням корисного результату до загального корисного входу. Ефективність - це простіша концепція можливості досягти бажаного результату, який можна виразити кількісно, але зазвичай не потребує більш складної математики, ніж додавання.

Ефективність часто можна виразити у відсотках від результату, який в ідеалі можна було б очікувати, наприклад, якби енергія не була втрачена через тертя чи інші причини, і в цьому випадку 100% палива або іншого вхідного ресурсу було б використано для отримання бажаного результату. У деяких випадках ефективність можна опосередковано визначити кількісно за допомогою непроцентного значення, напр. специфічний імпульс.

Поширеним, але заплутаним способом розмежування ефективності та результативності є вислів: «Ефективність - це робити речі правильно, тоді як результативності - це робити правильні речі». Цей вислів побічно підкреслює, що вибір цілей виробничого процесу так само важливий, як і якість цього процесу.

Однак ця приказка, популярна в бізнесі, затьмарює більш звичайний сенс «ефективності», який міг би/повинен створити таку мнемоніку: «Ефективність - це робити речі правильно; результативності - це робити речі».

Це дає зрозуміти, що ефективності, наприклад великої кількості виробництва, також можна досягти за допомогою неефективних

процесів, якщо, наприклад, працівники бажають або звикли працювати довше або з більшими фізичними зусиллями, ніж в інших компаніях або країнах, або якщо вони можуть змушений це зробити.

Подібним чином компанія може досягти ефективності, наприклад, великого обсягу виробництва, за допомогою неефективних процесів, якщо вона може дозволити собі використовувати більше енергії на продукт, наприклад, якщо ціни на енергію чи витрати на робочу силу чи обидва нижчі, ніж у конкурентів.

Неефективність - це відсутність ефективності. Види неефективності включають:

Неефективність розподілу означає ситуацію, в якій розподіл ресурсів між альтернативами не відповідає смакам споживачів (уявленням про витрати та вигоди). Наприклад, компанія може мати найнижчі витрати в «продуктивних» термінах, але результат може бути неефективним в плані розподілу, оскільки «справжні» або суспільні витрати перевищують ціну, яку споживачі готові заплатити за додаткову одиницю продукту.

Це вірно, наприклад, якщо фірма виробляє забруднення (див. також зовнішні витрати). Споживачі віддадуть перевагу, щоб фірма та її конкуренти виробляли менше продукту та стягували вищу ціну, щоб інтерналізувати зовнішні витрати.

Неефективність розподілу означає неефективний розподіл доходів і багатства в суспільстві. Теоретично зниження граничних корисностей багатства свідчить про те, що більш рівноправний розподіл багатства є більш ефективним, ніж нерівний розподіл. Неєфективність розподілу часто пов'язана з економічною нерівністю.

Економічна неефективність відноситься до ситуації, коли «ми могли б виконувати роботу краще», тобто досягати наших цілей з меншими витратами. Це протилежність економічній ефективності. В останньому випадку неможливо виконати роботу краще, враховуючи наявні ресурси та технології. Іноді цей тип економічної ефективності називають ефективністю Купмана.

Кейнсіанську неефективність можна визначити як неповне використання ресурсів (праці, засобів виробництва, природних ресурсів тощо) через неадекватний сукупний попит. Ми не досягаємо потенційного обсягу виробництва, страждаючи від циклічного безробіття. Ми могли б зробити краще, якби застосовували дефіцитні витрати або експансіоністську монетарну політику.

Неефективність за Парето - це ситуація, в якій неможливо покращити становище однієї людини, не погіршивши становище інших. На практиці цей критерій важко застосувати в постійно мінливому світі, тому багато хто наголошує на ефективності та неефективності Калдора-Хікса: ситуація є неефективною, якщо когось можна покращити навіть після компенсації тих, хто постраждав гірше, незалежно від того, чи справді компенсація відбувається.

Продуктивна неефективність говорить про те, що ми могли б виробляти даний обсяг продукції з меншими витратами — або могли б виробляти більше продукції за даними витратами. Наприклад, компанія, яка є неефективною, матиме вищі операційні витрати та перебуватиме в невігідному конкурентному становищі (або матиме менші прибутки, ніж інші фірми на ринку).

Деякі з факторів, які розглядаються на евристичному рівні, включають упорядкування форми та орієнтацію форми, обидва з яких повинні бути виконані до впровадження геометричного пакувальника. Евристичні процедури мають справу з проблемними обмеженнями, які є специфічними для даної програми.

Конструкція машини заснована на простих механізмах, і її можна легко встановити. Швидкість пакування збільшується, що призводить до збільшення виробництва та бізнесу. Цей процес зменшить кількість оплачуваних працівників і, таким чином, підвищить ефективність пакування продукції.

У більшості невеликих галузей промисловості пакування матеріалу здійснюється вручну. Цей процес вимагає більше часу та великої людської праці. На ринку доступно багато пакувальних машин. Вартість таких машин дуже висока. Зараз проект в основному зосереджений на цій складності, і, отже, відповідний електронний блок керування був розроблений таким чином, щоб матеріал можна було упакувати в належному стані.

Автоматизації можна досягти за допомогою електроніки, тепла, комп'ютерів, гідравліки, пневматики, робототехніки тощо, з цих джерел тепло є привабливим середовищем для недорогої автоматизації. Основними перевагами всіх термальних (виробництва гарячого повітря) систем є економічність і простота.

Автоматизація відіграє важливу роль у масовому виробництві. Для масового виробництва продукту операції механічної обробки визначають послідовність обробки. Машини, призначені для виробництва конкретного продукту, називаються передавальними.

активується для заповнення матеріалів кришкою. Після заповнення необхідного матеріалу конвеєр переходить до наступної секції. Ще один інфрачервоний датчик використовується для зупинки кришки, а герметизація здійснюється нагрівачем з лінійним двигуном постійного струму.

Машина має широке застосування в промисловості. Оскільки машина автоматизує процес зважування, пакування та запечатування за дуже низькою ціною, подальші дослідження призведуть до вдосконалення машини.

Цю автоматичну машину для зважування та пакування можна широко використовувати в пакувальній промисловості, харчовій промисловості, фармацевтиці, виробництві молочних продуктів. Подальші дослідження призведуть до мінімізації витрат на автоматизацію також у великих галузях промисловості.

Машини можуть працювати періодично або безперервно (прямолінійно) залежно від потреб виробничого об'єкта та обсягу наявної капіталізації. Як правило, переривчасте обладнання приймає одну упаковку або невелику кількість упаковок, виконує операцію над ними всіма одночасно (часто після припинення їхнього руху), а потім передає їх до наступного етапу процесу.

Машина безперервної дії приймає потік пакетів «на льоту» і виконує операцію без зупинки або сповільнення руху загального потоку матеріалу. У той час як розливна машина з чотирма станціями ручної подачі може підійти для невеликої виноробні, ця машина буде марною для розливника безалкогольних напоїв, якому потрібно кілька тисяч

наповнень за хвилину, щоб залишатися економічно конкурентоспроможним.

І навпаки, хоча безперервне обладнання є більш економічним при високих показниках пропускної здатності, можливо, не має сенсу мати роботу з високою потужністю, яка активна лише протягом кількох годин на тиждень через низький попит, хоча на найменших ринках це може статися через використання вживаного обладнання та відсутність належного масштабу обладнання.

Переведення збірних упаковок із їхнього згорнутого чи перемішаного стану до готовності на виробничій лінії потребує машин, які є самостійними спеціалізаціями. Пляшки, як і їх кришки, повинні бути розшифровані та орієнтовані для правильного наповнення.

Плоскі картонні коробки необхідно витягти з магазинів або іншим чином завантажити в механізми, потім розштовхнути і відкрити кінцеві клапани готовий до закриття, пакети, можливо, потрібно буде взяти та відкрити, плівку, можливо, потрібно буде попередньо сформувати або термозварити, а лотки термоформувати із запасу. Кожен процес матиме свій унікальний список операції.

Кожна з цих операцій є як спеціалізованою, так і обов'язково ретельною – погано сформовані упаковки можуть застрягти, неправильно наповнюватись або відкриватися далі по виробничій лінії. Це особливо проблематично на заводах харчової промисловості, які часто мають вихлопну пару або високий рівень вологості під час роботи, що може вплинути на паперові вироби та процеси, такі як обробка плівок.

мостах і будівлях – передача радіального стиснення у вертикальну та бічну силу для підтримки конструкції арки. Крім того, утвори можуть виникати, якщо продукт видаляється лише з центральної частини бункера, а матеріал біля стінки залишається недоторканим.

3.5 Висновки до третього розділу

1. Контролери двигунів і відповідні драйвери двигунів вибираються для системи керування автоматизованою пакувальною машиною на основі відповідних розрахунків.

2. Тип контролера в системі керування, вихідний сигнал якого змінюється пропорційно сигналу помилки, а також похідній сигналу помилки, відомий як пропорційно-диференційний регулятор. Цей тип регулятора забезпечує комбіновану дію як пропорційної, так і похідної керуючої дії.

3. Пропорційно-інтегрально-диференційний регулятор (ПІД-регулятор або тричленний регулятор) - це механізм контуру керування, що використовує зворотний зв'язок, який широко використовується в промислових системах керування та в багатьох інших додатках, що вимагають безперервного модульованого керування.

4. ПІД-регулятор безперервно обчислює значення помилки $e(t)$ як різницю між бажаним заданим значенням (ЗЗ) і виміряною змінною процесу (ЗМ) і застосовує корекцію на основі пропорційних, інтегральних і диференційних членів (позначаються П, І і Д відповідно), звідси і назва.

ВИСНОВКИ

В процесі розробки автоматизованої пакувальна машина. Результати можна вважати прийнятними, якщо деталі, які пакуються, не дуже крихкі для впливу вібрації, а рівень шуму машини можна вважати прийнятним через те, що вона виконуватиме операцію пакування на промисловому об'єкті.

В першому розділі були розглянуті наступні питання: будова і принцип роботи пакувальних машин, а також алгоритми керування пакувальними машинами.

У другому розділі розроблено модель автоматизованої пакувальної машини.

Розроблено принцип роботи системи автоматичного керування електричним двигуном на рівні структурної схеми.

Виконано розрахунок параметрів та вибір голівки пакувальної машини. Було обрано кроковий двигун із зубчатим ременем, який утримує захват і забезпечує лінійний рух. Проведено розрахунок характеристик пакувальної машини.

У третьому розділі розроблено структурну схему системи керування автоматизованою пакувальною машиною.

Розроблено структурну схему контуру регулювання системи автоматичного керування електричним двигуном для водопостачання.

Вибрано та реалізовано головний контролер для виконання функцій, подібних до програмованого логічного контролера (ПЛК). Головний контролер буде спілкуватися з контролерами двигунів і пневматичними клапанами та керувати ними. Головним контролером обрано PIC 16F877 компанії Microchip.

Розроблено та промодельовано пропорційно-диференційний регулятор автоматизованої пакувальної машини. Пропорційно-інтегрально-диференційний регулятор (ПІД-регулятор або тричленний регулятор) - це механізм контуру керування, що використовує зворотний зв'язок, який широко використовується в промислових системах керування та в багатьох інших додатках, що вимагають безперервного модульованого керування.

Виконано аналіз продуктивності та ефективності автоматизованої пакувальної машини.

					КвРАКІТ. 2020046.01.02.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		57

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

- 1 Angeles, J. Fundamentals of Robotic Mechanical Systems: Theory, Methods and Algorithms. New-York: Springer-Verlag, 2003.
- 2 Axsys Technologies inc. Magtech Brushless Motor Source Book, 2002.
- 3 Automation, (n.d). (), from [http:// www.britannica.com](http://www.britannica.com), 2009.
- 4 Barber, A. Pneumatic Handbook. Elsevier, 1997.
- 5 Beaty, H. W. Electric Motor Handbook. McGraw-Hill, 2004.
- 6 Benhabib, B. Manufacturing: Design, production, automation, and Integration . USA: Marcel Dekker, 2003.
- 7 Bird, J. Electrical and Electronic Principles and Technology. Newnes, 2003.
- 8 Bishop, R. H. (Ed.). The Mechatronics Handbook. Boca Raton: CRC Press, 2008.
- 9 Blanchard, J. Packaging Automation. Food Engineering Magazine, 2008.
- 10 Bolton, W. Control Systems. UK: Longman, 1992.
- 11 Craig, J. J. Introduction to Robotics: Mechanics and Control (2nd ed.) Addison- Wesley Publishing, 1989.
- 12 De Silva, C. W. Mechatronics: An Integrated Approach. CRC Press, 2005.
- 13 Emerson Pulp&Paper Industry Solutions, 2004.
- 14 Fraden, J. Handbook of Modern Sensors. New-York: Springer-Verlag,

2004.

15 Franklin, G. F. .Feedback Control of Dynamic Systems. Prentice Hall, 2002.

16 Groover, M. P. Automation, Production Systems, and Computer Integrated Manufacturing. Prentice Hall, 2001.

17 Grewal, M. S. .Kalman Filtering: Theory and Practice using Matlab. Wiley&Sons, 2001.

18 Holzner, M. .The Metal Processing Industry in Bosnia and Herzegovina, 2006.

19 Hurmuzlu, Y. The Mechanical Systems Design Handbook: Modelling, Measurement and Control. CRC Press, 2002.

20 Klemsan. Products Catalogue, 2009.

21 Kilian, Modern Control Technology: Components and Systems (2nd ed.). Delmar, 2005.

22 Kreith, F. Mechanical Engineering Handbook. CRC Press, 1999.

23 Kurfess, T. R. Robotics and Automation Handbook. CRC Press, 2005.

24 Moody's Investors Service. Global Building Materials Industry, 2006.

25 Murray, R. M. A Mathematical Introduction to Robotic Manipulation. CRC Press, 1994.

26 Northeast Iowa Business Network. Heavy Machinery Manufacturing Industry Cluster Profile, 2004.

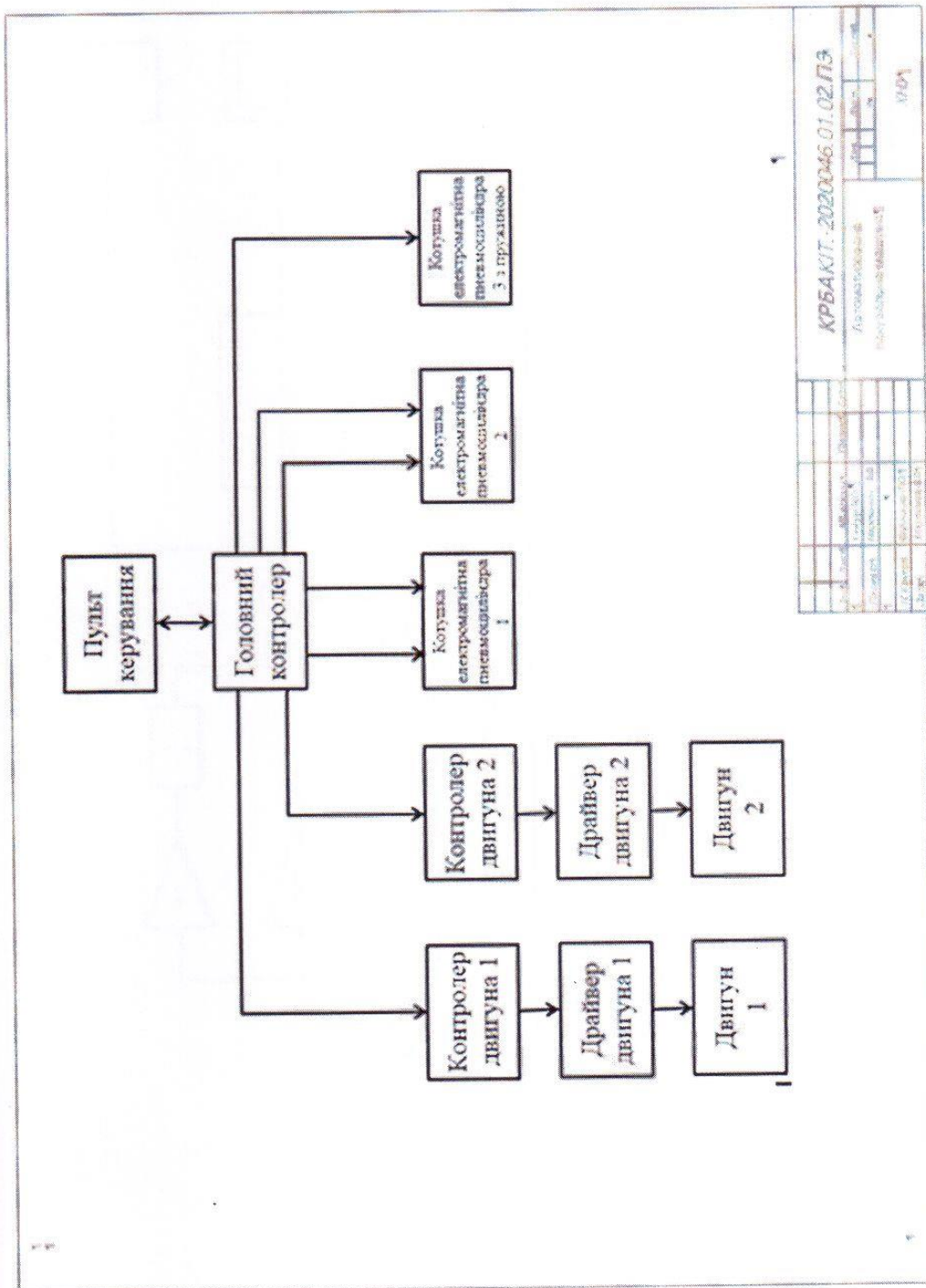
27 Onori, M. Automatic Assembly Systems. Sweden: The Royal Institute of Technology, 2003.

- 28 Packaging Machines from [http:// www.ppma.co.uk](http://www.ppma.co.uk).
- 29 Paraskevopoulos, P.N. Modern Control Engineering. USA: Marcel Dekker, 2002.
- 30 Park, J. Data Communications for Instrumentation and Control. Newnes, 2003.
- 31 Parker Hannifin Corporation. High Speed Automation Systems, 2007.
- 32 Parr, E. A. Programmable Controllers. Newness, 2003.
- 33 Prasad, B. H. Automation of Indian Agriculture. Agricultural Engineering Institute, 2006.
- 34 Pearce, L. M. Encyclopedia of American Industries-Volume 1, 2005.
- 35 Roy, N. Connecting Industrial Automation Control Networks. Xcell Journal, 2006.
- 36 Sandler, B. (). Robotics: Designing the Mechanisms for automated machinery. Academic Press, 1999.
- 37 Sciavicco, L.&Siciliano, B. Modelling and Control of Robot Manipulators (4th ed.). London: Springer-Verlag, 2005.
- 38 Sclater, N. Mechanisms and Mechanical Devices Sourcebook (4th ed.), 2006.
- 39 Peng Chuansheng. Computer Simulation of Container Terminal Planning and Design. Traffic and Transportation Engineering, 2017, p. 66-70.
- 40 Dai Lihua. Simulation Study on Berth Handling System for Export Bulk grain. Port Engineering, 2015, p. 27-31.

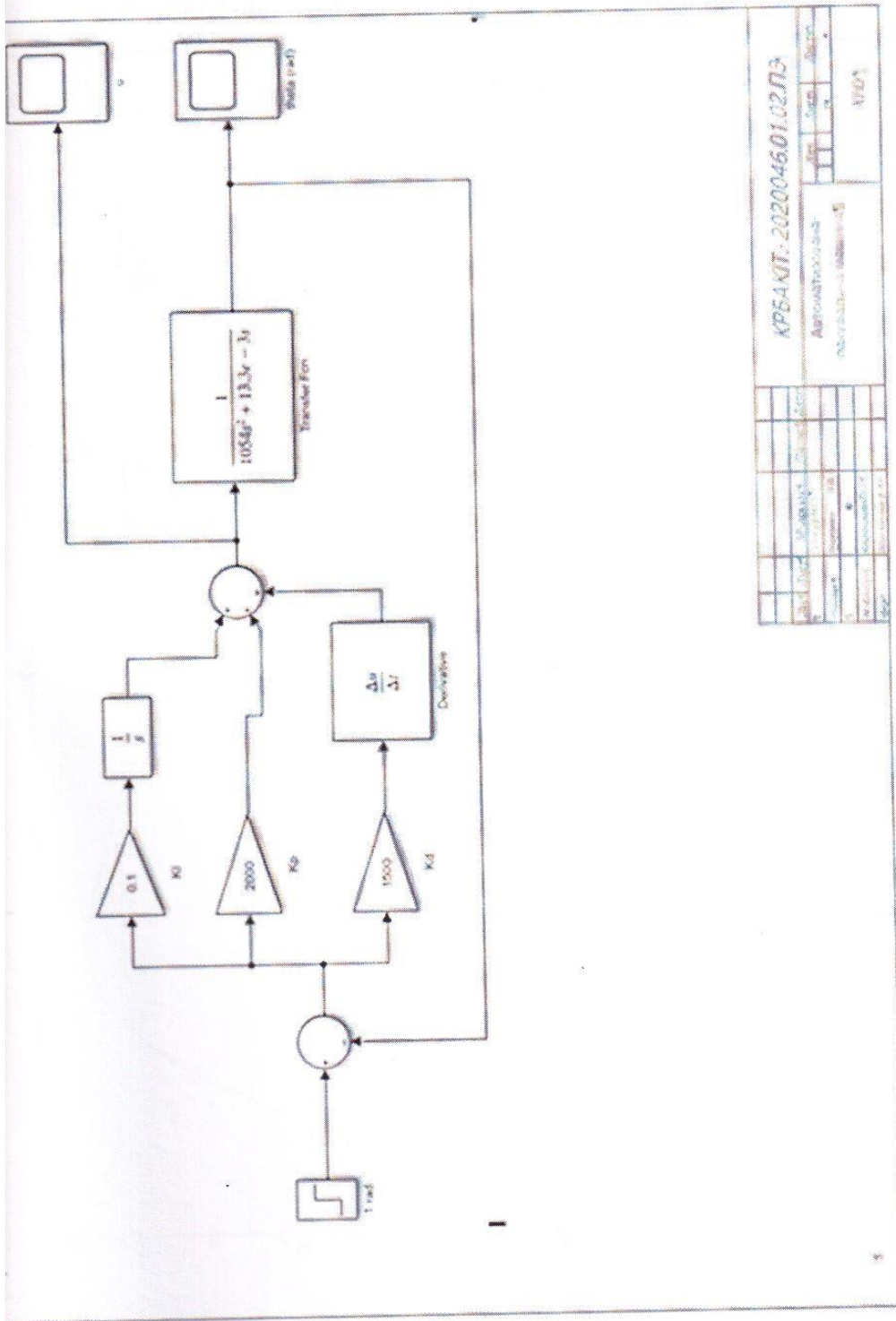
ДОДАТКИ

Додаток А

Структурна схема системи керування автоматизованою пакувальною машиною



Додаток Б
 ітаційна модель пропорційно-інтегрально-диференційного регулятора



КРБ4 КІТ: 2020046.01.02.ПЗ	
Автори: [...]	КІТ: [...]
Модифікований: [...]	Модифікований: [...]
Версія: [...]	Версія: [...]
Дата: [...]	Дата: [...]
Місце: [...]	Місце: [...]
Статус: [...]	Статус: [...]
Категорія: [...]	Категорія: [...]
Група: [...]	Група: [...]
Сторінка: [...]	Сторінка: [...]

Ім'я користувача:
Кафедра АКІТІТК

Дата перевірки:
22.06.2023 16:22:14 EEST

Дата звіту:
22.06.2023 16:36:40 EEST

ID перевірки:
1015677696

Тип перевірки:
Doc vs Internet + Library

ID користувача:
100005862

Назва документа: Snigur

Кількість сторінок: 60 Кількість слів: 7786 Кількість символів: 62169 Розмір файлу: 1.76 MB ID файлу: 1015322124

509 слів позначені як "вилучені" та не враховуються у підрахунку слів

5.77% Схожість

Найбільша схожість: 3.95% з джерелом з Бібліотеки (ID файлу: 1015322128)



0.18% Цитат



0% Вилучень

Деякі джерела вилучено автоматично (фільтри вилучення: кількість знайдених слів є меншою за 8 слів та 0%)

Немає вилучених Інтернет-джерел



Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.



Anti-Plagiarism v-15.257

Максимальне співпадіння з одним документом 3.0%

Словники перевірки: en_US, ru_RU, ua_UA. Помилки в документах: 8%

ID: 117776 Назва: БКР Автоматизована пакувальна машина Додано в БД: 2023-06-22 Автора: Віталій СНІГУР Керівники: Валерій МАРТИНЮК Консультанти: Опоненти:	Документ		Сумарний збіг по Базі Даних	
	Символи	Лексеми	Символи	Лексеми
	48383	382	2398 (5%)	33 (9%)

Джерело плагіату

ID	Опис	Наявність плагіату в документі	
		Символи	Лексеми

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник: Снігур Віталій Олегович

Тема: Автоматизована пакувальна машина

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

Обсяг кваліфікаційної роботи:

Кількість листів креслень 3 Кількість сторінок записки 58

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень: розроблено автоматизовану пакувальну машину, розроблено та промодельовано пропорційно-диференційний регулятор автоматизованої пакувальної машини.

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

3. Характеристика виконання кожного розділу, ступінь використання останніх досягнень науки і техніки і передових методів роботи: В першому розділі були розглянуті наступні питання: будова і принцип роботи пакувальних машин, а також алгоритми керування пакувальними машинами. У другому розділі розроблено модель автоматизованої пакувальної машини. Розроблено принцип роботи системи автоматичного керування електричним двигуном на рівні структурної схеми. Виконано розрахунок параметрів та вибір голівки пакувальної машини. Було обрано кроковий двигун із зубчатим ременем, який утримує захват і забезпечує лінійний рух. Проведено розрахунок характеристик пакувальної машини. У третьому розділі розроблено структурну схему системи керування автоматизованою пакувальною машиною. Розроблено структурну схему контуру регулювання системи автоматичного керування електричним двигуном для водопостачання. Вибрано та реалізовано головний контролер для виконання функцій, подібних до програмованого логічного контролера (ПЛК).

4. Позитивні сторони роботи: виконано аналіз продуктивності та ефективності автоматизованої пакувальної машини.

5. Негативні сторони роботи: у роботі недостатньо уваги приділяється огляду існуючих технічних рішень

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

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


8. Інші зауваження: відсутні

9. Оцінка дипломної роботи: задовільно (3,50/D)

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

Гиймен Дмитрій Степанович, к.т.н, доцент кафедри машин і агрегатів, електромеханічних та енергетическ систем ХНУ

“ ” _____ 2023 р.

 _____ (підпис)

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

Снігур В.О.

ПІБ здобувача вищої освіти

ФІТ, 3 курсу, групи АКІТс-20-1

ЗАЯВА

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

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

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

06.06.2023

дата


підпис

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

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

Назва: Автоматизована пакувальна машина

Автор: Снігур Віталій Олегович

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

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

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

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

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

Підтвердження:

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

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

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

3) виявлені модифікації тексту не впливають на відсоток схожості.

Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів ідентичності/схожості, складає 5,77% і адресується до 99 джерел, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру теми і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

Дата 22.06.2023р.

Завідувач кафедри

Гарант освітньої програми

Керівник кваліфікаційної роботи

Валерій МАРТИНЮК

Юрій ФОРКУН

Валерій МАРТИНЮК