

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. Кафедри

_____Довбиш А.С.

_____2019 р.

ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ
Автоматизація повітряно-плазмової установки

Керівник проекту:

к. т. н., доцент

Кулінченко Г.В.

Дипломник:

студент групи СУ-51

Ланчинський В.Г.

Суми - 2019

Ном.поз	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	№ екз.	Примітки
			<u>Документація загальна</u>			
			<u>Застосована</u>			
1	A4		Завдання кафедри	2		
			<u>Новорозроблена</u>			
2	A4	ТЗ	Технічне завдання	3		
3	A4		Реферат	1		
4	A4	СУ 51 6.050201.ПЗ	Пояснювальна записка	48		
			<u>Документація конструкторська</u>			
			<u>Новозроблена</u>			
5	A3	СУ-51. 6.050201.A2	Функціональна схема повітряно-плазмової установки	1		
6	A3	СУ-51. 6.050201.E3	Електрична принципова схема повітряно-плазмової установки	1		
7	A4	СУ-51. 6.050201.ПЕ	Перелік елементів до електричної принципової схеми повітряно-плазмової установки	1		

					<i>СУ-51.6.050201.ДП</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
Розроб.		Ланчинський.			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
Провер.		Кулінченко					
Реценз.					<i>СумДУ СУ-51</i>		
Н. Контр.							
Утверд.							
					<i>Автоматизація повітряно-плазмової установки</i>		

РЕФЕРАТ

Ланчинський Вадим Григорович. Автоматизація установки плазмового розкрою листового металу. Дипломний проект. Сумський державний університет. Суми, 2019 р.

Дипломний проект містить 45 аркушів пояснювальної записки, 34 рисунка, 8 таблиць; 4 додаток, конструкторську документацію, що містить 2 креслення. При виконанні дипломного проекту було використано 13 літературних джерел.

У пояснювальній записці приведена коротка характеристика та опис об'єкту дослідження – процес плазмового розкрою, датчики, які застосовуються, розроблена функціональна схема автоматизації, схема підключення, сигналізації контролера, схема щитових конструкцій та описаний алгоритм роботи агрегату.

ABSTRACT

Lanchinsky Vadim Grigorovich. Automation of installation of plasma rozkroy sheet metal. Diploma project. Sumy State University. Sumi, 2019 r.

A diploma project to place 45 arkushiv explanatory notes, 34 figures, 8 tables; 4 doodatku, konstruktorsku documentary, scho misst 2 chairs. In the case of the viconan diploma project, there were 13 literature dzherel.

The explanation note gives a brief description of the description of the more detailed process of plasma rozkroy, sensors, confusion, detailed functional automation scheme, control circuit signaling, description of the shield, and the scheme of the robots, the scheme of the robot, the robot, and the flow of the system.

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

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до дипломного проекту
Автоматизація системи повітряно-плазмової установки

Керівник проекту:

Кулінченко Г.В.

Проектант:

студент групи СУ-51

Ланчинський В.Г.

Суми – 2019

ЗМІСТ

Вступ	4
1. ОПИС ЗАДАЧІ ТА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ	5
1.1 Оцінка ефективності.....	5
1.2 Принцип роботи та структура схема	6
2. КОНТУРИ КЕРУВАННЯ ТА КОНТРОЛЮ.....	7
2.1 Визначення контурів управління	7
2.1.1. Контур регулювання положення крокового двигуна	7
2.1.2 Контур контролю довжини плазмової дуги.	8
2.1.3 Контур підпалу дуги.	9
2.1.4 Контур контролю витрат газу в системі.....	9
3. РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ МЕХАНІЧНОЇ ЧАСТИНИ ПОВІТРЯНО-ПЛАЗМОВОЇ УСТАНОВКИ.....	10
4. АПАРАТНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВЕРСТАТА.....	12
4.1. Кроковий двигун	12
4.2.Драйвер крокового двигуна	14
4.3.Регулятор-стабілізатор тиску.....	20
4.4.Давач струму	21
5.ПРОГРАМУЄМО ЛОГІЧНИЙ КОНТРОЛЕР ПЛК73.	22
6. ПРОГРАМА КЕРУВАННЯ СТАНКОМ МАСНЗ	24
7.СТВОРЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ.....	29
8. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	32
9. Вимоги ТБ до оператора верстата з ЧПУ, що виконує операції плазмового різання.....	33
ВИСНОВКИ	35
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	36
Додаток А.....	38

					<i>СУ-51 6.050201 ПЗ</i>		
зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Ланчинський			Арк.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Кулінченко					
Реценз.					<i>СумДУ СУ-51</i>		
Н. Контр.							
Затверд.							

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

СУ – система управління

ЧПУ - числове програмне управління

ПРМ – плазмова різка металу

САУ – система автоматичного управління

ВО – виконавчий орган

РМ – робочий механізм

ККД – коефіцієнт корисної дії

КГП- кулько гвинтова передача;

ПЛК – програмований логічний контролер;

САУ – система автоматизованого управління;

					<i>СУ-51 6.050201. ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ВСТУП

В сучасних умовах, кожен виробник намагається оптимізувати виробничий процес, аби стати більш конкурентоспроможним. Виробництва пов'язані із обробкою металу теж не є виключенням, зокрема в цій галузі часто виникають питання швидкості, якості та вартості обробки.

Як скоротити час, цим самим збільшивши продуктивність, та при цьому не втратити якість?

Чи можливо зробити процес фігурного розкрою автоматичним, дешевим, при цьому звести на мінімум після-обробні процедури?

Розкрій металу плазмовим різакром, дає відповідь на всі запитання. Установка плазмового розкрою з ЧПУ. Система дозволяє розрізати метал по траєкторії будь-якої складності, з відповідно високою якістю кромки, точністю та швидкістю. При цьому потребує мінімальних трудовитрат.

При виготовленні деталі складної конфігурації стандартним методом необхідно застосувати цілу низку процесів, таких як: рубка металу, токарна обробка, фрезерування, свердління отворів і.т.д. При цьому значно зменшується якість, швидкість, кількість браку, кількість відходів.

Станок з ЧПУ замінює всі ці процеси одним. Для цього необхідно лише закріпити лист металу на робочому столі, підготувати та запустити керуючу програму. При такому підході виробництво стає ефективнішим відразу в декілька разів. Відходи металу зменшуються, швидкість збільшується. Точність різки дозволяє відразу використовувати деталі без додаткової шліфовки.

Ефективність машинобудівних технологічних процесів ґрунтується на подальшому вдосконаленні прогресивних технологій, до яких відноситься плазмова різка металів. Ефективність ПРМ визначається швидкістю різання при дотриманні необхідних показників якості процесу. В сучасних виробництвах можна підвищити ефективність плазмового різання за рахунок автоматизації керування машиною плазмового різання в складі потокової лінії. Для автоматичного завдання машині плазмового різання необхідної швидкості різання потрібна математична залежність швидкості різання від основних параметрів процесу різання.

					<i>СУ-51 6.050201. ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

1. ОПИС ЗАДАЧІ ТА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

Плазмовим розкромом називають процес розрізання металу плазмовим струменем, при цьому джерелом нагріву виступає електрична дуга. Але тут є деяка особливість, горить вона між електродом та заготовкою не вільно, як при зварюванні, а продувається струменем газу, або повітря. Плазмотрон - основний інструмент плазмового розкрою. В цьому пристрої повітря пропускається через розрядну камеру. В цій камері знаходиться електрична дуга, повітря при контакті з дугою сильно нагрівається, в результаті чого іонізується та виходить через спеціальний отвір, який називається соплом. Іонізоване повітря, якраз і є плазмою.

Отже плазмовий струмінь об'єднується з електричною дугою (охоплює її) вириваючись із сопла плазмотрона має температуру що може коливатися в діапазоні від 2000 до 50 000 градусів Цельсія (це залежить від сили струму який подається на дугу). Такий струмінь з легкістю пропікає метал товщиною до 50 мм. Така технологія підвищує КПД процесу розкрою.

Як же контролювати такий процес ? На плазмову дугу впливають дві основні величини. Величина струму дуги (визначається товщиною розрізуваного металу, встановлюється оператором перед початком розкрою та не змінюється на протязі всього процесу обробки листа). Довжина самої плазмової дуги, має значний вплив на якість та швидкість розкрою, пропорційно залежить від напруги дугового кола. І найбільш складний процес підпалу, з системою пошуку нуля, потребує спеціальної конструкції тримача різачка та особливого алгоритму роботи.

Але в такій системі існує інша сторона, велика кількість завад, випромінювана джерелом плазми, що вкрай небажано особливо для слабострумної електроніки, тому доведеться підготувати лінії передачі сигналів до такого середовища.

1.1 Оцінка ефективності

Головною перевагою застосування плазмової технології, є значно менша вартість обладнання та затрат на метр різку, у порівнянні з лазерною технологією та значно вища ефективність у порівнянні з ацетилено-кислородною обробкою.

Система керування, розроблена в цьому проекті дозволить застосовувати в установках плазмові апарати абсолютно різних типів та потужностей, що зробить доступними системи плазмової обробки навіть для невеликого виробництва.

					<i>СУ-51 6.050201. ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

1.2 Принцип роботи та структура схема

Структурна схема системи плазмового розкрою буде виглядати наступним чином:

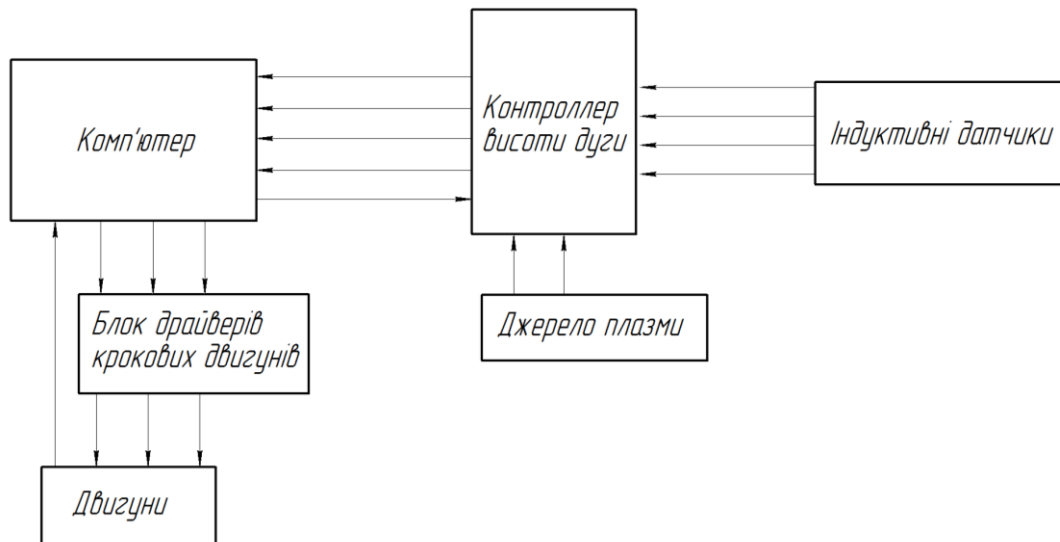


Рисунок 1.1 – Система плазмового розкрою металу.

Особливістю роботи системи, є особлива функція контролера висоти дуги, справа в тому, що через конструктивні особливості інтерфейсу LPT, за допомогою якого ми підключаємо периферійні органи до комп'ютера, ми маємо лише чотири вхідних порти для підключення датчиків початкового положення, та сигналів від ТНС, при необхідних восьми. Тому контролер висоти дуги працює таким чином, що коли відбувається процес плазмового розкрою він виконує свою функцію, керує довжиною дуги та виконує пошук металу при підпалі дуги, а коли верстат виконує неробочі переміщення, або стає у нульове положення, контролер транслює сигнали кінцевих давачів.

Принцип роботи системи полягає в наступному, програма MACH3, яка встановлена на персональний комп'ютер, виводить верстат у нульове положення, потім встановлює координату ХУ в початкове положення. Після цього віддає сигнал на контролер, про початок різки. Виконує пошук металу, опускаючи вісь Z, доки не прийде сигнал "Probe" з контролера. Підпалює дугу, чекає від контролера імпульс, підтверджуючий успішність підпалу, "TNS ON", сигнал формується контролером плазми на основі наявності струму на виході джерела плазми. Далі починає рухатись по траєкторії заданій керуючою програмою, при цьому приймає імпульси "Torch UP", "Torch Down", які контролер

										Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

висоти дуги починає формувати на основі напруги джерела плазми, відразу після того, як віддав сигнал “THC ON”.

Під час роботи верстату, МАСНЗ отримує зворотній зв'язок від крокових двигунів, та корегує не відпрацьовані кроки. Зазвичай сучасні крокові двигуни, досить чітко відпрацьовують подані кроки, але в умовах даної системи, де існує велика кількість електромагнітних завад, які значно підвищують ймовірність пропуску кроків, було вирішено використати зворотній зв'язок.

2. КОНТУРИ КЕРУВАННЯ ТА КОНТРОЛЮ

Для ефективної автоматизації установки потрібно виділити контури контролю та керування та представити таблицю сигналів, які будуть існувати в системі протягом виконання алгоритму.

2.1 Визначення контурів управління

В установці відбувається процес розкрою сталі. В даній системі передбачені наступні контури управління:

- Контроль та керування приводом осі «X»;
- Контроль та керування приводом осі «Y»;
- Контроль та керування приводом осі «Z»;
- Регулювання процесу підпалу плазмової дуги;
- Регулювання довжини плазмової дуги;
- Регулювання тиску повітря необхідного для найбільш якісного процесу розкрою.

2.1.1. Контур регулювання положення крокового двигуна

Для керування кроковим двигуном найбільш ефективним є система підпорядкованого регулювання. В такій системі реалізовано три контури регулювання, за струмом, швидкістю та положенням. Для регулювання за струм використовують ПІ-регулятор. Швидкість регулюють ПІ- регулятором. Для керування за положенням застосовують ПІД-регулятор.

					<i>СУ-51 6.050201. ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Якщо нам потрібно регулювати положення, то для цього нам підходить швидкість (частота обертання), тому що саме швидкість впливає на зміну положення (швидкість - це похідна від положення). Далі, якщо ми хочемо регулювати швидкість, то для цього нам підходить регулювання моменту двигуна, так як момент визначає прискорення приводу, і він також найпростішим математичним законом пов'язаний зі швидкістю. Так як для двигуна момент - це струм то для регулювання моменту потрібно керувати напругою драйвері крокового двигуна, тому що струм і напруга теж пов'язані в першому наближенні через просте диференціальне рівняння.

Якщо який-небудь внутрішній контур опустити, то положення регулюватися буде регулюватися погано, не з такою швидкодією, як в триконтурній системі. Якщо викинути, наприклад, контур струму, змусивши регулятор швидкості впливати безпосередньо на напругу інвертора, то залишиться безконтрольним момент приводу (струм) - він буде змінюватися як хоче, перехідні процеси будуть пущені на самоплив, тобто система буде не стійка. [5]

В більшості випадків для керування верстатів з ЧПУ використовується дана система регулювання. Враховуючи що двигуни будуть працювати в умовах великої кількості завад застосуємо систему підпорядкованого регулювання.

2.1.2 Контур контролю довжини плазмової дуги.

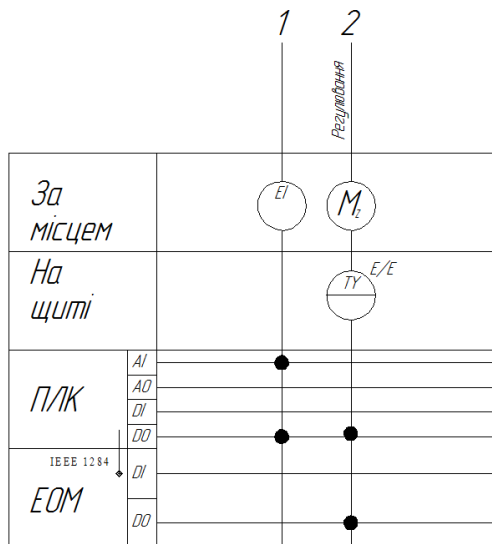
Система використовує напругу дуги плазми, щоб керувати фізичною величиною висоти, відстанню між різакром і оброблюваною деталлю протягом процесу плазмового різання.

Від даного параметра залежить: перпендикулярність утворених кромок, щільність плазмової дуги, її стійкість.

Чим менше факельний зазор, тим менше кут кромки. Оптимальним вважається відстань від сопла до листа в діапазоні від 1,5 до 10 мм. Ця відстань виставляється індивідуально для кожного випадку і вказується в керівництві по експлуатації джерела плазми.

Щоб уникнути дефектів кромок, необхідно витримувати постійним факельний зазор. Зменшення його величини призведе до передчасного згорання і електрода, і дорогого сопла. Особливо небезпечним є контакт сопла і листа, коли факельний зазор дорівнює нулю. Для цього і був створений контроль висоти. Такий стабілізатор дозволить автоматично підтримувати оптимальний, заданий оператором, факельний зазор.

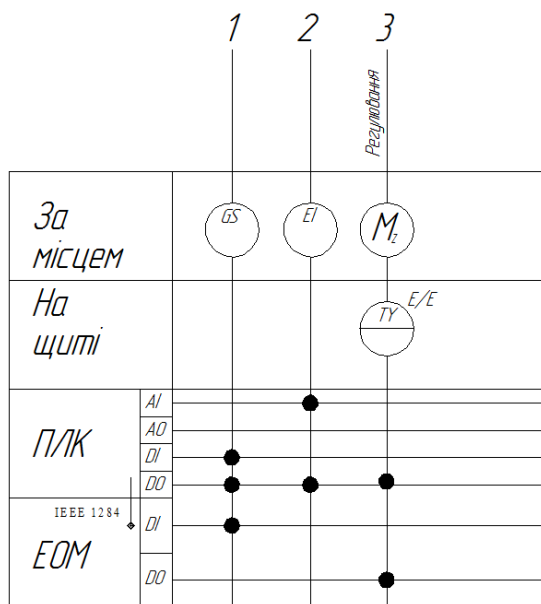
					<i>СУ-51 6.050201. ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



2.1.3 Контур підпалу дуги.

Метод пошуку металу при підпалі, базується на опусканні різачка до контакту з металом, при цьому різак не пошкоджується завдяки механічній системі обмеження сили зіткнення, та практично миттєвому реагуванні індуктивного датчика, який фіксує зіткнення.

Деякі існуючі системи підпалу, час від часу зіштовхуються з проблемою, коли метал був знайдений, але дуга з тих чи інших причин не загорілася, тоді верстат просто продовжує виконання програми обробки, що призведе до зіпсування заготовки, тому було вирішено встановити контрольний датчик наявності дуги, який фіксує струм.



2.1.4 Контур контролю витрат газу в системі

Слід зазначити, що процес розкрою сталевих листів залежить не тільки від довжини дуги. Важливе значення тут відіграє оптимальний тиск, під яким знаходиться газ. Від

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

СУ-51 6.050201. ПЗ

Арк.

цього параметра залежить термін служби сопла і якість різку. Так, якщо тиск підвищений, на початку процесу не вдається отримати якісної кромки. При зниженому ж тиску спостерігається недостатнє охолодження плазмотрона. А це призводить до роздвоєння дуги і руйнування сопла. Регулювання тиску в нашій системі відбувається механічним регулятором.

3. РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ МЕХАНІЧНОЇ ЧАСТИНИ ПОВІТРЯНО-ПЛАЗМОВОЇ УСТАНОВКИ

Типи ЧПУ верстатів

Портальний ЧПУ верстат. Портальна конструкція ЧПУ верстата відзначається простотою виконання. Робоча поверхня на ЧПУ верстатах портального типу може рухатися в осях Z і X.

Переваги конструкції портального типу:

Висока жорсткість на вигини при обробці.

Простота виготовлення.

Недоліки ЧПУ верстата портального типу:

Немає можливості обробки важких заготовок, так як заготівля тримається і переміщається по осі X, навантажуючи її своєю вагою.

Розмір оброблюваної деталі може перевищувати обсягу порталу

ЧПУ верстат з рухомим порталом

Верстат другого типу трохи складніше верстата портального типу. Його ж часто рекомендують для самостійного виготовлення ЧПУ верстатів. Фрезерна частина ЧПУ верстата такого типу може рухатися в 3-х осях.

переваги:

Простота виготовлення.

Вага оброблюваної деталі нічим не обмежений.

Зручний електронних друкованих плат, особливо потоковим методом.

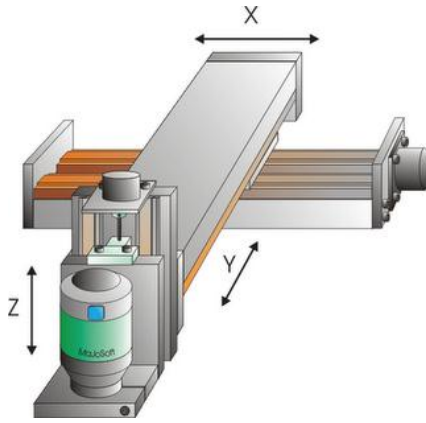
Можна обробляти заготовку необмеженої довжини по осі Y.

недоліки:

Потрібно використовувати жорстку і міцну напрямну для осі X, так як саме ця буде відчувати великі навантаження при обробці.

					<i>СУ-51 6.050201. ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Безпотральний ЧПУ верстат



Четвертий тип верстата набагато складніше у виготовленні попередніх. Робоча поверхня такого верстата може рухатися у всіх напрямках.

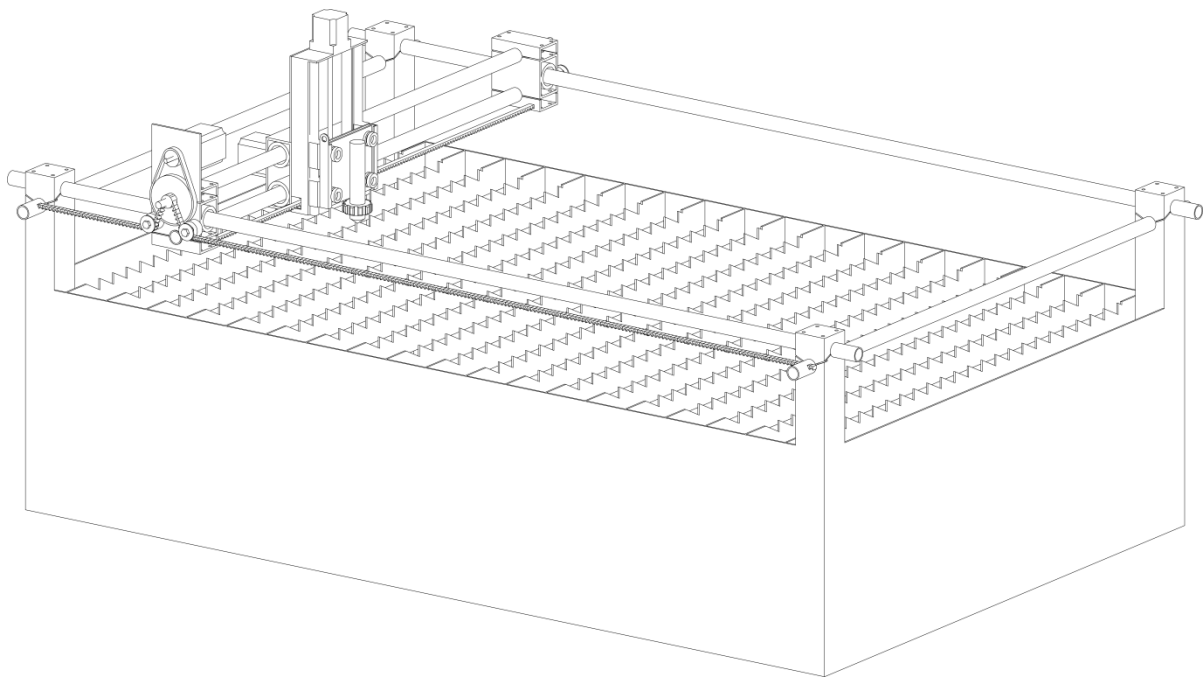
Складність даної конструкції в жорсткості зв'язки осей X і Y. Домогтися того, щоб при обробці на максимальному видаленні по осі Y не було зсувів або викривлення осі викликаних опором матеріалу обробці - дуже складно. Особливо якщо будувати з підручних матеріалів. Через це може постраждати точність обробки.

переваги:

Можна обробляти заготовки будь-яких розмірів. Достатню просто переставляти ЧПУ верстат на заготівлі.

Вага оброблюваної деталі нічим не обмежена.

Проаналізувавши потреби, можливості та цілі, оберемо тип конструкції з рухомих порталом. Виконаємо креслення конструкції:



Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

СУ-51 6.050201. ПЗ

Арк.

Рис. 3.1 Конструкція повітряно-плазмової установки

В якості матеріалу для побудови каркасу використаємо профільну трубу квадратного перетину 60x60 мм. Направляючі осі виконаємо із труби з нержавіючої сталі круглого перетину діаметром 25 мм. Для збільшення жорсткості направляючих, замовимо їх внутрішню порожнину розчином бетону.

Оскільки при плазмовій обробці ріжучий інструмент не має механічного контакту із заготовкою, то опір осей при обробці буде створюватися лише вагою різачка, та самого порталу, тому оберемо ремінну зубчасту передачу для осей X та Y. Також застосуємо ремінний редуктор з передаточним числом 1:4 для осі Y аби зменшити навантажувальний момент на двигун. Аби уникнути можливого перекосу порталу зв'яжемо правий та лівий ведучий шків порталу одним валом, це забезпечить абсолютно синхронне обертання шківів і рівномірний рух порталу. Вал що з'єднує шків порталу вмонтуємо в порожнину однієї з направляючих осі X встановивши його на підшипники. Передачу осі Z виконаємо за допомогою валу КГП діаметром 10 мм. Каретки закріпимо на направляючих за допомогою лінійних направляючих КВА25UU. Робочу поверхню верстата виконаємо із мластин що мають посічені (у формі зубчиків) краї. При такій конструкції плазмова дуга буде менше пошкоджувати стіл. Під робочим столом станка буде встановлена вентиляційна система яка дозволить відвести більшу частину продуктів горіння дуги.

4. АПАРАТНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВЕРСТАТА

4.1. Кроковий двигун

Кроковий двигун NT57STH76 - двофазний кроковий двигун з енкодером. Розмір фланця - 57 мм, плавний хід, мала інерція. В поєднанні з HSS57 драйвером працює, як замкнута система та є ідеальним удосконаленням і хорошою заміною відкритої системи, що запобігає втраті кроків двигуна і забезпечує високу точність двигуна.

					<i>СУ-51 6.050201. ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис. 4.1 Вигляд крокового двигуна

Характеристики:

Фаза	2
Кут кроку	1.8°
Напруга	2.1V
Струм	4.2A
Опір	0.5Ω
Індуктивність	1.8mH
Крутний момент	19kg.cm
Клас ізоляції	B
Маса	1.5кг

Розміри:

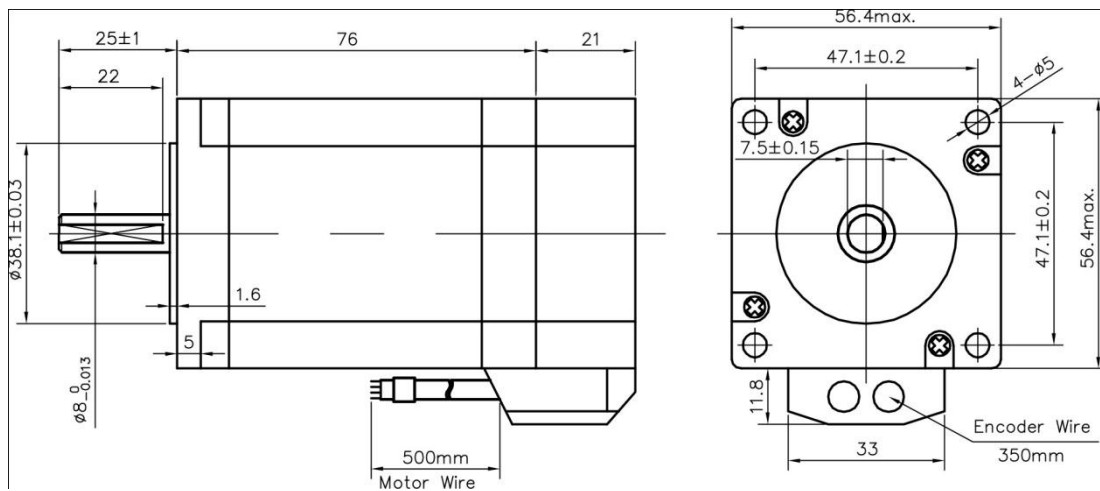


Рис. 4.2 Габаритні розміри двигуна

№	Колір	Ім'я	Опис	№	Колір	Ім'я	Опис
1	Червоний	VCC	+5V живлення	4	Зелений	B-	Енкодер канал B-
2	Білий	GND	+5V GND	5	Чорний	A+	Енкодер канал A+
3	Жовтий	B+	Енкодер канал B+	6	Синій	A-	Енкодер канал A-

4.2. Драйвер крокового двигуна

Драйвер HSS57 – 2-фазний драйвер крокового двигуна з енкодером. Нове покоління драйверів, які дозволяють уникнути втрат кроків та забезпечують високу точність двигуна. Зменшення крутного моменту при збільшенні швидкості значно нижчі, ніж у звичайного крокового двигуна. Замкнута система є ідеальним удосконаленням і хорошою заміною відкритої системи. Крім того, вона також має деякі функції АС серводвигунів, в той же час, її ціна значно нижча.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

СУ-51 6.050201. ПЗ

Арк.



Рис. 4.3 Зовнішній вигляд драйвера

Особливості:

- Закрита система крокового двигуна, ніколи не втрачає крок.
- Зменшення крутного моменту при збільшенні швидкості значно нижчі, ніж у звичайного крокового двигуна.
- Автоматичне регулювання струму в залежності від навантаження.
- Підходить для всіх механічних навантажень (в тому числі низька жорсткість шківа і колеса), немає необхідності в налаштуванні параметрів.
- Плавна робота двигуна, низька вібрація, високі динамічні характеристики при прискоренні і гальмуванні.
- Відсутня вібрація при зміні від нульової швидкості до максимальної.
- Драйвер nema23, nema24 серій 2.2N.m - 3N.m замкнутий цикл крокового двигуна.
- Частота імпульсів може досягати 200кГц. - 16 видів мікрокроків, максимальна 51200 імпульсів/об.
- Діапазон напруги DC24V~50V.

Система замкнутого циклу може бути застосована до всіх видів невеликого автоматичного обладнання та інструментів, таких як гравірувальні верстати, спеціальні промислові швейні машини, маркувальні машини, плоттери, ЧПУ машини та інші.

Електричні параметри:

Діапазон напруги	DC24~50V
Максимальний струм	6.0A (зміна струму в залежності від навантаження)
Вхідний струм	7~20mA
Частота	0~200KHz
Сумісність	NT57STH, NT60STH
Енкодерні лінійки	1000
Опір ізоляції	$\geq 500\text{M}\Omega$

Параметри оточення:

Спосіб охолодження	Натуральний або радіатор	
Операційне середовище	Намагайтесь уникати пилу, масла, корозійних газів	
	Робоча температура	0~50°C
	Робоча вологість	40~90%RH
	Вібрація	5.9m/s ² Max
Температура зберігання	-20°C~65°C	
Вага	560g	

					<i>СУ-51 6.050201. ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вхідні порти двигуна і блока живлення:

Номер порта			Колір проводу двигуна
1	A+	A фаза обмотки +	червоний
2	A-	A фаза обмотки +	зелений
3	B+	B фаза обмотки +	жовтий
4	B-	B фаза обмотки +	синій
5	+VDC	Вхідна напруга	DC24~50V
6	GND		

Вхідний порт енкодера:

Номер порта			Колір проводу двигуна
1	EB+	Енкодер В фаза вхід +	жовтий
2	EB-	Енкодер В фаза вхід -	зелений
3	EA+	Енкодер А фаза вхід +	чорний
4	EA-	Енкодер А фаза вхід -	синій
5	VCC	Напруга енкодера (+5V)	червоний
6	EGND	Енкодер Grand (0V)	білий

Сигнал контролера порту:

Номер порта			
1	PUL+	Крок +	Якщо сигнал контролю напруги +5V, то на вхідний порт не потрібно підключати додатковий опір. Якщо сигнал контролю напруги +12V, то на вхідний порт, необхідно підключити опір 1К . Якщо сигнал контролю напруги +12V, то на вхідний порт, необхідно підключити опір 2К.
2	PUL-	Крок -	
3	DIR+	Напряв +	
4	DIR-	Напряв -	
5	ENA+	Enable вхід +	
6	ENA-	Enable вхід -	
7	PEND+	Position signal output +	ОС вихід, closed indicate finish the position, open circuit indicate position is not finished.
8	PEND-	Position signal output -	
9	ALM+	Вихідний сигнал тривоги +	ОС вихід, сигнал тривоги в замкнутому, без сигналу при розімкнутому
10	ALM-	Вихідний сигнал тривоги -	

Сигнал контролера порту:

SW1: NC

SW2: Налаштування напрямку повороту: вкл. = CW, викл. = CCW

SW3, SW4, SW5, SW6: встановлення мікрокроку

Мікрокрок/об	SW3	SW4	SW5	SW6
За замовчуванням (400)	on	on	on	on
800	off	on	on	on
1600	on	off	on	on
3200	off	off	on	on
6400	on	on	off	on
12800	off	on	off	on
25600	on	off	off	on
51200	off	off	off	on
1000	on	on	on	off
2000	off	on	on	off
4000	on	off	on	off
5000	off	off	on	off
8000	on	on	off	off
10000	off	on	off	off
20000	on	off	off	off
40000	off	off	off	off

Індикація:

PWR: індикатор живлення: Коли живлення включено, світиться зеленим.

ALM: індикатор тривоги: Якщо червоне світло блимає один раз протягом 3 секунд, це означає, перевантаження по струму або коротке замикання; Якщо червоне світло блимає два рази протягом 3-х секунд, це означає перевантаження напруги; якщо червоне світло блимає три рази протягом 3-х секунд, це означає, ультра різницю або що відключений енкодер датчик.

4.3.Регулятор-стабілізатор тиску

Регулятори-стабілізатори тиску призначені для підтримки тиску і / або значення витрати вуглеводневих газів, газових фаз зріджених газів, стиснутого повітря та інших неагресивних газів на виході постійним в заданих межах і працюють без використання стороннього джерела енергії.



Рис. 4.4 Зовнішній вигляд драйвера

Запобіжно-запірний клапан (далі - ПЗК), що входить до складу регулятора тиску, припиняє подачу газу при значному (неприпустимому) підвищенні тиску на виході в разі виникнення будь-яких аварійних ситуацій.

Матеріал корпусу: алюмінієві сплави АК12ОЧ, АК12ПЧ

Максимальний тиск на вході:

					<i>СУ-51 6.050201. ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

для РС ... - 0,5 - ... - 0,5 бар (500 мбар);

для РС ... - 6 - ... - 6 бар (6000 мбар).

Максимальне відхилення тиску на виході:

$\pm 15\%$ від налаштованої величини при зміні вхідного тиску в межах $\pm 30\%$ від фактичного

4.4. Давач струму

ACS758LCB-100B-PFF-T, давач струму 100А

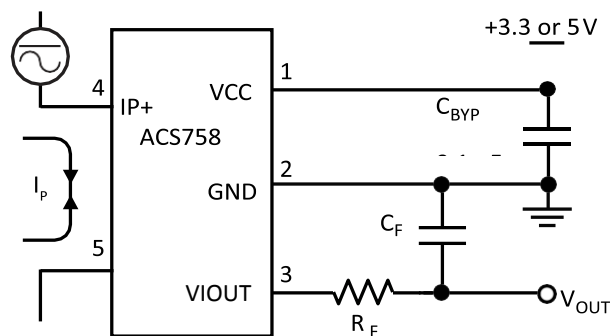


Рис. 4.5 Зовнішній вигляд та схема підключення датчика

Кінцевий індуктивний датчик LJ12A3-4-Z / ВХ NPN ЧПУ

Характеристики:

модель: LJ12A3-4-Z / ВХ;

конструкція: циліндричний;

принцип роботи: індуктивний;

полярність виходу: NPN;

стан виходу: нормально відкритий;

					СУ-51 6.050201. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ступінь захисту: IP65;
захист від неправильного підключення живлення: є;
дистанція спрацьовування: 4 мм;
напруга живлення: 6 - 36 В постійного струму;
вихідний струм: 300 мА;
світлова індикація спрацьовування: червоний світлодіод;
довжина проводу: 1 м;
розміри (діаметр x довжина): 12 x 62 мм;
5.ПРОГРАМУЄМО ЛОГІЧНИЙ КОНТРОЛЕР ПЛК73.

Програмований логічний контролер

Повноцінний програмований контролер для простих завдань автоматизації. Контролер ОВЕН ПЛК73 призначений для створення систем автоматизованого управління технологічним обладнанням в енергетиці, на транспорті, в тому числі залізничному, в різних галузях промисловості, житлово-комунального та сільського господарства.

Контролер призначений для створення систем автоматизованого управління технологічним обладнанням в енергетиці, на транспорті, в т.ч. залізничному, в різних галузях промисловості, житлово-комунального та сільського господарства.

Логіка роботи контролера визначається споживачем в процесі програмування контролера. Програмування здійснюється за допомогою програмного забезпечення CoDeSys 2.3 (версії 2.3.9.9). При цьому підтримуються всі мови програмування, зазначені в ІЕС 61131-3.

Документація по програмуванню контролера і роботі з програмним забезпеченням CoDeSys приведена на компакт-диску, що входить в комплект поставки.

Контролер відноситься до засобів вимірювальної техніки, які застосовуються поза сферою законодавчо регульованій метрології.

Контролер може бути використаний як:

					<i>СУ-51 6.050201. ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

- спеціалізований пристрій управління виділеним локалізованим об'єктом;
- пристрій моніторингу локалізованого об'єкта в складі комплексної інформаційної мережі;
- спеціалізований пристрій управління і моніторингу групою локалізованих об'єктів в складі комплексної інформаційної мережі.

У контролері реалізовані наступні функції:

- виконання користувальницької програми роботи контролера (створеної в середовищі «CoDeSys 2.3»);
- зняття вимірних значень з вбудованих аналогових і дискретних входів з наступною передачею їх в призначену для користувача програму;
- управління вбудованими ВУ контролера з призначеної для користувача програми; розширення кількості вихідних пристроїв з використанням модуля ОВЕН МР1, що підключається до контролера за спеціальним інтерфейсу;
- обмін даними по інтерфейсах RS-485 і RS-232;
- відображення символічних даних, що формуються в призначеній для користувача програмі, на РКІ;
- відображення інших даних, що формуються в призначеній для користувача програмі, на шести вбудованих світлодіодах;
- відлік реального часу вбудованим годинником з автономним джерелом живлення;
- настройка параметрів функціонування вбудованих входів, виходів і іншого периферійного обладнання контролера і збереження значень конфігураційних параметрів в енергонезалежній пам'яті;
- зміна значень конфігураційних параметрів контролера на РКІ за допомогою вбудованої клавіатури;
- зміна значень параметрів із середовища програмування CoDeSys.

					<i>СУ-51 6.050201. ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

6. ПРОГРАМА КЕРУВАННЯ СТАНКОМ MACH3

Mach3 - програмне забезпечення для управління станком з ЧПУ. Здійснює управління фрезерними, гравірувальними, токарними і іншими верстатами з ЧПУ. Встановлюється на ПК під ОС Windows.

Функції та характеристики Mach3:

- переконвертації стандартного ПК в повнофункціональну станцію управління 6-осьовим верстатом з ЧПУ
- Імпорт DXF, BMP, JPG, і HPGL файлів за допомогою вбудованої програми LazyCam
- Графічна візуалізація G-кодів
- Генерування G-кодів в програмі LazyCam або в Wizard
- Повністю перенастроюваний інтерфейс
- Створення призначених для користувача M-кодів і макросів на основі VB-скриптів

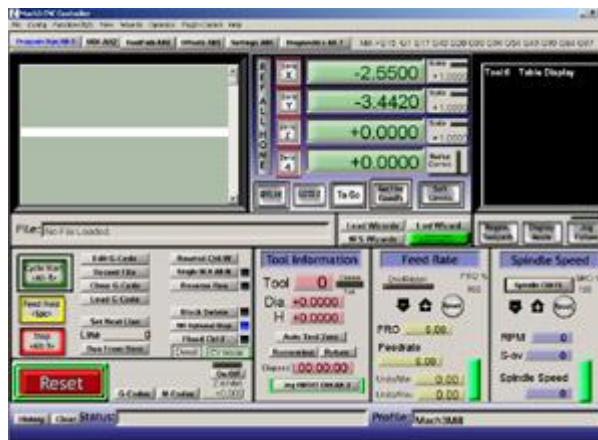


Рис. 6.1 Інтерфейс програми

- Управління частотою обертання шпинделя
- Багаторівневе релейне регулювання
- Застосування ручних генераторів імпульсів (MPG)
- Відеоспостереження за ходом обробки
- Сумісність сенсорного дисплея
- Повноекранний інтерфейс

										Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

СУ-51 6.050201. ПЗ

Mach3 успішно застосовується для управління з наступними типами обладнання:

- Токарні верстати
- Верстати фрезерні
- Швидкісні деревообробні фрезерні верстати
- Лазерні верстати
- плазморізки
- Гравірувальне обладнання

Wizard

Wizard - це вбудовані мініпрограми, які розширюють можливості Mach3 і дозволяють швидко виконувати типові операції проектування обробки без використання спеціалізованих CAD / CAM додатків. Wizard можуть бути створені користувачами самостійно. У дистрибутив Mach3 включені безкоштовні Wizard, програмують наступні операції:

Mach3 успішно застосовується для управління з наступними типами обладнання:

- Зубонарізання
- Оцифровка
- Свердління отворів
- Вибір пазів і шліців
- Гравіювання тексту
- Обробка стандартних контурів
- Поверхнева обробка (вирівнювання, плоске пониження)
- І багато іншого

У дистрибутив Mach3 включений безкоштовний бета-реліз програми LazyCam. Програма призначена для імпорту стандартних dxf, stx і інших типів файлів в Mach3 і легкої генерації по ним УП G-кодів, без використання спеціальних САМ пакетів. Версія LazyCam, що входить до складу Mach3 - безкоштовна. Також є додатковий модуль PRO-рівня, в якому є розширені опції, відсутні в безкоштовній версії - корекція, основні функції обробки

					<i>СУ-51 6.050201. ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

пінопласту, імпорт dxf- контурів і перетворення їх в УП G-коди для токарної обробки і т.д. Цей модуль надає користувачам додаткові можливості використання перспективних способів імпорту об'єктів.

Інтерфейсна плата управління приводами ЧПУ системи до 5 осей

Інтерфейсна плата (breakout board) необхідний елемент для побудови ЧПУ системи на базі персонального комп'ютера. Роль такої плати: забезпечити коректне і безпечне для персонального комп'ютера взаємодія між ПК і периферійними пристроями, таких як драйвери приводів, датчики та ін.

Особливості:

- Інтерфейс управління - LPT;
- Живлення від USB порту персонального комп'ютера;
- Сумісна з драйверами приводів типу крок / напрямок (step / dir);
- Максимальна кількість підключаються приводів - 5;
- Реле підключення навантаження - 10А 250VAC, 10А 30VDC;
- Підтримується програмами управління ЧПУ, такими як МАСНЗ, EMC2 / LinuxCNC, KCAM4 і ін.
- Вихід управління оборотами шпинделя через інвертор;
- Оптопары датчиків і схема управління інвертором шпинделя харчується від окремого джерела 12-24В.

опис:

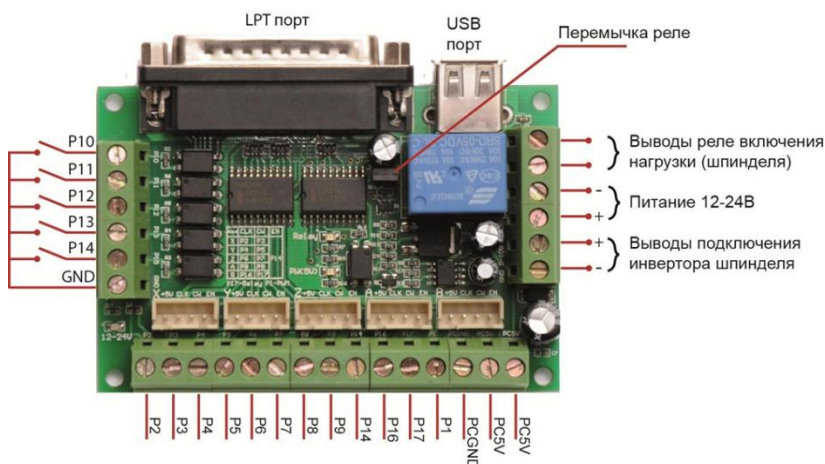


Рис. 6.1.1 Вигляд плати

Контакти та перемички

1. Роз'єми

- P10-P13, P15 - Входи для датчиків (кінцеві перемикачі, пробники і т.д.);
- P2 - Сигнал «крок» осі X;
- P3 - Сигнал «напрямок» осі X;
- P4 - Сигнал «крок» осі Y;
- P5 - Сигнал «напрямок» осі Y;
- P6 - Сигнал «крок» осі Z;
- P7 - Сигнал «напрямок» осі Z;
- P8 - Сигнал «крок» осі A;
- P9 - Сигнал «напрямок» осі A;
- P14 - Сигнал «дозвіл роботи» (Enable);
- P16 - Сигнал «крок» осі B;
- P17 - Сигнал «напрямок» осі B / включення реле;
- P1 - Управління навантаженням / шпинделем;
- PCGND - загальний висновок для підключення драйверів приводів;
- PC5V - +5 В висновок для підключення драйверів приводів.

2. Перемичка реле

- Замкнута - P17 управляє включенням реле;
- розімкнута - P17 використовується для сигналу «напрямок» осі B.

3. Схема підключення драйвера крокової приводу

Підключення драйверів приводів слід проводити аналогічно малюнків, що пояснюють підключення драйвера осі X.

					<i>СУ-51 6.050201. ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

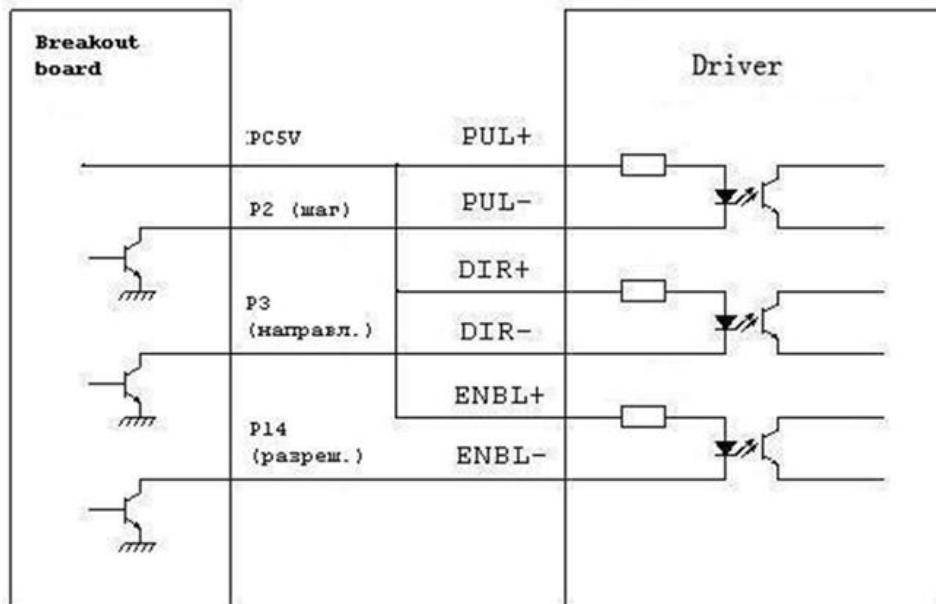


Рис. 6.1.2 Схема підключення драйверів

4. Монтаж плати

При монтажі необхідно дотримуватися таких вимог:

- Відстань від інших елементів - не менше 20мм;
- Відсутність поблизу нагріваються елементів;
- Місце монтажу має бути захищене від пилу, агресивних газів, масляного туману, вологості і сильної вібрації.

5. Світлова індикація

- 12-24V: світиться при нормальній роботі;
- Relay: індикатор включення реле;
- PW (5V): індикатор напруги +5 від порту USB персонального комп'ютера

7.СТВОРЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

У системі автоматизації плазмового розкрою сталі найбільш головними є два параметри контролю.

Почнемо з позиціонування плазмового різачка на ху – площині. Цю функцію виконує програма Mach3, яка перетворює персональний комп'ютер в повноцінну станцію керування ЧПУ. Для підключення виконуючих механізмів використаємо паралельний порт IEEE 1284 з платою інтерфейсу mach3. В якості виконуючого механізму візьмемо кроковий двигун nema23 із вмонтованим енкодером та драйвер крокового двигуна на 4,5 ампер, який підтримує формат керування step/dir.

Перейдемо до слідуючого параметра, який є основним об'єктом дослідження в даній роботі. Для виконання якісного розкрою, з найбільш якісною кромкою, необхідно, аби зазор між різачком та поверхнею металу зберігався незмінним на протязі усього різку. Цей зазор називається довжиною плазмової дуги. Довжина дуги повинна підтримуватися на рівні 3-5 мм. В залежності від товщини розрізуваного металу. Через це великий вплив на неї буде мати навіть найменша нерівність розрізуваного листа. Складається ситуація, що неможливо виконати коректний різ, зафіксувавши різак по вертикальній осі. Виникає необхідність створення регулятора, який буде динамічно змінювати вертикальну координату різачка на протязі усього різку. Отже маємо, що вісь z повинна виконувати дві функції, піднімати різак під час неробочих переміщень, та регулювати висоту дуги під час різку. Керувати холостим переміщенням буде Mach3, висоту дуги буде регулювати контроль висоти плазми THC (Torch Height Controller) , який ми реалізуємо на ОВЕН ПЛК75.

Отже, система буде працювати слідуючим чином, коли дуга вимкнена, віссю z керує Mach3, коли дуга запалена, вертикальною віссю керує контроль висоти дуги.

					<i>СУ-51 6.050201. ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перейдемо до розробки алгоритму роботи приладу контролю висоти плазми. По-перше поставимо завдання. Нашою метою є розробка малопотужної системи плазмового розкрою для малого виробництва.

Знайдемо залежні від довжини дуги величини. Розглянемо електричне коло плазмової дуги . У колі дуги діє постійний струм. Чим більшим буде зазор між електродом і масою, тим більшим буде опір кола. Тоді напруга кола буде прямопропорційна опорю, а отже і довжині дуги. Отже вимірюючи напругу у колі плазмової дуги ми можемо вирахувати значення довжини дуги і відповідно здійснювати її регулювання. Але як знайти поверхню металу під час підпалу дуги. Пошук поверхні металу під час підпалу дуги будемо називати пошуком нуля. Для безпечного та якісного виконання цього процесу необхідно сконструювати особливу конструкцію осі z. Закріпимо плазмовий різак на каретці осі z таким чином, щоб він мав невеликий вільний хід уздовж вертикальної осі. Під дією власної маси різак зазвичай буде знаходитися у нижньому положенні вільного ходу. Розмістимо індуктивний датчик таким чином, аби він спрацьовував відразу після того як різак почне підніматися вгору. За таких умов різак зможе піднятися угору лише коли впреться у поверхню металу під час опускання осі z. При такій конструкції маємо слідуєчий алгоритм пошуку нуля: коли різак буде знаходитися над місцем початку розкрою, система пошуку повільно опускає вісь z, до моменту спрацювання індуктивного датчика, далі різак буде піднято на необхідну висоту для підпалу.

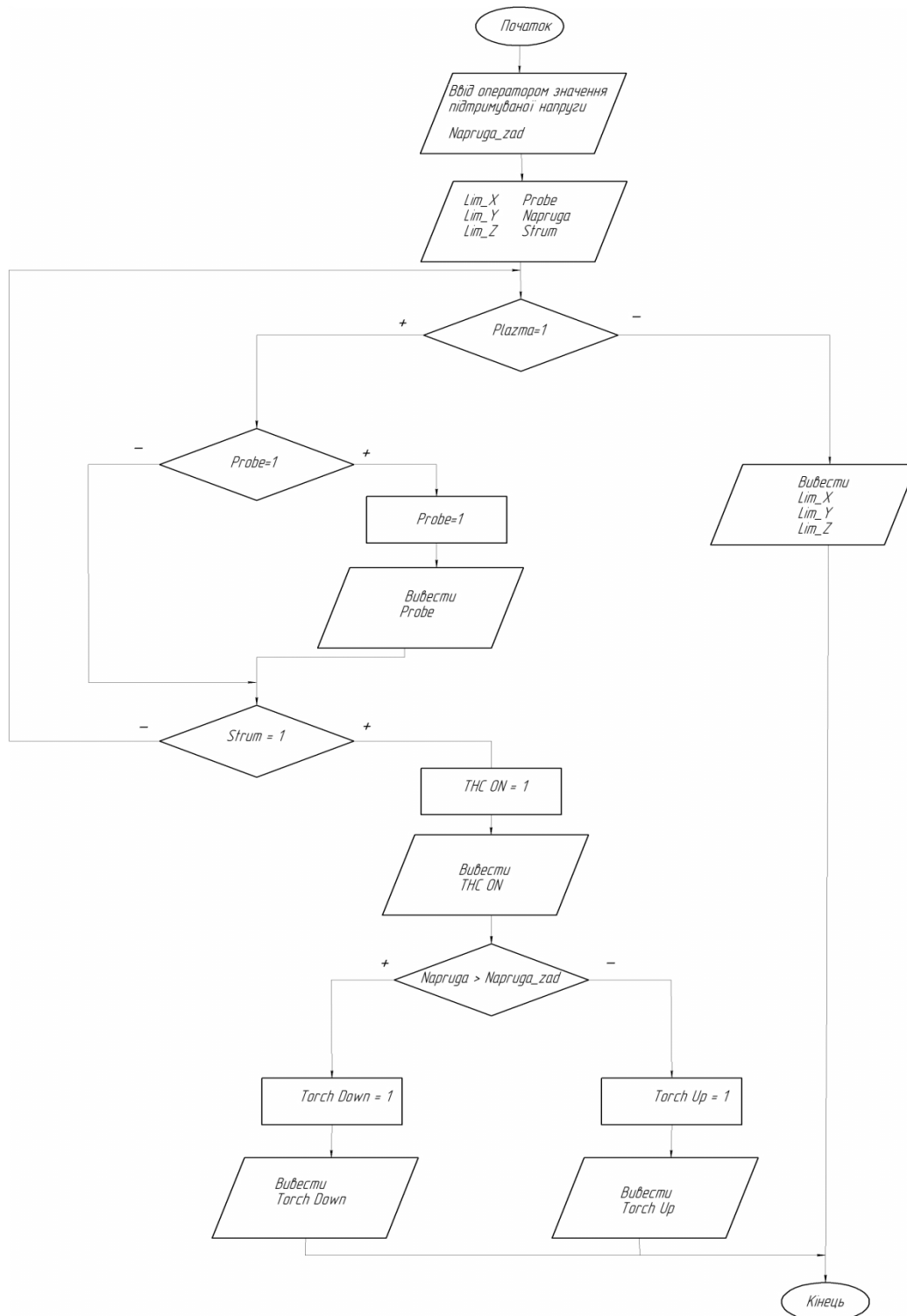
Звернемо увагу на те, що існує декілька видів підпалу дуги плазмових апаратів, це: пневмо підпал, підпал пілотною дугою, контактний підпал. Апарати із контактним підпалом є найменш потужними, та дешевими. Такий апарат неможливо використати в атоматизованій системі плазмового розрою, через те, що попередньо описаний алгоритм не гарантує підпал дуги, через що робота станка може бути аварійно зупинена.

Але використання таких апаратів змогло б задовольнити більшість потреб дрібних виробництв. Тому внесемо деяке вдосконалення описаного

					<i>СУ-51 6.050201. ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

алгоритму. Коли дуга буде запалена, у колі дуги обов'язково потече струм. Встановимо датчик струму у коло дуги. Тепер після процедури підпалу алгоритм перевірить наявність струму, лише тоді продовжить свою роботу, якщо струм не з'явиться підпал буде повторено.

Маємо алгоритм, який буде працювати з будь-яким типом плазмового апарату.



Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

1. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Для побудови експериментальної установки комплексної переробки газу були використані наступні компоненти:

№	Назва статті витрат	Одиниці виміру	Кількість	Ціна за одиницю	Сума
Предмети, матеріали та інвентар	ОВЕН ПЛК73		1 шт.	6200 грн.	6200 грн.
	Шаговый двигатель NT57STH76-2804A, 2-х фазный 1.8 ° NEMA 23		3шт.	850 грн.	2550 грн.
	Драйвер шагового серво-двигателя HSS 57		3 шт.	1100 грн.	3300 грн.
	Импульсный блок питания 24В 15А		1 шт.	400 грн.	400 грн.
	Регулятори-стабілізатори тиску		1 шт.	500 грн.	500 грн.
	ACS758LCB-100B-PFF-T, датчик струму 100А		1 шт.	100 грн.	100 грн.
	Интерфейсная плата управления ЧПУ с опторазвязкой на 5 осей BL-MACH-V1.1 для управления станком		1 шт.	265 грн.	265 грн.
	Компрессор Tesla Weld AIR 158-20		1 шт.	3 047 грн.	3047 грн.
	Концевой индуктивный датчик LJ12A3-4-Z/BX NPN ЧПУ		4 шт.	83грн.	332 грн.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

СУ-51 6.050201. ПЗ

Арк.

	Плазморез Edon CUT 40		1 шт.	6 900 грн	6900 грн.
	Екрановані трьохжилні дроти		8 м.	20 грн.	160 грн.
	Всього:		23747 грн		

Таблиця 6.1 – Кошти витрачені на побудови даної установки

Таким чином для побудови експериментальної установки комплексної переробки газу потрібно витратити 23747 грн.

9. ВИМОГИ ТБ ДО ОПЕРАТОРА ВЕРСТАТА З ЧПУ, ЩО ВИКОНУЄ ОПЕРАЦІЇ ПЛАЗМОВОГО РІЗАННЯ.

1. Оператор верстата з ЧПУ, що виконує операції плазмового різання, повинен мати повне уявлення про процес, знати особливості, вивчити інструкцію. Він не може бути молодше 18 років. Важливо також, щоб ним було пройдено спеціальний курс навчання. Не слід применшувати небезпеку і забувати, що плазморіз запускається високовольтною напругою (понад 10 кВ).
2. Працюючи з обладнанням плазмового різання, потрібно враховувати можливість вибуху (пожежі). Якщо ж неухильно дотримуватися вимог ТБ, можна повністю виключити ймовірність подібних негативних проявів.
3. Серед небезпек, якими супроводжується плазмове різання, можна виділити:
 - бризки розплавленого в процесі різання металу,
 - пил і шум, шкідливі для здоров'я оператора газу,
 - вельми значну температуру,
 - світлове випромінювання з наявністю ультрафіолетової частини спектра та ін.
4. Щоб мінімізувати проблеми, апарат встановлюється в оснащеному вентиляцією окремому місці або ділянці цеху. У безпосередній близькості від робочого місця повинні бути присутніми всі необхідні засоби пожежогасіння (вогнегасник,

							СУ-51 6.050201. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

гідрант, ящик з піском і т.д.). У оператора повинен бути доступ до щита живлення і запірного вентиля,що підключається до апарату стисненого повітря.

5. Роботи при вимкненій вентиляції проводити не слід. На операторі повинна бути надіта вогнезахисний спецодяг, який забезпечує максимальний захист від попадання на тіло бризок та іскор від розплавленого металу.
6. Він повинен працювати в спеціальних захисних окулярах, скло яких захищає від засліплення через яскраве світлове випромінювання і не пропускає значну частину випромінювання ультрафіолетового спектра.
7. Правилами ТБ оператору в момент виконання різання металу забороняється залишати місце виконання робіт і допускати сторонніх осіб. Допуск (дозвіл) щодо оператора поширюється тільки на процес плазмового різання.
8. Всі інші дії повинні виконуватися спеціальним обслуговуючим персоналом або працівниками спеціального центру, що мають допуск на ремонт і наладку. При найменшій несправності оператор зобов'язаний припинити плазмове різання і повідомити про проблему бригадиру (майстру).

					<i>СУ-51 6.050201. ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ВИСНОВКИ

В проєкті розроблений станок повітряно-плазмового розкрою металу з ЧПУ для обробки листової сталі по будь-якій траєкторії. Особливістю даної системи є те, що вона призначена для використання малопотужних джерел плазми.

Аналізуючи загальні принципи побудови верстатів з ЧПУ, обрано ключові контури керування верстатом. Розроблені структурна та функціональна схеми автоматизації станка. За допомогою програмного середовища КОМПАС 3D змодельована конструкція верстата. Обрано комплектуючі механічної частини та електронна складова плазмового станка.

Розроблена система регулювання довжини дуги по напрузі, розроблена система пошуку металу, створена особлива конструкція поліпшеного зіткнення плазмотрона, що захистить його практично від будь-яких непередбачуваних ситуацій, які могли б його пошкодити. Всі ці системи були реалізовані на контролері ОВЕН ПЛК73.

Для роботи даної системи було обране відповідне програмне забезпечення Mach3, а також додаткове ArtCam 2009 та ін. Були створені схеми підключення різних елементів і пристроїв системи керування та підсистеми між собою.

В економічній частині був наведений кошторис затрат на створення відповідного верстата з усіма його складовими.

В розділі охорона праці було проаналізовано основні небезпечні та шкідливі фактори, які можуть мати вплив на оператора відповідного верстата. Запропоновано ряд заходів щодо запобігання впливу цих шкідливих факторів на оператора.

					<i>СУ-51 6.050201. ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Громаков Е. И., Проектирование автоматизированных систем. Курсовое проектирование: учебно-методическое пособие: Томский политехнический университет. – Томск, 2009.
2. Ziegler, J.G and Nichols, N.B. (1942). «Optimum settings for automatic controllers» (PDF). Transactions of the ASME 64.pp.759 – 768
3. Куцевич И.В., Григорьев А.Б. Стандарт OPC путь к интеграции разнородных систем // Мир компьютерной автоматизации. 2001. №1. С. 46-52.
4. Professional Excel Development: The Definitive Guide to Developing Applications Using Microsoft Excel and VBA. — М.: «Вильямс», 2007. — С. 736. — ISBN 0-321-26250-6
5. Загальні відомості про системи управління і верстаках з ЧПУ [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://studfiles.net/preview/2688655/page:2/>.
6. Підтримка положення в сервоприводі: підлегле регулювання vs кроковий режим [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://habr.com/company/npf_vektor/blog/392837/.
7. Історія числового програмного управління [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://sitelab-15.dss-bi.com.ua/index.php/statti/6-istoriia-chyslovoho-prohramnoho-upravlinnia>
8. Проектування трудового процесу [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://ukrefs.com.ua/page,5,111933-Proektirovanie-trudovogo-processa.html>.
9. Требования ТБ к оператору станка с ЧПУ, выполняющего операции плазменной резки. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.znakcomplect.ru/poleznosti/example/oborudovanie/trebovaniya-tb-k-operatoru-stanka-s-chpu-vypolnyayuschego-operacii-plazmennoi-rezki.html>
10. Плазменная резка (1987) И. Г. Ширшов. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://plazmorez.blogspot.com/2017/03/blog-post.html>
11. Kirman E.J., Marriot J. B. L. Behavior of high temperature alloys in aggressive environments./ Mater Sc. And Technol. - 1989, v. 3, p. 160-165.
12. Smeggil J.G., Funkenbusch A.W., Bornstein N.S. A relationscip between indigenous impurity elements and protective oxide scale adherence characteristics. / Met. Trans. V. 17A, № 1-6, p. 923-932.
13. Плазменно-дуговая резка (1974) К.В. Васильев [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://plazmorez.blogspot.com/2017/03/blog-post.html>
14. ОВЕН. Оборудование для автоматизации. ПЛК73. Программируемый логический контроллер. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://owen.ua/ru/programmiruemye-logicheskie-kontrollery/programmiruemyj-logicheskij-kontroller-oven-plk73/prices>
15. Шаговый двигатель NT57STH76-2804A, 2-х фазный 1.8 ° NEMA 23. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://ntma.com.ua/ru/shagovye-dvygateli/krokovyj-dvygun-nt57sth76-2804a-2-x-faznyj-1.8-nema-23.html>

					<i>СУ-51 6.050201. ПЗ</i>	Арк.
Эм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

16. Импульсный блок питания 24В 15А . [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу:
https://www.googleadservices.com/pagead/aclk?sa=L&ai=DChcSEwicwaS71vDiAhXH57IKHSyFACcYABANGgJscg&ohost=www.google.ru&cid=CAASE-Roe5_Kveq-xsfeluQb0wv8CrY&sig=AOD64_1XRmNULAfsgKKBYrnF3_Z6rbxohg&ctype=5&q=&ved=0ahUKEwiZz5671vDiAhUtxosKHbDMBQsQ9aACCEg&adurl=
17. СТАБІЛІЗАТОРИ БЕЗ ФІЛЬТРІВ. [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <http://ukrgazkom.com/item/stabilizatori-bez-filtriv>
18. Італгаз. ГАЗ, ТЕПЛО, ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ -ЯКІСНЕ ОБЛАДНАННЯ, ПРОЕКТУВАННЯ ТА МОНТАЖ. [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: https://www.italgaz.com.ua/ua/equipment_gas.html
19. INDUSTRY LEADING ELECTRONIC COMPONENTS DISTRIBUTOR. [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://www.components-mart.com/product/Allegro-MicroSystems,LLC/ACS758LCB-100B-PFF-T.html>
20. ACS758LCB-100B-PFF-T - Датчик Тока, проводник тока, 10 мА, 120 кГц, PFF, 5 вывод(-ов), 3 В, 5.5 В. [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://ru.farnell.com/allegro-microsystems/acs758lcb-100b-pff-t/ic-current-sensor-100a-3cb/dp/1791393>
21. Контроллер ЧПУ 5 осей, плата управления MACH3 LPT. [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://ast3d.com.ua/product/kontroller-chpu-5-osej-mach3-lpt>
22. Компрессор Tesla Weld AIR 158-20. [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: https://teslaweld.com/kompressor-tesla-weld-air-158-20?did=504287397&gclid=EAIaIQobChMI5tfNwdrw4gIVxcYYCh3ztA3dEAQYASABEgIZIPD_BwE
23. Концевой индуктивный датчик LJ12A3-4-Z/BX NPN ЧПУ. [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: https://uawest.com/kontsevoy-induktivniy-datchik-lj12a3-4-z-bx-npn-chpu.html?gclid=EAIaIQobChMIkrnE0dvw4gIVweeyCh0CZAhuEAYYAiABEGJ4pPD_BwE
24. Плазморезы инверторные. [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: https://svarmax.com.ua/shop/plazmorezy-invertornye?gclid=EAIaIQobChMIurzaidzw4gIVicqyCh0tOOZjEAAAYASAAEgLG5fD_BwE
25. ЭКРАНИРОВАННЫЙ КАБЕЛЬ. [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <http://elab.com.ua/category/kabel-provod/filter/da735/>
26. Драйвер HSS57 та кроковий двигун з енкодером NT57STH76. [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://ntma.com.ua/drajvery-ta-krokoviy-dvyguny-z-enkoderom/drajver-hss57-ta-krokovyj-dvyguny-z-enkoderom.html>

ДОДАТОК А
(довідниковий)

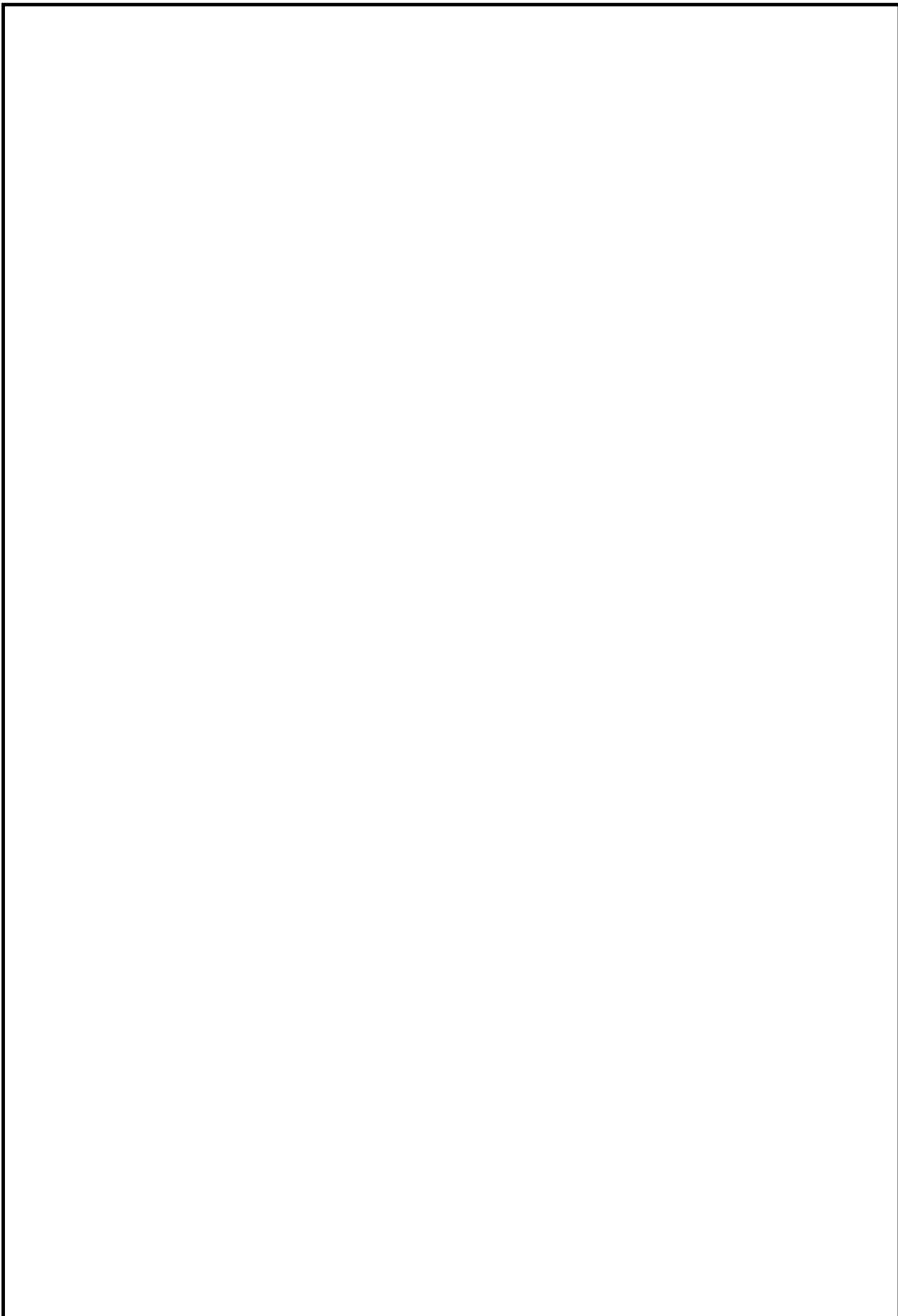
Конструкторська документація

СУ-41 6.050201 А2 Функціональна схема автоматизації системи числового програмного управління повітряно-плазмової установки

СУ-41 6.050201 ЕЗ Електрична принципова схема системи числового програмного управління повітряно-плазмової установки

СУ-41 6.050201 ПЕ Перелік елементів до електричної принципової схема системи числового програмного управління повітряно-плазмової установки

					<i>СУ-51 6.050201. ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



					<i>CV-51 6.050201.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		