

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
Факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і
робототехніки
Кафедра робототехніки, електроенергетики та автоматизації
ім. проф. Б.Б. Самотокіна

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до кваліфікаційної роботи магістра
на тему: «Автоматизована система керування прес-верстатом»

Виконав студент 2 курсу, групи ЗАТ-23м
спеціальності 174 “ Автоматизація,
комп'ютерно-інтегровані технології
та робототехніка”

Коломієць Олена Вікторівна

(прізвище та ініціали студента)

Керівник: к.т.н., доц. Янчук В.М.

(науковий ступінь, вчене звання, посада,
прізвище та ініціали)

Рецензент: к.т.н., доц. Чепюк Л.О.

(науковий ступінь, вчене звання, посада,
прізвище та ініціали)

Житомир – 2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ “ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА”
Факультет комп’ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і
робототехніки
Кафедра робототехніки, електроенергетики та автоматизації
ім. проф. Б.Б. Самотокіна

Спеціальність 174 “Автоматизація, комп’ютерно-інтегровані технології
та робототехніка”

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
робототехніки, електроенергетики
та автоматизації
ім. проф. Б.Б. Самотокіна
к.т.н., доц. Громовий О.А.

« _____ » _____ 2024р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу магістра

Студент Коломієць Олена Вікторівна

Тема роботи: Автоматизована система керування прес-верстатом

Затверджена Наказом по університету від «12» листопада 2024 р. № 647/с

2. Термін здачі закінченої роботи на кафедрі «20» грудня 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи малогабаритний прес-верстат, Вимоги до ПЗ, розроблена система керування, виконавчі механізми (двигун, ТЕН, електромагнітний клапан)

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які підлягають розробці) виконати аналіз обраного технологічного процесу пресування та технічних рішень, пов’язаних з ним; на основі виконаного аналізу створити систему керування малогабаритним прес-верстатом; розробити програмне забезпечення для керування АСУТП прес-верстату

5. Перелік презентативного матеріалу (з точним визначенням обов’язкових слайдів/креслень) блок-схема алгоритму

6. Консультанти з кваліфікаційної роботи магістра із зазначенням розділів роботи, що їх стосуються

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1,2,3,4	Янчук В.М, к.т.н., доцент	<u>11.09.2024</u>	<u>11.09.2024</u>

7. Дата видачі завдання 11.09.2024

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Оформлення переддипломної практики	1.11.2024 – 1.12.2024	виконано
2.	Огляд допоміжної літератури	21.09.2024 – 24.09.2024	виконано
3.	Аналіз обраного технологічного процесу	24.09.2024 – 11.10.2024	виконано
4.	Вибір обладнання	11.10.2024 – 02.11.2024	виконано
5.	Розробка системи	02.11.2024 – 10.11.2024	виконано
6.	Розробка програмного забезпечення	10.11.2024 – 30.11.2024	виконано

Студент _____
(підпис, дата)

О.В. Коломієць
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис, дата)

В.М. Янчук
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

У кваліфікаційній роботі виконано комплексне дослідження і розробку автоматизованої системи керування малогабаритним прес-верстатом на основі ПЛК. Для вирішення поставлених задач було розроблено структурну та функціональну схеми, які відображають архітектуру системи і взаємодію між її компонентами. Важливим етапом роботи стало створення алгоритму управління, що забезпечує автоматичний контроль параметрів і виконання послідовних операцій відповідно до заданих вимог технологічного процесу.

У розробці системи керування використано сучасні технології, зокрема програмований логічний контролер, датчики температури і тиску, кінцеві вимикачі, а також виконавчі механізми, такі як гідравлічні клапани та нагрівальні елементи. Взаємодія між компонентами забезпечується через модулі вводу-виводу, які передають дані до ПЛК для обробки і прийняття рішень.

ABSTRACT

In the qualification work, a comprehensive study and development of an automated control system for a small-sized press machine based on a PLC was carried out. To solve the tasks set, structural and functional diagrams were developed that reflect the architecture of the system and the interaction between its components. An important stage of the work was the creation of a control algorithm that provides automatic control of parameters and the performance of sequential operations in accordance with the specified requirements of the technological process. The development of the control system used modern technologies, in particular a programmable logic controller, temperature and pressure sensors, limit switches, as well as actuators such as hydraulic valves and heating elements. Interaction between components is ensured through input-output modules that transmit data to the PLC for processing and decision-making.

Зміст

ВСТУП.....	6
1. АКТУАЛЬНІСТЬ ТЕМИ.....	7
1.1. Теоретичні основи процесу пресування.....	7
1.1.1. Загальні відомості.....	7
1.1.2. Опис видів пресування.....	9
1.2. Аналіз існуючих технічних рішень процесу пресування.....	11
1.2.1. Будова та принцип роботи різних видів пресів.....	11
1.2.2. Загальний опис основних видів гідравлічних пресів.....	14
1.2.3. Загальний аналіз процесу керування прес-верстатом.....	19
1.3. Мета та завдання.....	20
2. РОЗРОБКА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПРЕС-ВЕРСТАТА.....	22
2.1 Розробка функціональної схеми автоматизації.....	22
2.2. Вибір закону керування прес-верстатом.....	24
3. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ МАЛОГАБАРИТНИМ ПРЕС-ВЕРСТАТОМ.....	26
3.1. Розробка структурної схеми.....	26
3.2. Вибір датчиків та виконавчих механізмів.....	28
4. РОЗРОБКА СХЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРИНЦИПОВОЇ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПРЕС-ВЕРСТАТОМ.....	42
5. РОЗРОБКА ЗАГАЛЬНОГО АЛГОРИТМУ РОБОТИ ПРЕС-ВЕРСТАТА ..	46
6. ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.....	52
ВИСНОВКИ.....	56
СПИСОК ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ.....	58

ВСТУП

Сучасний розвиток промисловості вимагає впровадження високотехнологічних та енергоефективних рішень, які забезпечують підвищення продуктивності, якості продукції та зменшення виробничих витрат. Одним із ключових напрямів у цьому контексті є автоматизація технологічних процесів, що дозволяє мінімізувати вплив людського фактора, оптимізувати ресурси та підвищити безпеку праці.

Прес-верстати є важливим обладнанням у багатьох галузях промисловості, таких як металообробка, машинобудування, електроніка та будівництво. Їх ефективність та точність виконання технологічних операцій значною мірою залежать від якості системи керування. Застарілі методи управління часто не відповідають сучасним вимогам, що призводить до зниження якості продукції, зростання витрат і підвищення ризику помилок. У зв'язку з цим актуальним є розробка автоматизованих систем керування для прес-верстатів, які можуть забезпечити надійну, точну та гнучку роботу обладнання.

Метою цієї дипломної роботи є створення автоматизованої системи керування малогабаритним прес-верстатом, яка забезпечить оптимізацію технологічного процесу, покращення параметрів продукції та зменшення навантаження на оператора. У роботі пропонується дослідити сучасні підходи до автоматизації, обрати оптимальні технічні засоби, розробити алгоритм керування та реалізувати технічну схему управління.

Актуальність роботи визначається необхідністю впровадження ефективних рішень в умовах стрімкого розвитку технологій та конкуренції на ринку. Результати дослідження можуть бути застосовані як у невеликих виробничих підприємствах, так і в великих промислових комплексах, що сприяє їх практичній значущості.

Дипломна робота спрямована на вдосконалення технологічного процесу та створення умов для виготовлення продукції високої якості з мінімальними витратами.

1. АКТУАЛЬНІСТЬ ТЕМИ

1.1. Теоретичні основи процесу пресування

1.1.1. Загальні відомості

Пресування – це технологічний процес, що використовується для формування або обробки матеріалів шляхом прикладання значного тиску. Процес може застосовуватися до різних матеріалів, таких як метали, пластмаси, порошки, гума та інші, залежно від мети і типу кінцевого виробу.

Пресуванням одержують також вироби з деревних, керамічних та інших матеріалів, ущільнюють сіно, пряжу тощо (рис. 1.1.). [2]



Рис. 1.1. Вироби виготовленні методом пресування

Основні етапи процесу пресування:

1. Підготовка матеріалу

- Перед пресуванням матеріал підлягає підготовці, яка включає очищення, обрізання до потрібного розміру або форми, а в деяких випадках – нагрівання для збільшення пластичності.

- Для порошкових матеріалів може використовуватися процес попереднього змішування компонентів для отримання однорідної структури.

2. Розташування заготовки

- Заготовка поміщається в спеціальну формувальну оснастку, яка складається з матриці (формувального елемента) і пуансона (елемента, який здійснює тиск).

- Розташування має бути точним, щоб забезпечити якісний результат і уникнути пошкодження заготовки або інструмента.

3. Процес пресування

- На заготовку прикладається тиск через пуансон. Тиск може досягати дуже високих значень, що залежить від типу матеріалу та необхідної форми.

- В результаті матеріал деформується пластично, займаючи форму матриці або спресовується до монолітної структури (у випадку порошків).

4. Зняття тиску

- Після завершення пресування тиск знімається, а пуансон повертається у вихідне положення.

- Заготовка або готовий виріб залишається в матриці, з якої його виймають вручну або автоматично.

5. Фінішна обробка. Після пресування виріб може підлягати додатковій обробці, такій як очищення, обрізання залишкових елементів, полірування або термічна обробка для закріплення результату.

Типи процесу пресування:

1. Холодне пресування: відбувається без попереднього нагрівання матеріалу. Застосовується для пластичних матеріалів і процесів, які не потребують високих температур.

2. Гаряче пресування: заготовка нагрівається до певної температури перед прикладенням тиску. Це дозволяє обробляти тверді матеріали, наприклад, сталі, що зменшує їх опір деформації.

3. Ізостатичне пресування: тиск прикладається рівномірно з усіх боків. Використовується для створення виробів із порошкових матеріалів з однорідною структурою.

4. Гідравлічне пресування: застосовується рідина для передачі тиску, що забезпечує точність і стабільність процесу.

Застосування процесу пресування:

- Металообробка: штампування деталей, виготовлення профілів і листів.
- Автомобільна промисловість: створення кузовних елементів.
- Будівництво: формування керамічної плитки, бетонних блоків.
- Електроніка: виготовлення корпусів і компонентів.
- Медицина: виробництво медичних пристроїв із порошкових матеріалів.

Переваги пресування:

- Висока точність і повторюваність виробів.
- Мінімізація матеріальних втрат.
- Можливість створення складних форм.
- Покращення механічних властивостей матеріалів.

1.1.2. Опис видів пресування

Статичне пресування — це метод формування матеріалів у прес-формах шляхом прикладення постійного (статичного) тиску. Цей процес використовується для виготовлення виробів із заданою геометрією та механічними властивостями. Зазвичай він застосовується для роботи з пластичними матеріалами, порошковими заготовками та деякими видами металів або кераміки.

Для статичного пресування найчастіше використовують механічні і гідравлічні преси. Механічні преси використовують для пресування та

калібрування, а гідравлічні – в основному для пресування заготовок порошкових виробів.



Рис. 1.2. Статичне пресування

Прес-форма складається з матриці та пуансона, які утворюють замкнений об'єм, що визначає форму майбутнього виробу.

Виготовлення прес-форми є ключовим етапом, оскільки вона визначає точність і якість готового виробу.

Тиск прикладається повільно та рівномірно, щоб забезпечити гомогенність виробу.

У процесі використовується гідравлічне, механічне або пневматичне обладнання.

Статичне пресування використовується для роботи з металами, пластиками, гуми, керамічними порошками та композитами.

У випадку порошкових матеріалів тиск забезпечує ущільнення частинок до монолітного стану.

Процес може проводитися як у холодному (холодне пресування), так і в нагрітому стані (гаряче пресування), залежно від властивостей матеріалу.

1.2. Аналіз існуючих технічних рішень процесу пресування

1.2.1. Будова та принцип роботи різних видів пресів

Гідравлічний прес — це тип пресового обладнання, що працює за принципом передачі тиску через рідину (зазвичай гідравлічне масло) відповідно до закону Паскаля. Основними компонентами такого преса є гідравлічний насос, циліндри, плунжери, резервуар для рідини та робочий стіл. [1].

Принцип роботи полягає у наступному: тиск, створений насосом, передається через гідравлічну рідину до циліндра, який приводить в дію пуансон для формування матеріалу.

Сила пресування може досягати десятків тисяч кілоньютонів, що дозволяє працювати з великими й твердими матеріалами. Регульований тиск і хід забезпечує високу гнучкість у налаштуванні для різних операцій [2].

Прес-форма – це спеціальний інструмент, який використовується для формування виробів із різних матеріалів (металів, пластмас, гуми, керамічних порошків тощо) шляхом прикладення тиску. Вона складається з комплекту деталей, що утворюють замкнений простір, який визначає форму та розміри готового виробу. Матриця - це основна частина, яка має заглиблення (порожнину), що відповідає формі майбутнього виробу. Пуансон - робочий елемент, який прикладає тиск до матеріалу та забезпечує його заповнення порожнини матриці.

Прес-верстат (рис. 1.5.) — це спеціалізоване обладнання, яке використовується для обробки матеріалів шляхом прикладення тиску. Основним завданням прес-верстата є формування, штампування, витягування,

вирубування або інші види обробки матеріалів, таких як метали, пластмаси, гума, порошкові матеріали, дерево тощо.



Рис. 1.5. Загальний вигляд сучасного гідравлічного прес-верстату

За принципом дії прес-верстати класифікуються:

- механічні, які використовують обертальний рух маховика для створення тиску;
- гідравлічні, що створюють тиск за допомогою гідравлічної рідини;
- пневматичні, що працюють за рахунок стисненого повітря.

Гідравлічні прес-верстати — це обладнання, яке використовує гідравлічну систему для створення високого тиску, необхідного для виконання різноманітних технологічних операцій, таких як штампування, формування, витягування, згинання, обтиснення та інші. Гідравлічні прес-верстати

базуються на принципі Паскаля, за яким тиск, прикладений до рідини в замкнутій системі, передається рівномірно в усіх напрямках.

Принцип роботи гідравлічного прес-верстата: гідравлічний насос нагнітає рідину в циліндри, створюючи необхідний тиск. Гідравлічна рідина передає тиск до плунжера, який приводить у рух пуансон. Пуансон стискає матеріал у матриці, надаючи йому потрібну форму. Після завершення операції тиск знижується, і пуансон повертається у вихідне положення.

На рис. 1.6. зображені принципова конструкція гідравлічного преса і гідравлічна схема його роботи.

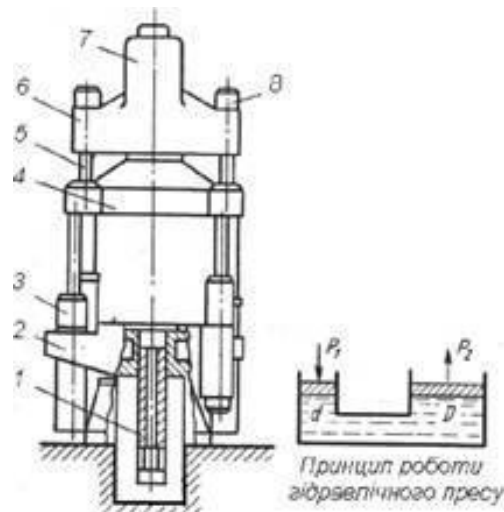


Рис. 1.6. Конструкція гідравлічного преса та його гідравлічна схема

Станина (показана у нижній частині) забезпечує стійкість преса та витримує великі навантаження, які виникають під час роботи. Гідравлічний циліндр - головна частина преса, в якій рідина під тиском переміщує поршень (позначений як елемент, який піднімається або опускається).

Поршень - основний робочий елемент, що передає зусилля на заготовку або матрицю. Він рухається під впливом тиску рідини, створюючи необхідне зусилля для пресування.

Резервуар для гідравлічної рідини знаходиться у нижній частині конструкції (позначений на схемі як область, наповнена рідиною). Він служить для зберігання та подачі гідравлічної рідини в систему.

Клапани та трубопроводи регулюють потік гідравлічної рідини, забезпечуючи необхідний тиск і напрямок її руху.

Гідравлічна рідина передає тиск рівномірно в усіх напрямках. На малюнку це показано схемою, де тиск P_1 у вузькому поршні компенсується більшим тиском P_2 у великому поршні, створюючи велике зусилля.

Переваги гідравлічного преса:

- Висока потужність, що дозволяє працювати з твердими матеріалами.
- Рівномірне зусилля протягом усього ходу поршня.
- Регульований тиск і можливість виконувати складні операції.

1.2.2. Загальний опис основних видів гідравлічних пресів

Гідравлічні преси, залежно від їх технологічного призначення, розрізняються конструкцією основних компонентів, їх кількістю та розташуванням, а також основними параметрами, такими як P_n , Z , H , $A \times B$ (де Z — відкрита висота штампового простору, H — повний хід рухомої поперечини, $A \times B$ — розміри столу).

Відповідно до технологічного призначення, гідравлічні преси поділяються на два основні типи: для обробки металів і для роботи з неметалевими матеріалами. У категорії пресів для металів виділяють п'ять основних груп:

- для кування і штампування;
- для видавлювання (екструзії);
- для штампування листового металу;
- для правильних і складальних операцій;
- для переробки металевих відходів.

Преси для роботи з неметалевими матеріалами використовуються для обробки порошків, пластмас та виготовлення деревностружкових плит.

Залежно від конструкції, гідравлічні преси поділяють на машини простої, подвійної або потрійної дії, а також на автоматичні преси.

- Преси простої дії оснащені одним основним робочим механізмом — рухомою поперечиною.
- Преси подвійної та потрійної дії включають два або три робочих органи, які забезпечують виконання різних функцій, наприклад, притискання заготовки, її деформацію тощо.
- Автоматичні гідравлічні преси належать до обладнання багаторазової дії, наприклад, вони використовуються для чистового вирубування деталей.

Залежно від конструктивних особливостей основних деталей і вузлів, гідравлічні преси класифікують наступним чином:

за напрямком руху рухомої частини (поперечини або станини):
вертикальні або горизонтальні;

за типом конструкції: колонні, рамні (одно- та двостійкові), трубні;

зі станиною, укріпленою високоміцною стрічкою;

з дворамною станиною типу «тандем»;

з нерухомою або рухомою станиною;

за формою конструкції: відкриті чи закриті;

за розташуванням приводу: з верхнім або нижнім приводом;

за кількістю циліндрів: одно-, дво-, три- або багатоциліндрові.

У порошковій металургії часто застосовують універсальні гідравлічні преси, адаптовані для роботи з порошковими матеріалами. Такі преси зазвичай мають схему одностороннього пресування, де тиск прикладається зверху.

Вони, як правило, не обладнані спеціальними пристроями для автоматичного завантаження порошку в прес-форму. Робота на таких пресах організовується за двома схемами: човниковою та карусельною.

Наприклад, для виготовлення фрикційних дисків часто застосовують човникову схему. У цьому випадку засипання і вирівнювання порошку в матриці, а також установка верхнього пуансона виконуються поза робочою зоною преса. Прес-форма (3) за допомогою горизонтально встановленого

гідравлічного циліндра (4) переміщується під плунжер (2) для пресування. Після завершення циклу пресування цей же гідроциліндр повертає прес-форму у вихідне положення, де відбувається операція виштовхування виробу.

Виштовхування виконується виштовхувачем (1), який пов'язаний зі штоком додаткового гідроциліндра. Виштовхувач витягує готовий виріб разом із вкладишем (нижнім пуансоном) і верхнім пуансоном з порожнини матриці. Після завершення цього етапу виштовхувач повертається у вихідне положення, в прес-форму вставляється новий вкладиш, і процес повторюється.

Цей підхід дозволяє забезпечити високоточне пресування з мінімізацією простоїв та оптимізацією робочого процесу.

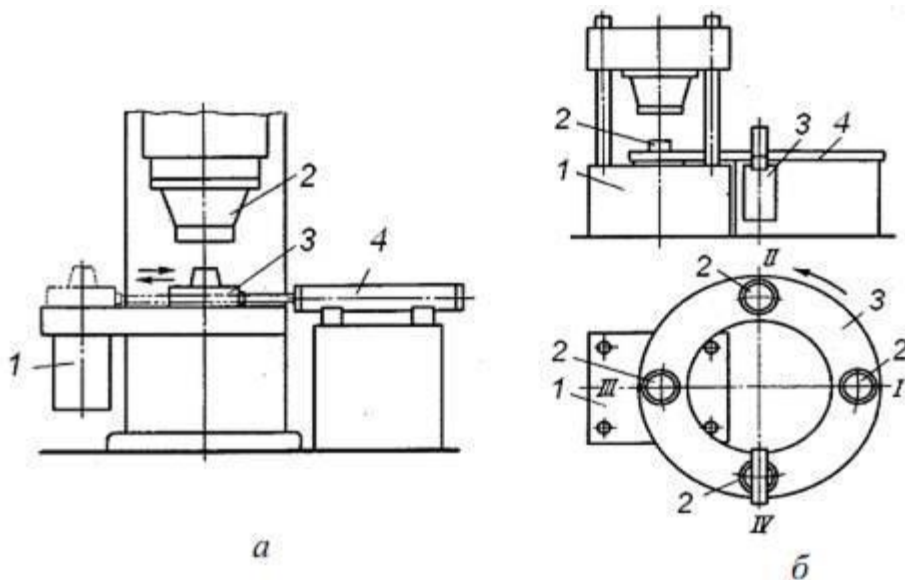


Рис. 1.8. Схема роботи неспеціалізованих гідравлічних пресів за човниковою (а) та карусельною схемами (б)

Вища продуктивність має місце при пресуванні за карусельними схемами (рис. 1.8. б; 1.9.). Підвищення продуктивності відбувається за рахунок поєднання у часі основних та допоміжних операцій процесу пресування.

На зображенні представлена схема роботи неспеціалізованого гідравлічного преса за схемою дванадцятигніздової "каруселі". Ця схема використовується для автоматизації процесу пресування з розподілом завантажувальних, формувальних і вивантажувальних операцій на кілька етапів у межах циклу.

Основні елементи:

1. Матриці – 12 робочих гнізд, які рівномірно розташовані по колу.
2. Верхній пуансон – інструмент, що виконує формування виробу шляхом прикладення тиску.
3. Завантажувальний пристрій – механізм, що подає порошковий матеріал у матрицю.
4. Розподільчий механізм (карусельний механізм) – забезпечує переміщення матриць між різними позиціями: завантаження, пресування та вивантаження.
5. Гідравлічний циліндр – створює зусилля, необхідне для пресування.
6. Привід обертання каруселі – забезпечує рівномірне і точне переміщення матриць.
7. Виштовхувач готового виробу – пристрій, що витягує готову деталь із матриці.
8. Система управління – забезпечує координацію всіх операцій у межах одного циклу.

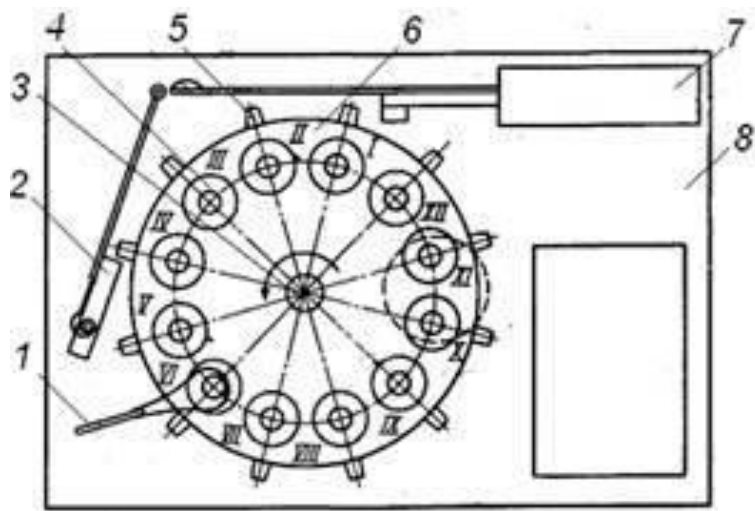


Рис. 1.9. Схема роботи неспеціалізованого гідравлічного преса за схемою дванадцяти гніздової "каруселі"

Дванадцятигніздовий механізм дозволяє одночасно виконувати кілька операцій на різних позиціях, що значно підвищує продуктивність.

Завдяки автоматизованому переміщенню каруселі забезпечується рівномірний розподіл роботи між усіма гніздами.

Система може працювати з різними матеріалами, такими як порошки металів, кераміки або пластмас.

Моделі прес-верстатів, які використовуються для різних завдань у металообробці та виробництві сьогодні:

Haas VM-2

Haas VM-3

BYSTRONIC BYSPRINT FIBER 3015

Prima Power та інші.

Гідравлічні преси із зусиллям пресування у межах 150 – 3400 кН і програмним забезпеченням - HCFP 200 Hidroliksan. Такі преси забезпечують пресування з вільно або примусово плаваючою матрицею; ступеневу вентиляцію порошку: двоступеневу засипку порошку (засипка попереднє пресування, засипка – остаточне пресування); до п'яти різних рухів (самостійний рух центрального стрижня і чотири рухи верхніх і нижніх пуансонів). Загальний вигляд преса показаний на рис. 1.12.



Рис. 1.12. Схема загального вигляду гідравлічного преса HCFP 200
Hidroliksan

1.2.3. Загальний аналіз процесу керування прес-верстатом

Проведений аналіз технології пресування та основних типів гідравлічних прес-верстатів, які будуть розглянуті в цій роботі, дозволив виявити низку характерних особливостей їхньої роботи. Зокрема, для обробки певних видів сировини, окрім гідравлічного тиску, часто потрібно застосовувати теплову обробку. Це передбачає підтримання визначеної температури на всій поверхні прес-форми в межах від 100 до 1400 °С. Така вимога є важливою при роботі з жароміцними порошками, інструментальними сплавами, тугоплавкими металами, твердими сплавами, а також з матеріалами, як-от скло, пластик чи необроблений бурштин.

Ще однією особливістю гідравлічних прес-верстатів є певна інерційність під час набору та скидання тиску, тобто повільна реакція на зміну навантаження. Водночас такі верстати забезпечують майже миттєву зупинку при досягненні заданого рівня тиску, що підвищує точність роботи.

Сучасні програмовані прес-верстати оснащуються широким спектром датчиків. Для вимірювання температури зазвичай використовуються термопари, які забезпечують швидку реакцію. Терморезистори, попри їхню доступність, мають високу інерційність, тому їх використання на сучасному обладнанні є недоцільним. Датчики тиску встановлюються як у гідравлічній системі, так і в зоні прес-форми. На застарілих моделях пресів ще використовуються електроконтактні манометри чи ступінчасті реле тиску, але ці пристрої поступово витісняються через їхню низьку точність та швидкий знос. У сучасних системах широко застосовуються електричні манометри, які дозволяють отримувати цифрові сигнали, сумісні з програмованими логічними контролерами (ПЛК), що значно підвищує точність та ефективність керування.

Для контролю положення рухомих частин прес-форми використовуються кінцеві вимикачі, які замикаються або розмикаються при досягненні

визначених положень. Це дозволяє точно координувати рух елементів у системі.

На невеликих підприємствах досі популярне ручне або напівручне керування пресами. Оператор вручну встановлює параметри тиску та температури й контролює час пресування. У разі часткової автоматизації використовуються термостати та реле часу, які виконують команди відповідно до заданих значень температури та тривалості процесу. Однак така система не є оптимальною для забезпечення високої продуктивності.

Основним законом регулювання в процесі пресування є релейний принцип, який забезпечує швидке досягнення заданого значення тиску і миттєву зупинку після його досягнення. У деяких випадках застосовується пропорційно-інтегральний закон, що забезпечує поступове і плавне досягнення необхідних параметрів.

Аналіз існуючих технічних рішень та систем керування показує, що впровадження сучасних автоматизованих систем управління технологічним процесом сприяє підвищенню продуктивності виробництва, покращенню якості продукції та зменшенню впливу людського фактора.

1.3. Мета та завдання

У ході аналізу існуючих технічних рішень були виявлені ключові особливості, переваги та недоліки роботи гідравлічних пресів. Також детально розглянуто методи управління прес-верстатами цього типу, їх специфіку та недоліки. На основі отриманої інформації сформульовано мету та визначено основні завдання роботи.

Мета дослідження: розробка нової автоматизованої системи управління малогабаритним прес-верстатом, спираючись на аналіз існуючих технічних рішень, з метою підвищення якості кінцевої продукції.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі завдання:

1. Провести аналіз існуючого технологічного процесу пресування матеріалів за допомогою малогабаритного гідравлічного прес-верстата.
2. На основі отриманих даних вибрати оптимальний закон управління технологічними параметрами прес-верстата.
3. Розробити функціональну схему та структурні схеми автоматизованої системи.
4. Обрати відповідне обладнання, необхідні датчики та виконавчі механізми.
5. Створити принципову електричну схему для запропонованої системи.
6. Розробити алгоритм роботи автоматизованої системи керування.
7. Забезпечити технічну реалізацію автоматизованої системи керування на базі існуючого малогабаритного прес-верстата.
8. Перевірити функціональність та працездатність розробленої системи в умовах реального виробництва.

Реалізація цих завдань дозволить створити ефективну систему управління, яка сприятиме покращенню якості продукції, підвищенню продуктивності та зниженню впливу людського фактора на технологічний процес.

2. РОЗРОБКА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПРЕС-ВЕРСТАТА

2.1 Розробка функціональної схеми автоматизації

Функціональна схема автоматизації прес-верстату є основою для побудови автоматизованої системи управління (АСУ), яка забезпечує контроль, регулювання та оптимізацію технологічного процесу пресування.

Оформлення схем автоматизації повинно відповідати державним стандартам згідно ДСТУ Б А.2.4-3:2009 і галузевим технічним умовам.

Мета розробки функціональної схеми

1. Забезпечити автоматизоване управління прес-верстатом для підвищення точності процесу пресування.
2. Мінімізувати участь оператора в управлінні, покращити безпеку праці та продуктивність.
3. Забезпечити інтеграцію сучасних датчиків, виконавчих механізмів і контролерів.

Основні елементи функціональної схеми

1. Вхідні пристрої (датчики):

Датчики тиску: контролюють рівень тиску в гідравлічній системі.

Термодатчики (термопари): забезпечують вимірювання температури в прес-формі.

Кінцеві вимикачі: визначають положення рухомих частин (наприклад, пуансона).

Датчики рівня: контролюють рівень гідравлічної рідини в системі.

Датчики положення: використовуються для визначення точного положення прес-форми або пуансона.

2. Програмований логічний контролер (ПЛК)
3. Виконавчі механізми:

Гідравлічні циліндри: забезпечують рух пуансона та інших елементів прес-верстата.

Електромагнітні клапани: регулюють потоки гідравлічної рідини.

Привід насоса: забезпечує створення тиску в системі.

Пристрої управління та візуалізації:

4. Панель оператора (HMI):

Відображає поточні параметри (тиск, температура, положення).

Дозволяє оператору задавати параметри (наприклад, силу тиску або тривалість циклу).

Аварійна кнопка (E-Stop): забезпечує миттєве зупинення обладнання в разі небезпеки.

5. Зворотний зв'язок: Відповідно до сигналів з датчиків система автоматично коригує роботу виконавчих механізмів для забезпечення точності процесу.

Датчики тиску PE та PI та температури TE1, TE2, TE3 і TE4 подають сигнал на ПЛК. ПЛК аналізує сигнал і передає команду електромагнітному клапану для регулювання потоку рідини.

Кінцеві вимикачі LE подають сигнал про положення пуансона, що дозволяє визначити завершення циклу пресування. Панель оператора дає змогу встановлювати параметри процесу та контролювати роботу системи. У разі перевищення допустимих параметрів система подає аварійний сигнал і зупиняє обладнання.

Функціональна схема показана на рис. 2.1. Опис

функціональної схеми

TE – сприймаючий елемент датчика температури (термопара);

LE – модуль (перетворюючий пристрій) кінцевого вимикача;

PE – модуль (перетворюючий пристрій) датчика тиску;

PI – манометр;

NL – пристрій світлової індикації, що відображає виконання технологічного процесу;

EJYC – програмований логічний контролер (ПЛК).

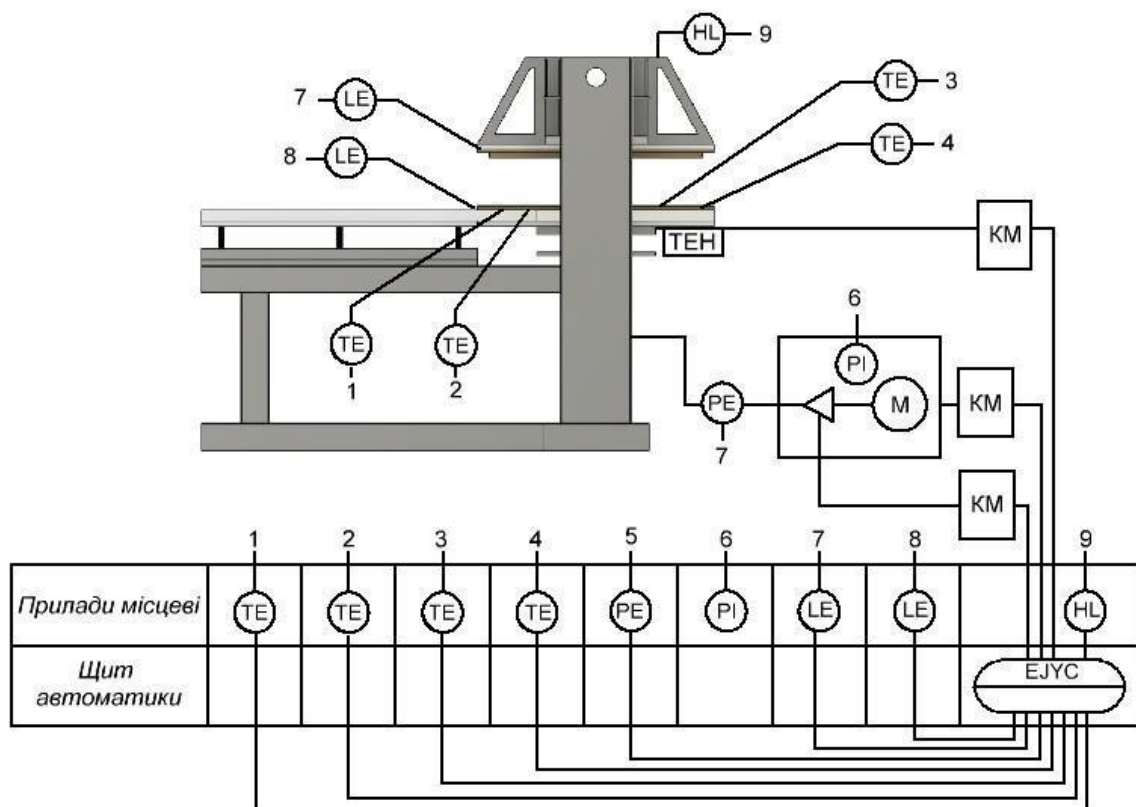


Рис 2.1. Функціональна схема прес-верстата з автоматизованою системою управління

2.2. Вибір закону керування прес-верстатом

Правильний вибір закону керування прес-верстатом є важливим етапом розробки системи автоматизації, оскільки від нього залежить ефективність, точність та стабільність роботи обладнання. Закон керування визначає спосіб регулювання технологічних параметрів, таких як тиск, температура, положення рухомих елементів та час витримки під навантаженням.

Для малогабаритного прес-верстата доцільно використовувати такі закони керування залежно від конкретних параметрів:

Релейний закон:

Для швидкого досягнення заданого рівня тиску.

Простий і надійний для роботи з простими завданнями.

PI або PID закон:

Для управління температурою в прес-формі, де потрібна висока стабільність.

Для плавного регулювання положення пуансона в процесі пресування.

Використовувати релейний закон керування для регулювання тиску, якщо система має низьку інерційність.

Вибрати PI або PID регулятори для параметрів, що вимагають високої точності (наприклад, температура або плавне регулювання тиску).

Забезпечити можливість налаштування параметрів регуляторів через програмовані логічні контролери (ПЛК) для адаптації до різних умов роботи.

Реалізація правильно підбраного закону керування дозволить забезпечити стабільність технологічного процесу, підвищити якість продукції та знизити вплив людського фактора.

3. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ МАЛОГАБАРИТНИМ ПРЕС-ВЕРСТАТОМ

3.1. Розробка структурної схеми

Структурна схема автоматизованої системи керування (АСК) малогабаритним прес-верстатом є ключовим етапом у проектуванні системи, яка забезпечує інтеграцію всіх компонентів для автоматизації технологічного процесу пресування. Основна мета такої схеми – показати взаємодію між основними елементами системи, що реалізують контроль, управління і зворотний зв'язок [4]. Стрілками відзначаються напрямки сигналів управління, зворотних зв'язків і параметрів електроприводу. Найменування функціональних частин вказуються всередині блоків і поза ними. Функціональні частини зображуються у вигляді прямокутників або умовних графічних позначень, з'єднаних лініями зв'язків, що визначають їх взаємозв'язок. На лініях вказуються позначення параметрів системи.

На рис. 3.1 показано структурну схему керування прес-верстатом. Для моніторингу температури запропоновано використання чотирьох термопар (Д(T1), Д(T2), Д(T3), Д(T4)), які рівномірно розташовані по периметру прес-форми. Ці датчики підключаються до модуля вводу/виводу аналогових сигналів, який надалі інтегрується із центральним модулем програмованого логічного контролера (ПЛК). Модуль виконує конвертацію аналогових сигналів у цифрові, виконуючи функцію аналого-цифрового перетворювача.

Для регулювання тиску, відповідно до розробленої функціональної схеми (див. розділ 2), обрано електричний манометр (Д(P)), який може бути підключений до контролера. Цей прилад забезпечує передачу аналогового сигналу, що дозволяє підключити його до модуля вводу/виводу аналогових сигналів. Модуль виконує фільтрацію сигналу та адаптує його для подачі до ПЛК.

Кінцеві вимикачі (Д(L1) і Д(L2)) підключені до модуля вводу/виводу дискретних сигналів, що забезпечує контроль положення рухомих елементів прес-форм.

Для взаємодії оператора з прес-верстатом передбачено підключення панелі візуалізації (панелі оператора) до ПЛК, що дозволяє задавати параметри та відображати стан системи.

Енергоживлення контролера забезпечується блоком живлення, який підтримує стабільну роботу системи. Програмований логічний контролер виконує управління виконавчими механізмами за заданою програмою, серед яких:

- асинхронний двигун гідравлічної системи прес-верстата (М1);
- нагрівальний елемент прес-форми (ТЕН);
- світлова індикація (сигналізація) НL;
- електроклапан гідравлічної системи Y1.

Ця конфігурація забезпечує повний контроль за параметрами пресування, а також автоматизацію основних функцій прес-верстата.

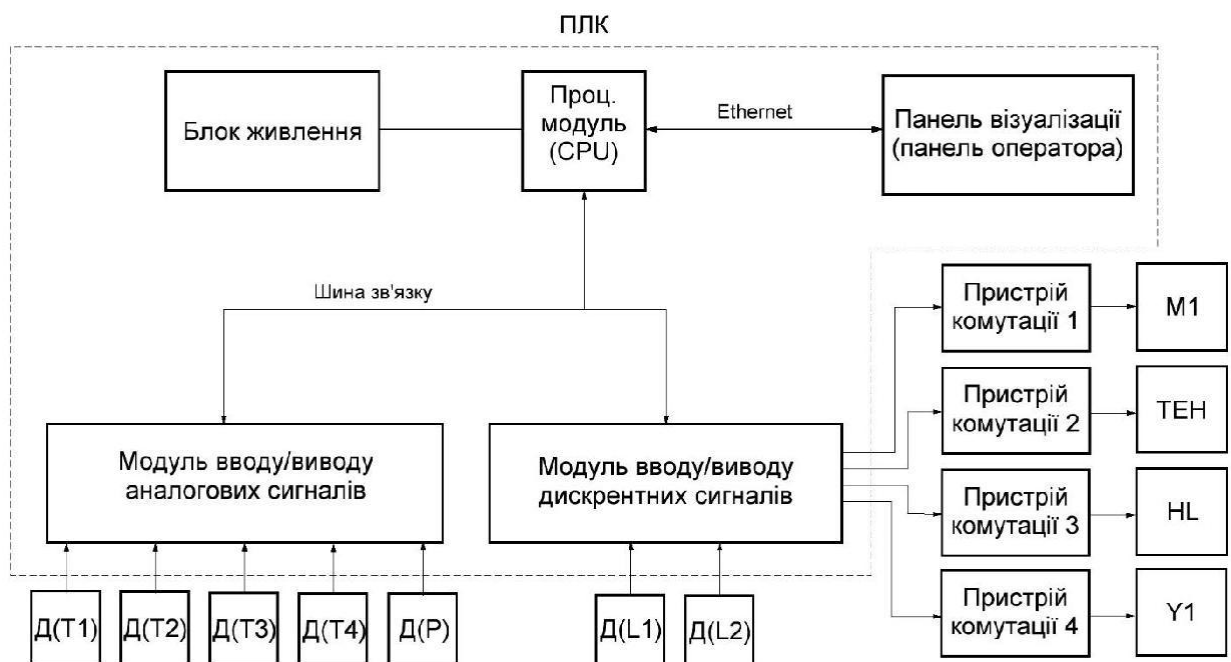


Рис. 3.1. Структурна схема системи керування прес-верстатом

3.2. Вибір датчиків та виконавчих механізмів

Термопара (рис. 3.2.) — це пристрій для вимірювання температури, що працює на основі термоелектричного ефекту Зеєбека. Вона складається з двох провідників з різних матеріалів, з'єднаних між собою на одному кінці. При різниці температур між точкою з'єднання (гарячим кінцем) і вільними кінцями (холодним кінцем) у колі виникає електрорушійна сила (ЕРС), яка пропорційна температурному перепаду. [5]



Рис. 3.2. Загальний вигляд промислової термопари

Два різнорідні метали або сплави утворюють замкнене коло. Якщо їхні кінці знаходяться при різних температурах, у колі з'являється ЕРС. Величина цієї ЕРС залежить від типу металів і температурного перепаду. ЕРС вимірюється і конвертується в температуру за допомогою спеціального приладу (наприклад, модуля ПЛК або термометра).

Основні характеристики термопар

1. Діапазон вимірюваних температур: від дуже низьких (до $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$) до надвисоких (до $+1800\text{ }^{\circ}\text{C}$), залежно від типу термопари.
2. Типи термопар:
 - Тип К (хромель-алюмель): діапазон від $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+1350\text{ }^{\circ}\text{C}$.
 - Тип J (залізо-константан): від $-210\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+750\text{ }^{\circ}\text{C}$.

- Тип Т (мідь-константан): від $-250\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+400\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Тип S (платина-платинородій): від $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+1600\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Тип R, B, E: використовуються для специфічних умов.

3. Швидкість реакції: висока, залежить від конструкції термопари (наприклад, товщини дротів і теплового контакту).

4. Стійкість до середовища - термопари можуть бути виготовлені з матеріалів, стійких до агресивних середовищ (корозії, високих температур, вологи).

Манометр (рис. 3.3.) — це прилад, призначений для вимірювання тиску рідини, газу або пари в замкнутій системі. Він широко використовується в різних галузях промисловості, енергетиці, на транспорті та в побуті для контролю робочих параметрів систем і процесів. [6]

Манометр працює на основі перетворення механічного впливу (тиску) на елемент приладу в покази, що відображають величину тиску. Залежно від конструкції, манометри можуть використовувати різні фізичні принципи для визначення тиску: деформацію, зміну електричних характеристик, зміну об'єму рідини або газу тощо.

Типи манометрів

1. Механічні манометри:

Деформаційні (пружинні):

- Оснащені пружинним елементом (трубка Бурдона, мембрана, сильфон), який деформується під дією тиску.
- Використовуються для вимірювання надлишкового, вакуумного або абсолютного тиску.

Рідинні манометри:

- Працюють на основі зміни рівня рідини в трубці під дією тиску (наприклад, U-подібна трубка).

- Прості у використанні, але обмежені в діапазоні вимірювання.

2. Електронні манометри:

- Оснащені датчиками тиску, які перетворюють механічний вплив у електричний сигнал.
- Відображають дані у цифровому вигляді.
- Можуть інтегруватися з системами автоматизації (наприклад, підключення до ПЛК).

3. Електроконтактні манометри: забезпечують контроль заданого рівня тиску та можуть подавати сигнали для автоматичного регулювання (наприклад, увімкнення/вимкнення насосів).

4. Спеціалізовані манометри:

- Вакуумметри: для вимірювання тиску нижче атмосферного.
- Барометри: для вимірювання атмосферного тиску.
- Диференціальні манометри: для визначення різниці тисків у двох

точках системи.



Рис. 3.3. Загальний вигляд мембранного манометра

Для пропонованої автоматизованої системи керування малогабаритним прес-верстатом пропонується використовувати манометр компанії Wika моделі PGT43HP.160.

Кінцевий вимикач (кінцевик) - це електромеханічний пристрій, який використовується для контролю положення рухомих механізмів або об'єктів у машинобудуванні, автоматизації та інших технічних системах. Він спрацьовує, коли рухомий елемент досягає визначеного положення, замикаючи або розмикаючи електричний ланцюг.

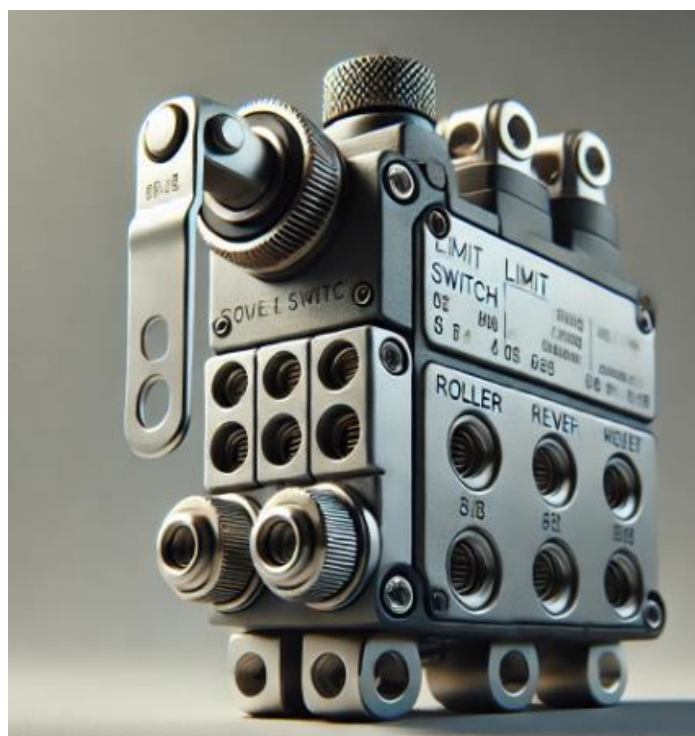


Рис. 3.6. Загальний вигляд промислового кінцевого вимикача

Кінцевий вимикач має контактний механізм, який спрацьовує у відповідь на механічний вплив (наприклад, зіткнення з рухомою частиною). Коли механізм досягає визначеної точки, контакт замикається або розмикається, генеруючи сигнал для зупинки, запуску чи зміни напрямку руху системи.

Кінцевий вимикач є незамінним елементом у системах автоматизації та контролю, що забезпечує точність, безпеку та ефективність роботи механізмів.

Завдяки своїй універсальності й надійності, вони знаходять застосування в багатьох галузях промисловості та побуту.

Для пропонованої системи керування рекомендується використовувати малогабаритний і малопотужний кінцевий вимикач моделі KW4-3Z-3 (рис. 3.7.).



Рис. 3.7. Кінцевий вимикач моделі KW4-3Z-3

В якості контролерів рекомендовано використовувати ПЛК компанії Siemens модельного ряду Simatic S7 – 300, див рис. 3.8. Даний ПЛК – це універсальний сучасний модульний програмований контролер, який призначений для вирішення ряду промислових задач автоматичного управління.

Характерні ознаки даного пристрою це спеціалізована модульна конструкція, можливість застосування модулів локального і розподіленого вводу-виводу, широкі комунікаційні можливості з різними інтерфейсами, зручність експлуатації і обслуговування забезпечують можливість отримання рентабельних рішень для побудови систем автоматичного керування в різних секторах промислового виробництва. Основні параметри вказані в табл. 3.1.



Рис. 3.8. ПЛК Siemens моделі Simatic S7 317-2 PN

Таблиця 3.1.

Мікропроцесор	100 нс на виконання бінарної інструкції 3 мкс на виконання арифметичної операції з плаваючою крапкою
Робоча пам'ять	1 МБайт
Мікро карта пам'яті (MMC)	8 МБайт
програмне забезпечення	STEP 7 від 5.3
PG / OP функції зв'язку	+
маршрутизація	+
Інтерфейс	Ethernet, Profibus-DP, MPI
Напруга живлення	24 VDC
Ступінь захисту	IP 20
Робоча температура	0–60C°

Також ПЛК Simatic S7 317-2 PN характеризується наступними показниками:

ПЛК Simatic S7 317-2 PN характеризується наступними показниками:
Можливість підключення до 32 модулів S7-300 (4-рядна конфігурація);

Комбінований інтерфейс MPI / PROFIBUS DP дає можливість інсталиювати одночасно до 16 з'єднань з програмованими контролерами S7-300/400, програматорами, комп'ютерами і панелями операторів.

MPI забезпечує прості мережеві структури з об'єднанням до 32 центральних процесорів і підтримкою механізму передачі глобальних даних. Інтерфейс MPI може бути орієнтований на роботу в режимі ведучого або веденого приладу PROFIBUS DP.

Інтерфейс PROFIBUS DP підтримує стандарт PROFIBUS DP V1.

Інтерфейс Ethernet другий вбудованим інтерфейсом центрального процесора CPU 317-2 PN є інтерфейс PROFINET, що базується на функціональних можливостях Ethernet TCP / IP.

На рис. 3.9. представлений модуль вводу і виводу дискретних сигналів SIEMENS SM-323 16DI/DO та модуль вводу та виводу аналогових сигналів SIEMENS AI4/AO2 SM-332.

Модулі вводу-виводу дискретних сигналів перетворюють вхідні дискретні сигнали у потрібний контролеру формат та перетворюють внутрішні логічні сигнали контролера в вихідні дискретні сигнали.

Модулі вводу-виводу аналогових сигналів перетворюють вхідні аналогові сигнали у потрібний контролеру формат та перетворюють внутрішні логічні сигнали контролера у вихідні аналогові сигнали.



Рис. 3.9. Модулі вводу-виводу дискретних та аналогових сигналів
SIEMENS SM-323 16DI/DO та SIEMENS AI4/AO2 SM-332

Для стабільної роботи всі вище вказаних компонентів необхідно використати спеціалізований блок живлення компанії Siemens моделі PS-307.



Рис. 3.11. Зовнішній вигляд блоку живлення вихідної напруги

Блок живлення PS 307 (5 A) має наступні основні характеристики:

- вихідний струм до 5 A;
- вихідна напруга до 24 В постійного струму;

- захист від короткого замикання та обриву ланцюга живлення;
- підключення до однофазної системи змінного струму (вхідна напруга 120/230 В змінного струму, із частотою 50/60 Гц);

- надійна гальванічна розв'язка відповідно до стандарту EN 60950;

Схема підключення Siemens PS-307 представлена на рис. 3.10.



Рис. 3.10. Схема підключення блоку живлення

Даний блок живлення рекомендовано використовувати з іншими компонентами компанії Siemens.

Для роботи оператора з верстатом пропонується використати сенсорну панель SIMATIC HMI TP900 Comfort (рис. 3.11.).

Основні характеристики:

- Дисплей: 9-дюймовий широкоформатний TFT з роздільною здатністю 800x480 пікселів, що відображає 16 мільйонів кольорів.
- Сенсорне управління: Резистивний сенсорний екран для інтуїтивної взаємодії.
- Пам'ять: 12 МБ для зберігання конфігурацій та даних користувача.
- Інтерфейси:

- PROFINET: Для інтеграції в мережі Ethernet.
- MPI/PROFIBUS DP: Для підключення до різноманітних пристроїв автоматизації.
- USB: Два порти для підключення периферійних пристроїв.
- Операційна система: Windows CE 6.0.
- Конфігурування: Підтримка з WinCC Comfort версії 11 та вище.
- Напруга живлення: 24 В постійного струму.
- Розміри: 195 мм (ширина) x 117 мм (висота).
- Монтаж: Вертикальна установка з можливістю нахилу до 35° без додаткової вентиляції.
- Додаткові функції:
 - Підтримка до 32 мов для проектування та відображення повідомлень.
 - Регулювання яскравості підсвічування від 0% до 100%.
 - Вбудовані динаміки для звукових сигналів.



Рис. 3.11. Головна панель оператора

Асинхронний двигун — це електричний двигун змінного струму, в якому ротор не має електричного зв'язку з мережею живлення. Робота такого двигуна базується на принципі електромагнітної індукції. Він широко

використовується в промисловості, транспорті та побуті завдяки своїй надійності, простоті конструкції та невибагливості в обслуговуванні.

Асинхронний двигун працює за рахунок взаємодії магнітного поля статора і струму, який індукується в роторі. Магнітне поле статора створюється змінним струмом, що протікає через його обмотки. Це поле взаємодіє з обмотками ротора, створюючи обертовий момент.

Особливістю є те, що швидкість обертання ротора завжди менша за швидкість обертання магнітного поля статора, що називається ковзанням.

Для забезпечення надійної роботи гідравлічної системи малогабаритного прес-верстата розробником розрахована номінальна потужність двигуна в 7,5 КВт. Для забезпечення даних вимог рекомендується асинхронний двигун компанії WEG моделі W22-132M 4 В3Т 7,5, див рис. 3.12.



Рис. 3.12. Асинхронний двигун компанії WEG моделі W22-132M 4 В3Т 7,5

Основні характеристики двигуна вказані в табл. 3.4.

Таблица 3.4.

Потужність	7,5 кВт
Напруга живлення	380 / 660 В
Номинальний струм	15.1 / 8.69 А
Номинальна частота	50 Гц
Момент на валу	49.4 Нм
Швидкість обертання	1500 об / хв
Температура навколишнього середовища	-20°C-+40°C

Для нагріву прес форми потрібний надійний нагрівний елемент, рекомендовано використовувати трубчатий електронагрівник (ТЕН) як найпростіший та найпоширеніший варіант, див рис. 3.13.

Трубчастий електронагрівник (ТЕН) — пристрій, призначений для перетворення електричної енергії в теплову, який широко використовується для нагрівання рідин, газів і твердих матеріалів. Основу ТЕНу становить нагрівальний елемент, розташований у металевій трубці, що забезпечує ефективну передачу тепла до середовища [7].



Рис. 3.13. Загальний вигляд трубчатого електронагрівника

Електричний струм проходить через спіраль із матеріалу з високим питомим опором (зазвичай ніхром), розташовану всередині трубки. Спіраль

нагрівається за рахунок виділення тепла, яке передається до металевій трубки, а потім до зовнішнього середовища. Теплопровідний ізоляційний матеріал (зазвичай оксид магнію) забезпечує електричну ізоляцію спіралі від корпусу та сприяє ефективному теплопереносу.

Індикаторний маяк із лампою розжарювання моделі «B100SLF» використовується на промислових об'єктах та суднах морського флоту для контролю виробничих процесів, в аварійних та попереджувальних системах сигналізації, а також у системах безпеки. Пристрій виготовлений із міцного полікарбонату, що забезпечує високий ступінь захисту від зовнішніх впливів (IP 65), дозволяючи експлуатувати його як у приміщеннях, так і на відкритому повітрі. Живлення здійснюється від мережі напругою 220 В. Зображення індикаторної сигналізації наведено на рис. 3.14.



Рис. 3.14. Індикаторна сигналізація B100SLF

Електромагнітний клапан – це пристрій, що поєднує електромеханічний принцип роботи для регулювання потоків рідин і газів. Він складається з корпусу, соленоїда (електромагніту) із магнітним сердечником, який приводить у рух диск або поршень, що контролює потік. Подача електричної напруги на котушку соленоїда викликає втягування магнітного сердечника, внаслідок чого клапан відкривається або закривається. Сердечник розташований у герметичній трубці котушки, що забезпечує герметичність конструкції.

Електромагнітний

клапан використовується
для зниження тиску в

гідравлічній системі прес-верстата після завершення технологічного процесу. Це дозволяє рухомій частині прес-форми опуститися на станину, що забезпечує зручність оператора при вилученні пресованого виробу з форми. Для малогабаритних прес-верстатів доцільно застосовувати електромагнітний клапан високого тиску URAVIS ESV 950-03-070 N.C. 1/2". Його зображення наведено на рис. 3.15, а основні характеристики представлені в таблиці 3.2.



Рис. 3.15 Електромагнітний клапан для високого тиску URAVIS
ESV 950-03-070 N.C. 1/2 "

Таблиця 3.2

Тип приєднання	муфтове
Вид клапану	нормально закритий
Максимальний робочий тиск	200 бар
Ступінь захисту	IP65
Приєднання, дюйм	1/2"
Середовище	рідини, гази
Температура	-50+250°C
Матеріал ущільнення	PEEK

4. РОЗРОБКА СХЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРИНЦИПОВОЇ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПРЕС-ВЕРСТАТОМ

Електрична принципова схема є важливим видом технічної документації, яка забезпечує найповніше уявлення про склад і принцип роботи електротехнічного виробу. Вона детально відображає взаємодію між елементами системи та використовується для проектування, обслуговування й налаштування обладнання. Такий вид креслення не враховує габаритні розміри компонентів чи їхнє фактичне розташування, натомість зосереджується на логічних зв'язках між ними.

За рівнем абстракції, електричні принципові схеми займають проміжне положення між функціональними (які визначають загальні функції системи) та монтажними (які показують реальне розташування і з'єднання компонентів). У технічній документації такі схеми позначаються символами **ЭЗ** відповідно до стандартів.

Розробка електричної принципової схеми

На основі аналізу функціональної та структурної схем, а також враховуючи конструктивні особливості та рекомендовані виконавчі механізми, було створено електричну принципову схему автоматизованої системи керування малогабаритним прес-верстатом.

Схема (рис. 4.1) реалізована на базі програмованого логічного контролера (ПЛК), що є центральним елементом управління. Для взаємодії оператора з системою у схемі передбачено сенсорну панель оператора. Ця панель забезпечує:

- Відображення поточного стану технологічного процесу.
- Моніторинг ключових параметрів (температура, тиск, положення механізмів).
- Налаштування параметрів та введення команд оператором.

Для забезпечення повноцінної роботи ПЛК підключено додаткові модулі, зокрема:

1. **Модуль вводу-виводу дискретних сигналів** – для роботи з кінцевими вимикачами та іншими дискретними пристроями.
2. **Модуль вводу-виводу аналогових сигналів** – для обробки даних з аналогових датчиків і передачі сигналів до виконавчих механізмів.

Склад і робота системи

1. Аналогові датчики:

Датчики температури ($D(T1)$, $D(T2)$, $D(T3)$, $D(T4)$) – підключені до модуля аналогового вводу/виводу, який комутує їх сигнали до вбудованого аналогово-цифрового перетворювача (АЦП) ПЛК. Ці датчики дозволяють вимірювати температуру на різних ділянках прес-форм.

Датчик тиску ($D(P)$) – також підключений до модуля аналогового вводу/виводу для моніторингу рівня тиску в гідравлічній системі.

2. Виконавчі механізми:

Асинхронний двигун гідравлічної системи.

Електромагнітний клапан для регулювання тиску.

Нагрівальний елемент (ТЕН) для забезпечення необхідної температури.

3. Пристрої вводу/виводу сигналів:

Забезпечують з'єднання контролера з датчиками, частотними перетворювачами та іншими компонентами.

Конвертують вхідні сигнали датчиків у формат, придатний для обробки контролером, та передають вихідні сигнали до виконавчих пристроїв.

4. Система сигналізації: світлова індикація стану (HL), яка сповіщає оператора про аварійні ситуації або завершення циклу роботи.

Переваги запропонованої схеми

1. Модульність: використання додаткових модулів дозволяє легко розширювати систему або адаптувати її під специфічні потреби.
2. Інтуїтивне управління: сенсорна панель оператора забезпечує зручний інтерфейс для моніторингу та налаштування процесу.
3. Точність і стабільність. Аналогові датчики та сучасний ПЛК забезпечують високу точність вимірювань і надійне управління.
4. Гнучкість: система може бути інтегрована з іншими елементами автоматизації для оптимізації виробничих процесів.

Кінцеві вимикачі D(L1) і D(L2) під'єднані до модуля вводу/виводу дискретних сигналів.

Асинхронний двигун гідравлічної системи позначений як M1, його контакти змикаються за допомогою трьох фазного магнітного пускача KM1. Трубчатий нагрівальний елемент позначений на схемі як ТЕН, його роботу регулює магнітний пускач KM2. Сигнальну лампу технологічного процесу замикає магнітний пускач KM3, а електроклапан, який вбудовано у гідравлічну систему замикає магнітний пускач KM4.

5. РОЗРОБКА ЗАГАЛЬНОГО АЛГОРИТМУ РОБОТИ ПРЕС-ВЕРСТАТА

Автоматизована система керування (АСК) прес-верстатом забезпечує виконання технологічного процесу з мінімальним втручанням оператора, високою точністю та безпекою. Алгоритм роботи визначає послідовність дій обладнання, забезпечуючи коректну взаємодію між його компонентами.

Основні етапи алгоритму

1. Ініціалізація системи

- Увімкнення живлення.
- Перевірка працездатності обладнання (діагностика ПЛК, датчиків, виконавчих механізмів).
- Відображення стану системи на панелі оператора.

2. Завантаження заготовки

- Оператор розміщує заготовку в прес-форму.
- Кінцеві вимикачі підтверджують правильність положення заготовки.

3. Початок технологічного процесу. Оператор за допомогою сенсорної панелі задає необхідні параметри (тиск, температура, час витримки).

Натискання кнопки «Пуск» запускає автоматичний режим.

4. Попередній нагрів (за потреби)

- Система активує нагрівальний елемент (ТЕН) для досягнення необхідної температури в прес-формі.
- Контроль температури здійснюється через датчики температури (D(T1) – D(T4)).
- Після досягнення заданої температури процес переходить на наступний етап.

5. Пресування

- Гідравлічна система подає тиск, забезпечуючи рух пуансона до заготовки.
- Контроль рівня тиску виконується датчиком тиску (D(P)).

- ПЛК підтримує необхідний тиск протягом заданого часу витримки.

6. Зниження тиску. По завершенні витримки ПЛК подає сигнал для зниження тиску через електромагнітний клапан. Рухома частина прес-форм повертається у вихідне положення.

7. Вивантаження готового виробу. Оператор виймає готовий виріб із прес-форм. Система перевіряє стан прес-форм і готовність до наступного циклу.

8. Цикл завершено. Система відображає повідомлення про завершення циклу на панелі оператора. Оператор може почати новий цикл або завершити роботу.

На рис. 5.1 представлена перша частина загального алгоритму роботи системи. Блоки з 2 по 6 описують основні етапи підготовки до технологічного процесу. В основі алгоритму лежить технологія пресування бурштину, яка починається з механічної та хімічної обробки матеріалу (блоки 2 і 3). Після очищення сировини виконується її сортування (блок 4) за розміром і кольором. Сортування за кольором (світлий або темний бурштин) є критично важливим, оскільки початковий колір безпосередньо впливає на характеристики готового виробу, такі як прозорість, відтінок і насиченість.

Відсортований бурштин поділяється на порції (блок 5), оскільки кількість матеріалу в порції визначає густину пресованої плити, її вагу, товщину і прозорість. Після визначення необхідної кількості сировини оператор завантажує підготовлену шихту бурштину в прес-форму (блок 6).

Наступні блоки описують роботу автоматизованої системи керування прес-верстатом. Після ввімкнення системи (блок 7) виконується ініціалізація програмного забезпечення контролера та перевірка працездатності основних систем (блок 8). Перед початком роботи оператор вводить параметри технологічного процесу, такі як задана температура прес-форм (t_x), тиск у гідравлічній системі (P_x) та тривалість витримки (T_x) (блок 9).

Після встановлення параметрів система керування активує двигун гідравлічної системи, вмикає трубчасті електронагрівачі та сигналізує про початок технологічного процесу за допомогою індикаторного маяка (блок 10). Далі система починає автоматичне вимірювання і контроль параметрів, таких як температура прес-форм і тиск у гідравлічній системі (блок 11). Ця послідовність кроків забезпечує точну і стабільну роботу прес-верстата, підвищуючи якість готової продукції.



Рис. 5.1. Загальний алгоритм роботи прес-верстату

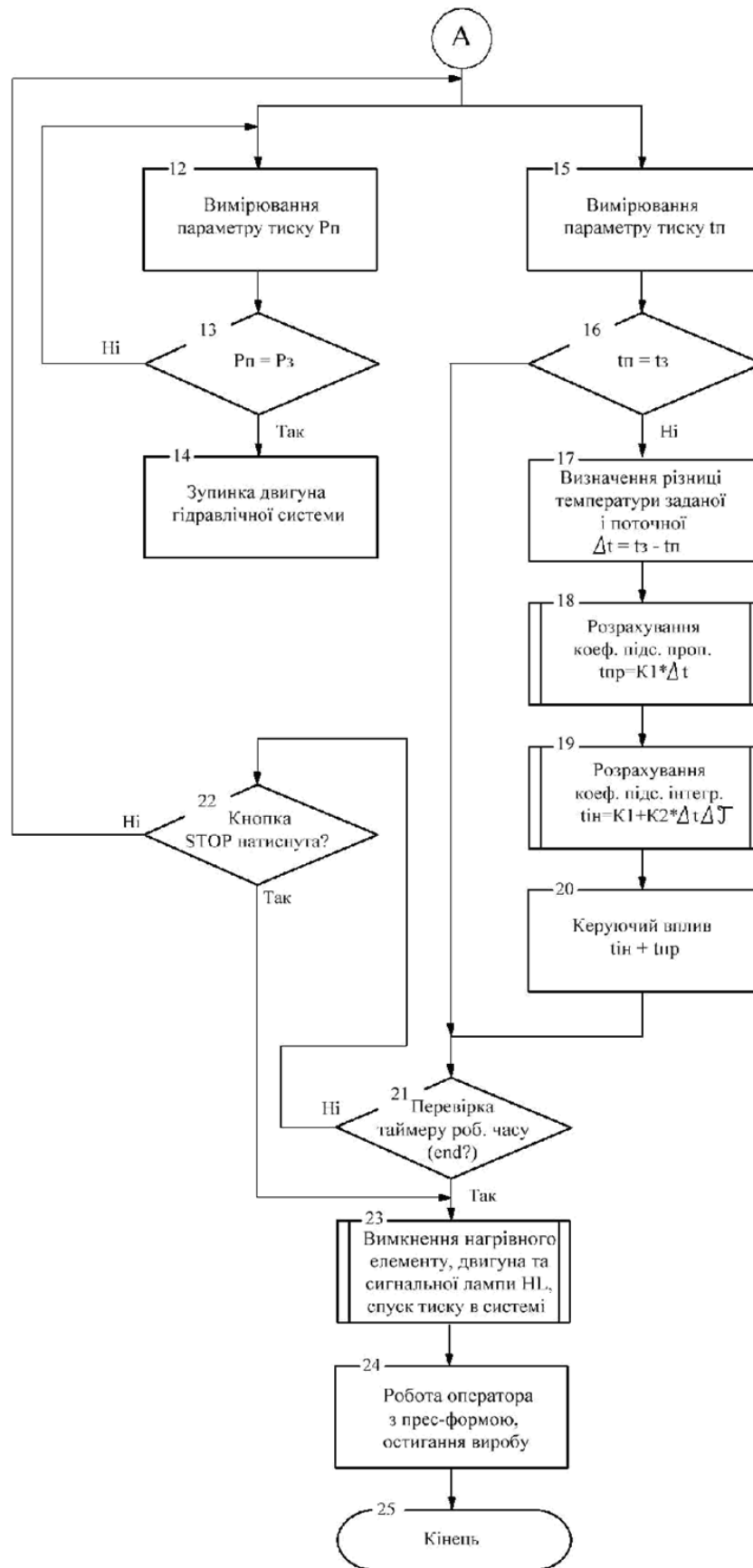


Рис. 5.2. Загальний алгоритм роботи прес-верстату

Результати вимірювання поточного тиску (блок 12) порівнюються із встановленим значенням (блок 13). У разі досягнення заданого рівня система автоматично вимикає двигун гідравлічної системи.

Паралельно здійснюється вимірювання поточної температури (блок 15), яке також порівнюється із заданим значенням (блок 16). На наступному етапі визначається різниця температур, обчислюється значення Δt як різниця між заданою температурою t_z і поточною температурою t_p (блок 17). Потім мікроконтролер виконує обчислення часу прогріву $t_{пр}$ (блок 18) і інтегрального часу $t_{інт}$ (блок 19). На основі цих параметрів розраховується керуючий вплив t_z як сума значень $t_{пр}$ і $t_{інт}$ (блок 20).

Заключний етап включає контроль системою часу витримки (блок 21). Після завершення цього часу система вимикає всі виконавчі механізми та активує електромагнітний клапан для зниження тиску в гідравлічній системі, що забезпечує опускання рухомої частини прес-форми.

Паралельно з цим перевіряється натискання кнопки "Стоп" (блок 22). Якщо кнопка активована, система негайно вимикає всі виконавчі механізми.

Останнім кроком є взаємодія оператора з прес-формою та готовим виробом, який повинен охолонути до кімнатної температури перед подальшою обробкою або використанням (блок 23).

6. ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Розроблено програмне забезпечення для програмованого логічного контролера Siemens з використанням середовища TIA Portal. Програма написана на мові LADDER (LD) і реалізує управління прес-верстатом.

Завдання програми

1. Кнопка "Пуск" (I0.0) запускає процес.
2. Кнопка "Стоп" (I0.1) зупиняє процес.
3. Система контролює:
 - Температуру (I0.2 – датчик температури).
 - Тиск (I0.3 – датчик тиску).
 - Завершення витримки (I0.4).
4. Керування:
 - Нагрівання (Q0.0 – трубчастий електронагрівник).
 - Подача тиску (Q0.1 – гідравлічний насос).
 - Зниження тиску (Q0.2 – електромагнітний клапан).
 - Сигналізація завершення (Q0.3 – індикаторний маяк).

Код програми (LADDER)

1. Логіка запуску та зупинки

```
| I0.0  I0.1  M0.0  |    // Запуск і зупинка процесу  
  
|----[ ]----[/]----(S)----    |    // Кнопка "Пуск" (I0.0) запускає процес  
  
|                                M0.0 |    // Кнопка "Стоп" (I0.1) зупиняє процес  
  
|----[ ]----(R)----    |
```

2. Управління нагріванням

```
| M0.0  I0.2  Q0.0  |    // Нагрівання прес-форми
```

|----[]----[/]----()---- // Вихід Q0.0 активний, поки температура не
| досягнута

3. Управління насосом

| M0.0 I0.3 Q0.1 |---- | // Подача тиску
[]----[/]----()----| // Вихід Q0.1 активний, поки тиск не
досягнуто

4. Зниження тиску

| M0.0 I0.4 Q0.2 | // Зниження тиску після витримки
|----[]----[]----()----| // Вихід Q0.2 активується після завершення
витримки

5. Сигналізація завершення

| M0.0 I0.4 Q0.3 | // Сигналізація завершення процесу
|----[]----[]----()----| // Вихід Q0.3 активний після завершення всіх етапів

Опис логіки

○ Пуск і зупинка: "Пуск" (I0.0) активує прапорець M0.0, який ініціює весь процес; "Стоп" (I0.1) скидає прапорець M0.0, зупиняючи процес.

2. Контроль нагрівання. Якщо температура ще не досягла заданого значення (I0.2 – стан "0"), вихід Q0.0 активує нагрівальний елемент.

3. Контроль тиску. Гідравлічний насос (Q0.1) працює, поки тиск не досягне встановленого рівня (поки I0.3 – стан "0").

4. Зниження тиску. Після завершення часу витримки (I0.4 – стан "1") активується електромагнітний клапан (Q0.2), який знижує тиск у системі.

5. Сигнал завершення. По завершенню всіх етапів процесу активується індикаторний маяк (Q0.3), сповіщаючи оператора.

Інтерфейс для операторської панелі (HMI), розроблений у TIA Portal, забезпечує зручну взаємодію оператора з програмою управління прес-верстатом. Він дозволяє вводити параметри процесу, відслідковувати стан системи та реагувати на аварійні ситуації.

Елементи інтерфейсу

1. Головний екран

Заголовок: "Система управління прес-верстатом".

Поточний стан процесу - "Стан системи" (наприклад, "Очікування", "Нагрівання", "Пресування").

Індикатори стану: "Поточна температура: XX °C", "Поточний тиск: XX бар", "Нагрівач увімкнено/вимкнено", "Насос працює/зупинений".

Система управління прес-верстатом		
Стан системи: Нагрівання		
Температура:	Поточна: 150 °C	Задана: 200°C
Тиск:	Поточний: 80 бар	Заданий: 100
[Пуск]	[Стоп]	[Параметри]

2. Екран введення параметрів

Поля для введення температури прес-форми (задані значення), тиску у гідравлічній системі, часу витримки.

Введення параметрів	
Температура (°C):	[200]
Тиск (бар):	[100]
Час витримки (с):	[30]
[Підтвердити]	

3. Екран управління – Пуск/Стоп/Ручне керування

4. Аварійний екран - виведення повідомлень про помилки.

Аварія системи	
Помилка: Перевищення температури	
[Скидання аварії]	

5. Екран завершення процесу.

Інтерфейс розробляється в TIA Portal у розділі "HMI". Всі кнопки, текстові поля і графічні елементи прив'язуються до відповідних тегів ПЛК. Для зручності інтеграції параметри (наприклад, температури, тиску) зберігаються в тегах даних ПЛК.

ВИСНОВКИ

В рамках роботи було здійснено глибокий аналіз існуючих технологічних процесів, а також проведено огляд сучасних методів автоматизації. На основі отриманих результатів визначено ключові проблеми, такі як недостатня точність регулювання параметрів, висока залежність від кваліфікації оператора та тривалість підготовчих етапів.

Запропонована система автоматизації базується на використанні програмованого логічного контролера (ПЛК), який виконує роль центрального елемента управління. До системи підключено датчики температури, тиску та кінцеві вимикачі, що дозволяє забезпечити точний контроль параметрів технологічного процесу. Всі дані від датчиків передаються до ПЛК, де вони обробляються, а потім використовуються для управління виконавчими механізмами.

На основі технічного аналізу було розроблено структурну і функціональну схеми автоматизованої системи керування. Структурна схема демонструє взаємозв'язок між основними компонентами системи, такими як ПЛК, датчики, виконавчі механізми та панель оператора. Функціональна схема деталізує послідовність виконання операцій, зокрема нагрівання прес-форм, контроль тиску та виконання циклів пресування.

Для забезпечення точності та стабільності роботи запропоновано використання закону релейного регулювання з елементами пропорційно-інтегрального керування. Цей підхід дозволяє підтримувати задані параметри з мінімальними відхиленнями, що особливо важливо для процесів, пов'язаних із термічною та механічною обробкою матеріалів.

Було розроблено алгоритм роботи автоматизованої системи керування, який охоплює всі етапи технологічного процесу.

Кінцевим результатом роботи є реалізація автоматизованої системи керування прес-верстатом, яка дозволяє виготовляти продукцію високої якості. Запропонована система не тільки підвищує продуктивність, але й

забезпечує відповідність сучасним стандартам автоматизації. Її використання є прикладом ефективного впровадження інноваційних технологій у виробничі процеси.

Розроблена автоматизована система керування малогабаритним прес-верстатом є інноваційним рішенням, яке відповідає сучасним вимогам до технологічних процесів. Її реалізація дозволяє досягти високих показників якості продукції, мінімізувати втрати матеріалів і знизити енерговитрати. Використання програмованого логічного контролера та сучасних датчиків забезпечує надійність і стабільність роботи обладнання. Запропонована система може бути адаптована для використання в інших типах прес-верстатів, що розширює її потенціал і можливості.

СПИСОК ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Коваленко В.М. Преси та штампувальне обладнання: Навчальний посібник. — Київ: Либідь, 2019. — 320 с.
2. Сидоренко І.В. Гідравлічні прес-верстати: проектування і експлуатація. — Харків: Основа, 2018. — 290 с.
3. Ткаченко О.А. Технологія та обладнання для обробки тиском. — Львів: Видавництво ЛНУ, 2020. — 280 с.
5. ДСТУ 2621:2017. Преси гідравлічні. Загальні технічні умови. — Київ: УкрНДІСТ, 2017. — 50 с.
6. Манометр // Термінологічний словник-довідник з будівництва та архітектури / Р. А. Шмиг, В. М. Боярчук, І. М. Добрянський, В. М. Барабаш ; за заг. ред. Р. А. Шмига. — Львів, 2010. — С. 120-121. — ISBN 978-966-7407-83-4.
7. Головінський В.П. Автоматизація процесів пресування. — Дніпро: ДНУ, 2021. — 300 с.
8. Сидоренко П.І. Основи програмування ПЛК: Навчальний посібник. — Київ: Політехніка, 2020. — 320 с.
9. Бойко І.А. Логічне управління і програмування ПЛК. — Львів: Видавництво ЛНУ, 2019. — 250 с.
10. Гудков В.М. Програмовані логічні контролери: Теорія та практика. — Дніпро: ДНУ, 2020. — 300 с.
11. Семенюк С.В. Проектування систем автоматизації технологічних процесів: Навчальний посібник. — Київ: Либідь, 2019. — 320 с.
12. Кравчук О.В. Проектування систем управління автоматизованими технологічними процесами. — Харків: Основа, 2018. — 300 с.
13. Савчук І.В. Проектування та експлуатація автоматизованих систем управління: Навчальний посібник. — Дніпро: ДНУ, 2021. — 290 с.
14. Мельник О.В. Системи автоматизації: Основи проектування. — Київ: Вища школа, 2017. — 340 с.