

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Навчально науковий інститут автоматики та електротехніки

Кафедра комп'ютеризованих систем управління

«Допущений до захисту»
Завідувач кафедри



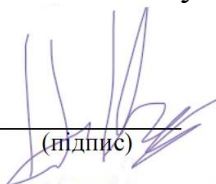
20 грудня 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»

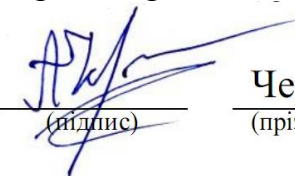
на тему: Мікропроцесорна система автоматичного керування пакувальною машиною

Виконав: студент групи 6341м


(підпис)

Пономаренко О.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи: _


(підпис)

Черно О.
(прізвище та ініціали)

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

Інститут	автоматики і електротехніки
Кафедра	комп'ютеризованих систем керування
Освітньо-кваліфікаційний рівень	«магістр»
Спеціальність	174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка»
Освітня програма	«Комп'ютеризовані системи керування та автоматика»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри КСУ
 Черно О.О.
15 жовтня 2024 р.

ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

Пономаренко Олексій Борисович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Мікропроцесорна система автоматичного керування пакувальною машиною

керівник роботи Черно Олександр. Олександрович, д.т.н., проф.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від " 14 "жовтня" 2024 р. № 1075-уч

2. Строк подання роботи 18.12.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи параметри пакувальної машини

4. Мета дослідження розробка мікропроцесорної системи керування
електроприводами пакувальної машини

5. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (основні задачі дослідження)
Принцип побудови та режими роботи пакувальної машини і постановка задачі проектування
Розробка принципової електричної схеми та алгоритму керуючої програми
Моделювання динаміки системи автоматичного керування
Охорона праці
Охорона навколишнього середовища

6. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Загальна схема роботи пакувальної машини

Функціональна схема системи автоматичного керування

Принципова електрична схема малопотужної частини системи керування

Алгоритм основної програми

Алгоритми підпрограм

Визначення коефіцієнтів цифрових регуляторів

Моделювання динаміки системи керування у середовищі MatLab Simulink

7. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
<i>Охорона праці</i>	<i>Черно О.О., зав. каф. КСУ</i>	24.10.24	04.11.24
<i>Охорона навколишнього середовища</i>	<i>Черно О.О., зав. каф. КСУ</i>	04.11.24	15.11.24

8. Дата видачі завдання: « 5 » вересня 2024р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської роботи	Строк виконання	Примітка
1	<i>Принцип побудови та режими роботи пакувальної машини і постановка задачі проектування</i>	<i>21.09.2024</i>	<i>виконано</i>
2	<i>Розробка принципової електричної схеми та алгоритму керуючої програми</i>	<i>30.09.2024</i>	<i>виконано</i>
3	<i>Моделювання динаміки системи автоматичного керування</i>	<i>12.10.2024</i>	<i>виконано</i>
4	<i>Охорона праці</i>	<i>04.11.2024</i>	<i>виконано</i>
5	<i>Охорона навколишнього середовища</i>	<i>15.11.2024</i>	<i>виконано</i>

Студент

(підпис)

Пономаренко О.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Черно О.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

В магістерській роботі розроблено мікропроцесорну систему автоматичного керування пакувальною машиною.

В процесі розробки системи керування була сформована функціональна схема системи автоматичного керування електроприводами пакувальної машини; розроблена принципова електрична схема малопотужної частини системи керування; встановлено, що для корекції даної системи керування доцільно використовувати цифровий І-регулятор; проведені розрахунки для побудови алгоритму основної керуючої програми та побудовані підпрограми, що входять до її складу; побудована модель цифрової системи керування електроприводами пакувальної машини в середовищі MatLab Simulink та розраховані перехідні процеси.

Ключові слова: автоматичне керування, пакувальна машина, керований електропривод.

ABSTRACT

In the master's thesis, a microprocessor system for automatic control of a packaging machine was developed.

In the process of developing the control system, a functional diagram of the automatic control system for electric drives of a packaging machine was formed; a schematic electrical diagram of the low-power part of the control system was developed; it was established that it is advisable to use a digital I-regulator to correct this control system; calculations were made to build the algorithm of the main control program and the subroutines included in it were built; a model of the digital control system for electric drives of a packaging machine was built in the MatLab Simulink environment and transient processes were calculated.

Keywords: automatic control, packaging machine, controlled electric drive.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. ПРИНЦИП ПОБУДОВИ ТА РЕЖИМИ РОБОТИ ПАКУВАЛЬНОЇ МАШИНИ І ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ПРОЕКТУВАННЯ.....	8
1.1. Загальні відомості про пакувальні машини	8
1.2. Агрегатно-модульний принцип побудови пакувальної машини.....	10
1.3. Програмне керування пакувальною машиною	17
Висновки за розділом та постановка задачі проектування	19
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СХЕМИ ТА АЛГОРИТМУ КЕРУЮЧОЇ ПРОГРАМИ.....	21
2.1. Розробка функціональної схеми системи керування пакувальною машиною та вибір її елементів	21
2.2. Розробка принципової електричної схеми системи керування	39
2.3. Розробка алгоритму керуючої програми.....	42
Висновки за розділом.....	50
РОЗДІЛ 3. МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ	51
3.1. Формування динамічної структурної схеми цифрової системи керування... ..	51
3.2. Визначення параметрів цифрових регуляторів	54
3.3. Моделювання динаміки цифрових систем керування у програмі "Simulink"	57
Висновки за розділом.....	59
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	60
4.1. Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів для здоров'я людини при експлуатації пакувальної машини.....	62
4.2. Розрахунок системи штучного освітлення виробничого приміщення	66
4.3. Розробка заходів щодо зменшення впливу шкідливих і небезпечних факторів	70
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ МІКРОПРОЦЕСОРНОЇ САК ПАКУВАЛЬНОЮ МАШИНОЮ.....	77

5.1. Забруднення навколишнього середовища при експлуатації електроприводів пакувальної машини	79
5.2. Розробка заходів щодо зниження рівня забруднення навколишнього середовища під час роботи підприємства	80
ВИСНОВКИ	85
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	86
ДОДАТОК А	89

ВСТУП

У всіх галузях промисловості для будь-якої продукції перед виходом на ринок потрібне якісне пакування. Тому, пакувальне обладнання стає важливою частиною виробничого обладнання. Крім того, його продуктивність, точність і стабільність роботи безпосередньо визначають ефективність обладнання. Повна автоматизація пакувального обладнання є обов'язковою характеристикою сучасної пакувальної лінії.

В установці пакувальної машини використовується три сервопривода: перший сервопривод забезпечує подачу плівки для пакування продукції, другий – керує подачею продукції, а третій – відрізання та зварювання плівки.

Сервопривод подачі пакувальної плівки є провідним для інших приводів: привод ножа і привод подачі продукції отримують від нього поточну інформацію про переміщення плівки і таким чином синхронізуються.

Завданням мого магістерської роботи є розробка мікропроцесорної системи автоматичного керування пакувальною машиною, що керує всім процесом пакування в цілому та забезпечує синхронну роботу трьох електроприводів.

На основі розробленої функціональної схеми автоматичного керування було проведено вибір всіх її елементів, які забезпечують точну та безперервну роботу пакувальної машини.

Розроблена принципова електрична схема пакувальної машини та алгоритм керуючої програми. Основна програма рахує швидкості руху плівки, горизонтального конвеєра та ножа.

Крім того, в роботі розглянуті питання охорони праці та навколишнього середовища. Проведено дослідження стійкості системи керування електроприводами пакувальної машини у надзвичайних ситуаціях та техніко-економічне обґрунтування розробки мікропроцесорної системи автоматичного керування пакувальною машиною.

РОЗДІЛ 1

ПРИНЦИП ПОБУДОВИ ТА РЕЖИМИ РОБОТИ ПАКУВАЛЬНОЇ МАШИНИ І ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ПРОЕКТУВАННЯ

1.1. Загальні відомості про пакувальні машини

Завершальними операціями виготовлення будь-якого продукту є технологічні процеси пакування, які здійснюються за допомогою технологічних комплексів пакування.

Для вдосконалення або впровадження новітніх технологій з метою підвищення ефективності процесів необхідна науково обґрунтована методика проектування технологічних засобів пакування і методика їх інтеграції в синхронно працюючу систему. Сучасне пакувальне обладнання розвивається в напрямку підвищення його продуктивності, підвищення якості упаковок, зниження витрат на пакування, покращення умов праці. Окрім того, сучасне пакувальне виробництво висуває вимоги скорочення термінів освоєння нових видів продукції, спрощення обслуговування і підвищення рівня автоматизації пакувальних машин і технологічних ліній на їх основі.

Безперервний процес науково-технічного прогресу постійно потребує удосконалення сучасних технологій, у тому числі і технологій пакувального машинобудування, до тенденцій прогресивного розвитку яких можна віднести:

- підвищення концентрації і паралельності технологічних зон оброблення матеріальних потоків (упаковка, продукція), що забезпечує зростання продуктивності і нові можливості пакувального обладнання;
- створення нетрадиційних прогресивних просторових структур технологічних зон оброблення, які реалізують підвищені технологічні можливості виробничого простору і середовища;
- забезпечення компонування технологічних зон оброблення з лінійною, поверхневою та об'ємною структурою;
- створення і впровадження потоково-просторових технологічних модулів;

- підвищення ступеня компактності структури за рахунок збільшення щільності технологічних зон оброблення;
- створення нових класів пакувальних машин, розроблення і функціонування яких буде базуватися на нових принципах (генетичний підхід);
- організація поточності функціонування технологічних зон оброблення на базі багатовимірних замкнених рекурентних груп, які виконані на базі їхніх складних рухів та підвищення ефективності;
- забезпечення одночасного або паралельного виконання функцій пакувальними машинами;
- підвищення безперервності і стабільності функціонування пакувальних машин (ліній) відповідно до заданого алгоритму;
- підвищення інформативності технологій, зменшення маси пакувальних машин і підвищення їхнього енергозбереження;
- спрощення функціональної структури пакувальних машин за рахунок суміщення різних функцій, тобто виконання технологічних функцій за рахунок транспортних функцій і навпаки;
- створення технологій і пакувальних машин та ліній з використанням принципів мехатроніки і адаптроніки.

Пакувальні машини повинні бути високопродуктивними, надійними і забезпечувати: швидку зміну форматів упаковки; дозування і поділ на порції; можливість повторного закриття упаковки, а також високу доступність під час експлуатації. Сучасне обладнання має забезпечувати виробництво економічної упаковки шляхом інтеграції в одну машину значної кількості операцій (формування упаковки: дозування і фасування, закупорювання, маркування). Поряд із цим потрібно забезпечити безпеку продукції, особливо якщо пакуються харчові продукти, завдяки виконанню гігієнічних вимог до конструкції та експлуатації машин. Розвиток пакувального обладнання відповідає тенденціям товарного ринку, де головною вимогою до машин є зменшення витрат виробництва, зменшення кількості пакувального матеріалу для пакування одного виробу або дози продукції, висока продуктивність і переробка широкого діапазону різних видів упаковки.

Пакувальне машинобудування — це одна із провідних галузей із застосування інновацій: силових пристроїв (приводів); САК (систем автоматизованого керування) і автоматизації; наукоємних фізичних ефектів; телекомунікаційних систем інформування і діагностики тощо.

Одні з перших зразків пакувального обладнання були обладнані централізованим приводом з одним двигуном. Механічний рух передавався по всій машині через виконавчі механізми і передачі з використанням розподільно керуючого валу. Така конструктивна схема набула широкого застосування у пакувальному обладнанні, де необхідно було забезпечити циклічність руху робочих органів для переміщення продукції, подачі пакувального матеріалу тощо. Для сучасних зразків обладнання, насичених мікропроцесорною технікою, така схема виконання привода втратила своє значення, адже вона складна у виготовленні та експлуатації, вимагає значних матеріалів та енерговитрат. Крім того, більш жорсткими стали вимоги до самої системи приводів.

Основними вимогами сьогодення для системи приводів можуть бути:

- використання децентралізованої системи приводів;
- забезпечення великого діапазону регулювання частоти обертання ротора двигуна (0,01..10 000 обертів за хвилину);
- плавне керування швидкістю руху робочих органів;
- більші значення обертального моменту (пусковий обертальний момент до 500 Н·м);
- високі динамічні характеристики;
- висока перевантажувальна здатність;
- висока точність позиціонування.

1.2. Агрегатно-модульний принцип побудови пакувальної машини

Пакувальні машини відповідного функціонального призначення (рис. 1.1) належать до багатфункціональних технологічних машин послідовної, паралельної та послідовно-паралельної дії, їхня структура формується на основі модульного принципу як методу побудови різних технічних систем з

різноманітними характеристиками шляхом компонування їх з типових модулів визначеним чином для створення *матеріальних* (переміщення продукції, тари, пакувальних матеріалів, допоміжних пакувальних матеріалів), *енергетичних* (приводи робочих органів, елементи теплотехнічних пристроїв системи керування) та *інформаційних* (керування роботою, контроль, діагностика) зв'язків між ними.

Порядок розміщення і кількість цих модулів визначаються послідовністю виконання технологічних операцій та числом робочих позицій, з яких вони складаються. Вид, послідовність і кількість операцій та відповідних робочих позицій встановлюються на етапі розроблення, синтезу і аналізу технологічного процесу пакування.

Модульне проектування достатньо добре погоджується з еволюційним підходом створення новітніх машин, за якого потрібно будувати і аналізувати сукупність моделей пакувальних машин, що послідовно покращуються за функціональними і технічними показниками. Під час проектування складних технічних систем (багатофункціональних пакувальних машин) ланцюг послідовних покращень моделей машин може бути достатньо довгим.

У цьому випадку застосування імітаційного моделювання є проблематичним, тому що витрати на розробку одного варіанта імітаційної моделі співрозмірні з витратами на розроблення програмного забезпечення для проектування технічної системи. А тому для успішної реалізації еволюційного підходу створення новітніх машин потрібний подальший розвиток модульної технології проектування і підвищення її ефективності, у першу чергу на стадіях побудови і трансформації моделей.

Проведеними дослідженнями встановлено, що значного просування під час вирішення завдання послідовного трансформування моделей машин у разі еволюційного підходу до проектування можна досягти тоді, коли представлення пакувальної машини буде базуватися на двох таких основних принципах:

- дискретність моделі;
- форма представлення моделі у вигляді графа.

Принцип дискретності дає можливість завдання трансформації таких моделей звести до завдань композиції дискретних елементів. Графова форма в цьому випадку є природною формою відображення дискретних елементів (модулів) і відношень між ними у представлених алгоритмах. Якщо модулі графової моделі мають ієрархічну структуру, що характерно для більшості пакувальних машин, то в цьому випадку достатньо легко змінити рівень деталізації опису моделі пакувальної машини.

Центральне місце в цій технології проектування відводиться визначенню модулів, із яких komponується пакувальна машина, або їхньому набору. Сукупність зв'язаних між собою модулів утворює модульну структуру машини.

Для проектування важливим є те, що шляхом нескладних маніпуляцій модульні структури відносно легко трансформуються, що дає можливість здійснювати пошук раціональних, за заданими критеріями ефективності, модульних структур.

Процес *еволюційного проектування* пакувальних машин, відповідно до модульної технології, виконується в три етапи:

Перший етап моделювання відповідає рівню аналітичних розрахунків. Результати розрахунків дають можливість прийняти рішення щодо технологічної схеми пакувальної машини на основі аналізу службової функції і принципу її роботи. На цьому етапі проводиться декомпозиція на елементарні технологічні функції, з яких здійснюється синтез фізичного процесу пакувальної машини таким чином, щоб для кожної технічної функції було очевидно, який тип функціональних модулів потрібний.

На *другому етапі* визначають структурну схему komponування пакувальної машини, обравши на підставі критерію ефективності оптимальну із множини можливих варіантів. Проектування komponування є вузловою проблемою проектування пакувальної машини. Структура пакувальної машини утворюється набором складових її елементів — функціональних модулів і зв'язків між ними. Структурний синтез пов'язаний з варіюванням цих елементів. Завдання структурного синтезу полягає у пошуку оптимальної структури пакувальної машини.

На *третьому етапі* визначають найкращі значення внутрішніх (конструктивні параметри машини і технологічні режими роботи), зовнішніх (умови роботи, параметри матеріальних потоків) і вихідних (продуктивність, надійність, точність функціонування) параметрів вибраної структури пакувальної машини.

Ідеологія функціонально-модульної побудови пакувальної машини формує і вдосконалює систему проектування в міру накопичення досвіду і розширення банку елементарних графічних моделей функціональних модулів.

Термін «функціональний модуль» застосовується до частини виробу або системи, яка виконує одну або декілька функцій, за установочними та приєднувальними розмірами може легко з'єднуватись з іншими функціональними модулями, створюючи складну технічну систему, а також може легко роз'єднуватись і замінятись з метою отримання системи з іншими функціональними характеристиками під час їхнього ремонту або модернізації.

Розвитком електронних засобів контролю, функціональні модулі стали комплектуватись новітніми системами керування, які у процесі приєднання модулів теж легко з'єднуються в єдину систему керування.

Взаємопроникнення електричної системи в механічну та синергетична апаратно-програмна інтеграція складових елементів функціонального модуля, які мають різну фізичну природу, надають функціональним модулям вищого рівня розвитку — мехатронний модуль, який за визначенням є функціонально і конструктивно самостійним виробом. До елементів різної фізичної природи відносяться механічні, електричні, електронні, цифрові, пневматичні, гідравлічні, інформаційні та інші складові.

Мехатронні модулі, як і функціональні, можуть об'єднуватись в мехатронну систему. Формування мехатронних модулів відбувається шляхом поєднання між собою окремих модуль-елементів з виконавчими, керувальними та інформаційними функціями. До виконавчих модуль-елементів відносяться механізми із пневматичним, гідравлічним або електричним приводом.

Керувальні модуль-елементи включають в себе блоки керування приводом і є закінченим виробом з уніфікованими каналами зв'язку. Інформаційні модуль-

елементи забезпечують отримання інформації, необхідної для функціонування системи керування та визначення стану навколишнього середовища.

Аналіз інноваційних розробок у пакувальному обладнанні показав, що відносно нову конструкцію пакувального обладнання можна розробити на базі модулів лінійного переміщення, модулів підйому, модулів повороту, які в комплексі створюють модульну систему з додатковим набором змінних захогайювальних пристроїв різного виду та систем керування.

До складу мехатронного модуля входять: мікропроцесорна система керування, підсилювачі потужності, механізми передачі інформації, датчики зворотного зв'язку. Як приводи використовуються крокові або серводвигуни, постійного та змінного струму.

Складність технологічного процесу пакування і підвищені вимоги до автоматизованих машин з коротким кінематичним циклом (100 і більше циклів за хвилину) вимагають високоякісних і високодинамічних сервоприводів, що суттєво впливає на вартість і якість виробництва. Складне програмне забезпечення означає, що кожен сервопривод в пакувальній машині представляє інтелектуальну децентралізовану систему приводів.

Сервопривод – це система привода, яка в широкому діапазоні регулювання швидкості забезпечує динамічні, високоточні процеси руху і реалізує їх добру повторюваність. Сервоприводи є найбільш високотехнологічною областю електроприводу.

Слово "серво" походить від латинського слова "servus", що перекладається як слуга, раб, помічник. У машинобудівних галузях сервоприводи традиційно виконували переважно допоміжну роль (приводи подач у верстатах, приводи роботів і т.п.). Пневматичний, гідравлічний приводи або асинхронні двигуни з фіксованою швидкістю використовувалися тільки при високих моментах в якості головного приводу.

Серводвигуни бувають чотирьох видів:

- синхронні серводвигуни (DS/CM, CMP, CMD серії) – синхронні двигуни змінного струму з постійними магнітами на роторі;

- асинхронні серводвигуни (СТ/CV серія та DRL серія) – асинхронні двигуни змінного струму з датчиком зворотного зв'язку, спеціально спроектовані для роботи з перетворювачами частоти;
- синхронний лінійний двигун (SL2 серія) – синхронні лінійні двигуни змінного струму з постійними магнітами;
- електроциліндр (CMS серія) – привод, створений на базі синхронних серводвигунів, в якому обертальний рух перетворюється в зворотно-поступальний.

Кожен модуль комплектується датчиками зворотного зв'язку для контролю швидкості та положення.

Головна особливість сервопривода — наявність зворотного зв'язку між положенням ротора та положенням кодуєчого пристрою на валу двигуна. Іноді ця непряма інформація положення збільшена, або навіть замінена, прямим вимірюванням положення елементів машини, що переміщаються. Кодуючий пристрій визначає точність всієї системи приводів.

Принципова блок-схема сервопривода наведена на рис. 1.2.

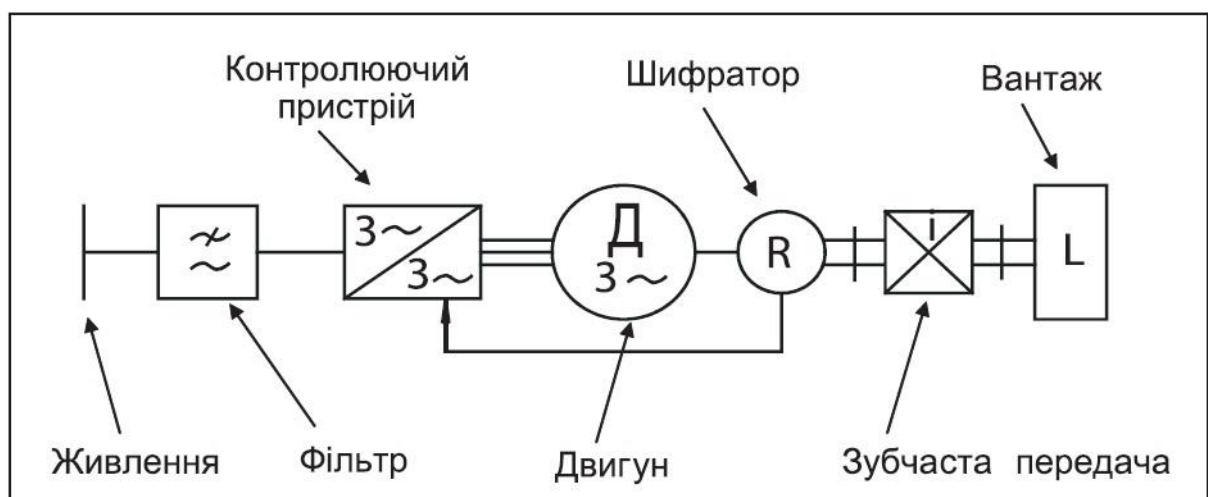


Рис. 1.2. Блок-схема сервопривода

Складність технологічного процесу пакування і підвищені вимоги до автоматизованих машин з коротким кінематичним циклом (100 і більше циклів за хвилину) вимагають високоякісних і високодинамічних сервоприводів, що

суттєво впливає на вартість і якість виробництва. Складне програмне забезпечення означає, що кожен сервопривод в пакувальній машині представляє інтелектуальну децентралізовану систему приводів.

Серводвигун, обладнаний вмонтованим контролером, – це повністю автоматизований пристрій позиційного керування. Легкість приведення у дію, аналіз та контроль декількох заданих параметрів дає можливість використовувати його як заміну двигунів з зовнішнім пристроєм позиційного керування з вбудованою мовою програмування.

Контролер чітко реагує на сигнали кінцевих вимикачів та інших двигунів, оцінює їх та забезпечує точне позиціонування робочих органів машин, в разі потреби вносячи необхідне автоматичне коригування.

Основний вирішальний чинник якості роботи сервосистеми – це програмне забезпечення, що використовується в частотному перетворювачі. Високоякісне програмне забезпечення може компенсувати невідповідності вихідних параметрів у двигуні, або механічних компонентах передачі. За допомогою технологічного програмного забезпечення «Position control» можна переконфігурувати сервоперетворювач для вирішення будь-яких завдань позиціонування. При цьому користувачу не обов'язково мати навички програмування.

Програмне забезпечення (ПЗ) в онлайн режимі просить оператора ввести необхідні дані про привод. ПЗ «Position control» передбачає можливість вибору декількох режимів роботи: автоматична, ручна подача, навчання. Це дає можливість легко і швидко змінювати параметри приводу в процесі налагодження. Наладчик повинен ввести інформацію про механічні (передаточні числа, діаметри валів) та динамічні (швидкості, прискорення) параметри.

На сьогодні серводвигуни набувають все ширшого практичного застосування у приводах різноманітного обладнання. В свою чергу, не є виключенням і пакувальні машини [1].

1.3. Програмне керування пакувальною машиною

Основна маса вироблених в Україні пакувальних машин має в своєму складі два – три приводи з досить простою логікою керування, яку можна реалізувати за допомогою вбудованої функціональності сервоприводу.

Розглянемо керування сервокрокового приводу пакувальної машини подачі вузла рулонної плівки обгортувача. Система керування лінії пакування на основі засобів автоматизації забезпечує точність різання до 0,5 мм [2].

При застосуванні 2-х ножового пристрою різання продуктивність може бути доведена до 80-120 упаковок в хвилину. Застосування електронного кулачка замість механічного дало можливість позбутися механічного зв'язку між подачею плівки і приводом ножа, що зменшує рівень шуму, спрощує регулювання і монтаж. Спростилася і подешевшала механічна частина лінії. Функціонування лінії забезпечується застосуванням сервоприводів, що спростило монтаж та керування системи по переміщенню і синхронізації приводів. Легко можуть бути забезпечені необхідні траєкторії руху для ножа із застосуванням функції електронного кулачка. При переналадці лінії на упаковку іншої продукції (зміна довжини пакета) всі налаштування здійснюються за допомогою фотодатчика або можуть бути зроблені шляхом зміни параметрів з панелі оператора [3].

Приводи NEMA підтримують режим master-slave, коли кілька ведомих приводів (slaves) слідує за провідним (master). Один привод може використовуватися в якості майстра і передавати майстер-позицію по шині CAN іншим приводам. В якості майстра може виступати як основний керований контролером сервопривод пакувальної машини, що задає її продуктивність і працює в одному з режимів (керування швидкістю, позиціонуванням, керування за завантаженою в нього програмою з послідовних команд), так і майстер-енкодер (інкрементальний енкадер на валу основного приводу машини). У випадку з майстер-енкодером один з приводів, яких ведуть, отримує і обробляє сигнали енкадера і видає майстер позицію в якості регулярного сполучення на шину CAN у вигляді PDO (стандартного повідомлення – об'єкта даних процесу),

який читається усіма відомими приводами, у тому числі і самим виробником даного повідомлення з метою синхронного застосування позиції усіма приводами [4].

Режим Master/Slave має наступні стандартні функції:

- електронного редуктора (gearing);
- електронного кулачка (cam);
- тригера початку циклу;
- зрушення щодо позиції майстра або початку циклу.

Мінімальна модернізація вузла подачі плівки полягає в наступному:

- замінити частотно керовані приводи подачі плівки на сервопривод (сервокрокові електроприводи);
- завести сигнал датчика (Д2) на налаштований вхід сервопривода;
- встановити датчик (Д1), з якого контролер отримує сигнали про наявність плівки у рулоні;
- встановити датчик (Д3) зворотного зв'язку, з якого контролер отримує сигнали переміщення продукції;
- встановити датчик (Д4) зворотного зв'язку, з якого контролер отримує сигнали позиціонування різаку зварювання та відрізання плівки;
- модернізувати програму контролера.

Удосконалений алгоритм відрізняється від попереднього наступним чином:

- оператор задає початкові дані процесу пакування;
- контролер запускає електроприводи для процесу пакування за допомогою дискретних імпульсів;
- незалежно від обраної користувачем швидкості обертання, контролер налаштовує приводи на синхронну роботу, що здійснюється за допомогою вбудованих таймер-лічильників, налаштованих на підрахунок імпульсів, пройдених між прийнятими сигналами з Д2, Д3 та Д4;
- контролер відстежує наявність плівки перед початком циклу (Д1) і в процесі пакування та в залежності від стану плівки відправляє команду «старт»

за раніше встановленими параметрами оператором або «стоп» – тимчасова зупинка процесу до заміни рулону;

- контролер відстежує початок циклу по Д2 та визначає кількість імпульсів між мітками за допомогою таймер-лічильника;

- переривання роботи відбувається відповідною командою, при цьому привод виконає зупинку в кінцевій точці профілю, тобто в початковій точці для подальшого циклу.

Таким чином, при даній модернізації можна значно підвищити швидкість пакувальної машини, а при подальшій заміні основного приводу сервоприводом, можливе досягнення швидкості на рівні механічних меж машини.

Висновки за розділом та постановка задачі проектування

Використання мікропроцесора для керування приводом дозатора дає можливість зберігати до восьми запрограмованих режимів роботи пристрою, безступінчасто переходити до кожного з них та регулювати динамічні та силові параметри процесу. Узгодження роботи серводвигунів конвеєра та дозатора забезпечує якість процесу дозування та дає можливість усунути втрати продукту.

Проаналізувавши принцип роботи та характеристику сучасних серводвигунів, і врахувавши високий ступінь автоматизації на базі швидкісних мікропроцесорів із сучасним програмним забезпеченням систем керування сервосистемами, можна визначити наступні тенденції розвитку пакувальних машин:

- застосування сервопривода – це шлях до найшвидшої системної автоматизації і забезпечення високої продуктивності обладнання;
- сервосистема є основою модульного принципу будови функціональних модулів машин з можливістю швидкої переконфігурації обладнання;
- сервосистема забезпечує високошвидкісну комунікацію з іншими технологічними лініями і засобами візуалізації технологічних процесів для інтеграції в АСУ ТП підприємства;

- використання новітніх приводних систем – умова мінімізації механічних вузлів та скорочення експлуатаційних витрат.

Отже, процес пакування в останні десятиліття став невід’ємною частиною виробництва у всіх галузях промисловості. Крім того, його продуктивність, точність і стабільність пакувального обладнання збільшились за рахунок використання сервоприводів. Їх успішне застосування в сучасному обладнанні дає можливість спростити вузли подачі та забезпечити високу точність позиціонування в процесах пакування і фасування.

На базі результатів, отриманих при проведенні збору інформації та її аналізу, зробимо наступні висновки:

- серводвигуни набувають все ширшого практичного застосування у приводах пакувальних машин;
- електроприводи подачі плівки, продукції та ножа управляються дискретними сигналами з контролера;
- використання серводвигунів дають можливість спростити вузли подачі, забезпечити високу точність позиціонування та синхронізації двох і більше потоків пакувальних матеріалів;
- центральний контролер управляє продуктивністю машини шляхом завдання швидкості обертання основного керованого приводу дискретними сигналами.

Таким чином, метою мого магістерської роботи є розробка мікропроцесорної системи керування електроприводами пакувальної машини. Для досягнення мети необхідно розв’язати наступні задачі:

- розробка функціональної схеми системи керування та вибір всіх її елементів;
- розробка принципової електричної схеми системи керування;
- розробка алгоритму керуючої програми;
- параметричний синтез цифрових регуляторів;

- моделювання перехідних процесів у середовищі MatLab Simulink;
- аналіз питань охорони праці;
- аналіз питань охорони навколишнього середовища;

РОЗДІЛ 2

РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СХЕМИ ТА АЛГОРИТМУ КЕРУЮЧОЇ ПРОГРАМИ

2.1. Розробка функціональної схеми системи керування пакувальною машиною та вибір її елементів

На основі проведеного збору інформації та зрівняльного аналізу переваг та недоліків типів приводів в роботі було прийняте рішення, що для поліпшення показників роботи пакувальної машини доцільно використовувати електроприводи з кроковими двигунами (КД).

В процесі керування пакувальної машини привід подачі пакувальної плівки є приводом, що веде. Для інших приводів: привід подачі продукції і привід ножа, отримують від нього поточну інформацію про переміщення плівки і таким чином синхронізуються.

Система автоматичного керування електроприводами повинна виконувати шість основних задач:

- отримання сигналу запуску системи;
- отримання сигналу з датчика мітки про інтервал їх розташування та про приближення продукції до ножа;
- синхронізація роботи ножа різання та поперечного зварювання плівки продукту за допомогою сигналу з датчика положення ножа;
- синхронізація роботи горизонтального конвеєра подачі продукції за допомогою сигналу з датчика переміщення продукції;
- синхронізація роботи всіх електроприводів пакувального процесу;

– справна робота системи захисту, а саме тимчасова зупинка процесу при отриманні сигналу з датчика наявності плівки та визначення діаметру рулону.

На підставі цього складаємо функціональну схему системи автоматичного керування (рис. 2.1).

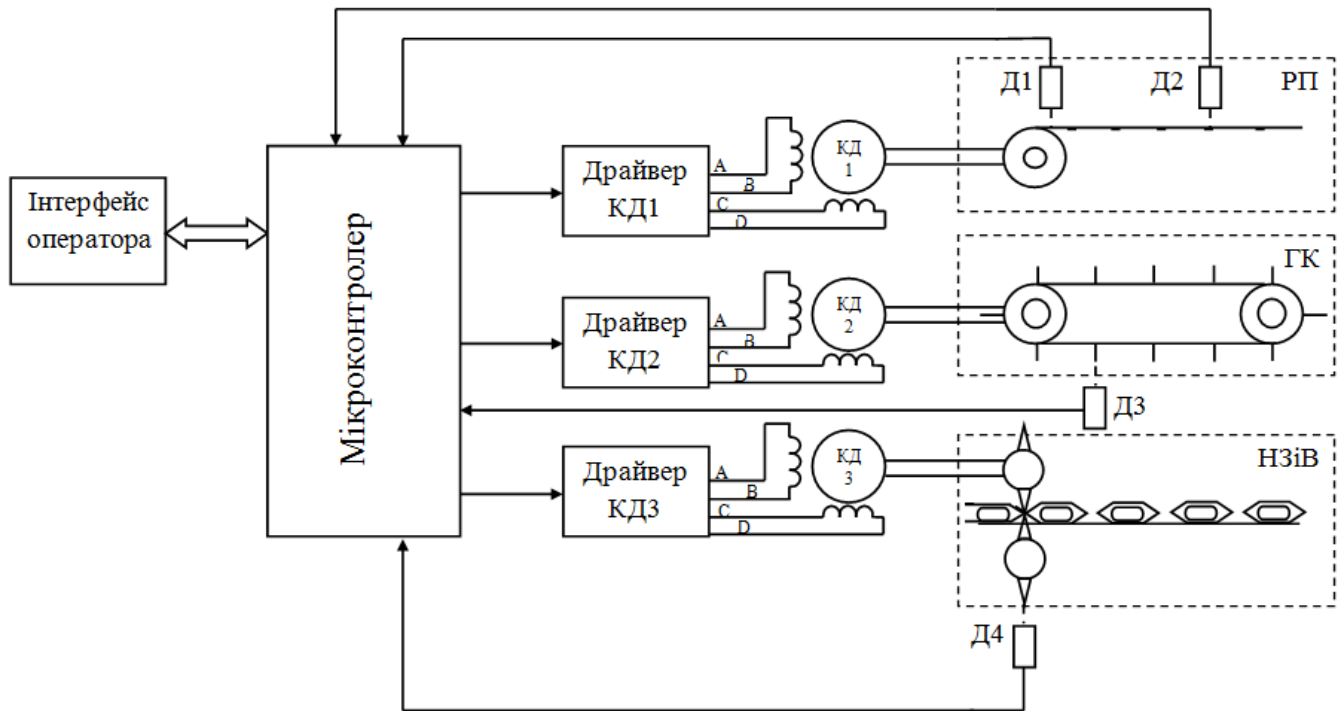


Рис. 2.1. Функціональна схема системи автоматичного керування

До складу системи автоматичного керування (рис. 2.1) входять наступні елементи:

Мікроконтролер ATmega128. Періодично аналізує зміну параметрів процесу і формує основні сигнали керування драйверами (серії STB) крокових двигунів (серії ST), які є виконавчими механізмами різання та зварювання ножем, подачі плівки з рулону та подачі продукції по горизонтальному конвеєру.

Інтерфейс оператора – елементи сервісу (матрична клавіатура 4x4 і рідкокристалічний 4-х рядковий дисплей на 20 символів) системи керування, що дозволяють змінити алгоритм керування, або внести коригувальні зміни в реальному часі.

Драйвери КД1, КД2 та КД3 – спеціалізовані драйвери крокових двигунів, призначені для керування КД серії ST. Діапазон вихідної напруги драйверів 9..80 В, з максимальним допустимим струмом кожної обмотки двигуна до 7А.

КД1, КД2 та КД3 – крокові двигуни (ST42-47, ST86-80 та ST57-56), що є виконавчими елементами процесу пакування продукції.

РП – рулон плівки, який використовується для пакування хлібобулочної продукції у подушкоподібну герметичну упаковку з тристороннім зварюванням. Діаметр рулону не більше 30 см, ширина не більше 60 см, товщина плівки 12..23 мкм.

ГК – горизонтальний конвеєр подачі продукції до пакувального процесу.

НЗіВ – ніж зварювання і відрізання, який здійснює процес поперечного зварювання та відрізання упакованого виробу.

Д1 – датчик наявності. За допомогою датчика наявності ми можемо визначити діаметр рулону у поточний момент часу та забезпечити граничні значення діаметру, а також відстежити закінчення плівки у рулоні. Сигналом з датчика ми вмикаємо систему захисту.

Д2 – датчик мітки. За допомогою датчика мітки, розташованої на пакувальній плівці, ми визначаємо інтервал (кількість імпульсів) їх розташування та подаємо сигнал драйверу КД3 про приближення продукції до ножа.

ДЗ – датчик положення. За допомогою датчика положення продукції на горизонтальному конвеєрі ми забезпечуємо синхронний процес подачі продукції до пакування.

Д4 – датчик положення. За допомогою датчика положення ножа ми забезпечуємо синхронний процес поперечного зварювання пакета та відрізання упакованого виробу.

Система працює наступним чином. Отримуючи сигнал (електричні імпульси) запуску системи, в дію приводиться кроковий двигун подачі плівки (КД1) із встановленого рулону, а швидкість розмотування рулонної плівки задається оператором через інтерфейс. Одночасно із КД1 запускаються кроковий двигун горизонтального конвеєра подачі продукції КД2 та кроковий

двигун ножа зварювання і відрізання КД3. Цей процес виконується за допомогою перетворення електричних імпульсів на дискретні механічні переміщення. За допомогою датчика мітки Д2 ми отримуємо інтервал розташування міток на пакувальній плівці та подаємо це значення на драйвер крокового двигуна ножа (драйвер КД3). Він, в свою чергу, приводить в дію двигун з потрібною нам частотою роботи. Цей процес контролюється за допомогою датчика положення Д4. Тим часом, цей сигнал подається на драйвер крокового двигуна горизонтального конвеєра (драйвер КД2), який приводить в дію двигун конвеєра подачі продукції. Цей процес контролюється за допомогою датчика положення Д3. Таким чином досягається синхронізація всього пакувального процесу з високою точністю. Керування процесом пакувальної лінії здійснюється мі-кроконтролером ATmega128-16AU. Також в системі розташований датчик наявності Д1, який реагує на закінчення плівки в рулоні. При прийнятті сигналу від датчика система захисту тимчасово призупиняє процес пакування до заміни рулону. Отже, за допомогою цього датчика можливо відстежити момент, коли потрібно замінити рулон для подальшої безперервної роботи пакувальної машини. Також датчик наявності плівки має ще одну функцію – вимірювання діаметру рулону. Знаючи діаметр рулону, ми можемо відстежити швидке закінчення плівки, визначити діаметр в поточний момент часу, а також забезпечити граничне значення діаметру рулону.

Отже, функціональна схема системи керування електроприводами побудована на базі сервоприводів, в основі яких лежать крокові двигуни. Вони дають змогу забезпечити точність позиціонування та синхронізацію всього пакувального процесу. За допомогою датчиків, ми можемо слідкувати за правильністю роботи кожної ланки робочого процесу.

Виходячи із сформованої функціональної схеми, яка наведена вище, застосовуємо крокові двигуни фірми NEMA типу ST з моментом утримання від 0,36 до 4,4 Н·м (табл. 2.1 – 2.3) та робимо вибір датчиків, мікроконтролера, драйверів двигунів та інтерфейсу оператора.

Рулон пакувальної машини приводиться в дію кроковим двигуном NEMA17 ST42-47 [5], технічні характеристики якого приведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Технічні характеристики крокового двигуна ST42-47

Назва характеристики	Числове значення
Фланець, мм	42,0
Довжина, мм	47,0
Момент утримання, кг·см	3,6 (0,36 Н·м)
Струм фази, А	1,2
Опір обмотки, Ом	$3,3 \pm 10\%$
Індуктивність обмотки, мГн	$2,8 \pm 20\%$
Маса, кг	0,6

Горизонтальний конвеєр пакувальної машини приводиться в дію кроковим двигуном NEMA34 ST86-80 [6], а ніж – кроковим двигуном NEMA23 ST57-56 [7]. Технічні характеристики цих двигунів приведені в таблицях 2.2 та 2.3.

Таблиця 2.2

Технічні характеристики крокового двигуна ST86-80

Назва характеристики	Числове значення
Фланець, мм	86,0
Довжина, мм	114,0
Момент утримання, кг·см	95 (9,5 Н·м)
Струм фази, А	5,6
Напруга, В	2,4
Опір обмотки, Ом	$0,5 \pm 10\%$
Індуктивність обмотки, мГн	$5,5 \pm 20\%$
Крок	$1,8^\circ \pm 5\%$
Рекомендована напруга живлення драйвера, В	45 – 55
Клас ізоляції	В

Вид вивідних проводів	AWG22 UL1007
Маса, кг	3,505

Таблиця 2.3

Технічні характеристики крокового двигуна ST57-56

Назва характеристики	Числове значення
Фланець, мм	57,0
Довжина, мм	56,0
Момент утримання, кг·см	13 (1,3 Н·м)
Струм фази, А	3,0
Напруга, В	2,4
Опір обмотки, Ом	$0,8 \pm 10\%$
Індуктивність обмотки, мГн	$2,4 \pm 20\%$
Крок	$1,8^\circ \pm 5\%$
Рекомендована напруга живлення ШИМ-драйвера, В	36 (не більше 45)
Клас ізоляції	В
Вид вивідних проводів	AWG22 UL1007

Для планування закону руху об'єктів і виконання обчислювальних операцій обираємо мікроконтролер ATmega128-16AU (рис. 2.2). Мікроконтролер працює з тактовою частотою 16 МГц, має: 128 Кб пам'яті програм (Flash), 4 Кб статичного ОЗУ (RAM), 4 Кб постійної пам'яті даних (EEPROM) та 32 робочих регістра загального призначення. Всі 32 8-розрядні регістри безпосередньо підключені до арифметично-логічного пристрою (АЛП), який дозволяє вказати два будь-яких регістра в одній інструкції та виконати її за один цикл. При загальній кількості ніжок 64, 53 з них є портами вводу-виводу. Існує можливість адресації зовнішньої пам'яті розміром до 64 Кб.

ATmega128 має наступні параметри: лічильник реального часу (RTC); 4 гнучких таймера-лічильника з режимами порівняння та ШІМ (два 8- та два 16-

розрядних таймера); 2 модуля USART; двухпроводний послідовний інтерфейс TWI; 8-канальний 10-розрядний АЦП з програмованим коефіцієнтом підсилення, програмований сторожовий таймер з внутрішнім генератором, послідовний порт SPI; інтерфейс JTAG, сумісний зі стандартом IEEE 1149.1, який використовується для доступу до вбудованої системи налагодження та для програмування; 6 програмно обраних режимів зменшення потужності. Архітектура мікропроцесора дозволяє досягти у десять разів більшої продуктивності, ніж CISC-мікроконтролерів [8].

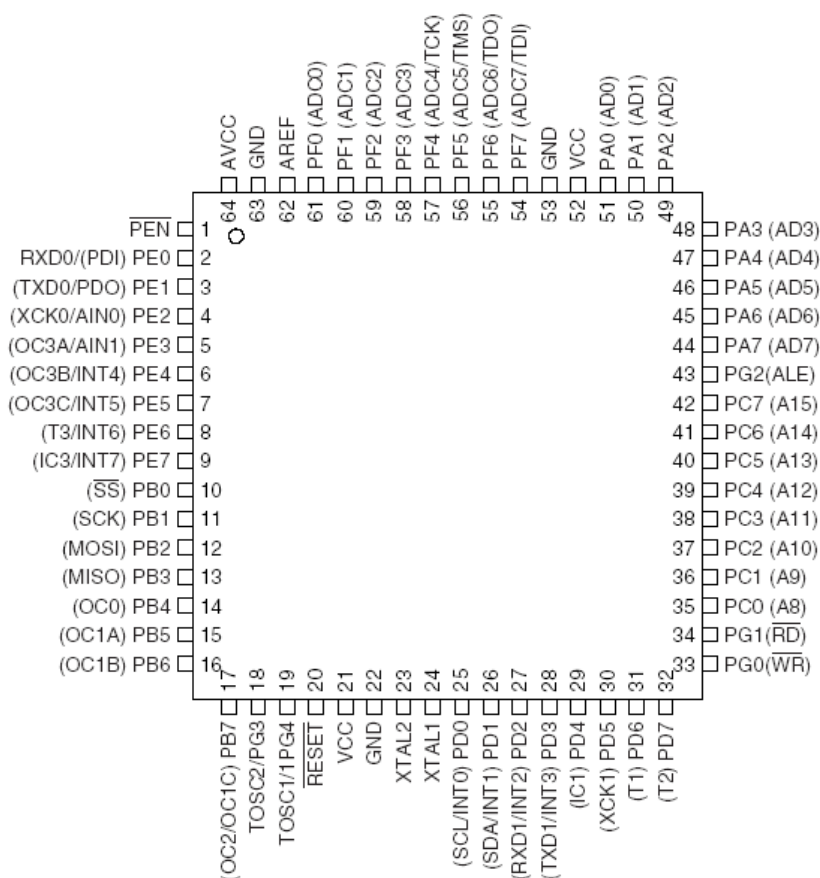


Рис. 2.2. Розташування виводів мікроконтролера ATmega128-16AU

Вбудована програмована флеш-пам'ять дозволяє перепрограмувати пам'ять програм безпосередньо усередині системи через послідовний інтерфейс SPI за допомогою звичайного програматора або за допомогою автономної програми у завантажувальному секторі.

Збудження двигунів подач здійснюється від високоенергетичних постійних магнітів. Невід'ємними елементами конструкції таких двигунів є

вбудований датчик частоти обертання, електромагнітне гальмо та датчик температурного захисту.

Загальні технічні вимоги, яким повинні задовольняти сучасні двигуни електроприводів подач промислових роботів і гнучких виробничих систем, регламентуються ГОСТ 26061-85.

На поточний момент ШІМ-драйвери крокових двигунів найбільш популярні, практично всі драйвери на ринку – цього типу. Ці драйвери подають на обмотку крокового мотора ШІМ-сигнал дуже високої напруги, яка відсікається по досягненню струмом необхідного рівня. Величина сили струму, по якій відбувається відсічення, задається або потенціометром, або DIP-перемикачем, іноді ця величина програмується за допомогою спеціального ПЗ. Ці драйвери достатньо інтелектуальні, і забезпечені безліччю додаткових функцій, підтримують різні ділення кроку, що дозволяє збільшити дискретність позиціонування і плавність ходу. Однак, ШІМ-драйвери також вельми сильно відрізняються один від одного. Крім таких характеристик, як напруга живлення і максимальний струм обмотки, у них відрізняється частота ШІМ. Краще, якщо частота драйвера буде більше 20 кГц, і взагалі, чим вона більше – тим краще. Частота нижче 20 кГц погіршує ходові характеристики двигунів і потрапляє в чутний діапазон. Драйвери крокових двигунів, як і самі двигуни, поділяються на уніполярні та біполярні.

Драйвер STB42-1 – мікрокроковий блок керування кроковими двигунами (рис. 2.3). Він створений на базі мікросхеми Toshiba THB7128 і призначений для керування кроковими двигунами з фланцем 42 мм (ST42-47) та менше. Настроювальний струм фази до 2,8 А дозволяє отримати максимальну віддачу моменту від всіх крокових двигунів 42-ї серії. Нові алгоритми керування і кола захисту збільшили їх надійність на відміну від попередніх моделей драйверів. Перевагами драйверу є: встановлений радіатор для додаткового охолодження мікросхеми; захист від короткого замикання, перевищення напруги живлення та перегріву [9].

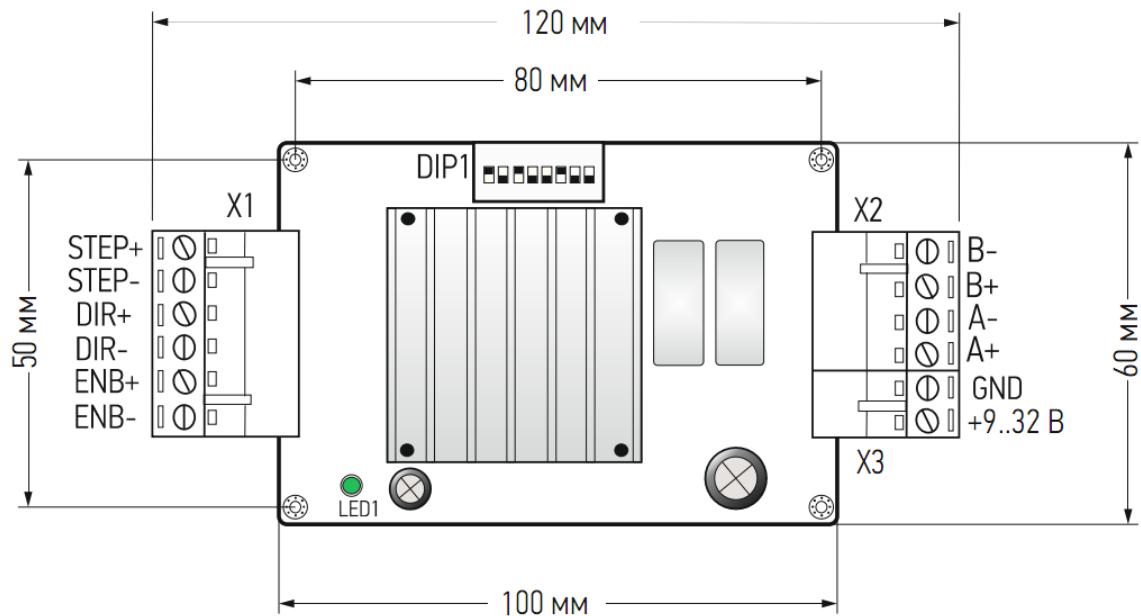


Рис. 2.3. Розміри STB42-1 та його основні роз'єми

Технічні характеристики драйверу STB42-1:

- напруга живлення: 9...32 В;
- струм фази: 0,5...2,8 А;
- частота вхідного сигналу: 200 кГц;
- мікрокрок, 1/х: 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128;
- стійкість до сплесків напруги: до 40 В;
- DIP1: перемикач установки мікрокроку;
- LED1: індикатор готовності;
- розміри модуля: 100х60 мм.

Драйвер STB57-1 створений на базі мікросхеми ТНВ6064 (рис. 2.4). Призначений для керування кроковими двигунами з фланцем 42 і 57. Налаштований струм фази до 4 А дозволяє отримати максимальну віддачу моменту від всіх крокових двигунів 57-ї серії, аж до двигунів довжиною 110-150 мм. Нові алгоритми керування і ланцюги захисту збільшили надійність

драйверів на ТНВ6064, а саме від: короткого замикання, перевищення напруги живлення, перегріву [10].

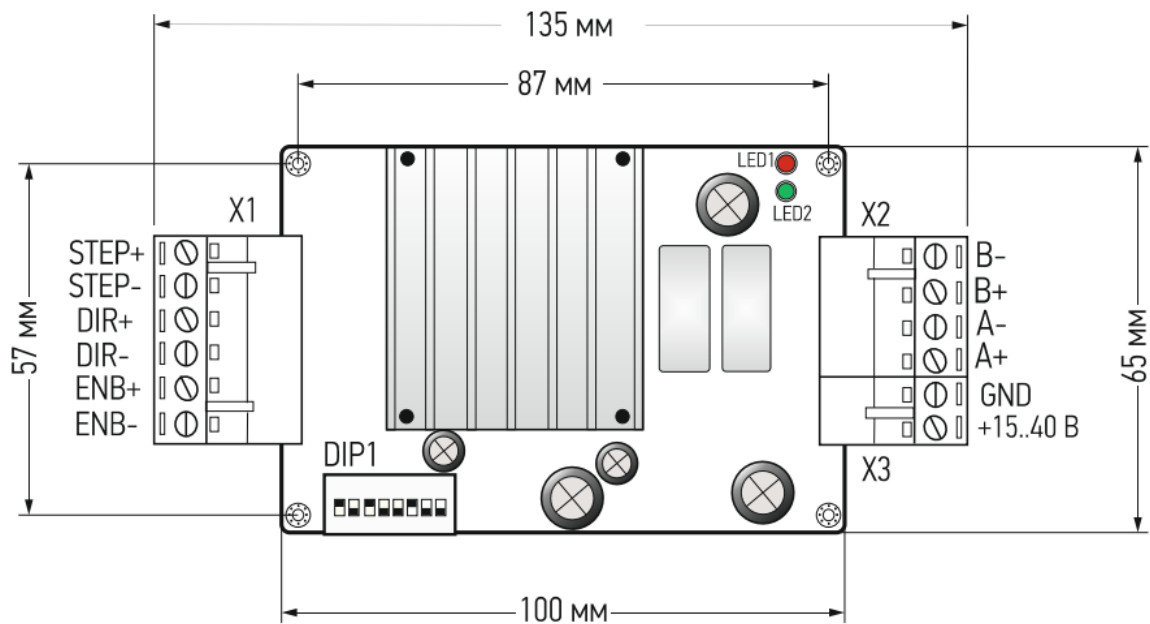


Рис. 2.4. Розміри STB57-1 та його основні роз'єми

Технічні характеристики драйверу STB57-1:

- напруга живлення: 15...40 В;
- струм фази: 0,5...4 (пік. до 4,5) А;
- частота вхідного сигналу: 200 кГц;
- мікрокрок, 1/х: від 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64;
- стійкість до сплесків напруги: до 45 В;
- DIP1: перемикач установки мікрокроку;
- LED1: індикатор помилки;
- LED2: індикатор готовності;
- розміри модуля: 100х65 мм.

Драйвер STB86-1 – блок керування біполярними кроковими двигунами (рис. 2.5). Він створений на базі нової розробки Toshiba ТВ6600. Основними перевагами нового ШІМ-драйвера є значно вдосконалений захист мікросхеми,

збільшена напруга живлення і максимальний струм, що дозволяє управляти великими двигунами [11].

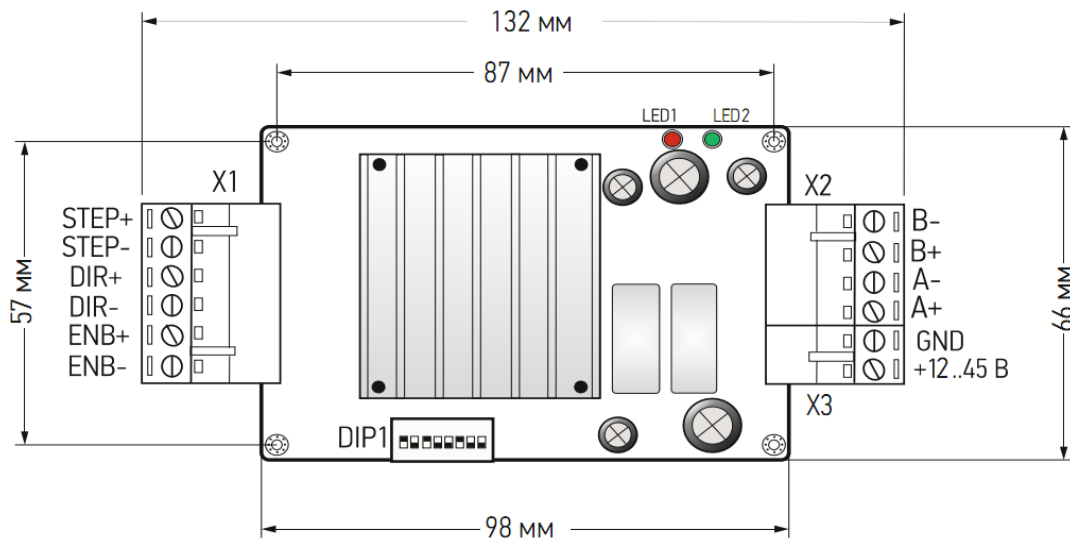


Рис. 2.5. Розміри STB86-1 та його основні роз'єми

Технічні характеристики драйверу STB86-1:

- напруга живлення: 12...45 В;
- струм фази: 0,5...4,5 (пік. до 5) А;
- частота вхідного сигналу: 200 кГц;
- мікрокрок, 1/х: від 1, 2, 4, 8, 16;
- стійкість до сплесків напруги: до 50 В;
- DIP1: перемикач установки мікрокроку;
- LED1: індикатор помилки;
- LED2: індикатор готовності;
- розміри модуля: 98х66 мм.

Підключення керуючих пристроїв до драйверів типу STB здійснюється за допомогою керуючих сигналів Step/Direction (Dir)/Enable (рис. 2.6). Вони можуть бути підключені до схеми із загальним анодом або загальним катодом. Допустимі рівні напруги вхідних сигналів 3,3...5 В. Якщо джерело живлення

використовує інший рівень напруги, необхідно обмежити резистором R струм через оптопару до 15 мА ($R=0$, якщо $V_{cc}=+5V$).

Сигнал Enable підключати не обов'язково. Високий рівень сигналу – канал вимкнений, вал двигуна у вільному стані. Низький – канал активний, двигун в русі або в режимі утримання.

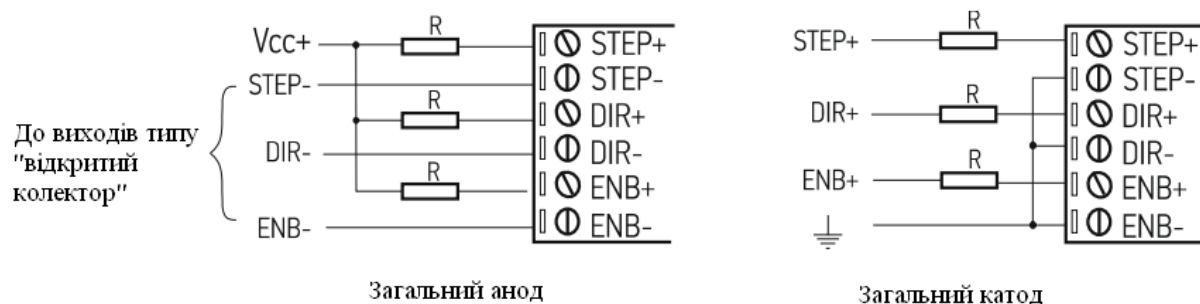


Рис. 2.6. Схема підключення керуючих сигналів

Двигуни підключаються пофазно до входів X2 (рис. 2.7). Драйвер типу STB може керувати будь-якими 2-х та 4-х фазними гібридними кроковими двигунами. Рекомендовано використовувати біполярні гібридні крокові двигуни з 4-ма виводами (схема А).

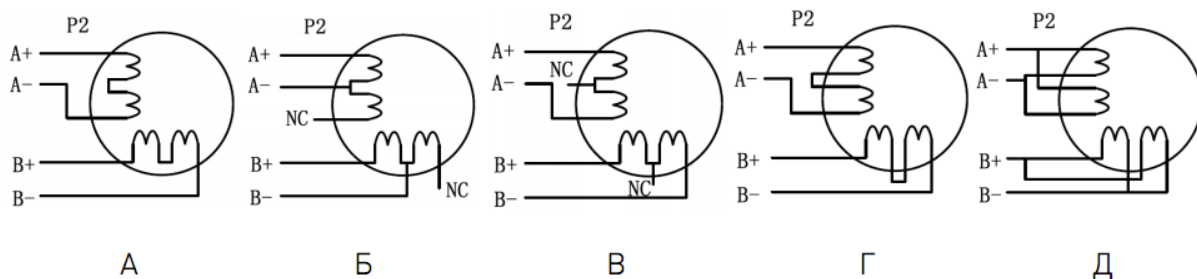


Рис. 2.7. Можливі схеми підключення обмоток крокових двигунів

Схема А відповідає підключенню крокових двигунів з 4-ма виводами. Двигуни з 6-ма виводами підключаються по схемі Б або В. Двигуни з 8-ма виводами – по схемі Г або Д.

Для системи захисту доцільно використовувати ультразвуковий датчик відстані Balluff BUS M30M1-PPC-03/025-S92K (рис. 2.8) [12].

Ультразвукові датчики відстані Balluff BUS M30M1 широко використовуються для детектування об'єктів з різних матеріалів в діапазоні до

6 м, а так само підходять для стандартних завдань з сигналізації мінімального/максимального рівня рідких і сипучих речовин у ємності.

Технічні характеристики датчика відстані:

- діапазон вимірювання: 30..250 мм;
- роздільна здатність: 0,025..0,10 мм;
- температура експлуатації: -25°..+70°C;
- настройка діапазону вимірювання: дві кнопки та дисплей;
- функція на виході: аналоговий та дискретний виходи (0...10 В / 4...20 мА, PNP NO/NC);
- живлення: 9...30 В;
- матеріал корпусу: нікельована латунь, пластик PBT, TPU;
- спосіб підключення: роз'єм M12.



Рис. 2.8. Ультразвуковий датчик відстані Balluff BUS M30M1-PPC-03/025-S92K

Для вирішення завдання на виробництві з детектування об'єктів використовуються в основному індуктивні і оптичні безконтактні датчики положення, але разом з перевагами, їм притаманні серйозні недоліки, наприклад: у індуктивних датчиків обмежений діапазон виміру і вони детектують об'єкти тільки з металу, а оптичні датчики положення вкрай чутливі до запиленості, туману, бруду. Ультразвукові датчики відстані позбавлені даних недоліків, наприклад, у безконтактних сенсорів Balluff BUSM30M1 діапазон виміру становить до 6 м, а наявність пилу не робить

впливу на надійність визначення відстані, плюс до всього, ультразвукові датчики мають широкий температурний діапазон експлуатації і нечутливі до кольору поверхні вимірюваного об'єкта.

Принцип роботи ультразвукових датчиків відстані заснований на тому, що звукові хвилі відбиваються від перешкоди, якими є об'єкти вимірювання. Випромінювач ультразвукового датчика, розташований в корпусі датчика, посиляє ультразвукові хвилі, частина яких відбивається від об'єкта вимірювання і повертається назад в приймач. У датчику прийнятий відбитий сигнал перетвориться вбудованою електронікою в напругу. Таким чином, інтегрований контролер вимірює час, за який сигнал проходить шлях від випромінювача, відбивається від об'єкта і повертається в приймач.

Переваги ультразвукового датчика відстані: простота конструкції; легкість установки; відносна дешевизна; компактність; можливість обліку відхилення рулону від циліндричності; надійність; наявність додаткових функцій, наприклад, попередження про швидке закінчення рулону; відсутність контакту з поверхнею полотна; не має рухомих частин і практично не потребує обслуговування.

Ультразвукові датчики BUS W30M1, на відміну від інших, мають розташування випромінювача і приймача під кутом 90 градусів до корпусу, що дуже зручно при монтажі та експлуатації у важкодоступних місцях (рис. 2.9).



Рис. 2.9. Принцип розташування ультразвукових датчиків відстані типу Balluff
BUSM30M1

Для визначення положення ножа поперечного зварювання і відрізання та переміщення продукції по горизонтальному конвеєру використовуємо бар'єрний датчик положення AR-G18-3C5PC (рис. 2.10) [13].

Датчик положення AR-G18-3C5PC має наступні особливості:

- спрацювання на перетин променя;
- регулятор чутливості;
- реєстрація будь-яких об'єктів;
- велика дальність дії, до 5 м;
- випромінювач та приймач в одному комплекті.

Технічні характеристики датчика положення:

- дальність дії: 1 м;
- живлення: 10...30 В;
- навантаження: 200 мА;
- тип виходу: дискретний (PNP NO/NC);
- довжина дроту: 1,95 м;
- різьба: M18x1;
- габаритні розміри: Ø24,5x76;
- контакт: НО+НЗ.



Рис. 2.10. Датчик положення AR-G18-3C5PC

Маркерний фотодатчик з автоналаштуванням типу Fotek Controls MS-02WH (рис. 2.11) використовуємо для запуску ножа пакувальної машини при виявленні червоних або зелених міток на плівці [14].

Технічні характеристики маркерного фотодатчика:

- час відгуку: 0,1 мс;
- відстань спрацювання: $25,0 \pm 2,0$ мм;
- діаметр світлової плями: 2,0 мм;
- випромінювач: білий LED;
- напруга живлення: 10...30 В постійного струму, пульсації <20%;
- споживаний струм: 40 мА;
- робоча температура: $-20^{\circ}\dots+60^{\circ}$ С.



Рис. 2.11. Маркерний фотодатчик Fotek Controls MS-02WH

Для виведення повідомлень поточного стану або виниклих помилок керуючої системи застосуємо інтерфейс оператора, який представляє собою рідкокристалічний LCD-дисплей типу WH2004D-TMI-CT фірми WINSTAR (рис. 2.12) [15].

Технічні характеристики LCD-дисплея:

- тип дисплея: LCD, символний;
- вбудований контролер: S6B0066U;
- текстовий дозвіл (x, y): 20, 4 символів;
- технологія: FSTN;

- тип підсвічування: LED;
- колір крапки: білий;
- колір фону: синій;
- оптимальний кут огляду: 6°;
- напруга живлення: 4,5...5,5 В;
- розмір: 77 x 47 мм;
- робоча температура: -20...+70 °С.



Рис. 2.12. 4-х рядковий LCD-дисплей WH2004D-TMI-CT

Оскільки пульт керування може експлуатуватися цілодобово, то передбачаємо наявність режиму фоновий підсвічування і регулювання контрастності LCD-дисплея.

Для реалізації взаємодії користувача з мікропроцесорною системою керування використовуємо пристрій введення інформації – матричну клавіатуру 4x4.

До складу блоку матричної клавіатури входять:

- матриця (4x4) з 16-ти тактовими кнопками: Bt0...Bt9, BtA, BtB, BtC, BtD, Bt #, Bt *;
- обмежувальні резистори: R2...R5;

Отже, зроблено вибір всіх елементів функціональної схеми, а саме: крокових двигунів та їх драйверів, датчиків положення, датчика мітки та датчика наявності для вимірювання діаметра рулону, інтерфейсу оператора, а також мікроконтролера. Обрані елементи схеми мають найкращі технічні

характеристики, що забезпечать точну та безперервну роботу мікропроцесорної системи керування електроприводами пакувальної машини.

2.2. Розробка принципової електричної схеми системи керування

Для розробки принципової електричної схеми системи керування електроприводами пакувальної машини були використані 8-бітний мікроконтролер ATmega128-16AU (DD1); інтерфейс оператора (LCD-дисплей та матрична клавіатура), який під'єднаний до портів вводу/виводу D (PD0...PD6) та C (PC0...PC7); роз'єми драйверів крокових двигунів (STB42-1, STB57-1 та STB86-1), які під'єднані до порту E (PE0...PE3, PE5...PE7) та порту B (PB5, PB7); роз'єми датчика відстані (M30M1-PPC-03/025-S92K), двох датчиків положення (AR-G18-3C5PC) та маркерного фотодатчика (MS-02WH), які під'єднанні до порту A (PA0...PA3).

Визначимо необхідне число ліній (I/O) вводу/виводу корпуса мікроконтролера DD1. Складемо допоміжну таблицю 2.4.

Таблиця 2.4

Необхідне число ліній вводу/виводу

Призначення ліній (I/O)	Позначення сигналу	Кількість виводів
Шина даних LCD-дисплея, 4-розрядний	LCD_3...LCD_0	4
Сигнал керування LCD-дисплея	E_LCD	1
Сигнал керування LCD-дисплея	R/W_LCD	1
Сигнал керування LCD-дисплея	RS_LCD	1
Сигнали матричної клавіатури (виходи)	Рядки PC7...PC4	4
Сигнали матричної клавіатури (входи)	Стовпці PC3...PC0	4
Сигнал вхідних даних від	XTAL1,	2

кварцового резонатора (вхід)	XTAL2	
Сигнал вхідних даних від датчика відстані (вхід)	Distance	1
Сигнал вхідних даних від датчиків положення (вхід)	Position	2
Сигнал вхідних даних від маркерного фотодатчика (вхід)	Label	1
Сигнал вибору напрямку обертання крокових двигунів (вихід)	DIRECTION (DIR)	3
Сигнал вибору всіх драйверів (вихід)	ENABLE (EN)	3
Сигнал імпульсів кроку, що визначають швидкість обертання (вихід)	STEP	3
Сумарна кількість потрібних ліній	30	

Для з'єднання LCD-дисплея з керуючим контролером обираємо варіант 4-х розрядної шини. При цьому потрібно тільки 7 сигнальних ліній порту D мікроконтролера DD1 (табл. 2.5): LCD3 ... LCD0, RS, E, R/W_LCD.

Таблиця 2.5

Відповідність виводів мікроконтролера

Сигнал LCD	Виводи мікроконтролера DD1
RS_LCD	PD0
R/W_LCD	PD1
E_LCD	PD2
0_LCD	PD3
1_LCD	PD4
2_LCD	PD5
3_LCD	PD6

При ініціалізації порту C мікроконтролера DD1 біти PC7...PC4 налаштовуються на вивід, а біти PC3...PC0 налаштовуються на ввід.

У кожен момент часу сигнал низького рівня (лог. «0») подається тільки на один рядок кнопок (наприклад, PC7, з якою пов'язані 4 кнопки: Bt1, Bt4, Bt7, Bt0). На решту (PC6, PC5, PC4) повинна подаватися логічна одиниця. Це виключить неоднозначність визначення номера натиснутої кнопки.

Двійкові сигнали, присутні при цьому на всіх 4-х рядках клавіатури, опитуються за допомогою 4-х біт порту С мікроконтролера (PC3...PC0).

При скануванні матриці клавіатури натискання кнопки реєструється як логічний «0».

Щоб виключити коротке замикання бітів порту С при замиканні кнопок, в схему введено обмежувальні резистори R2...R5 з номіналом 330 Ом.

Принципова електрична схема підключення LCD-дисплея та матричної клавіатури до мікропроцесора ATmega128-16AU представлена на рис. 2.13.

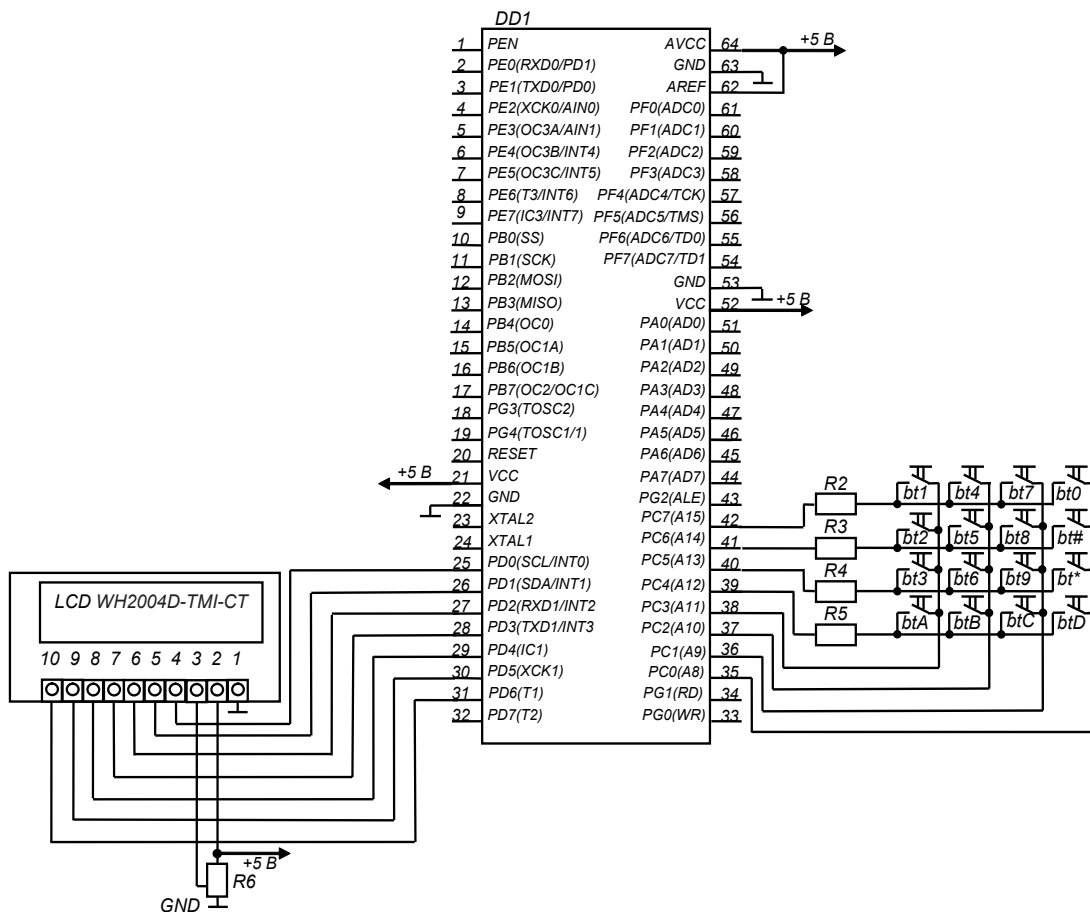


Рис. 2.13. Принципова електрична схема підключення LCD-дисплея та матричної клавіатури до мікропроцесора ATmega128-16AU

Як генератор тактового сигналу (GCK) використовуємо зовнішній кварцовий резонатор (XT1). Резонатор підключається до виводів XTAL1 (24), XT12 (23), які через конденсатори малої ємності C1, C2 з'єднуються з шиною GND. Рекомендована ємність конденсаторів 20...30 пФ для резонаторів 4...16 МГц. Для забезпечення швидкості прийому-передачі 115200 біт/с по інтерфейсу USART, частота резонатора обирається на 11,059200 МГц.

На кожний електропривод надходить три логічних сигнали: /Enable/, /Step/ і /Direction/. Для буферизації даних сигналів, що надходять з мікроконтролера DD1, застосуємо транзисторні ключі (рис. 2.14), де $R_n = 2 \text{ кОм}$, $R_{dn} = 470 \text{ Ом}$ – обмежувальні резистори.

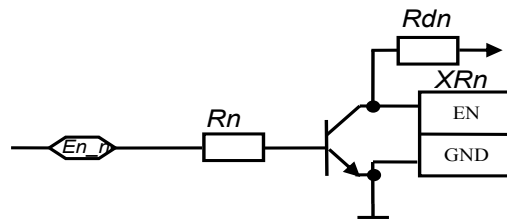


Рис. 2.14. Транзисторний ключ керування одним із драйверів STB

Обираємо біполярний транзистор NPN-типу BC817-16LT1G, з параметрами $U_{CE} = 45 \text{ В}$ та $I_{C \text{ max}} = 500 \text{ мА}$, значення коефіцієнта посилення струму становить $\beta = 100 \dots 250$. Для стійкої роботи ключа обираємо: $\beta = 200$.

Розроблена принципова електрична схема системи керування електроприводами пакувальної машини наведена у додатку А.

Отже, основними елементами принципової електричної схеми є: 8-бітний мікроконтролер ATmega128-16AU (DD1), LCD-дисплей, матрична клавіатура 4x4, роз'єми підключення драйверів крокових двигунів (XR1...XR9) та роз'єми підключення датчиків системи (XR10...XR13).

2.3. Розробка алгоритму керуючої програми

Згідно створеній раніше функціональній схемі системи автоматичного керування (рис. 2.1), мікроконтролер повинен виконувати дві основні задачі:

формування швидкості обертання електроприводів $v_{пр}(t)$ на основі довжини розмотування плівки, її товщини, часу пакування однієї продукції та кроку повороту вала двигуна; формування керуючих діянь в залежності від сигналів, що надходять з датчиків положення та датчика відстані.

Для того, щоб отримати значення швидкості, необхідно знайти кількість імпульсів, потрібних для упаковки однієї одиниці продукції, знаючи довжину $l_1 = 20...30$ см розмотування плівки та кількість продукції, що упаковується за хвилину $N_{пр} = 80...120$ (продуктивність роботи пакувальної машини). Процес розмотування плівки рулону зображено на рис. 2.15.

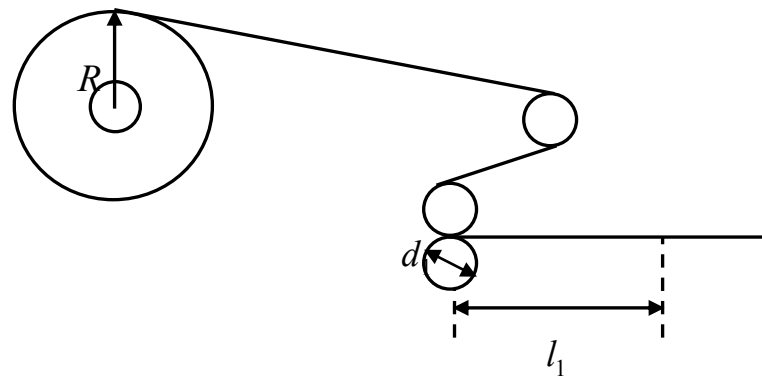


Рис. 2.15. Процес розмотування плівки рулону

Так як, електропривод подачі плівки є ведучим, то розрахуємо його необхідну швидкість обертання вала (КД1) для забезпечення коректної роботи пакувальної машини. Приймаємо $l_1 = 30$ см, а середню кількість продукції за хвилину $N_{пр} = 100$. Довжина розмотування плівки l_1 залежить від величини бабіни, встановленої на валу двигуна. Її діаметр становить $d_1 = 4,8$ см. Розраховуємо довжину окружності $l_{окр1}$ за наступною формулою:

$$l_{окр1} = 2 \cdot \pi \cdot r_1 = 2 \cdot \pi \cdot \frac{d_1}{2}, \quad (2.2)$$

де r_1 – радіус встановленої бабіни. Підставляємо значення та отримуємо:

$$l_{\text{окр1}} = 2 \cdot 3,14 \cdot 2,4 = 15,07 \approx 15 \text{ (см)}. \quad (2.3)$$

Отже, для отримання заданої довжини розмотування плівки однієї упаковуємої одиниці продукції КД1 повинен зробити два повних оберти валу ($K_1 = 2$), а для $N_{\text{пр}} = 100$ його частота обертання буде дорівнювати:

$$f_1 = \frac{K_1 \cdot N_{\text{пр}}}{t_{\text{пр}}} = \frac{2 \cdot 100}{1} = 200 \text{ (об/хв)}, \quad (2.4)$$

де $t_{\text{пр}} = 1 \text{ хв}$ – час, за який упаковується сто одиниць продукції.

У відповідності з тим, що крокові двигуни обертаються покроково, то одному імпульсу відповідає один крок ($1,8^\circ$). Розраховуємо частоту подачі імпульсів на КД1:

$$f_{\text{імп}} = \frac{f_1 \cdot \varphi}{\varphi_k}; \quad (2.5)$$

$$f_{\text{імп}} = \frac{200 \cdot 360^\circ}{1,8^\circ} = \frac{72000^\circ}{1,8^\circ} = 40000 \text{ (імп/хв)};$$

$$f_{\text{імп}} = \frac{40000}{60} = 666,7 \text{ (імп/с)} \approx 667 \text{ (Гц)}.$$

Визначаємо період імпульсів:

$$T_{\text{імп}} = \frac{1}{f_{\text{імп}}} = \frac{1}{667} = 0,0015 \text{ (с)} = 1,5 \text{ (мс)}. \quad (2.6)$$

В залежності від довжини розмотування плівки, необхідної для однієї одиниці продукції, та продуктивності пакувальної машини, знаходимо швидкість КД1:

$$v_1 = \frac{S_1}{t_1} = \frac{2 \cdot l_{\text{окр1}} \cdot N_{\text{пр}}}{t_{\text{пр}}} = \frac{15 \cdot 2 \cdot 100}{1} = 3000 \text{ (см/хв)} = 0,5 \text{ (м/с)}. \quad (2.7)$$

Оскільки, КД1 є ведучим електроприводом, то швидкість роботи КД2 та КД3 повинні дорівнювати:

$$\nu_1 \approx \nu_2 \approx \nu_3 \approx 0,5 \text{ (м/с)}.$$

За технічними характеристиками КД2 та КД3 (див. табл. 2.2 – 2.3) величина кроку відповідає кроку КД1 та частота імпульсів роботи двигунів однакова. Визначаємо частоту обертання другого та третього валів двигунів для повної синхронізації роботи пакувального процесу:

$$f_2 = K_2 \cdot N_{\text{пр}} = 0,6 \cdot 100 = 60 \text{ (об/хв)}; \quad (2.8)$$

$$f_3 = K_3 \cdot N_{\text{пр}} = 0,5 \cdot 100 = 50 \text{ (об/хв)}. \quad (2.9)$$

Таким чином, згідно функціональній схемі (рис. 2.1) та на основі отриманих співвідношень складаємо алгоритм основної керуючої програми (рис. 2.16).

Процес пакування продукції починається із запуску трьох електроприводів з заданою швидкістю обертання. За допомогою підпрограми розрахунку початкових швидкостей обертання (рис. 2.17) визначаємо ці значення.

Підпрограма обробки переривань нулевого таймера здійснює розрахунок програмних швидкостей обертання КД2 і КД3 та в залежності від величини помилки за допомогою І-регулятора коригує частоту обертання електроприводів.

Величини помилок швидкостей визначаються як різність заданих та початкових значень:

$$\varepsilon_2 = \nu_{2\text{пр}} - \nu_2, \quad (2.10)$$

$$\varepsilon_3 = \nu_{3\text{пр}} - \nu_3. \quad (2.11)$$

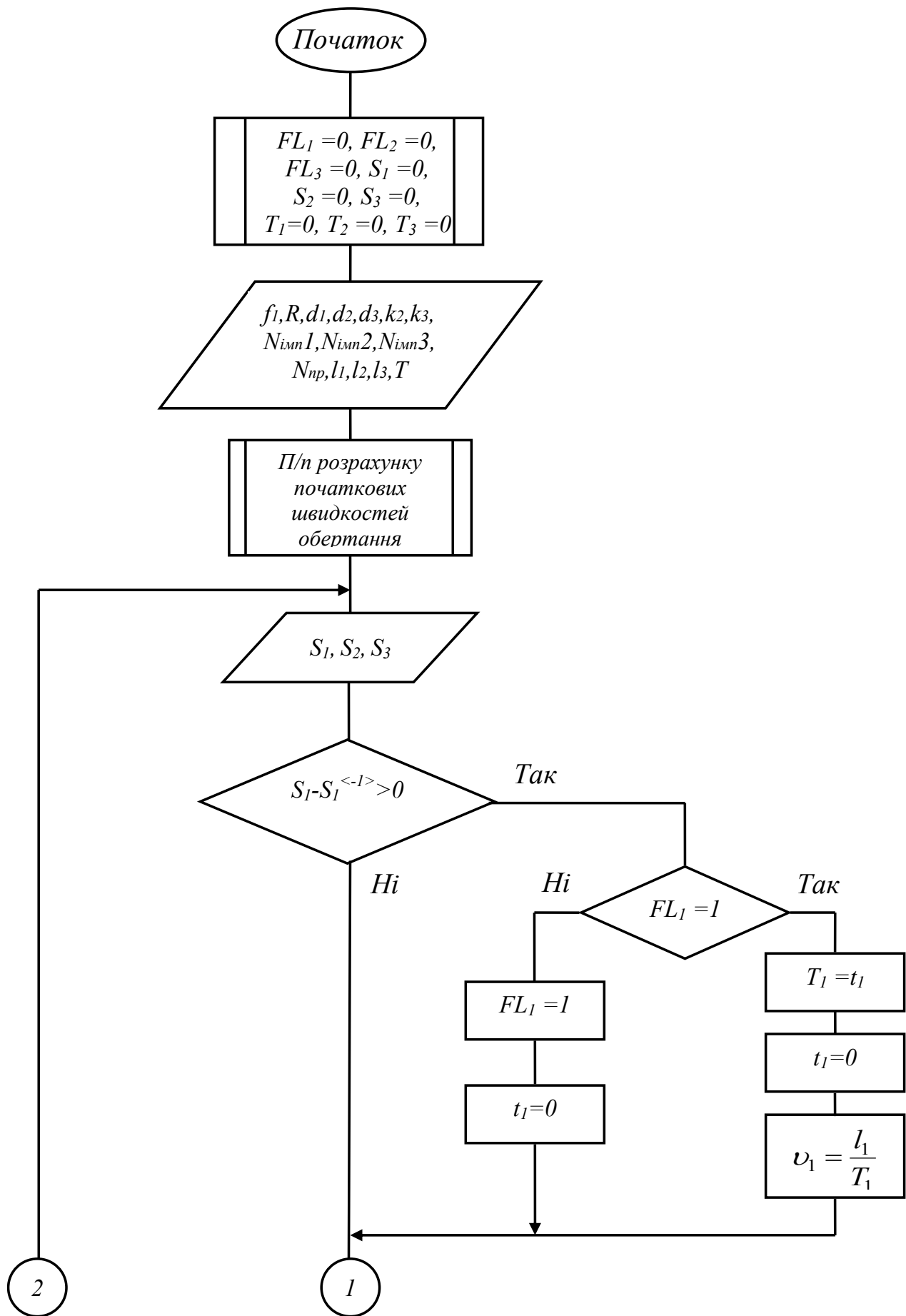
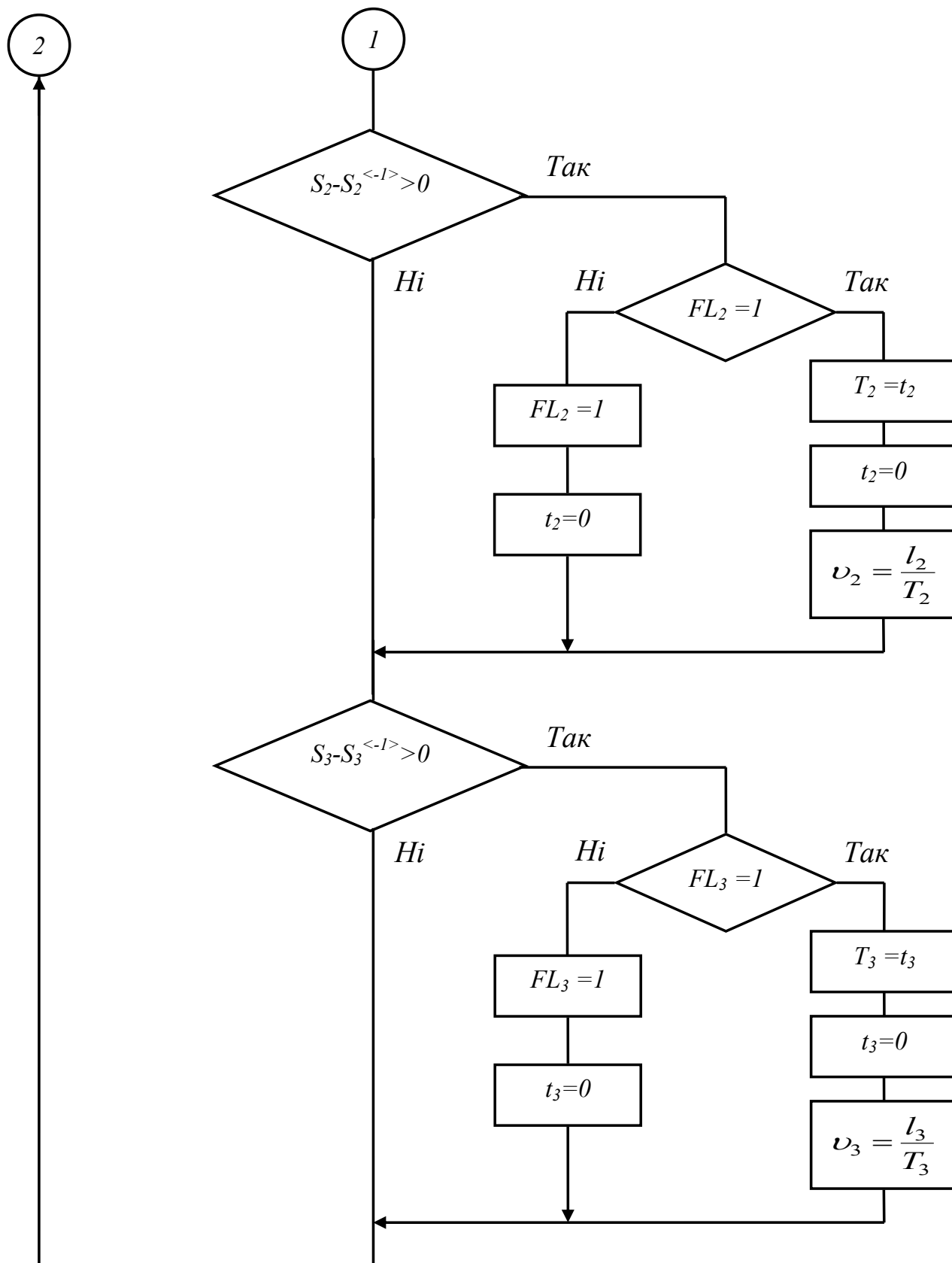


Рис. 2.16. Алгоритм основної керуючої програми



Продовження рис. 2.16

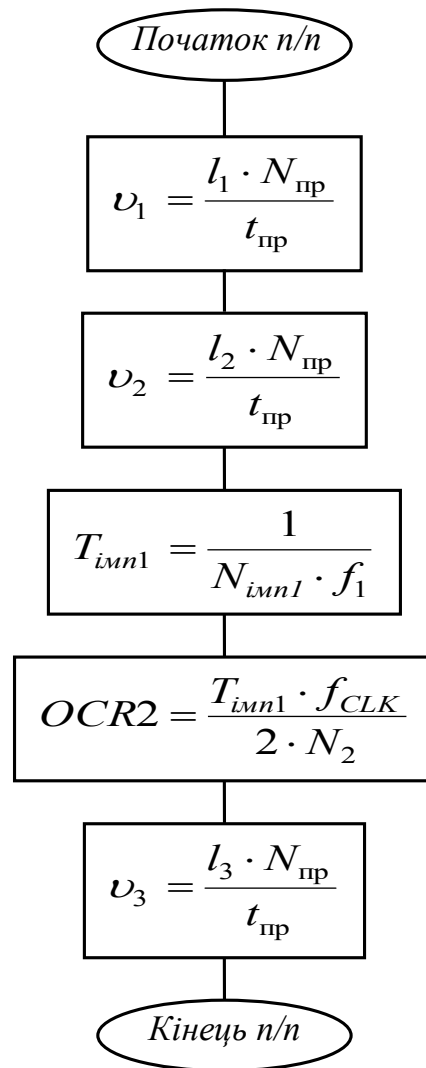


Рис. 2.17. Алгоритм підпрограми розрахунку початкових швидкостей обертання

I-регулятор використовуємо для формування керуючого сигналу, пропорційного інтегралу від помилки.

Для визначення інтегралу скористуємося методом прямокутників, згідно якому поточне значення інтегралу від помилки розраховується згідно алгоритму:

$$f := f + v_i \cdot T, \quad (2.12)$$

де i – номер циклу; T – період дискретизації (часовий проміжок між циклами).

Алгоритм підпрограми обробки переривань таймера наведений на рис. 2.18.

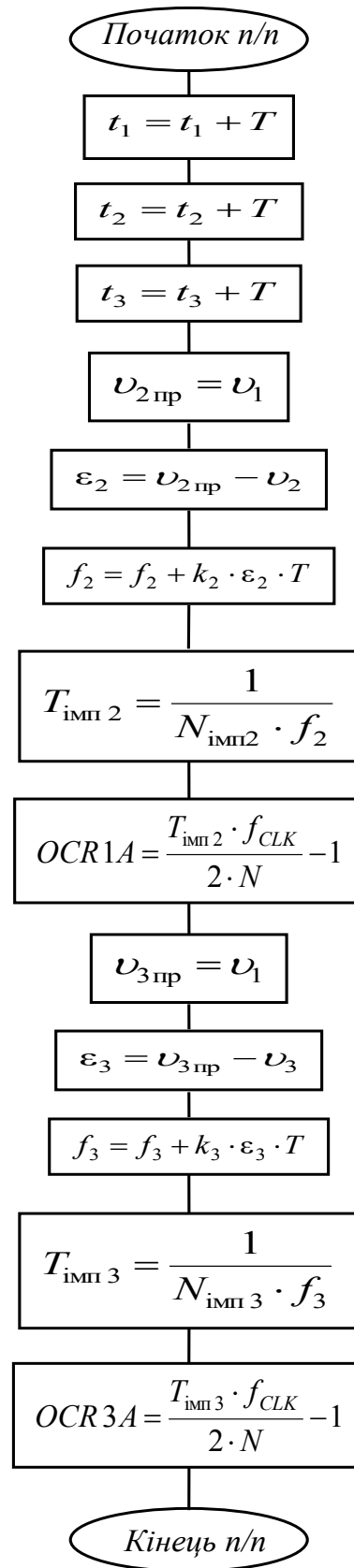


Рис. 2.18. Підпрограма обробки переривань нулевого таймера

Таким чином, для реалізації алгоритму обробки переривань таймера (рис. 2.18) використано два 16-бітні таймер-лічильника мікроконтролера ATmega128.

Період дискретизації таймера значно менший, ніж період дискретизації імпульсів для керування електроприводів, що дозволяє часто здійснювати перевірку швидкості обертання та формування керуючого сигналу.

Висновки за розділом

В результаті проведених досліджень було розроблено: функціональну схему системи автоматичного керування електроприводами пакувальної машини; принципову електричну схему системи керування; алгоритм основної керуючої програми та її підпрограм, які виконують дві основні задачі: формування значень початкових швидкостей обертання електроприводів та керуючих діянь двигунів в залежності від помилки.

Значення швидкостей всіх електроприводів розраховуємо в підпрограмі розрахунку початкових швидкостей обертання. Оскільки в системі електропривод подачі плівки є ведучим, то його швидкість залишається незмінною, а швидкості двох інших приводів коригуємо програмно за допомогою підпрограми обробки переривань таймера.

Для реалізації алгоритму обробки переривань таймера було використано два 16-бітні таймер-лічильника мікроконтролера ATmega128.

РОЗДІЛ 3

МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ

3.1. Формування динамічної структурної схеми цифрової системи керування

В системі керування використовуються гібридні крокові двигуни. Так як ми маємо двофазне збудження з джерелом напруги, то динамічна структурна схема двигуна описується передавальною функцією:

$$W_{\text{дв}}(p) = \frac{\left(\frac{r}{L_p}\right) \cdot \omega_{\text{пр}}^2}{p^3 + \left(\frac{r}{L_p} + \frac{D}{J}\right) \cdot p^2 + \left(\frac{r}{L_p} \cdot \frac{D}{J} + \omega_{\text{пр}}^2 \cdot (1 + k_p)\right) \cdot p + \left(\frac{r}{L_p}\right) \cdot \omega_{\text{пр}}^2}, \quad (3.1)$$

де $\omega_{\text{пр}}$ – власна кутова частота; L_p – власна індуктивність кожної фази; D – коефіцієнт в'язкого тертя; J – момент інерції; $k_p = 0,5$ – константа двигуна; r – опір обмотки якоря.

Провівши заміну змінних та перетворення, отримаємо передавальну функцію у вигляді:

$$W_{\text{дв}}(p) = \frac{1}{T_1^3 p^3 + T_2^2 p^2 + T_3 p + 1}, \quad (3.2)$$

де T_1, T_2, T_3 – постійні часу двигуна. Вони визначаються за наступними формулами:

$$T_1^3 = \frac{1}{\frac{r}{L_p} \cdot \frac{M}{J \cdot \Delta\theta}} = \frac{L_p \cdot J \cdot \Delta\theta}{r \cdot M}; \quad (3.3)$$

$$T_2^2 = \frac{\frac{r}{L_p} + \frac{D}{L_p}}{\frac{r}{L_p} \cdot \frac{M}{J \cdot \Delta\theta}} = \frac{J \cdot \Delta\theta}{M} + \frac{D \cdot \Delta\theta \cdot L_p}{M \cdot r}; \quad (3.4)$$

$$T_3^1 = \frac{\frac{r}{L_p} \cdot \frac{D}{J} + \frac{M}{J \cdot \Delta\theta} \cdot (1 + k_p)}{\frac{r}{L_p} \cdot \frac{M}{J \cdot \Delta\theta}} = \frac{D \cdot \Delta\theta}{M} + \frac{(1 + k_p)}{r} \cdot L_p, \quad (3.5)$$

де $\Delta\theta$ – крок кута повороту; M – момент утримання. Знаходимо $\Delta\theta$ за формулою:

$$\Delta\theta = 1,8^\circ \cdot \frac{\pi}{180^\circ} = 0,0314 \text{ (рад)}. \quad (3.6)$$

Власну кутову частоту знаходимо за формулою:

$$\omega_{\text{пр}} = \sqrt{\frac{2 \cdot p^2 \cdot \Phi_M \cdot n \cdot I_0}{J}} = \sqrt{\frac{M}{J \cdot \Delta\theta}}, \quad (3.7)$$

де Φ_M – магнітний потік; I_0 – постійний струм; p – число пар полюсів; n – кількість витків.

Передавальна функція пристрою вибірки та зберігання (ПВЗ):

$$W_{h0}(z, p) = \frac{1 - z^{-1}}{p}. \quad (3.8)$$

Враховуючи наведені передавальні функції, складаємо структурну схему цифрової системи керування кроковим двигуном подачі продукції (другий електропривод) (рис. 3.1).

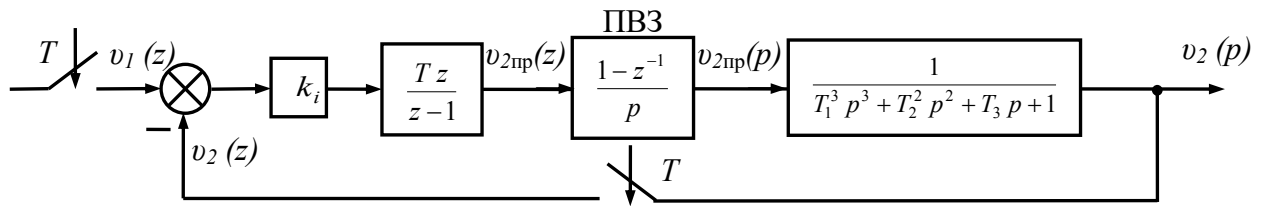


Рис. 3.1. Структурна схема цифрової системи керування кроковим двигуном

Структурна схема цифрової системи керування кроковим двигуном положення ножа (третій електропривод) має таку ж структуру.

Знаходимо власні кутові частоти для двох електроприводів:

$$\omega_{\text{пр}_2} = \sqrt{\frac{4,4}{2,55 \cdot 10^{-4} \cdot 0,0314}} = 741,296 \text{ (м/с)};$$

$$\omega_{\text{пр}_3} = \sqrt{\frac{1,8}{1,72 \cdot 10^{-4} \cdot 0,0314}} = 577,308 \text{ (м/с)}.$$

За допомогою програми Mathcad знаходимо постійні часу двигунів. Для другого електропривода:

$$T_1^3 = 9,271 \cdot 10^{-9} \text{ (с}^3\text{)}; \quad T_2^2 = 9,271 \cdot 10^{-7} \text{ (с}^2\text{)}; \quad T_3 = 17 \cdot 10^{-3} \text{ (с)}.$$

Для третього електропривода:

$$T_1^3 = 1,246 \cdot 10^{-8} \text{ (с}^3\text{)}; \quad T_2^2 = 4,57 \cdot 10^{-6} \text{ (с}^2\text{)}; \quad T_3 = 4,638 \cdot 10^{-3} \text{ (с)}.$$

При $D_2 = 2,55 \cdot 10^{-6} (\text{Н} \cdot \text{м} \cdot \text{с})$ та $D_3 = 4,526 \cdot 10^{-6} (\text{Н} \cdot \text{м} \cdot \text{с})$, запишемо передавальні функції для двох електроприводів пакувальної машини:

$$W_{\text{дв}_2}(p) = \frac{1}{9,271 \cdot 10^{-9} \cdot p^3 + 9,271 \cdot 10^{-7} \cdot p^2 + 17 \cdot 10^{-3} \cdot p + 1}; \quad (3.9)$$

$$W_{\text{дв}_3}(p) = \frac{1}{1,246 \cdot 10^{-8} \cdot p^3 + 4,57 \cdot 10^{-6} \cdot p^2 + 4,638 \cdot 10^{-3} \cdot p + 1}. \quad (3.10)$$

Сигнал помилки:

$$\varepsilon(t) = v_{\text{пр}}(t) - v(t), \quad (3.11)$$

де $v_{\text{пр}}(t)$ – потрібна швидкість; $v(t)$ – реальна швидкість.

Отриману схему можна умовно поділити на дві частини: безперервну і дискретну. Перехід від безперервної частини до дискретної на схемі умовно позначено комутатором з періодом дискретизації T , а зворотний перехід – комутатором і передавальною функцією пристрою вибірки та зберігання (ПВЗ). На вході цього пристрою решітчаста функція, а на виході – безперервна, що сходинково змінює своє значення через рівні проміжки часу.

3.2. Моделювання динаміки САУ

Оскільки, датчики мають великий період дискретизації ($T = 0,6$ с), який значно перевищує обидві постійні часу другого та третього виконавчих двигунів, то в результаті загальні перехідні процеси у системах складаються з послідовностей перехідних процесів, які є реакціями систем на сходинкові сигнали помилок.

Для уникнення зазначених явищ виконуємо операції з сигналами помилок з частотою переривань нульового таймера мікроконтролера $T = 0,0001$ с. В цьому випадку на виході інтегратора сигнал буде кусково-лінійним і не буде викликати значних прискорень електродвигунів. Враховуючи дуже малу частоту дискретизації, застосування ПД-регуляторів не дає змоги отримати час регулювання менший за період дискретизації. Отже, застосовуємо І-регулятори для обох приводів.

Інтегральний закон керування застосовується для зменшення сталої помилки. Той самий принцип дії І-регулятора може бути використаний і при цифровому керуванні. Наприклад, операція інтегрування $\frac{k_I}{p}$ може бути апроксимована у z -формі чисельним інтегруванням за методом прямокутників $\frac{k_I T z}{(z - 1)}$. Похідна $\varepsilon(t)$ в момент часу $t = T$ апроксимується виразом:

$$\left. \frac{d\varepsilon(t)}{dt} \right|_{t=T} \cong \frac{\varepsilon[(k-1)T] + \varepsilon(kT)}{T}. \quad (3.12)$$

Тоді цифровий І-регулятор має наступну передавальну функцію [19]:

$$W_c(z) = \frac{k_I T z}{(z - 1)}. \quad (3.13)$$

На рис. 3.2 зображена структурна схема цифрового І-регулятора.

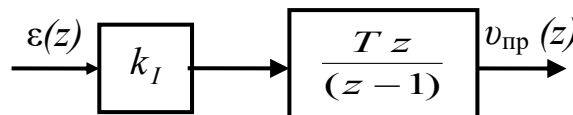


Рис. 3.2. Цифровий І-регулятор

Для визначення коефіцієнтів k_{I_2} та k_{I_3} задаємо час перехідного процесу $t_{п_п} = T = 0,6$ с. Це означає, що перехідні характеристики повинні востаннє зайти у п'ятивідсоткову трубку у момент часу 0,6 с. Приймаємо початково $k_I = 1 \text{ с}^{-1}$ і визначаємо рівняння перехідних характеристик розімкнених систем за допомогою зворотного перетворення Лапласа:

$$H_2(t) = L^{-1} \left\{ \frac{1}{p^2} W_2(p) \right\} = t + 1,647 \cdot 10^{-2} \cdot e^{-60,659 \cdot t} + \\ + 3,410 \cdot 10^{-5} \cdot e^{-19,67} \cdot \cos(1333,321 \cdot t) - 4,189 \cdot e^{-19,67 \cdot t} \cdot e^{-8} \sin(1333,321 \cdot t);$$

$$H_3(t) = L^{-1} \left\{ \frac{1}{p^2} W_3(p) \right\} = t + 3,969 \cdot 10^{-3} \cdot e^{-235,12 \cdot t} + \\ + 6,688 \cdot 10^{-4} \cdot e^{-65,769 \cdot t} \cdot \cos(580,443 \cdot t) - 3,899 \cdot 10^{-5} \cdot e^{-65,769 \cdot t} \cdot \sin(580,443 \cdot t).$$

Враховуючи, що в момент часу $t_{п_п}$ функція $H(t)$ повинна досягти 0,95 (нижня границя п'ятивідсоткової трубки), визначаємо коефіцієнти інтеграторів:

$$k_{I_2} = \frac{0,95}{H_2(t_{п.п})} = \frac{0,95}{H_2(0,6)} = 1,628 \text{ (с}^{-1}\text{)};$$

$$k_{I_3} = \frac{0,95}{H_3(t_{п.п})} = \frac{0,95}{H_3(0,6)} = 1,596 \text{ (с}^{-1}\text{)}.$$

Отже, перехідні характеристики, при отриманих коефіцієнтах інтеграторів $k_{I_2} = 1,628 \text{ с}^{-1}$, $k_{I_3} = 1,596 \text{ с}^{-1}$, будуть досягати нижньої границі п'ятивідсоткової трубки у момент часу 0,6 с.

3.3. Моделювання динаміки цифрових систем керування у програмі "Simulink"

Схема динамічної моделі цифрової системи керування електроприводом подачі продукції з цифровим І-регулятором зображена на рис. 3.3, а електроприводом положення ножа – на рис. 3.4.

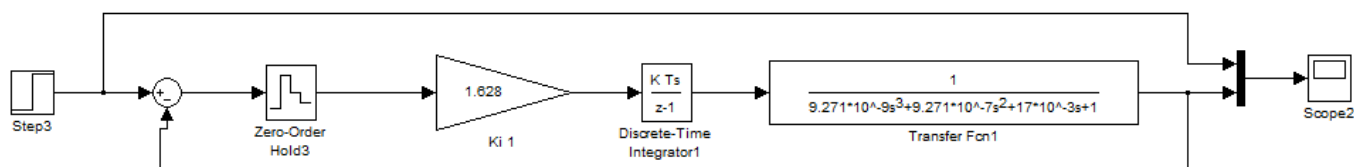


Рис. 3.3. Схема моделювання цифрової системи керування з цифровим І-регулятором

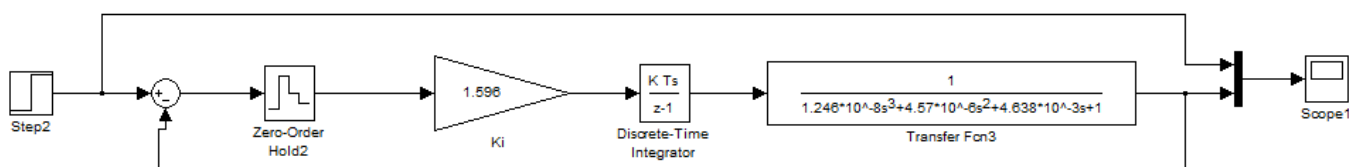


Рис. 3.4. Схема моделювання цифрової системи керування з цифровим І-регулятором

Перехідні характеристики цифрових систем керування електроприводами з цифровим І-регулятором представлені на рис. 3.5 – 3.6.

Визначимо показники якості керування другим електроприводом. Максимальне перерегулювання визначиться наступним чином:

$$\sigma_{\max} = \frac{X_{\max} - X_{\text{вих уст}}}{X_{\text{вих уст}}} \cdot 100\% = \frac{1,02 - 1}{1} \cdot 100\% = 2\%. \quad (3.12)$$

Швидкодія системи визначається тривалістю перехідного процесу, якщо відхилення вихідного сигналу $X_{\text{вих}}$ від сигналу, що встановився $X_{\text{вих уст}}$ не перевищує 5% і в нашому випадку складає $t_{\text{п.п}} = 0,6$ с.

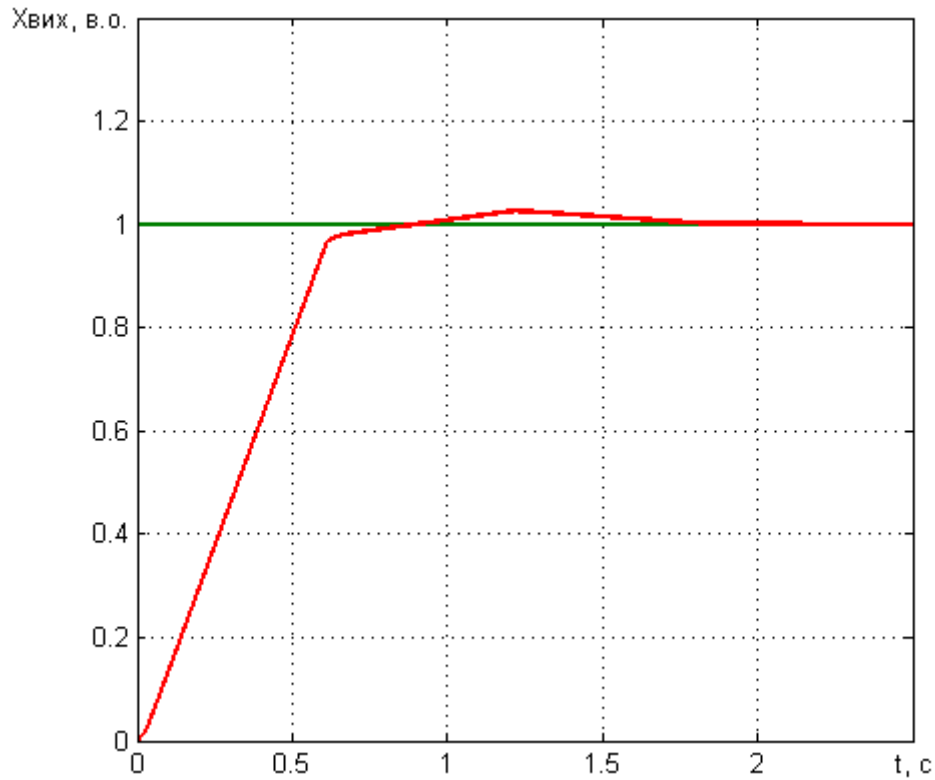


Рис. 3.5. Перехідна характеристика системи керування другого електропривода з І-регулятором

Визначимо показники якості керування третім електроприводом. Максимальне перерегулювання визначиться наступним чином:

$$\sigma_{\max} = \frac{X_{\max} - X_{\text{вих уст}}}{X_{\text{вих уст}}} \cdot 100\% = \frac{1,0085 - 1}{1} \cdot 100\% = 0,85\%. \quad (3.13)$$

Оскільки перерегулювання $\sigma_{\max} \approx 0\%$, то в даному випадку можна вважати, що $X_{\max} \approx X_{\text{вих уст}}$. Швидкодія системи складає $t_{п_п} = 0,6$ с.

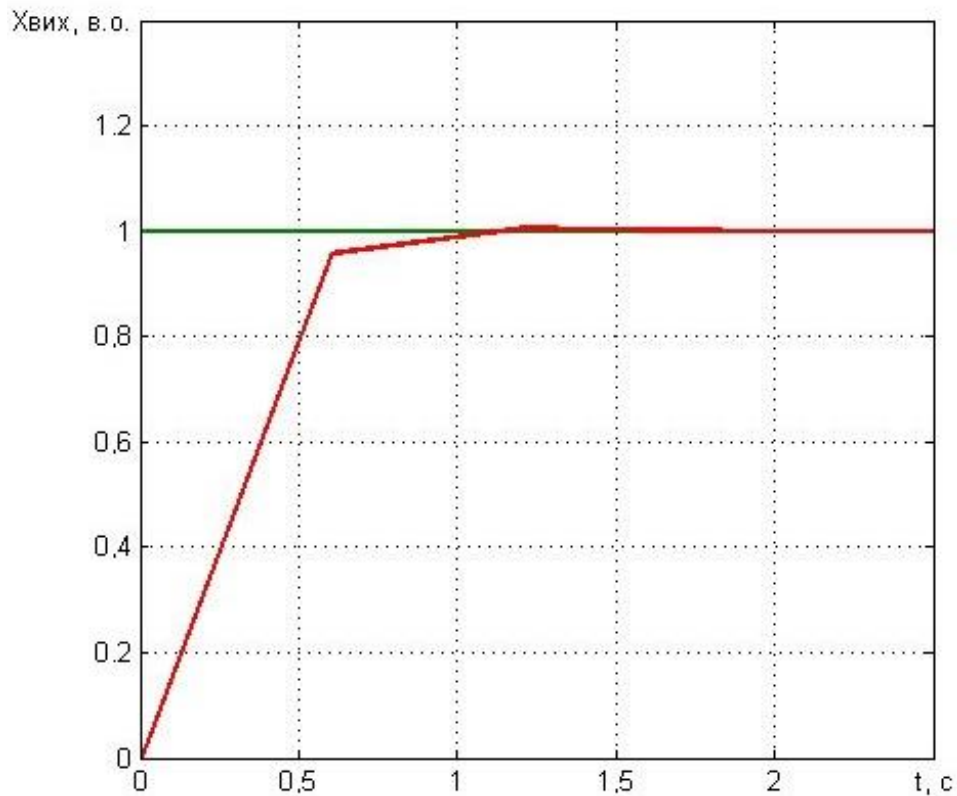


Рис. 3.6. Перехідна характеристика системи керування третього електропривода з І-регулятором

Висновки за розділом

Моделювання динаміки системи керування електроприводами пакувальної машини включає в себе формування динамічної структурної схеми цифрової системи керування електроприводами.

Обґрунтована необхідність використання І-регулятора з високою частотою дискретизації, який реалізується за допомогою підпрограми обробки переривань нульового таймера мікроконтролера.

Сформовані динамічні структурні схеми цифрових систем керування з інтегральним регулятором та визначені коефіцієнти цих регуляторів ($k_{I_2} = 1,628 \text{ с}^{-1}$, $k_{I_3} = 1,596 \text{ с}^{-1}$) за заданими вимогами якості системи керування та отримані перехідні характеристики.

Здійснений аналіз перехідних характеристик систем з І-регуляторами та визначені показники якості керування: максимальне перерегулювання для

другого електропривода $\sigma_{\max} = 2\%$, а швидкодія системи – $t_{\Pi_{\Pi}} = 0,6$ с;
максимальне перерегулювання для третього електропривода $\sigma_{\max} = 0,85\%$, а
швидкодія системи – $t_{\Pi_{\Pi}} = 0,6$ с.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці – це система законодавчих актів, соціально-економічних, організаційних, технічних, гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, що забезпечують безпеку, збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці. Повністю безпечних і нешкідливих виробничих процесів не існує. Завдання охорони праці – звести до мінімальної ймовірності ураження або захворювання працюючого з одночасним забезпеченням комфорту при максимальній продуктивності праці [17].

Охорона праці відіграє важливу роль у трудовому житті людини. Правильна організація праці значно підвищує його продуктивність і різко знижує можливість виробничих травм, каліцтв. Це, в свою чергу, робить і безпосередній позитивний вплив на економічну сторону праці: відбувається зниження на оплату лікарняних листів та лікування співробітників, зменшується кількість і розмір компенсацій за роботу у шкідливих умовах праці.

За статистичними підрахунками, витрати на необхідні заходи та засоби для охорони праці та безпеки життєдіяльності обходяться в десять разів менше, ніж витрати через нещасні випадки і т.п.

Однією з найважливіших складових охорони праці є захист від виробничих шкідливостей – факторів, які негативно впливають на стан здоров'я працівників. Відхилення від допустимих умов діяльності, що викликають ці негативні чинники, що негативно впливають на продуктивність праці, призводять до травм, захворювань, а іноді і до загибелі людей.

У зв'язку з цим, дуже актуальними є аналіз небезпечних і шкідливих факторів на робочому місці, а також розробка заходів, спрямованих на забезпечення безпечних і комфортних умов праці.

Законодавство України про охорону праці являє собою систему взаємозв'язаних нормативних актів, що регулюють відносини у галузі реалізації державної політики щодо правових, соціально-економічних і лікувально-

профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці. Воно складається з загальних законів України та спеціальних законодавчих актів. Загальними законами України, що визначають основні положення з охорони праці, є Конституція України, Кодекс законів про працю України та Закон України «Про охорону праці».

4.1. Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів для здоров'я людини при експлуатації пакувальної машини

Експлуатація електричних установок відноситься до розряду робіт, виконуваних в умовах підвищеної небезпеки. Для такого твердження є глибокі підстави, оскільки експлуатація істотно відрізняється від експлуатації будь-якого іншого виду виробничого устаткування. До основних небезпечних та шкідливих виробничих факторів при роботі пакувальної машини на виробництві відносять [18]:

- дія виробничих вібрацій на людину;
- дія виробничого шуму на людину;
- дія пилу на здоров'я людини;
- небезпека поразки електричним струмом;
- виникнення пожежі;
- неправильне виробниче освітлення;
- інші.

Виробнича вібрація. Під вібрацією розуміють зворотно-поступальний рух твердого тіла. Це явище широко поширене при роботі різних механізмів і машин. Джерела вібрації: транспортери (конвеєри) сипучих, кускових та штучних вантажів, перфоратори, зубчасті передачі, пневмомолотки, двигуни внутрішнього згорання, електроприводи і т. д.

Залежно від характеру контакту працівника з вібруючим устаткуванням розрізняють локальну і загальну вібрацію. Локальна вібрація передається в

основному через кінцівки рук і ніг. Загальна – через опорно-руховий апарат. Існує ще й змішана вібрація, яка впливає і на кінцівки, і на весь корпус людини. Локальна вібрація має місце в основному при роботі з вібруючим ручним інструментом або настільним обладнанням. Загальна вібрація переважає на транспортних машинах, у виробничих цехах машинобудування, ліфтах і т. д., де вібрують підлоги, стіни або корпус обладнання.

Вплив вібрації на організм людини. Вібрація викликає порушення фізіологічного і функціонального стану людини. Вплив вібрації не тільки погіршує самопочуття працюючого і знижує його продуктивність праці, але часто приводить до важкого професійного захворювання – віброхвороби.

Основним критерієм умов праці вібробезпечних професій є рівень впливу вібрації. Розрізняють наступні умови праці і вібровпливи на людину: комфортні – не викликають дратівного впливу; нормальні – не знижують працездатності; вібробезпечні – не викликають несприятливого біологічного впливу; вібробезпечні – можливі патологічні зміни в організмі і віброхвороби.

Виробничий шум. Шум відноситься до шкідливих факторів виробництва, як і звук, виникає при механічних коливаннях у твердих, рідких і газоподібних середовищах. Шумом являються різні звуки, що заважають нормальній діяльності і викликають неприємні відчуття. Звук являє собою коливальний рух довкілля, сприйманий людським органом слуху.

На виробництві рівень шуму допускається близько 100 дБ. Якщо значення перевищують 140 дБ, то це може викликати болісний ефект. Комплекс змін, що виникають в організмі під впливом шуму, розглядається медиками як "шумова хвороба".

Як захист від шуму і звуку варто застосовувати деякі технічні тонкощі: звукоізоляцію, звукопоглинання, спеціальні глушники аеродинамічного шуму, засоби індивідуального захисту, навушники, беруші, протишумні каски, спеціальний протишумний одяг.

Пил – це дрібні і тверді частки, здатні якийсь час знаходитись у повітрі в зваженому стані. Утворюється при ритті комунікаційних ліній, монтажі будинків, опоряджувальних роботах, очищенні поверхонь та ін. Пил

характеризується хімічним складом, розміром і формою часток, їхньою щільністю, електричними, магнітними й іншими властивостями.

Ступінь подрібненості пилу називається її дисперсністю. Дисперсний склад може бути представлений у виді таблиць або математичному чи графічному виразах. Одна з основних характеристичних величин пилу – це швидкість витання часток, тобто швидкість їхнього осадження під дією сили ваги в незбуреному повітрі.

Способи захисту, від пилу на виробництві, – це максимальна механізація, модернізація й автоматизація виробничих процесів, застосування герметичного устаткування для транспортування матеріалів; використання зволожуваних сипучих матеріалів; застосування ефективних установок, що дозволить видаляти відходи і пил; ретельне і систематичне збирання пилу приміщень за допомогою сучасних засобів; застосування засобів індивідуального захисту – респіраторів, окулярів, протипилового спецодягу.

Очищення повітря пропонується здійснювати за допомогою всіляких пиловловлювачів, очисників повітря, фільтрів, пилоосадних камер, відцентрових відокремлювачів пилу – циклонів.

Небезпека ураження електричним струмом. Характерною для електротравматизму є порівняно велика кількість нещасних випадків з тяжким результатом – за даними енергонагляду з кожних 100 розслідуваних нещасних випадків від дії електричного струму 90 закінчується загибеллю потерпілих.

При нормальних умовах експлуатації електроустановки не представляють небезпеки відносно поразки електричним струмом. Небезпека виникає при знаходженні людини в електромагнітному полі або при включенні тіла людини в електричне коло.

Остання обставина може мати місце внаслідок зіткнення зі струмоведучими частинами електроустановок та у випадку дотику до їх металевих струмоведучих частин, що опинилися під напругою.

Виникнення пожежі. Пожежа – це неконтрольований процес горіння, що заподіює матеріальний збиток, шкоду життю і здоров'ю людей, інтересам суспільства і держави.

Несправність електроустановки й електропроводки, неправильна експлуатація електроустаткування може привести до виникнення пожежі. Для гасіння пожежі в електроустановках і приладах застосовуються вогнегасники ОУ-2 і ОУ-5, що мають на виробництві.

Загальним для всіх нещасних випадків є те, що вони відбуваються, в основному, через порушення правил технічної експлуатації електроустановок: недотримання відстаней від струмоведучих частин, незамкнені двері електроприміщень і дверцят силових щитів і зборок, несвоєчасний або неякісний ремонт електроустаткування тощо.

Схеми включення людини в електричне коло (дотик) можуть бути двохполюсними та однополюсними. В першому випадку людина виявляється включеною між двома фазами, а в другому – між фазою й землею.

Найнебезпечнішим вважається двохполюсний дотик. В цій схемі струм через тіло людини визначається лінійною напругою і його опором, проходить по одному з самих небезпечних для організму шляхів – «рука-рука». Випадки двохполюсного дотику порівняно рідкі.

Обслуговування установок з напругою до 1000 В з ізолюваною нейтраллю є безпечним тільки при невеликій довжині мережі й при високому рівні опору ізоляції фаз щодо землі. Остання умова може бути виконана шляхом безперервного контролю ізоляції, своєчасного й швидкого відшукування й усунення місць ушкодження кваліфікованим персоналом.

Поразка електричним струмом можлива не тільки при виконанні зазначених умов, але й при переході вищої напруги в мережу нижчої. Такий перехід може мати місце при пробі між обмотками трансформаторів, при живленні автотрансформатора.

Для зменшення небезпеки поразки вторинну обмотку трансформатора заземлюють, а на ВЛ виконується повторне заземлення нульового проводу. Ушкоджена ділянка мережі ВЛ відключається захистом через якийсь проміжок часу, але на час дії захисту заземлення знижує напругу вторинного кола щодо землі. Крім того, пробій обмоток небезпечний і тим, що він може сприяти й пробією на корпус трансформатора.

У всіх розглянутих випадках дотику, особливо в електроустановках до 1000 В, велику роль грає будь-який додатковий опір, послідовно підключений до опору тіла людини, наприклад, опір підлоги, взуття, захисних засобів та інше.

Виробниче освітлення. Виробниче освітлення є виробничим чинником, характеризується такими показниками, як світловий потік (визначається потужністю променистої енергії), освітленість, яскравість, сила світла. При переліку недодозуванні визначеної кількості люкс, ватт, кандел можливо зіпсувати, а то і втратити зір. Тому не варто відносити цей фактор до розряду малозначних, а навпаки потрібно більше приділяти увагу грамотному та безпечному виробничому освітленню.

Освітлення в приміщенні має бути змішаним (штучним та природним).

Природне освітлення у виробничому приміщенні повинно здійснюватися у вигляді бокового освітлення. Величина коефіцієнта природної освітленості повинна відповідати нормативним рівням по ДБН В-2-5-28-2006 «Природне і штучне освітлення».

Рівні штучної освітленості на робочих місцях у виробничому приміщенні повинні відповідати нормативним величинам по ДБН В-2-5-28-2006.

Таким чином, несправності електричних пристроїв і електропроводки, неправильна експлуатація системи керування електроприводами пакувальної машини можуть призвести до коротких замикань і виникнення пожежі. Шум, пил та вібрація на виробництві можуть викликати у людини порушення фізіологічного і функціонального стану, погіршити самопочуття і знизити його працездатність. Тому для зменшення впливу на здоров'я людини потрібно користуватися засобами індивідуального захисту.

4.2. Розрахунок системи штучного освітлення виробничого приміщення

На людину, в процесі роботи у виробничому приміщенні, впливає штучне освітлення приміщення, яке є одним з основних факторів виробничого середовища. Штучним освітленням називається освітлення приміщень штучним світлом за допомогою електричних ламп.

Основна задача освітлення на виробництві - це створення найкращих умов для гарної видимості на робочому місці. Розрахунок загального штучного освітлення проводиться для приміщення режимного підприємства.

Як джерело світла обрані лампи розжарювання. Система загального освітлення обрана тому, що вона більш досконала в гігієнічному відношенні. При використанні загального освітлення створюється більш рівномірний розподіл світлової енергії.

Для розрахунку загального рівномірного освітлення при горизонтальній робочій поверхні використовуємо метод коефіцієнта використання світлового потоку, що враховує світловий потік, відбитий від стелі і стін.

Розрахуємо штучне освітлення виробничого приміщення методом світлового потоку при його довжині $A=24$ м, ширині $B=12$ м, а висоті $H=4$ м. Висота робочої поверхні $h_p=1$ м. Стіни та стеля білого кольору. Напруга живлення 200 В.

Обираємо тип світильника ППД. Відстань від стелі до робочої поверхні:

$$H_o = H - h_p = 4 - 1 = 3 \text{ (м)}. \quad (4.1)$$

Відстань від стелі до світильника:

$$h_c = 0,2 \cdot H_o = 0,2 \cdot 3 = 0,6 \text{ (м)}. \quad (4.2)$$

Висота підвісу світильника над освітлюваною поверхнею:

$$h = H_o - h_c = 3 - 0,6 = 2,4 \text{ (м)}. \quad (4.3)$$

Висота підвісу світильника над підлогою:

$$H_n = h + h_p = 2,4 + 1 = 3,4 \text{ (м)}, \quad (4.4)$$

отримана величина знаходиться в межах норм. Для досягнення найбільшої рівномірності освітлення приймаємо відношення:

$$\frac{L}{h} = 1,4. \quad (4.5)$$

Відстань між центром світильників:

$$L = 1,4 \cdot h = 1,4 \cdot 2,4 = 3,36 \text{ (м)}. \quad (4.6)$$

Необхідна кількість світильників:

$$N = \frac{A \cdot B}{L^2} = \frac{24 \cdot 12}{3,36^2} = \frac{288}{11,29} = 25,5. \quad (4.7)$$

Приймаємо $N = 26$. Оптимальна кількість рядів зі світильниками:

$$n_p = \frac{B}{L} = \frac{12}{3,36} = 3,58, \quad (4.8)$$

приймаємо $n_p = 4$. Розраховуємо кількість світильників в ряді:

$$N_1 = \frac{N}{n_p} = \frac{26}{4} = 6,5, \quad (4.9)$$

приймаємо $N_1 = 7$.

Уточнюємо кількість світильників:

$$N = n_p \cdot N_1 = 4 \cdot 7 = 28. \quad (4.10)$$

Відстань від стіни до центру світильника (при розміщенні робочих місць вздовж стіни):

$$l_1 = 0,26 \cdot L = 0,26 \cdot 3,36 = 0,88 \text{ (м)}. \quad (4.11)$$

Відстань від стіни до центру світильника (при віддалені робочих місць від стін):

$$l_2 = 0,38 \cdot L = 0,38 \cdot 3,36 = 1,28 \text{ (м)}. \quad (4.12)$$

Індекс приміщення:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)} = \frac{24 \cdot 12}{2,4 \cdot (24 + 12)} = 3,33.$$

Знаходимо коефіцієнти відбиття та норми (табл. 5.1).

Таблиця 4.1.

Коефіцієнти відбиття та норми для розрахунку

Найменування	Значення
Коефіцієнт відбиття стелі $\rho_{\text{ст}}$, %	70
Коефіцієнт відбиття стіни $\rho_{\text{с}}$, %	50
Коефіцієнт відбиття робочої поверхні $\rho_{\text{р}}$, %	30
Коефіцієнт використання світового потоку η , %	79
Коефіцієнт мінімальної освітленості z , в. о.	1,15
Коефіцієнт запасу k_z , в. о.	1,5
Мінімальна (нормована) освітленість E_{min} , лк	150

Світловий потік однієї лампи:

$$\Phi_{\text{р}} = \frac{E_{\text{min}} \cdot A \cdot B \cdot k_z \cdot z}{N \cdot \eta} = \frac{150 \cdot 24 \cdot 12 \cdot 1,5 \cdot 1,15}{28 \cdot 0,79} = 3368,9 \text{ (лм)}. \quad (4.13)$$

По знайденому світловому потоку по таблицям [19] обираємо лампу РН 220-230-300 потужністю 300 Вт, яка має світловий потік $\Phi_{\text{л}} = 3350$ лм, найбільш близький до розрахункового.

Фактична освітленість:

$$E_{\text{ф}} = E_{\text{мін}} \cdot \frac{\Phi_{\text{л}}}{\Phi_{\text{р}}} = 150 \cdot \frac{3350}{3368,9} = 149,2 \text{ (лм)}. \quad (4.14)$$

Загальна потужність освітлювальної установки:

$$P_{\text{заг}} = P_{\text{л}} \cdot N = 300 \cdot 28 = 8,4 \text{ (кВт)}.$$

Отже, обираємо 4 ряди по 7 світильників лампи типу РН 220-230-300, потужністю 300 Вт кожна.

4.3. Розробка заходів щодо зменшення впливу шкідливих і небезпечних факторів

Виробничий шум. Захист людини від шуму можна забезпечити, як колективними засобами та методами, так і індивідуальними. Колективні засоби захисту діляться на засоби, що знижують шум в його джерелі, та засоби, що знижують шум на шляху його розповсюдження від джерела до об'єкту, який захищають.

Методи зниження шуму:

- зниження шуму в джерелі його виникнення;
- звукоізоляція;
- екранування;
- будівельно-акустичні заходи.

Зниження шуму в джерелі виникнення досягається за рахунок зміни конструкції або принципу дії пакувальної машини, що знижує віброактивність

вузлів, випромінювання шуму поверхнями пакувальної машини та аеродинамічний шум.

При акустичній обробці виробничого приміщення шум знижується внаслідок зниження інтенсивності відбитих хвиль.

Виходячи з гігієнічних нормативів, витікає, що знижувати потрібно не будь-яку віброакустичну активність машин, а тільки ту, яка шкідливо впливає на людський організм, тобто за рівнем, вищим за гранично допустимий норматив.

Виробнича вібрація. Причиною низькочастотних вібрацій, як правило, є дисбаланс роторів, що виникає внаслідок нерівномірності густини матеріалу машин, неправильного вибору допусків і посадок, урізання коефіцієнтів об'ємного розширення або зносостійкості окремих елементів машин.

Якщо не вдається усунути вібрації в джерелі виникнення, тоді застосовують такі методи зниження вібрації:

- балансування роторів (валів);
- усунення надмірних люфтів та зазорів, що забезпечується періодичним оглядом машин та механізмів;
- вібродемпфірування, в основу якого покладено збільшення активних втрат у коливних системах;
- віброгасіння;
- віброізоляцію (введення в систему додаткових пружних елементів, які перешкоджають впливу пакувальної машини на інші конструкції).

Зниження вібрації досягається шляхом вибору технологічних процесів та робочих режимів з урахуванням частот власних коливань машин та механізмів.

Відносно джерела збудження вібрації методи колективного захисту поділяються на методи, котрі знижують параметри вібрації впливом на джерело збудження, а також ті, котрі знижують параметри вібрації в напрямку її поширення.

Для віброізоляції пакувальних машин використовують віброізолювальні отвори у вигляді прокладок або пружин. Однак можлива їх комбінація. Комбінований віброізолятор поєднує пружинний віброізолятор з пружинною прокладкою. Пружинний віброізолятор пропускає високочастотні коливання, а

комбінований забезпечує великий діапазон коливань, що гасяться. Пружинні елементи можуть бути металевими, полімерними, волокнистими тощо.

Персонал, який працює із вібронебезпечними процесами повинен вдягати спеціальний одяг, спеціальне взуття.

Освітлення приміщень. Освітлення, що відповідає гігієнічним вимогам, сприяє підвищенню продуктивності праці, створює гарний психологічний тонус, відповідний настрій і самопочуття, запобігає загальній втомі організму, впливає на обмін речовин, серцево-судинну систему та знижує кількість нещасних випадків.

Слід зазначити, що світло має надзвичайно важливе значення для життєдіяльності людини. Воно впливає на стан вищих психічних функцій та на фізіологічні процеси в організмі людини. Відомо, що нормальне освітлення тонізуюче діє, викликає гарний настрій, покращує діяльність вищої нервової системи людини.

Рационально влаштоване освітлення виробничих приміщень позитивно впливає на працівників, підвищує ефективність та безпеку праці, знижує втому, забезпечує високу працездатність [20].

Ураження електричним струмом. Електробезпека на виробництві забезпечується відповідною конструкцією електроустановок, застосуванням технічних способів та засобів захисту; організаційними та технічними заходами.

Конструкція електроустановок повинна відповідати умовам експлуатації, забезпечувати захист персоналу від дотику із струмоведучими і рухомими частинами та від попадання всередину обладнання сторонніх предметів і води.

Забезпечення електробезпеки від випадкового дотику до струмоведучих частин досягається такими способами та засобами: захисні огорожі; ізоляція струмоведучих частин; застосування малих напруг; електричний розподіл мережі; захисне заземлення; захисне занулення; захисне відключення; захист від небезпеки при переході напруги з вищої сторони на нижчу; компенсація струмів замикання на землю; ізолюючі захисні та охоронні засоби; організація безпечної експлуатації електроустановок.

Технічними заходами щодо забезпечення електробезпеки робіт є:

- відключення ремонтуваної електроустаткування і вживання заходів проти випадкового його включення;
- установка тимчасових огорож струмоведучих частин і вивішування заборонних плакатів не «включати – працюють люди» або не «включати – роботи на лінії»;
- приєднання переносного заземлення до заземлюючої шини стаціонарного заземлюючого пристрою і перевірка відсутності напруги на струмоведучих частинах, які для безпеки виробничих робіт підлягають заземленню;
- накладення переносних заземлень на відключені струмоведучі частини електроприводу відразу після перевірки відсутності напруги або включення спеціальних заземлюючих роз'єднувачів;
- огорожа робочого місця і вивішування на огорожі дозволяючий напис «Працювати тут».

Ці технічні заходи виконує допущений до роботи з числа оперативного ремонтного персоналу з кваліфікаційною групою не нижче III по дозволу особи, що віддає розпорядження на виробничі роботи.

При роботі з електричними колами напругою до 1000 В застосовуються наступні основні захисні засоби:

- діелектричні рукавички;
- вимірювальні оперативні штанги;
- кліщі електровимірювань;
- покажчики напруги;
- слюсарно-монтажний інструмент.

До додаткових захисних засобів в електроустановках нижче 1000 В відносять калоші, гумові килимки, ізолюючі підставки.

Загальні вимоги охорони праці під час роботи з пакувальною машиною:

1. Розробляється Інструкція з охорони праці для працівника, який здійснює упаковку транспортних пакетів (далі – пакувальник), з урахуванням умов його роботи в конкретній організації.

2. Пакувальнику необхідно дотримуватися правил внутрішнього трудового розпорядку, графік роботи, режим праці та відпочинку в організації.

3. Відповідно до чинного законодавства пакувальнику видаються засоби індивідуального захисту, передбачені типовими галузевими нормами.

4. Пакувальник повинен сповіщати свого безпосереднього керівника про будь-які ситуації, що загрожують життю і здоров'ю людей, про кожний нещасний випадок, що відбувся на виробництві, про погіршення стану свого здоров'я, у тому числі про прояви ознак гострого захворювання.

5. Пакувальнику слід:

- залишати верхній одяг, взуття, головний убір, особисті речі в гардеробній;
- перед початком роботи надягати чистий спеціальний (санітарний) одяг, підбирати волосся під головний убір;
- працювати в чистому спеціальному (санітарному) одязі, змінювати його по мірі забруднення;
- після відвідування туалету і перед прийомом їжі мити руки з милом;
- не допускати прийому їжі на робочому місці.

Вимоги охорони праці під час роботи з пакувальною машиною:

1. Виконувати тільки ту роботу, по якій пройшов навчання, інструктаж з охорони праці і до якої допущений працівником, відповідальним за безпечне виконання робіт.

2. Не доручати свою роботу ненавченим і стороннім особам.

3. Застосовувати необхідні для безпечної роботи справні засоби індивідуального захисту, обладнання та інструмент, використовувати їх лише для тих робіт, для яких вони призначені.

4. Дотримуватися правил переміщення в приміщенні і на території організації, користуватися тільки встановленими проходами.

5. Утримувати робоче місце в чистоті, своєчасно прибирати з підлоги обривки стрічки, плівки, стежити, щоб після налагодження і регулювання

пакувальних машин на підлозі не було масла. При необхідності, вимагати прибирання підлоги.

6. Не захаращувати робоче місце, проходи до нього і між обладнанням, проходи до пультів керування, розподільних щитів, електрошаф, до вентилів подачі повітря, шляхи евакуації та інші проходи порожньою тарою, інвентарем, готовими транспортними пакетами.

7. Не використовувати для сидіння випадкові предмети (ящики, коробки і т. п.), обладнання.

При експлуатації пакувальних машин слід:

- дотримуватися вимог безпеки, викладених в експлуатаційній документації заводу – виробника обладнання;
- використовувати машину тільки для тих робіт, які передбачені інструкцією з її експлуатації;
- вмикати і вимикати машину за допомогою кнопок «пуск» і «стоп», перемикачів, тумблерів і т. п. тільки сухими руками;
- не залишати без нагляду включені машини, не допускати до їх експлуатації ненавчених і сторонніх осіб;
- не складати на машину (конвеєр, рольганг) сторонні предмети, ганчір'я, тару.

Оглядати, регулювати, усувати виниклу несправність, міняти рулон стрічки (плівки), очищати електрообладнання слід після того, як воно зупинене за допомогою кнопки «стоп», відключено від електричної мережі, на розподільчому щиті вивішений плакат «Не вмикати! Працюють люди!», а також після повної зупинки рухомих частин.

Вимоги охорони праці в аварійних ситуаціях:

1. При поломці обладнання, загрозливій аварією на робочому місці або у виробничому приміщенні: припинити його експлуатацію, а також подачу до нього стисненого повітря, електроенергії, тари і т. п.; доповісти про вжиті заходи

безпосередньому керівнику (працівнику, відповідальному за безпечну експлуатацію обладнання) і діяти відповідно до отриманих вказівок.

2. При появі нещільності у з'єднаннях повітряних шлангів, перевищенні тиску вище дозволеного, обриві шланга, інших несправності пневмоінструменту (вузла машини), негайно припинити подачу стисненого повітря до інструменту (вузлу) – закрити запірну арматуру.

3. В аварійній обстановці оповістити про небезпеку оточуючих працівників; доповісти безпосередньому керівнику про те, що трапилося і діяти відповідно до плану ліквідації аварій.

4. Потерпілому при травмуванні, отруєнні і раптовому захворюванні необхідно надати першу (долікарську) допомогу та, при необхідності, організувати його доставку до закладу охорони здоров'я.

Таким чином, дотримання заходів техніки безпеки системи керування електроприводами пакувальної машини призводить до мінімізації нещасних випадків на виробництві та зменшенню впливу на життя і здоров'я людини. А саме дбайливість керівників про забезпечення підлеглих необхідними засобами індивідуального захисту і кращих умов праці та їх власна обережність збереже життя людей під час роботи.

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ МІКРОПРОЦЕСОРНОЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ПАКУВАЛЬНОЮ МАШИНОЮ

Охорона навколишнього середовища являє собою форму відносин між суспільством та природою. Вона здійснюється різними засобами: економічними, правовими, науково-технічними, санітарно-гігієнічними, біологічними та іншими.

В загальному випадку проблема охорони навколишнього середовища зводиться до вирішення двох завдань:

1. Організації раціонального природокористування;
2. Забезпечення чистоти природних (екологічних) систем.

Забруднення навколишнього середовища відходами, викидами, стічними водами всіх видів промислового виробництва, сільського господарства, комунального господарства міст набуло глобального характеру і поставило людство на грань екологічної катастрофи.

Комплекс екологоорієнтованих засобів щодо захисту навколишнього середовища охоплює заходи, спрямовані на охорону і раціональне використання природних ресурсів, і заходи, які забезпечують нормативні санітарно-гігієнічні параметри середовища міських і сільських поселень. Соціально необхідні охоронні заходи поділяються на організаційні, економічні і містобудівні.

Організаційні заходи забезпечують на законодавчому рівні використання територій, форми власності, правовий захист територій, створення системи адміністративно-господарського керування територіями та спеціальної екологічної служби їх охорони.

Економічні заходи забезпечують впровадження ресурсозберігаючих технологій, введення штрафних санкцій за порушення норм природокористування, визначення платежів і податків за використання

територій, надання пільгових кредитів виробникам екологічно чистої продукції тощо.

Містобудівні заходи забезпечують охорону природного середовища за рахунок раціонального функціонального зонування території, створення санітарно-захисних зон, визначення територій природно-заповідного фонду, забезпечення екологічного балансу природно-ландшафтних і урбанізованих територій.

Основні принципи екологічного захисту навколишнього середовища:

1. Збереження і раціональне використання цінних природних ресурсів;
2. Дотримання нормативів гранично допустимих рівнів екологічного навантаження на природне середовище та санітарних нормативів в місцях забудови;
3. Виділення природно-заповідних, ландшафтних, курортно-рекреаційних, історико-культурних зон з відповідним режимом їх охорони;
4. Встановлення санітарно-захисних зон для охорони водойм, джерел водопостачання і мінеральних вод тощо [21].

Втручання людини у природні процеси різко зростає і може спричиняти зміну режиму ґрунтових і підземних вод у цілих регіонах, поверхневого стоку, структури ґрунтів, інтенсифікацію ерозійних процесів, активізацію геохімічних та хімічних процесів у атмосфері, гідросфері та літосфері, зміни мікроклімату тощо. Сучасна діяльність, наприклад, будівництво гідротехнічних споруд, шахт, рудників, доріг, свердловин, водойм, дамб, деформація суші ядерними вибухами, будівництво гігантських міст, обводнення і озеленення пустель, та інші повсякденні аспекти діяльності людини, вже викликали значні видимі і приховані зміни довкілля.

У зв'язку з приведеними фактами все більше значення приймає такий науковий напрямок, як охорона навколишнього середовища. Вона повинна стати концептуальною основою теоретичних розробок, так як предметом її досліджень є біосоціальний процес взаємовідносин між суспільством і навколишнім середовищем, а метою — визначення оптимальних шляхів розвитку і

удосконалювання процесу взаємодії між ними при мінімізації шкідливого впливу господарської діяльності людини на стан навколишнього середовища.

Сучасний стан біосфери характеризується тим, що діяльність людини стає все більш несумісною з силами природи. Так, накопичення в атмосфері вуглекислого газу в результаті спалювання палива йде більш інтенсивно, ніж його поглинання рослинністю і водами океанів і морів. Обсяг атмосферного кисню зменшується швидкими темпами. Антропогенне запилення атмосфери наблизилося до кількості пилу і золи, що викидаються вулканами, а антропогенне забруднення морів нафтою перевищило обсяг її надходження через природні розливи і тріщини в земній поверхні.

У безпосередньому зв'язку із завданнями охорони праці є проблема захисту навколишньої людини середовища – землі, води, повітря від промислових викидів і відходів виробництва.

5.1. Забруднення навколишнього середовища при експлуатації електроприводів пакувальної машини

Сучасне виробництво передбачає використання найрізноманітніших технологічних прийомів, пов'язаних з обробкою різних матеріалів, монтажем і складанням виробів. У процесі виробництва з'являються негативні фактори, які можуть впливати як безпосередньо на людину, що здійснює виробничий процес (наприклад, електричний струм, світлові спалахи, обертові частини устаткування), так і на навколишнє середовище (наприклад, шуми, пил, забруднення повітря хімічно активними речовинами).

Промисловим забрудненням називають надходження до навколишнього природного середовища різноманітних несприятливих для нього речовин, що є побічним результатом промислового виробництва.

Хоча інтенсивний шум, або небажаний звук, що виникає в результаті роботи пакувальної машини, хімічно або фізично не змінює і не пошкоджує навколишнє середовище, як це відбувається при звичайному забрудненні повітря чи води, він може досягати такої інтенсивності, що викликає у людей

психологічний стрес або фізіологічні порушення. У цьому випадку можна говорити про акустичне забруднення середовища.

Пакувальна машина являє собою пакувальну лінію для подушкоподібної герметичної упаковки з тристороннім зварюванням. В процесі пакування використовується герметична вакуумна упаковка. На сьогоднішній день вона є одним з найбільш перспективних видів упаковки харчових продуктів. Технології вакуумування, що застосовуються при упаковці харчових продуктів, дають можливість значно збільшити термін зберігання продукції та захистити продукцію від негативного впливу бактерій і мікроорганізмів. Устаткування призначене для створення вакуумної упаковки прийнято називати вакуумним обладнанням, вакуум-пакувальним обладнанням або просто – вакуумна пакувальна машина (вакуумний пакувальник).

До функцій пакувальної машини відносяться такі процеси, як різання, зварювання, пайка та маркерування, що також негативно впливають на навколишнє середовище.

5.2. Розробка заходів щодо зниження рівня забруднення навколишнього середовища під час роботи підприємства

Для зниження забруднення навколишнього середовища та біосфери використовують методи захисту – комплекс технологічних, технічних і організаційних заходів. Універсальних методів звичайно не існує, тому радикально вирішити проблему забруднення на сьогоднішній технічній стадії розвитку людства важко. Отже, лише поєднання декількох раціонально підібраних і науково обґрунтованих заходів в кожному конкретному випадку може привести до бажаних ефектів, результатів по охороні навколишнього середовища.

У загальному випадку при виробництві обладнання і механізмів та їх експлуатації для захисту навколишнього середовища необхідно передбачати технологічні процеси, в яких повинні дотримуватися встановлених норм за наступними показниками:

- шкідливим викидами у виробничих приміщеннях;
- викидам шкідливих речовин в атмосферу, водні ресурси та ґрунт;
- виділенням тепла і вологи в робочих приміщеннях;
- створення високих рівнів шуму та вібрацій;
- електромагнітним і електростатичним полями;
- оптичним, рентгенівським та іонізуючим випромінюванням.

Вирішення проблем забруднення навколишнього середовища має три головних напрямки. Перший напрямок полягає у створенні різного роду очисних споруд, у застосуванні сірчастого палива, знищення та переробки сміття, будівництві димових труб висотою 200-300 м і більше, рекультивації земель та ін. Однак навіть найсучасніші споруди не забезпечують повного очищення. А надвисокі димові труби, знижуючи концентрацію шкідливих речовин в даному місці, сприяють поширенню пилового забруднення і кислотних дощів на набагато більш великі території: труба висотою в 250 м збільшує радіус розсіювання до 75 км. Тому має сенс вкладати кошти в розробку інноваційних очисних технологій які знижуватимуть викид шкідливих речовин до мінімуму.

Другий напрямок полягає в розробці та застосуванні принципово нової природоохоронної («чистої») технології виробництва, у переході до маловідходних та безвідходних виробничих процесів. Так, перехід від прямого (річка – підприємство – річка) водопостачання до оборотного і тим більше до «сухої» технології може забезпечити спочатку часткове, а потім і повне припинення скиду стічних вод у річки та водойми.

Цей шлях є головним, оскільки він не просто зменшує, а попереджає забруднення навколишнього середовища. Але він вимагає величезних витрат, непосильних для багатьох країн.

Третій напрямок полягає в глибоко продуманому, найбільш раціональному розміщенні так званих «брудних» виробництв, що чинять негативний вплив на стан навколишнього середовища. До числа «брудних» виробництв, перш за все, відносяться хімічна і нафтохімічна, металургійна, целюлозно-паперова промисловість, теплова енергетика, виробництво будматеріалів. При розміщенні таких підприємств особливо необхідна географічна експертиза [22].

Санітарні норми допустимого шуму обумовлюють необхідність розробки технічних, архітектурно-планувальних та адміністративних заходів, спрямованих на створення відповідних гігієнічних вимог шумового режиму, як в міській забудові, так і в будівлях різного призначення, дозволяють зберегти здоров'я та працездатність населення. Одним з ефективних засобів боротьби з виробничим шумом є використання демпфуючих металевих і неметалевих матеріалів.

Одним із найпростіших та економічно доцільних способів зниження шуму є застосування методів звукоізоляції та звукопоглинання. Звукоізолюючі кожухи, екрани, стіни, перетинки виготовляють із щільних твердих матеріалів, здатних добре відбивати звукові хвилі, запобігаючи їх розповсюдженню (метал, пластмаса, бетон, цегла).

Звукопоглинання – це пористі конструкції та матеріали, здатні поглинати падаючу на них енергію звукових хвиль, яка в цьому випадку витрачається на приведення в рух повітря в масі конструкції. Звукопоглинаючими матеріалами є поліуретан, мінеральна вата, супертонке скловолокно, пористий бетон, перфоровані гіпсові плити – акмігран та ін. Звукопоглинаючі та звукоізолюючі матеріали, зазвичай, використовують разом.

Гігієнічні вимоги, пропоновані до полімерних упаковок, що контактують з харчовими продуктами, визначаються різними факторами:

- токсичністю. У рецептуру полімерного пакувального матеріалу не повинні входити речовини, що володіють високою токсичністю;
- кумулятивними властивостями і специфічною дією на організм людини (канцерогенними, мутагенними, алергенними та ін.);
- хімічно інертним по відношенню до продукту пакувальним матеріалом (він не повинен змінювати органолептичних властивостей продукту і виділяти хімічних речовин в дозах, що перевищують допустимі рівні).

Полімери для упаковки хліба повинні бути термостійкими, оскільки хліб часто упаковують ще теплим. Питанню про правильний вибір пакувального матеріалу для конкретного харчового продукту повинен передувати питання про правильний вибір полімерної сировини для виготовлення пакувального матеріалу. Для виготовлення матеріалів і виробів, призначених для використання

в контактi з харчовими продуктами, слiд використовувати тiльки дозволенi для цих цiлей Міністерством охорони здоров'я України марки полімерної сировини. Дозволена полімерну сировину – це сировина, що пройшла необхідну оцінку, включаючи токсикологічні дослідження та узгоджена службами охорони здоров'я [23].

Переробка вторинних полімерів дозволяє отримати гранульовану сировину, яка істотно знижує витрати на виробництво готових виробів. При цьому плівка може повністю вироблятися з вторинних полімерів або первинна сировина доповнюється введенням їх у певному процентному співвідношенні. Частка вторинних матеріалів визначається областю використання і вимогами що висуваються до одержуваної готової продукції.

З іншого боку, будь-яка виробнича діяльність повинна бути максимально безпечною для людини, що в першу чергу залежить від безпеки виробничого обладнання. Основними вимогами безпеки технологічних процесів є:

- усунення безпосереднього контакту працюючих з вихідними матеріалами, заготовками, готовою продукцією та відходами виробництва, що надають шкідливу дію;
- заміна технологічних процесів і операцій, пов'язаних з виникненням небезпечних і шкідливих факторів, процесами та операціями, при яких зазначені фактори відсутні або мають меншу інтенсивність;
- комплексна механізація та автоматизація виробництва, застосування дистанційного керування процесами та операціями за наявності небезпечних і шкідливих виробничих факторів;
- розробка і застосування досконаліших засобів захисту працюючих;
- раціональна організація праці та відпочинку, профілактика монотонності і гіподинамії, обмеження важкості праці;
- автоматизація процесів отримання інформації про виникнення шкідливостей і небезпек;
- впровадження систем контролю і керування технологічними процесами, які забезпечують захист працюючих та аварійне відключення виробничого обладнання;

- своєчасне видалення і знешкодження відходів виробництва;
- забезпечення пожежо- і вибухобезпеки.

При вирішенні проблем екологізації виробництва в даний час використовують пасивні методи захисту, зміст яких зводиться до обмеження кількості забруднюючих навколишнє середовище викидів, тобто уловлювання пилегазовиділень, що викидаються в атмосферу, очищення стічних вод від домішок.

ВИСНОВКИ

У даному магістерській роботі була розроблена мікропроцесорна система автоматичного керування пакувальною машиною. Для досягнення мети були розв'язані наступні задачі:

- проведено аналіз принципів побудови та режимів роботи пакувальної машини;
- розроблена функціональна схема системи автоматичного керування;
- визначені елементи схеми системи керування та їх характеристики;
- розроблена принципова електрична схема малопотужної частини системи керування електроприводами пакувальної машини;
- розроблений алгоритм основної керуючої програми, а також алгоритми її підпрограм: підпрограма розрахунку початкових швидкостей обертання та підпрограма обробки переривань таймера;
- обрана структура та визначені параметри регуляторів системи керування;
- побудовані та промодельовані динамічні моделі цифрових систем керування електроприводами пакувальної машини в середовищі MatLab Simulink;
- розглянуті питання охорони праці та охорони навколишнього середовища;
- досліджено стійкість системи керування у надзвичайних ситуаціях;
- визначено основні техніко-економічні показники при впровадженні мікропроцесорної системи автоматичного керування пакувальної машини у виробництво.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Абдураманов Д.А. Регульований привід у механізмах пакувальних машин [Текст] / Абдураманов Д.А., Токарчук С. В., Гавва О. М. // Праці НУХТ. – Київ: 2007. №8. – С. 24 – 27.
2. Вараніцький Т.Л. Еволюційний підхід до проектування пакувальних машин [Текст] / Вараніцький Т.Л., Пальчевський Б.О. // Новітні технології пакування: матеріали доповідей VII науково-практичної конференції молодих вчених. – Київ: 2011. – с. 46 – 47.
3. Пальчевський Б.О. Автоматизація технологічних процесів (виготовлення і пакування виробів). Навч. посібник. – Львів: Світ, 2007. – 392 с.
4. Світ техніки та технологій // Синхронізація сервоприводів та інших механізмів в пакувальних машинах. 2011 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.servo.com.ua.
5. Биполярный шаговый двигатель NEMA17 ST42-47 фирмы «Darxton» – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.darxton.ru/Netshop/mechatronics/shagovye-dvigateli.
6. Гибридный биполярный шаговый двигатель NEMA34 ST86-80 фирмы «Darxton» – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.darxton.ru/Netshop/mechatro-nics/shagovye-dvigateli.
7. Гибридный биполярный шаговый двигатель NEMA23 ST57-56. Фирмы «Darxton» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.darxton.ru/Netshop/mechatro-nics/shagovye-dvigateli.
8. ATmega128. 8-bit AVR Microcontoller Data Sheet [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.atmel.com.
9. Руководство по эксплуатации блока управления шаговым двигателем STB42-1. «Darxton» – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.darxton.ru/Netshop/mechatro-nics/stepperdriver.
10. Руководство по эксплуатации блока управления шаговым двигателем STB57-1. «Darxton» – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.darxton.ru/Netshop/mechatro-nics/stepperdriver.

11. Руководство по эксплуатации блока управления шаговым двигателем STB86-1. «Darxton» – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.darxton.ru/Netshop/mechatronics/stepperdriver.

12. Ультразвуковые датчики положения объекта Balluff BUS M30M1. «Sensoren» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.sensoren.ru/ultrazvukovie_datchiki_polojeniya_obekta_balluff_bus_m30m1.

13. Барьерный датчик положения AR-G18-3C5 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.kipspb.ru/catalog/6583/element258893.

14. Оптический датчик Fotek Controls MS-02WH маркерные фотодатчики с автонастройкой [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.photosensor.com.tw.

15. Руководство по эксплуатации и применению дисплеев фирмы «WINSTAR DISPLAY» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.compel.ru/infosheet/WINSTAR/WH2004D-TMI-CT.

16. Покропивный С. Ф. Економіка підприємства: Підручник. Вид. 2-ге, перероб. та доп., Київ.: КНЕУ, 2000 р., 528 с.

17. Керб Л. П. Основи охорони праці. Навч. Посібник. – К.: КНЕУ, 2003. – 215 с.

18. Петрова М. С. Вольхин С. Н. Охрана труда на производстве и при эксплуатации электрических установок. Навч. посібник. – К.: 2000. – 122 с.

19. Тубальцев А.М. Виробниче освітлення та його розрахунок. Навч. посібник. – Миколаїв: УДМТУ, 2001. – 84 с.

20. Кнорринг Г.М. Осветительные установки. – Л.: Энергоиздат, Ленингр. отд-ние, 1981. – 288 с.

21. Шамилева. И. А. Экология. Навч. посібник. – М.: ВЛАДОС, 2004. – 144 с.

22. Гарина В.М. Экология для технических вузов. Навч. посібник. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2003. – 384 с.

23. Воробьев В.Д., Андрианов Р.А. Экологическая безопасность и влияние полимерных упаковочных материалов на здоровье человека [Текст]/ Воробьев В.Д., Андрианов Р.А. – М.: Стройиздат, 2008.

24. Михайлюк В.О. Цивільний захист. Навчальний посібник. – Миколаїв: НУК, 2005, – Ч. 3 Цивільна оборона. – 147 с.

ДОДАТОК А

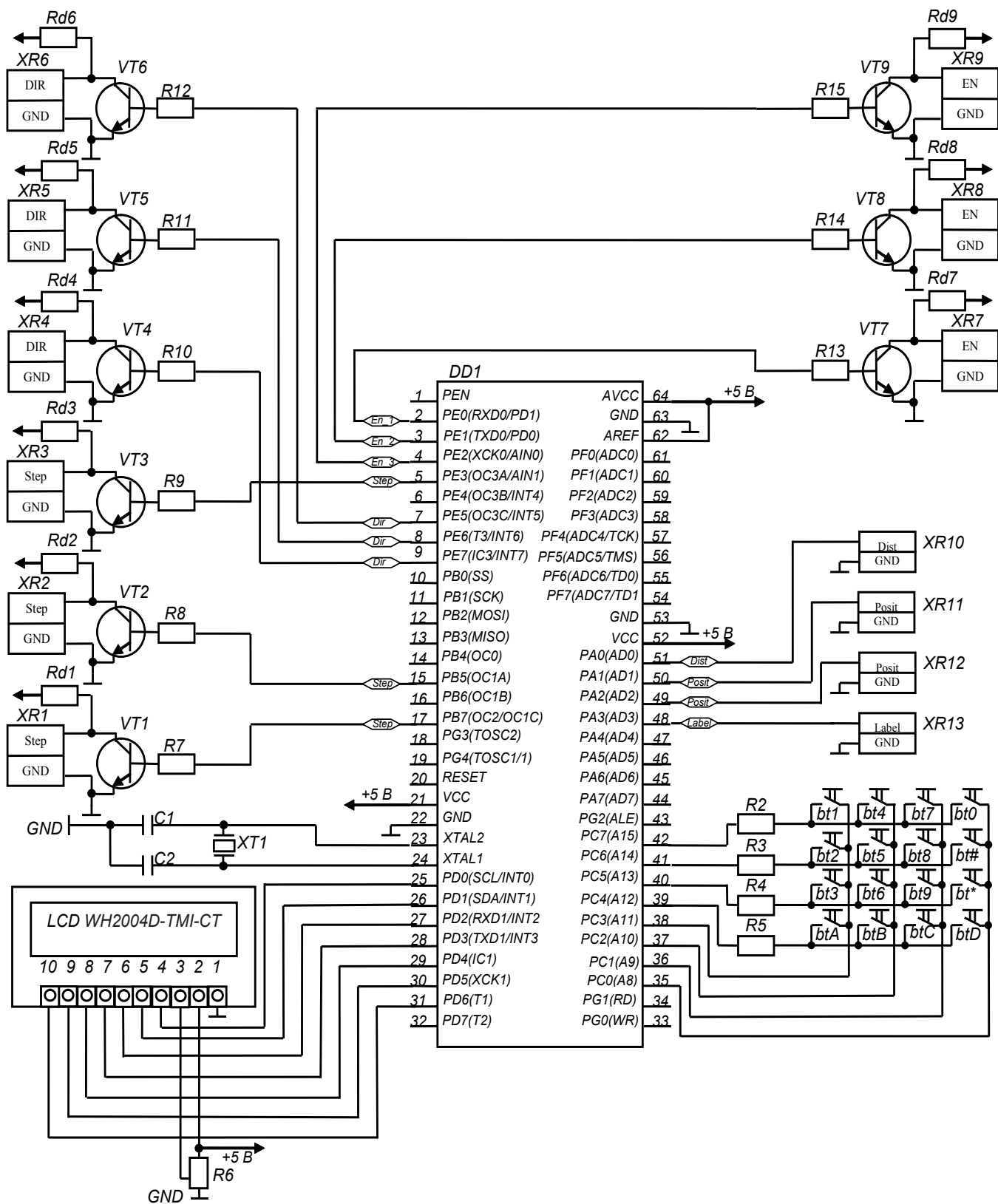


Рис. А1. Принципова електрична схема малопотужної частини системи керування

Номінали елементів принципової електричної схеми малопотужної частини
системи керування

Позначення	Найменування	Кількість	Примітка
	Інтегральні мікросхеми		
DD1	ATmega128_16AU	1	Мікроконтролер
VT1...VT9	BC817-16LT1G	9	Транзистори
XT1	Кварцовий резонатор, 16 МГц	1	
	Конденсатори		
C1, C2	0,02 мкФ	2	
	Резистори		
R2...R5	330 Ом	4	
R6	300 Ом	1	
R7...R15	2 кОм	9	
Rd1...Rd9	470 Ом	9	
	Роз'єми		
XR1...XR3	Step	3	Роз'єми КД
XR4...XR6	Direction	3	Роз'єми КД
XR7...XR9	Enable	3	Роз'єми КД
XR10	M30M1-PPC-03/025-S92K	1	Датчик відстані
XR11, XR12	AR-G18-3C5PC	2	Датчики положення
XR13	MS-02WH	1	Фотодатчик