

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

на тему: «Автоматизована система моніторингу за тиском повітря
для підвищення якості роботи плазмової різки з ЧПК»

Виконав: студент групи Акт-22сп

Спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ю-
терно-інтегровані технології»

(шифр і назва)

Яворів Назар Петрович

(Прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., ст. викладач Шеремета Р.Б.

(Прізвище та ініціали)

Рецензент: _____

(Прізвище та ініціали)

ДУБЛЯНИ-2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ

Перший (бакалаврський) рівень вищої освіти
Спеціальність 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедри _____
(підпис)

д.т.н., професор Віталій ВЛАСОВЕЦЬ
« ____ » _____ 202_ р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу здобувачу

Яворів Назар Петрович

1. Тема роботи: **«Автоматизована система моніторингу за тиском повітря для підвищення якості роботи плазмової різки з ЧПК»**

Керівник роботи к.т.н., ст. викладач Шеремета Роман Богданович
затверджені наказом по університету від 30.12.2022 року № 453/к-с.

2. Строк подання здобувачем роботи 23.06.2023 р.

3. Вихідні дані до роботи: технічні характеристики плазмової різки з числовим програмним керуванням та обладнання необхідного для її роботи; літературні джерела які стосуються автоматизації технологічних процесів.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які необхідно розробити)

1. Огляд обладнання для плазмової різки металу.

2. Алгоритм роботи системи моніторингу.

3. Автоматизована система моніторингу.

4. Охорона праці та вимоги до робочого місця.

5. Економічна частина.

Висновки.

Бібліографічний список

5. Перелік ілюстраційного матеріалу:

Огляд обладнання для плазмової різки металу.

Алгоритм роботи автоматизованої системи моніторингу.

Обладнання для автоматизованої системи моніторингу.

Програмний код автоматизованої системи моніторингу.

Результати розрахунку економічної ефективності.

6. Консультанти з розділів:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1, 2, 3, 5	Шеремета Р. Б., ст. викладач каф. машинобудування		
4	Городецький І. М. доц. каф. УПБВ		

7. Дата видачі завдання

30.12.2022 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Написання першого розділу: Огляд обладнання для плазмової різки металу</i>	<i>23.01.23-17.02.23</i>	
2	<i>Написання розділу: Алгоритм роботи системи моніторингу</i>	<i>20.02.23-17.03.23</i>	
3.	<i>Написання розділу: Автоматизована система моніторингу</i>	<i>20.03.23-26.05.23</i>	
4.	<i>Написання розділу: Охорона праці та вимоги до робочого місця</i>	<i>29.05.23-02.06.23</i>	
5.	<i>Написання розділу: Економічна частина</i>	<i>05.06.23-16.06.23</i>	
6.	<i>Завершення оформлення розрахунково-пояснювальної записки та аркушів ілюстраційного матеріалу. Завершення роботи в цілому</i>	<i>19.06.23-23.06.23</i>	

Здобувач _____.(Яворів Н.П.)
(підпис)

Керівник роботи _____ (Шеремета Р.Б.)
(підпис)

УДК: 658.51:631.3

Кваліфікаційна робота: с. 57 текст. част., 21 рис., 2 табл., 14 слайдів, 16 джерел.

Розробка програмного коду для автоматизації системи моніторингу за тиском повітря для підвищення якості роботи плазмової різки з ЧПК .

Яворів Н.П. Кафедра АКТ. – Дубляни, Львівський НУП, 2023.

Дана дипломна робота присвячена розробці автоматизованої системи моніторингу за тиском повітря для плазмової різки з ЧПК (числовим програмним керуванням). Плазмова різка є широко використовуваним процесом у промисловості, але якість різання може значно залежати від правильного тиску повітря. Оптимальний тиск повітря є важливим фактором для досягнення високої якості різання і зниження відхилень.

У даній роботі проведено дослідження вимог до тиску повітря в процесі плазмової різки та розроблено алгоритми контролю тиску повітря. На основі цих алгоритмів було реалізовано програмне забезпечення, яке автоматично регулює тиск повітря з урахуванням вимог різання та різних параметрів матеріалів.

В роботі були проведені експерименти для оцінки ефективності та якості різання з використанням розробленої системи моніторингу. Результати експериментів підтвердили, що автоматичне регулювання тиску повітря дозволяє досягти стабільної роботи плазмової різки та забезпечити високу якість різання з мінімальними відхиленнями.

Розроблена автоматизована система моніторингу за тиском повітря може бути використана в промисловості для покращення ефективності та якості плазмової різки з ЧПК. Вона сприятиме зниженню відхилень у процесі різання, збереженню різального інструменту та зниженню витрат на виробництво. Результати даної роботи можуть послужити основою для подальшого розвитку автоматизованих систем керування технологічними процесами плазмової різки з ЧПК.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1. Огляд обладнання для плазмової різки металу.	8
1.1 Технологія плазмової різки	8
1.2. Складові плазморіза	11
1.3. Компресор у системі плазмової різки.....	13
1.4. Огляд плазмової різки металу EX-TRACK.....	14
1.5. Постановка завдання	20
2. АЛГОРИТМ РОБОТИ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ	23
2.1. Проблеми плазмової різки без автоматизованої системи моніторингу тиску повітря.....	23
2.2. Блок-схема алгоритму програми.....	24
2.3. Переваги застосування цього алгоритму	26
3. АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ	27
3.1. Опис комплектуючих.	27
3.2. Схема підключення	34
3.3. Програмний код	35
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ВИМОГИ ДО РОБОЧОГО МІСЦЯ	39
4.1. Вимоги до робочих місць.....	39
4.2. Вимоги до охорони праці під час технічного процесу	42
4.3. Правила техніки безпеки при контактному різанні	43
4.4. Заходи безпеки під час плазмового різання.....	44
5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	45
ВИСНОВОКИ.....	48
БІБЛОГРАФІЧНИЙ СПИСОК	49
ДОДАТКИ.....	51

ВСТУП

Автоматизована система моніторингу за тиском повітря є важливим елементом для підвищення якості роботи плазмової різки з ЧПК (числовим програмним керуванням). Плазмова різка є ефективним процесом з великим потенціалом у різних галузях, таких як металообробка, автомобільна промисловість, суднобудування та багато інших. Однак, якість різання може значно залежати від рівня тиску повітря, що використовується в процесі.

Оптимальний тиск повітря в плазмовій різці з ЧПК є критичним фактором для досягнення високої якості різання. Недостатній тиск може призводити до неповного розрізання матеріалу, затримок у процесі та низької якості різання, тоді як надмірний тиск може спричинити перегрів, відбризування та деформацію матеріалу. Отже, забезпечення стабільного та оптимального тиску повітря є ключовим завданням для покращення якості та ефективності плазмової різки.

Автоматизована система моніторингу за тиском повітря в плазмовій різці з ЧПК дозволяє контролювати тиск повітря в реальному часі та забезпечує автоматичне регулювання його значень. Це дозволяє оператору точно налаштувати тиск згідно з вимогами різання та враховувати різноманітні фактори, такі як тип матеріалу, товщина та інші параметри. Ця система забезпечує стабільну роботу плазмової різки та гарантує високу якість різання з мінімальними відхиленнями.

Основною метою даної дипломної роботи є розробка та реалізація автоматизованої системи моніторингу за тиском повітря для плазмової різки з ЧПК. У цій роботі будуть досліджені вимоги до тиску повітря в процесі плазмової різки, розроблено алгоритми контролю тиску повітря та реалізовано програмне забезпечення для автоматичного регулювання тиску. Крім того, будуть проведені експерименти для оцінки ефективності та якості різання з використанням розробленої системи.

Результати цієї роботи мають потенціал вплинути на практичне використання плазмової різки з ЧПК у різних галузях промисловості. Автоматизована система моніторингу за тиском повітря може допомогти підвищити якість різання, знизити відхилення та уповільнити знос різального інструменту, що призведе до збільшення продуктивності та зниження витрат виробництва. Також, розроблена система може стати основою для подальших досліджень та розвитку автоматизованих систем керування технологічними процесами плазмової різки з ЧПК.

1. ОГЛЯД ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПЛАЗМОВОЇ РІЗКИ МЕТАЛУ.

1.1 Технологія плазмової різки

Плазмова різка металу - це технологія різання металу, що використовує плазмовий пучок з високою енергією для розрізання матеріалу. Ця технологія може бути використана як у ручному, так і у механічному режимі.

Ручна плазмова різка металу використовується для різання товстих листів металу у місцях, де немає можливості використовувати механічні різальні інструменти. Однією з переваг ручної плазмової різки є можливість розрізання матеріалу на великій відстані від джерела живлення, що дає більшу свободу руху оператора. Однак, недоліком цього методу є високий рівень вібрації, що може призвести до погіршення якості розрізу та більшої втоми оператора.[1]

Механічна плазмова різка металу використовується для різання товстих листів металу у виробничих умовах, де вимагається високий рівень точності та продуктивності. Однією з переваг цього методу є швидкість різання, що дозволяє знизити витрати на виробництво. Недоліком може бути більш складний процес підготовки та налаштування обладнання для різання різних матеріалів.

Переваги плазмової різки металу включають високу швидкість різання, можливість різання різних типів металу, включаючи алюміній та сталь, та можливість різання на великій відстані від джерела живлення. Недоліки включають високий рівень вібрації та можливість перегріву різального інструменту, що може привести до зменшення терміну його експлуатації, а також можливість забруднення робочого середовища шлаком та іскрами, що може становити загрозу для безпеки працівників.

Незважаючи на недоліки, плазмова різка металу залишається дуже популярною технологією різання металу. Ця технологія може бути використана в різних галузях промисловості, включаючи будівництво, автомобільну та авіаційну промисловість та виробництво меблів. Залежно від конкретних потреб і умов виробництва, ручна або механічна плазмова різка металу можуть бути ефективними рішеннями для різання металу.[1]

Механічна різка металу, з іншого боку, використовує механічні інструменти, такі як лінійки, ножі та пилки, для різання металу. Ця технологія є досить простою і дешевою, але не так ефективною, як плазмова різка. Механічна різка металу може бути використана для різання тонких листів металу, але вона може стати непрактичною при різанні більших і більш складних деталей.

Однією з переваг механічної різки металу є те, що вона не створює тепла, що може бути корисно при різанні тонких листів металу, які можуть бути зіпсовані плазмовою різкою. Крім того, механічна різка металу дозволяє отримати більш точний різ, особливо якщо використовуються спеціальні інструменти, такі як лазерні різачки.[1]

Недоліками механічної різки металу є те, що вона може бути більш повільною та менш ефективною, ніж плазмова різка, особливо при різанні більш товстих деталей. Крім того, механічна різка металу може створювати більше шуму та пилу, що може бути небезпечним для здоров'я працівників та забруднювати робоче середовище.

Узагалі, якщо потрібно різати метал, вибір технології залежить від конкретних потреб та умов виробництва. Якщо потрібно різати більш товсті та складні деталі, плазмова різка металу може бути ефективнішою та швидшою.

Плазма - це іонізований газ, що складається з електронів та іонів, який має властивості, що відрізняють його від звичайного газу. Плазма може бути створена шляхом введення енергії до газу, такою як електричний струм або електричний розряд. При цьому газ стає іонізованим, і його частинки починають рухатись з високою швидкістю, що призводить до теплового та світлового випромінювання. Значення температурного показника в робочій зоні досягає 25 000 - 30 000 градусів.[2]



Рис. 1.1 Ручна плазмова різка металу

Плазмова різка металу використовує плазму для різання металу. При цьому плазма генерується в спеціальному пристрої, в якому проходить електричний розряд між електродами. Плазма виходить з пристрою через дифузор, де вона розширюється та стає менш концентрованою. Після цього плазма направляється на метал, який потрібно різати, та здійснює різання завдяки своїм тепловим властивостям.

Плазмова різка металу має кілька переваг порівняно з іншими методами різання металу. По-перше, вона дозволяє різати метал швидше та з меншим зусиллям. По-друге, вона забезпечує високу якість різки з гладкою поверхнею та мінімальним звуженням. По-третє, плазмова різка металу може бути використана для різання різних видів металу, включаючи сталеві, алюмінієві та мідні деталі.[2]

Незважаючи на ці переваги, плазмова різка металу має деякі недоліки. По-перше, плазма може створювати велику кількість тепла, що може призвести до деформації деталі під час різання. По-друге, плазмова різка металу може бути шумною та створювати багато відходів, таких як дим, пил та іскри, що можуть бути небезпечними для здоров'я та навколишнього середовища. По-третє, для різання металу плазмою потрібне спеціальне обладнання та кваліфікований персонал.

Крім плазмової різки металу, існують і інші методи різання металу, такі як механічна та ручна різка. Механічна різка використовує різучі інструменти, такі як пилки, свердла та фрези, для різання металу. Цей метод є надійним та простим

у використанні, але він менш продуктивний та менш точний, ніж плазмова різка металу. Ручна різка використовує ручні інструменти, такі як різачки та молотки, для різання металу. Цей метод досить простий та дешевий, але він вимагає від робітника більше зусиль та менше точності, ніж плазмова різка металу.

У виборі методу різання металу важливо враховувати характеристики металу, такі як його товщина, жорсткість та форма, а також вимоги до якості та точності різку. Плазмова різка металу є ефективним методом різання металу, який забезпечує швидкість та якість різку, але вона не є універсальним методом та потребує спеціального обладнання та кваліфікованого персоналу.[1]

1.2. Складові плазморіза

Плазморіз - це пристрій, який використовується для плазмової різки металу. Він складається з декількох компонентів, які працюють разом, щоб створити потік плазми для різання металу.

Основні компоненти плазморізу включають:

- Джерело енергії: зазвичай це електричний генератор, який створює високої частоти електричний струм.
- Компресор повітря: він використовується для створення струменя стислого повітря, який пропускається через плазморіз.
- Плазмотрон: це найважливіший компонент плазморізу, який створює потік плазми. Вона складається з керамічної насадки та електрода, яка збуджує газову суміш, щоб створити плазму.
- Керування: цей компонент відповідає за керування швидкістю різання та глибиною проникнення горінням у матеріал. Це зазвичай досягається за допомогою комп'ютерного програмування або ручного керування.[1]

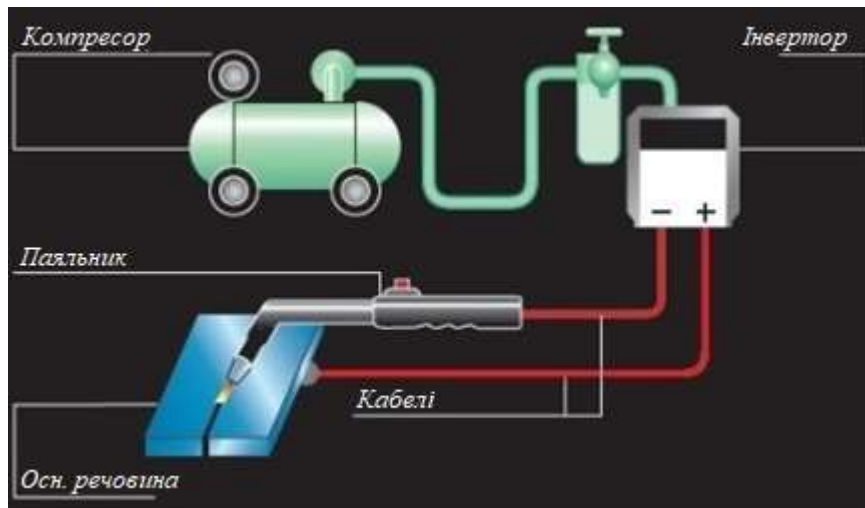


Рис. 1.2

Під час роботи плазморізу, стисле повітря пропускається через плазмову горелку, де воно збуджується електродом та керамічною насадкою, що створює плазму. (див, Рис.1.2) Потік плазми має дуже високу температуру, що дозволяє легко різати метал. Керування швидкістю різання та глибиною проникнення горінням у матеріал відбувається за допомогою керування.

Плазморізи можуть бути різних розмірів та потужностей, в залежності від вимог до обробки металу. Вони можуть бути стаціонарними та переносними. [2]

Це пристрій, відомий як плазмотрон, використовує електроплазменний різак для розрізання металевих частин. Вважається, що це основний «механізм» плазморіза.

Основні його елементи це:

- електрод;
- сопло;
- ізолюючий термостійкий елемент.

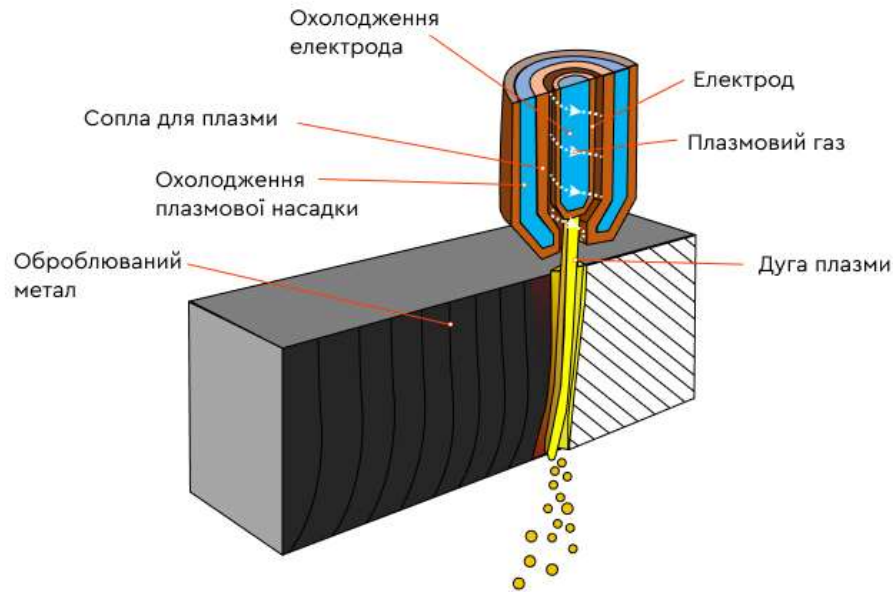


Рис. 1.3

Варто відзначити, що системи з мідним соплом володіють значною міцністю, і повітряні маси швидко охолоджуються. А це чудово.

1.3. Компресор у системі плазмової різки

Компресор є необхідним елементом в системі плазмової різки металу. Його головна функція - створення стиснутого повітря або кисню для живлення плазмової горілки.[3]

Плазмова горілка працює на принципі використання повітря або кисню, яке під високим тиском та високою температурою пропускається через вузький канал. У такому середовищі відбувається іонізація газу, його перетворення у плазму та утворення електричного розряду, який дає можливість різати метал. Для створення стиснутого повітря або кисню необхідний компресор, який забезпечує потрібний тиск.

Крім того, компресор використовується і для охолодження горілки та захисту її від перегріву. У плазмовій різці металу висока температура в процесі різки може призвести до перегріву горілки, що може пошкодити її елементи.[3]

Компресор забезпечує постійний потік охолоджуючого повітря або кисню до горілки, що знижує ризик перегріву та збільшує тривалість її роботи.

1.4. Огляд плазмової різки металу EX-TRACK

Система різання з ЧПУ EX-TRACK® — це останнє покоління високоточної, програмованої та портативної системи різання, призначеної для використання в майстерні або на місці.

Функціональність системи подібна до обладнання зі стаціонарним столом, оснащеного великим порталом.

Ця система оснащена паливним різакom Оху та плазмовим різакom. Функція ЧПК дозволяє системі вирізати складні форми з високою точністю та повторюваністю, також є функція ручного різання для простіших завдань. Система транспортабельна, її легко переносять двоє людей до місця роботи.[4]

Система ЧПК EX-TRACK® проста та легка у використанні та оснащена 7-дюймовим РК-дисплеєм з високою роздільною здатністю. Його можна запрограмувати вручну; він може генерувати власні програми з бібліотеки загальних форм; Крім того, програми можна завантажувати через порт USB із програмного забезпечення для автономного програмування. Креслення деталей AutoCAD зберігаються безпосередньо у форматі DXF. Загальний вигляд системи ЧПК EX-TRACK зображена на рис. 1.4.



Рис. 1.4

Система різання з ЧПУ EX-TRACK® є універсальною у своїй функціональності, її можна використовувати з кисневим паливом або плазмою для виготовлення однієї або кількох деталей від простих до складних форм. Система була розроблена для широкого використання в промисловості: нафтохімії, суднобудівних верфях, вітряних турбінах, на морських і наземних підприємствах, виробництві резервуарів під тиском, цехах листового металу тощо.[4]

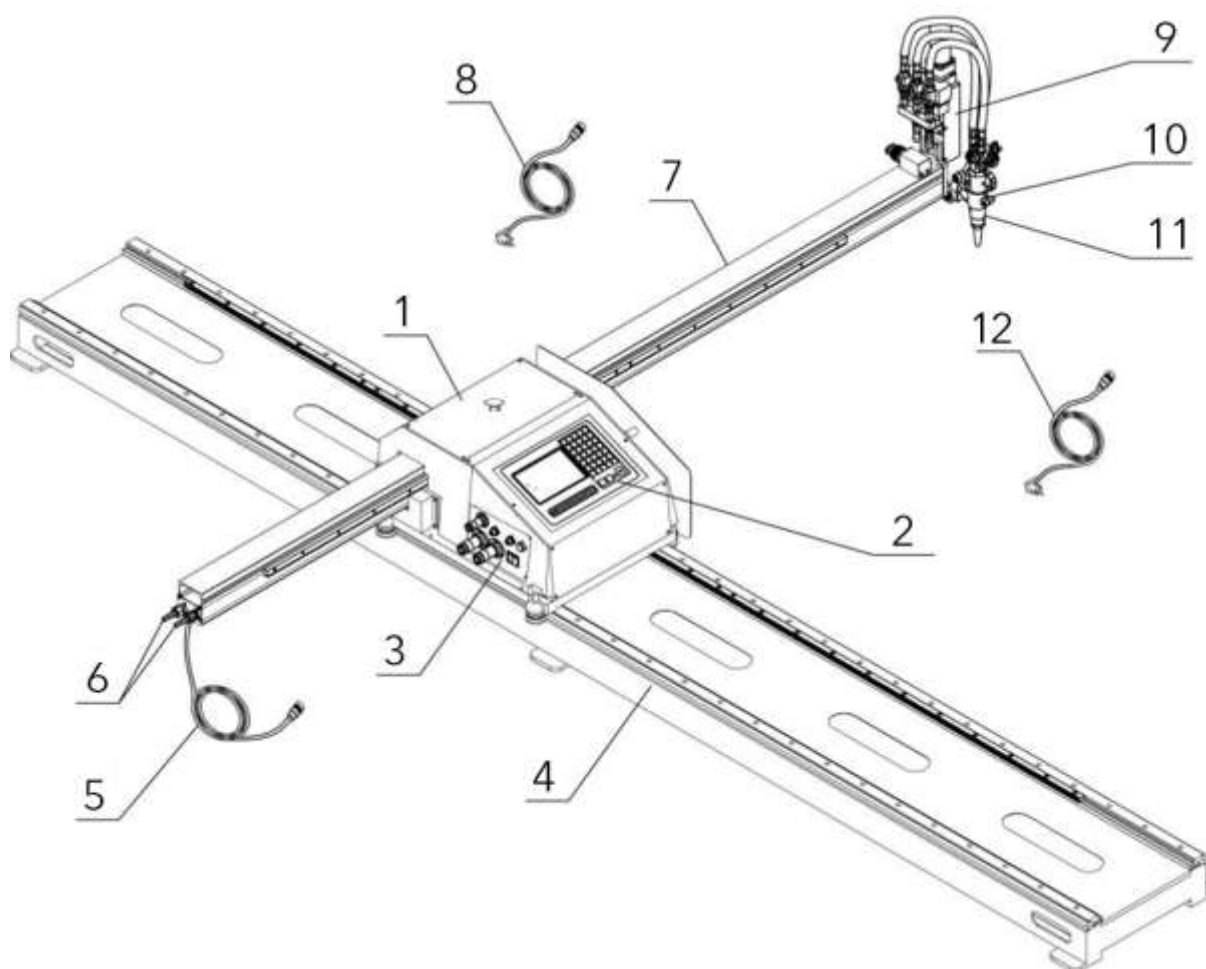


Рис. 1.5 Опис частин системи EX-TRACK:

1. Основний блок, 2. ЧПУ/панель оператора, 3. Панель підключення живлення, 4. Поздовжня напрямна, 5. Провід двигуна висоти пальника, 6. Вхідні роз'єми для кисневого палива, 7. Поперечна напрямна, 8. Провід живлення, 9. Контролер висоти пальника, 10. Вузол кріплення пальника, 11. Монтаж пальника, 12. З'єднувальний кабель ЧПУ.

Таблиця 1 Технічні параметри системи EX-TRACK

Параметр	Значення
Площа різання (мм)	1500 × 3000
Напруга живлення	AC110V/230V - 50HZ
Різак	1
Швидкість різання (мм/хв)	50–3000
Максимальна швидкість положення (мм/хв)	3000
Габаритні розміри (Д × В × Ш) (мм)	3500 × 370 × 2200
Вага (кг)	134

Система оснащена можливістю автоматичного регулювання висоти дуги відповідно до кривизни поверхні металу, що оброблюється. Дана функція реалізована шляхом неперервного вимірювання напруги електричної дуги. (див. Рис. 1.6): [4]

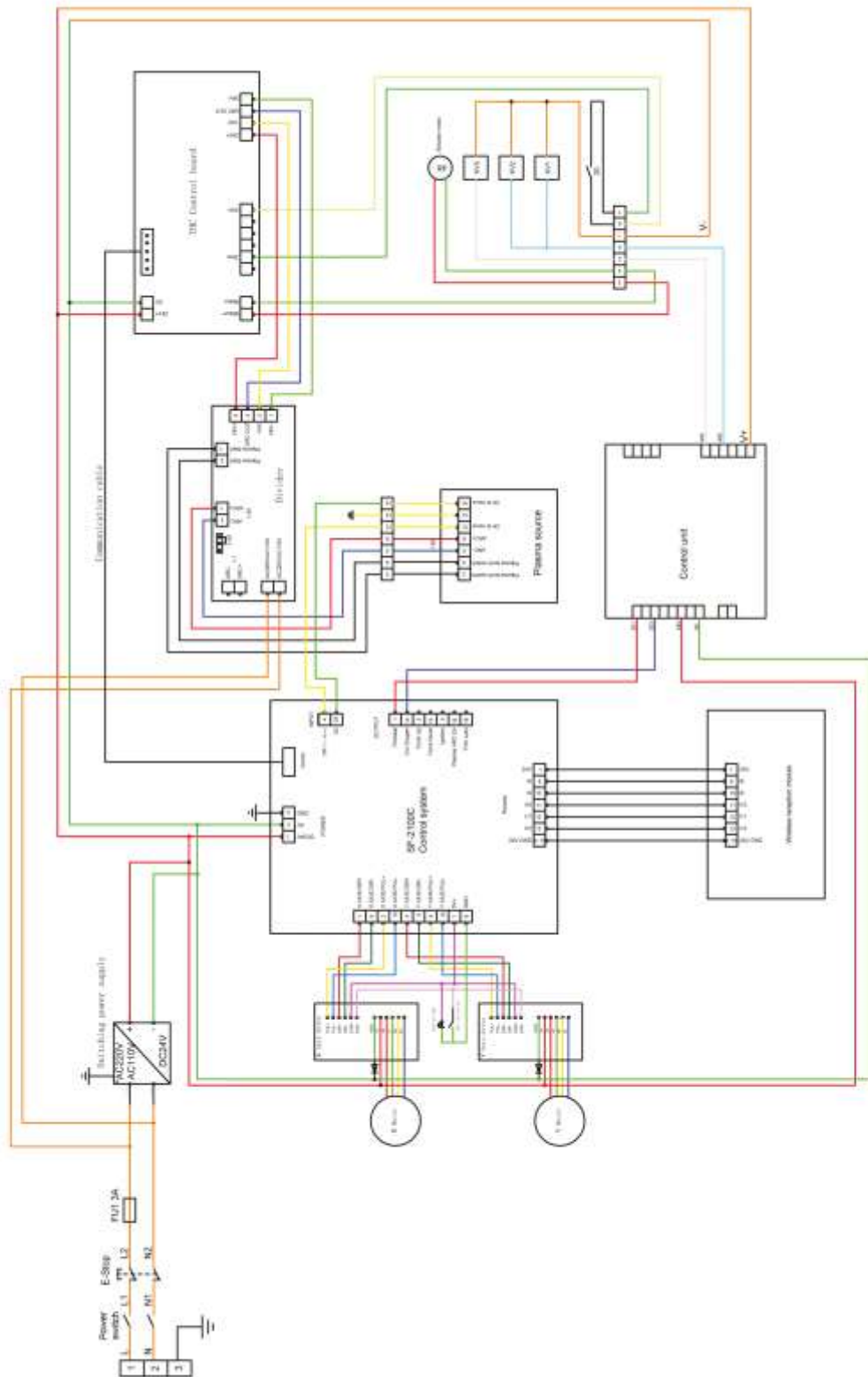


Рис. 1.6 Електрична схема системи EX-TRACK

Основні функції панелі керування:

Універсальна система ЧПУ підходить для плазмового та газокисневого різання. Система проектувалась з високою надійністю від електричних перешкод

та перевантажень. Передбачено автоматичне регулювання висоти та зміну швидкості різачка, вбудована компенсація різку та моніторинг.

Динамічний дисплей (рис. 1.7) з 8-кратним масштабуванням положення різачка. [5]



Рис. 1.7 Панель керування:

1. Дисплей, 2. Кнопки введення, 3. Клавіші введення меню, Функціональні клавіші, 4. Кнопка пуск, 5. Кнопка стоп, 6. Кнопка оновлення ПЗ, 7. USB порт

Інтерфейс адаптований на англійську українську мови з можливою адаптацією на інші мови.[5]

Плюси і мінуси плазмової системи:

До основних позитивних характеристик застосування плазмової системи відносять такі аспекти:

- Універсальність технологічного процесу.
- Автоматична плазмова різка.
- Високі показники швидкості операції при роботі з матеріалами середньої і малої товщини.
- Високоточний і якісний різ, виключивши додаткових механічних операцій.

- При роботі з електроплазмовим середовищем практично виключається забруднення повітря.[6]

- Немає необхідності попереднього розігріву поверхні, що знижує тимчасові рамки запису.

- Роботи, що виконуються вважаються відносно безпечними, так як немає необхідності тягти за собою балони з газом, які є вибухонебезпечними.

До мінусів електроплазмової технології відносять:

- Цінова складова плазмотрона і його конструкційні особливості, що підвищує собівартість виконання робіт з різання металу.

- Незначна товщина прорізу.

- Оскільки газовий елемент плазмотрона виходить на навколосвукову швидкість, утворюється високий рівень шуму.

- Необхідно якісне технічне обслуговування агрегату.

- Якщо в якості газоподібного елемента використовується азот, то це сприяє виділенню великої кількості шкідливих речовин в атмосферу.[6]

- До конфігурації плазмотрона можна підключити додатковий плазмовий різак для ручної обробки металеві поверхні.

Також істотним недоліком при роботі плазмової установки вважається відхилення від перпендикуляра різання на кут не більше 50 градусів.

1.5. Постановка завдання

Відсутність автоматизованої системи моніторингу тиску повітря при плазмовій різці може призводити до неякісного різання матеріалу. Це означає, що після процесу різання можуть з'являтися неправильні контури, недоліки або неоднакова гладкість різку. Такі недоліки можуть потребувати додаткової обробки, зокрема шліфування, для досягнення бажаної якості продукту(див. Рис. 1.8, 1.9).

Шліфування матеріалу є процесом, в якому з використанням абразивних інструментів чи матеріалів видаляються нерівності, виблискування або недоліки з поверхні. Коли різання матеріалу плазмою не є достатньо якісним через

недостатній тиск повітря, необхідність шліфування може стати додатковим кроком у виробничому процесі.

Це призводить до додаткової витрати часу. Шліфування вимагає підготовки поверхні, використання абразивних інструментів та процесу роботи з уважністю, щоб досягти бажаного результату. Час шліфування залежить від розміру, складності та ступеня неякісного різку.

Це може призвести до затримок у виробництві та збільшення загального часу, необхідного для виготовлення продукту. Крім того, додаткова витрата часу на шліфування також означає додаткові ресурси, включаючи робочу силу та матеріали, які використовуються під час цього процесу.



Рис. 1.8 Порівняння між якісною різкою і при недостатньому тиску



Рис. 1.9

Отже, щоб не виникали такі проблеми з якістю різання та втратами матеріалу було прийнято рішення встановлення такої системи моніторингу, щоб покращити якість продукції, знизити витрати часу та підвищити продуктивність процесу різання.

2. АЛГОРИТМ РОБОТИ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ

2.1. *Проблеми плазмової різки без автоматизованої системи моніторингу тиску повітря*

Без автоматизованої системи моніторингу тиску повітря проблеми плазмової різки можуть призвести до наступних наслідків:

1. Неправильне налаштування тиску: Відсутність системи моніторингу тиску повітря може призвести до неправильного налаштування тиску, необхідного для ефективного різання. Це може спричинити недостатню або зайву потужність плазми, що вплине на якість різання та швидкість процесу.

2. Нестабільність тиску: Без автоматичного моніторингу, тиск повітря може коливатися під час роботи. Нестабільний тиск може призводити до непередбачуваної роботи плазмового різачка, що може знизити якість різання та спричинити пошкодження оброблюваних матеріалів.[9]

3. Витрати повітря: Відсутність моніторингу тиску може призвести до надмірного витрачання повітря. Це може збільшити витрати на повітря та енергію, які використовуються для роботи плазмової різки.

4. Загроза безпеці: Недостатній тиск повітря може мати вплив на безпеку роботи. Низький тиск може призвести до неправильного функціонування різального інструменту або створити небезпечні ситуації, такі як затримка різального струменя, погіршення якості різання або виникнення пожежі.

5. Потреба в постійному нагляді: Без автоматизованої системи моніторингу, оператору доведеться постійно відстежувати тиск повітря вручну. Це може вимагати багато зусиль та уваги з боку оператора, що може вплинути на продуктивність та спричинити втому.[9]

Отже, проблеми плазмової різки без автоматизованої системи моніторингу тиску повітря можуть включати низьку якість різання, пошкодження матеріалу, збільшені витрати та загрозу безпеці. Автоматизація процесу моніторингу тиску повітря дозволяє уникнути цих проблем, забезпечуючи точний контроль тиску, стабільну роботу плазмового різачка та покращену ефективність різання.

2.2. Блок-схема алгоритму програми

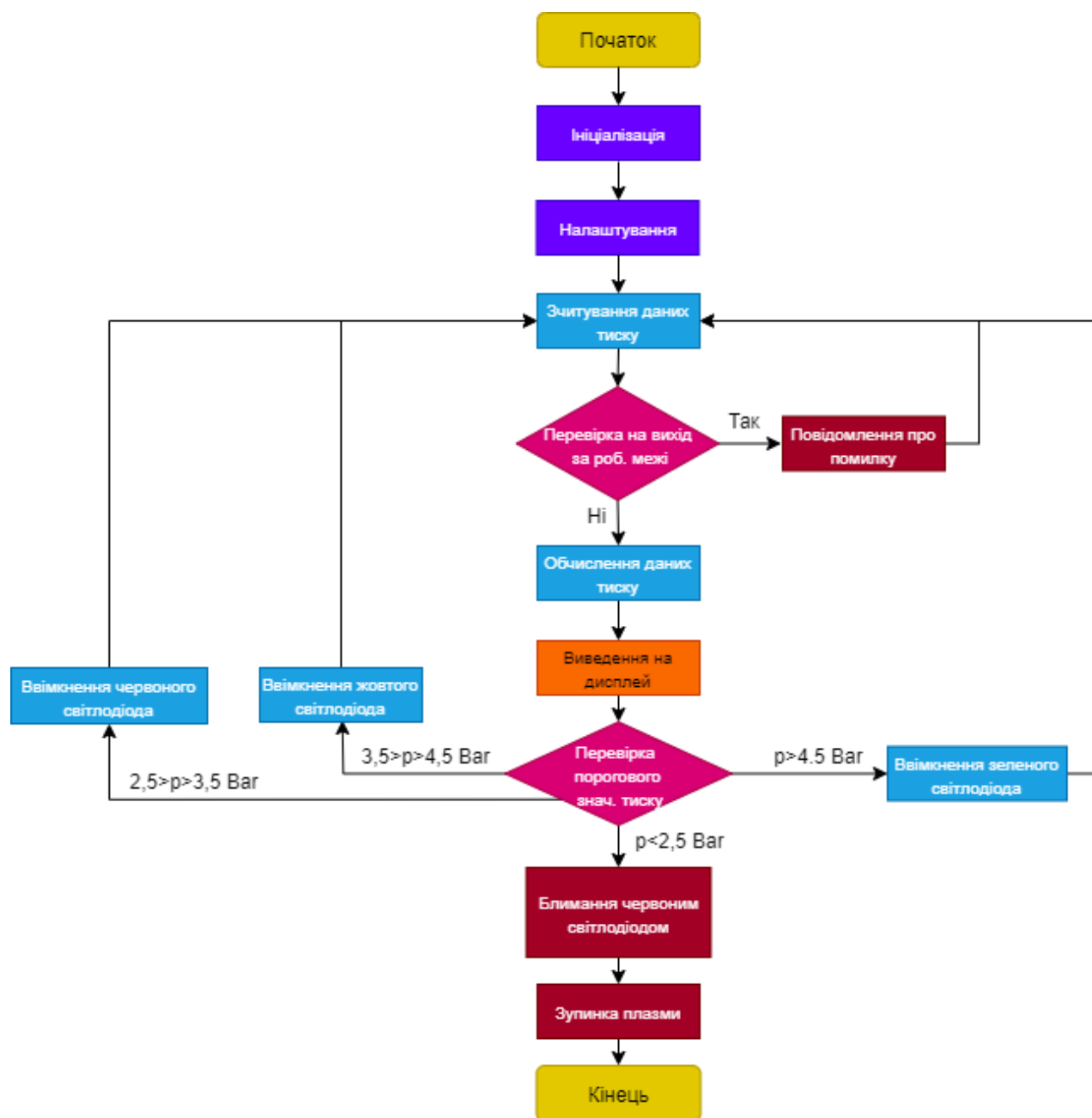


Рис. 2.1 Алгоритм програми

Цей алгоритм виконує наступні дії (див. Рис. 2.1):

1. Підключає необхідні бібліотеки.
2. Визначає константи і змінні, необхідні для роботи програми, включаючи параметри підключення датчика тиску, адресу LCD-дисплея, швидкість передачі даних по шині I2C, піни для світлодіодів і новий пін на вихід.
3. У функції ``setup()`` налаштовується з'єднання зі зв'язком на швидкості 115200 біт/с, встановлюються режими пінів вхідного датчика тиску, світлодіодів і нового піна, ініціалізується з'єднання з LCD-дисплеєм, встановлюється фонове підсвічування дисплея, виводиться текст на дисплей протягом 2 секунд.
4. У головній функції ``loop()`` виконується наступне:
 - Зчитується значення тиску з датчика і оновлюється вивід на LCD-дисплей.
 - Залежно від виміряного тиску, світлодіоди і новий пін встановлюються в певні стани, щоб показати рівень тиску.
 - Перевіряється діапазон напруги для датчика тиску і, якщо він виходить за межі допустимого діапазону, виводиться повідомлення про помилку і миготить жовтим світлодіодом.
5. У функціях ``blinkYellowLED()`` і ``Pressure_Data_read()`` виконуються відповідні завдання з блимання жовтим світлодіодом і зчитування значень тиску з датчика.
6. У функції ``LCD_print()`` виводяться дані про тиск, напругу і стан світлодіодів на LCD-дисплей.

Цей код призначений для вимірювання тиску за допомогою датчика і відображення результатів на LCD-дисплеї, а також керування світлодіодами в залежності від рівня тиску. Він також має функцію захисту, що активує новий пін, коли тиск перевищує заданий поріг.

2.3. Переваги застосування цього алгоритму

Застосування цього алгоритму для підвищення якості роботи плазмової різки з ЧПК має декілька переваг:

1. Вимірювання тиску: Код дозволяє зчитувати значення тиску з датчика тиску, що дозволяє точно контролювати рівень тиску під час різання. Це може позитивно вплинути на якість різки та уникнення непередбачуваних проблем.
2. Перевірка діапазону напруги: Код включає перевірку діапазону напруги для датчика тиску. Це дозволяє виявляти проблеми з датчиком або живленням і повідомляти оператора про них.
3. Візуалізація даних: Код використовує LCD-дисплей для відображення значень тиску, напруги та стану світлодіодів. Це дозволяє оператору легко спостерігати за даними і вчасно реагувати на будь-які зміни.
4. Керування світлодіодами: Код включає світлодіоди з різними кольорами (зелений, жовтий і червоний), що вказують на рівень тиску. Це допомагає оператору швидко оцінити ситуацію та прийняти необхідні заходи.
5. Захисна функція: Код має захисну функцію, яка активує новий пін на який під'єднано плазмову різку, коли тиск перевищує заданий поріг. Це може бути корисно в ситуаціях, коли необхідно негайно реагувати на високий тиск і запобігати можливим аварійним ситуаціям.
6. Зручний інтерфейс: Завдяки LCD-дисплею та світлодіодам код надає зручний інтерфейс для візуалізації та контролю тиску. Це полегшує роботу оператора та сприяє підвищенню якості різки.

Загалом, застосування цього коду допоможе покращити якість роботи плазмової різки з ЧПК шляхом точного контролю тиску і зручного візуального спостереження за даними про тиск та стан світлодіодів.

3. АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ.

3.1. *Опис комплектуючих.*

Для реалізації цієї автоматизованої системи було прийнято рішення використовувати ці комплектуючі:



Рис.3.1 Arduino Uno

Arduino Uno є однією з найпопулярніших плат Arduino(Рис.3.1) і має наступні характеристики:[7]

1. Мікроконтролер: Використовує мікроконтролер ATmega328P, що базується на архітектурі AVR. Він має тактову частоту 16 МГц і 32 кБ вбудованої флеш-пам'яті для зберігання програмного коду.

2. Вхідно-вихідні піни: Arduino Uno має 14 цифрових вхідно-вихідних пінів, з яких 6 можуть бути використані для генерації ШИМ-сигналів. Крім того, є 6 аналогових вхідних пінів.

3. Пам'ять: Arduino Uno має 2 кБ оперативної пам'яті SRAM і 1 кБ енергозберігаючої EEPROM для зберігання даних.[8]

4. Інтерфейси: Включає USB-порт для підключення до комп'ютера і передачі даних, а також роз'єми для підключення зовнішніх пристроїв, таких як сенсори і актуатори. Також є порти для підключення шини I2C і шини SPI.

5. Живлення: Може бути живлений від USB-порта комп'ютера або від зовнішнього джерела живлення. Вхідний діапазон напруги живлення становить 7-12 В.

6. Сумісність: Arduino Uno сумісний з багатьма додатковими модулями і сенсорами, що дозволяє розширювати його функціональні можливості.

7. Розмір і форм-фактор: Має компактний розмір 68.6 мм x 53.4 мм і форм-фактор, що дозволяє легко встановлювати його в багатьох проектах.[7]

Arduino Uno є простим у використанні мікроконтролером, що робить його популярним серед початківців і професіоналів у світі макетування і розробки проєктів.[8]



Рис.3.2 Символьний дисплей LCD 2004A I2C

LCD 2004A - це типовий 20x4 символьний рідкокристалічний дисплей(Рис.3.2), який може використовуватися з мікроконтролерами, такими як Arduino.[10] Основні технічні характеристики LCD 2004A включають:

1. Розмір дисплея: 20 символів у рядку, 4 рядки.
2. Тип дисплею: ЖК (рідкі кристали)
3. Контролер: HD44780 (сумісний з бібліотекою LiquidCrystal)
4. Напруга живлення: Зазвичай 5 В, але також може бути живлений від 3.3 В.
5. Інтерфейс: Паралельний (4 або 8 біт) або I2C (за допомогою модуля конвертації I2C).

6. Контрастність: Може бути налаштована за допомогою потенціометра на зв'язаному модулі.

7. Підсвічування: Зазвичай має біле LED підсвічування на зв'язаному модулі, яке може бути кероване окремими пінами.

8. Керування: Використовується бібліотека LiquidCrystal для ініціалізації та виводу даних на дисплей.[10]

Для роботи з дисплеєм LCD 2004A необхідно підключити його до мікроконтролера і використовувати відповідну бібліотеку для керування дисплеєм і виводу необхідної інформації на нього.



Рис.3.3 Датчик тиску

Датчик тиску Stainless Steel 1/8" NPT Pressure Transducer Sender Sensor For Oil Fuel Air Water 150psi(Рис.3.3):

- Вхідний діапазон: 0-150 psi (фунти на квадратний дюйм)
- Вихідний сигнал: Лінійний вихід напруги 0.5-4.5 В. При 0 psi вихідний сигнал становить 0.5 В, при 75 psi - 2.5 В, при 150 psi - 4.5 В.
- Точність: $\pm 0.5\%$ FS (від повного діапазону)[11]
- Різьблення: 1/8" NPT (National Pipe Thread)
- Підключення: Червоний - для живлення +5 В, Чорний - для заземлення, Зелений - для вихідного сигналу
- Здатність до перевантаження: В 2-4 рази більше номінального тиску
- Робоча температура: -40 °C ~ +120 °C

- Температурна компенсація: 0 °C ~ +80 °C
- Клас захисту: IP67
- Середовище тиску: Масло, газ і вода, сумісні з нержавіючою сталлю 316L
- Опір навантаженню: \leq (подача живлення - 6.5 В / а) Ω
- Довгострокова стабільність: Менше 0.1% FS / рік
- Вплив температури на нуль: Стандартне: 0.02% FS / °C; Максимальне: 0.05% FS / °C
- Вплив температури на чутливість: Стандартне: 0.02% FS / °C; Максимальне: 0.05% FS / °C
- Ударостійкість: 1000 г
- Протиударна: $\leq \pm 0.01\%$ FS (по осях X, Y, Z, 200 Гц / g)[11]
- Час відгуку: ≤ 1 мс
- Опір ізоляції: > 100 МОм, 500 В постійного струму
- Клас вибухозахисту: ExiaГТСТ6
- Сумісність з електромагнетизмом: EN50051-1



Рис.3.4 12V лампочки

Характеристики лампочок (Рис.3.4) VaneAims Plastic Power Signal Lamp AD16-22DS Small LED Indicator Light Beads 12V:[12]

1. Напряга живлення: 12 В постійного струму (DC).

2. Тип світлодіода: LED (світлодіод).
3. Розмір: AD16-22DS. Це стандартний розмір лампочки, який може бути встановлений у багатьох електронних пристроях.
4. Пластиковий корпус: Лампочки мають пластиковий корпус, що забезпечує захист світлодіода і довговічність лампочки.
5. Сигнальний індикатор: Ці лампочки використовуються як сигнальні індикатори для вказівки статусу, сигналізації або візуального повідомлення.
6. Малий розмір: Це компактні лампочки з невеликими розмірами, що робить їх зручними для використання у вузьких просторах або пристроях з обмеженим простором.
7. Світловий потік: Лампочки забезпечують яскраве світло з високою чіткістю.[12]
8. Енергоефективність: LED-лампочки відомі своєю енергоефективністю, що означає, що вони споживають менше енергії порівняно з традиційними лампочками.
9. Довговічність: LED-світлодіоди мають довгий термін служби, що дозволяє лампочкам працювати тривалий час без необхідності частої заміни.
10. Колірна індикація: Лампочки можуть мати різні кольори світла, такі як червоний, жовтий, зелений або синій, які використовуються для різних типів сигналізації або індикації.[12]



Рис.3.5 4-канальне реле

Характеристики 4-канального реле (Рис.3.5) з оптоізолятором для Arduino:[13]

1. Вхідна напруга: 5 Вольт постійного струму (DC).
2. Кількість каналів: 4 канали. Це означає, що модуль має 4 окремих реле, які можуть контролювати окремі пристрої або ланцюги електричних схем.
3. Вихід реле: Кожний канал модуля має вихідне реле, яке може бути перемикає між відкритим і закритим станом.
4. Оптоізоляція: Модуль використовує оптоізолятори для електричної ізоляції вхідних і вихідних сигналів, що дозволяє знизити вплив шуму та перешкод.
5. Захист від зворотного струму: Вбудована захисна діода для запобігання зворотному струму, що може виникати під час вимкнення реле.[13]
6. Контроль інтерфейсу: Модуль може бути керований за допомогою мікроконтролера, такого як Arduino, за допомогою цифрових входів / виходів.
7. Максимальний струм реле: Кожне реле може витримувати певний максимальний струм навантаження. Варто перевірити специфікації конкретного модуля, щоб дізнатися максимальні значення струму реле.
8. Застосування: Цей модуль може бути використаний для керування різними пристроями або електричними схемами з використанням Arduino або інших мікроконтролерів.[13]



Рис.3.6 Перехідник різьби 1/4 на 1/8



Рис.3.7 Трійник

Характеристика трійника (Рис.3.7) CAMOZZI 2040 1/2 така:

1. Розмір: CAMOZZI 2040 1/2" має розмір 1/2", що вказує на його різьбове з'єднання, яке відповідає 1/2 дюйма (приблизно 12.7 мм) діаметру.
2. Матеріал: Виготовлений з високоякісного матеріалу, такого як латунь або нержавіюча сталь, що забезпечує міцність, довговічність і стійкість до корозії.
3. Тип з'єднання: Трійник має різьбові з'єднання, що дозволяє його легко встановлювати і знімати без необхідності складних інструментів або спеціальних знань.
4. Дизайн: Зазвичай трійник CAMOZZI 2040 1/2" має компактний дизайн, що дозволяє ефективно використовувати простір і легко інтегрувати його в систему.
5. Застосування: Цей трійник часто використовується в пневматичних або гідравлічних системах для розділення потоку робочої рідини на декілька напрямків, наприклад, для підключення кількох пневматичних пристроїв до одного джерела.
6. Витримка тиску: CAMOZZI 2040 1/2" зазвичай має високу витримку тиску, що дозволяє йому працювати в умовах високого навантаження і забезпечувати стабільну роботу системи.

3.2. Схема підключення

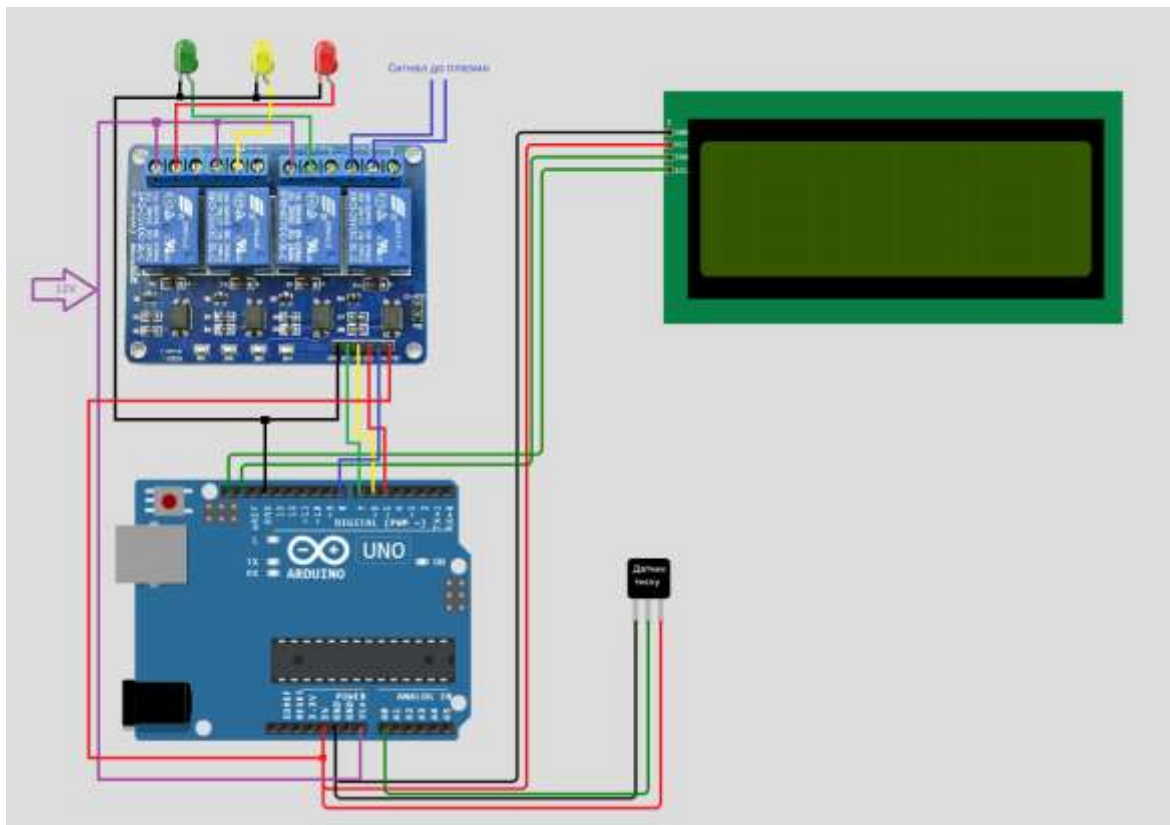


Рис.3.8 Схема підключення

Ось кроки, які було виконано для практичного підключення (Рис.3.8):

1. Підключення модуля I2C до Arduino:

- Пін SDA модуля I2C підключено до піна A4 на Arduino.
- Пін SCL модуля I2C підключено до піна A5 на Arduino.
- Підключення живлення модуля I2C (VCC) до позитивного полюсу джерела живлення (наприклад, +5V).
- Підключення землі модуля I2C (GND) до негативного полюсу джерела живлення та до землі Arduino.

2. Підключення світлодіодів:

- У червоному світлодіоді, аноди було підключено до центрального виходу реле COM1, пізніше з піна 7 на платі Arduino підключено до 1 входу на реле.
- У жовтому світлодіоді, було підключено до центрального виходу реле COM2, пізніше з піна 6 на платі Arduino підключено до 2 входу на реле.

- У зеленому світлодіоді, аноди було підключено до центрального виходу реле COM3, пізніше з пін 5 на платі Arduino підключено до 3 входу на реле.

- Підключено лівий вхід реле COM1, COM2, COM3 до пін Vin(12V) на платі Arduino.

- Підключено катод світлодіодів до землі на реле, та до землі на платі Arduino.

- Під'єднано землю на платі Arduino із землею на реле.

3. Підключення датчика тиску:

- Пін A0 підключено до виходу датчика тиску.

- Підключено іншу сторону датчика до позитивного полюсу джерела живлення (наприклад, +5V).

- Підключено другу сторону датчика тиску до негативного полюсу джерела живлення та до землі Arduino.

4. Підключено інший пін:

- Пін 8 на платі Arduino було з'єднано до 4 входу на реле та підключено плазмову різку до COM4 на лівий та центральний вихід реле.

5. Після підключення всіх пінів, завантажено код на Arduino та було перевірено, чи працює зв'язок між модулем I2C та LCD 2004.

3.3. Програмний код

Основні етапи виконання програми (дод. А):

1. Налаштування вводу-виводу та початкова ініціалізація:

- Підключення необхідних бібліотек.

- Визначення констант та глобальних змінних, зокрема пін для датчика тиску, адресу LCD-дисплея, константи для керування LED-індикаторами, порогового значення тиску та інших налаштувань.

- Ініціалізація з'єднання зі шини I2C, налаштування LCD-дисплея, виведення початкового повідомлення на дисплей.

2. Основний цикл програми ('loop()'):

- Зчитування даних тиску за допомогою функції 'Pressure_Data_read()'.

- Виведення результатів на LCD-дисплей за допомогою функції 'LCD_print()'.

- Визначення стану LED-індикаторів в залежності від значення тиску:
- Якщо тиск більше або дорівнює 4.5 Bar, вмикається зелений світлодіод.
- Якщо тиск більше або дорівнює 3.5 Bar, вмикається жовтий світлодіод.
- Якщо тиск менше 2.5 Bar, через реле йде сигнал до плазми, то замикаються ці два контакти на плазмі: Zero і 24V(див. Рис. 3.9), що дозволяє зупинити плазму.

- Якщо тиск більше або дорівнює пороговому значенню, активується червоний світлодіод та новий пін.

- У протилежному випадку, всі світлодіоди та новий пін вимикаються.

3. Перевірка діапазону напруги:

- Значення тиску переводиться у мілівольти.
- Якщо значення напруги знаходиться поза допустимим діапазоном від 500 до 4500 мілівольт, виводиться повідомлення про помилку на LCD-дисплей та блимає жовтий світлодіод.

4. Функція ``blinkYellowLED()``:

- Вмикає та вимикає жовтий світлодіод задану кількість разів з інтервалом.

5. Функція ``Pressure_Data_read()``:

- Зчитує дані з аналогового піна, які вимірюються великою кількістю разів для отримання стабільного значення.
- Сортує отримані значення та бере середнє значення.
- Масштабує середнє значення тиску у мілівольтах до відповідного діапазону.
- Обчислює значення тиску в барах.

6. Функція ``LCD_print()``:

- Очищує LCD-дисплей та виводить значення тиску, напруги та стан LED-індикатора.

Цей код дозволяє зчитувати значення тиску за допомогою датчика, відображати результати на LCD-дисплеї та керувати LED-індикаторами залежно від значень тиску. Крім того, він має захисні механізми, які реагують на помилкові значення тиску та виводять відповідне повідомлення на LCD-дисплей.

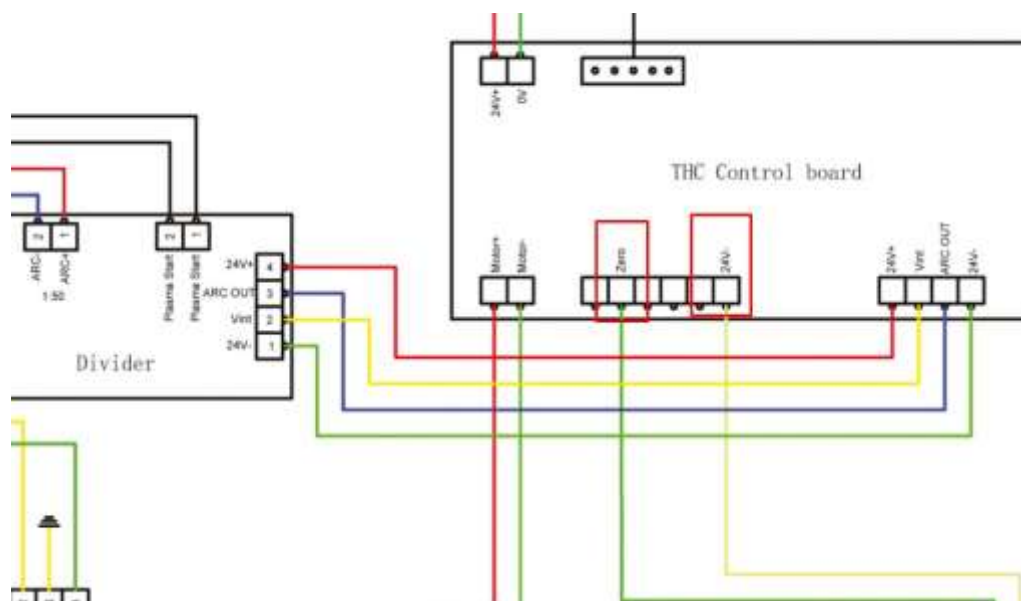


Рис. 3.9 Імітація спрацювання кінцевого вимикача

Фотографії кінцевого результату встановлення автоматизованої системи моніторингу за тиском повітря:

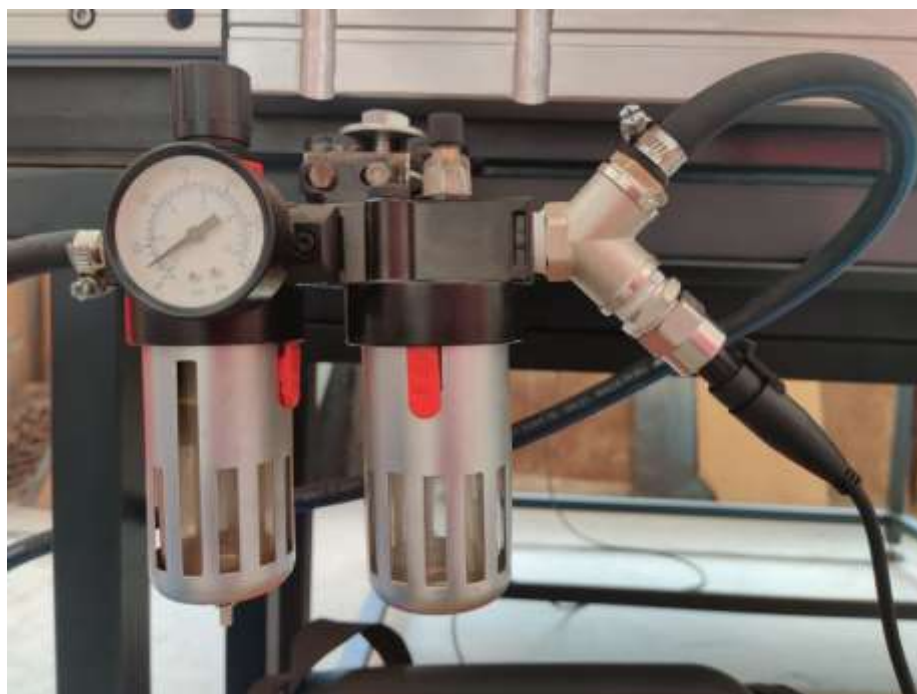


Рис. 3.10 Під'єднаний датчик тиску

На цій фотографії показано як виглядає під'єднаний датчик тиску до системи(Рис. 3.10). Цей датчик здатен точно вимірювати тиск повітря в системі різки металу та передавати дані до контрольної панелі для подальшого аналізу.



Рис. 3.11 Встановлена система моніторингу за тиском повітря

На цій фотографії представлений кінцевий результат встановлення автоматизованої системи моніторингу за тиском повітря. У верхній частині фото можна побачити саму систему моніторингу(Рис. 3.11).

На екрані відображаються реальні часові дані про поточний тиск повітря в системі різки металу. Користувач може візуально спостерігати за змінами тиску, що дозволяє оперативно виявляти будь-які відхилення від оптимального режиму роботи. Додатково, система може надати візуальні сигнали, якщо тиск виходить за межі заданих параметрів, що допомагає уникнути неконтрольованих ситуацій та забезпечує високу якість різки металу.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ВИМОГИ ДО РОБОЧОГО МІСЦЯ

Охорона праці на плазмовій різці ЧПК (числово-програмованого керування) має на меті забезпечення безпеки операторів та персоналу, які працюють з цим обладнанням. Ось деякі важливі аспекти охорони праці, які слід враховувати при роботі з плазмовою різкою ЧПК:

4.1. *Вимоги до робочих місць*

1. ДСТУ ГОСТ 12.2.061:2009, "ССБТ. Устаткування виробниче. Загальні вимоги безпеки до робочих місць", необхідно дотримуватися при організації робочого місця та розміщенні виробничого обладнання для різання металу.

2. Під час різання металу повинен бути забезпечений вільний доступ до виробничого обладнання.

Проходи повинні бути шириною не менше 1 м з обох боків робочого столу і стелажа.[16]

Мінімум 1,5 метра має відокремлювати частини машин, рухомі частини, які переносяться, та багатопостові джерела живлення.

Щонайменше 0,8 м має відокремлювати кожне стаціонарне однопостове джерело живлення.

У разі встановлення однопостового джерела живлення біля стіни, відстань між стіною та джерелом живлення має бути не менше 0,5 м.

3. Відповідно до Правил охорони праці під час зварювання металів, затверджених наказом Міністерства надзвичайних ситуацій України від 14 грудня 2012 року № 1425, зареєстрованих у Міністерстві юстиції України 4 січня 2013 року за № 63/22595 (НПАОП 28.52-1.31-13), кожне робоче місце

працівника, який виконує роботи з різання металу, повинно мати додаткову площу не менше 4,5 м-2.[16]

4. Для зменшення статичного тиску на руки працівників, які працюють стоячи, на робочих місцях повинні бути встановлені спеціальні підставки, які часто називають підвісками, відповідно до норм ГОСТ 12.2.033-78 "ССБТ", що відповідають основним ергономічним нормам роботи стоячи.

Навантаження на руки працівника можна зменшити, перекинувши шланг або кабель через плече або намотавши його на руку.

5. Не допускається перебування сторонніх осіб у місцях проведення робіт з різання металу.

Згідно з ГОСТ 12.2.062-81 "ССБТ", для захисту працівників, які працюють поруч або нижче ярусу, від випромінювання, іскор, бризок розплавленого металу та випадкового падіння недогарків електродів повинні бути встановлені захисні огорожі. машини, що використовуються для виготовлення захисних огорож.[16]

1. Під час різання металу відкритою електричною дугою робочі місця у виробничій зоні повинні бути ізолювані одне від одного та від проходів негорючими екранами (ширмами, щитами) висотою не менше 1,8 м. Коли декілька працівників працюють поруч, а також на місцях інтенсивного руху, працівники повинні триматися на відстані не менше 2 м під час різання металу на відкритому просторі огороження.

2. З метою зниження температури поверхонь обладнання та інтенсивності нагрівання повітря робочі місця повинні бути обладнані теплоізолюючими пристроями відповідно до ДСТУ 2894-94 "Пристрої екрануючі для захисту від інфрачервоного випромінювання". Технічні вимоги та загальні технічні умови.

3. Постійне робоче місце для працівників, які здійснюють різання металу, повинно мати пристрій або стіл, логічно структурований для полегшення зберігання і транспортування оброблених виробів. Ці засоби повинні дозволяти

працівникам виконувати завдання відповідно до ГОСТ 12.2.032-78 "ССБТ" і гарантувати зручне положення тіла під час ручного різання дрібних деталей. Робота виконується сидячи. загальні вимоги ергономіки.[16]

4. У місцях виконання робіт з різання металу повинна бути встановлена стійка з гаком або вилкою для підвішування непрацюючого різачка на час перерви. На тимчасових робочих місцях допускається підвішувати вимкнені різачки до оброблюваних конструктивних елементів, таких як кронштейни та вимірювальні інструменти.

5. Уникайте роботи в безпосередній близькості від прорізів, люків або лазів, які не закриті або не огорожені.

6. Зніміть огороження та кришки з колодязів, люків та інших отворів.

7. Коли ви входите в закритий контейнер через люк, переконайтеся, що кришка люка надійно зафіксована у відкритому положенні.

8. Пульти керування повинен використовуватися для контролю та керування стаціонарними механізмами. Органи управління повинні мати розбірливі написи, символи, що ідентифікують об'єкт управління, до якого вони відносяться, їх функцію, стан (наприклад, аварійна зупинка, відключення живлення) або положення, відповідно до ГОСТ 12.4.040-78 "ССБТ". Позначення організацій з управління виробничим обладнанням.

9. Органи керування, що використовуються для запуску та припинення операції різання металу, повинні відповідати вимогам ГОСТ 22613-77 "Система "Людина-машина". Вимикачі та перемикачі можна обертати. Загальні ергономічні критерії" та "Система "людина-машина" згідно з ГОСТ 22615-77. тумблери та перемикачі загальні ергономічні вимоги.[16]

10. Діелектричний гумовий килим на робочому місці працівника повинен відповідати вимогам ГОСТ 12.4.124-83 "ССБТ. методи захисту від статичної електрики. загальні технічні вимоги до апаратури".

4.2. Вимоги до охорони праці під час технічного процесу

Вимоги до вихідних матеріалів і робочих інструментів, а також до способів їх зберігання і транспортування. Електроди, флюс і зварювальний дріт повинні зберігатися в сухих закритих приміщеннях. Уникайте агресивних речовин, таких як кислоти, луги та інші хімікати.

Заготовки, деталі, вузли та агрегати повинні зберігатися в спеціально відведених і обладнаних місцях.

1. Перед прожарюванням або сушінням флюсів, зварювального дроту або електродів, що використовуються для різання металу, ознайомтеся з технічною документацією виробника на конкретну марку матеріалу.

2. Матеріали, що контактують з газами, повинні бути захищені від хімічного впливу газів за будь-яких умов роботи.[16]

3. Поверхня заготовок і деталей, які будуть розрізатися, повинна бути сухою і очищеною від забруднень, таких як жир, іржа, окалина та інші.

4. При використанні в роботі легкозаймистих, вибухонебезпечних або шкідливих матеріалів необхідно дотримуватися вимог ГОСТ 12.1.004-91 "ССБТ. Пожежна безпека".

Забороняється використовувати для знежирення поверхонь розчини, що містять хлор.

5. Засоби для знежирення поверхонь повинні відповідати вимогам ГОСТ 12.3.010-82 "ССБТ". "Вимоги безпеки під час роботи" передбачають примусовий випуск розчину для змочування тампонів, а також використання небиткого матеріалу ємністю не більше 200 см³. Використані тампони рекомендується збирати в спеціальний контейнер з надійною кришкою з негорючого матеріалу.[16]

6. Забороняється повертати відходи металообробки на місця їх попереднього зберігання.

7. Для зберігання легкозаймистих, горючих рідин та інших допоміжних хімічних речовин і матеріалів, необхідних при виконанні технологічних операцій, повинні бути передбачені спеціально обладнані приміщення або склади. При цьому враховуються фізичні, хімічні властивості речовини та її клас небезпеки.

Вимоги до роботодавців щодо забезпечення безпечного ведення робіт у вибухонебезпечних зонах, затверджені наказом Міністерства енергетики та вугільної промисловості України від 5 червня 2013 року № 317, зареєстровані в Міністерстві юстиції України 26 червня 2013 року за № 1071/23603 (НПАОП 0.00-7.12-13), повинні бути дотримані при створенні безпечних умов праці на робочих місцях, де існує ймовірність виникнення вибухонебезпечного середовища під час виконання робіт.[16]

4.3. Правила техніки безпеки при контактному різанні

1. Система охолодження машини для різання повинна бути перевірена на наявність витоків на кожному з'єднанні та на наявність води.

2. Магістралі охолодження машини для різання повинні бути обладнані вентилями.

3. Для очищення системи кондиціонування перед початком роботи необхідно використовувати стиснене повітря.

4. На всі деталі пневмоциліндра, включаючи рухомі частини, необхідно нанести антикорозійне мастило.

5. Якщо електропостачання відключено, вимкніть вимикач різачка.

6. Тримайте легкозаймисті та пожежонебезпечні предмети на відстані не менше 5 метрів від місця різання металу.[16]

4.4. Заходи безпеки під час плазмового різання

1. У всіх приміщеннях, де виконується плазмове різання металів, необхідна загальнообмінна вентиляція.

Автоматичні, напіваавтоматичні та пересувні плазмотрони повинні бути дистанційно керованими та контрольованими. Після натискання кнопки "Пуск" на плазмотрон повинна бути подана напруга холостого ходу, перш ніж можна буде побачити наступну дугу. Блокування не використовується для захисту цієї процедури. Кнопка "Пуск" повинна автоматично блокуватися після запалювання наступної дуги.

У разі відключення або обриву дуги, відключення напруги від плазмотрона повинно бути автоматизовано.

2. Для відгородження зони роботи плазмотрона необхідно використовувати екрани або кожухи з негорючих матеріалів.

3. Працювати з плазмотроном дозволяється тільки при відключеному джерелі живлення.[16]

4. Під час запалювання наступної дуги отвір сопла повинен бути спрямований у бік від працівників, які знаходяться поруч. Наступна дуга повинна запалюватися шляхом замикання, для чого необхідно використовувати спеціальний інструмент з окремою ручкою довжиною не більше 150 мм.

Ці рекомендації є загальними принципами безпеки при роботі з плазмовою різкою ЧПК. Важливо також дотримуватись специфічних вказівок та рекомендацій, наданих виробником вашого конкретного обладнання.

5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Для підвищення якості роботи плазмової різки з ЧПК, було закуплено такі комплектуючі для автоматизації процесу:

Таблиця 2 Вартість комплектуючих

Комплектуючі	Вартість(грн)
1. Arduino UNO	275
2. LCD 2004A I2C	300
3. Датчик тиску Stainless Steel 1/8" NPT Pressure Transducer Sender Sensor For Oil Fuel Air Water 150psi	402
4. Три лампочки VaneAims Plastic Power Signal Lamp AD16-22DS Small LED Indicator Light Beads 12V	70
5. 4-канальне реле з оптоізолятором для Arduino	73
6. З'єднання пневматичних трубопроводів	109
7. Клапан осушувача IBL24, IBL2070E	54
8. Коробка під автомат	150
Загальна вартість	1433

Щодо вигідності вибору цих комплектуючих, ось деякі фактори, які можуть бути перевагами:

1. Arduino Uno є популярною платою з простим інтерфейсом, великою спільнотою користувачів і багатим вибором ресурсів. Вона проста у використанні, має велику розширюваність, доступну ціну і підтримується на різних операційних системах. Arduino Uno підходить для початківців та дозволяє легко реалізовувати проекти з використанням додаткових компонентів і модулів.[7]
2. LCD 2004A I2C: Символьний дисплей LCD 2004A I2C забезпечує велику кількість символів і рядків для відображення інформації. Він може бути корисним для створення інтерфейсів користувача, відображення даних чи повідомлень.[10]
3. Датчик тиску Stainless Steel 1/8" NPT Pressure Transducer Sender Sensor For Oil Fuel Air Water 150psi: Цей датчик тиску виготовлений з нержавіючої сталі, що робить його стійким до корозії та забезпечує сумісність з різними середовищами. Його широкий діапазон вимірювання та лінійний вихід дозволяють точно виміряти тиск у різних додатках.[11]
4. Три лампочки VaneAims Plastic Power Signal Lamp AD16-22DS Small LED Indicator Light Beads 12V: Ці LED-лампочки мають невеликі розміри і використовуються для візуального сигналізування різних станів або сигналів у вашому проекті. Вони працюють з напругою 12V, що є стандартним значенням для багатьох електронних систем.[12]
5. 4-канальне реле з оптоізолятором для Arduino: Цей модуль реле з оптоізоляцією дозволяє вам керувати включенням та вимкненням електричних пристроїв або схем. Оптоізоляція забезпечує електричну ізоляцію між вхідними та вихідними сигналами, що додає безпеки при використанні реле.[13]
6. Трійник CAMOZZI 2040 1/2" є надійним, міцним і функціональним компонентом, який забезпечує ефективну роботу гідравлічних або пневматичних систем. Його переваги полягають в якості матеріалу, витримці тиску, легкому монтажі та гнучкості у використанні. [15]

7. Перехідник різьби 1/4 на 1/8: забезпечує зручне з'єднання між різними типами трубопроводів, шлангами або пристроями з відповідними розмірами різьби. Простота установки та зняття перехідника дозволяє швидко змінювати конфігурацію системи та проводити обслуговування.[14]
8. Коробка під автомат – коробка виготовлена із пластику, має закриваючу кришку.

Вибір цих комплектуючих може бути вигідним, оскільки вони забезпечують потужність, функціональність і сумісність між собою, що дозволить вам реалізувати багато різноманітних проектів з автоматизації за доступною ціною.

ВИСНОВОКИ

У ході роботи було розроблено та реалізовано програмний код для системи моніторингу за тиском повітря на плазмовій різці з числовим програмним керуванням (ЧПК). Алгоритм коду дозволяє зчитувати дані з датчика тиску, обчислювати значення тиску та відображати цю інформацію на LCD-дисплеї. Крім того, код керує світлодіодними індикаторами в залежності від отриманого значення тиску для візуального оповіщення оператора плазмової різки.

Установка датчика тиску на плазмову різку з ЧПК має кілька переваг. По-перше, вимірювання тиску дозволяє оператору контролювати і відстежувати рівень тиску в системі різання. Це може бути важливим фактором для досягнення якісного різання та попередження можливих проблем, пов'язаних з недостатнім або занадто великим тиском.

По-друге, за допомогою датчика тиску можна виявити аномальні ситуації, такі як витік повітря або неправильне функціонування системи різання. Це дозволяє оператору швидко реагувати на подібні проблеми та уникати можливих аварій або пошкоджень обладнання.

Крім того, встановлення датчика тиску на плазмову різку з ЧПК дозволяє забезпечити автоматичний контроль тиску в системі. Оператор може встановити порогові значення тиску, при перевищенні яких будуть виконані відповідні заходи, такі як зміна режиму різання, аварійне вимкнення або інші заходи безпеки. Це сприяє автоматизації процесу різання та забезпечує більш високу якість та ефективність роботи.

Таким чином, встановлення датчика тиску на плазмову різку з ЧПК є вигідним з точки зору контролю та безпеки процесу різання. Він дозволяє оператору відстежувати та контролювати рівень тиску, виявляти проблеми та автоматично реагувати на них, що сприяє покращенню якості та продуктивності різання на плазмовій різці з ЧПК.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Порізка металу плазмою з ЧПУ на замовлення в Україні - АВ метал груп :URL: <https://avmg.ua/uslugi/metaloobrobka/plazmennaya-rezka-metalla/> (дата звернення: 12.04.2023).
2. Принцип роботи плазморізу :URL: <https://dnipro-m.ua/news/plazmorezstroenie-princzip-raboty-vybor-apparata/> (дата звернення: 12.04.2023).
3. Компресор у системі плазмової :URL: <https://effectenergy.com.ua/ua/produktsiia/aparaty-plazmovoii-rizky.html> (дата звернення: 12.04.2023).
4. Система різання з ЧПУ EX-TRACK :URL: <https://www.ex-trafire.com/uk/> (дата звернення: 12.04.2023).
5. Панель керування :URL: http://t2.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcS5oIi2wGKYw3Q8KmlfzoCXTM6lbLd3JAelx_Q1N7KbwgSvNRo7 (дата звернення: 13.04.2023).
6. Усе, що треба знати про плазмове різання » Довідник зварника :URL: <https://zvarka.info/use-shho-treba-znati-pro-plazmove-rizannya/> (дата звернення: 13.04.2023).
7. Arduino uno :URL: <https://store.arduino.cc/products/arduino-uno-rev3/> (дата звернення: 15.04.2023).
8. Arduino Cookbook, Second Edition. Michael Margolis. USA, 2011. 702 p. (дата звернення: 15.04.2023).
9. Інформаційні технології: Системи комп'ютерної математики: навч. посіб. для студ. спец. «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології». / І. В. Кравченко та ін. Електронні текстові дані (1 файл: 5,57 Мбайт). Київ: КПІ ім. І. Сікорського, 2018. 243 с. (дата звернення: 15.04.2023).
10. LCD 2004A I2C :URL: <https://arduino.ua/prod663-lcd-2004-i2c-simvolnii-displei-20x4-sinii> (дата звернення: 15.04.2023).
11. Датчик тиску :URL: https://www.aliexpress.com/item/4000432782466.html?srcSns=sns_Copy&spreadType=socialShare&bizType=ProductDetail&social_params=60329677756

&aff_fcid=8bc3a71036e942f48db0e04e6781f581-1687168698241-02663-
_ExWcI0v&tt=MG&aff_fsk=_ExWcI0v&aff_platform=default&sk=_ExWcI0
v&aff_trace_key=8bc3a71036e942f48db0e04e6781f581-1687168698241-
02663-
_ExWcI0v&shareId=60329677756&businessType=ProductDetail&platform=
AE&terminal_id=4d5944a78cfe48a7a28cddc2c0548754&afSmartRedirect=y
(дата звернення: 15.04.2023).

12. Лампочки :URL:

[https://www.aliexpress.com/item/1005003367855146.html?srcSns=sns_Viber
&spreadType=socialShare&bizType=ProductDetail&social_params=60332859
968&aff_fcid=dbfec36521b47d3bb1dadeb30c701f6-1687168774983-00680-
_EInFnvn&tt=MG&aff_fsk=_EInFnvn&aff_platform=default&sk=_EInFnvn
&aff_trace_key=dbfec36521b47d3bb1dadeb30c701f6-1687168774983-
00680-
_EInFnvn&shareId=60332859968&businessType=ProductDetail&platform=A
E&terminal_id=4d5944a78cfe48a7a28cddc2c0548754&afSmartRedirect=y](https://www.aliexpress.com/item/1005003367855146.html?srcSns=sns_Viber&spreadType=socialShare&bizType=ProductDetail&social_params=60332859968&aff_fcid=dbfec36521b47d3bb1dadeb30c701f6-1687168774983-00680-_EInFnvn&tt=MG&aff_fsk=_EInFnvn&aff_platform=default&sk=_EInFnvn&aff_trace_key=dbfec36521b47d3bb1dadeb30c701f6-1687168774983-00680-_EInFnvn&shareId=60332859968&businessType=ProductDetail&platform=AE&terminal_id=4d5944a78cfe48a7a28cddc2c0548754&afSmartRedirect=y)
(дата звернення: 15.04.2023).

13. Модуль 4 реле :URL: [https://comerce.com.ua/ua/p1653571310-modul-rele-
12v.html?source=merchant_center&gclid=CjwKCAjw-b-kBhB-
EiW44fvKrBTNTJzqL10s_dKS8keExsmJ5vaRDvIbu2HnW01YuygWONah0
GPD9hoCwzcQAvD_BwE](https://comerce.com.ua/ua/p1653571310-modul-rele-12v.html?source=merchant_center&gclid=CjwKCAjw-b-kBhB-EiW44fvKrBTNTJzqL10s_dKS8keExsmJ5vaRDvIbu2HnW01YuygWONah0GPD9hoCwzcQAvD_BwE) (дата звернення: 15.04.2023).

14. Клапан осушувача :URL: [https://epicentrk.ua/shop/klapan-vulkan-
osushitelya-kondensatoottechnik-ibl24-ibl2070e-1-4-137343.html](https://epicentrk.ua/shop/klapan-vulkan-osushitelya-kondensatoottechnik-ibl24-ibl2070e-1-4-137343.html) (дата
звернення: 15.04.2023).

15. Трійник :URL: <https://www.nl.ua/ua/trjnik-camozzi-2040-12-.html> (дата
звернення: 21.06.2023).

16. Охорона праці :URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0507-14#Text> (дата
звернення: 18.04.2023).

ДОДАТКИ

Програмний код

```
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <LiquidCrystal_PCF8574.h>

#define DELTA_V_Press 56 // дельта для калібрування датчика у мілівольтах
#define Input_V 5000 // напруга живлення датчика у мілівольтах

#define pin_Press_sensor A0
#define LCD_ADDRESS 0x27
#define SERIAL_BAUD 115200

#define LED_RED 5
#define LED_YELLOW 6
#define LED_GREEN 7
#define NEW_PIN 8 // новий пін на вихід

const float THRESHOLD_PRESSURE = 2.5; // пороговий тиск, за
замовчуванням 2.5 бар

unsigned long timing=0;
unsigned int Press_read = 0;
unsigned int Press_bar = 0;

float Press_sensor=0.5;
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 20, 4);

void setup() {
```

```
Serial.begin(SERIAL_BAUD);
pinMode(pin_Press_sensor, INPUT);
pinMode(LED_RED, OUTPUT);
pinMode(LED_YELLOW, OUTPUT);
pinMode(LED_GREEN, OUTPUT);
pinMode(NEW_PIN, OUTPUT); // налаштування нового піна як вихідного
digitalWrite(NEW_PIN, LOW); // забезпечення вимкнення нового піна
Wire.begin();
Wire.setClock(400000); // швидкість передачі даних 400 кбіт/с
Wire.beginTransmission(LCD_ADDRESS);
lcd.begin(20, 4);
lcd.setBacklight(0);
delay(100);
lcd.setBacklight(55);
lcd.clear();
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("Pressure sensor test");
delay(2000);
}

void loop() {
  if (millis() - timing > 1000) {
    Pressure_Data_read();
    LCD_print();
    timing = millis();
  }

  if (Press_sensor >= 4.5) {
    digitalWrite(LED_GREEN, HIGH);
    digitalWrite(LED_YELLOW, LOW);
```

```

digitalWrite(LED_RED, LOW);
digitalWrite(NEW_PIN, LOW); // вимкнення нового піна
} else if (Press_sensor >= 3.5) {
digitalWrite(LED_GREEN, LOW);
digitalWrite(LED_YELLOW, HIGH);
digitalWrite(LED_RED, LOW);
digitalWrite(NEW_PIN, LOW); // вимкнення нового піна
} else if (Press_sensor >= THRESHOLD_PRESSURE) { // якщо тиск менше
порогового значення, активується новий пін
digitalWrite(LED_GREEN, LOW);
digitalWrite(LED_YELLOW, LOW);

// Початок бліпкування червоним світлодіодом
static unsigned long previousMillis = 0;
static bool ledState = false;

unsigned long currentMillis = millis();
if (currentMillis - previousMillis >= 500) { // Задаємо часовий інтервал 500 мс
(0.5 секунди)
previousMillis = currentMillis;
ledState = !ledState;
digitalWrite(LED_RED, ledState); // Встановлюємо стан світлодіода
}
// Кінець блимання червоним світлодіодом

} else {
digitalWrite(NEW_PIN, HIGH); // активація нового піна

digitalWrite(LED_GREEN, LOW);

```

```

digitalWrite(LED_YELLOW, LOW);
digitalWrite(LED_RED, HIGH);
digitalWrite(NEW_PIN, LOW); // вимкнення нового піна
}

}

void blinkYellowLED(int numTimes, int interval) {
  for (int i = 0; i < numTimes; i++) {
    digitalWrite(LED_YELLOW, HIGH);
    delay(interval / 2);
    digitalWrite(LED_YELLOW, LOW);
    delay(interval / 2);
  }
}

void Pressure_Data_read() {
  const byte count_read = 10;
  int Analog_data_read[count_read]; // масив для збереження даних

  for (byte i = 0; i < count_read; i++) {
    int sensorValue = analogRead(pin_Press_sensor); // зчитуємо вхід і зберігаємо
    значення в змінну
    Analog_data_read[i] = sensorValue; // присвоюємо значення елементу масиву
    delay(2);
  }

  // сортуємо масив за зростанням значень у ячейках
  for (byte i = 0; i < count_read; i++) {

```

```

for (byte j = 0; j < count_read - 1; j++) {
  if (Analog_data_read[j] > Analog_data_read[j + 1]) {
    int New_data = Analog_data_read[j];          // часова змінна
    Analog_data_read[j] = Analog_data_read[j + 1];
    Analog_data_read[j + 1] = New_data;
  }
}

int Press_read = Analog_data_read[count_read / 2]; // беремо середнє значення з
отриманого масиву
Press_read = map(Press_read, 0, 1023, 0, Input_V) + DELTA_V_Press; //
масштабуємо отриману величину в мілівольти
Serial.print(Press_read);
Serial.print(" -> ");

if (Press_read >= 500 && Press_read <= 4500) // беремо значення з робочого
діапазону датчика тиску
{
  int Press_bar = map(Press_read, 500, 4500, 0, 1000); // масштабуємо мілівольти
у значення тиску (500 - верхній діапазон датчика тиску для датчика 0,5 МПа)
  Press_sensor = Press_bar * 0.01;          // переводимо значення в float
}
else // привласнюємо граничні значення при виході за межі робочого діапазону
датчика тиску
{
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Error, Out of range!");
  digitalWrite(LED_YELLOW, LOW);
}

```



```
    blinkYellowLED(10, 500);
}

Serial.println(Press_sensor);
}

void LCD_print() {
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("Pressure: ");
    lcd.print(Press_sensor);
    lcd.print(" bar");
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("Voltage:");
    lcd.print(Press_read, 2);
    lcd.print(" V");
    lcd.setCursor(0, 2);
    lcd.print("LED:");
    if (Press_sensor >= 4.5) {
        lcd.print("Green");
    } else if (Press_sensor >= 3.5) {
        lcd.print("Yellow");
    } else if (Press_sensor >= THRESHOLD_PRESSURE) {
        lcd.print("Red");
    } else {
        lcd.print("Off");
    }
}
```