

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: Система автоматичного керування поліграфічним верстатом з
використанням протоколу Profibus**

Виконав: студент групи 6341м


(підпис) **Сміліченко Г.О.**

Керівник роботи:
зав. каф. КСУ, д.т.н., проф.


(підпис) **Черно О.О.**

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

ННІ	автоматики та електротехніки
Кафедра	комп'ютеризованих систем управління
Рівень вищої освіти	другий (магістерський)
Спеціальність	174– «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка»
ОПП	«Комп'ютеризовані системи управління і автоматика»

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

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Сміличенку Георгію Олеговичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: *Система автоматичного керування поліграфічним верстатом з використанням протоколу Profibus*

керівник роботи *Черно Олександр Олександрович, д.т.н., професор*
(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 поліграфічного верстата*

4. Мета дослідження *Проектування системи автоматичного управління електроприводами поліграфічного верстата з використанням протоколу Profibus*

5. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (основні задачі дослідження)

Конструкція і принцип роботи поліграфічного верста

Розробка принципової схеми і алгоритму керуючої програми комп'ютеризованої системи управління поліграфічним верстатом

Моделювання динаміки системи управління та визначення коефіцієнтів цифрового регулятора

Охорона праці

Охорона навколишнього середовища

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

Процес друку верстатів з відкритою фарбовою системою

Процес друку на машині із закритою системою чорнила

Схема сканування шини

Функціональна схема системи управління

Схема підключення драйвера двигуна

Кінцевий вимикач ME 8108

Схема підключення промислового контролера

7. Консультанти розділів роботи

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

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проектування	Строк виконання	Примітка
1	Конструкція і принцип роботи поліграфічного верста	30.09.2024	виконано
2	Розробка принципової схеми і алгоритму керуючої програми комп'ютеризованої системи управління	12.10.2024	виконано
3	Моделювання динаміки системи управління та визначення коефіцієнтів цифрового регулятора	24.10.2024	виконано
4	Охорона праці	04.11.2024	виконано
5	Охорона навколишнього середовища	15.11.2024	виконано

Студент


(підпис)

Сміличенко Г.О.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Черно О. О.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота викладена на 67 сторінках, та включає в себе: 21 рисунків, 6 таблиць та 15 найменування використаних джерел.

В дипломній роботі розроблено систему автоматичного керування поліграфічним верстатом з використанням протоколу Profibus .

Під час розробки системи керування було розроблено функціональну схему комп'ютеризованої системи керування електроприводами подач поліграфічного верстата; розроблено динамічну структурну схему комп'ютеризованої системи керування електроприводами поліграфічного верстата; визначено структуру та параметри коригувальних пристроїв; розраховано перехідні процеси; розглянуто питання охорони праці під час роботи з поліграфічним верстатом.

Ключові слова: поліграфічний верстат, електродвигун, електропривод, автоматичне керування, коригуючі пристрої, моделювання.

ABSTRACT

The qualification work is presented on 67 pages and includes: 21 figures, 6 tables and 15 names of used sources. The diploma work developed an automatic control system for a printing press using the Profibus protocol. During the development of the control system, a functional diagram of a computerized control system for electric drives of the printing press feeds was developed; a dynamic structural diagram of a computerized control system for electric drives of the printing press was developed; the structure and parameters of the correction devices were determined; transient processes were calculated; the issue of labor protection when working with a printing press was considered.

Keywords: printing press, electric motor, electric drive, automatic control, correction devices, modeling

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1. КОНСТРУКЦІЯ І ПРИНЦИП РОБОТИ ПОЛІГРАФІЧНОГО ВЕРСТАТУ	8
1.1. Виникнення тампонного друку	8
1.2. Основні принципи тампонного друку	9
1.3. Вид приводу	17
1.4. Принцип роботи та характеристика верстату для тамподруку	17
1.5. Двигун машини для тамподруку	20
1.6. Область застосування машин для тампонного друку	22
1.7. Висновки та постановка задачі проєктування	24
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ І АЛГОРИТМУ КЕРУЮЧОЇ ПРОГРАМИ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ПОЛІГРАФІЧНИМ ВЕРСТАТОМ	26
2.1. Реалізація захисту інформації в протоколі Profibus	26
2.2. Розробка функціональної схеми системи управління та вибір її основних елементів	28
2.3. Розробка алгоритму керуючої програми	38
РОЗДІЛ 3. МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТА ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТІВ ЦИФРОВОГО РЕГУЛЯТОРА	44
3.1. Формування динамічної структурної схеми цифрової системи управління у z-формі	44
3.2. Побудова динамічної моделі системи управління у програмі "Simulink" і дослідження перехідних процесів	45
Висновки за розділом	47
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ	48
Вступ	48
4.1. Аналіз небезпечних факторів при експлуатації електроприводів поліграфічного верстату	51
4.2. Заходи по техніці безпеки системи автоматичного управління електроприводами поліграфічного верстату	58
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	59
Вступ	59
5.1. Загальні положення	61
5.2. Аналіз джерел забруднення	62
5.3. Методи боротьби з забрудненнями	64
ВИСНОВКИ	65
ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРИ	66

ВСТУП

Для нанесення зображення на виріб потрібна технологія друку, яка підходить виробнику в усіх аспектах, включаючи вартість. Тамподрук є саме такою технологією - гнучкою, надійною і недорогою.

Існуючі друкарські установки оснащені такими елементами, як конвеєрні стрічки для розміщення об'єктів, неконтрольовані електромеханічні приводи, які керують рухом тампонів від кліше до об'єкта і назад і об'єкта на конвеєрній стрічці, і фарбові системи, які наносять малюнок на об'єкт. Для ефективної роботи машини необхідно постійно контролювати наявність фарби в системі та роботу конвеєра.

У системі використовується некерований електромеханічний привід, тому швидкість і процес переміщення тампона регулюються вручну. Такий спосіб регулювання не є доцільним, оскільки тамподрук дозволяє наносити графіку на невеликі об'єкти. Тому автоматизація сервоприводів машин є актуальною задачею.

В дипломному проекті було розроблено систему автоматичного керування електроприводом друкарської машини, що дозволило значно покращити якість роботи тамподрукарського апарату.

РОЗДІЛ 1

КОНСТРУКЦІЯ І ПРИНЦИП РОБОТИ ПОЛІГРАФІЧНОГО ВЕРСТАТУ

1.1. Виникнення тампонного друку

З давніх часів людина прагнула зробити середовище, в якому вона живе, більш барвистим. Фактично неможливо віднайти виробника, котрий би не використовував колір у виробництві власної продукції.

Для того, щоб наносити відбиток на свою продукцію, виробнику необхідна технологія друку, яка підходить його за усіма параметрами, беручи до уваги вартість. Тамподрук гнучкий, надійний і недорогий.

Метод друку, винайдений французьким поліграфістом Декальсьє, використовувався в швейцарській годинниковій промисловості для нанесення зображень на годинники. Звичайні методи друку передбачалося використовувати для друку на папері. Процес ручного розпису циферблата зайняв багато часу. Швейцарські годинникарі досягли дуже високої якості друку.

У 60-х роках більшість країн Європи використовували тамподрук. Привід був простий: недосконалі, крихкі желатинові тампони знижували свою здатність друкуватися після кількох відбитків.

Вільфрід Філіп, німецький інженер, який був винахідником сучасного тамподруку, зупинився на гумовому тампоні через проблему підвищення стійкості тампона. Йому вдалося вигадати надзвичайно гнучкий, надійний і хімічно стійкий носій після кількох досліджень – силіконовий тампон холодної вулканізації.

Цей винахід відкрив абсолютно нові перспективи для застосування тамподруку. Раніше багатоколірний тампонний друк був надзвичайно рідкісним явищем через тривалий час висихання між друкми. Кремнієві прокладки, нечутливі до активних речовин, дозволили використовувати розчинники і, таким чином, «мокрый» друк без необхідності чекати, поки висохне попередня фарба.

У 1965 році Вілфрід Філіп почав проектувати сучасну механічну тамподрукарську машину для друку на циферблатах годинників. У 1968 році з'явився перший електромеханічний тамподрукарський верстат для друку на циферблатах годинників.

У 1971 році на виставці DRUPA в Дюссельдорфі було представлено першу електромеханічну тампонну машину для тамподруку. До того часу не існувало технології для друку на об'ємних або криволінійних поверхнях.

Перше велике замовлення на машину тамподруку надійшло від виробника годинників з Монтре, Швейцарія, на 100 одиниць. Перші машини були відправлені замовнику через три місяці.

Це стало початком поширення тамподруку по всьому світу.

1.2. Основні принципи тампонного друку

Тамподрук - це непрямий глибокий друк. Зображення фотографують і друкують на пласкій поверхні кліше. Потому кліше змочується фарбою. Надлишки фарби видаляються за допомогою ракеля. Потім на кліше опускається м'який силіконовий тампон, і фарба видаляється з кліше і переноситься на поверхню, що запечатується. Це схоже на процес відбитку зображення з використанням гумової печатки, лише з тією різницею, що тампон переносить лише зображення, а не його джерело [1].

Застосування силікону вказує на те, що даний матеріал дуже еластичний і практично не вбирає чорнило.

Основним вузлом тамподрукарської машини є чорнильна система. Система існує у двох типах: відкрита і закрита.

Відкрита чорнильна система

У цьому випадку чорнило знаходиться у відкритій ванні і вільно контактує з повітрям. Основні етапи процесу друку:

1. Поступовим рухом ракельний ніж накласти фарбу на кліше, на якому було вигравірувано зображення.

2. Зворотним рухом ножа надлишки фарби видаляються з кліше. При цьому певна кількість летючого розчинника (сольвенту), що міститься в чорнилі, випаровується, збільшуючи в'язкість чорнила.

3. Ватний тампон під тиском вкриватиме кліше. Перетворення в хімічному складі фарби, що стався до цього моменту, щоб полегшати перенесення фарби на тампон.

4. Відпустіть тампон з затискача і перемістіть його в напрямку об'єкта, який потрібно запечатати. Під час руху розчинник випаровується з шару фарби на тампоні, дозволяючи фарбі повніше перенестися з тампона на об'єкт.

5. Опустіть тампон на об'єкт, що запечатується, під тиском. Тампон сконструйований таким чином, що кут поміж конфігурацією тампона і поверхнею об'єкта завжди відмінний від нуля, не дивлячись на великий тиск. В результаті між тампоном і об'єктом не створюється вакуум, і чорнило легше переноситься на поверхню, що запечатується.

6. Тампон здійснюється і приймає автентичну форму. Якщо всі складові процесу зібрані правильно, на тампоні після підняття фарба не залишається, і він готовий повністю до подальшого циклу. Опис процесу друку верстатів з відкритою фарбовою системою зображений на рис. 1.1.

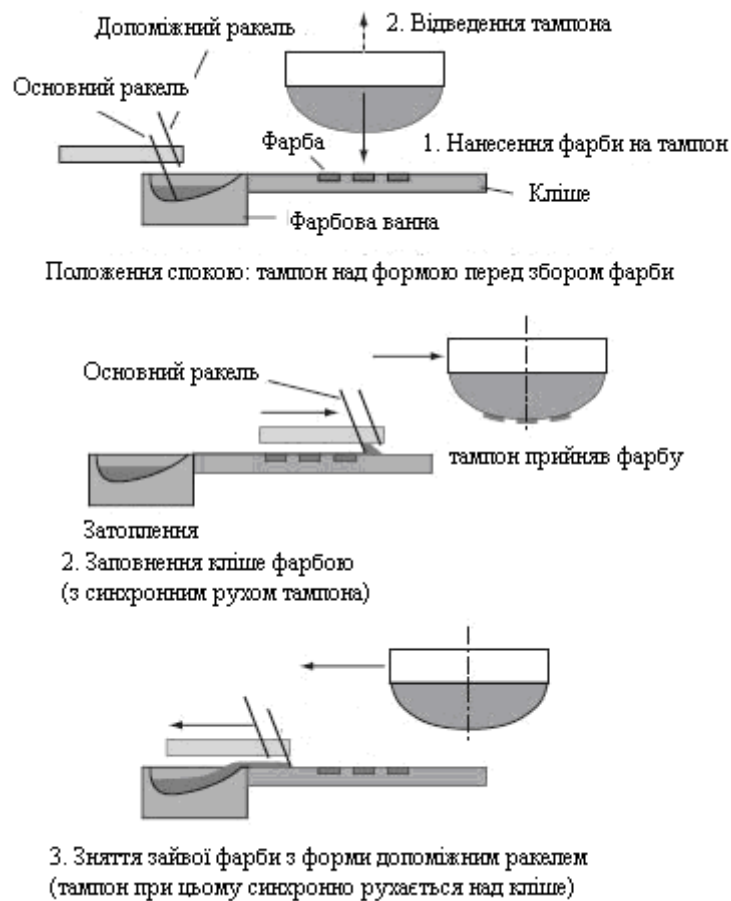


Рис. 1.1. Процес друку верстатів з відкритою фарбовою системою

Закрита фарбова система

У випадку закритої системи цикл komponується майже з тих самих етапів, що й у «відкритому» процесі. Різницю можна спостерігати в тому, що фарба міститься в закритому контейнері («чашці»), гострі краї якого («ракельне кільце») здійснюють ту саму функцію, як і ніж у попередньому випадку. «Закритий» спосіб підходить для масового друку, оскільки фарба не випаровується і її властивості не змінюються в контейнері. Його недоліками є менша площа робочої поверхні кліше та вища вартість обладнання. На рисунку 1.2 показано процес друку на машині із закритою системою чорнила.

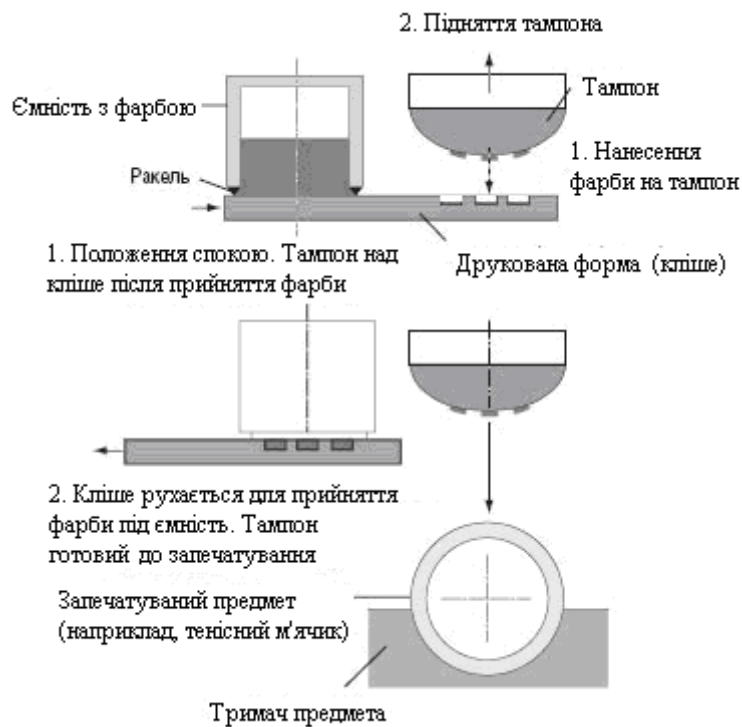


Рисунок 1.2. Процес друку на машині із закритою системою чорнила

Кліше для тамподруку

Наразі комерційно доступними є такі типи кліше для тамподруку:

- фотополімерні;
- металеві;
- фоточутливі;
- сталеві.

Вибір конкретного типу кліше залежить від типу роботи та кількості аркушів, що друкуються.

Фотополімерне кліше

Фотополімерні кліше відрізняються кількістю шарів світлочутливого матеріалу (один або два шари) і миючим розчином (спирт або вода). Він складається з світлочутливого покриття (один або два шари), металевої основи та клейкого шару, який скріплює перші два шари. Світлочутливий шар зазвичай захищений спеціальною захисною плівкою (фольгою).

Двошарові кліше наразі є найпоширенішими, тому розглянемо їхні характеристики детальніше.

Поверхня полімерного кліше досить м'яка. Ракельний ніж рухається вздовж кліше з постійним тиском і глибоко занурюється в частину зображення форми, паралельну краю ножа, в результаті чого на пресі утворюються ділянки з різною щільністю фарби. Цей ефект відомий як «вичерпування». У більшості випадків повторне тиснення або обертання зображення не дозволяє повністю усунути цей ефект.

Щоб усунути цей ефект, кліше повторно експонується через растрову сітку (так званий «опорний растр»). У цьому випадку «матриця» - це вже не порожнина на кліше, а сукупність невеликих виступів («піків»).

Ці «піки» виконують кілька функцій:

- підтримують ракельний ніж, запобігаючи «вичерпуванню»;
- знижують поверхневі напруги у фарбі, роблячи барвистий шар рівнішим;
- утримують фарбу на «плашках», не дозволяючи їй розмазуватися по кліше під час руху ракельного ножа;
- забезпечують більш рівний барвистий шар на тампоні під час його контакту з фарбою на кліше.

Повторне експонування можливе лише для двошарових штампів. Одношарові фотополімерні штампи можна використовувати лише для дуже чітких зображень і невеликих розмірів. Вони також значно дорожчі, ніж двошарові, і тому використовуються рідко.

У виробництві марок, що змиваються спиртом, спирт використовується як проявник (для видалення частини світлочутливого шару, що відповідає елементу зображення).

У випадку марок, що змиваються, як проявник використовується вода. Поява пластин, що відмиваються водою, - явище зовсім недавнє, пов'язане з тиском з боку екологічних активістів, які наполягають на зменшенні застосування хімічно активних речовин. З нашого досвіду, пластини, промиті спиртом, убезпечують стабільність друку і кращу якість, ніж пластини, промиті водою.

Металеві фоточутливі кліше

Останнім часом широкого застосування набув матеріал німецького виробництва з торговою маркою Alucorex. Кліше з цієї сировини значно міцніші за фотополімерні кліше і мають більш рівномірну глибину травлення. Завдяки своїй жорсткості такі кліше не потребують растрового експонування і призначені лише для штрихової (безрастрової) роботи. Вони також досить довговічні (понад 100 000 відбитків).

Сталеві кліше

Основна перевага сталевих кліше полягає в тому, що вони значно довговічніші за перші два типи (до 1 мільйона відбитків). Такі кліше виготовляються за складною багатоетапною технологією і зазвичай виготовляються на замовлення для дуже великих обсягів робіт. Через дуже високу вартість і тривалий виробничий процес сталеві кліше зазвичай не використовуються для друку реклами або упаковки.

Фарби для тамподруку

Фарби для тамподруку загалом подібні на фарби для трафаретного друку, маючи дві дуже важливі відмінності:

- по-перше, трафаретні фарби, які не мають випаровуватися, для того щоб висохнути на сітці, для тамподруку їх випаровування є важливою частиною процесу друку, вони містять розчинники, які дуже швидко випаровуються;
- по-друге, оскільки шар фарби в тамподруці набагато тонший, ніж у трафаретному друці, процес тамподруку сильно залежить від таких факторів, як вологість, температура навколишнього середовища і статична електрика.

Будь-яка тампонна фарба містить каучук, пігменти, розчинники та деякі домішки.

Каучук (або сполучні речовини) включає епоксидні смоли, емалі, вініли, акрил і поліуретани.

Пігменти - це барвники у вигляді порошку або рідини. Вони розподіляються по всій гумі і надають фарбі необхідне забарвлення і непрозорість. Розчинники необхідні для регулювання в'язкості каучуково-пігментної суміші. Розчинники визначають друкарські властивості фарби, дозволяючи їй мігрувати з кліше на

тампон і потім з тампона на виріб, уможливаючи «мокрый» друк (багатоколірний друк без висихання між відбитками). Інші компоненти фарби - це наступні речовини, як поверхнево-активні речовини та пластифікатори, які покращують однорідність, стабільність, міцність та інші властивості фарби.

Для того, щоб процес друку відбувався належним чином, в'язкість чорнила повинна швидко змінюватися і ставати «липкою». Усі вищезгадані компоненти повинні поєднуватися, щоб забезпечити цю «липкість». В оперативному тамподруці використовуються два типи чорнил:

- однокомпонентні (або «випаровувальні»);
- двокомпонентні (або «каталітичні»).

Однокомпонентні фарби

Найчастіше використовують однокомпонентні фарби. Вони дуже швидко висихають, за рахунок випаровування лише розчинника. Однокомпонентні фарби доступні у глянцевого та матового варіантах і підходять для друку на широкому спектрі пластикових виробів.

Щоб забезпечити хорошу адгезію між чорнилом і виробом, матеріал виробу повинен мати певну поглинальну здатність. Тому слід бути обережним під час друку однокомпонентними чорнилами на матеріалах, що не вбирають вологу.

Налічують декілька спеціальних методів визначення можливості друку однокомпонентними чорнилами на певних матеріалах. Типовим прикладом «проблемного» продукту є ВІС, який особливим чином обробляє авторучки та запальнички, що ускладнює друк на цих сувенірах для звичайних принтерів.

Двокомпонентні фарби

Двокомпонентні фарби потребують додавання спеціального каталізатора перед друком, який дозволяє каучуку полімеризуватися. Цей каталізатор викликає хімічну реакцію з каучуком безпосередньо в струменевому принтері. Ця реакція відбувається окремо від випаровування розчинника і встановлює термін придатності отриманої суміші.

При використанні двокомпонентних покриттів слід точно дотримуватися вагової частки доданого каталізатора. Занадто багато каталізатора значно скоротить термін придатності фарби, а занадто мало - погіршить якість друку.

Після закінчення терміну придатності чорнило необхідно замінити. Зазвичай термін придатності двокомпонентних чорнил становить приблизно 8-10 годин. Це значить, що якщо роботу не завершено протягом однієї зміни, то завтра чорнило необхідно буде готувати знову.

Двокомпонентні чорнила дуже добре висихають при нагріванні. Зазвичай їх використовують для друку на «проблемній» сировині, такій як деякі складні пластмаси, метали, скло та кераміка. Їх використання виправдане, коли потрібно забезпечити відмінну стійкість до стирання і хімічних речовин.

Тампони

Тампон є однією з найголовніших складових процесу тампонного друку. Вибір правильного тампона безпосередньо впливає на якість друку та стабільність процесу, тобто на відсутність суттєвих відмінностей між друкованими екземплярами в тиражі.

Тампони виробляються з силіконової гуми, і їхня функція полягає в переміщенні фарби з кліше на запечатуваний об'єкт. На відміну від кліше, яке виробляється для визначеного зображення, тампони можуть бути використані для різних робіт.

Основні характеристики тампона:

- форма;
- розмір;
- жорсткість.

Форма. Форму тампона підбирають таким чином, щоб убезпечити плавний рух матеріалу при його опусканні як на кліше для збору фарби, так і на поверхню для друку. Якщо цього плавного руху не буде, під тампоном утвориться повітряний прошарок, що може призвести до викривлення зображення і нерівного друку.

Типи форм тампонів:

- прямокутні;
- круглі;
- циліндричні.

Тампони різноманітної форми використовуються для будь-яких виробів та / або будь-яких зображень. У абиякому випадку, необхідно остерігатися у використанні плоских тампонів, так як вони в найменшій мірі можуть привести до «накату». Сам тампон повинен прийняти форму арки, до речі, в нанесенні фарби використовується тільки його вершина.

Розмір. Щоб досягнути максимально чіткого і точного друку тампон повинен мінімально деформуватися. Звідси впливає правило, що для кожної роботи використовують тампон максимально можливого розміру для конкретного випадку. Розмір тампона часто визначається проміжком між кліше та станиною друкарської машини. Однак якщо тампон більший, тим сильніше під час друку він вібрує, а також більший у вартості.

Жорсткість

Жорсткість тампона відзначається за кількістю силіконового масла, яке використовується при виготовленні. Чим більше масла, тим м'якший тампон. Жорсткий тампон менше деформується під час друку, що дозволяє краще передавати зображення і має більший термін служби. Однак є випадки, коли жорсткий тампон може бути непридатний. Наприклад:

- для друку на крихких предметах (скляні вироби, ялинкові іграшки) жорсткий тампон може пошкодити виріб;
- для друку на м'яких поверхнях (наприклад, гума) жорсткий тампон може призвести до деформації виробу;
- для запечатування виробів з великою кривизною (кружки, стакани) м'який тампон забезпечить кращий результат.

Також потрібно пам'ятати, що постійне застосування жорстких тампонів має можливість призвести до передчасного зношення друкарської машини.

1.3. Вид приводу

Залежно від типу приводу, верстати та машини для тампонного друку можна поділити на наступні види:

- **електромеханічні:** використовують електричний двигун для лінійного переміщення. електромеханічний привід забезпечує високу точність, керованість та ефективність, однак вимагає застосування редукторів і складних механізмів для реалізації лінійного руху, що робить ці машини дорогими і підходять вони для високоточних застосувань.

- **гідравлічні:** використовуються для створення високого тиску, тому зручні для машин великого формату, де необхідні великі зусилля для друку.

- **пневматичні та електропневматичні:** ці приводи характеризуються низькою вартістю, гарною керованістю та простотою в обслуговуванні, що робить їх найбільш популярними у виробництві машин для тампонного друку. пневматичні приводи забезпечують стабільний тиск завдяки централізованій пневмосистемі або індивідуальному компресору, що також робить їх ефективними для таких процесів.

Ці різновиди приводів вибираються в залежності від вимог до точності, потужності та вартості машин для тампонного друку.

1.4. Принцип функціонування та особливості верстату для тамподруку

Для кращого розуміння роботи машини для тампонного друку, розглянемо рисунки 1.3 – 1.5.

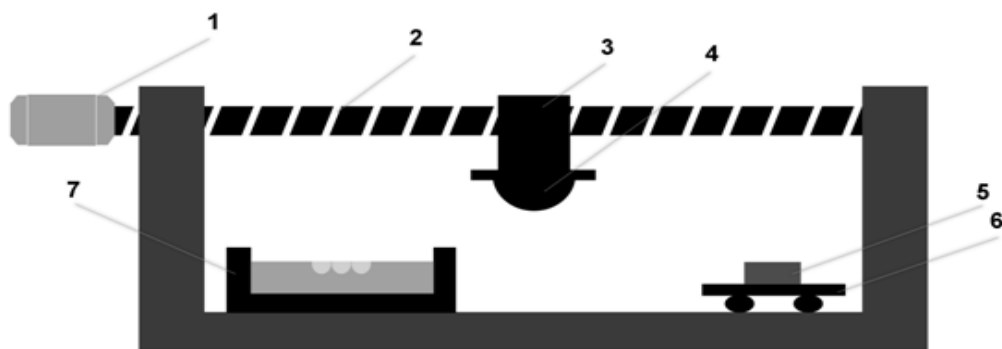


Рис. 1.3 Рух тампону у напрямку кліше за допомогою електродвигуна

- 1 – електродвигун;
- 2 – гвинтова передача;
- 3 – прес;
- 4 – тампон;
- 5 – об’єкт для нанесення графіки;
- 6 – рухома стрічка;
- 7 – кліше.

На рис. 1.3 тампон рухається у напрямку кліше, за допомогою електропривода.



Рис. 1.4 Тампон опускається на кліше, щоб забрати фарбу з відповідним зображенням

На рисунку 1.4 тампон опускається на кліше, щоб забрати фарбу з відповідним зображенням.

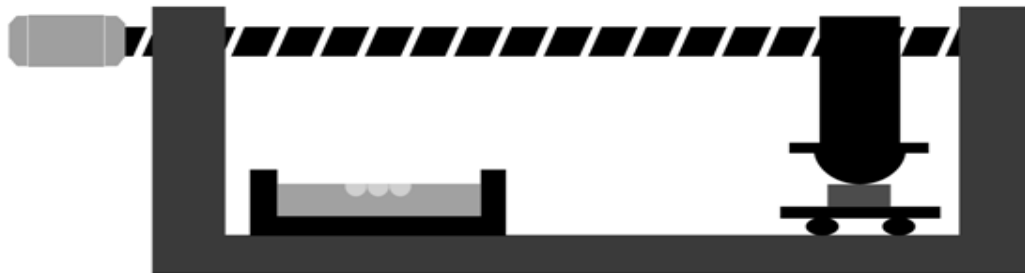


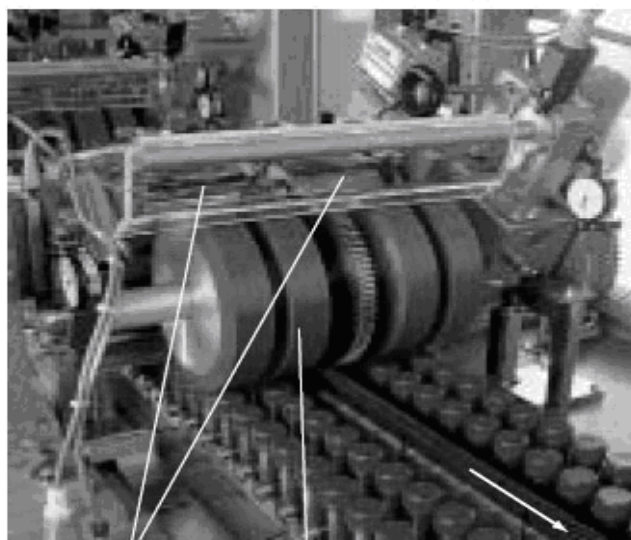
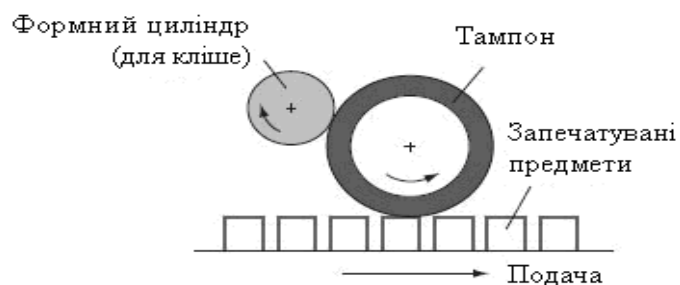
Рис. 1.5 Переміщення тампону до об'єту

На рисунку 1.5 тампон переміщується до об'єкта, на який має бути нанесено зображення, завдяки електроприводу. Об'єкти рухаються по конвеєрній стрічці, що дозволяє їм переміщатися після нанесення графіки, реалізуючи принцип конвеєрного процесу.

Характеристика верстату:

- максимальний розмір кліше: 100 x 100 мм;
- максимальна площа друку: 75 x 75 мм;
- максимальна висота виробу: 80 мм;
- конвеєрна подача (14 посадочних місць);
- хід тампона: 300 мм;
- продуктивність: до 2 100 циклів на годину;
- електроживлення: 220 в/50 гц;
- споживана потужність: 600 вт;
- розміри: висота 1 470 мм, ширина 910 мм, довжина 1 020 мм;
- вага: 76 кг.

Для великих обсягів друку застосовуються спеціалізовані багатофарбові ротаційні тампонні машини, в яких тампон і друкована форма виконані у вигляді циліндрів. Це обладнання дозволяє наносити зображення на об'єкти, що переміщуються по конвеєру, як показано на рисунку 1.6.



Формний циліндр (для кліше) Тампон Подача

Рис. 1.6. Поліграфічний верстат для нанесення друку на пробки

1.5. Двигун машини для тамподруку

В машинах для тампонного друку використовуються три безколекторні двигуни постійного струму, які відповідають за горизонтальне та вертикальне переміщення тампону, а також за пересування об'єктів по конвеєру. Принцип роботи безколекторних двигунів базується на застосуванні датчика положення ротора (ДПР), перетворювача координат та силового напівпровідникового перетворювача. Ці компоненти спільно утворюють на обмотках статора фазні напруги так, щоб результуючий вектор напруги постійно був зсунутий на кут 90° і залишався нерухомим відносно осі магнітного поля ротора.

Зв'язок здійснюється так, щоб потік збудження ротора залишався незмінним щодо потоку якоря. Як результат взаємодії між потоком якоря та збудженням з'являється обертовий момент МММ, який прагне повернути ротор так, щоб потоки якоря і збудження співпадали. Але під час повороту ротора, завдяки ДПР,

здійснюється перемикання обмоток, і потік якоря переходить на черговий крок. У такому разі результуючий вектор струму знову зсувається та залишається нерухомим відносно потоку ротора, що генерує момент на валу двигуна.

Керування двигуном

Швидкість безколекторного двигуна регулюється шляхом зміни величини напруги, що подається на обмотки статора. Напруга на статора подається послідовно, а регулювання цієї напруги відбувається за допомогою силових ключів, що дозволяє змінювати швидкість обертання валу двигуна. Відмінною рисою безколекторного двигуна є те, що комутація в ньому здійснюється та контролюється електронно, на відміну від щіткових двигунів постійного струму, де комутація здійснюється механічно.

Останнім часом безколекторні двигуни набули великої популярності завдячуючи своїй ефективності і зручності в управлінні, що дозволяє їм знаходити широке використання в багатоманітних галузях промисловості. Ці двигуни використовуються не тільки в побутових приладах, а й у більш складних системах, таких як рейковий транспорт.

Завдяки електронному управлінню безколекторні двигуни поєднують в собі переваги безконтактних двигунів та двигунів постійного струму, забезпечуючи високу надійність і точність.

Переваги безколекторних двигунів:

- висока точність позиціонування, динаміка і швидкодія – забезпечують швидке та точне виконання операцій;
- широкий спектр зміни частоти обертання – можливість точного регулювання швидкості роботи;
- відсутність вузлів та безконтактність, що потребують техобслуговування – відсутність щіток і комутаторів знижує потребу в технічному обслуговуванні;
- можливість застосовування в агресивному і вибухонебезпечному середовищі – безпечна експлуатація в умовах підвищених вимог;
- колосальна перевантажувальна здатність по моменту – здатність витримувати короткочасні перевантаження без втрати ефективності;

–високі енергетичні показники (ККД понад 90 % і $\cos\varphi$ понад 0,95) – забезпечують високу ефективність вживання енергії;

–тривалий термін служби, підвищений ресурс роботи і висока надійність – завдяки відсутності ковзаючих електричних контактів двигун має тривалий ресурс;

–невисокий перегрів електродвигуна під час роботи в режимі з можливими перевантаженнями – забезпечує стабільну роботу навіть за екстремальних умов.

Недоліки безколекторних двигунів:

–порівняно складна система керування двигуном – вимагає наявності спеціальних електронних систем для комутації та контролю роботи;

–висока вартість двигуна – зумовлена використанням дорогих постійних магнітів в конструкції ротора, що підвищує вартість виробництва.

Зважаючи на потужність та характеристики верстату, обираємо безколекторні електродвигуни постійного струму типу ТС 40 0,32 21.

Характеристики двигуна постійного струму ТС 40 0,32 21 наведено у таблиці 1.5.

Таблиця 1.5.

Характеристики електродвигуна ТС 40 0,32 21

Номінальний момент M_n , Н·м	0,32
Номінальна напруга U_n , В	230
Номінальна потужність P_n , Вт	100
Номінальний струм I_n , А	0,62
Номінальна швидкість обертання n_n , об/хв	3000
Моментна постійна C_m , Н·м/А	0,526
Постійна ЕРС C_e , В·с	0,439
Активний опір фази обмотки R , Ом	36,9
Індуктивність фази обмотки L , мГн	44
Електромагнітна постійна часу T_e , мс	$1,19 \cdot 10^{-3}$
Електромеханічна постійна часу T_m , мс	$0,92 \cdot 10^{-3}$
Момент інерції ротора J_r , кг·м ²	$4,7 \cdot 10^{-6}$
Маса, кг М	0,75

1.6. Область застосування машин для тампонного друку

Тампонний друк має широке та універсальне застосування в багатьох галузях, аналогічно трафаретному друку, зокрема для друку на плоских або слабо структурованих випуклих поверхнях. Його переваги очевидні в таких сферах, як упаковка (для малих і великих тиражів), рекламно-сувенірний бізнес, а також виробництво різноманітних предметів. Тампонний друк займає значний сегмент ринку завдяки високій продуктивності та можливості друку на неплоских, великих або складних поверхнях, включаючи вироби з різних матеріалів.

Серед основних переваг тамподруку можна відзначити:

- низькі початкові витрати на організацію автоматизованого виробництва;
- малий витрат фарби та допоміжних матеріалів, що робить процес більш економічним;

- компактність виробничих площ;
- простота переналагодження виробничих ліній для різних типів виробів;
- економічно вигідний друк малих тиражів, що дозволяє здійснювати продукцію при широкій номенклатурі виробів;
- універсальність друкарського обладнання, що підходить для різноманітних завдань;
- легкість освоєння технології — навіть новачок може за кілька годин навчитися основам та почати виробляти комерційну продукцію.

Ці особливості роблять тампонний друк одним із найбільш привабливих варіантів для малих і середніх виробничих підприємств.

Тампонні верстати застосовуються для друку на різноманітних продуктах і предметах, зокрема:

- канцелярські вироби: авторучки, лінійки, папки, візитниці, планінги, тримачі для паперів, письмові прилади тощо;
- сувенірна продукція: запальнички, годинники, попільнички, значки, брелоки, калькулятори, подарункові набори інструментів, кубки та медалі, сувенірні рулетки, відкривачки, пластикові кружки і багато інших сувенірів;
- дитячі іграшки та їх деталі: вічка для м'яких іграшок, кубики, головоломки, дитячі значки, збірні машинки, лопатки, відерця, сидла для дитячих велосипедів, гумові м'ячі;
- аудіо- та відео носії: касети, компакт-диски;
- термометри та їх шкали;
- циферблати годинників, оправы для окулярів;
- панелі приладів для автомобільної промисловості;
- шильдики для електричних, водних, газових лічильників, систем пожежної та охоронної сигналізації;
- шкільне приладдя: учнівські лінійки, транспорти, пенали, інші прилади;
- корпуси побутових приладів: телевізорів, пейджерів, телефонів, пирососів, фільтрів для води, чайників, домофонів, електровимірювальних приладів, систем стеження та сигналізації;

- маркування готових виробів та проставляння дати: туби з аерозолями, пакувальні пакети з продуктами;
- пакувальні матеріали: друк на жерстяних і пластикових кришках для майонезу, пластикових пробках для газованих напоїв, жерстяних пробках для пивних пляшок;
- одноразовий посуд: друк по зовнішній стороні, не дотичній з харчовими продуктами;
- парфумерні флакони та баночки зі скла та пластмаси;
- гільзи для мисливських патронів;
- пластикові упаковки для драже, освіжувачів дихання тощо;
- корпуси для побутових приладів: пластикові щітки для взуття, пастки для тарганів, вішалки для одягу;
- корпуси оптичних приладів.

Цей перелік підкреслює універсальність тамподруку, який здатен наносити зображення на різноманітні матеріали та вироби з різними формами і поверхнями. Така здатність робить його ідеальним для численних галузей, від виробництва канцелярських товарів до промислових і сувенірних виробів, де важливі висока точність, ефективність і можливість роботи з різними типами об'єктів.

1.7. Висновки та постановка задачі проєктування

Отже, тамподрук є непрямим процесом глибокого друку, при якому зображення переноситься з кліше на об'єкт через м'який силіконовий тампон. Відмінною особливістю цього процесу є те, що зображення спочатку створюється на поглиблених ділянках плоского кліше, після чого через механізм ракелів і тампона фарба переноситься на запечатовану поверхню.

Різні типи приводів, такі як електромеханічні, гідравлічні, пневматичні та електропневматичні, використовуються для забезпечення необхідного руху і точності у процесі друку. Вибір електромеханічного приводу забезпечує високу

точність, керованість і ефективність, що особливо важливо для високоточних поліграфічних машин.

З огляду на цю технологічну базу, метою дипломного проєкту є розробка системи автоматичного управління електроприводами поліграфічного верстату.

Основні завдання включають:

1. Розробка функціональної схеми системи управління електроприводами.
2. Створення принципової електричної схеми основних блоків системи.
3. Розробка алгоритму керуючої програми.
4. Створення динамічної моделі системи та визначення коефіцієнтів регулятора.
5. Оцінка техніко-економічних показників, а також розгляд питань цивільного захисту, охорони праці та навколишнього середовища.

Цей проєкт буде сприяти підвищенню ефективності роботи поліграфічних верстатів, забезпечуючи точне і автоматизоване управління приводами.

РОЗДІЛ 2

РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ І АЛГОРИТМУ КЕРУЮЧОЇ ПРОГРАМИ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ПОЛІГРАФІЧНИМ ВЕРСТАТОМ

2.1. Реалізація захисту інформації в протоколі Profibus

Profibus вбачає протокол різновиду ведучий-підлеглий разом із допоміжним протоколом Token Ring, що припускає використання кількох майстрів. Окрім того, усі прилади виконують послідовність запуску, протягом виконання зазначених дій вони доєднуються до мережі на відміну від Modbus. Кожний підпорядкований пристрій контактує з безвідмовним таймером. У випадку коли ведучий не звертається до нього певний час, тоді підлеглий переключається у безпечний стан; головному пристрою необхідно знову виконати послідовність дій запуску, щоб пройшов подальші дії для обміну даними. Це, наприклад, коли відбувається поєднання зі сторожовим таймером у головному, гарантує, що увесь зв'язок здійснюється кожного циклу шини із певним часовим значенням. Узагальнене сканування шини здійснюватиметься, як вказано на рис. 2.1. Майстру А надається маркер, який надає йому контроль над шиною. У подальшій дії він обмінюється показниками з кожним підлеглим пристроєм, а після завершення маркер перейде до наступного ведучого (коли він є).

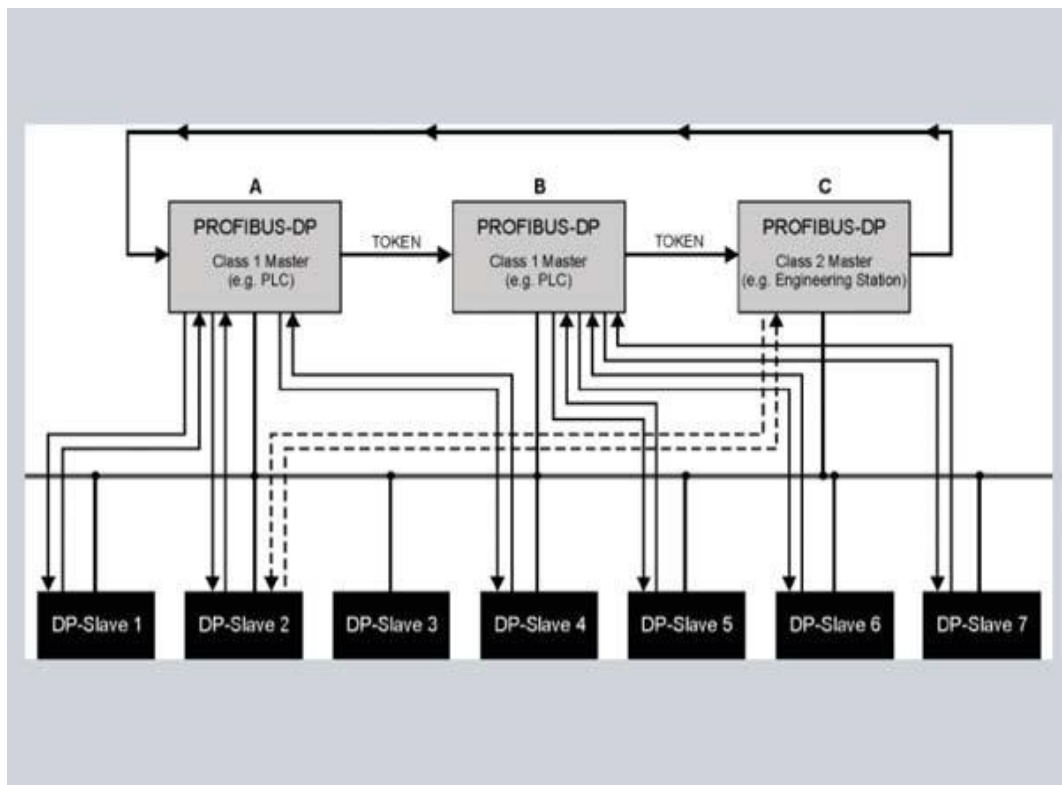


Рисунок 2.1. Схема сканування шини

Припис для проведення детальної діагностики від усіх підлеглих також вбудовано в протокол. Підлеглий може сповістити головному під час пересічного обміну показниками, що вбачає діагностику, яку далі прочитає під час подальшого сканування шини.

Визначальний фізичний рівень для Profibus DP ґрунтується на RS-485, який застосовує Modbus. Втім у випадку Profibus, особливість Profibus не просто покликається на існуючу. Проте він збільшує специфікацію RS-485. Фізичний ступінь було обмежено, щоб потребувати тільки два проводи зі швидкістю до 12 мегабіт на секунду. Своєрідність Profibus також уніфікувала роз'єми. Уся ця інформація необхідна під час роботи з декількома постачальниками – підключення відбувається просто та послідовно.

Для пристроїв Profibus PA має окремий фізичний рівень, який називається IEC 61158-2, Манчестерське кодування, живлення від шини, іскробезпечний (MBP-IS). Цей фізичний рівень забезпечує живлення та зв'язок через ті самі два дроти. Іскробезпечна вибухозахищена концепція пропонує значні переваги з точки зору витрат на встановлення.

Існує два підходи до роботи з небезпечними середовищами: або придушити потужність, що досягає пристрою в небезпечній зоні, або обмежити потужність, що досягає небезпечної зони. Протокол Modbus використовує металеві кабелі та ущільнювачі для утримання енергії. І кабелі, і ущільнювачі коштують дорого; Profibus PA використовує інший підхід. Він обмежує потужність, що надходить в поле, і вважається іскробезпечним.

Це усуває потребу в трубопроводах і ущільненнях (за винятком першої шафи), що призводить до значної економії коштів: основні фізичні рівні Profibus (модифікований RS-485 і MBP-IS) мають високу деталізацію і стійкість до шуму.

Стандарт Profibus визначає не тільки стандартні входи і виходи, а й вбудовані функції. Це полегшує налаштування та інтеграцію польових пристроїв, а також спрощує використання широкого спектру застосувань.

Наприклад, вихідний сигнал всіх передавачів Profibus PA становить 5 байт. Перші чотири байти - це значення змінної процесу з плаваючою точкою; п'ятий байт - це байт стану, який вказує, чи є передане значення достовірним чи ні.

Всі основні коди стану стандартизовані в специфікації, і Profibus призначений для автоматизації в масштабах підприємства, незалежно від того, наскільки малим воно є, будь то автоматизація заводу (налаштована з цифровим вводом/виводом) або автоматизація процесу (налаштована з аналоговим вводом/виводом). І не має значення, чи є всі ділянки місцевими або віддаленими: Profibus може впоратися з усіма.

Надійний зв'язок і простота використання в небезпечних середовищах роблять Profibus/profinet ідеальним протоколом для всіх промислових застосувань.

2.2. Розробка функціональної схеми системи управління та вибір її основних елементів

Оскільки переміщення потрібно здійснювати з високою точністю, систему потрібно побудувати за принципом зворотного зв'язку. В процесі управління

система повинна здійснювати вимір дійсних значень координати переміщення тампону, порівняння її з приписаною, формування сигналу помилки, формування керуючого сигналу в залежності від помилки згідно з певним законом, підсилення цього сигналу і подачу на обмотку виконавчого електродвигуна, перетворення обертового руху на поступальний.

Функціональна схема для системи управління електроприводами поліграфічного верстату повинна включати в себе наступні елементи:

- контролер з інтерфейсом RS485;
- безколекторні електродвигуни постійного струму;
- драйвери;
- гвинтова передача;
- лінійний оптичний енкодир;
- кінцеві вимикачі.

Таким чином побудуємо функціональну схему системи управління (рис. 2.2).

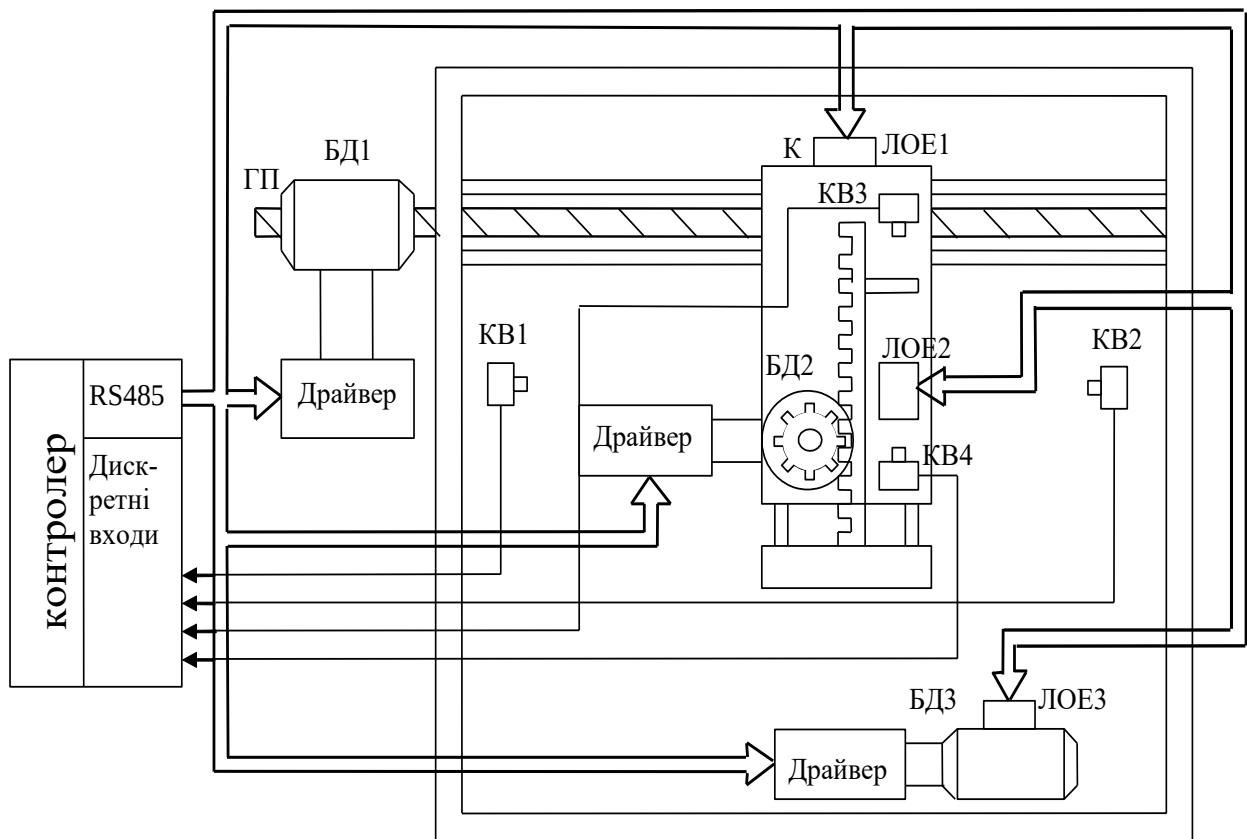


Рис. 2.2. Функціональна схема системи управління

На схемі прийняті наступні позначення:

БД1, БД2, БД3 – безколекторні двигуни для горизонтального та вертикального переміщення тампону та конвеєрного переміщення об'єкта;

ЛОЕ1, ЛОЕ2, ЛОЕ3 – лінійні оптичні енкодери;

ГП – гвинтова передача;

К – каретка;

KB1, KB2 – кінцеві вимикачі для горизонтального переміщення каретки;

KB3, KB4 – кінцеві вимикачі для вертикального переміщення каретки.

Виходячи з поставленого завдання оберемо програмований логічний контролер SIMATIC S7-1200.

Основні технічні характеристики контролеру SIMATIC S7-1200 наведені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1.

Технічні характеристики контролеру SIMATIC S7-1200.

	6ES7 211-1BD30-0XB0
Позначення типу продукту	CPU 1211C AC/DC/Relay
Версія продукту	STEP 7 Basic V10.5
пов'язаний з ним програмний пакет	
Напруги живлення	
Номінальне значення	
- 24 V постійного струму	Так
- допустимий діапазон, нижня межа (DC)	Так
- допустимий діапазон, верхня межа (постійний струм)	85V
- 120 V змінного струму	
- 230 V змінного струму	264 V
- допустимий діапазон, нижня межа (змінний струм)	47 Hz
- допустимий діапазон, верхня межа (змінний струм)	63 Hz
- допустимий діапазон частот, нижня межа	
- допустимий діапазон частоти, верхня межа	
Напруга навантаження L+	
- Номінальне значення (постійний струм)	
- допустимий діапазон, нижня межа (DC)	
- допустимий діапазон, верхня межа (DC)	
Струм споживання	
Струм споживання (номінальне значення)	60 mA at 120 V AC 30 mA at 240 V AC
Струм споживання, макс.	180 mA at 120 V AC 90 mA at 240 V AC
Пусковий струм, макс.	20 A; at 264 V
Вихідний струм на шину задньої панелі (5 V постійного струму), макс.	750 mA; 5 V DC max. for SM and CM

Втрати потужності	
Втрати потужності, тип.	10 W
Пам'ять	
Доступна пам'ять проекту/пам'ять користувача	25 kbyte
Позначення типу продукту	CPU 1211C AC/DC/Relay
Робоча пам'ять	25 kbyte Hi
- інтегрована	
- розширювана	
Пам'ять завантаження	
- інтегрована	1 Mbyte
- розширювана	24 Mbyte; з картою пам'яті SIEMENS
Резервне копіювання	
- присутній	Так; весь проект не потребує обслуговування у вбудованому EEPROM
- без акумулятора	Так
Процесор/блоки	
Кількість блоків (всього)	DBs, FCs, FBs, лічильники, таймери). Можна адресувати до 65 535 блоків. Немає обмежень, використання всієї робочої пам'яті
ОВ	
- Максимальне число.	Обмежено лише оперативною пам'яттю для коду
Процесорний/обробний час	
для бітових операцій, хв.	0,1 мкс; / інструкція
для операцій над словами, хв.	12 мкс; / інструкція
для арифметики з плаваючою комою, хв.	18 мкс; / інструкція
Області даних та їхня збереженість	
Область даних, що зберігаються, всього (включаючи час, лічильники, прапори), макс.	2 048 byte
Позначка	
- Максимальне число.	4 кбайт; Розмір бітової адресної області пам'яті
Адресна область	
Адресна область вводу/виводу	1024 байти для входів /
- Адресна область вводу/виводу, загальна	1024 байти для виходів
- загальна	1 024 byte
- Виходи	1 024 byte
Технологічне зображення	
- Входи, регульовані	1 kbyte
- Виходи, регульовані	1 kbyte
Цифрові канали	
- інтегровані канали (DI)	6
- інтегровані канали (DO)	4

Аналогові канали	
- Інтегровані канали (AI)	2
- Інтегровані канали (AO)	0
Конфігурація обладнання	
Кількість модулів на систему, макс.	3 модулі зв'язку, 1 сигнальна плата
Позначення типу продукту	CPU 1211C AC/DC/Relay
Час доби	
Годинник	
- Апаратний годинник (годинник реального часу)	Так
- Час резервного копіювання	240 год; Типовий
- Відхилення за добу, макс.	60 с/місяць при 25°C
Функції тестового введення в експлуатацію	
Стан/контроль	
- Змінна стану/керування	Так
- Змінні	Входи/виходи, біти пам'яті, БД, розподілений ввід/вивід, таймери, лічильники
Примус	
• Примус	Так
Функції зв'язку	
Зв'язок S7	Так
- підтримується	Так
- як сервер	
Відкрита комунікація ІЕ	
- TCP/IP	Так
- ISO-on-TCP (RFC1006)	Так
Кількість підключень	
- всього	15; в динаміці
1-й інтерфейс	
Тип інтерфейсу	PROFINET
Фізика	Ethernet
Ізольовано	Так
автоматичне визначення швидкості передачі	Так
Автонегативація	Так
Автокросвер	Так
Процесор / програмування	
Конфігураційне програмне забезпечення	
- КРОК 7	STEP 7 Basic V10.5
Мова програмування	
- LAD	Так
- FBD	Так
Контроль тривалості циклу	
- можна встановити	Так
Цифрові входи	
Кількість цифрових входів	6; Integrated
- з них входів, що використовуються для технологічних функцій	3; HSC (High Speed Counting)
м/ф-читання	Так

Кількість одночасно керованих входів
 - Усі можливі позиції монтажу
 - Одночасно керовані входи, до 40 °C

Позначення типу продукту

Вхідна напруга

- Номінальне значення, постійний струм
- для сигналу «0»
- для сигналу «1»

Вхідний струм

- для сигналу «1», введіть

Вхідна затримка (для номінального значення вхідної напруги)

- для стандартних входів
- параметризується

- при «0» - «1», хв.

- від «0» до «1», макс.

- для входів переривання

- параметризований

- для лічильника/технологічних функцій

- параметризується

Довжина кабелю

- Довжина кабелю, екранованого, макс.

- Довжина кабелю неекранованого, макс.

Цифрові виходи

Кількість цифрових виходів

- з них високошвидкісних виходів

Захист від короткого замикання

Обмеження напруги індуктивного відключення до

Комутаційна здатність виходів

- з резистивним навантаженням, макс.

- на ламповому навантаженні, макс.

Вихідна напруга

- для сигналу «0» (DC), макс.

- для сигналу «1», хв.

Вихідний струм

- для сигналу «1» номінальне значення

- для сигналу «0» залишковий струм, макс.

Вихідна затримка з резистивним навантаженням

- від 0 до «1», макс.

- від 1 до «0», макс.

Паралельне перемикання 2 виходів

- для збільшення потужності

Частота перемикання

- імпульсних виходів, з резистивним навантаженням, макс.

Довжина кабелю

- Довжина кабелю, екранованого, макс.

6

6ES7 211-1BD30-0XB0

CPU 1211C AC/DC/Relay

24 V

5 V DC at 1 mA

15 V DC at 2.5 mA

1 mA

0.2, 0.4, 0.8, 1.6, 3.2, 6.4, та

12.8 ms, які можна вибрати в 4 групах

0.2 ms

12.8 ms

Так

Однофазний: 3 на 100 кГц,

диференціальний: 3 на 80 кГц

500 м; 50 м для технологічних функцій

300 м;

Для технологічних функцій: Немає

4; Реле

Ні; надається ззовні

2 A

30 W DC; 200 W AC

10 ms; max.

10 ms; max.

Ні

1 Hz

500 m

- Довжина кабелю неекранованого, макс.

150 m



Рис. 2.3. Загальний вигляд SIMATIC S7-1200

Програмований логічний контролер SIMATIC S7-1200 призначений:

- для створення систем управління малими та середніми об'єктами;
- побудови систем диспетчеризації;
- побудови системи управління та диспетчеризації на базі SIMATIC S7-1200 можливо як за допомогою дротових засобів – використовуючи вбудовані інтерфейси Ethernet, RS-232, RS-485, так і за допомогою бездротових засобів – використовуючи радіо, GSM, ADSL модеми [5].

Для правильної роботи приводів були обрані кінцеві вимикачі ME 8108 2.3. Вимикачі шляхові серії ME призначені для комутації електричних ланцюгів управління змінної напруги до 230В частоти 50 і 60Гц і постійної напруги до 230В під впливом керуючих упорів у певних точках шляху контролюваного об'єкта.

Умови експлуатації: висота над рівнем моря до 4300 м; діапазон робочих температур від -60 до +45 ° С; робоче положення довільне; навколишнє середовище не вибухонебезпечне, що не насичене струмопровідним пилом, яке не містить агресивних парів і газів.

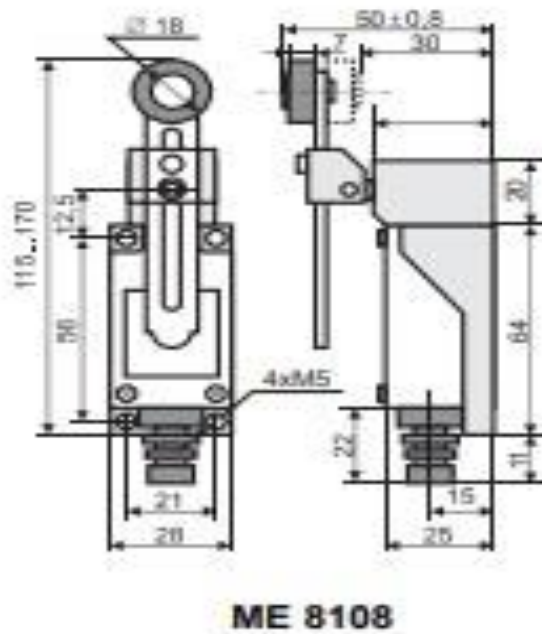


Рис.2.4 Кінцевий вимикач ME 8108

Таблиця 2.2

Основні параметри кінцевого вимикача ME 8108

Категорія застосування		AC -15	DC-13
Номінальна робоча напруга U_e , В		230	110
Номінальний робочий струм I_e , А		5	0.4
Частота комутації, циклів/хв		1NO+NC	
Зносостійкість, циклів	Механічна	10^7	
	Електрична	$5 \cdot 10^8$	
Внутрішній діаметр сальника мм		6	
Ступінь захисту		IP65	

Таблиця 2.3

Параметри спрацювання

	ME-8108
Робоче зусилля (max), гр.	750
Зусилля відпускання (min), гр.	100
Робочий хід	20°
Хід після спрацювання (min)	50°

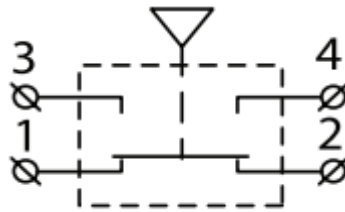


Рис. 2.5 Електрична схема кінцевого вимикача

Лінійні оптичні енкодери для системи управління обираємо для трьох різних приводів: привод горизонтального ходу тампону, привод вертикального ходу тампону та привод конвеєрної стрічки. Для приводів ходу пресу обираємо лінійний оптичний енкодер ALS5, для приводу конвеєрного переміщення об'єктів - лінійний оптичний енкодер ALS5. (табл. 2.2).



Рис.2.6 Оптичний лінійний енкодер ALS5

Таблица 2.4.

Характеристика лінійного оптичного енкодера ALS5

Технічна характеристика	
Розширення	1μm, 5μm або 1Vpp синусоїда
Вихід	5V DC TTL квадратична або 1Vpp синусоїда
Вихідний сигнал	TTL: A,/A, B,/B Z,/Z
Шаг відстані	20μm
Живлення	5V DC
Клас точності	±10μm
Швидкість переміщення	60m/min

Стабільність	±1 пульс
Матеріал корпусу	Алюміній
Нульова мітка	1 нульова мітка кожні 50mm
Температурні характеристики	-40...+55
Робоча температура	0..+55
Клас захисту	IP54
Довжина кабеля	50-500 шкала (3м кабель в мет. Рукаві) 600-2000 шкала (5м кабель в мет. Рукаві)

Система працює наступним чином. Сигнал з контролера через інтерфейс RS485 (табл. 2.4) надходить до безколекторних двигунів, що керують переміщенням каретки, та лінійних оптичних енкодерів, що задають довжину переміщення [6]. Завдяки гвинтовій передачі каретка рухається в сторону кліше й опускається до нього завдяки зубчатій рейці. Кінцеве положення тампону контролюється за допомогою кінцевих вимикачів. Після того, як тампон увібрав рисунок з фарбою, він піднімається до пресу та переміщується в праву сторону до об'єкту, на який потрібно нанести рисунок і таким же чином опускається до нього. Завдяки приводу, який керує рухомою стрічкою, рисунок на об'єкти можна наносити по принципу конвеєра. Управління двигунами здійснюється за допомогою блока управління SIMATIC S7-1200

Блок дозволяє керувати швидкістю, напрямком і гальмуванням безколекторних двигунів, індикатори швидкості і тахогенератори дозволяють відслідковувати поточне значення швидкості і положення двигуна.

Таблиця 2.5

Драйвер двигуна AX250

		max. 230VAC	
		Master AX250	
Номінальні дані	DIM	3	6
Номінальна напруга живлення	V~	1 x 115V _{-10%} to 3 x 230V _{+10%}	
Максимальне встановлене навантаження для роботи S1 (в багатоосьовій системі)	kVA	7	
Номінальна напруга шини постійного струму	V=	160 - 320	

Номінальний вихідний струм (середньоквадратичне значення, 3%, при 8кГц)	Arms	3	6*
Піковий вихідний струм (макс. при бл. 5 с, 3%, @ 8 кГц)	Arms	9	12*
Тактова частота вихідного каскаду	kHz	8	
Поріг відключення по перенапрузі	V	450	
максимальна індуктивність навантаження	mH	75	40
мінімальна індуктивність навантаження	mH	12	7.5
Форм-фактор вихідного струму (номінальні умови та мінімальна індуктивність навантаження)	—	1.01	
Смуга пропускання підпорядкованого регулятора	kHz	> 1.2	
Залишкове падіння напруги при номінальному струмі	V	< 5	
Розсіювання в режимі спокою, вихідний каскад відключений	W	12	15
Розсіювання при номінальному струмі (без розсіювання рекуперації)	W	35	60
Механічна			
Вага	kg	3	
Висота, без роз'ємів	mm	230	267*
Ширина	mm	100	
Глибина, без роз'ємів	mm	240	

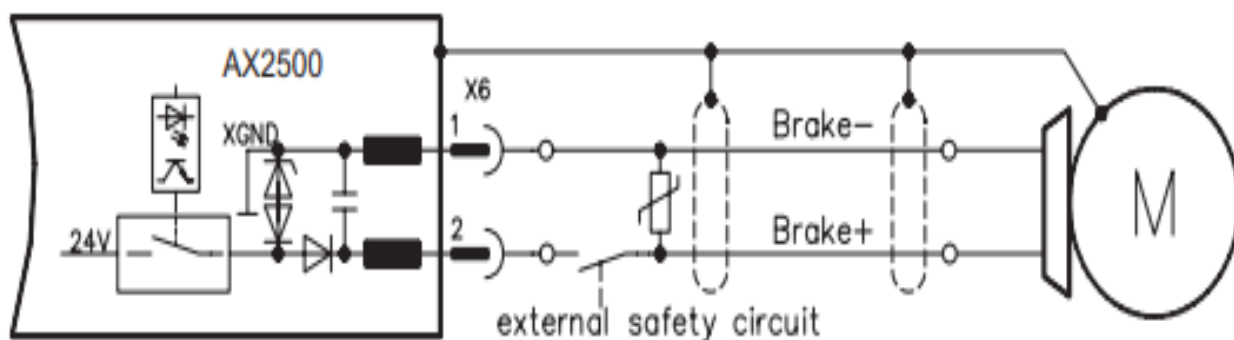


Рис.2.7 Схема підключення драйвера двигуна

2.3. Розробка алгоритму керуючої програми

Згідно функціональній схемі (рис. 2.1) складаємо алгоритм роботи електроприводів поліграфічної установки, який зображено на рис. 2.8.

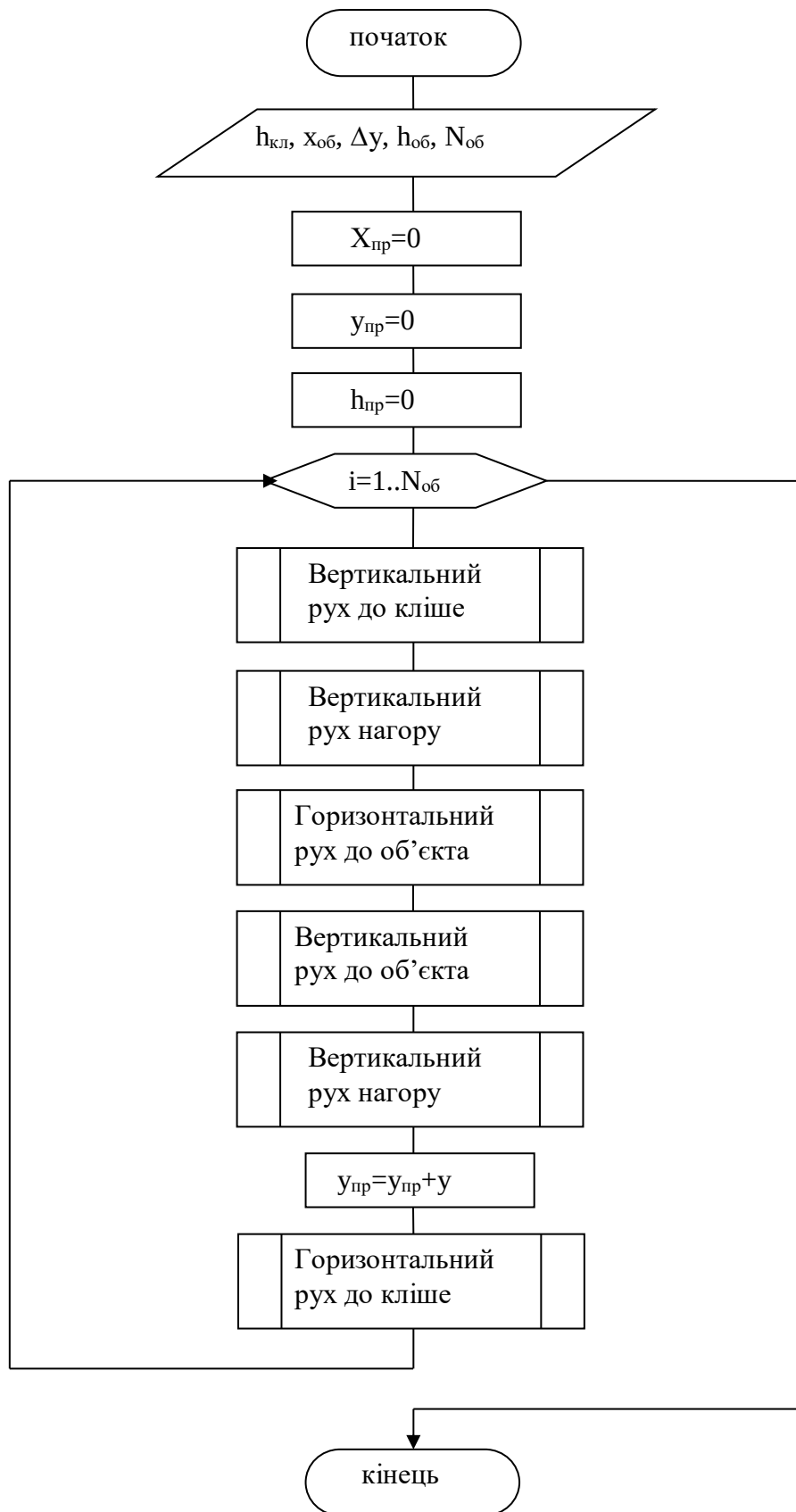


Рис. 2.8. Алгоритм роботи електроприводів поліграфічної установки

Для розробки алгоритму підпрограм потрібно визначити параметри регулятора. В даному випадку обрано ПД-регулятор. Пропорційно-диференціальний регулятор - це паралельно з'єднані пропорційна і ідеальна диференціююча ланки. В системі регулювання з ПД-регулятором зазвичай так само, як і в системі з П-регулятором існує статична помилка регулювання (якщо об'єкт статичний), але швидкодія у такої системи вище, ніж у систем з П- й ПІ-регуляторами.

Отже, алгоритм підпрограм описує роботу регулятора. В системі регулювання з ПД-регулятором диференціююча ланка обчислює швидкість зміни помилки, тобто прогнозує напрямок і величину зміни помилки. Якщо швидкість зміни помилки позитивна, то помилка зростає і диференційна частина, підсумовуючись з пропорційною, збільшує вплив регулятора на об'єкт. Якщо швидкість зміни помилки від'ємна, то помилка зменшується і диференційна частина, підсумовуючись з пропорційною, зменшує вплив регулятора на об'єкт [13].

На рис. 2.9 – 2.11 зображені алгоритми підпрограм вертикального руху каретки до кліше та нагору, а також підпрограма горизонтального руху каретки до об'єкта.

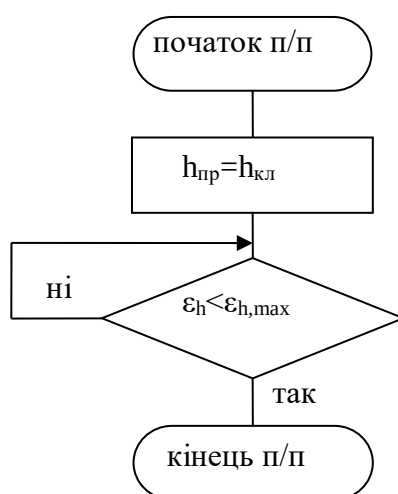


Рис. 2.9. Підпрограма вертикального руху каретки до кліше

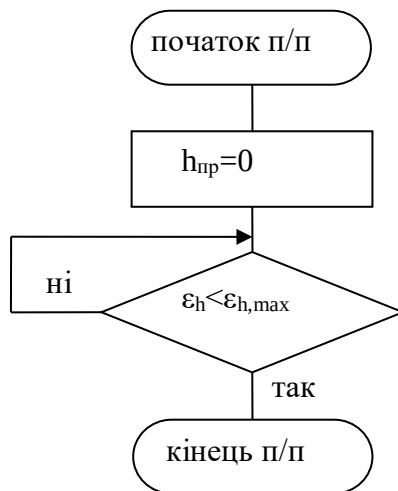


Рис. 2.10. Підпрограма вертикального руху каретки нагору

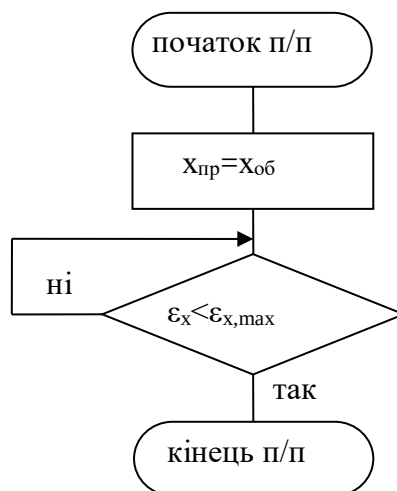


Рис. 2.11. Підпрограма горизонтального руху каретки до об'єкта

На початку алгоритму підпрограми вертикального руху каретки до кліше, зображеного на рис. 2.8, відбувається визначення приписанного значення вертикального переміщення каретки $h_{пр}$. Воно дорівнює відстані до кліше $h_{кл}$. Далі відбувається визначення помилки. Якщо вона менше максимальної, то закінчується робота підпрограми, якщо ні - помилка знову перевіряється.

Алгоритми підпрограми вертикального руху каретки нагору та підпрограми горизонтального руху каретки до об'єкта працюють аналогічно.

На рис. 2.12 зображений алгоритм підпрограми обробки переривань таймера.

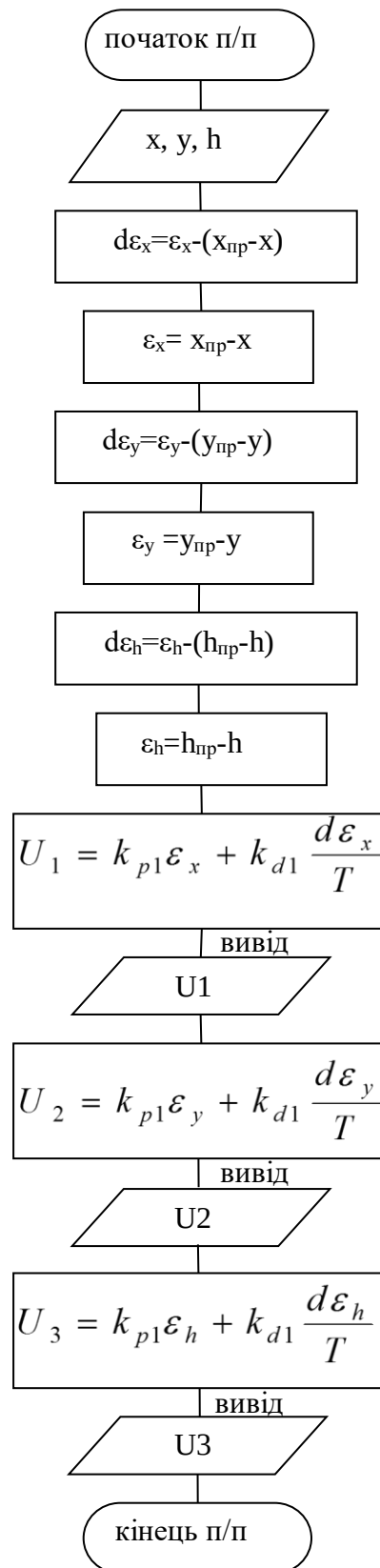


Рис. 2.12. Підпрограма обробки переривань таймера

Підпрограма обробки переривань таймера викликається перериваннями таймера лічильника, що виникають через рівні проміжки часу. Проміжок часу між перериваннями є періодом дискретизації T . На початку підпрограми відбувається введення координат переміщення, які надійшли з датчиків лінійних енкодерів. Після цього обчислюється величина помилки за координатою x та величина приросту цієї помилки. Аналогічно обчислюються помилки та прирости по координатах y та h . Після цього формуються керуючі діяння за законом цифрового ПД-регулятора. Вони виводяться у вигляді широтно-імпульсної модуляції і подаються на драйвери безколекторних двигунів.

Висновки до розділу 2

В результаті проведених досліджень були розв'язані наступні задачі:
розроблена функціональна схема системи управління електроприводами поліграфічного верстату. Для схеми було обрано:

- драйвер двигуна AX250,
- кінцевий вимикач ME 8108,
- оптичний лінійний енкодер ALS5,
- програмований логічний контролер SIMATIC S7-1200.

РОЗДІЛ 3

МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТА ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТІВ ЦИФРОВОГО РЕГУЛЯТОРА

3.1. Формування динамічної структурної схеми цифрової системи управління у z-формі

Як було сказано у розділі 1, поліграфічний верстат приводиться в дію безколекторними двигунами постійного струму ТС40 0.32 21. Передавальні функції двигуна постійного струму за напругою і за моментом навантаження відповідно:

$$G_{д.н}(p) = \frac{K_d}{T_e T_m p^2 + T_m p + 1}; G_{д.м}(p) = \frac{K_m (T_e p + 1)}{T_e T_m p^2 + T_m p + 1}.$$

Оскільки керованою величиною є не швидкість, а переміщення, до наведених передавальних функцій слід додати $1/p$.

Цифровий ПД-регулятор має наступну передавальну функцію:

$$G_c(z) = K_p + K_d \frac{z-1}{T_z} = \frac{(K_p T + K_d)z - K_d}{T_z}.$$

Передавальна функція пристрою вибірки та зберігання:

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

Враховуючи наведені передавальні функції, складаємо структурну схему цифрової системи автоматичного управління (рис. 3.1). На схемі прийняті наступні позначення: $x_{1\text{ пр}}(p)$ – заданий сигнал; k_p – пропорційний коефіцієнт ПД-регулятора; k_d – постійна диференціювання; T – період дискретизації; F_c –

навантаження, що може відхиляти керовану координату $x_{1\text{ пр}}(p)$ від її бажаного значення $x(p)$; k_m – коефіцієнт моменту; $k_{m.п}$ – коефіцієнт механізму передачі; k_d – коефіцієнт передачі двигуна; k_e – коефіцієнт перетворення лінійного енкодера; $k_{др}$ – коефіцієнт перетворення драйверу; T_e – електромагнітна постійна часу двигуна; T_m – механічна постійна часу двигуна; $x(p)$ – вихідний сигнал.

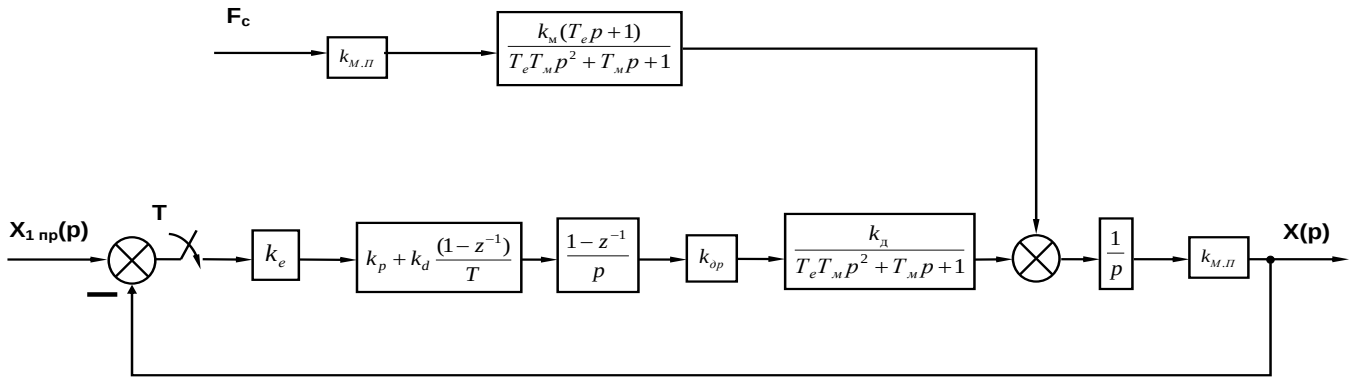


Рис. 3.1. Структурну схему цифрової системи автоматичного управління

Коефіцієнт перетворення лінійного інкодера:

$$K_e = \frac{1}{20e\phi 0^{-6}} = 5e\phi 0^4 \text{ 1/ м,}$$

коефіцієнт перетворення драйвера:

$$K_{др} = \frac{U_{ж.др}}{2^{16} - 1} = 1$$

3.2. Побудова динамічної моделі системи управління у програмі "Simulink" і дослідження перехідних процесів

Схема моделювання цифрової системи управління з цифровим ПД-регулятором зображена на рис. 3.2.

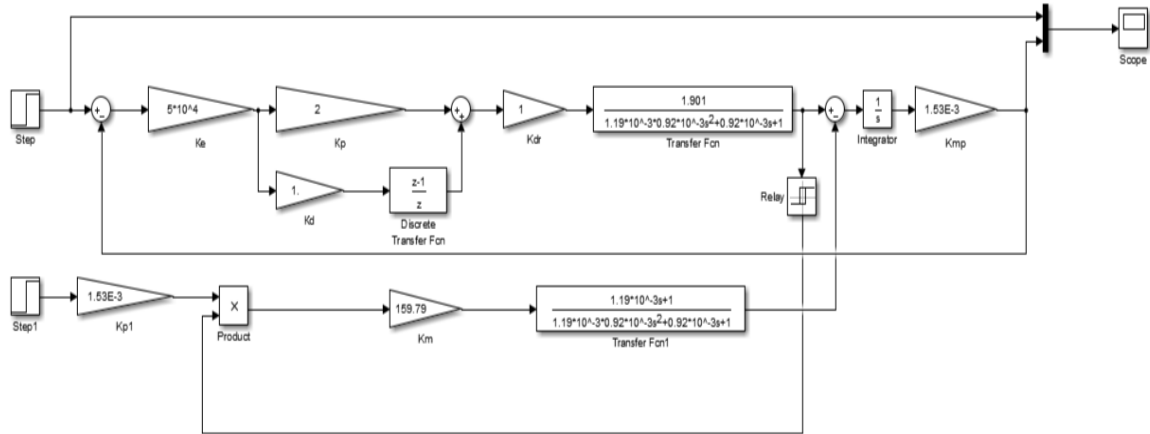


Рис. 3.2. Схема моделювання з цифровим ПД-регулятором
Підбираємо коефіцієнт ПД-регулятора

$$k_p = 2 ; k_d = 1$$

Перехідна характеристика цифрової системи управління з цифровим ПД-регулятором представлена на рис. 3.3

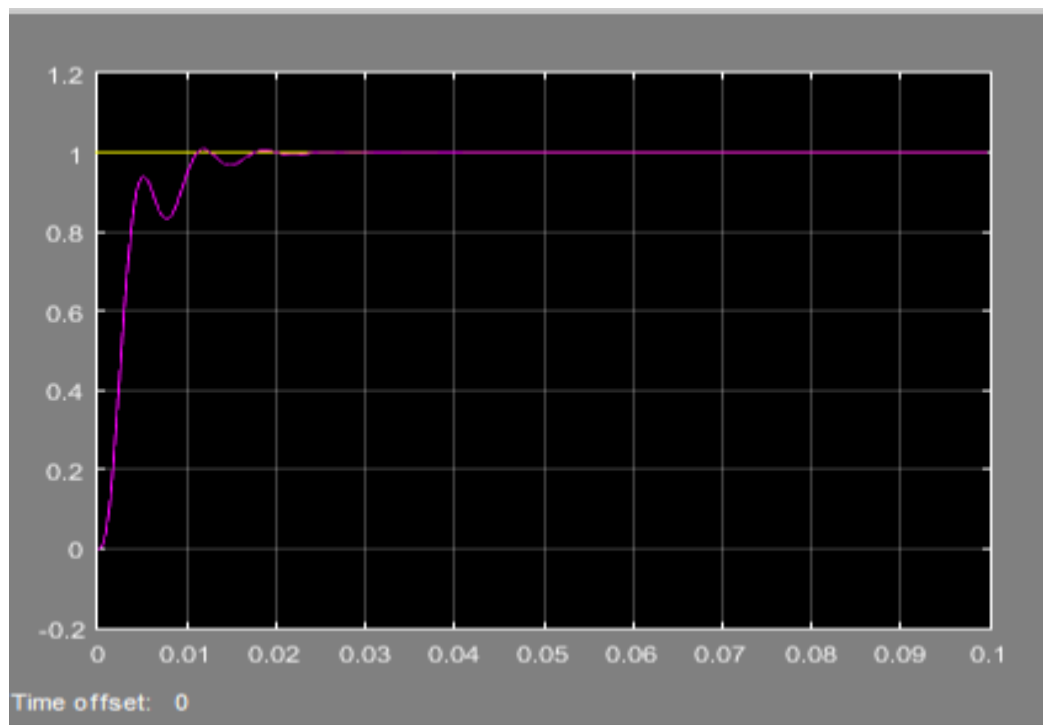


Рис. 3.3. Перехідна характеристика цифрової системи управління

Визначимо показники якості системи. Максимальне перерегулювання визначиться наступним чином:

$$\sigma = \frac{X_{max} - X_{вих\ ixt}}{X_{вих\ ixt}} \cdot 100\% = \frac{1,008 - 1}{1} \cdot 100\% = 0.8\%$$

Швидкодія системи визначається тривалістю перехідного процесу, якщо відхилення вихідного сигналу $X_{вих}$ від сигналу, що встановився $X_{вих\ уст}$ не перевищує 5% і в нашому випадку складе $t_{nn} = 0,01$ с.

Висновки за розділом

Моделювання динаміки системи управління електроприводами поліграфічного верстату включає в себе формування динамічної структурної схеми цифрової системи управління у z-формі. Для цього були записані формули передавальних функцій двигуна постійного струму за напругою і за моментом навантаження, цифрового ПД-регулятора та пристрою вибірки та зберігання. На основі цих формул була складена структурна схема.

Для визначення коефіцієнтів ПД-регулятора був використаний метод z-перетворень. Для цієї цілі була складена дискретна передавальна функція нескоригованої розімкненої системи, визначення якої було виконано в середовищі Mathcad в чотири етапи. Пропорційний коефіцієнт ПД-регулятора визначився з виразу для коефіцієнта помилки за швидкістю. Постійну диференціювання визначили методом підбору, таким чином, щоб система була стійкою, та значення похибки не перевищувало допустимого.

У програмі "Simulink" була побудована динамічна модель системи управління та досліджені перехідні процеси, в результаті чого максимальне перерегулювання склало 0.8 %, швидкодія системи 0,01 с.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ

Вступ

Одним з найважливіших завдань держави є збереження життя і здоров'я людей у процесі трудової діяльності, надання безпечних і нешкідливих умов праці. Не дивлячись на те, що людство здолало такі епідемії, як чума, віспа і холера, відшукало засоби боротьби з багатьма хворобами, продовження життя і запобігання війнам, воно ще не навчилося надійно захищати людей і їхнє здоров'я в повсякденній праці. Згідно з міжнародною статистикою, травматизм сьогодні прирівнюється до епідемій. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), нещасні випадки є третьою провідною причиною смерті після серцево-судинних та онкологічних захворювань, більшість з яких трапляються серед здорових людей віком до 40 років. Аналіз причин смерті в Україні показує, що основними причинами смерті чоловіків у працездатному віці є нещасні випадки, отруєння та травми (30-50% смертей у цій віковій групі). Тому зрозуміло, що безпека та гігієна праці відіграє важливу роль як соціальний фактор. Це пов'язано з тим, що жодні обсяги виробництва не можуть компенсувати втрачене здоров'я або навіть життя. Не можна забувати, що в аваріях і катастрофах гинуть не тільки робітники і службовці, в підготовку яких держава вклала великі кошти, але, в першу чергу, годувальники сім'ї, батьки їхніх дітей. Крім соціальних питань, охорона праці, безсумнівно, має велике економічне значення, оскільки підвищує продуктивність праці, зменшує витрати на лікарняні та забезпечує компенсацію за важкі та шкідливі умови праці. За оцінками Німецької економічної комісії, наслідки нещасного випадку вдсятеро перевищують вартість заходів та обладнання, необхідних для його запобігання. Різниця стає ще більшою, якщо врахувати, що в Україні витрати на охорону праці є мізерними. Протягом багатовікової історії людства питання охорони праці завжди посідали важливе місце в соціально-економічному житті суспільства і були пов'язані з розвитком суспільного виробництва та формуванням суспільного життя. Тому зрозуміло, що

вивченню питань охорони праці завжди приділялася серйозна увага. Вчені, інженери, медичні психологи та представники інших наук і професій вивчали проблему створення безпечних і здорових умов та засобів праці. Адже лише за таких умов людина може продуктивно працювати, створювати необхідний матеріальний потенціал для суспільства та реалізовувати добробут усіх громадян. Таким чином, історично охорона праці як наукова дисципліна виникла на перетині суспільствознавства, права, технічних наук, медицини та наук про людину.

У ДСТУ 2293 - 93 "Охорона праці. Терміни і визначення" та інші стандарти містять визначення основних понять і термінів у галузі охорони праці. Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження здоров'я і працездатності людини у процесі праці [4]. Умови праці - це сукупність факторів виробничого середовища і трудового процесу, які впливають на здоров'я і працездатність людини в процесі праці. Небезпечні виробничі фактори - це фактори, вплив яких на працівників за певних умов призводить до захворювання або втрати працездатності. Відповідно до ДСТ 12.0.003-74 небезпечні та шкідливі виробничі фактори за характером дії поділяються на такі групи:

- фізичні фактори;
- хімічні фактори;
- біологічні фактори;
- психофізіологічні фактори.

Виробничі травми класифікуються як:

- що є причиною травми: механічні, термічні, хімічні, радіаційні, електричні, комбіновані та інші;
- виробничі матеріали як причина (носій) травми - рухомі частини обладнання, готова продукція, відходи виробництва;
- за місцем отримання травми - травми очей, голови, рук, ніг і тулуба;
- технічні роботи - вантажопідйомні роботи, вантажний транспорт, інші.

Правовим підґрунтям Закону про охорону праці є Конституція України, Закони України: «Про охорону здоров'я», «Про охорону праці», «Про пожежну безпеку», «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення», «Про використання ядерної енергії та радіаційний захист», «Про профілактику виробничого травматизму та професійної захворюваності». Закон «Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування на випадок безробіття» та Кодекс законів про працю України.

Основним законодавчим актом у сфері охорони праці є Закон України «Про охорону праці», дія якого поширюється на всі підприємства, установи та організації, незалежно від форм власності та видів діяльності, а також на всіх громадян, які працюють на цих підприємствах і залучаються до роботи на них. Цей Закон, прийнятий Верховною Радою України 14 жовтня 1992 року, визначає основні положення щодо реалізації конституційного права громадян на охорону їх життя і здоров'я в процесі трудової діяльності за участю відповідних органів державної влади і передбачає, що підприємства, установи і організації з питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища регулює відносини між власниками або уповноваженими ними органами і працівниками та встановлює єдиний порядок організації охорони праці в Україні.

Особливістю українського законодавства, що регулює правові засади охорони праці, є високий рівень прав і гарантій працівників. Вперше в історії держави працівникам надано право відмовитися від виконання дорученої роботи у разі створення на виробництві умов, небезпечних для життя чи здоров'я. Також розширено право працівників на соціальний захист щодо відшкодування шкоди, заподіяної ушкодженням здоров'я на виробництві.

До позитивних аспектів законодавства України «Про охорону праці», безперечно, слід віднести те, що держава взяла на себе управлінські та наглядові функції у сфері охорони праці. В умовах трансформації власності, приватизації та створення численних суб'єктів господарювання з різними формами недержавної власності роль держави у вирішенні проблем охорони праці значно зросла.

Держава гарантує безпечні і нешкідливі умови праці працівникам підприємств, установ і організацій усіх форм власності.

Закон України «Про охорону праці» (стаття 4) декларує основні принципи державної політики в галузі охорони праці:

- перевага життя та здоров'я працівників щодо результатів виробничої діяльності підприємства;
- абсолютна відповідальність роботодавця за надання безпечних і нешкідливих умов праці;
- обов'язковий соціальний захист працівників, повна компенсація шкоди, заподіяної нещасними випадками на виробництві та професійними захворюваннями;
- використання економічних інструментів управління охороною праці, пільгове оподаткування, що створює безпечні та нешкідливі умови праці;
- комплексне розв'язання проблем охорони праці на основі загальнодержавної програми з питань охорони праці з урахуванням інших напрямів економічної та соціальної політики, науково-технічних досягнень і охорони навколишнього природного середовища;
- встановлення єдиних для всіх підприємств, незалежно від форм власності та видів діяльності, нормативів з охорони праці;
- навчання населення, професійна підготовка та підвищення кваліфікації працівників з питань охорони праці;
- міжнародна співпраця та консультації між роботодавцями і профспілками (представниками профспілок).

4.1. Аналіз небезпечних факторів при експлуатації електроприводів поліграфічного верстату

Експлуатація електрообладнання класифікується як робота, що виконується в небезпечних умовах. Для такої характеристики є вагомі підстави, оскільки експлуатація електрообладнання суттєво відрізняється від експлуатації іншого

виробничого обладнання з точки зору безпеки. До основних небезпечних і шкідливих виробничих факторів при експлуатації електроприводів на друкарських машинах відносяться :

- вплив виробничої вібрації на персонал;
- ризик ураження електричним струмом;
- пожежонебезпека;
- шум під час роботи;
- невідповідне виробниче освітлення;
- мікроклімат;
- ЕМІ та інше.

Вібрація. Через вібрацію відбувається порушення фізіологічного та функціонального стану організму людини. Вплив вібрації не тільки погіршує здоров'я працівників і знижує продуктивність праці, а й призводить до вібраційної хвороби, яка часто є серйозним професійним захворюванням. Визначальним критерієм умов праці у вібронебезпечних професіях є рівень вібраційного впливу. Розрізняють такі умови праці та вплив вібрації на людину: комфортні - не викликає подразнення; нормальні - не знижує працездатності; віробезпечні - не викликають несприятливого біологічного впливу; вібронебезпечні - можуть викликати патологічні зміни в організмі та вібраційну хворобу.

Виникнення пожеж. Несправні електроустановки або електропроводка, а також неправильна експлуатація електрообладнання можуть викликати пожежу. Вогнегасники ОУ-2 та ОУ-5 на робочому місці використовуються для гасіння пожеж в електроустановках та обладнанні.

Шум. Шум, як і звук, є виробничою небезпекою, що виникає внаслідок механічних коливань у твердих, рідких і газоподібних середовищах. Шум - це різноманітні звуки, які заважають нормальній життєдіяльності людини і викликають неприємні відчуття. Звук - це коливальний рух пружного середовища, що сприймається органом слуху людини. Підвищений звуковий тиск негативно впливає на орган слуху. Для вимірювання гучності використовується двоступеневий шумомір (децибел дБ). Гучність приблизно 100 дБ є прийнятною

на робочому місці; гучність вище 140 дБ може викликати біль. Складні зміни, що відбуваються в організмі під впливом шуму, віднедавна розглядаються лікарями як «шумова хвороба».

Для захисту від шуму і звуку варто застосовувати норми. (До технічних тонкощів відносяться: звукоізоляція, звукопоглинання, спеціальні аеродинамічні шумоглушники, засоби індивідуального захисту, навушники, беруші, шумозахисні шоломи, спеціальний шумозахисний одяг).

Пил. Пил - це дрібні тверді частинки, які можуть деякий час перебувати у повітрі в підвішеному стані. Він утворюється під час прокладання телекомунікаційних ліній, монтажу будівель, оздоблювальних робіт та очищення поверхонь. Пил характеризується хімічним складом, розміром і формою частинок, щільністю, електричними, магнітними та іншими властивостями. Ступінь здрібнілості дисперсності пилу називається дисперсністю. Дисперсний склад може бути представлений у вигляді таблиць, формул і графіків. Однією з основних характеристичних величин пилу є швидкість руху частинок, тобто швидкість осадження частинок під дією сили тяжіння в незбуреному повітрі.

Наприклад, діоксид кремнію SiO_2 вважається найбільш шкідливим для здоров'я людини і викликає такі захворювання, як силікоз. За хімічним складом пил поділяється на органічний (наприклад, деревний, бавовняний), неорганічний (наприклад, цементний, карбідний) та змішаний; ГДК коливається в межах 1-10 мг/м. Методи боротьби з пилом на виробництві. Це максимальна механізація, модернізація та автоматизація виробничого процесу, використання закритого обладнання при транспортуванні запиленої сировини, використання зволжених сипучих матеріалів, використання ефективних дихальних систем для видалення відходів і пилу, ретельне і систематичне видалення пилу з приміщень з використанням сучасного обладнання, засоби індивідуального захисту, як Це передбачає використання респіраторів, захисних окулярів та пилонепроникного одягу. Очищення повітря пропонується здійснювати за допомогою різних пиловловлювачів, очищувачів повітря, фільтрів, пилоосаджувальних камер та відцентрових пиловідокремлювачів - циклонів.

Вимоги до освітлення. Освітлення в приміщенні повинно бути змішаним (штучне та природне). Природне освітлення в приміщенні повинно бути надане у вигляді бокового освітлення. Коефіцієнт природної освітленості приймається за ДБН В.25-28-2006 «Природне і штучне освітлення. Критерії проектування». Рівень штучного освітлення на робочих місцях у приміщеннях повинен відповідати нормативним значенням згідно з ДБН В.25-28-2006. Виробниче освітлення є виробничим фактором і характеризується такими показниками, як світловий потік (визначається потужністю променевої енергії), освітленість, яскравість і сила світла. Перевищення або зниження певної кількості люксів, ватів або кандел є небезпечним, оскільки може призвести до погіршення або втрати зору. Тому цей фактор не можна віднести до розряду несуттєвих, тим більше, що в нашій країні мало хто займався грамотним і безпечним промисловим освітленням. За даними Держенергонагляду, зі 100 нещасних випадків, спричинених електричним струмом, 90 закінчилися смертю. За нормальних умов використання електроустановки не становлять ризику ураження електричним струмом. Небезпека виникає тоді, коли люди потрапляють під вплив електромагнітних полів або коли тіло людини включається в електричний ланцюг. Остання ситуація може виникнути як при контакті людини з активною частиною електроустановки, так і при контакті людини з металевою активною частиною, що перебуває під напругою (через пошкодження електричної ізоляції або з інших причин). Спільною рисою всіх нещасних випадків є те, що вони відбуваються переважно через порушення правил технічної експлуатації електроустановок. Наприклад, недотримання відстаней до струмоведучих частин, відмикання дверей електрощитових, панелей і вузлів електропостачання, передчасний ремонт електроустановок і неякісне виконання робіт.

Існує два типи способів включення (дотику) людини в електричний ланцюг: двополюсний і однополюсний. У першому випадку людина підключається між двома фазами, у другому - між фазою і землею. Двополюсний контакт вважається найнебезпечнішим. У цій схемі струм через тіло людини визначається лінійною напругою і його опором, і проходить через один з найнебезпечніших для

організму шляхів: між кистями рук. Випадки двополюсного дотику відносно рідкісні. В установках з напругою до 1000 В, де нейтральна точка ізолювана, безпека обслуговування забезпечується тільки в тому випадку, якщо довжина мережі невелика, а опір ізоляції фази по відношенню до землі високий. Останню умову можна виконати за допомогою постійного моніторингу ізоляції, а також своєчасного і швидкого виявлення та усунення пошкоджень кваліфікованим персоналом. Ураження електричним струмом може статися не тільки при дотриманні вищевказаних умов, але і при переході високої напруги в мережі з більш низькою напругою. Такий перехід може статися не тільки при пробі ізоляції між обмотками трансформатора, що живить автоматичний трансформатор, але і, наприклад, при падінні лінії високовольтної лінії (ВЛ) напругою 6 -г 10 кВ або вище на лінію 0,4 кВ.

Щоб зменшити ризик пошкодження, вторинні обмотки трансформатора заземлюються, а нульовий провід повторно заземлюється повітряними лініями. Пошкоджена частина мережі повітряних ліній через певний час відключається захистом, але поки вона знаходиться під захистом, напруга вторинної обмотки відносно знижується завдяки заземленню. Крім того, пробій обмоток є небезпечним, оскільки ізоляція обмоток низької напруги не розрахована на високу напругу, що також може призвести до пробі ізоляції корпусу трансформатора. У всіх розглянутих випадках, особливо в електроустановках до 1000 В, основну роль відіграє додатковий опір, підключений послідовно з опором тіла людини, наприклад, опір підлоги, взуття та захисних засобів (рукавичок, калош тощо) [4].

4.2. Заходи по техніці безпеки системи автоматичного управління електроприводами поліграфічного верстату

Шум. Захист людини від шуму може забезпечуватися колективними або індивідуальними засобами та методами. Колективні засоби захисту можна

розділити на засоби зниження шуму в джерелі та засоби зниження шуму в процесі поширення від джерела до об'єкта, що захищається. Заходи щодо зниження шуму:

- зниження шуму в джерелі його утворення;
- звукоізоляція;
- екранування;
- архітектурно-акустичні заходи.

Зниження шуму в джерелі його утворення досягається шляхом зміни конструкції або принципу роботи машини, зменшення вібраційної активності компонентів, шумового випромінювання від поверхонь машини і аеродинамічного шуму. Акустична обробка приміщень знижує шум за рахунок зменшення інтенсивності відбитих хвиль. Згідно з гігієнічними нормами, зниженню підлягають не всі віброакустичні активності машини, а лише ті, які мають шкідливий вплив на здоров'я людини, тобто ті, рівні яких перевищують гранично допустимі норми.

Вібрація. Низькочастотна вібрація зазвичай викликана дисбалансом ротора через нерівномірну щільність матеріалу машини, неправильний вибір допусків і посадок, низький коефіцієнт об'ємного розширення, зносостійкість окремих елементів машини тощо. Там, де неможливо усунути вібрацію в джерелі, застосовують такі методи зниження вібрації:

- балансування ротора (вала);
- усунення надмірних люфтів і зазорів (забезпечується регулярним оглядом машини або механізму);
- гасіння вібрації, засноване на збільшенні активних втрат у вібраційній системі;
- демпфірування вібрації (віброізоляція (на антивібраційних опорах) (виконується шляхом введення в систему додаткової пружної маси, що запобігає впливу машини на інші елементи конструкції)).

Зниження вібрації досягається вибором технологічних процесів і режимів роботи з урахуванням власних частот машин і механізмів.

Для джерел збудження вібрації методи колективного захисту можна розділити на дві категорії: зниження параметрів вібрації шляхом впливу на джерело збудження і зниження параметрів вібрації в напрямку поширення вібрації. Для віброізоляції стаціонарних машин використовуються віброізоляційні отвори, такі як прокладки або пружини. Однак можлива також їх комбінація. Комбіновані віброізолятори - це поєднання пружинних ізоляторів і пружинних прокладок. Пружинний ізолятор передає високочастотні вібрації, в той час як комбінований ізолятор гасить широкий діапазон вібрацій. Пружинні елементи можуть бути металевими, полімерними або волокнистими. Персонал, який працює в процесах з вібраційною небезпекою, повинен носити спеціальний одяг і взуття.

Освітлення, що відповідає гігієнічним вимогам, сприяє підвищенню продуктивності праці, задає психологічний тонус, забезпечує належний настрій і самопочуття, запобігає загальній втомі, впливає на обмін речовин і серцево-судинну систему, зменшує кількість нещасних випадків. Світло надзвичайно важливе для життя людини. Воно впливає на стан вищих психічних функцій і фізіологічні процеси в організмі людини. Відомо, що нормальне освітлення має тонізуючу дію, викликає гарний настрій і покращує роботу вищої нервової системи людини. Раціонально організоване освітлення у виробничих приміщеннях позитивно впливає на працівників, підвищує ефективність і безпеку праці, знижує втому і забезпечує високу працездатність. Вибір того чи іншого методу захисту від електромагнітного випромінювання залежить від діапазону робочих частот, характеру виконуваних робіт, інтенсивності і щільності потоку енергії ЕМП і необхідного ступеня захисту. Заходи щодо зниження впливу ЕМП на працівників включають організаційні, інженерно-технічні, лікувально-профілактичні та санітарно-гігієнічні заходи. Рівні ЕМП слід контролювати не рідше одного разу на рік. При введенні в експлуатацію нових об'єктів або реконструкції старих об'єктів рівні ЕМП слід вимірювати перед початком роботи. Електробезпека на виробництві забезпечується відповідним проектуванням електроустановок, застосуванням технічних методів і засобів захисту, а також

організаційно-технічними заходами. Конструкція електроустановок повинна відповідати умовам експлуатації та захищати працівників від дотику до струмоведучих і рухомих частин, а також від потрапляння всередину обладнання сторонніх предметів і води. Захисні огорожі, ізоляція струмоведучих частин, застосування низької напруги, розподіл потужності за режимом, захисне заземлення, захисне занулення, захисне відключення, захист від небезпеки при переході з вищої напруги на нижчу, компенсація струмів замикання на землю, пристрої захисту ізоляції та запобіжні пристрої, організація безпечної експлуатації електроустановок.

До технічних заходів забезпечення електробезпеки належать:

- відключення відремонтованого електрообладнання для запобігання випадковому ввімкненню;
- встановлення тимчасового огороження в місцях, що знаходяться під напругою, і вивішування заборонних плакатів «Не вмикати - працюють люди» або «Не вмикати - роботи на лінії»;
- відключення приводів негайно після перевірки відсутності напруги або після включення спеціальних заземлюючих роз'єднувачів накласти переносне заземлення на відключену частину, що знаходиться під напругою;
- огородити робочу зону і вивісити на огорожі табличку «Працювати тут».

Ці технічні заходи повинні виконуватися уповноваженим експлуатаційним і ремонтним персоналом з кваліфікаційною групою не нижче III і з дозволу керівника робіт.

При роботі з електричними ланцюгами напругою до 1000 В необхідно використовувати такі основні засоби захисту:

- діелектричні рукавички;
- вимірювальні штанги;
- електровимірювальні кліщі;
- покажчики напруги;
- монтажні та слюсарні інструменти.

Для електроустановок напругою нижче 1000 В - додаткові захисні засоби, такі як калоші, гумові килимки та ізолюючі підставки.

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Вступ

Сучасний світ характеризується стрімким науково-технічним розвитком, продуктом якого є масштабні та інтенсивні впливи результатів господарської діяльності людства на навколишнє природне середовище. Внаслідок зростаючої інтенсивності видобування природних ресурсів, складних, але недосконалих технологічних процесів їх переробки, їх нераціональне використання, утворення та нагромадження виробничих і побутових відходів, вже прямо зараз відбувається значне негативне навантаження на клімат планети, її ґрунт, водойми, рослинний та тваринний світ.

Наше природне середовище зазнає значної шкоди. Серйозною загрозою для людей є зростаюче забруднення їх навколишнього середовища. Саме людство створило забагато забруднюючих і токсичних речовин - пестициди, пил, радіоактивні матеріали, пластикові вироби, інші складні речовини, які через природний атмосферні та гідросферні кругообіги призвели не тільки до регіонального, але й до глобального забруднення біосфери.

Внаслідок необдуманого втручання людини в природу відбувається або вже відбулося руйнування складних багатовікових екологічних систем. Антропогенні впливи на природне середовище призвели до утворення регіональних та глобальних технічно-біологічних систем, ознакою яких є порушення та занепад природних біологічних циклів.

Ці зміни вже у недалекому майбутньому можуть стати невідворотними. Вже зараз фіксуються такі наслідки тиску науково-технічного процесу на біосферу як втрата природної унікальної здатності екологічних систем до самовідновлення. Населення нашої планети потребує негайного і ефективного вирішення питань безпеки навколишнього природного середовища.

Антропогенні явища стали викликом для сучасної науки. Дослідники запропонували охорону навколишнього природного середовища розглядати як окремий науковий напрямок. Предметом перспективних наукових досліджень мають бути нагальні питання співіснування людського соціуму і навколишнього природного середовища, а їх метою – пошук ефективних шляхів взаємодії між цими опонентами задля досягнення належного ступеня охорони навколишнього природного середовища.

Особливо актуальною стала проблема об'єктивного контролю стану навколишнього природного середовища. Для якісного моніторингу треба мати чіткі уявлення про характер і масштаби шкоди, заподіяної антропогенними впливами на навколишнє природне середовище, а також про сучасні способи математичного розрахунку рівня забруднення атмосфери, гідросфери і біосфери в його динаміці, оперувати надійними способами оцінки стану забруднень природного середовища із урахуванням особливостей національного і міжнародного законодавства в області охорони довкілля.

Проблеми охорони навколишнього середовища знайшли своє місце в Основному Законі України. Так, відповідно до ч.1 та ч. 2 ст. 60 Конституції України «кожен має право на безпечне для життя і здоров'я довкілля та на відшкодування завданої порушенням цього права шкоди. Кожному гарантується право вільного доступу до інформації про стан довкілля, про якість харчових продуктів і предметів побуту, а також право на її поширення. Така інформація ніким не може бути засекречена».

Відповідно до п. 1, п. 2, п. 9, п. 9-1 ч. 1 ст. 116 Конституції України Кабінет Міністрів України забезпечує дотримання Конституції і законів України, актів Президента України; користується заходами з приводу забезпечення прав та свобод людини; забезпечує дотримання державної політики у галузях з екологічної безпеки і природокористування, охорони природи; утворює, реорганізовує міністерства й інші центральні органи виконавчої влади; спрямовує координує їх роботу.

Згідно з Указом Президента України від 06.03.2004 р. № 317/2004 «спеціально уповноваженим центральним органом виконавчої влади з питань охорони навколишнього природного середовища, екологічної безпеки, заповідної справи, а також гідрометеорологічної діяльності є Міністерство охорони навколишнього природного середовища України».

У склад цього профільного Міністерства входять такі спеціалізовані підрозділи як Державна екологічна інспекція, Державна служба заповідної справи і Державна гідрометеорологічна служба.

Центральним органам виконавчої влади необхідно забезпечити підвищення ефективності системи державного управління, координації діяльності органів виконавчої влади з питань охорони навколишнього середовища, здійснення своєчасних заходів стосовно запобігання та стримування негативних наслідків техногенних впливів на середовище життєдіяльності людини, організації більш раціонального використання наявних природних ресурсів.

На виконання цього комплексу завдань державою створено систему моніторингу довкілля, яка становить цілісну систему збирання, передачі обробки, та використання інформації про реальну ситуацію навколишнього середовища, прогнозування очікуваних змін довкілля, розроблення рекомендацій для прийняття рішень щодо запобігання антропогенного впливу на природу та неухильного дотримання умов екологічної безпеки.

Головні пріоритети діяльності системи моніторингу довкілля вбачають збереження природних екосистем, відвернення кризових змін екологічного стану довкілля, запобігання надзвичайним екологічним ситуаціям та захист екологічних інтересів суспільства і окремої людини.

Оскільки науково-технічний прогрес призвів до винайдення і експлуатації об'єктів підвищеної небезпеки, що несуть загрозу радіаційного, хімічного чи біологічного забруднення, вимоги стосовно охорони довкілля часто поєднуються з вимогами охорони праці на таких об'єктах.

5.1. Загальні положення

Охорона навколишнього середовища – це система заходів, спрямованих на підтримку раціональної взаємодії між діяльністю людини і навколишнього природного середовища, що забезпечують охорону і відновлення природних ресурсів, попередження шкідливого впливу результатів діяльності суспільства на природу і здоров'я людини [11, 12].

Таким чином, охорона довкілля є прикладною складовою частиною екології, яка спрямована на вирішення проблем екологічної безпеки, тобто пошук і формування оптимальних варіантів діяльності людини, які максимально нівелюють шкідливий вплив антропогенних факторів на навколишнє природне середовище.

Це завдання вирішується такою групою методів, які поєднані спільним рішенням екологічних і інженерних задач:

1. Методами, що включають організаційно-технічне забезпечення, соціально-економічне обґрунтування і правове регулювання питань охорони довкілля і забезпечення екологічної безпеки населення;

2. Методи, направлені на ріст ефективності використання наявних природних ресурсів;

3. Методи екологізації виробничих процесів, що дозволяють запобігати негативного впливу виробництва на навколишнє природне середовище в т.ч.

запровадження таких виробництв, що хоч і мають шкідливі фактори впливу на довкілля, але їх шкідливий вплив є мінімальним.

5.2. Аналіз джерел забруднення

Робота нашої поліграфічної установки з її електроприводами має досить сучасні характеристики:

- Установа є достатньо компактною і не потребує багато простору – усе її необхідне обладнання розміщується на площі 25 м²;

= Джерелом живлення установки є тільки електроенергія;

– Установка має безвідхідну технологію виробництва через відсутність прямих викидів хімічних речовин у природне середовище; також відсутнє радіоактивне і світлове забруднення;

- Непридатні для подальшого використання електронні елементи обладнання не мають проблем щодо їх утилізації.

На жаль, конструкція цієї установки все ж допускає забруднення навколишнього природного середовища вібраційно-акустичними полями.

У такому випадку виникає необхідність чіткої локалізації вібраційного і акустичного полів і зведення їх шкідливого впливу на довкілля до мінімально допустимих значень.

Так у процесі експлуатації установки виникає вібраційне поле як певний рівень забруднення біосфери. Згідно розрахунків вібраційне поле може діяти на ґрунт з силою до 5 кН.

Відомо, що за третім законом Ньютона, будь-яка дія викликає протидію, що дозволяє протиставити таку силу, що врівноважує агресивну дію віброприводу. Такою протидією є реакція опори, на яку монтується установка.

Оскільки маса ґрунту земної кулі як фізичного тіла значна, вплив вібрації на ґрунт прилеглої території буде незначний.

Але, на жаль, необхідно враховувати, що існує негативний вплив вібраційного поля на набагато менші фізичні тіла, наближені до джерела вібрації, які мають власну частоту коливань. При співпадінні частот навіть за їх незначної амплітуди коливань виникає негативне явище резонансу у фізичному тілі, наближеному до джерела вібрації.

Явище резонансу властиве як для неживої природи, так і для біосфери, включаючи людину як окреме фізичне тіло, наділене складним організмом.

Наприклад, частота власних коливань людського організму в цілому становить $\approx 6 - 6,5$ Гц, частота коливань шлунка людини $\approx 7,5 - 8$ Гц, голови $\approx 24,5 - 25$ Гц, центральної нервової системи значно вище $\approx 245 - 250$ Гц.

Якщо в результаті взаємодії людського організму і промислового обладнання виникне резонанс, це може привести до механічних ушкоджень внутрішніх органів людини, в т.ч. – розриву м'яких тканин.

Так, людині, що стоїть, при $f \approx 3,5 - 6$ Гц виникає загроза механічних ушкоджень голови, плечового пояса, стегон, а при $f \approx 4 - 32$ Гц в положенні сидячи – для голови та плеч; для лежачої людини небезпека резонансних ушкоджень виникає при $\approx 2,8 - 3,5$ Гц.

Особливої уваги вимагає електронна апаратура установки, в т.ч. підсилювачі слабких сигналів, які потребують якісного електричного заземлення. При кожному відключенні установки від живлення виникає розряд індуктивних струмів, який через таке заземлення потрапляє в ґрунт.

Цей розряд породжує явища «блукаючих струмів» та «крокової» різниці потенціалів, які загрожують електрокорозією металевих і залізо-бетонних конструкцій, особливо - водогінної та каналізаційної мереж. Виникає небезпека підтоплення ґрунтів, їх зсувів, бактеріальних і хімічних забруднень водопроводних та підземних вод.

5.3. Методи боротьби з забрудненнями

Дуже ефективними і сучасними методами захисту біосфери від антропогенного впливу вібрації є науково обґрунтовані методи її локалізації з одночасним зменшенням потужності поля.

Цих цілей можна досягти за допомогою цілої системи амортизаторів, які монтуються між джерелом вібраційного забруднення і фундаментом. Монтаж установки безпосередньо на фундамент не допускається ні в якому разі.

При цьому жорсткість амортизаторів має бути у 1,4 рази більшою за частоту коливань, яку видає установка як джерело забруднення. У такому разі шкідливий вплив вібраційного поля на біосферу буде мінімально допустимим.

Для надійного захисту навколишнього середовища від руйнівного впливу індукційного струму в першу чергу необхідно максимально віддалити установку

як джерело такого забруднення від об'єктів, які, зазвичай, потерпають – від цього впливу – підземні споруди, перш за все – фундаменти, водогони і каналізаційні системи. На значній відстані від джерела індукційного струму такі об'єкти вважаються захищеними від цього виду забруднення.

ВИСНОВКИ

В рамках даної кваліфікаційної роботи була спроектована система автоматичного керування електроприводом поліграфічного верстата.

Для досягнення поставленої мети були вирішені наступні завдання:

- досліджено та охарактеризовано технологію використання тампонованого друку;
- проаналізовано конструкцію та принцип роботи друкарської машини;
- складено функціональну схему регулюючого електромеханічного приводу друкарської машини та обрано її основні елементи;
- складено принципову електричну схему системи автоматичного керування електроприводом друкарської машини;
- розроблено алгоритми та підпрограми керуючої програми розроблено алгоритми - побудовано динамічну модель електроприводу;
- визначено структуру та параметри регулятора системи.

В результаті формування динамічної структурної схеми системи керування електроприводом друкарської машини було обрано коефіцієнт пропорційного регулятора $k_p = 2$ та коефіцієнт диференціального регулятора $k_d = 1$ с.

Побудовано модель цифрової системи керування в програмному середовищі Profibus, визначено перехідну характеристику та показники якості керування: максимальне перерегулювання $\sigma = 0,8\%$, час перехідного процесу $t_{п.п} = 0,01$ с.

Також були розглянуті питання охорони праці та навколишнього середовища, які пов'язані з експлуатацією поліграфічного верстата.

ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРИ

1. Числове програмне управління. URL: <https://bit.ly/2sz26fq>.
2. Принципи керування в електроприводі.
URL: https://stud.com.ua/84213/tehnika/printsipi_upravlinnya_elektroprivodi
3. Черно, О. О. Методичні вказівки до виконання курсового проекту «Проектування системи автоматичного керування суднового вантажного маніпулятора» : у 2 ч. Частина 1. Теоретичні основи та методика проектування [Ел. ресурс] / О. О. Черно, А. П. Гуров, О. Г. Васильєв. – Миколаїв : НУК, 2018. – 31 с.
4. Корежуючи пристрої. URL: <https://studfile.net/preview/5648852/page:4/>
5. Види корежуючих пристроїв. URL: <https://studfile.net/preview/5082938/page:11/>
5. SIMATIC S7-1200 URL: <http://www.siemens.com/simatic/printmaterial>
6. Лекція 3. Розділ 2. Охорона праці. URL: <https://opcb.kpi.ua/wp-content/uploads/2014/08/Binder21.pdf>
6. Методичні вказівки до опрацювання розділу «Охорона праці»
URL: https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/fmbt/berezyuk_metodvka_z_rozd_ohorona_praci/2.html.
7. Електробезпека
URL: <http://www.ztec.com.ua/ztec/elib/Охорона%20праці/Тема%2017%20Електробезпека.pdf>
8. О. В. Березюк, М. С. Лемешев - Безпека життєдіяльності
URL: https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/fmbt/berezyuk_bezpeka_zhittyediyalnosti/45.htm
9. Основи пожежної безпеки
URL: <https://sites.google.com/view/mamchur-natalia/теми/основипожежної-безпеки?pli=1>
10. Захист від шуму та вібрації URL: <https://buklib.net/books/35233/>
11. Охорона навколишнього середовища

URL:<https://pu.org.ua/14%20Охорона%20навколишнього%20середовища.pdf>

12. Павлов Г.В. Методичні вказівки до виконання дипломного проекту/ Г.В. Павлов, О.В. Коробко, І.В. Махнова. – Миколаїв: НУК, 2014 – 37 с.

13. Nazarova Olena. Computer Modeling of Multi-Mass Electromechanical Systems. The Third International Workshop on Computer Modeling and Intelligent Systems (CMIS-2020), Vol. 2608, pp. 489-498

14. Profibus. Technology and application. URL: <https://www.automation.siemens.com/sce-static/learning-training-documents/classic/appendix/iv-field-bus-description-en.pdf>

15. Tetra motors i tetra compact. Безщітковий серводвигун. URL: <https://www.motorpowerco.com/brushless-servo-motors/tetra-motors-tetra-compact>