

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри
_____Леонт'єв П.В.
_____2022р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

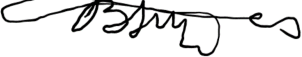
зі спеціальності 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

на тему: «Автоматизація зварювальної установки ГКВД-1.53 »

(Дипломний проєкт)

Керівник проєкту:

доцент

DocuSigned by:

5D476F4057AB4FB...

Толбатов В.А.

Дипломник:

студент групи СУ-81/3-9

Железняк М.С.

Ном.поз	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	№ екз.	Примітки
			<u>Документація загальна</u>			
			<u>Застосована</u>			
1			Завдання кафедри	1		
			<u>Новорозроблена</u>			
2		ТЗ	Технічне завдання	2		
3			Реферат	1		
4	A4	СУ-81/3-9 6.151.08 ПЗ	Пояснювальна записка	75		
			<u>Документація конструкторська</u>			
			<u>Новорозроблена</u>			
5	A4	СУ-81/3-9 6.151.08 А1	Автоматизація зварювальної установки ГКВД-1.53. Функціональна схема автоматизації	1		
6	A4	СУ-81/3-9 6.151.08 С1	Автоматизація зварювальної установки ГКВД-1.53. Схема електрична принципова підключень	1		

					СУ-81/3-9 6.151.08.ДП			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Железняк М.С.			Автоматизація зварювальної установки ГКВД-1.53 Відомість проекту	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Толбатов В.А.					2	75
Реценз.						СумДУ, СУ-81/3-9		
Н. Контр.								
Затверд.		Леонтьєв П.В.						

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри

_____ Леонт'єв П.В.

_____ 2022 р.

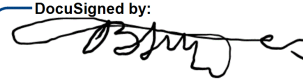
ЗАВДАННЯ
на дипломний проект студенту
Железняк М.С.

1. Тема проекту: Автоматизація зварювальної установки ГКВД-1.53
Затверджено наказом ректора університету. №0360-VI від "17" травня 2022р.
2. Термін здавання студентом закінченого проекту "12" червня 2022р.
3. Вихідні дані до проекту: звіт з переддипломної практики, наукові публікації, статті, технічна документація.
4. Зміст пояснювальної записки: аналіз предметної області, система автоматизованого керування зварювальної установки ГКВД-1.53, вибір засобів автоматизації, розробка програми користувача.
5. Перелік графічних матеріалів: 29 рисунків, 9 таблиць.
6. Календарний план проектування

Номер етапу	Зміст етапу проектування	Термін виконання
1	Аналіз завдання кафедри. Складання технічного завдання. Підбір та аналіз літератури і першоджерел.	17.05.2022 – 19.05.2022
2	Аналіз предметної області. Область застосування.	19.04.2022 – 21.05.2022
3	Система автоматизованого керування зварювальної установки ГКВД-1.53.	22.05.2022 – 24.05.2022
4	Розробка основних схем автоматизації.	24.05.2022 – 26.05.2022
5	Створення програми користувача	28.05.2022 – 2.06.2022
6	Оформлення дипломного проекту та супровідної документації	08.06.2022 – 12.06.2022

7. Дата видачі завдання "17" травня 2022р.

Керівник проекту:
доцент

DocuSigned by:

5D476F4057AB4FB...

Толбатов В.А.

До виконання прийняв:
студент-дипломник
групи СУ-81/3-9

Железняк М.С.

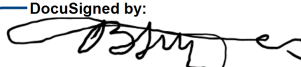
ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на проектування системи автоматизованого керування зварювальної установки
ГКВД-1.53 .

Розробник:
студент групи СУ-81/3-9

Железняк М.С.

Погоджено:
доцент

DocuSigned by:

5D476F4057AB4FB...

Толбатов В.А.

1. *Назва і галузь застосування:* система автоматизованого керування зварювальної установки ГКВД-1.53; металургійні підприємства, механізація та автоматизація зварювального виробництва;

2. *Підстави для проектування:* Наказ ректора Сумського державного університету № 0360-VI від 17.05.2022;

3. *Мета і призначення проекту:* Оглянути систему, розробити функціональні схеми автоматизації; Створити систему автоматизованого керування зварювальної установки ГКВД-1.53..

4. *Джерела розроблення:* конструкторська та технічна документація отримана під час проходження переддипломної практики.

5. *Режим роботи об'єкта:* режим роботи за графіком, з щоденними технічними роботами та регулярним плановим технічним обслуговуванням.

6. *Умови експлуатації СК:* живлення блоку живлення для шафи управління – 220В; частота – 50 Гц; живлення ПЛК – 220В; живлення промислового комп'ютера – 220В; 50Гц;. Ступінь захисту складових частин обладнання автоматизації – не нижче IP 20.

7. *Технічні вимоги:* ДСТУ 21.404 – 85 Автоматизація технічних процесів; ДСТУ 12.2.016 – 81 Система стандартів безпеки праці. Загальні вимоги безпеки.

8. *Стадії та етапи проектування:*

Номер етапу	Зміст етапу проектування	Термін виконання
1	Аналіз завдання кафедри. Складання технічного завдання. Підбір та аналіз літератури і першоджерел.	17.05.2022 – 19.05.2022
2	Аналіз предметної області. Область застосування.	19.04.2022 – 21.05.2022
3	Вдосконалення системи автоматизації зварювальної установки ГКВД-1.53.	22.05.2022 – 24.05.2022
4	Розробка основних схем автоматизації.	24.05.2022 – 26.05.2022
5	Розробка програми користувача	28.05.2022 – 2.06.2022
6	Оформлення дипломного проекту та супровідної документації	08.06.2022 – 12.06.2022

РЕФЕРАТ

Железняк М.С. Система автоматизованого керування зварювальної установки ГКВД-1.53. Дипломний проект. Сумський державний університет. Суми, 2022 р.

Дипломний проект містить 67 аркушів пояснювальної записки, 29 рисунків, 9 таблиць, 3 схеми. При виконанні дипломного проекту було використано 24 літературних джерел.

Даний дипломний проект спрямований на створення і опис системи автоматизованого керування зварювальної установки ГКВД-1.53. Розроблено технічне завдання. Розроблено основні технічні креслення. В ході проекту була розроблена система автоматизованого керування зварювальної установки ГКВД-1.53, призначена для використання підприємствами які займаються механічними обробками, зварюванням різних типів металу, наплавленням захисного шару на специфічні метали.

Ключові слова: система керування, зварювальна установка ГКВД-1.53, механічна обробка, зварювання, наплавлення, важкі метали.

ABSTRACT

Zheleznyak M.S. System of the automated control of the GKVD-1.53 welding installation.

Degree project. Sumy State University. Sumy, 2022

The diploma project contains 67 sheets of explanatory note, 29 figures, 9 tables, 3 diagrams. 24 literature sources were used in the implementation of the diploma project.

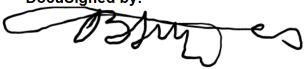
This diploma project is aimed at creating and describing the system of automated control of the welding installation GKVD-1.53. The technical task is developed. The main technical drawings are developed. During the project, an automated control system for the GKVD-1.53 welding machine was developed, intended for use by enterprises engaged in machining, welding of various types of metal, and surfacing of a protective layer on specific metals.

Keywords: control system, GKVD-1.53 welding machine, machining, welding, surfacing, heavy metals.

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до дипломного проекту
Автоматизація зварювальної установки ГКВД-1.53

Керівник проекту:
доцент

DocuSigned by:

5D476F4057AB4FB...

Толбатов В.А.

Виконав:
студент групи СУ-81/3-9

Железняк М.С.

ЗМІСТ

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	9
ВСТУП	10
РОЗДІЛ 1 КОНСТРУКТИВНО – ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ ЗВАРЮВАННЯ... ..	11
1.1 Актуальність автоматизації зварювальних процесів.	11
1.2 Технологічні процеси зварювання як об'єкти автоматичного керування.....	13
1.3 Плазмова обробка матеріалів	15
1.4 Основні фізичні характеристики та властивості плазми	17
1.5 Плазмові джерела енергії.....	19
1.6 Технологічне використання плазми.....	Error! Bookmark not defined.
1.7 Плазмове зварювання та наплавлення.....	21
РОЗДІЛ 2 СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ ЗВАРЮВАННЯМ ПЛАЗМОЮ.	24
2.1 Аналіз процесу зварювання плазмою	24
2.2 Функціональні задачі керування	26
2.3 Опис контурів керування	27
2.3.1 Регулювання горизонтального, вертикального, осевого переміщення зварювальної колони	27
2.3.2 Контур контролю зварювального струму, тиску транспортувального та захисного газів та рівня порошку	27
2.4 Функціональна схема автоматизації.....	27
РОЗДІЛ 3 ВИБІР ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ.....	28
3.1 Підбір ПЛК та ПК.....	29
3.2 Підбір давачів.....	40
3.3 Підбір виконавчих механізмів.....	44
РОЗДІЛ 4 ПРОГРАМА КОРИСТУВАЧА ПРОЦЕСУ ЗВАРЮВАННЯ.....	48
4.1 Лістинг програми для формування вихідного сигналу.....	48
4.2 Лістинг програми відображення реального сигналу отриманого зі зворотних зв'язків та налаштування форми імпульсу користувачем.....	57
ВИСНОВКИ.....	71
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	72
ДОДАТОК А.....	73

					СУ-81/3-9 6.151.08.ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Железняк М.С.</i>			Автоматизація зварювальної установки ГКВД-1.53 Пояснювальна записка	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Толбатов В.А.</i>					8	75
<i>Реценз.</i>						СумДУ, СУ-81/3-9		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Леонтьєв П.В.</i>						

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

САК – Система автоматичного керування;

ВМ – виконавчий механізм;

ПЛК – програмований логічний контролер;

ПК – промисловий комп'ютер;

АСУТП – автоматизована система управління технологічним процесом;

ПЗН – плазмове зварювання та наплавлення

					СУ-81/3-9 6.151.08.ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Сучасне машинобудування характеризується застосуванням конструкційних матеріалів зі спеціальними фізико-механічними властивостями, що постійно розширюється. Їх обробка традиційними способами різання дуже ускладнена, а часом і неможлива. До групи таких важкооброблюваних матеріалів відносяться жароміцні, титанові, тверді та магнітні сплави, нержавіючі сталі, різні види кераміки, напівпровідникові матеріали, тверді та надтверді природні та штучні кристали тощо.

У цьому актуальною є завдання створення та розвитку автоматизованих зварювальних установок, які підходять для різних видів конструкцій та виконання найрізноманітніших видів задач.

Як показує багаторічний світовий досвід, ефективним напрямом вирішення зазначеної задачі є використання електрофізичних та електрохімічних способів розмірної обробки, які за останні роки набули подальшого розвитку та широкого промислового застосування. До них відносяться електроерозійний, електрохімічний та ультразвуковий способи обробки, в яких застосовується профільований або непрофільований інструмент, а також способи, що ґрунтуються на використанні концентрованих джерел енергії — електроннопроменева, лазерна та плазмова обробка. [1]

Слід підкреслити, що ці способи впливають не тільки на структуру та тривалість технологічного циклу, але і на конструкцію нових машин та приладів, розширюючи арсенал як технолога, так і конструктора при розробці та виробництві сучасних виробів.

Автоматизація виробничих процесів - основний напрямок, по якому в даний час просувається виробництво в усьому світі. Все, що раніше виконувала сама людина, її функції, не тільки фізичні, але і інтелектуальні, поступово переходять до техніки, яка сама виконує технологічні цикли і здійснює контроль за ними.

Впровадження новітніх інформаційних технологій та останніх розробок в сфері промислової автоматизації процесу зварювання має значний вплив на підвищення ефективності керування.

					СУ-81/3-9 6.151.08.ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1

КОНСТРУКТИВНО – ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ ЗВАРЮВАННЯ

1.1 Актуальність автоматизації зварювальних процесів

Зварювання - провідний технологічний процес при виробництві металевих конструкцій. З її допомогою переробляється приблизно 70 % готового прокату, що становить близько половини всієї сталі. Зварювальне виробництво впливає на виконання програми господарського розвитку країни й рішення завдань по підвищенню ефективності й інтенсифікації суспільного виробництва.

На відміну від інших металообробних виробництв, зварювальне охоплює великий комплекс різних за своїм характером технологічних операцій, що забезпечують виготовлення заготовок і деталей, їх зварювання, термічну обробку, контроль якості зварних з'єднань і обробку готових зварених виробів.

Забезпечення необхідного рівня якості зварених конструкцій і їх експлуатаційної надійності, підвищення продуктивності праці при поліпшенні умов роботи людей вимагають комплексної механізації й автоматизації в одному синхронізованому потоці, пов'язаних з виготовленням звареної конструкції. Прикладом такої організації виробництва є виготовлення електрозварних труб, опалювальних радіаторів і інших виробів з масовим характером випуску продукції. [2]

Однак не завжди доцільно концентрувати в одному потоці всі операції по виготовленню даної продукції. Так, при досить великій і різноманітній номенклатурі заготовок, що вимагають, наприклад, механічної обробки, їх виготовлення не включається до складу операції зварювального виробництва й виконується в інших цехах, спеціалізованих по видах обробки, або в окремому заготівельному цеху.

Ціль автоматизації зварювальних процесів - одержання зварних з'єднань із необхідними властивостями при найвищих техніко-економічних показниках без особистої участі людини. Соціальний аспект автоматизації, що припускає звільнення людини від безпосереднього виконання функцій керування зварювальними процесами й передачу цих функцій автоматичним пристроям, в останні роки здобуває все більшу значимість.

Необхідність автоматизації зварювальних процесів визначається насамперед такими їх характерними особливостями, як високі енергетичні параметри, швидкоплинність окремих етапів енергетичних перетворень та процесу формування зварного з'єднання, важкодоступність зони зварювання для безпосереднього вимірювання та контролю,

					СУ-81/3-9 6.151.08.ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

підвищений рівень шкідливих впливів на здоров'я людини та необхідність оперативної оптимізації зварювальних процесів відповідно до обраного критерію.

В загальному обсязі операцій з виробництва зварних конструкцій на процес зварювання зазвичай припадає 15...20%, проте він визначає властивості та експлуатаційну надійність конструкцій. Велика кількість параметрів, що впливають на перебіг зварювальних процесів, і високі швидкості їх зміни вимагають управління ними обробки значного обсягу інформації в одну годину, тому автоматизація виявляється обов'язковою умовою успішного та якісного виконання зварювальних процесів.

Неможливість підтримки безперервної вольтової дуги при зварюванні електродом, що плавиться, зумовила створення автоматичного регулятора, що забезпечило реальну можливість промислового застосування плавного дугового зварювання електродом.

Мета автоматизації зварювальних процесів - отримання зварних з'єднань з необхідними властивостями за кращих техніко-економічних показників без участі людини. Автоматизація зварювальних процесів, при якій підвищується точність управління та контролю, а також виключається вплив на технологічний процес суб'єктивних факторів (майстерність робітника, його стомлюваність тощо), спрямована насамперед на підвищення якості зварних з'єднань та його стабілізацію в межах партії однотипних виробів.

Виняток або мінімізація кількості неприпустимих дефектів зварних швів знижує втрати робочого часу, енергетичних і матеріальних ресурсів, пов'язані з виправленням браку. Автоматизація зварювальних процесів супроводжується реальним підвищенням продуктивності праці та економією трудових ресурсів.

Автоматизація супроводжується створенням нових засобів виробництва, які у свою чергу є основою розробки та застосування прогресивних технологій зварювання. Безпосереднє вирішення загального завдання автоматизації зварювального виробництва ускладнено багатовимірністю об'єктів. [3]

Вибір оптимального варіанта стратегії управління зварювальними процесами визначається типом технологічного процесу та основними цілями. Апаратура та системи управління класифікуються за алгоритмом управління, що визначає вибір альтернативної мети управління.

З погляду апаратури та систем управління електрозварювальне обладнання слід розділити на такі види:

- обладнання загального застосування;
- спеціальні машини та установки;
- складально-зварювальні лінії;

					СУ-81/3-9 6.151.08.ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- зварювальні роботи.

Існує безліч типів архітектури апаратних засобів, на основі яких можна реалізувати різні варіанти стратегії управління зварювальними процесами та обладнанням – контролери автономні (обладнання загального застосування – автомати та напівавтомати для дугового зварювання, машини контактного зварювання та ін.), лінійні та системні (системи управління з розподіленою обчислювальною потужністю та розподіленою конструкцією як локальний регулятор, системи управління установками, лініями, роботами). [4]

1.2 Технологічні процеси зварювання як об'єкти автоматичного керування

Сучасний рівень розвитку зварювальної техніки й технології відрізняє велика різноманітність джерел нагрівання, їх енергетичних характеристик і способів теплового впливу на виріб (рис 1.1). При розгляді процесів зварювання як об'єктів автоматичного керування доцільно виходити із загальної для всіх способів зварювання послідовності перетворення енергії.

Електрична енергія, що надходить із промислової мережі, перетвориться в джерелі живлення у форму, що найбільш повно відповідає кожному конкретному джерелу нагрівання, яке потім перетворить електричну енергію в термічний вплив на виріб і електродний матеріал.

У сучасних зварювальних установках для живлення зварювальних ланцюгів використовують джерела змінного струму (трансформатори спеціальних конструкцій), джерела постійного струму (зварювальні випрямлячі й генератори різноманітних конструкцій), джерела живлення акумульованою енергією.

Зі зварювальних джерел нагрівання найбільше поширення одержали:

1. електрична дуга (дугове й плазмове зварювання);
2. джоулево тепло, що утворюється при проходженні електричного струму через розплав шлаків (електрошлакове зварювання) або метал деталей, що зварюються (контактне зварювання);
3. електронний промінь (електронно-променево зварювання);
4. промінь лазера та ін.

Кожний зварювальний процес можна охарактеризувати деяким числом узагальнених координат (параметрів зварювального процесу), між якими існують певні зв'язки.[5] Наприклад, між струмом і напругою на дузі існує зв'язок, обумовлена властивостями джерела живлення. Частота коротких замикань дугового проміжку краплями розплавленого металу залежить від струму й напруги на дузі, але ця залежність не однозначна, вона має імовірнісний характер і може бути представлена у вигляді відповідної кореляційної функції.

					СУ-81/3-9 6.151.08.ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Усе різноманіття параметрів процесу зварювання можна умовно розділити на три групи:

- енергетичні, що характеризують внесок енергії в процес утвору звареного з'єднання;
- кінематичні, що характеризують просторове переміщення або положення джерела нагрівання щодо виробу;
- технологічні умови, що характеризують, формування й кристалізації зварених швів, переносу електродного металу.

У виробничих умовах технологічний процес зварювання піддається впливам - збурюванням, що порушують його нормальне протікання, що й приводять до відхилень показників якості зварного з'єднання від необхідних значень.



Рисунок 1.1 – Автоматизація процесу зварювання за допомогою робота – маніпулятора

Збурювання можуть бути прикладено до кожного із трьох компонентів зварювального процесу, однак класифікувати їх зручніше не по місцю додатка, а за аналогією з параметрами зварювального процесу.

Джерелами енергетичних і кінематичних збурювань є промислова мережа й в основному властиво зварювальному устаткуванню: джерела живлення, апаратура керування, приводи подачі електрода, переміщень і т.д. [6]

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

1.3 Плазмова обробка матеріалів

Плазмове зварювання та наплавлення (рис 1.2.) є найпрогресивнішим способом відновлення зношених деталей машин та нанесення зносостійких покриттів (сплавів, порошків, полімерів) на робочу поверхню при виготовленні деталей.

Плазма може бути утворена у різний спосіб. Найчастіше її одержують при електрофізичних процесах - в електричному дуговому розряді, високочастотному електричному полі, за допомогою енергії лазерного випромінювання тощо. Застосовується плазма у процесах, що вимагають високотемпературного концентрованого нагріву, при різанні різних матеріалів, плазмовому осадженні покриттів.

Як правило, використовують так звану низькотемпературну плазму з температурою 103...105 К. Вона є частково іонізованим газом. У технологічних процесах плазма це зазвичай стовп дуги, поміщений у вузький канал, що обмежує його розширення.

По суті, плазма — будь-яка речовина, нагріта до такої температури, за якої пари її перебувають у іонізованому стані і вже не підкоряються звичайним газовим законам. Вона характеризується високою температурою, енергетичною нестійкістю за відсутності стабілізуючих факторів та електропровідністю, що дозволяє керувати нею за допомогою магнітних та електромагнітних полів. Важливою і істотною особливістю плазмового струменя є висока швидкість частинок, що її утворюють. [7]

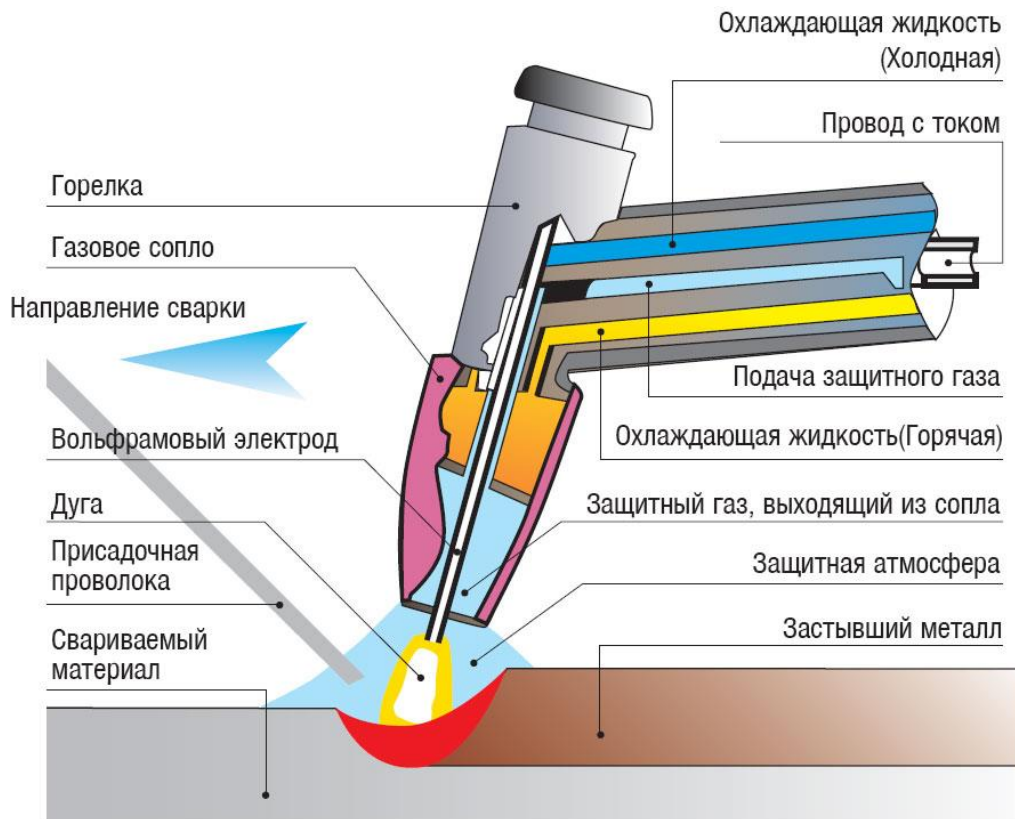


Рисунок 1.2 – Конструкція плазмового сопла

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

СУ-81/3-9 6.151.08.ПЗ

Арк.

15

Для отримання плазми, що використовується в технологічних цілях, розроблені пристрої, які називаються плазмотронами або плазмовими пальниками (рис. 1.3). Найбільш поширені плазмотрони, у яких нагрівання газу здійснюється електричним дуговим розрядом. Можуть використовуватися височастотні плазмотрони з так званим безелектродним розрядом

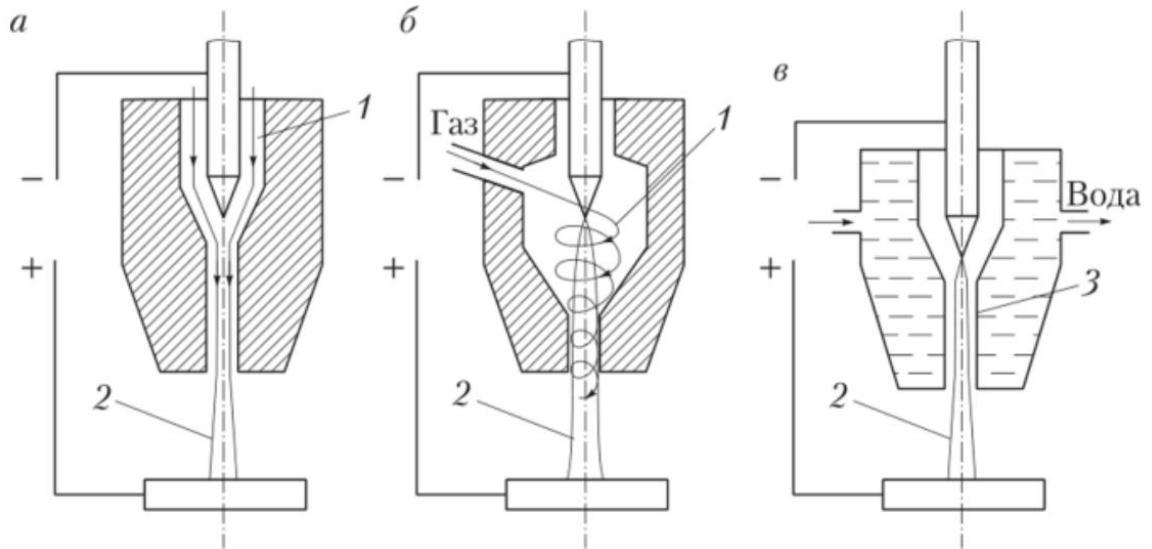


Рисунок 1.3 – Схеми плазмотронів з різними способами стабілізації:

- а) з використанням аксіального потоку газу; б) з використанням тангенціального потоку газу; в) з водоохолоджувальною стінкою

У дугових плазмотронах плазма може бути отримана за різних видів взаємодії дуги з плазмоутворюючим газом. Стиснення дуги в плазмотроні може здійснюватися аксіальним потоком газу 1, що створює шар 2, що обмежує стовп дугового розряду (рис. 1.3 а). При тангенціальній подачі газу в дугову камеру плазмотрона (рис. 1.3 б) стабілізація досягається за рахунок вихрового потоку 1 плазмоутворюючого газу.[8]

Ефективним способом стабілізації дугового розряду в плазмотроні та підвищення його енергетичних характеристик є обмеження діаметра стовпа дугового розряду водоохолоджувальною стінкою 3 (рис. 1.3 в).

Стінка виконується у вигляді мідного водоохолоджувального сопла невеликого діаметру, що обмежує зовнішній діаметр дуги 2. Плазмоутворюючий газ значною мірою визначає технологічні можливості плазмової дуги. Для цього використовується аргон, гелій, азот, водень, кисень і повітря.

					СУ-81/3-9 6.151.08.ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.4 Основні фізичні характеристики та властивості плазми

Ступінь іонізації плазми - це кількісна характеристика, що визначає співвідношення у плазмі заряджених та нейтральних частинок:

$$x = n/N,$$

де n - концентрація у плазмі заряджених частинок одного знака (іонів або електронів); N - кількість нейтральних молекул або атомів газу до його іонізації. Ступінь іонізації плазми залежить від багатьох факторів, і насамперед від температури.

Квазінейтральність плазми означає, що у певному обсязі число негативно заряджених частинок (в реальних умовах — електронів) дорівнює числу позитивно заряджених частинок (іонів), інакше мають виникнути електричні поля, які призводять до перерозподілу зарядів.

У міру зниження тиску кількість частинок в обсязі зменшується, і може настати момент, коли кількість частинок буде настільки мало, що умови квазінейтральності не виконуватимуться. Обсяг, у якому порушується квазінейтральність плазми, визначається дебаївським радіусом (від імені голландського фізика П. Дебая): [9]

$$r_D = 5\sqrt{T_e/n},$$

де r_D - дебаєвський радіус, см; T_e - температура (електронна), К; n - концентрація електронів.

Температура плазми є найважливішою характеристикою. У плазмотронах вона може досягати $(2...5) \times 10^4$ К. З деякими припущеннями плазму можна розглядати як ідеальний газ, тому що при високих температурах концентрація частинок у плазмі, незважаючи на порівняно більший тиск, мала і для неї можна вважати справедливими рівняння ідеального газу, у тому числі основний закон газового стану.

$$pV = RT,$$

де $N = 6,02 \cdot 10^{23}$ моль⁻¹ – число Авогадро.

Ентальпія плазми є важливою енергетичною характеристикою плазмового струменя і залежить як від температури, так і від виду плазмоутворюючого газу. Як очевидно з графіка, наведеного на (рис. 1.4) ентальпія H моноатомних газів збільшується з підвищенням температури завдяки підвищенню енергії теплового руху атомів газу та їх іонізації.

У молекулярних газів у процесі нагрівання ентальпія навіть за порівняно невисоких температурах різко зростає з допомогою процесу дисоціації, та був починається ентальпія з допомогою іонізації. Тому для технологічних процесів, у яких не потрібні дуже високі температури (понад 10^4 К), як плазмоутворюючі гази доцільно використовувати азот, водень, кисень, повітря.

					СУ-81/3-9 6.151.08.ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для отримання більш високих температур слід застосовувати плазму одноатомних газів (аргону, гелію).

На ентальпію плазмового потоку сильний вплив надає витрата плазмоутворюючого газу. Як правило, збільшення витрати газу призводить до зниження ефективності теплопередачі від дугового або високочастотного розряду до газового катоду та ентальпія газу зменшується.

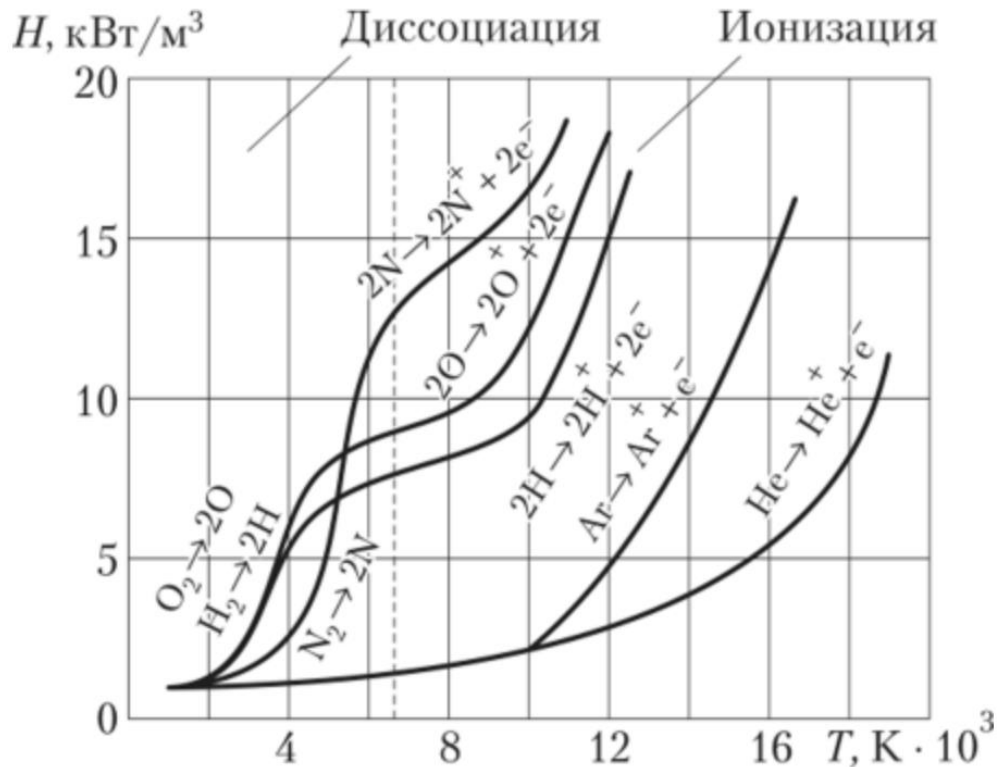


Рисунок 1.4 – Залежність ентальпії моноатомних та молекулярних газів від температури плазми

Великі можливості регулювання ентальпії плазми відкриває використання суміші газів (наприклад, аргон + гелій, аргон + водень) з різними ентальпійними характеристиками. Найбільш високими питомими значеннями ентальпії має водень, проте його застосування в плазмотронах у чистому вигляді веде до швидкого руйнування електродів.

Тому в технологічних процесах використовують воднево-азотну або водневоаргонову суміш газів, в яких об'ємний вміст водню становить близько 10...20%.

Під час розгляду плазми як сукупності заряджених часток різних знаків, вводять поняття електронної T_e та іонної T_i температур. Такий підхід дозволяє детальніше розглянути енергію окремих частинок, що становлять плазму. Справа в тому, що на відміну від звичайної

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

СУ-81/3-9 6.151.08.ПЗ

Арк.

18

газової суміші, всі частинки якої мають однакову середню кінетичну енергію теплового руху, у електронів, іонів та нейтральних атомів ця енергія різна.

1.5 Плазмові джерела енергії

При нагріванні плазмою поверхонь заготовок деталей передача енергії може здійснюватися за рахунок процесів теплообміну нагрітого газу з твердою або рідкою фазою (заготівля деталі електрично не пов'язана з джерелом живлення) або за рахунок сумарної дії теплообміну та електричної взаємодії заряджених частинок плазми з електродом-заготівлею.

Ефективність нагрівання у разі вище, але матеріал деталі може бути електропровідним. Застосовуються три основні схеми плазмотронів (рис. 1.5). [10]

У двох випадках (рис. 1.5 а, б) для отримання плазми використовується електричний дуговий розряд, а на схемі, наведеній на (рис. 1.5, в), нагрівання газу та утворення плазми здійснюються за рахунок безелектродного високочастотного індукційного розряду.

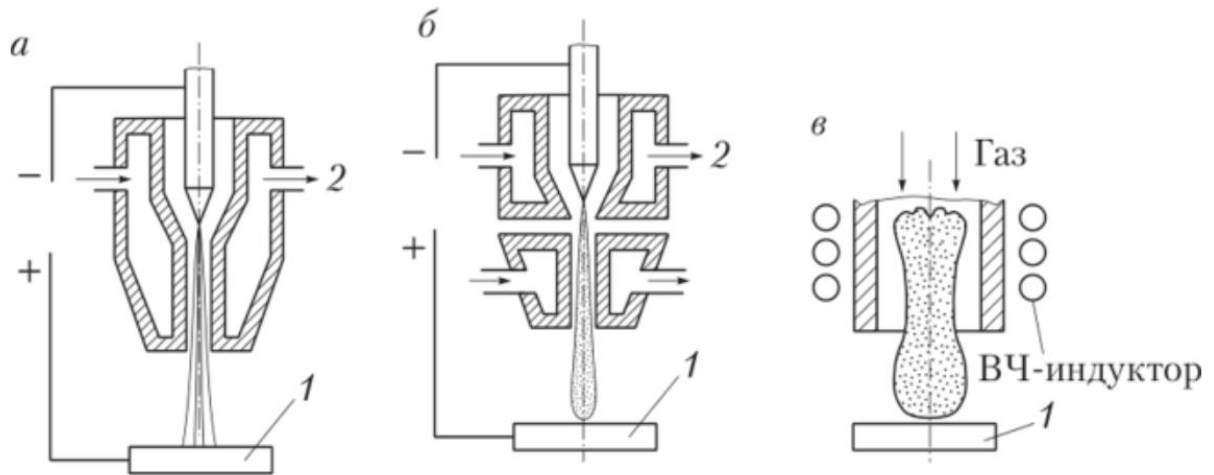


Рисунок 1.5 – Схеми основних видів джерел плазмової енергії:

- а) плазмотрон прямої дії; б) плазмотрон непрямої дії; в) плазмотрон із використанням безелектродного високочастотного індукційного розряду

Велика швидкість потоку плазми при виході з плазмотрона дозволяє отримувати значний газодинамічний напір, який зростає зі збільшенням сили струму.

У потоці плазми можна сформувати практично будь-яку речовину в дрібнокрапельній або паровій фазі. Разом з високою температурою такі умови сприятливі для різних хімічних реакцій, що дозволяє одержувати у паровій фазі нітриди та карбіди, оксиди тугоплавких металів та неметали високої чистоти.

1.6 Технологічне використання плазми

Плазмовий нагрів поверхонь ефективний при плазмово-механічній обробці металів. Схема плазмово-механічного зварювання важкооброблюваних матеріалів (рис. 1.6). При

					СУ-81/3-9 6.151.08.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

нагріванні міцність оброблюваного матеріалу знижується, а пластичність підвищується, що полегшує умови процесу різання.

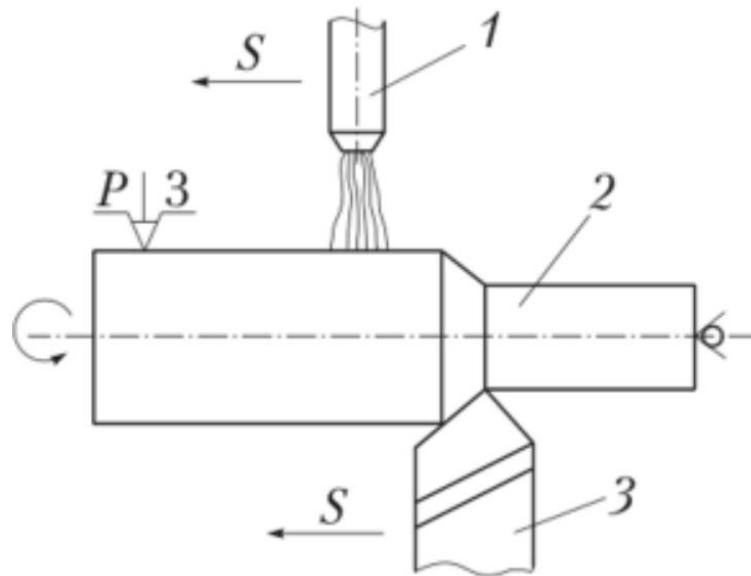


Рисунок 1.6 – Схема плазово-механічного зварювання важкооброблюваних матеріалів

Зазначений спосіб використовується при обробці жароміцних сталей, сплавів на основі вольфраму та молібдену, що підвищує продуктивність у 6...8 разів при збільшенні стійкості різців у 5...6 разів. Спосіб плавлення дозволяє використовувати різні середовища та вихідні матеріали при мінімальних втратах легуючих компонентів. Найбільш поширена схема печі для плавки у водоохолоджуваному кристалізаторі (рис. 1.7). [11]

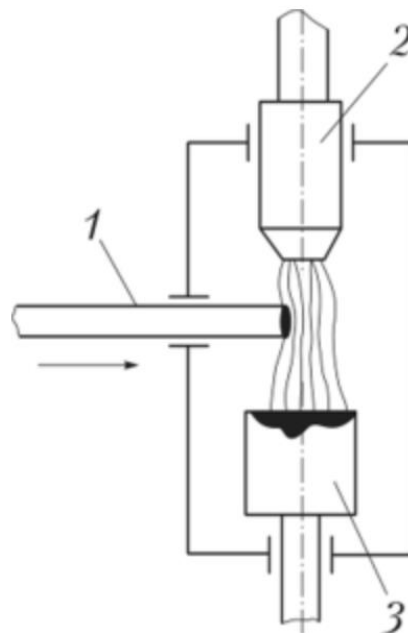


Рисунок 1.7 – Схема печі для плазової плавки у водоохолоджуваному кристалізаторі:

1 – метал, що переплавляється; 2 – плазмотрон; 3 – кристалізатор.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

СУ-81/3-9 6.151.08.ПЗ

Арк.

20

Переплавляється метал подається в плазмовий струмінь, створюваний плазмотроном. Розплавлений метал потрапляє на водоохолодний кристалізатор, який, переміщаючись із заданою швидкістю вниз, формує злиток.

У таких печах виплавляють інструментальні сталі. Плазмове нагрівання використовується для плавки металу з подальшим подрібненням розплаву та кристалізації його у вигляді малорозмірних крапель.

Надалі отриманий матеріал використовують у порошковій металургії, для наплавлення поверхонь деталей і т.д. Подрібнення металу здійснюють найчастіше шляхом його розбризкування у розплавленому стані при обертанні тигеля 1 (рис. 1.8). Потрапляючи на холодні стінки кристалізатора, краплі рідкого металу тверднуть і як гранули осідають на дно камери.

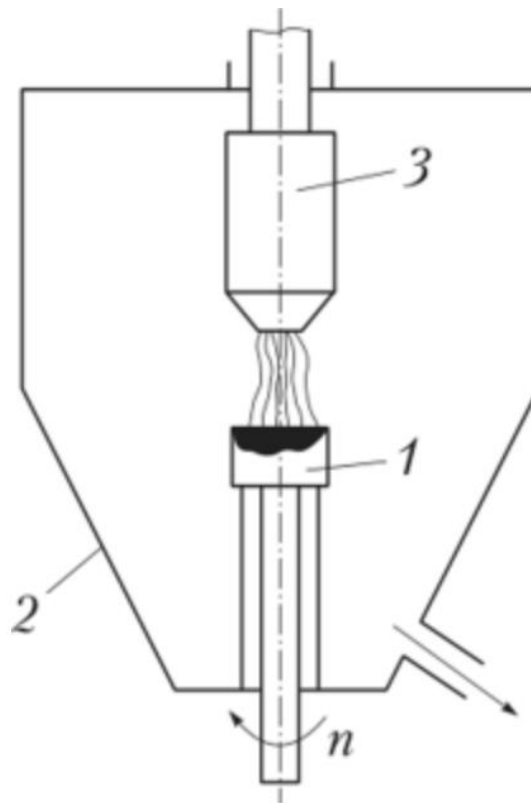


Рисунок 1.8 – Схема плазмової плавки металу з подальшим подрібненням розплаву:

1 – тигель, що обертається; 2 – стінки кристалізатора; 3 – плазмотрон

1.7 Плазмове зварювання та наплавлення

Плазмовим зварюванням за один прохід зварюють деталі товщиною до 20 мм, що дасть можливість підвищити продуктивність процесу, зменшити деформації, що виникають при зварюванні. Плазмова наплавка використовується для осадження на оброблювані заготовки шарів з металів і сплавів, що відрізняються за хімічним складом матеріалу підкладки, що може

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

СУ-81/3-9 6.151.08.ПЗ

Арк.

21

підвищувати їх експлуатаційні характеристики. Наприклад, деякі деталі та вузли сучасних машин та апаратів працюють у таких умовах, за яких вони повинні бути одночасно механічно міцними та стійкими при впливі на них високих температур, хімічно агресивних середовищ тощо.

Виконувати такі вироби з одного матеріалу практично неможливо та економічно недоцільно. Набагато вигідніше і простіше виготовити деталь, наприклад, з конструкційної сталі, що задовольняє вимогам механічної міцності, і покрити поверхню жароміцним, зносостійким або кислототривким сплавом.

Використовуючи в якості захисних покриттів різні за хімічним складом металеві та неметалічні матеріали, можна надавати поверхням деталей необхідні механічні, теплові, діелектричні та інші властивості. Найбільш універсальні та досконалі методи осадження захисних покриттів - наплавлення та осадження покриттів плазмовою дугою.

Матеріал покриття, спеціально приготований у вигляді дрібногранульованого порошку або дроту, подається в потік плазмового струменя і, нагріваючись або розплавляючись в цьому потоці, переноситься з ним на поверхню виробу, що обробляється. Одночасно струмінь плазми нагріває виріб. [12]

Переваги плазмового осадження покриттів перед іншими способами (гальванічним, вакуумним, киснево-ацетиленовим тощо) полягають у наступному:

- 1) висока температура плазмового потоку дозволяє розплавляти і наносити тугоплавкі матеріали;
- 2) потік плазми дозволяє отримувати різні сплави за властивостями матеріалів або наносити багатошарові покриття з різних сплавів. Це відкриває широку можливість отримання покриттів, що поєднують різноманітні захисні властивості;
- 3) можливості цього способу не обмежені формою та розмірами оброблюваної заготовки;
- 4) плазмове дуга - найбільш гнучке джерело нагрівання, що дозволяє в широких межах регулювати його енергетичні характеристики.

Для плазмового наплавлення найбільш широко використовується плазмотрон комбінованої дії. При горінні дуги такого плазмотрона між вольфрамовим електродом і соплом відбувається розплавлення присадного металевих порошку, а при горінні дуги між електродом та виробом поверхня останнього нагрівається та забезпечується сплавлення присадного та основного металів. Використання комбінованої плазмової дуги дозволяє отримувати мінімальну глибину проплавлення основного металу у складі наплавленого, що є

					СУ-81/3-9 6.151.08.ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

найважливішою технологічною перевагою плазмового наплавлення порівняно з іншими способами наплавлення (відкритою дугою, дугою під флюсом, індукційною).

Захист шару, що наплавляється від впливу навколишнього середовища забезпечується потоком інертного газу, що подається в зовнішнє сопло плазмотрона. Присадковий порошок транспортується інертним газом із спеціального порошкового живильника. [13]

Плазмовою наплавкою з використанням металевого порошку можна отримати жаростійкі та найбільш зносостійкі покриття зі сплавів на основі нікелю та кобальту. Цей спосіб дозволяє сформуванню тонкий рівномірний шар покриття з гладкою безпористою поверхнею, яка часто не вимагає додаткової механічної обробки.

При плазмовому наплавленні струмоведучим присадним дротом дуга горить між катодом плазмотрона і є дротом, що є анодом, рівномірно подається в простір між соплом і виробом. Цей спосіб забезпечує більш високу продуктивність процесу наплавлення при малій глибині проплавлення основного металу, проте можливості отримання топкого та рівномірного шару при такому способі наплавлення обмежені.

Застосування присадного матеріалу як порошку дозволяє використовувати для наплавлення практично будь-які сплави, що важко здійснити при подачі в зону обробки дроту як присадковий матеріал. При плазмовому наплавленні як плазмоутворюючий, захисний і транспортуючий газ застосовується зазвичай аргон. Витрата газу та діапазон робочих струмів та напруг при наплавленні приблизно такий же, як і при плазмовому зварюванні.

					СУ-81/3-9 6.151.08.ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2 СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ ЗВАРЮВАННЯМ ПЛАЗМОЮ

2.1 Аналіз процесу зварювання плазмою

Структурна схема процесу зварювання плазмою зображена на рисунку 2.1.

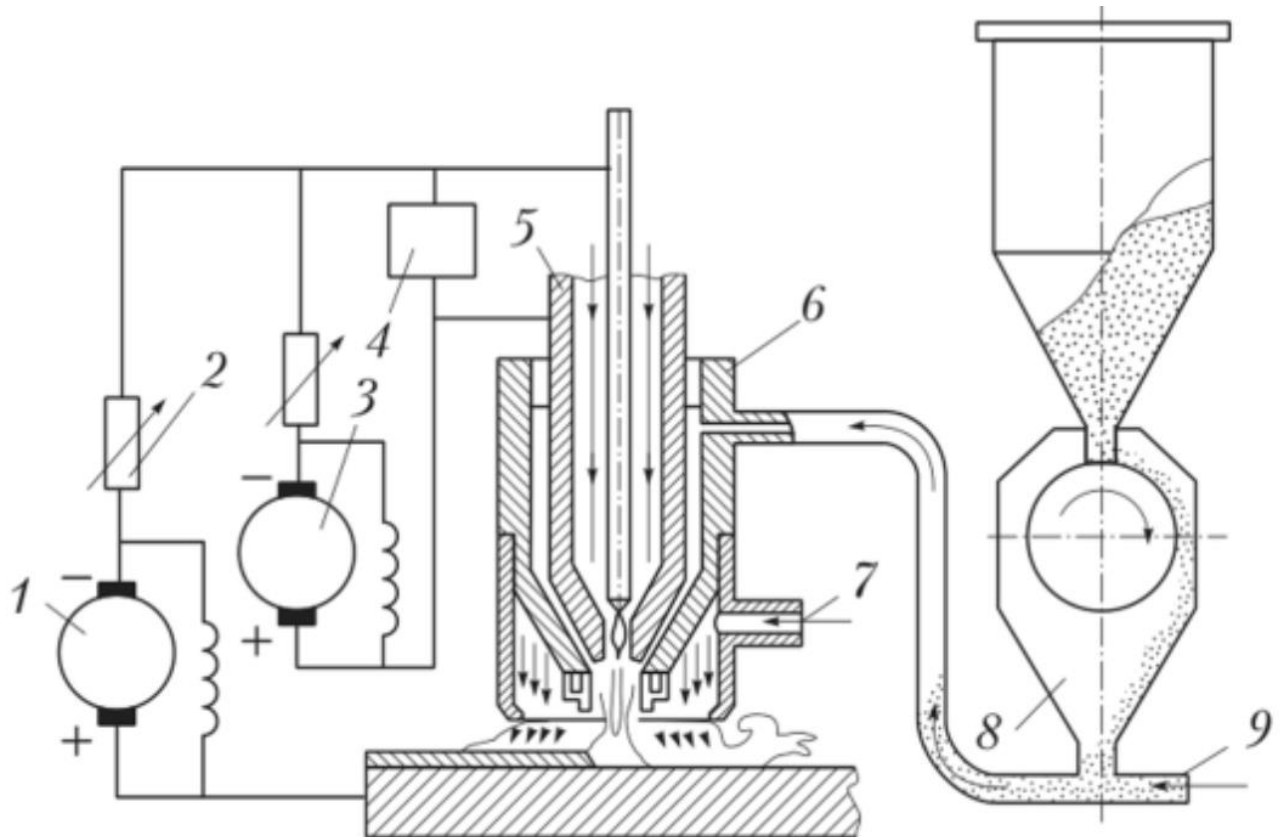


Рисунок 2.1 – Схема установки для плазмового наплавлення металевим порошком:

1 – джерело живлення дуги прямої дії; 2 – баластні опори; 3 – джерело живлення дуги непрямої дії; 4 – осцилятор; 5 – сопло для плазмоутворюючого газу; 6 – корпус пальника; 7 – отвір для введення захисного газу; 8 – живильник для подачі порошку; 9 – трубопровід, яким подається газ, несучий порошок

На досопловій ділянці плазмотрона відбувається плазмоутворення. Порошок разом з газом, що його транспортує, подається в невеликий отвір поблизу виходу з сопла, який входить в найбільш високотемпературну область плазмового струменя. [14]

Нагрів порошку відбувається на ділянці, яка починається від анодної плями і закінчується факелом плазми. Ефективність нагрівання частинок порошку визначається часом перебування у плазмі, тобто. відстанню від зрізу сопла до виробу, і потужністю плазмового

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

СУ-81/3-9 6.151.08.ПЗ

Арк.

24

струменя. Підвищення потужності може бути досягнуто при використанні двоатомних газів з високим тепловмістом, наприклад N₂ і H₂.

Завдяки високій теплопровідності водню збільшується довжина високотемпературної частини факела, що дозволяє підвищувати температуру порошку за рахунок видалення плазмотрона від виробу, що обробляється. Однак швидкість плазмового струменя з видаленням від зрізу сопла знижується. У цьому випадку слід витримувати оптимальну відстань від зрізу сопла до поверхні заготовки, яка залежить від параметрів режиму осадження покриттів, матеріалу покриття та заготівлі та змінюється від 4 до 20 мм. [15]

Потужність плазмотрона можна підвищити при збільшенні довжини досоплової та внутрішньосоплової ділянок стовпа дуги, проте при надмірному збільшенні внутрішньосоплової ділянки утруднюється збудження дуги, зазвичай виробляється за допомогою високочастотного пробую.

Збільшення довжини каналу сопла вище певної межі призводить до явища шунтування стовпа дуги та зниження ККД плазмотрона. Зазвичай у плазмотронах такого типу діаметр сопла становить у 5...6 мм, довжина досоплової ділянки — 4...8 мм, а довжина каналу сопла — 10... 18 мм. Підвищення потужності плазмотрона з допомогою збільшення сили струму дуги обмежується стійкістю матеріалу сопла (анода). При ерозії сопла з'являється не тільки небезпека його руйнування, а й можливість забруднення матеріалу покриття, що може різко погіршити якість поверхні виробу.

У плазмотронах обертання анодної плями внутрішньої стінки сопла створюється або за допомогою вихрової системи введення робочого газу, або за допомогою магнітного поля, яке утворюється катушкою постійного струму, змонтованої на поверхні сопла. При використанні водню як робочого газу з метою зменшення величини теплового потоку, спрямованого від дуги до сопла, водень подають у зону обробки в суміші з аргоном, що забезпечує теплову ізоляцію сопла від стовпа дуги. Зазвичай у плазмотронах для осадження та формування покриттів сила струму не перевищує 400 А, напруга при використанні азоту та суміші водню з аргоном залежно від їхньої витрати змінюється в межах 60... 100 В, а потужність не перевищує 40 кВт. [16]

Продуктивність процесу в залежності від матеріалу покриття становить 2...3 кг/год. Якість обробки поверхні при плазмовому осадженні покриттів визначається максимальною міцністю зчеплення матеріалу покриття із заготівлею та мінімальною пористістю покриття. Висока якість покриття забезпечується відповідно до фізичних властивостей матеріалів, наприклад у разі близькості значень їх коефіцієнтів теплового розширення.

					СУ-81/3-9 6.151.08.ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

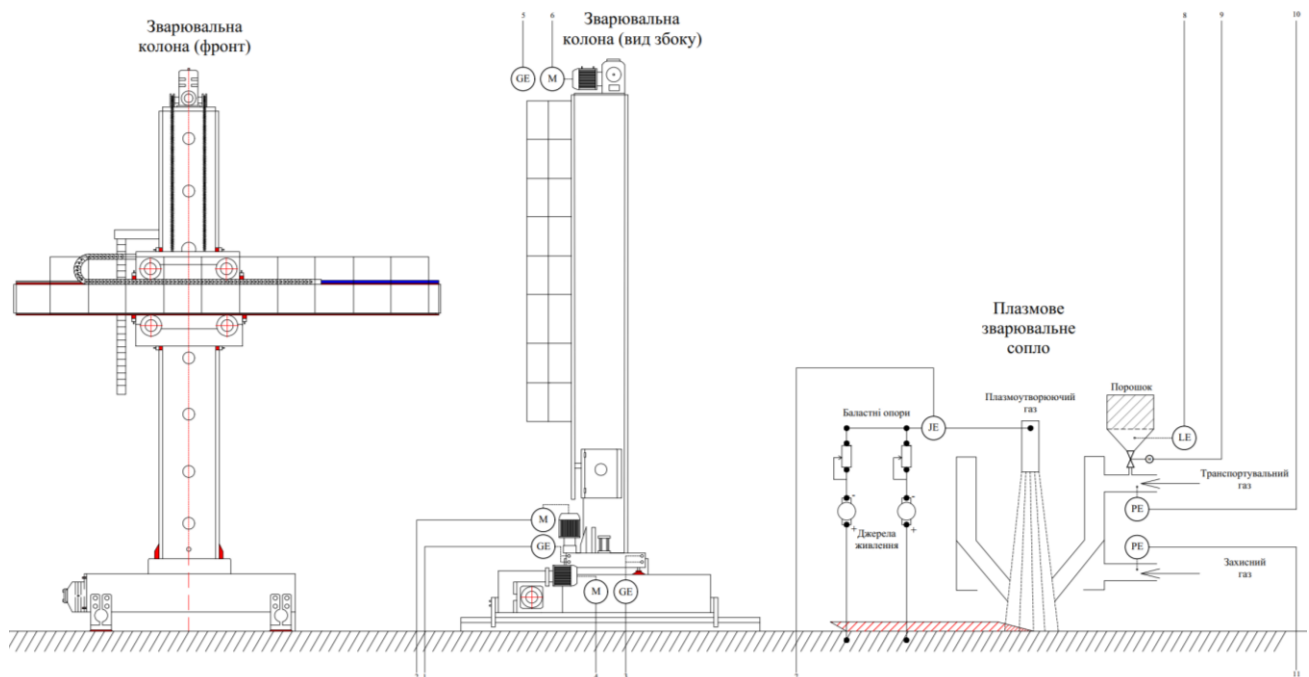
Підвищення якості досягається при ретельній підготовці поверхні виробу перед процесом (знежирення, сушіння тощо) та правильному виборі параметрів режиму формування покриттів на поверхні заготовки.

2.2 Функціональні задачі керування

Сучасна зварювальна установка має у своєму складі велику кількість обладнання і вимагає простого централізованого керування. Це забезпечується застосуванням сучасних систем автоматизованого управління.

Проаналізувавши технологічну та структурну схему процесу зварювання плазмою виділимо основні функціональні задачі управління:

- Регулювання горизонтального переміщення зварювальної колони;
- Регулювання вертикального переміщення зварювальної колони;
- Регулювання осевого переміщення плазмового сопла;
- Контроль рівня в порошковому збірнику;
- Контроль зварювального струму;
- Контроль тиску транспортувального газу;
- Контроль тиску захисного газу.



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

СУ-81/3-9 6.151.08.ПЗ

Арк.

26

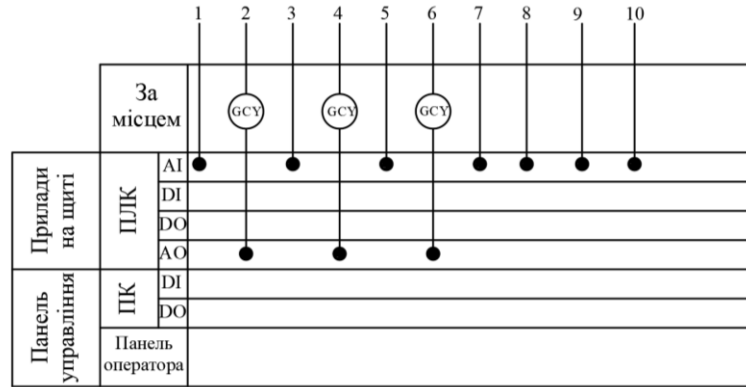


Рисунок 2.2 – Контури контролю зварювальної установки

2.3 Опис контурів керування

2.3.1 Регулювання горизонтального, вертикального, осьового переміщення зварювальної колони.

До завдань контуру регулювання переміщеннями колони входить управління асинхронними електродвигунами за допомогою частотних перетворювачів, які в свою чергу, керуються сигналом 4 – 20 мА, який надходить від ПЛК.

Також даним контуром передбачено наявність датчика положення зварювальної колони у просторі, що в свою чергу дозволяє відстежувати положення та більш точно регулювати процес зварювання та допускати менше поганих зварних швів та браку.

2.3.2 Контур контролю зварювального струму, тиску транспортувального та захисного газів та рівня порошку.

Основною задачею контура контролю є індикація параметрів для безаварійного управління процесами зварювання. Для контурів встановлено датчики тиску та контролю струму відповідно, які підключені до ПЛК.

За результатами аналізу контурів керування, можемо скласти таблицю вхідних та вихідних сигналів див. табл. 1 та 2.

					СУ-81/3-9 6.151.08.ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1 – Таблиця вхідних сигналів

Таблиця вхідних сигналів			
№ п/п	Сигнал	Діапазон вимірювань	Тип сигналу
1	Рівень порошку	0 – 100%	Аналоговий
2	Положення колони №1	0 – 100%	Аналоговий
3	Положення колони №2	0 – 100%	Аналоговий
4	Положення колони №3	0 – 100%	Аналоговий
5	Контроль струму зварювання	0 – 400 А	Аналоговий
6	Контроль тиску транспортувального газу	0 – 300 кПа	Аналоговий
7	Контроль тиску захисного газу	0 – 700 кПа	Аналоговий

Таблиця 2 – Таблиця вихідних сигналів

Таблиця вихідних сигналів				
№ п/п	Сигнал	Діапазон вимірювань	Тип сигналу	Виконавчий механізм
1	Керування асинхронним двигуном №1	0 – 100%	Аналоговий	Двигун АИР 132 М2
2	Керування асинхронним двигуном №2	0 – 100%	Аналоговий	Двигун АИР 132 М2
3	Керування асинхронним двигуном №3	0 – 100%	Аналоговий	Двигун АИР 132 М2

2.4 Функціональні схеми автоматизації

Функціональні схеми автоматизації є основним проєктним документом, що визначає структуру та рівень автоматизації технологічного процесу проєктованого об'єкта та оснащення його приладами та засобами автоматизації (у тому числі засобами обчислювальної техніки).

Функціональні схеми являють собою креслення, на яких за допомогою умовних зображень показують технологічне обладнання, комунікації, органи управління, прилади та засоби автоматизації, засоби обчислювальної техніки та інші агрегатні комплекси із зазначенням зв'язків між приладами та засобами автоматизації, таблиці умовних позначень та пояснення до схеми.

Пропонується схема автоматизації на кресленні СУ-81/3-9 6.151.08 А4

					СУ-81/3-9 6.151.08.ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3 ВИБІР ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ

3.1 Підбір ПЛК та ПК

В дипломному проекті було використано промисловий логічний контролер фірми Schneider Electric – M340. Modicon M340 (рис 3.1) – промисловий контролер нового покоління фірми Schneider Electric, для програмування якого використовується програмне забезпечення UNITY PRO. [17]

Modicon M340 – контролер модульного типу, конфігурація якого вибирається в залежності від кількості входів-виходів і алгоритму управління.

Для контролера M340 доступні наступні комунікаційні протоколи: Modbus RTU / ASCII, Ethernet Modbus TCP / IP, Modbus Plus, CANopen master, Profibus DP, AS-interface V3 master. Для під'єднання панелі оператора типу XBT GT безпосередньо можна використовувати інтерфейс USB, таким чином немає необхідності в додатковому модулі Modbus.

Типова продуктивність для контролера для контролерів R34 2000 - 8100 булевих інструкцій за мілісекунду. Модулі дискретного введення / виведення можуть мати до 64 каналів.

Для введення можна використовувати сигнали 24, 48, 110В як постійного, так і змінного струму, а також 220В змін. струму. Для модулів виводу доступні як транзисторні виходи 24В пост. струму, так і релейні виходи 220В змін. струму.

Модулі аналогового вводу підтримують стандартні уніфіковані діапазони (4-20 мА, 0-10В в різних варіаціях), а також всі види датчиків температури. Модулі аналогового виводу доступні щільністю до 8 каналів з вихідним сигналом 4-20 мА.

Розрядність АЦП модулів аналогового вводу-виводу - 16 біт, або 15 біт плюс знак. До спеціалізованих каналів відносяться рахункові модулі, що підтримують підключення енкодерів з push-pull виходом, модулі підключення SSI-енкодера і модулі контролю руху з ПТО-виходом для управління сервоприводами. [15]

Цей продукт згідно з вимогами МЭК 61131-3 (IEC 61131-3) має п'ять мов програмування:

- IL (Instruction List) - асемблер-подібна мова;
- ST (Structured Text) - структурований текст (Pascal - подібна мова);
- LD (Ladder Diagram) – мова релейних діаграм;
- FBD (Function Block Diagram) – мова функціональних блоків;
- SFC (Sequential Function Chart) – мова діаграм станів.

					СУ-81/3-9 6.151.08.ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 3.1 – ПЛК Modicon M340

Перевагами modicon m340 є:

- реалізація простих та середніх задач;
- оперативний і простий процес знайомства з контролером;
- зручний у використанні стандартний набір команд і доступні для розуміння принципи програмування дозволяють значно знижувати витрати часу на розробку проектів;
- оперативний і простий процес знайомства з контролером;
- широкий спектр модулів для максимальної адаптації згідно завдання;
- використання локальних та розподілених структур вводу – виводу та проста наладка мережевої конфігурації;
- зручна конструкція та робота з природнім охолодженням;
- висока потужність завдяки наявності великої кількості функцій.

В порівнянні з контролерами інших виробників (таблиця 4), плк m340 (таблиця 3) має більш гнучку мережеву архітектуру та більше можливостей при модернізації існуючої системи управління. Тому і було обрано даний контролер так як повністю задовольняє наші потреби у потужності та кількості необхідних функцій.

Таблиця 3 – Технічні характеристики контролера Schneider M340

Процесор модуля зв'язку	2 модуль зв'язку Ethernet 4 модуль з AS-інтерфейсом
Канали керування	Послідів. канал без розв'язки RJ45 режим передачі: асинхронний у смузі модуляції, RS232C, режим передачі:

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

СУ-81/3-9 6.151.08.ПЗ

Арк.

30

Продовження таблиці 3

Можливості процесора з дискретного вх/вих.	1024 вх/вих. конфігурація з однією стійкою
можливості процесора за аналоговим вч/вих.	256 вх/вих. конфігурація з кількома шасі 66 вх/вих. конфігурація з однією стійкою

Таблиця 4 – Характеристики контролера S7-1200

Центральний процесор	CPU 1211C	CPU 1212C	CPU 1214C	CPU 1215C	CPU 1217C
Встроенная загрузочная память:	1 МБ	1 МБ	4 МБ	4 МБ	4 МБ
• расширение	Картой памяти SIMATIC Memory Card емкостью до 2 Гбайт				
Встроенная рабочая память	30 КБ	50 КБ	75 КБ	100 КБ	125 КБ
Энергонезависимая память	10 КБ для сохранения данных при перебоях в питании контроллера				
Адресное пространство ввода-вывода	1024 байт на ввод/ 1024 байт на вывод				
Типовое время выполнения	Логических операций - 0.08 мкс; операций со словами - 1.7 мкс; математических операций с плавающей запятой - 2.3 мкс				
ПИД регулирование	Есть	Есть	Есть	Есть	Есть
Встроенные скоростные счетчики	6x100 кГц	6x100/30 кГц	6x100/30 кГц	6x100/30 кГц	4x1МГц/6x100 кГц
Импульсные выходы	Только в моделях с транзисторными выходами или при использовании SB 1222				
	4x100 кГц	4x100 кГц	4x100 кГц	4x100 кГц	4x1 МГц/100 кГц
Часы	Встроенные, аппаратные, запас хода 20 суток (1 год с платой буферной батареи)				
Интерфейс PROFINET	1xRJ45, 10/100 Мбит/с			2xRJ45, 10/100 Мбит/с	
Максимальная конфигурация	1xSB/CB/BB + 3xCM	1xSB/CB/BB + 3xCM + 2xSM	1xSB/CB/BB + 3xCM + 8xSM	1xSB/CB/BB + 3xCM + 8xSM	1xSB/CB/BB + 3xCM + 8xSM
К-во встроенных каналов:					
• ввода дискретных сигналов	6x24VDC	8x24VDC	14x24VDC	14x24VDC	10x24VDC+4x5VDC
• вывода дискретных сигналов	4	6	10	10	6x24VDC+4x5VDC
• ввода аналоговых сигналов	2x 0...10 В, 10 бит				
• вывода аналоговых сигналов	-	-	-	2x 0...20мА, 10 бит	
К-во каналов на систему, не более:	В системе локального ввода-вывода				
• ввода дискретных сигналов	10	44	146	146	146
• вывода дискретных сигналов	8	42	142	142	142
• ввода аналоговых сигналов	3	19	67	67	67
• вывода аналоговых сигналов	1	9	33	35	35

1. Центральний процесор P340-20, Modbus (рис 3.2)



Рисунок 3.2 – Модуль центрального процесора P340-20

					СУ-81/3-9 6.151.08.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

Технічні характеристики центрального процесора P340-20 можемо переглянути в таблиці 5.

Таблиця 5 – Технічні характеристики центрального процесора CPU 315-2 PN/DP

Характеристики	Значення
Живлення	220 В
Споживання струму (номінальне)	750 mA
Споживання струму (режим холостого ходу), тип.	150 mA
Нормальний струм увімкнення	2 А
Інтерфейси:	
Число інтерфейсів Modbus 1; 2 порти (комутатор) RJ45	1
Адресна область:	
Входи	2 048 byte
Виходи	2 048 byte
у тому числі децентралізованих:	
Входи	2 048 byte
Виходи	2 048 byte

Процесорні модулі з сімейства BMX P34 володіють винятковими робочими характеристиками, оптимальним розміром пам'яті і зменшеною вагою, що робить їх найбільш привабливим рішенням при автоматизації виробництва. [18]

До складу сімейства BMX P34 •••• входять наступні процесорні модулі:

1. стандартний процесорний модуль BMX P34 1000;
2. високопродуктивний процесорний модуль BMX P34 2010 року;
3. високопродуктивний процесорний модуль BMX P34 2020;
4. високопродуктивний процесорний модуль BMX P34 2030.

Процесорний модуль типу BMX P34 •••• призначений для управління станцією ПЛК в цілому, а саме:

1. обслуговування дискретних модулів входів-виходів;
2. обслуговування аналогових модулів входів-виходів;
3. обслуговування рахункових модулів;
4. обслуговування комунікації.

Комунікація через USB

Для підключення пристроїв людино-машинного інтерфейсу (ЧМІ) до порту USB процесорного модуля необхідно використовувати комунікаційний кабель одного з двох типів:

1. BMX XCA USB 018, довжиною 1,8 м (5,91 фути);
2. BMX XCA USB 045, довгою 4,5 м (14,76 фути).

Обидва кабелю оснащені роз'ємами:

1. Роз'єм USB типу А: для підключення до пристрою ЧМІ;
2. Роз'єм USB типу міні-В: для підключення до порту USB процесорного модуля.

					СУ-81/3-9 6.151.08.ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Аналоговий вхідний модуль ВМХ АМІ 0410 (рис. 3.3)



Рисунок 3.3 – Аналоговий вхідний модуль ВМХ АМІ 0410

Модуль ВМХ АМІ 0410 є 4-х каналним промисловим вимірювальним пристроєм високорівневих сигналів. Спільно з датчиками, модуль виконує функції контролю, вимірювання і безперервного контролю виробничого процесу.

Налаштування діапазону зміни вхідного сигналу проводиться в процесі конфігурації модуля ВМХ АМІ 0410 для кожного каналу. [19]

Діапазони зміни вхідного сигналу можуть бути наступними:

- 1) напруга +/- 10 В / 0-5 В / 0-10 В / 1-5 В / +/- 5 В;
- 2) струм 0-20 мА / 4-20 мА / +/- 20 мА.

Модуль працює з входами по напрузі. До його складу входять 4 резистора, підключених до клемної колодки для забезпечення можливості обробки входів по струму.

Тип вхідних каналів:

- 1) Ізольовані вхідні канали високого рівня;

Вид вхідного сигналу:

- 2) Напруга / струм (внутрішні захисні резистори 250 Ом);

Кількість каналів: 4;

					СУ-81/3-9 6.151.08.ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Час циклу опитування:

- 3) швидкий цикл опитування (періодичний опитування попередньо законфігурованих каналів) $1 \text{ мс} + 1 \text{ мс} \times \text{кількість використуваних каналів}$;
- 4) за замовчуванням (періодичний опитування всіх каналів) 5 мс;

Дозвіл: 16 біт;

Максимально допустиме перевантаження по входу:

- 5) Входи по напрузі: $\pm 30 \text{ В}$ пост. Струму;
- 6) Входи по струму: $\pm 90 \text{ мА}$;

Захист від випадкового перевантаження:

- 7) Від -19,2 до 30 В для ланцюгів постійного струму;

Схема підключення модуля (рис 3.4)

COM 0	2	1	IN_Voltage Channel 0
NC	4	3	IN_Current channel 0
NC	6	5	NC
COM 1	8	7	IN_Voltage Channel 1
NC	10	9	IN_Current channel 1
COM 2	12	11	IN_Voltage Channel 2
NC	14	13	IN_Current Channel 2
NC	16	15	NC
COM 3	18	17	IN_Voltage Channel 1
NC	20	19	IN_Current Channel 1

Рисунок 3.4 – Таблиця підключення

3. Аналоговий вихідний модуль ВМХ АМО 0210 (рис. 3.5)

Модуль ВМХ АМО 0210 має два ізольованих один від одного вихідних каналу.

Діапазони зміни вихідного сигналу можуть бути наступними:

- 1) напруга $\pm 10 \text{ В}$;
- 2) струм 0-20 мА та 4-20 мА.

					СУ-81/3-9 6.151.08.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34



Рисунок 3.5 – Аналоговий вихідний модуль VMX АМО 0210

Налаштування діапазону зміни вхідного сигналу проводиться в процесі конфігурації модуля для кожного каналу. [20]

Тип вихідних каналів

- 1) Ізольовані вихідні канали високого рівня

Вид вихідного сигналу:

- 2) Напруга / струм

Кількість каналів: 4

Аналого-цифровий перетворювач: 15 біт + знак

Час оновлення виходів: ≤ 1 мс

Типи захисту Від короткого замикання і перевантажень (Виходи напруги) ізоляція:

- 3) між каналами 750 В постійного струму
- 4) між каналами і шиною 1400 на постійного струму
- 5) між каналами і землею 1400 на постійного струму

Номінальний діапазон: 0-20 мА, 4-20 мА

Максимальний струм: 24 мА

Опір навантаження: 600 Ом максимум

Схема підключення (рис. 3.6)

					СУ-81/3-9 6.151.08.ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

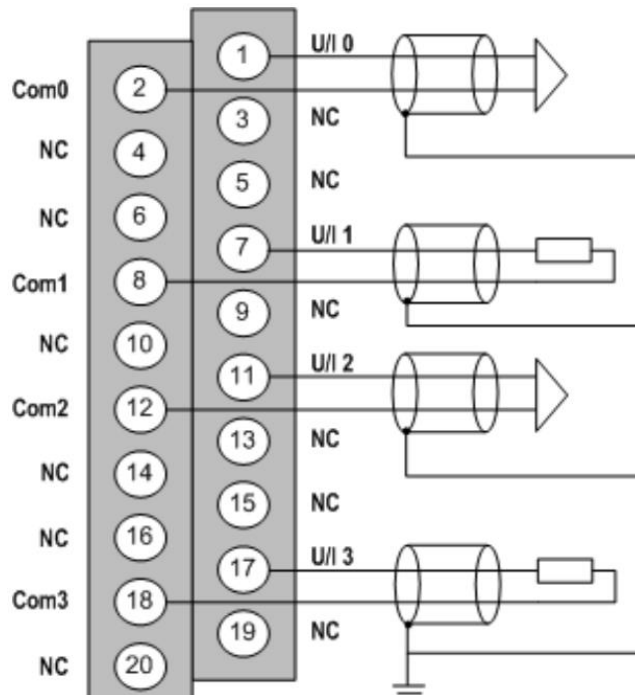


Рисунок 3.6 – Схема підключення вихідного модуля BMX AMO 0210

4. Модуль дискретного виходу BMX DDO 1602 (рис. 3.7)

Модуль BMX DDO 1602 є модулем дискретних транзисторних виходів 24В постійного струму з підключенням через 20-контактну групу.

Це модуль з позитивною логікою: його 16 вихідних каналів передають струм до виконавчих механізмів. Схема підключення (рис 3.8)



Рисунок 3.7 – Дискретний вихідний модуль BMX DDO 1602

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

СУ-81/3-9 6.151.08.ПЗ

Арк.

36

Номинальні значення напруги:

1. 24 В постійного напруги;
2. 0,5 А.

Граничні значення напруги(включаючи пульсації):

1. від 19 до 30 В струм / канал 0,625 А, струм / модуль 10 А

Контроль порогових значень:

1. норма Більше 18 В;
2. помилка Менше 14 В;

Контроль часу реакції:

1. при появі 8 мс $< T < 30$ мс;
2. при зникненні 1 мс $< T < 3$ мс;

Споживання по живленню 3,3 В:

1. типове 79 мА;
2. максимальне 111 мА;

Споживання викон. механізмів 24В:

1. типове 23 мА;
2. максимальне 32 мА;

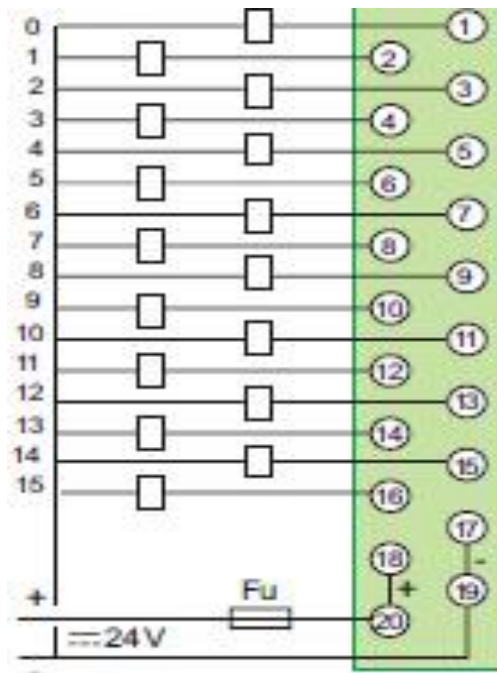


Рисунок 3.8 – Схема підключення вихідного модуля BMX DDO 1602

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

СУ-81/3-9 6.151.08.ПЗ

Арк.

37

5. Модулі живлення:

Модулі живлення BMX CPS призначені для забезпечення живленням монтажних шасі BMX XBP і встановлених на них модулів. Вибір модуля живлення здійснюється на підставі типу електроживлення (змінний або постійний струм) і необхідної споживаної потужності.

Існує два типи модулів живлення:

1. модулі живлення для ланцюгів змінного струму;
2. модулі живлення для ланцюгів постійного струму.

У кожному модулі живлення реалізовані наступні допоміжні функції:

1. панель індикації стану;
2. реле несправності;
3. кнопка скидання, при натисканні на яку проводиться ініціалізація модулів даного монтажного шасі;
4. живлення датчиків 24 В постійного струму (тільки для модулів, підключаються на зовнішнє харчування змінного струму).

Модулі живлення BMX CPS 2000/3500 (рис 3.9) змінного струму мають вбудований роз'єм живлення 24 В постійного струму, який може бути використаний для живлення датчиків.

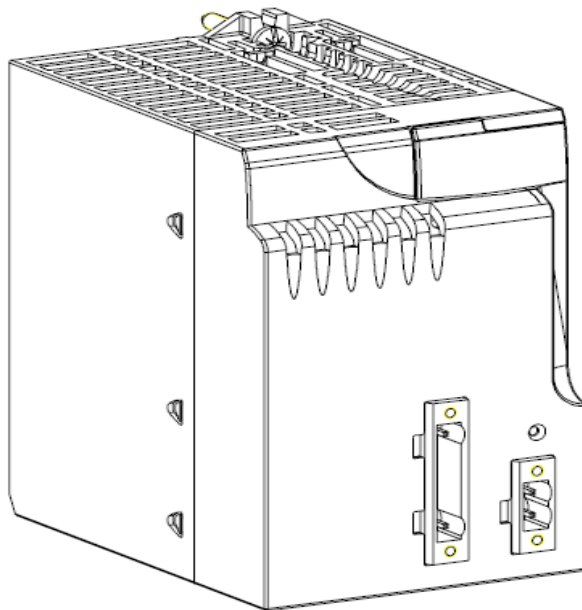


Рисунок 3.9 – Блок живлення контролера

Монтажні шасі BMX XBP представляють собою несучий елемент станції ПЛК Modicon M340. Монтажне шасі призначене для виконання наступних функцій:

Механічна функція:

					СУ-81/3-9 6.151.08.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

- установка і кріплення всіх модулів станції ПЛК (Модуль живлення, процесорний модуль, модулі дискретних і аналогових входів-виходів, спеціалізовані модулі).

Монтажне шасі можна встановлювати різними способами:

- всередині шаф управління;
- безпосередньо на корпусах механізмів;
- на монтажних панелях.

Промисловий комп'ютер (ПК) – це комп'ютер, який повинен забезпечувати роботу усіх програмних засобів у промисловому технологічному процесі на підприємствах. Оскільки ПК зазвичай працюють в важких умовах, тому їх корпуса зазвичай повинні бути захищені від зовнішніх факторів, таких як:

- підвищена вібрація та удари;
- різкі перепади температур навколишнього середовища;
- підвищена волога, взаємодія з водою, пил.

В якості ПК обираємо Siemens SIMATIC IPC647E (рис 3.10) (6AG4112-3FA02-4AX1).



Рисунок 3.10 – Siemens SIMATIC IPC647E

Переглянути технічні характеристики ПК SIMATIC IPC647E можна в таблиці 9.

Таблиця 6 – Технічні характеристики промислового комп'ютера SIMATIC IPC647E

Характеристика	Значення
Інтерфейси	- 3 x LAN 10/100/1000 Mbit/s Ethernet interface. - 4x USB3.1 Gen2 (Type A), 2x USB3.1 Gen2 (Type C) на задній панелі; 2 порти USB3.1 Gen1 (тип A) на передній панелі; 1 вбудований порт USB3.1 Gen2 (тип A); 1x внутрішній слот M.2;
Процесори	- Core i5-8500 (6C/6T, 3,0 (4,1) ГГц, 9 МБ кеш-пам'яті, ТБ, АМТ); Плата 4 слоти: 2x PCIe x16 (8), 1x PCIe x16 (4), 1x PCIe x16 (1);
Оперативна пам'ять	16 ГБ DDR4 SDRAM (2x 8 ГБ), двоканальний

					СУ-81/3-9 6.151.08.ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розширення графіки	- PCI-Express графічна карта x16, (з підтримкою двох моніторів: 2 x VGA або 2 x DVI-D з адаптером), 256 МБ, дозвіл до 2048 x 1536 пікселів, 75 Гц, 32-бітний колір; - Адаптер для кабелю (DVI-I в VGA) для вбудованого графічного інтерфейсу (1 x VGA) для підключення монітора з аналоговим входом.
Накопичувачі	- 1 TB HDD 3.5" SATA
ОС	- Windows 10 Enterprise 2016 LTSC, Multi Language (En, De, Fr, It, Sp), 64 bit [for Core i3/i5]

Схему електричну принципову підключення до ПЛК зображено на кресленні СУ-81/3-9 6.151.08 С1.

3.2 Підбір давачів

В якості давача рівня використовується рівнемір Rosemount 5400 (рис. 3.11), який забезпечує точність вимірювань рівня рідин, суспензій і сухих речовин. Вимірювання проводиться безконтактним методом, відсутні механічні рухомі частини, для яких може знадобитися технічне обслуговування.

Вимірювання рівня здійснюється зверху вниз, і тому на результат вимірювань не впливають більшість властивостей середовища, таких як зміни щільності і в'язкості.

Rosemount 5400 призначений для подолання проблем отримання надійних вимірювань сипучих речовин. [21]

Його унікальний алгоритм забезпечує надійне вимірювання твердих матеріалів в складних умовах, таких як кутові або нерівні поверхні, множинні луна-сигнали від поверхні і продукти з низькою діелектричної постійної.



Рисунок 3.11 – Rosemount 5400

					СУ-81/3-9 6.151.08.ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Технічні характеристики:

- 1) робочий тиск до 1,5 мПа;
- 2) повний вакуум до 16 бар;
- 3) робоча температура від -40 до 150 ° C, від -55 до 200 ° C;
- 4) протокол передачі даних 4-20 мА / HART®, Foundation™ Fieldbus, Modbus;
- 5) сертифікати безпеки Випробуваний і схвалений TÜV на захист від переливів відповідно до норм WHG.

Тип антени:

- 1) конічна, стрижнева, з технологічним ущільненням, параболічна;
- 2) робоча частота: опції з низькою або високою частотою (6 ГГц або 26 ГГц).

Можливості:

- 1) з'єднання з продувкою повітрям запобігає засмічення антени в умовах сильної запиленості та застосуваннях з великою ймовірністю відкладень продукту;
- 2) технологія подвійного порту (Dual Port) забезпечує оптимальну потужність і чутливість сигналу;
- 3) діагностика показників якості ехосигнала (Signal Quality Metrics) допомагає виявляти і контролювати аномальні технологічні умови, такі як утворення піни і відкладень на антені;
- 4) вимірювання рівня сипучих середовищ за допомогою унікального алгоритму.

Рівень середовища вимірюється за допомогою коротких радарних імпульсів, що передаються від випромінювача з антеною, які знаходяться у верхній частині резервуара, у напрямку до цього середовища.

Коли радарний імпульс досягає поверхні середовища, частина енергії розсіюється в середовищі, а частина відбивається назад в рівнемір. Час затримки між випромінюванням і прийомом відбитого ехо сигналу пропорційно віддалі, на основі якого розраховується рівень.

Інтелектуальна технологія обробки ехо сигналу забезпечує високоефективне пригнічення помилкових відображень, а також шумів і перешкод, пов'язаних з хвилюванням поверхні вимірюваного продукту, забрудненнями антени та іншими факторами, що негативно впливають на якість вимірювань. Таким чином, можна з високою точністю обчислити відстань до продукту і рівень продукту в резервуарі. Габаритні розміри датчика наведені на (рис 3.12.)

Даний рівнемір має унікальну незасмічувану констуркцію, яка дуже зручна для обслуговування даного датчика. Також він має ступінь вологозахисту IP65. Даний датчик рівня повністю задовольняє потреби даної системи автоматизації.

					СУ-81/3-9 6.151.08.ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

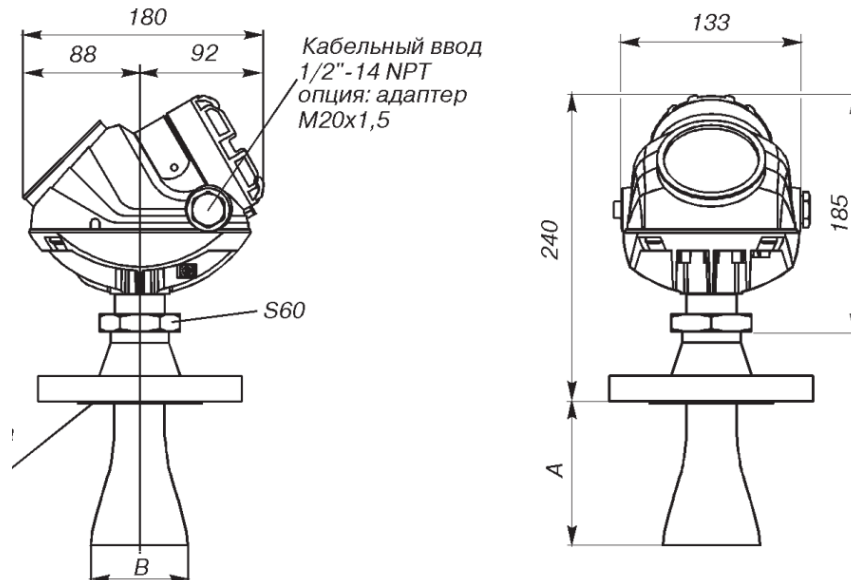


Рисунок 3.12. – Габаритні розміри датчика рівня: А – Довжина чутливого елементу(75мм); В – ширина чутливого елементу(25мм)

Рівнеміри Rosemount 5400 передбачають можливість роботи як в автономному режимі, так і в складі систем АСУ ТП. В процесі роботи рівнеміра інформація про рівень наповнення резервуара передається у вигляді аналогового сигналу 4-20 мА з накладеним цифровим сигналом по протоколу HART, по польовій шині Foundation Fieldbus або Modbus (рис 3.13.).

Для забезпечення надійної і якісної роботи радарних рівнемірів Rosemount 5400 перед введенням в експлуатацію необхідно провести їх правильне конфігурування.

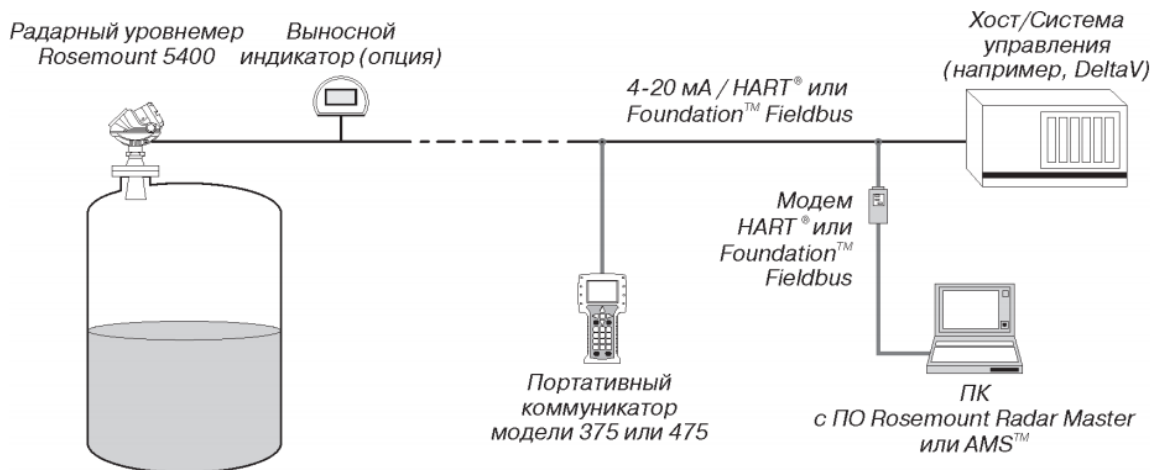


Рисунок 3.13. – Інтеграція датчика в систему HART

В якості контролю струму було обрано трансформатор струму з виходом 4...20мА ТІ-420 (рис. 3.14). Трансформатори струму з виходом 4...20мА серії ТІ-420 застосовується в лініях електропостачання, щоб перетворити первинний струм в діапазоні від 2,5 до 1500А у вторинний струм 4...20 мА.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата



Рисунок 3.14. – Трансформатор струму ТІ – 420

Основні характеристики трансформаторів струму ТІ-420:

1. Потрібне зовнішнє джерело живлення 10...28 У постійного струму
2. Первинний струм: від 2,5 до 1500А змінного струму, залежно від типу
3. Вторинний струм: 4...20 мА
4. Внутрішній діаметр: від 35 до 105 мм, залежно від типу
5. Шинні розміри: від 35 до 105 мм, залежно від типу

В якості датчика тиску було обрано Rosemount 1151 (рис. 3.15.) Датчик тиску 1151 поєднує модульну конструкцію, взаємозамінні деталі, корпуси з двома відсіками, сучасну електроніку та датчики з перевіреними експлуатаційними характеристиками, надійністю та довговічністю у навіть найсуворіших умовах.

Датчик тиску 1151 включає ряд виробничих і технологічних удосконалень для отримання контрольної точності і дальності до 0,075% до 50:

1. Подовжена дворічна стабільність 0,10% забезпечує впевненість у вимірюваннях тиску. Модульна конструкція перетворювача тиску 1151 дозволяє змінювати механічні та електричні компоненти, забезпечуючи зворотну та пряму сумісність.

Датчик тиску 1151 пропонує безліч конфігурацій для вимірювань диференціального, калібрувального, абсолютного та рівня рідини, включаючи інтегровані рішення для тиску, рівня та витрати.

Моделі високого тиску дають змогу встановлювати статичний тиск лінії до 6000 фунтів на квадратний дюйм. Кілька матеріалів, що змочуються, а також альтернативні наповнювачі забезпечують сумісність процесу.

					СУ-81/3-9 6.151.08.ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 3.15. – Датчик тиску Rosemount 1151

Основні характеристики:

1. Перетворювач диференціального, надлишкового та абсолютного тиску типу 1151DP, GP та AP;
2. Діапазон виміру перепаду тиску: від 30 дюймів вод. Ст. До 1000 фунтів на кв. Дюйм (7,5-6895 кПа);
3. Живлення 24В постійної напруги;
4. Потужність 35 Вт;
5. Вихідний сигнал 4 – 20 мА (струмова петля).

3.3 Підбір виконавчих механізмів

Для виконання автоматичного зварювального процесу в даному проекті було задіяно зварювальну колону типу Al Power Midi.(рис. 3.16.). Зварювальна колона - пристрій для позиціонування зварювального пальника і, як наслідок, проведення процесу зварювання. Іншими словами, колона служить для механізації процесу зварювання (особливо при зварюванні під флюсом). Зварювальні колони серії Al Power Midi мають приводи регулювання осей. Мають як стаціонарну, так і моторизовану основу.

Загальні характеристики:

1. Основа 1500 x 1500 x 30 мм з опорно-поворотним колом та гальмівною системою;
2. Гвинтова передача по вертикальній осі з контргайкою та захисними мембранами;

					СУ-81/3-9 6.151.08.ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Зубчаста передача по горизонтальній осі;
4. Профіль вертикальної консолі 280 x 170 мм;
5. Профіль горизонтальної консолі 170 x 120 мм;
6. Напрявні вертикальної осі: з двома напрямними 55 x 25 мм;
7. Напрявні горизонтальної осі: з двома напрямними 55 x 25 мм;
8. Робочий хід 2000 x 2000 мм, або 3000 x 3000 мм;
9. Максимальна вантажопідйомність горизонтальної консолі 100 кг.



Рисунок 3.16 – Зварювальна колона типу AI Power Midi

Для виконання поворотних маніпуляцій було використано зварювальні роликоопори серії ОВУ, ОВУ3, ОВУ8 та ОВУ15 зварювальні роликоопори на 3, 8 та 15 тонн відповідно.

Роликоопори серії ОВУ (рис. 3.17.) складаються з міцних U образних профілів, зібраних за допомогою зварювання, що пройшли механічну обробку та фарбування.

Напрявні, якими регулюються ролики пройшли механічну обробку задля забезпечення високої точності по площинності.

					СУ-81/3-9 6.151.08.ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 7 – Технічні характеристики роликоопори

	ОВУ-3
Максимальная грузоподъемность, т	3
Диаметр ролика D1, мм	200
Ширина ролика W, мм	80
Диаметр обечайки d мин, мм	200
Диаметр обечайки D макс, мм	3000
Мощность двигателя, кВт	2x0,18
Линейная скорость ролика, мм/мин	100 – 1000



Рисунок 3.17 – Зварювальні роликоопори серії ОВУ

Для реалізації руху зварювальної колони було використано асинхронні двигуни АИР 132 М2 з керуванням частотним перетворювачем INVT CHV160A-011-4 (рис 3.19). [22]

Таблиця 8 – Технічні характеристики двигуна АИР 132 М2 (рис. 3.18.) [21]

Характеристика	Значення
Тип	Асинхронний
Продуктивність	15200 м3 /год
Потужність	11 кВт
Частота обертів	3000 об/хв
Струм	22 А
Захист	IP 54
Напруга, В	380
КПД, %	92,8

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

СУ-81/3-9 6.151.08.ПЗ

Арк.

46



Рисунок 3.18 – Двигун АІР 132 М2

Таблиця 9 – Технічні характеристики частотного перетворювача INVT CHV160A-011-4 [23]

Характеристика	Значення
Число фаз/напруги на вході/виході	3 фази / 380В; 50/60Гц
Пусковий момент	0.5 Гц 180%
КПД	90%
Кількість аналогових вх/вих	По 2
Кількість дискретних входів	8
Кількість дискретних виходів	3
Частота	50 Гц
Потужність	11 кВт
Вхідний струм (номінал)	25 А



Рисунок 3.19 – Перетворювач частоти INVT CHV160A-011-4

					СУ-81/3-9 6.151.08.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

РОЗДІЛ 4 ПРОГРАМА КОРИСТУВАЧА ПРОЦЕСУ ЗВАРЮВАННЯ

4.1 Лістинг програми для формування вихідного сигналу

Main.c

```

/*Include core modules*/
#include <stdio.h>
#include "main.h"
#include "tm_stm32f4_dac.h"
#include "stm32f4xx.h"
#include "stm32f4xx_rcc.h"
#include "stm32f4xx_gpio.h"
#define CS_ON() GPIO_ResetBits (GPIOE, GPIO_Pin_ 4)
#define CS_OFF() GPIO_SetBits (GPIOE, GPIO_Pin_ 4)
__ IO uint1 6_t uhADCxConvertedValue = 0;
__ IO uint32_t uw ADCxConvertedVoltage = 0;
uint8_t SPI_In[7];
uint8_t SPI_Out[7];
static void ADC_Config(void);
int16_t MAS[21]={0,621,1241,1861,
2482,3102,3723,4095,4095,4095,4095,4095,4095,3723,3102,2482, 1861, 1241,621,0}
unsigned char i=0;
//RX
void DMA2_StreamO_IRQHandler (void)
{
}
//Tx
if (DMA_ GetITStatus(DMA2_StreamO,DMA_IT_ TCIFO) ==SET)
{
}
DMA_ClearITPendingBit(DMA2_StreamO, DMA_IT_TCIFO);
CS_ OFF());
void DMA2_Stream3_IRQHandler (void)
{
}

```

					СУ-81/3-9 6.151.08.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48


```

if (DMA_GetITStatus(DMA2_Stream3,DMA_IT_TCIF3) ==SET)

{
}
DMA_ClearITPendingBit(DMA2_Stream3, DMA_IT_TCIF3);
}
void TIM6_DAC_IRQHandler(void)
}
{
TIM6->SR &= -TIM_SR_UIF;
DAC->DHR12R1=MAS[i++];
if (i==20) i=0;
int main(void) {
SPI_DMA_ini ();
DAC_Ini();
ADC_DMA_INI();
encoder_ini();
LCD_ini();
while (1)
{
uw ADCxConvertedVoltage = uhADCxConvertedValue *330010xFFFF;
}
}

```

DAC.C

```

#include "tm_stm32f4_dac.h"
#include "stm32f4xx_rcc.h"
void DAC_Ini(void) {
II I* Set DAC options *I
RCC_APB1PeriphClockCmd(RCC_APB1Periph_DAC, ENABLE);
RCC_APB1PeriphClockCmd(RCC_AHB1Periph_GPIOA, ENABLE);
RCC_APB1PeriphClockCmd(RCC_APB1Periph_TIM6,ENABLE);
DAC_InitTypeDef DAC_InitStructure;
DAC_InitStructure.DAC_Trigger = DAC_Trigger_None;
DAC_InitStructure.DAC_WaveGeneration = DAC_WaveGeneration_None;

```

					<i>СУ-81/3-9 6.151.08.ПЗ</i>	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

DAC_InitStructure.DAC_OutputBuffer = DAC_OutputBuffer_Enable;
DAC_Init(DAC_Channel_1, &DAC_InitStructure );
DAC_Cmd(DAC_Channel_1, ENABLE);
GPIO_InitTypeDef GPIO_InitStructure;
GPIO_InitStructure.GPIO_Pin = GPIO_Pin_4;
GPIO_InitStructure.GPIO_Mode = GPIO_Mode_AIN;
GPIO_Init(GPIOA, &GPIO_InitStructure );
TIM6->ARR = 60000;
TIM6->DIER I= TIM_DIER_UIE;
TIM6->CR1 I= TIM_CRI_CEN;
NVIC_EnableIRQ(TIM6_DAC_IRQn);
}
ADC_DMA.C
#include "ADC_DMA.h"
#include "main.h"
void SPI_DMA_ini(void)
{
DMA_InitTypeDef DMA_Init_SPI;
RCC_AHB1PeriphClockCmd (RCC_AHB1Periph_DMA2, ENABLE);
//TX
DMA_Init_SPI.DMA_Channel =DMA_Channel_3;
DMA_Init_SPI.DMA_PeripheralBaseAddr =(uint32_t)&(SPI1-> DR);
DMA_Init_SPI.DMA_MemoryOBaseAddr =(uint32_t)SPI_Out;
DMA_Init_SPI.DMA_DIR =DMA_DIR_MemoryToPeripheral;
DMA_Init_SPI.DMA_BufferSize =2;
DMA_Init_SPI.DMA_PeripheralInc =DMA_PeripheralInc_Disable;
DMA_Init_SPI.DMA_MemoryInc =DMA_MemoryInc_Enable;
DMA_Init_SPI.DMA_PeripheralDataSize =DMA_PeripheralDataSize_Byte;
DMA_Init_SPI.DMA_MemoryDataSize =DMA_MemoryDataSize_Byte;
DMA_Init_SPI.DMA_Mode =DMA_Mode_Normal;
DMA_Init_SPI.DMA_Priority =DMA_Priority_Medium;
DMA_Init_SPI.DMA_FIFOMode =DMA_FIFOMode_Disable;
DMA_Init_SPI.DMA_FIFOThreshold =DMA_FIFOThreshold_1QuarterFull;
DMA_Init_SPI.DMA_MemoryBurst =DMA_MemoryBurst_Single;

```

					<i>СУ-81/3-9 6.151.08.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

```

DMA_Init_SPI.DMA_PeripheralBurst =DMA_PeripheralBurst_Single;
DMA_Init(DMA2_Stream3,&DMA_Init_SPI);
NVIC_EnableIRQ (DMA2_Stream3_IRQn);
DMA_ITConfig (DMA2_Stream3, DMA_IT_ TC, ENABLE);
SPI_I2S_DMACmd(SPI1 ,SPI_I2S_DMAREq_ Tx, ENABLE);
//RX
DMA_Init_SPI.DMA_Channel =DMA_Channel_3;
DMA_Init_SPI.DMA_PeripheralBaseAddr =(uint32_t)&(SPI1-> DR);
DMA_Init_SPI.DMA_MemoryOBaseAddr =(uint32_t)SPI_In;
DMA_Init_SPI.DMA_DIR =DMA_DIR_PeripheralToMemory;
DMA_Init_SPI.DMA_BufferSize =2;
DMA_Init_SPI.DMA_PeripheralInc =DMA_PeripheralInc_Disable;
DMA_Init_SPI.DMA_MemoryInc =DMA_MemoryInc_Enable;
DMA_Init_SPI.DMA_PeripheralDataSize =DMA_PeripheralDataSize_Byte;
DMA_Init_SPI.DMA_MemoryDataSize =DMA_MemoryDataSize_Byte;
DMA_Init_SPI.DMA_Mode =DMA_Mode_Normal;
DMA_Init_SPI.DMA_Priority =DMA_Priority_Medium;
DMA_Init_SPI.DMA_FIFOMode =DMA_FIFOMode_Disable;
DMA_Init_SPI.DMA_FIFOThreshold =DMA_FIFOThreshold_1 Quarter Full;
DMA_Init_SPI.DMA_MemoryBurst =DMA_MemoryBurst_Single;
DMA_Init_SPI.DMA_PeripheralBurst =DMA_PeripheralBurst_Single;
DMA_Init(DMA2_Stream0,&DMA_Init_SPI);
NVIC_EnableIRQ (DMA2_StreamO_IRQn);
DMA_ITConfig (DMA2_Stream0, DMA_IT_ TC, ENABLE);
SPI_I2S_DMACmd(SPI1 ,SPI_I2S_DMAREq_Rx, ENABLE);
}
static void ADC_DMA_INI(void)
{
ADC_InitTypeDef ADC_InitStructure;
ADC_CommonInitTypeDef ADC_CommonInitStructure;
DMA_InitTypeDef DMA_InitStructure;
GPIO_InitTypeDef GPIO_InitStructure;
/* Enable ADCx, DMA and GPIO clocks
*****

```

					CY-81/3-9 6.151.08.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

```

RCC_AHB1PeriphClockCmd(RCC_AHB1Periph_DMA2, ENABLE);
RCC_APB2PeriphClockCmd (RCC_APB2Periph_ADC3, ENABLE);
/* DMA2 Stream0 channel2 configuration
*****/
DMA_InitStructure.DMA_Channel = DMA_Channel_2;
DMA_InitStructure.DMA_PeripheralBaseAddr = (uint32_t)&(ADC3-> DR);
DMA_InitStructure.DMA_MemoryOBaseAddr =
(uint32_t)&uhADCxConvertedValue;
DMA_InitStructure.DMA_DIR = DMA_DIR_PeripheralToMemory;
DMA_InitStructure.DMA_BufferSize = 2;
DMA_InitStructure.DMA_PeripheralInc = DMA_PeripheralInc_Disable;
DMA_InitStructure.DMA_MemoryInc = DMA_MemoryInc_Disable;
DMA_InitStructure.DMA_PeripheralDataSize =
DMA_PeripheralDataSize_HalfWord;
DMA_InitStructure.DMA_MemoryDataSize = DMA_MemoryDataSize_HalfWord;
DMA_InitStructure.DMA_Mode = DMA_Mode_Circular;
DMA_InitStructure.DMA_Priority = DMA_Priority_High;
DMA_InitStructure.DMA_FIFOMode = DMA_FIFOMode_Disable;
DMA_InitStructure.DMA_FIFOThreshold = DMA_FIFOThreshold_HalfFull;
DMA_InitStructure.DMA_MemoryBurst = DMA_MemoryBurst_Single;
DMA_InitStructure.DMA_PeripheralBurst = DMA_PeripheralBurst_Single;
DMA_Init(DMA2_Stream6, &DMA_InitStructure );
DMA_Cmd(DMA2_Stream6, ENABLE);
/* Configure ADC3 Channel? pin as analog input
*****/
GPIO_InitStructure.GPIO_Pin=GPIO_Pin_O;
GPIO_InitStructure.GPIO_Mode = GPIO_Mode_AN;
GPIO_InitStructure.GPIO_PuPd = GPIO_PuPd_NOPULL;
GPIO_Init( GPIOA, &GPIO_InitStructure);
/* ADC Common Init
*****/
ADC_CommonInitStructure.ADC_Mode = ADC_Mode_Independent;
ADC_CommonInitStructure.ADC_Prescaler = ADC_Prescaler_Div2;
ADC_CommonInitStructure.ADC_DMAAccessMode =

```

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

СУ-81/3-9 6.151.08.ПЗ

Арк.

52

```

ADC_DMAAccessMode_Disabled;
ADC_ CommonInitStructure.ADC _ TwoSamplingDelay =
ADC_ TwoSamplingDelay _5Cycles;
ADC_ CommonInit(&ADC_ CommonInitStructure);
/* ADC3 Init
*****/
ADC_ InitStructure.ADC _Resolution = ADC _Resolution_12b;
ADC_ InitStructure.ADC_ScanConvMode =DISABLE;
ADC_ InitStructure.ADC_ContinuousConvMode =ENABLE;
ADC_ InitStructure.ADC _ExternalTrigConv Edge =
ADC _ExternalTrigConvEdge_Once;
ADC_ InitStructure.ADC_ExternalTrigConv = ADC_ExternalTrigConv _TI_CCI;
ADC_ InitStructure.ADC _DataAlign = ADC _DataAlign_Right;
ADC_ InitStructure.ADC_NbrOfConversion = 1;
ADC_ Init(ADC3, &ADC_ InitStructure);
/* ADC3 regular channel configuration
*****/
ADC_RegularChannelConfig(ADC3, ADC_Channel_0, 1,
ADC_SampleTime_3Cycles);
/*Enable DMA request after last transfer (Single-ADC mode)*/
ADC_DMAResultAfterLastTransferCmd(ADC3, ENABLE);
/* Enable ADC3 DMA */
ADC_DMAResultCmd(ADC3, ENABLE);
/* Enable ADC3 */
ADC_Cmd(ADC3, ENABLE);
}

```

Encoder.c

```

#include "encoder.h"
#define Read_Enc_A          GPIO_ReadInputDataBit(GPIOA,
GPIO_Pin_1)
#define Read_Enc_B          GPIO_ReadInputDataBit(GPIOA
GPIO_Pin_2)
#define ENC_MAX              3
uint8_t Enc_counter=0;

```

					CY-81/3-9 6.151.08.ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

uint8_t Enc_Mode=0;
//-----
void encoder_ini(void)
{
GPIO_InitTypeDef GPIO_Enc_Ini;
RCC_AHBPeriphClockCmd(RCC_AHBPeriph_GPIOA, ENABLE);
GPIO_Enc_Ini.GPIO_Pin = GPIO_Pin_1 | GPIO_Pin_12;
GPIO_Enc_Ini.GPIO_Mode = GPIO_Mode_IN;
GPIO_Enc_Ini.GPIO_Speed = GPIO_Speed_100MHz;
GPIO_Enc_Ini.GPIO_OType = GPIO_OType_PP;
GPIO_Enc_Ini.GPIO_PuPd = GPIO_PuPd_UP;
GPIO_Init(GPIOA, &GPIO_Enc_Ini);
}
//-----
uint8_t Enc_A_count=0;
uint8_t Enc_A_state=0;
uint8_t Enc_B_count=0;
uint8_t Enc_B_state=0;
void Systick_Enc(void)
{
if (Read_Enc_A == 1)
{
if (Enc_A_count < ENC_MAX)
{
Enc_A_count++;
} else {
if (Enc_A_state == 0)
{
}
}
if (Enc_Mode == 0)
{
Enc_Mode = 1;
Enc_counter++;
} else {

```

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

CY-81/3-9 6.151.08.ПЗ

Арк.

54

```
}  
Enc_Mode = 0;  
Enc_counter--;  
Enc_A_state = 1;  
}  
} else {  
}  
if (Enc_A_count > 0)  
{  
Enc_A_count--;  
} else {  
}  
if (Enc_A_state == 1)  
{  
}  
if (Enc_Mode == 0)  
{  
Enc_Mode = 1;  
Enc_counter++;  
} else {  
}  
Enc_Mode = 0;  
Enc_counter--;  
Enc_A_state = 0;  
if (Read_Enc_B == 1)  
{  
if (Enc_B_count < ENC_MAX)  
{  
Enc_B_count++;  
} else {  
if (Enc_B_state == 0)  
{  
}  
}  
if (Enc_Mode == 0)
```

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

СУ-81/3-9 6.151.08.ПЗ

Арк.

55

```
{
Enc_Mode = 1;
Enc_counter--;
} else {
}
Enc_Mode = 0;
Enc_counter++;
Enc_B_state = 1;
}
} else {
}
if (Enc_B_count > 0)
{
Enc_B_count--;
} else {
}
if (Enc_B_state == 1)
{
}
if (Enc_Mode == 0)
{
Enc_Mode = 1;
Enc_counter--;
} else {
}
Enc_Mode = 0;
Enc_counter++;
Enc_B_state = 0;
//-----
uint8_t getEnc_Counter(void)
{
return Enc_counter;
}
Timers.c
```

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

СУ-81/3-9 6.151.08.ПЗ

Арк.

56


```
#include "timers.h"
```

4.2 Лістинг програми відображення реального сигналу отриманого зі зворотних зв'язків та налаштування форми імпульсу користувачем

```
#include <SPFD5408_Adafruit_GFX.h> II Core graphics library
```

```
#include <SPFD5408_Adafruit_TFTLCD.h> II Hardware-specific library
```

```
#define LCD_CS A3 II Chip Select goes to Analog 3
```

```
#define LCD_CD A2 II Command/Data goes to Analog 2
```

```
#define LCD_WR A1 II LCD Write goes to Analog 1
```

```
#define LCD_RD AO II LCD Read goes to Analog 0
```

```
#define LCD_RESET A4 IIRST pin
```

```
#define BLACK 0x0000
```

```
#define BLUE 0x001F
```

```
#define RED 0xF800
```

```
#define GREEN 0x07E0
```

```
#define CY AN 0x07FF
```

```
#define MAGENTA 0xF81F
```

```
#define YELLOW 0xFFE0
```

```
#define WHITE 0xFFFF
```

```
Adafruit_TFTLCD tft(LCD_CS, LCD_CD, LCD_WR, LCD_RD, LCD_RESET);
```

```
#define levo 12
```

```
#define ok 11
```

```
#define pravo 10
```

```
#define vertikal 2
```

```
byte mass[501];/lmax array ADC
```

```
byte massDEL[501];
```

```
byte menu = 1;
```

```
byte razv = 0; /3Назем-1e па3ВерТирн
```

```
float x = 60; II accel X
```

```
int Vmax = 0; II U max
```

```
float Vakb = 0; II U ref
```

```
unsigned long t = 0; II
```

```
unsigned long pause= 0;
```

```
int t_del = 0;
```

					СУ-81/3-9 6.151.08.ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

bool opornoe = 1;
bool paus = 0; //pause
bool clen_p = 0; //no pause
float t_buf_raise = 0; // II buffering time on raising signal
float t_buf_fall = 0; // II buffering time on falling signal
float P_weld= 0; //Welding Power
float b_fall = 0; // II for building falling signal
float k_raise; //set-up raise signal koef
float n_raise; //set-up raise signal pow
float P_max; // II set-up U max< 12V
float weld_time_full; //set-up Welding time
float fall_k; //set-up falling signal koef
float fall_n; //set-up falling signal pow
int button_select= 2;
bool start_weld=false;
void setup() {
}
Serial.begin(9600);
setupSignal();
setup ADC();
void loop() {
Zamer();
feedBack();
if( digitalRead(button_select )== 1) {
Welding();
}
}
void setupADC() {
}
Vakb = analogRead(A6) * 5.3 / 1024; //lrpobepKa Harrp5DKemrn: Ha AKE
if ( opornoe == 0) {
ADMUX = 0b00100101; //B016op BHyTpeHHero orropHoro 1,IB
}
if ( opornoe == 1) {

```

					<i>СУ-81/3-9 6.151.08.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

```

ADMUX = Ob01100101; l/Bn16op BHenrnero orropHoro
}
uintl 6_t identifier = tft.readID();
tft.begin(identifier);
delay(50);
tft.fillScreen(BLACK);
delay(500);
static void setupSignal() {
float t_buf_raise = 0; // buffering time on raising signal
float t_buf_fall = 0; // buffering time on falling signal
float P_weld = 0; // Welding Power
float b_fall = 0; // for building falling signal
float k_raise = map(analogRead(A1), 0, 1023, 0, 255); // set-up raise signal koef
max=255
float n_raise = map(analogRead(A1), 0, 1023, 0, 10); // set-up raise signal pow
max=10
float P_max = map(analogRead(A1), 0, 1023, 0, 12); // set-up U max < 12V
float weld_time_full = map(analogRead(A1), 0, 1023, 0, 2); // set-up Welding time
max=2secs
float fall_k = map(analogRead(A1), 0, 1023, 0, 255); // set-up falling signal koef
float fall_n = map(analogRead(A1), 0, 1023, 0, 10); // set-up falling signal pow
t_buf_raise = pow((P_max * k_raise), (1 / n_raise)); // t=(P*k)A(1/n)
if (fall_k == 0) {
b_fall = weld_time_full;
} else {
b_fall = fall_k * weld_time_full;
}
t_buf_fall = -pow(((P_max - b_fall) / fall_k), (1 / fall_n)); // t=-((P-b)/k)A(1/n)
}
void Zamer() { //Зарядка-1e бусера A1: //
if (razv >= 6) {
ADCSRA = Ob11100010; //delitel 4
}
if (razv == 5) {

```

					СУ-81/3-9 6.151.08.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

```

ADCSRA = Obl 1100011; //delitel 8
}
if (razv == 4) {
ADCSRA = Obl 1100100; //delitel 16
}
if (razv == 3) {
ADCSRA = Obl 100101; //delitel 32
}
if (razv == 2) {
ADCSRA = Obl 1100110; //delitel 64
}
if (razv < 2) {
ADCSRA = Obl 1100111; //delitel 128
}
if (razv == 0) {
t =micros();
for (inti= 0; i < 500; i++) {
while ((ADCSRA & Ox10) == 0);
ADCSRA I= Ox10;
delayMicroseconds(1 00);
mass[i] = ADCH;
t = micros() - t;
t_del = t * 25 I 501;
if (razv > 0) {
t =micros();
}
for (inti= 0; i < 500; i++) {
}
while ((ADCSRA & Ox10) == 0);
ADCSRA I= Ox10;
mass[i] = ADCH;
t = micros() - t;
t_del = t * 25 I 501;
void MenuT() { //bottom menu

```

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

СУ-81/3-9 6.151.08.ПЗ

Арк.

60

```
tft.setRotation(O);
tft.fillRect(O, 20, 20, 320, BLACK); //clearing
tft.setRotation(1 );
tft.setCursor(O, 220);
tft.print("t=");
if (razv < 7) {
tft.print(t_del);
}
if (razv == 7) {
tft.print(t_del I 2);
}
if (razv == 8) {
tft.print(t_del I 3);
}
if (razv == 9) {
tft.print(t_del I 4);
}
if (razv == 10) {
tft.print(t_del I 5);
}
tft.print("us ");
tft.print("Vmax=");
if (opornoe == 0) {
tft.print(Vmax * 1.1 I 255);
}
if ( opornoe == 1) {
tft.print(Vmax * 5.3 I 255);
}
tft.print(" ");
tft.print("B ");
tft.print(Vakb );
void feeedBack() {
if (menu== 0) {
tft.setRotation(1 );
```

					<i>СУ-81/3-9 6.151.08.ПЗ</i>	Арк.
						61
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

```

tft.setTextColor(RED);
tft.setTextSize(2);
tft.fillRect(O, 0, 85, 25, CYAN);
tft.setCursor(O, 5);
if ( opornoe == 0) {
tft.print("op-1.1 V ");
}
if ( opornoe == 1) {
tft.print("op-5.3V ");
}
if (digitalRead(pravo) ==HIGH) {
tft.setRotation(O);
}
tft.fillRect(65, 0, 120, 50, BLACK);//cn1pam-1e Harrp5DKemrn:
tft.fillRect(45, 60, 140, 260, BLACK);//cn1paHe rro1rn rpaqmKa
opornoe = !opornoe;
if ( digitalRead(levo) == HIGH) {
tft.setRotation(O);
tft.setRotation(O);
}
tft.fillRect(45, 60, 140, 260, BLACK);//cn1paHe rro1rn rpaqmKa
tft.fillRect(65, 0, 120, 50, BLACK);//cn1pam-1e Harrp5DKemrn:
opornoe = !opornoe;
tft.setRotation(1);
tft.print("Razv* ");
tft.print(razv);
tft.print(" PauseOFF");
if (menu== 1) {
tft.setRotation(1);
tft.setTextColor(RED);
tft.setTextSize(2);
tft.fillRect(90, 0, 120, 25, CYAN);
tft.setCursor(O, 5);

```

					СУ-81/3-9 6.151.08.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

```

if ( opornoe == 0) {
tft.print("op-1.1 V ");
}
if ( opornoe == 1) {
tft.print("op-5.3V ");
}
if (digitalRead(pravo) ==HIGH) { //r:i;opa6oTaTn cKopocTn
tft. setRotation(O);
}
tft.fillRect(45, 60, 140, 260, BLACK);//cn1paHe rro1rn rpaqmKa
razv++;
if (razv == 11) {
razv = 10;
}
if (digitalRead(levo) ==HIGH) { //r:i;opa6oTaTn cKopocTn
tft.setRotation(O);
tft.fillRect(45, 60, 140, 260, BLACK);//cn1paHe rro1rn rpaqmKa
razv--;
if (razv == 255) {
razv = 0;
}
}
tft.setRotation(1);
tft. print("Razv* ");
tft.print(razv);
tft.print(" PauseOFF");
if (menu == 2) { //rray3a
paus = 1;
if (clen_p == 0) {
clen_p = 1;
tft. setRotation(1);
tft. setTextCo lor(RED);
tft.setTextSize(2);
tft.fillRect(210, 0, 100, 25, CYAN);

```

					<i>СУ-81/3-9 6.151.08.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

```

tft.setCursor(O, 5);
if ( opornoe == 0) {
tft. print(" op-1.1 V ");
}
if ( opornoe == 1) {
tft.print("op-5.3V ");
}
tft.print("Razv*");
tft.print(razv);
if (paus == 0) {
tft.print(" PauseOFF");
}
if (paus == 1) {
tft.print(" PauseON");
}
if (digitalRead(ok) ==HIGH) {
menu++;
tft.setRotation(O);
tft.fillRect(45, 60, 140, 260, BLACK);//cn1paHe rroIDI rpaqmKa
if (menu== 3) {
menu= 0;
paus = 0;
clen_p = 0;
}
tft.setRotation(1);
tft.fillRect(O, 0, 320, 25, BLACK);
}
if (opornoe == 0) {
ADMUX = 0b00100101; //Вибір внутрішнього блока
}
if ( opornoe == 1) {
ADMUX = 0b01100101; //Вибір зовнішнього блока
}
delay(5);

```

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

СУ-81/3-9 6.151.08.ПЗ

Арк.

64

/IBDI6oporropHoro#####

tft.setRotation(O);

/loco Harrp5DKeHIDI#####

tft.drawFastHLine(44, 60, 140, BLUE); tft.drawFastHLine(44, 59, 140, BLUE);

tft.drawFastHLine(44, 58, 140, BLUE);

tft.drawFastVLine(50, 50, 10, BLUE); tft.drawFastVLine(76, 50, 10, BLUE);

tft.drawFastVLine(102, 50, 10, BLUE);

tft.drawFastVLine(128, 50, 10, BLUE); tft.drawFastVLine(154, 50, 10, BLUE);

tft.drawFastVLine(175, 50, 10, BLUE);

//ocnBpeMeHH#####

tft.drawFastVLine(44, 60, 270, RED); tft.drawFastVLine(43, 60, 270, RED);

tft.drawFastVLine(42, 60, 270, RED);

tft.drawFastHLine(35, 60, 10, RED); tft.drawFastHLine(35, 85, 10, RED);

tft.drawFastHLine(35, 110, 10, RED); tft.drawFastHLine(35, 135, 10, RED);

tft.drawFastHLine(35, 160, 10, RED); tft.drawFastHLine(35, 185, 10, RED);

tft.drawFastHLine(35, 210, 10, RED); tft.drawFastHLine(35, 235, 10, RED);

tft.drawFastHLine(35, 260, 10, RED); tft.drawFastHLine(35, 285, 10, RED);

tft.drawFastHLine(35, 310, 10, RED);

//вiсь часу#####

//сiтка вертикальна~#####

tft.drawFastHLine(75, 310, 5 * vertikal, YELLOW); tft.drawFastHLine(110, 310, 5

* vertikal, YELLOW); tft.drawFastHLine(145, 310, 5 * vertikal, YELLOW);

tft.drawFastHLine(180, 310, 5 * vertikal, YELLOW);

tft.drawFastHLine(75, 285, 5 * vertikal, YELLOW); tft.drawFastHLine(110, 285, 5

* vertikal, YELLOW); tft.drawFastHLine(145, 285, 5 * vertikal, YELLOW);

tft.drawFastHLine(180, 285, 5 * vertikal, YELLOW);

tft.drawFastHLine(75, 260, 5 * vertikal, YELLOW); tft.drawFastHLine(110, 260, 5

* vertikal, YELLOW); tft.drawFastHLine(145, 260, 5 * vertikal, YELLOW);

tft.drawFastHLine(180, 260, 5 * vertikal, YELLOW);

tft.drawFastHLine(75, 235, 5 * vertikal, YELLOW); tft.drawFastHLine(110, 235, 5

* vertikal, YELLOW); tft.drawFastHLine(145, 235, 5 * vertikal, YELLOW);

tft.drawFastHLine(180, 235, 5 * vertikal, YELLOW);

tft.drawFastHLine(75, 210, 5 * vertikal, YELLOW); tft.drawFastHLine(110, 210, 5

* vertikal, YELLOW); tft.drawFastHLine(145, 210, 5 * vertikal, YELLOW);

					СУ-81/3-9 6.151.08.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

```

tft.drawFastHLine(180, 210, 5 * вертикал, YELLOW);
tft.drawFastHLine(75, 185, 5 * вертикал, YELLOW); tft.drawFastHLine(110, 185, 5
* вертикал, YELLOW); tft.drawFastHLine(145, 185, 5 * вертикал, YELLOW);
tft.drawFastHLine(180, 185, 5 * вертикал, YELLOW);
tft.drawFastHLine(75, 160, 5 * вертикал, YELLOW); tft.drawFastHLine(110, 160, 5
* вертикал, YELLOW); tft.drawFastHLine(145, 160, 5 * вертикал, YELLOW);
tft.drawFastHLine(180, 160, 5 * вертикал, YELLOW);
tft.drawFastHLine(75, 135, 5 * вертикал, YELLOW); tft.drawFastHLine(110, 135, 5
* вертикал, YELLOW); tft.drawFastHLine(145, 135, 5 * вертикал, YELLOW);
tft.drawFastHLine(180, 135, 5 * вертикал, YELLOW);
tft.drawFastHLine(75, 110, 5 * вертикал, YELLOW); tft.drawFastHLine(110, 110, 5
* вертикал, YELLOW); tft.drawFastHLine(145, 110, 5 * вертикал, YELLOW);
tft.drawFastHLine(180, 110, 5 * вертикал, YELLOW);
tft.drawFastHLine(75, 85, 5 * вертикал, YELLOW); tft.drawFastHLine(110, 85, 5 *
вертикал, YELLOW); tft.drawFastHLine(145, 85, 5 * вертикал, YELLOW);
tft.drawFastHLine(180, 85, 5 * вертикал, YELLOW);
// сітка вертикальна ~#####
tft.setRotation(1);
tft.setTextColor(RED);
tft.setTextSize(2);
//шкала напруги~#####
if (opornoe == 0) {
tft.setCursor(30, 190); tft.println("0");
tft.setCursor(0, 155); tft.println(" 0.22");
tft.setCursor(0, 130); tft.println("0.44");
tft.setCursor(0, 105); tft.println("0.66");
tft.setCursor(0, 80); tft.println("0.88");
tft.setCursor(0, 55); tft.println(" 1.1 V");
if ( opornoe == 1) {
}
tft.setCursor(30, 190); tft.println("0");
tft.setCursor(0, 155); tft.println(" 1.00");
tft.setCursor(0, 130); tft.println("2.00");
tft.setCursor(0, 105); tft.println("3.00");

```

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

СУ-81/3-9 6.151.08.ПЗ

Арк.

66

```

tft.setCursor(O, 80); tft.println("4.00");
tft.setCursor(O, 5 5); tft.println(" 5. OV");
if (paus == 0) {
MenuT();
}
Vmax=O. '
for (inti= O; i < 500; i++) {
if (Vmax < mass[i]) {
Vmax = mass[i];
}
}
if (paus == 0) {
tft.setRotation(O);
//tft.fillRect(45, 60, 140, 260, BLACK);//стирання графіку
x=60;
for (int y = O; y < 260; y++) {
tft.setRotation(l);
if (razv < 7) {
x++;
}
if (razv == 7) {
x = x + 2;
}
if (razv == 8) {
x = x + 3. '
}
if (razv == 9) {
x = x + 4;
}
if (razv == 10) {
x = x + 5;
}
tft.drawLine(x + 1, 190 - massDEL[y] I 2 + 1, x + 2, 190 - massDEL[y + l] I 2 +
1, BLACK); //cn1paeM ppaqmK

```

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

СУ-81/3-9 6.151.08.ПЗ

Арк.

67

```

tft.drawLine(x, 190 - massDEL[y] I 2, x + 1, 190 - massDEL[y + 1] I 2, BLACK);
//видалення графіка
tft.drawLine(x + 1, 190 - mass[y] I 2 + 1, x + 2, 190 - mass[y + 1] I 2 + 1,
GREEN); //видалення графіка
tft.drawLine(x, 190 - mass[y] I 2, x + 1, 190 - mass[y + 1] I 2, GREEN); // графік
}
}
for (inti= 0; i < 500; i++) {
massDEL[i] = mass[i];
}
if (paus == 1) { //ре)л(режим паузи
//tft.setRotation(0);
//tft.fillRect(45, 60, 140, 260, BLACK);//
if (digitalRead(pravo) ==HIGH) {
tft.setRotation(0);
tft.fillRect(45, 60, 140, 260, BLACK);//
x= 60;
for (int y = 0; y < 260; y++) {
tft.setRotation(1 );
if (razv < 7) {
x++;
}
if (razv == 7) {
x = x + 2;
}
if (razv == 8) {
x = x + 3;
}
if (razv == 9) {
x = x + 4;
}
if (razv == 10) {
x = x + 5;
}
}
}
}
}

```

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

СУ-81/3-9 6.151.08.ПЗ

Арк.

68

```

tft.drawLine(x + 1, 190 - mass[y] I 2 + 1, x + 2, 190 - mass[y + 1] I 2 + 1,
GREEN); /
tft.drawLine(x, 190 - mass[y] I 2, x + 1, 190 - mass[y + 1] I 2, GREEN);
//
}
}
MenuT();
if (digitalRead(levo) ==HIGH) {
tft.setRotation(0);
tft.fillRect(45, 60, 140, 260, BLACK);//cn1paHe rpaqmKa
x= 60;
for (int y = 0; y < 260; y++) {
tft.setRotation(1);
if (razv < 7) {
x++;
}
if (razv == 7) {
x = x + 2;
}
if (razv == 8) {
x = x + 3;
}
if (razv == 9) {
x = x + 4;
}
if (razv == 10) {
x = x + 5;
}
tft.drawLine(x + 1, 190 - mass[y] I 2 + 1, x + 2, 190 - mass[y + 1] I 2 + 1,
GREEN); //rpaqmK
tft.drawLine(x, 190 - mass[y] I 2, x + 1, 190 - mass[y + 1] I 2, GREEN);
//rpaqmK
}
MenuT();

```

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

СУ-81/3-9 6.151.08.ПЗ

Арк.

69

```

}
}
}
void Welding(){
}
for (float t = 0; t < weld_time_full; t += 0.01) { //build a signal
if (P_weld < P_max) {
}
P_weld= k_raise * pow(t, n_raise); //P=k*(tAn) part1
}
else if (P_weld > P_max) {
P_weld = P_max; //P=Pmax part2
}
else if (t > (t - t_buf_fall)) {
P_weld= b_fall - fall_k * pow(t, fall_n); // P=b-k*(tAn)
}
else if (P_weld < 0.1) { //IP never been 0
P_weld = 0;
//stop_weld();
}
// graph_show(P_weld); //showing graphics

```

					СУ-81/3-9 6.151.08.ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

В дипломному проекті було створено автоматизовану систему керування для плазмового зварювання за допомогою зварювальної колони. Було використано ПЛК фірми Schneider Electric, як одну з передових у галузі машинобудування та відносно не високій собівартості, враховуючи кризу електронних компонентів.

Перевагою даної розробки є те, що система керування має низьку споживану потужність, та малу кількість елементної бази (відносна простота конструкції), що зменшує вартість установки.

Останні розробки в області плазмового зварювання дають можливість автоматично виконувати процес без утворення поганого зварного шову.

У дипломному проекті було розроблено систему автоматизованого керування процесом зварювання. а саме проведено аналіз об'єкта:

В результаті аналізу технологічного процесу було розроблено схему структурну. З її використанням розроблено функціональну схему автоматизації. Детально розглянуті окремі контури керування: рівня, тиску та контроль за положенням зварювальної колони. Також було реалізовано контур контролю за струмом зварювання.

Обрані технічні засоби автоматизації, а саме: датчики тиску, рівня, та положення, виконуючі механізми - двигуни. Був обраний програмований логічний контролер (Modicon M340) з необхідними модулями. Розроблено схему електричну приципову підключення до ПЛК.

Для розробки програми користувача було використано ПЗ «Unity Pro».

					СУ-81/3-9 6.151.08.ПЗ	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. В.В. Овчинников Современные виды сварки: Учебник. – М.: Академия, 2018. – 256 с.
2. Маслов Б.Г. Производство сварных конструкций. М.: Издательский центр «Академия», 2013. 256с.
3. Берлінер Е.М., Таратін О.В. САПР у машинобудуванні М.: ФОРУМ, 2012. 448с
4. Евстифеев Г.А., Веретенников И.С. Средства механизации сварочного производства. Конструирование и расчет М.: Машиностроение, 2014. 234с.
5. Виноградов, В.С. Оборудование и технология дуговой автоматической и механизированной сварки / В.С. Виноградов. - М.: Академия, 2001. - 319 с.
6. ГОСТ. Сварка, пайка и термическая резка металлов. Сборник гостов. Часть 1. - М.: Стандартов, 2017. - 288 с
7. Технологія плазмового зварювання [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://svarkagid.ru/tehnologii/plazmennaya-pryamogo-i-kosvennogo-dejstviya.html>
8. Плазмове зварювання на наплавлення [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://weldzone.info/technology/plasma-welding/262-plasma-welding>
9. Автоматизація процесу зварювання [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://moodle.ipokpi.ua/moodle/file.php/166/moodl_akz/r5_t3.html
10. Застосування роботизованих систем у зварюванні [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://neftegaz.ru>
11. Зварювальні колони [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://svarcom.net/katalog/automation/mekhanizatsiya/column-boom.html>
12. Зварювальні ролюкоопори [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://ckmt.ru/artic/vidy-i-tipy-svarochnyh-apparatov.html>
13. Plasma arc welding [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://en.wikipedia.org/wiki/Plasma_arc_welding
14. What is plasma welding? [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.thefabricator.com/thewelder/article/assembly/what-is-plasma-welding>
15. What is plasma welding? [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.thefabricator.com/thewelder/article/assembly/what-is-plasma-welding>
16. Особливості зварювання плазмою [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://svarkalegko.com/tehonology/plazmennaya-svarka.html>
17. Modicon M340 PLC [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.se.com/ua/uk/product-range/1468-modicon-m340/>

					СУ-81/3-9 6.151.08.ПЗ	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

18. Processor P34-2000 [Електронний ресурс]. – 2022. – Режим доступу: <https://www.se.com/ru/ru/product/BMXP342000/%D0%BF%D1%80%D0%BE%D1%86%D0%B5%D1%81%D1%81%D0%BE%D1%80-34020-modbus/>

19. Аналоговий вхідний модуль BMX AMI0 410 [Електронний ресурс]. – 2022. - Режим доступу: <https://www.se.com/ua/uk/product/BMXAMI0410H/h-%D0%B0%D0%BD%D0%B0%D0%BB-4-u-i-%D0%B2%D1%85-%D1%96%D0%B7%D0%BE%D0%BB>

20. Аналоговий вихідний модуль BMX AM0 0410 [Електронний ресурс]. – 2022. - Режим доступу: <https://www.se.com/ua/uk/product/BMXAMI0410H/h-%D0%B0%D0%BD%D0%Bfdvuv>

21. Датчики рівня та тиску Rosemount [Електронний ресурс]. – 2022. - Режим доступу: <https://www.emerson.com/en-us/automation/rosemount>

22. Двигуни великої потужності [Електронний ресурс]. – 2018. - Режим доступу до ресурсу: https://xn--80aqy.com.ua/katalog_elektrovdigatelei_air/air-250dm6-55-kvt-1000-ob-min/

22. Перетворювач частоти 11 кВт [Електронний ресурс]. – 2017. - Режим доступу до ресурсу: <https://invnt.com.ua/p1s000674244-preobrazovatel-chastoty-1115.htm>

23. Програмне забезпечення Unity PRO [Електронний ресурс]. – 2022. - Режим доступу до ресурсу: <https://www.se.com/ru/ru/product-range/548-ecotruxure-control-expert-unity-pr>

24. Тези: Діана Кореновська, Максим Железняк, Володимир Прищепа, Андрій Трапізон, Олена Толбатова. Автоматизована система розпізнавання облич на базі хмарних сервісів. – Сумський державний університет, Суми, Україна, Національний авіаційний університет, Київ, Україна, 2022.

					СУ-81/3-9 6.151.08.ПЗ	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

