

Хмельницький національний університет
Факультет інформаційних технологій
Кафедра автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та
робототехніки

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавр

Освітній рівень

Автоматизований пристрій керування зварювальною коміркою

Назва теми

КвРАКІТ. 2022127.01.12.ПЗ

Галузь знань 15 «Автоматизація та приладобудування»

Шифр, назва

Спеціальність 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»


Шифр, назва

Освітня програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Назва

Виконав:

студент 3 курсу, група АКІТс-22-1


Підпис

Михайло ПАВЛОВСЬКИЙ
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник:

д-р техн. наук, проф.


Підпис, дата

Валерій МАРТИНЮК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Нормоконтролер


Підпис, дата

Людмила КОРЕЦЬКА
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

До захисту допускаю:
зав. кафедри автоматизації,
комп'ютерно-інтегрованих
технологій та робототехніки


Підпис, дата

Валерій МАРТИНЮК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

«23» червня 2025 р.

Хмельницький 2025

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інформаційних технологій
Кафедра автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
Галузь знань 15 – Автоматизація та приладобудування
Спеціальність 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
Освітня програма Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри АКИТтаР

Валерій МАРТИНЮК

07 лютого 2025р.



**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

Павловському Михайлу Миколайовичу

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1 Тема роботи Автоматизований пристрій керування зварювальною коміркою

Керівник роботи Мартинюк В.В., д.т.н., професор

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, учене звання

Затверджено наказом ректора університету від 07.02.2025 р. №23

2 Строк подання студентом роботи на кафедру 02.06.2025р.




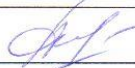
3 Вихідні дані до роботи Номінальний зварювальний струм 250А

4 Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ. Огляд літературних джерел та патентних даних. Основна частина. Розробка програми роботи автоматизованого пристрою керування зварювальною коміркою. Висновки.

5 Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)
презентаційні матеріали (слайди)

6 Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Антиплагіат	Федула М.В., доцент кафедри АКИТтаР		
Нормоконтроль	Корецька Л.О., доцент кафедри АКИТтаР		

7 Дата видачі завдання 07 лютого 2025р.

АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Автоматизований пристрій керування зварювальною коміркою».

Автор роботи: Павловський Михайло Миколайович.

Керівник роботи: Мартинюк Валерій Володимирович

Пояснювальна записка: 66 с., 26 рис., 3 дод., 40 джерел.

Графічна частина: 11 презентаційних слайдів.

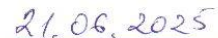
ПРИСТРІЙ КЕРУВАННЯ, ЗВАРЮВАЛЬНА КОМІРКА, РОБОТ ПРОГРАМОВАНИЙ ЛОГІЧНИЙ КОНТРОЛЕР, АЛГОРИМТ КЕРУВАННЯ.

Метою роботи є розробка автоматизованого пристрою керування зварювальною коміркою, який забезпечує надійне, ефективне та безпечне виконання зварювального процесу з можливістю налаштування режимів та дистанційного контролю параметрів.

Реалізація цієї мети передбачає створення сучасного технічного рішення, яке поєднує апаратні засоби (контролери, сенсори, приводи) та програмне забезпечення (алгоритми керування, НМІ-інтерфейси), з урахуванням вимог до промислової безпеки, гнучкості виробництва та оптимізації зварювальних процесів.



Підпис студента



Дата

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ ТА ПАТЕНТНИХ МАТЕРІАЛІВ.....	5
1.1. Особливості процесу зварювання деталей	5
1.2. Роботизована зварювальна комірка.....	11
1.3. Висновки до першого розділу	14
2. ОСНОВНА ЧАСТИНА	15
2.1. Технологічний процес зварювання дротом	15
2.2. Вибір обладнання для роботизованої зварювальної комірки.....	34
2.3. Висновки до другого розділу	35
3. РОЗРОБКА ПРОГРАМИ РОБОТИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРИСТРОЮ КЕРУВАННЯ ЗВАРЮВАЛЬНОЮ КОМІРКОЮ	36
3.1. Розробка проекту в TIA Portal.....	36
3.2. Розробка програми роботи автоматизованого пристрою керування зварювальною коміркою.....	39
3.3. Висновки до третього розділу.....	55
ВИСНОВКИ.....	56
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ	58
Додатки.....	63

КРБАКІТ. 2022127.01.12.ПЗ								
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата	Автоматизований пристрій керування зварювальною коміркою Пояснювальна записка	Літера	Аркуш	Аркушів
Виконав		Павловський М.М.		21.06.25		y		
Перевір		Мартинюк В.В.		23.06.25			2	63
Т.Конт						ХНУ, АКІТс-22-1		
Н.контр.		Корецька Л.О.		23.06.25				
Затвер.		Мартинюк В.В.		23.06.25				

ВСТУП

Актуальність теми. У сучасних умовах розвитку промисловості й впровадження цифрових технологій особливого значення набуває автоматизація технологічних процесів, зокрема зварювання. Зварювання є одним із ключових процесів у машинобудуванні, суднобудуванні, авіації та інших галузях, що потребують високої якості з'єднання матеріалів. Водночас ручне або напівавтоматичне керування зварювальними установками не завжди забезпечує стабільність параметрів процесу, що може призводити до дефектів з'єднань, зниження продуктивності та перевитрати ресурсів.

Таким чином, розробка автоматизованого пристрою керування зварювальною коміркою є актуальним завданням, що сприяє підвищенню якості зварних з'єднань, зниженню виробничих витрат і впровадженню інтелектуальних виробничих рішень.

Метою роботи є розробка автоматизованого пристрою керування зварювальною коміркою, який забезпечує надійне, ефективне та безпечне виконання зварювального процесу з можливістю налаштування режимів та дистанційного контролю параметрів.

Для досягнення цієї мети необхідно розв'язати такі завдання:

- провести огляд літературних джерел та патентних матеріалів з питань автоматизації зварювальних процесів, типів роботизованих комірок та сучасних рішень у галузі промислової автоматизації.

- обґрунтувати вибір обладнання, включаючи програмований логічний контролер (ПЛК), сенсорні пристрої, приводи, засоби візуалізації та засоби безпеки, з урахуванням технічних вимог та умов експлуатації.

- розробити програмне забезпечення для ПЛК у середовищі TIA Portal, реалізувавши алгоритми запуску, контролю параметрів, зварювання, обробки аварійних ситуацій та зупинки системи.

- розробити інтерфейс людино-машинної взаємодії (НМІ) для відображення поточних параметрів, керування режимами роботи та сповіщення про аварійні ситуації.

Практична значимість результатів полягає в тому, що розроблений автоматизований пристрій керування зварювальною коміркою може бути впроваджений на промислових підприємствах для підвищення ефективності, точності та безпеки зварювального процесу.

Кваліфікаційна робота складається із вступу, трьох розділів, висновків до кожного розділу, висновків, списку використаних джерел, 3 додатків. Загальний обсяг роботи складає 66 сторінки комп'ютерного тексту, у тому числі: 26 рисунків, список використаних джерел вміщує 40 найменувань.

У вступі обґрунтована актуальність кваліфікаційної роботи, сформульовано мету та задачі кваліфікаційної роботи, відображено її практичне значення.

В першому розділі проведено огляд літературних джерел, присвячених сучасним технологіям зварювання, особливостям побудови роботизованих зварювальних комірок, вибору зварювального обладнання, а також методам автоматизації та системам керування в умовах промислового виробництва.

У другому розділі було проведено структурно-функціональний аналіз системи керування зварювальною коміркою, здійснено вибір технічних засобів автоматизації, зокрема програмованого логічного контролера, сенсорів, виконавчих пристроїв і людино-машинного інтерфейсу.

У третьому розділі розроблено програму роботи пристрою керування зварювальною коміркою та інтерфейс людино-машинної взаємодії (НМІ) для відображення поточних параметрів, керування режимами роботи та сповіщення про аварійні ситуації.

1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ ТА ПАТЕНТНИХ МАТЕРІАЛІВ

1.1 Особливості процесу зварювання деталей

Зварювальні процеси є невід'ємною частиною багатьох виробничих циклів, і саме тому автоматизація зварювання стала одним із ключових напрямів удосконалення промислових технологій. Основна мета автоматизованих зварювальних систем - забезпечення стабільної якості зварного з'єднання, підвищення продуктивності праці, зменшення впливу людського фактора та зниження витрат на контроль і доопрацювання [1, 2].

У численних дослідженнях [3, 4] описано структуру зварювальних комірок, що включають джерела живлення, механізми подачі електродного дроту, системи позиціонування деталей, сенсори контролю параметрів та програмовані системи керування. Зокрема, застосування мікроконтролерів і промислових контролерів (ПЛК) дозволяє створювати гнучкі схеми керування, адаптовані до конкретних умов зварювання.

Окрему групу становлять роботизовані зварювальні комірки, які широко впроваджуються в умовах серійного та масового виробництва. Такі системи включають промислового робота (маніпулятор), зварювальне обладнання, датчики позиціонування та контролю, систему керування (PLC або ПК), а також інтерфейс людина-машина (НМІ). Згідно з роботами [11, 12], роботизовані комірки демонструють високу точність повторення траєкторій, що особливо важливо для складних геометричних з'єднань.

У публікаціях [13, 14] досліджено застосування багатокординатних роботів з адаптивним керуванням зварювальними параметрами на основі аналізу сигналів від сенсорів (струм, напруга, шви), що дозволяє зменшити кількість дефектів без ручного контролю. Особливу увагу приділено

взаємодії роботів із системами комп'ютерного зору для ідентифікації деталей і контролю за зварювальним швом.

Однак, як зазначають автори [15], хоча роботизовані комірки мають високу ефективність, їх вартість, складність інтеграції, потреба в технічному обслуговуванні та спеціалізованому програмному забезпеченні обмежують їх використання переважно великими підприємствами.

Загалом, сучасні тенденції зводяться до інтеграції роботизованих систем у виробничі лінії з розширеною автоматизацією, що передбачає дистанційне керування, моніторинг через мережу, а також гнучке переналаштування на нові завдання.

Отже, проведений огляд літератури свідчить про значну кількість досліджень у сфері автоматизації зварювання. Проте існує потреба в розробці доступних і гнучких пристроїв керування зварювальними комірками, що забезпечують точний контроль основних параметрів, адаптивність до виробничих умов і можливість інтеграції в сучасні системи керування виробництвом.

Зварювання дротом використовується як на ручному, так і на роботизованому рівнях. Зварювання дротом, широко відоме як ЗСІГ (зварювання в середовищі інертного газу) або ЗСЗГ (зварювання в середовищі захисного газу), є різновидом дугового зварювання, в якому в якості присадного матеріалу використовується безперервний дріт. Дріт подається через зварювальний пістолет, і одночасно подається захисний газ, який огортає зону зварювання, захищаючи її від атмосферних забруднень.

Основні характеристики

Неплавкий електрод.

Дріт, що використовується у зварюванні ЗСІГ/ЗСЗГ, виступає в ролі витратного електрода, який плавиться під впливом тепла електричної дуги, утворюючи зварний шов. Цей дріт подається котушки безперервно, що

дозволяє створювати довгі безперервні зварні шви.

Електрична дуга.

Зварювальний шов утворюється за допомогою електричної дуги, встановленої між дротом і заготовкою. Ця дуга генерує необхідне тепло для розплавлення дроту і частини основного матеріалу, створюючи розплавлену ванну, яка після застигання формує зварний шов.

Захисний газ.

Під час процесу використовується захисний газ, який огортає дугу та розплавлену ванну. Цей газ може бути інертним (ЗСІГ), наприклад, аргон або гелій, який не вступає в реакцію з розплавленим металом, або активним (ЗСЗГ), наприклад, вуглекислий газ або суміші, що містять кисень, які беруть участь у хімічному процесі під час зварювання. Газ служить для захисту зони зварювання від кисню та азоту в повітрі, які можуть спричинити пористість та інші дефекти зварного шва.

Крім того, важливо розуміти сильні та слабкі сторони методу зварювання, оскільки ми можемо підготувати комірку таким чином, щоб пом'якшити потенційні проблеми, які можуть виникнути при цьому типі зварювання. У наступній таблиці наведено переваги та недоліки, які може мати цей тип зварювання.

1. Підключення до мережі.

На цьому етапі зварювальний апарат під'єднується до електричної розетки. Це забезпечує стабільне і достатнє електроживлення для процесу зварювання, що важливо для забезпечення правильної напруги і струму, необхідних для безперебійної роботи. Надійне підключення до мережі запобігає коливанням напруги, які можуть вплинути на якість зварного шва.

2. Джерело живлення.

Джерело живлення перетворює електричну енергію з мережі у відповідну форму, необхідну для зварювання, будь то змінний або

постійний струм. Воно забезпечує необхідну енергію для створення електричної дуги, що генерує тепло, необхідне для плавлення основного і присадного металів. Сучасні джерела живлення мають налаштування для регулювання напруги та струму відповідно до різних зварювальних завдань, що має вирішальне значення для стабільного та якісного зварювання.

3. Комплект шлангів.

Сюди входять шланги, які транспортують захисний газ від газового балона до зварювального пальника. Ці шланги витримують високий тиск і запобігають витокам, забезпечуючи постійний потік газу, що має вирішальне значення для підтримки якості зварювання, захищаючи зварювальну ванну від атмосферних забруднень.

4. Кабель заземлення.

Кабель заземлення, також відомий як зворотний провід, з'єднує зварювальний з'єднує зварювальний апарат із заготовкою, завершуючи електричний ланцюг, необхідний для зварювання. Надійне з'єднання з землею є життєво важливим для безпеки та забезпечення стабільної дуги під час зварювання, запобігання утворенню слабких або непослідовних зварних швів та уникнення небезпеки для оператора.

5. Зварювальний пальник.

Зварювальний пальник - це інструмент, який зварювальник тримає в руках, щоб спрямувати електричну дугу та захисний газ у зону зварювання. Він має курок для запуску та зупинки зварювального процесу. Ергономічний дизайн і точний контроль над дугою і потоком газу необхідні для отримання чистих і точних зварних швів. Деякі пальники мають систему охолодження для запобігання перегріву під час тривалого використання.

6. Затискач заземлення.

						КРБАКІТ. 2022127.01.12.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата			8

Затискач заземлення прикріплює кабель заземлення до заготовки, забезпечуючи надійне і стабільне з'єднання, часто з використанням підпружинених губок для захоплення металу. Таке надійне з'єднання має важливе значення для стабільного електричного кола, запобігаючи нестабільності дуги, яка може призвести до дефектів зварного шва або труднощів з підтриманням дуги.

7. Заготовка.

Заготовка - це металева деталь або деталі, що зварюються, які можуть бути виготовлені з різних матеріалів, таких як сталь, алюміній або нержавіюча сталь, в різних формах, таких як листи, пластини або труби. Матеріал і стан заготовки, включаючи чистоту і підготовку поверхні, безпосередньо впливають на процес зварювання і якість зварного шва, тому правильна підготовка має вирішальне значення для отримання міцних і бездефектних зварних швів.

8. Присадний метал.

Присадний метал додається до з'єднання в процесі зварювання, щоб допомогти сформувати зварювальний шов. Зазвичай він подається в зварювальну ванну у вигляді дроту або стрижнів. Вибір присадного металу повинен бути сумісним з основними металами для забезпечення міцного з'єднання, що впливає на механічні властивості зварного шва, такі як міцність і корозійна стійкість.

9. Захисний газ.

Захисний газ, що зберігається в балоні, використовується для захисту зони зварювання від атмосферних забруднень. Найпоширенішими захисними газами є аргон, гелій, вуглекислий газ або суміші цих газів. Він запобігає реакції кисню, азоту та інших атмосферних газів з розплавленою зварювальною ванною, що має вирішальне значення для уникнення таких дефектів, як пористість,

окислення та азотування, тим самим зберігаючи міцність і зовнішній вигляд зварного шва.

1.2 Роботизована зварювальна комірка

В Європі правила для промислових роботизованих зварювальних установок зосереджені насамперед на безпеці та відповідності директивам Європейського Союзу. Ось основні стандарти та директиви, що застосовуються саме в Європі:

- ISO 10218 (Роботи та роботизовані пристрої - Вимоги безпеки для промислових роботів).

Цей міжнародний стандарт, прийнятий європейськими країнами, визначає вимоги до безпечного проектування, встановлення та експлуатації промислових роботів, у тому числі тих, що використовуються у зварювальних роботах.

- Директива щодо машин (2006/42/ЄС).

Ця директива ЄС поширюється на виробництво та експлуатацію промислового обладнання, зокрема роботизованих зварювальних установок. Вона вимагає, щоб машини були спроектовані та виготовлені таким чином, щоб працювати безпечно, захищаючи здоров'я та безпеку користувачів.

- EN ISO 13849 (Безпека машин - Частини систем керування, пов'язані з безпекою).

Цей стандарт є частиною європейського законодавства і зосереджується на та інтеграції частин систем керування, пов'язаних з безпекою, в тому числі тих, що використовуються в роботизованих зварювальних установках. Він гарантує, що системи здатні працювати на необхідному рівні безпеки.

Маркування CE.

					КРБАКІТ. 2022127.01.12.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		10

Ці роботизовані зварювальні комірki повинні відповідати вимогам маркування CE, яке вказує на те, що обладнання відповідає всім застосовним стандартам ЄС щодо безпеки, охорони здоров'я та захисту навколишнього середовища. Маркування CE є обов'язковим для продукції, що розміщується на ринку в Європейській економічній зоні (ЄЕЗ), і гарантує відповідність стандартам безпеки, охорони здоров'я та захисту навколишнього середовища.

Директива про низьковольтне обладнання (2014/35/ЄС).

Ця директива гарантує, що електрообладнання в певних межах напруги забезпечує високий рівень захисту європейських громадян та переваги єдиного ринку в Європейському Союзі.

Директива з електромагнітної сумісності (2014/30/ЄС).

Директива з електромагнітної сумісності (EMC) гарантує, що електричне та електронне обладнання не створює надмірних електромагнітних завад, які можуть вивести з ладу інші пристрої або обладнання, або не їхнього впливу.

Дотримання цих стандартів і директив має вирішальне значення для виробників і операторів роботизованих зварювальних установок в Європі, щоб гарантувати їхню безпеку, надійність і легальність для промислового використання.

Безпека необхідна в нашій роботизованій клітині. Розглянемо різні системи, які створять нашу роботизовану клітину.

З іншого боку, ми побачимо систему візуалізації та взаємодії, яку матиме наша клітина, і, нарешті, вивчимо її систему підключення як до заводської мережі, так і до Інтернету.

Захисний газ:

Газовий балон з аргоном відіграє вирішальну роль у процесі зварювання в роботизованій комірці. Аргон - це інертний газ, який широко використовується у зварюванні, зокрема, у зварюванні в середовищі

захисних газів (GMAW) і в середовищі вольфраму (GTAW), також відомих як MIG і TIG зварювання відповідно. Основна функція аргону у зварюванні - діяти як захисний газ, захищаючи зону зварювання від атмосферних газів, таких як кисень, азот і водяна пара, які можуть спричинити дефекти у зварювальному шві.

Балон для аргону, який використовується в цьому проекті, призначений для забезпечення постійного та контрольованого потоку аргону до зварювальних пальників, що використовуються роботами Fanuc 120iD. Кожен балон здатний утримувати значний об'єм газу аргону, забезпечуючи безперервність зварювального процесу протягом тривалого часу. Балони оснащені регуляторами тиску і витратомірами для точного контролю кількості газу, що подається в зону зварювання, оптимізуючи якість і ефективність зварювання.

Безпека є першочерговим завданням при роботі з балонами зі стисненим газом. Балони з аргонем надійно закріплені в спеціально відведених місцях всередині роботизованої камери, щоб запобігти перекиданню або випадковому пошкодженню. Крім того, розроблено протоколи безпеки для належного поводження з балонами під час встановлення, заміни та технічного обслуговування. Це включає регулярний огляд балонів та їхніх з'єднань, щоб переконатися у відсутності витоків або інших загроз безпеці.

Використання аргону в процесі зварювання має кілька переваг. Аргон, будучи інертним газом, не вступає в реакцію з розплавленою зварювальною ванною, в результаті чого зварювальні шви виходять чистішими і міцнішими з мінімальним забрудненням. Це особливо важливо при виробництві рам поїздів, де цілісність зварного шва має вирішальне значення для міцності конструкції і безпеки кінцевого продукту. Крім того, використання газу аргону допомагає досягти стабільної дуги і плавного процесу зварювання, що підвищує загальну

						КРБАКІТ. 2022127.01.12.ПЗ	Арк. 12
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата			

ефективність і точність роботизованої зварювальної системи.

Отже, балон з аргоном є життєво важливим компонентом у зварювальному процесі роботизованої комірки, забезпечуючи необхідний захист для отримання високоякісних зварних швів. Належне поводження та заходи безпеки мають важливе значення для забезпечення ефективної та безпечної роботи системи подачі аргону, що сприяє загальному успіху автоматизованого зварювального процесу у виробництві рам поїздів .

Затискна система

Зварювальна комірка оснащена ручною системою затиску, призначеною для надійної фіксації заготовок під час зварювального процесу. Затискання є критично важливим етапом зварювальних робіт, оскільки воно гарантує, що деталі, які зварюються, залишаються стабільними і правильно вирівняними протягом всієї процедури, тим самим гарантуючи точність і якість зварних швів.

Система ручного затиску складається з декількох ключових компонентів.

Затискачі.

Це основні пристрої, що використовуються для утримання заготовок. Затискачі стратегічно розташовані навколо зони зварювання, щоб забезпечити рівномірний тиск, запобігаючи будь-яких рухів або зміщень під час зварювання. Кожен затискач можна вручну затягнути або послабити, що забезпечує гнучкість і контроль при закріпленні різних типів заготовок.

Затискні пристосування.

Ці пристосування призначені для утримання затискачів і можуть бути відрегульовані відповідно до різних розмірів і форм заготовок. Вони забезпечують точне позиціонування затискачів і створюють міцну основу для затискної системи.

Механізми регулювання.

					КРБАКІТ. 2022127.01.12.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		13

Ручні затискачі оснащені механізмами регулювання, такими як гвинти або важелі, які дозволяють оператору точно налаштувати тиск і положення затискачів. Таке регулювання має вирішальне значення для досягнення оптимальної сили затиску, необхідної для закріплення заготовки без деформації або пошкодження.

Ручні затискачі можна легко відрегулювати під широкий діапазон розмірів і форм заготовок, що робить систему універсальною для виконання різних зварювальних завдань. Така гнучкість дозволяє операторам швидко переналаштовувати установку для різних проектів без використання спеціалізованого обладнання.

Контроль.

Оператори мають прямий контроль над тиском затиску і позиціонування, що дає змогу здійснювати точне регулювання. Цей рівень контролю необхідний для забезпечення надійного утримання заготовок на місці, що особливо важливо для отримання високоякісних зварних швів.

Ручні затискні системи, як правило, більш економічно ефективні

Підходящою моделлю ручного затискача для роботизованої камери може бути горизонтальний притискний "Destaco 201-U". Ця модель широко використовується в промисловості завдяки своїй надійності, простоті використання та міцній конструкції. Ось деякі ключові особливості та переваги Destaco 201-U:

Здатність утримувати.

Захват має вантажопідйомність 163 кг, що робить його придатним для різноманітних промислових застосувань, де важливим є надійне затискання.

Кут відкриття ручки.

Рукоятка відкривається на кут 58 градусів, забезпечуючи достатній зазор і зручність роботи. Така конструкція гарантує, що затискач можна швидко та ефективно вмикати та вимикати.

Кут відкриття штанги.

Штанга відкривається на кут 85 градусів, що дозволяє легко розміщувати та знімати заготовки. Такий широкий кут відкриття особливо корисний у випадках, коли потрібен швидкий доступ до заготовки.

Затискний кронштейн.

U-подібний затискний кронштейн може регулюватися на різну висоту, забезпечуючи гнучкість при роботі з різними розмірами та формами заготовок. Ця можливість регулювання гарантує, що затискач може бути налаштований відповідно до конкретних вимог роботизованої клітини.

Матеріал.

Виготовлений з оцинкованої сталі, цей затискач має чудову міцність і стійкість до зносу та корозії. Ця міцна конструкція забезпечує тривалий термін служби навіть у складних промислових умовах.

Система безпеки.

Зварювальна камера оснащена декількома системами безпеки, що забезпечують захист операторів і безпечну роботу обладнання. Основними компонентами системи безпеки є кнопки аварійної зупинки, зональний датчик присутності та світлова завіса на вході в камеру.

Зварювальний модуль має 5 кнопок аварійної зупинки (зазвичай їх називають E-Stop). Ці кнопки стратегічно розміщені навколо камери, щоб забезпечити можливість негайного вимкнення в разі надзвичайної ситуації. При натисканні кнопки E-Stop миттєво відключають живлення зварювального обладнання, зупиняючи всі операції, щоб запобігти нещасним випадкам або травмам.

Зональний датчик присутності.

Зональний датчик присутності встановлюється для виявлення присутності персоналу в певних зонах зварювальної камери. Цей датчик

гарантує, що зварювальні операції будуть зупинені, якщо хтось увійде в обмежену зону, тим самим запобігаючи нещасним випадкам. Датчик працює шляхом моніторингу визначених зон і подає сигнал тривоги або вимикає зварювальний апарат у разі виявлення будь-якого руху.

1.4 Висновки до першого розділу

1. В першому розділі виконано аналіз науково-технічної літератури, патентної документації та сучасних технічних рішень, які стосуються процесів зварювання та їх автоматизації. Встановлено, що автоматизовані та роботизовані зварювальні системи є ключовими елементами сучасного виробництва, які забезпечують підвищення точності, якості та ефективності зварювальних операцій.

2. Розглянуто особливості реалізації зварювального процесу, зокрема зварювання в середовищі захисних газів (ЗСІГ/ЗСЗГ), що є одним із найбільш поширених і технологічно гнучких методів дугового зварювання. Розглянуто основні елементи, необхідні для організації такого процесу, зокрема джерело живлення, зварювальний пальник, кабель заземлення, присадний дріт, захисний газ та інші складові.

3. Проаналізовано роботизовані зварювальні комірочки, які інтегрують у собі індустриальні роботи, програмовані логічні контролери, сенсори, системи безпеки, інтерфейси взаємодії з оператором (НМІ) та мережеві засоби моніторингу. Визначено переваги таких систем - висока повторюваність, точність, адаптивність до різних умов зварювання та можливість інтеграції в загальнозаводські інформаційні системи.

4. Встановлено низку обмежень, притаманних сучасним роботизованим системам, а саме висока вартість, складність налаштування та потреба у висококваліфікованому обслуговуванні.

2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Технологічний процес зварювання дротом

Технологічний процес зварювання дротом, більш відомий як зварювання в інертному газі (ЗІГ) (англійською мовою MIG - Metal Inert Gas) або зварювання в активному газі (ЗАГ) (англійською мовою MAG - Metal Active Gas), є різновидом дугового зварювання, при якому використовується неперервний дріт як присадковий матеріал.

Дріт подається через зварювальний пальник, і одночасно подається захисний газ, який огортає зону зварювання, захищаючи її від впливу атмосферного повітря.

Дріт, який використовується в зварюванні ЗІГ/ЗАГ, є витратним електродом, який плавиться під дією дуги, утворюючи зварний шов. Дріт подається з котушки в автоматичному режимі, що дозволяє виконувати довгі та неперервні шви.

Зварювання виконується за рахунок електричної дуги, яка виникає між дротом та заготовкою. Дуга генерує тепло, яке розплавляє як дріт, так і частину основного металу, утворюючи зварювальну ванну, що після охолодження формує шов.

У процесі зварювання подається захисний газ, який оточує дугу та зварювальну ванну. Газ буває інертним (ЗІГ), наприклад, аргон або гелій, які не реагують із металом. Також може використовуватися активний газ (ЗАГ), наприклад, вуглекислий газ або суміші з киснем, які беруть участь у хімічних процесах під час зварювання.

Газ захищає зону зварювання від кисню та азоту, що можуть викликати пористість або інші дефекти шва.

На рисунку 2.1 зображено технологічний процес зварювання дротом в інертному газі.

						КРБАКІТ. 2022127.01.12.ПЗ	Арк. 17
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата			

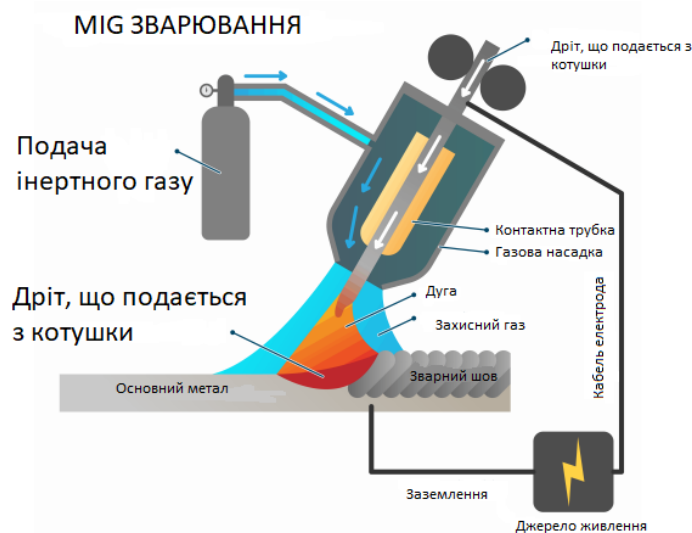


Рисунок 2.1 - Технологічний процес зварювання дротом в інертному газі

Важливо розуміти переваги та недоліки технологічного процесу зварювання дротом, тому що це дозволяє підготувати зварювальну комірку таким чином, щоб зменшити потенційні проблеми, які можуть виникнути під час використання даного типу зварювання.

У таблиці 2.1 наведено переваги та недоліки, які притаманені технологічному процесу зварювання дротом.

Таблиця 2.1 - Технологічний процес зварювання дротом

Переваги	Недоліки
Висока ефективність і продуктивність, підходить для товстих матеріалів	Потрібні кваліфіковані оператори для досягнення високоякісних результатів
Може виконуватися на відкритому повітрі та в різних умовах навколишнього середовища	Може супроводжуватись значним розбризкуванням і димом, що потребує додаткового очищення
Обладнання є відносно недорогим і широко доступним	Менш придатний для дуже тонких матеріалів через ризик пропалювання
Можливість з'єднання широкого спектра металів і сплавів	Потребує витратних матеріалів, таких як електроди, які слід регулярно замінювати
Забезпечує міцні та довговічні з'єднання	Потенційно вищий рівень УФ-випромінювання та диму, що вимагає дотримання заходів безпеки

На рисунку 2.2 зображено зварювальний апарат.

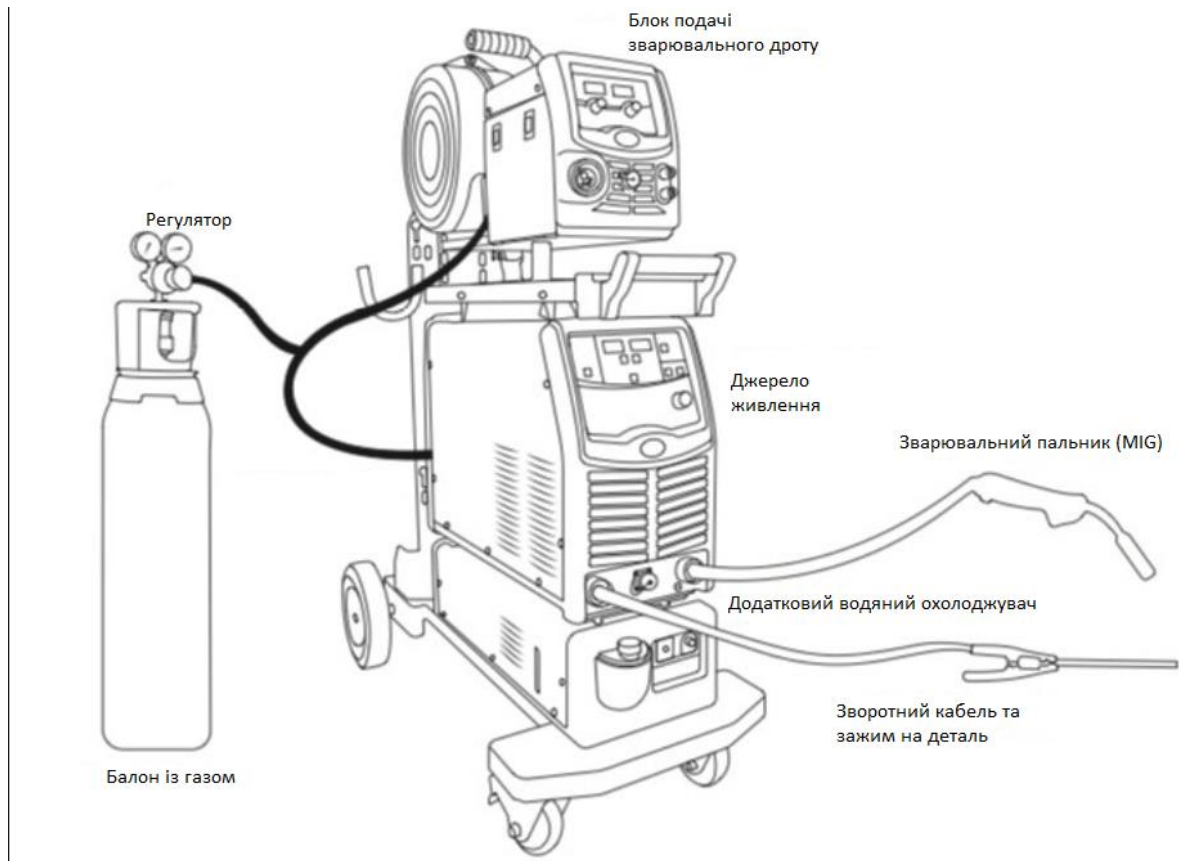


Рисунок 2.2 - Зварювальний апарат

До складу зварювального апарату входять наступні компоненти.

1. Точка під'єднання до мережі.

Точка під'єднання до мережі - це точка, де зварювальний апарат під'єднується до електричної мережі. Вона забезпечує стабільне та достатнє живлення, необхідне для процесу зварювання, що критично важливо для отримання правильної напруги та струму. Надійне підключення до мережі запобігає коливанням напруги, які можуть негативно вплинути на якість зварного шва.

2. Джерело живлення.

Джерело живлення перетворює електроенергію з мережі у форму, необхідну для зварювання: змінний (AC) або постійний (DC) струм.

Забезпечує енергію для створення електричної дуги, яка плавить метал. Сучасні джерела живлення дозволяють регулювати напругу й струм, що важливо для різних типів зварювання та отримання якісного результату.

3. Пакет шлангів.

Зварювальний апарат містить шланги, які транспортують захисний газ із балона до пальника. Вони витримують високий тиск і захищають від витоків, що забезпечує постійну подачу газу. Це критично для захисту зварювальної ванни від атмосферного впливу та збереження якості шва.

4. Заземлювальний кабель.

Заземлювальний кабель відомий як зворотний провід. З'єднує зварювальний апарат із заготовкою, завершуючи електричне коло. Надійне заземлення є важливим для безпеки оператора й стабільної дуги, запобігає утворенню слабких або нестабільних швів.

5. Зварювальний пальник.

Зварювальний пальник - це інструмент, яким керує зварювальник для подачі дуги та захисного газу до місця зварювання. Має кнопку запуску/зупинки процесу. Важлива ергономічність та точність керування, яка впливає на якість і чистоту зварного шва. Деякі моделі мають систему охолодження для тривалої роботи.

6. Заземлювальний затискач.

Фіксує зворотний кабель до деталі. Часто має пружинні губки для надійного зчеплення з металом. Забезпечує стабільний контакт, що важливо для стійкої електричної дуги та запобігання дефектам.

7. Заготовка (деталь).

Це металевий елемент або елементи, які зварюються. Виготовлені з різних матеріалів (сталь, алюміній, нержавіюча сталь) і форм (листи, труби тощо). Якість зварювання залежить від підготовки поверхні - чистота та відсутність оксидів є ключовими факторами.

8. Додатковий метал (присадка).

Додається у зону зварювання у вигляді дроту чи стрижнів для формування шва. Важливо обрати сумісний матеріал для забезпечення міцності з'єднання, корозійної стійкості та довговічності шва.

9. Захисний газ.

Захисний газ подається з балона для захисту зварної ванни від атмосферного повітря. Використовують аргон, гелій, вуглекислий газ або їхні суміші. Газ запобігає окисненню, пористості та іншим дефектам, що забезпечує якість, зовнішній вигляд і механічну міцність шва.

Розробимо автоматизований пристрій керування зварювальною коміркою для зварювання рами, яка зображена на рисунку 2.3.

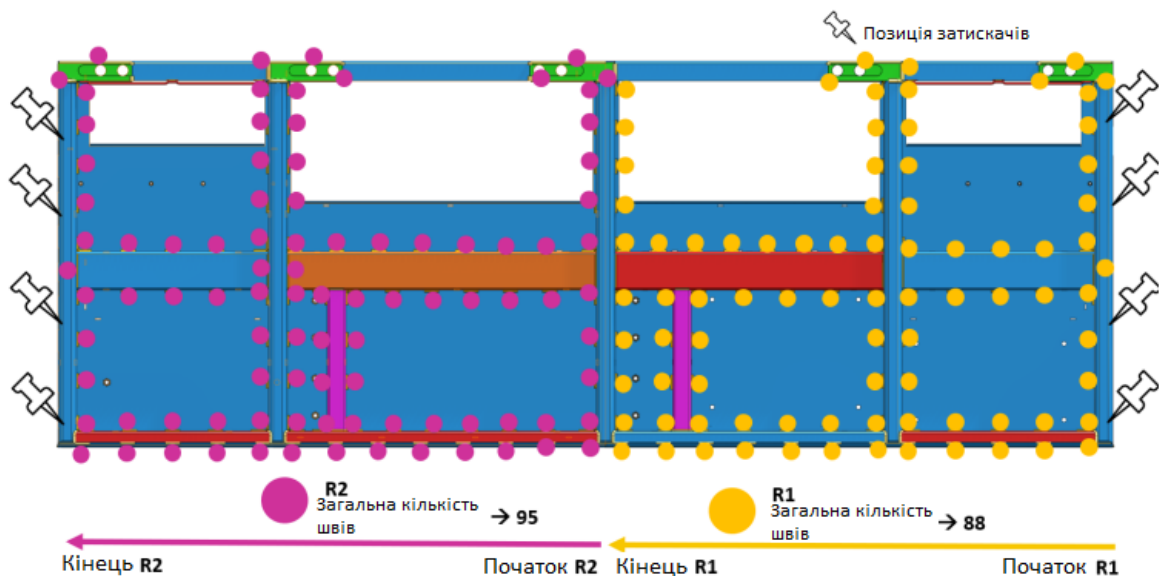


Рисунок 2.3 - Зварювальною коміркою для зварювання рами

Робот 1 (R1) робить 161 зварний шов на базовій рамі та даху: 88 швів на базовій рамі й 73 шви на рамі даху. Робот 2 (R2) робить 147 зварних швів: 95 швів на базовій рамі та 52 шви на рамі даху. Злагоджена робота обох роботів забезпечує повний і ефективний процес зварювання всього вузла.

На рисунку також зображено всі позиції кріпильних елементів вздовж верхніх країв базової рами, які вказують на місця встановлення

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

КРБАКІТ. 2022127.01.12.ПЗ

Арк.
21

затискачів, що утримують деталі під час зварювання. Ці елементи в діаграмі позначені значком кнопки (pushpin), які є типовими позначеннями та використовуються інженерами.

В таблиці 2.2 наведені значення зварювальних змінних для всіх зварних швів.

Таблиця 2.2 - Значення зварювальних змінних для всіх зварних швів

Змінна	Значення	Одиниця	Опис
Напруга зварювання	17	Вольт	Напруга, яка подається під час зварювального процесу
Струм зварювання	1500	Ампер	Струм, який використовується під час зварювальної операції
Швидкість зварювання	3,4	м/хв	Швидкість переміщення зварювального пальника
Швидкість подачі газу	15	л/хв	Швидкість подачі захисного газу
Теплова енергія	1,2	кДж/см	Кількість теплоти, що подається на одиницю довжини зварного шва

Світлова завіса встановлюється на вході в зварювальну камеру, щоб гарантувати, що ніхто не може потрапити в камеру під час зварювальних робіт. Світлова завіса створює невидимий бар'єр з інфрачервоних світлових променів; якщо будь-який промінь переривається, система негайно зупиняє процес зварювання. Це запобігає випадковому потраплянню в небезпечну зону.

2.2 Вибір обладнання для роботизованої зварювальної комірки

Для забезпечення високої продуктивності, якості та надійності процесу зварювання в автоматизованій зварювальній комірці було обрано сучасне промислове обладнання, яке відповідає вимогам до точності, повторюваності та безпеки виконання операцій.

В якості зварювального робота виберемо промислового робота FANUC ARC Mate 120iD, який зображено на рисунку 2.4.



Рисунок 2.4 - Промисловий робот FANUC ARC Mate 120iD

Ця модель вибрана з огляду на такі ключові технічні характеристики.

1. Вантажопідйомність 25 кг, чого достатньо для маніпулювання зварювальним пальником та кабель-трековими системами.
2. Максимальна досяжність 2009 мм, що дозволяє обслуговувати великогабаритні конструкції (зварювання базової рами).
3. Кількість ступенів свободи 6, що забезпечує високу гнучкість при позиціонуванні.
4. Повторюваність $\pm 0,02$ мм, що є критичним для високоточного

зварювання;

5. Контролер R-30iB Plus із підтримкою симуляційного середовища RoboGuide;

6. Захист корпусу IP67, що дозволяє працювати в умовах підвищеної запиленості або вологості.

Порівняльний аналіз з іншими моделями FANUC (ARC Mate 100iC, 120iC, 0iB тощо) показав, що саме модель 120iD має найкраще співвідношення вантажопідйомність – досяжність – точність, що робить робота оптимальним для зварювання великогабаритних конструкцій.

Для підвищення гнучкості комірки зварювальний робот встановлюється на лінійний привід Rollon TH Linear Unit, який зображено на рисунку 2.5.

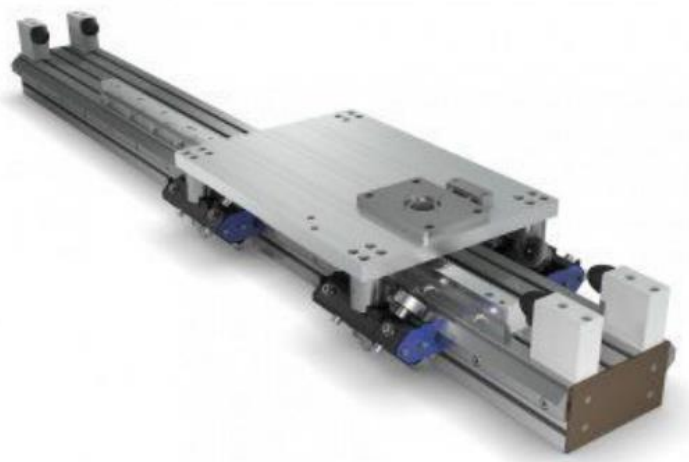


Рисунок 2.5 - Лінійний привід Rollon TH Linear Unit

Лінійний привід Rollon TH Linear Unit виконує роль осьової платформи переміщення. Переваги лінійного приводу Rollon TH Linear Unit наступні.

1. Висока вантажопідйомність і стабільність при переміщенні робота вздовж зварювального столу.

2. Висока точність і повторюваність позиціонування.

3. Можливість налаштування довжини переміщення відповідно до конфігурації робочої зони.

4. Підтримка плавного та безперервного руху, що важливо для автоматичного переходу між зонами зварювання.

У якості головного елемента системи автоматизації обрано програмований логічний контролер Siemens SIMATIC S7-1500, який зображено на рисунку 2.6.



Рисунок 2.6 - Програмований логічний контролер Siemens SIMATIC S7-1500

Переваги програмованого логічного контролера Siemens SIMATIC S7-1500 наступні.

1. Високу швидкодія та продуктивність, яка необхідна для координації роботи зварювальних роботів, НМІ, сенсорів і безпекових пристроїв.

2. Модульна структуру, яка дозволяє гнучко адаптувати систему під задачі.

3. Підтримка стандартів PROFINET, Ethernet/IP, OPC UA.

4. Інтегровані функції безпеки (Fail-safe).

5. Підтримка TIA Portal як універсального середовища для програмування та візуалізації.

Для системи керування виберемо два НМІ-пристрої.

1. Siemens KTP 1000 - це 10-дюймовий сенсорний панельний дисплей для локального контролю, моніторингу стану комірки та введення команд оператором, який зображено на рисунку 2.7.

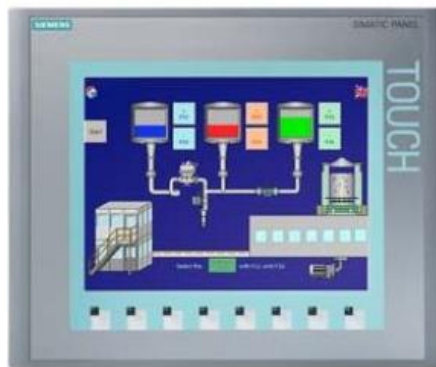


Рисунок 2.7 - Siemens KTP 1000

2. Siemens SIMATIC HMI MTP2200 Unified Comfort Panel, який зображений на рисунку 2.7.



Рисунок 2.7 - Siemens SIMATIC HMI MTP2200 Unified Comfort Panel

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

КРБАКІТ. 2022127.01.12.ПЗ

Арк.
26

Siemens SIMATIC HMI MTP2200 Unified Comfort Panel - це 22-дюймовий сенсорний дисплей з високою роздільною здатністю для підключення до MES-системи, керування виробничими завданнями, виводу статистики та забезпечення простежуваності зварювання.

Для інтеграції роботизованої комірки у цифрову екосистему використовується пристрій Siemens MindConnect Nano, який забезпечує безпечне з'єднання з хмарною платформою Siemens MindSphere і зображений на рисунку 2.8.



Рисунок 2.8 - Siemens MindConnect Nano

Переваги Siemens MindConnect Nano наступні.

1. Можливість здійснювати віддалений моніторинг та діагностику.
2. Можливість аналізувати зібрані дані про продуктивність, споживання ресурсів та технічний стан обладнання.
3. Можливість створювати цифрових двійників, які дозволяють моделювати процес зварювання в реальному часі.

Система безпеки містить світлову завісу на вході до камери зварювання, кнопки аварійної зупинки (E-Stop) на кожному робочому місці, зональні датчики присутності, які блокують запуск процесу при

виявленні персоналу у небезпечній зоні.

Обране обладнання для роботизованої зварювальної комірки забезпечує високий рівень автоматизації, безпеки, точності та інтеграції у цифрову інфраструктуру. Поєднання FANUC ARC Mate 120iD з контролером Siemens S7-1500, системою НМІ та хмарною платформою MindSphere створює гнучку, адаптивну та масштабовану зварювальну систему, що відповідає сучасним вимогам індустрії 4.0.

Компонування роботизованої комірки розроблено з метою оптимізації як ефективності, так і безпеки виробничого процесу та зображено на рисунку 2.9.

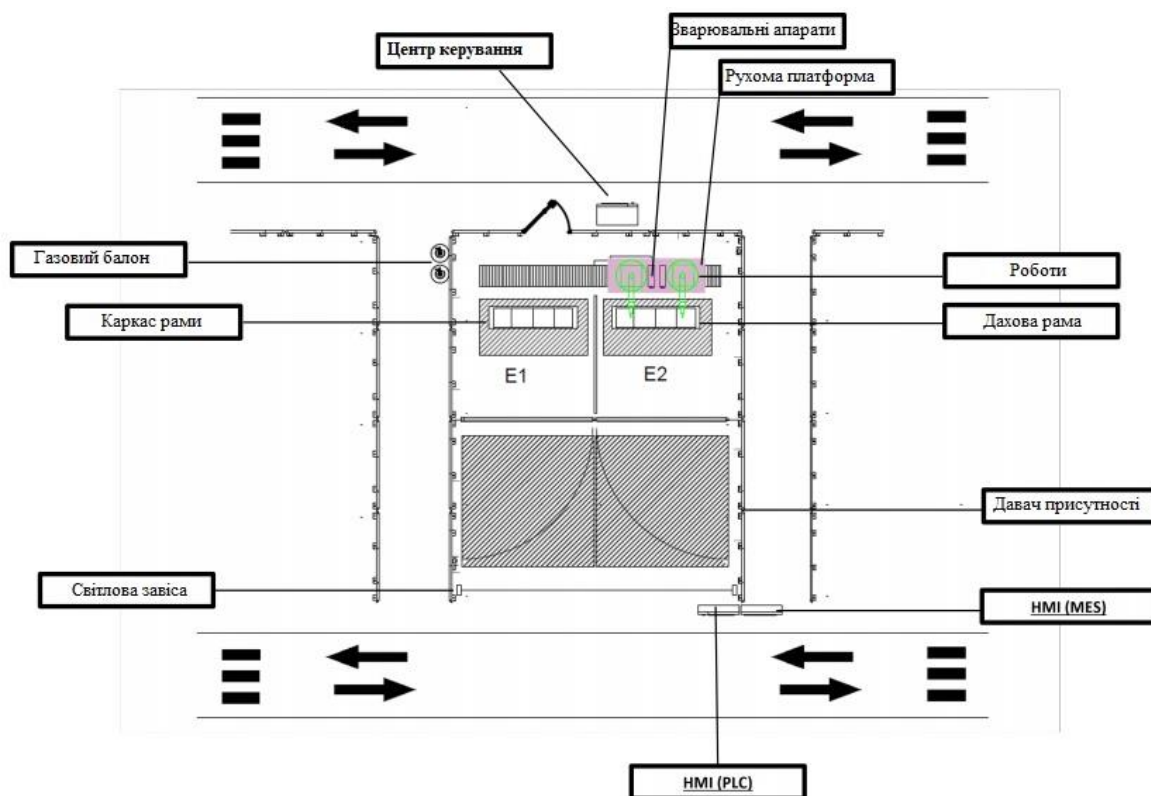


Рисунок 2.9 - Компонування роботизованої комірки

До складу комірки входить два роботи FANUC 120iD, які розміщені для виконання зварювальних операцій на дахових і базових рамах. Кожен робот оснащений зварювальним апаратом для ЗІГ-зварювання та

підключений до балона з аргоном, який використовується як захисний газ.

Комірка поділена на дві окремі робочі станції, кожна з яких адаптована до виконання конкретних завдань. Ці станції з'єднані поперечною лінійною віссю, що дозволяє роботам вільно переміщатися між робочими зонами без зупинки процесу.

Крім того, компоновка комірки передбачає елементи системи безпеки, зокрема світлові завіси, кнопки аварійної зупинки та захисне огороження, що гарантує безпеку операторів під час роботи.

Таке продумане розташування не лише максимізує продуктивність, але й сприяє проведенню профілактичного та прогнозованого технічного обслуговування, підвищуючи загальну ефективність функціонування роботизованої комірки.

У середовищі Blender створено реалістичну візуалізацію, шляхом текстуровання моделей та застосування реального освітлення в макеті, який зображено на рисунку 2.10.

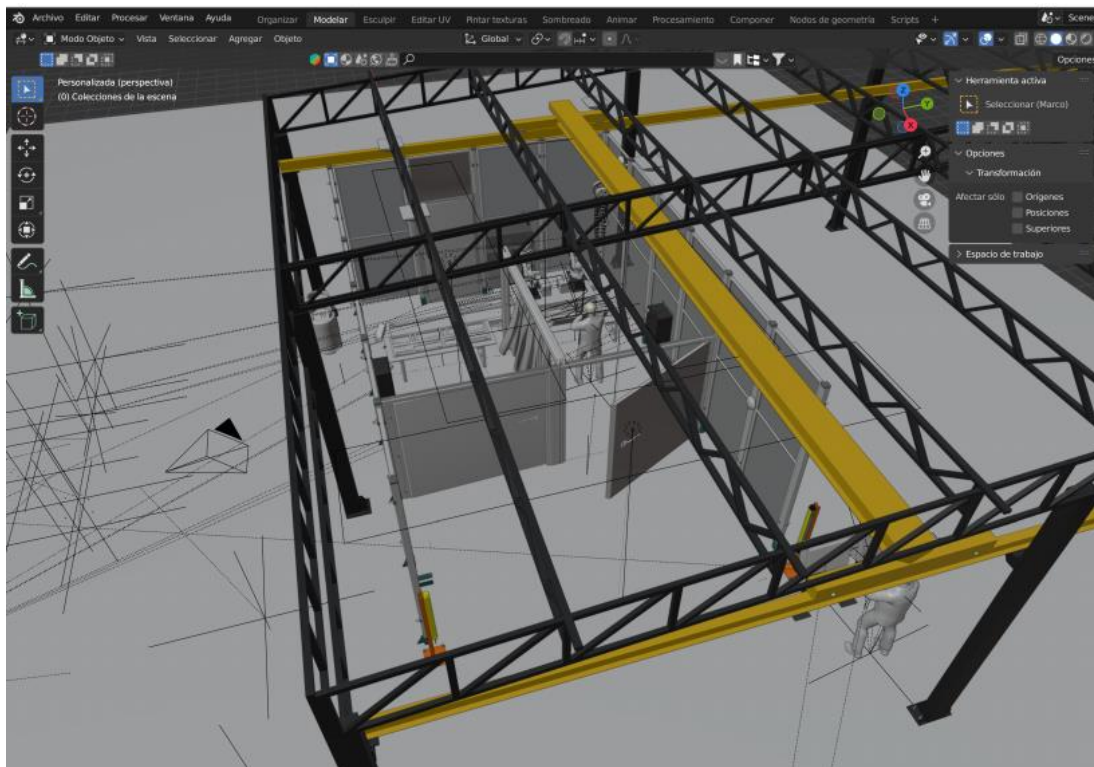


Рисунок 2.10 – 3D модель роботизованої комірки

В таблиці 2.4 наведено основні типи промислових з'єднань.

Таблиця 2.4 - Основні типи промислових з'єднань

Компонент	Тип з'єднання
Панель HMI Siemens KTP 1000	Ethernet (Profinet)
Сенсорна панель Siemens SIMATIC HMI MTP2200 Unified	Ethernet (Profinet)
Роботи Fanuc 120iD	Ethernet/IP
Кнопки аварійної зупинки (E-Stop)	Цифрові входи
Зональний датчик присутності	Цифрові або аналогові входи
Світлова завіса	Цифрові входи
MindConnect Nano	Ethernet (Profinet або OPC UA)
Лінійна вісь Rollon TH	Цифрові входи

На рисунку 2.12 зображено розташування роботів в зварювальній комірці.



Рисунок 2.12 – Розташування роботів в роботизованій зварювальній комірці

сучасних промислових протоколів (PROFINET, OPC UA, Ethernet/IP) та інтеграцію з панелями НМІ і хмарною платформою.

7. Для зручності візуалізації, моніторингу та керування процесами впроваджено два НМІ-пристрої, а саме Siemens KTP 1000 для локального контролю і взаємодії з оператором та Siemens MTP2200 Unified Comfort Panel для зв'язку з MES-системою та забезпечення простежуваності зварювальних операцій.

8. Платформа Siemens MindConnect Nano дозволяє з'єднати обладнання з хмарною екосистемою MindSphere, що надає широкі можливості для віддаленого моніторингу, збору даних, аналізу та побудови цифрових двійників технологічного процесу.

9. Система безпеки комірки містить світлову завісу на вході до зони зварювання, зональні сенсори присутності, кнопки аварійної зупинки на всіх робочих місцях та захисне огороження відповідно до промислових стандартів.

10. Представлено компонування комірки, розроблене спочатку в AutoCAD, а згодом візуалізоване у Blender з використанням реалістичних текстур і освітлення. Це дозволило створити зрозумілу 3D-модель для візуального аналізу та командної комунікації.

Датчик кінця дроту апарату 2.

Bool → %I0.1.

Система безпеки (Security System).

13. 12_EmergencyStop_Machine1.

Аварійне відключення машини 1.

Bool → %M24.1.

14. 13_EmergencyLeak_Machine2.

Датчик витoku газу/рідини в машині 2.

Bool → %M24.3

15. 14_EmergencyStop_Machine2.

Аварійне відключення машини 2.

Bool → %M24.5.

16. 15_DoorSwitch_E1.

Контроль відкриття дверей (рамка E1).

Bool → %I0.2.

17. 16_DoorSwitch_E2.

Контроль відкриття дверей (рамка E2).

Bool → %I0.3.

18. 17_DoorSwitch_Maintenance.

Перемикач доступу для обслуговування.

Bool → %I0.4.

19. 18_SensorLight.

Датчик світлової завіси (система безпеки).

Bool → %I0.5.

20. 19_PresenceSensor.

Датчик присутності оператора чи об'єкта.

Bool → %I0.6

21. 20_MaintenanceMode.

Режим обслуговування активовано.

Bool → %I0.7.

22. 21_Ready2Execute.

Стан системи готовності до виконання циклу.

Bool → %M0.0.

Логіка запуску зварювання.

23. 22_Start_WeldingProcess_R1.

Команда запуску процесу зварювання для робота 1.

Bool → %Q0.0.

24. 23_Start_WeldingProcess_R2.

Команда запуску для робота 2.

Bool → %Q0.1.

Робот 1 - сенсори вібрації та швидкості по осях (Robot 1).

25. _Robot1_Vibration_Sensor_Joint1 → Joint6.

Вібраційні сенсори для кожного з шести суглобів робота 1.

Int → %IW20 ... %IW30.

26. _Robot1_Speed_Sensor_Joint2, Joint5, Joint6.

Швидкість обертання суглобів робота 1.

Int → %IW32, %IW34, %IW36.

Робот 2 - вібраційні сенсори (Robot 2).

27. _Robot2_Vibration_Sensor_Joint1 → Joint6.

Вібраційні сенсори на кожному з шести суглобів робота 2.

Int → %IW38 ... %IW48

3.2 Розробка програми роботи автоматизованого пристрою керування зварювальною коміркою

Програмування у вигляді сходиноквої діаграми (Ladder Logic), також відоме як Ladder Diagram (LD) - це графічна мова програмування, яка широко використовується в промисловій автоматизації та для

програмованих логічних контролерів (ПЛК).

Програмування у вигляді сходиноквої діаграми базується на графічному представленні, яке імітує електричні схеми керування, використовуючи умовні позначення, що відображають контакти і котушки (реле).

До основних елементів відноситься наступні елементи.

1. Контакти (Contacts).

Представляють умови (входи), які контролюють логіку виконання.

Існують нормально розімкнуті (NO - Normally Open), для яких логіка активується, коли вхід активний.

Також контакти бувають нормально замкнуті (NC - Normally Closed), для яких логіка активується, коли вхід неактивний.

2. Котушки (Coils).

Представляють виходи, які активуються при виконанні певних умов.

3. Сходинокки (Rungs).

Горизонтальні лінії, які формують логіку програми. Кожна сходинокка представляє окрему логічну операцію.

Створення програми в середовищі ПІА Portal у вигляді сходиноквої діаграми (LAD) виконувалося в наступному порядку.

1. Створення нового проекту.

Відкрити ПІА Portal і створити новий проєкт.

2. Сконфігурування обладнання.

Додати і налаштувати апаратну конфігурацію ПЛК.

3. Створення програмних блоків.

Створити організаційні блоки (OB), функціональні блоки (FB), функції (FC) та блоки даних (DB) за необхідності.

4. Розробка логіку у вигляді сходиноквої діаграми:

За допомогою графічного редактора розмістити контакти, котушки та інші елементи, щоб побудувати логічну схему.

5. Призначення тегів (імена змінних).

Призначити теги для входів, виходів та внутрішніх змінних.

6. Компіляція і завантаження програми.

Скомпілювати програму та завантажити її в контролер.

7. Тестування та налагодження.

Використати інструменти онлайн-моніторингу та діагностики для перевірки та налагодження програми. У нашій роботизованій комірці ми розробили ці мережі відповідно до стану комірці, які зображені на рисунку 3.2.

Block title: "Main Program of our Robotic Cell"
Network 1: First General Checked to Begin an execution
Network 2: Warm-Up Station 1&2
Network 3: Start Welding Process
Network 4: Security Execution System E1
Network 5: Security Execution System E2

Рисунок 3.2 - Мережі, визначені в проєкті Tia Portal

Мережа 1: Перевірка загальних умов перед початком виконання, зображена на рисунку 3.3.

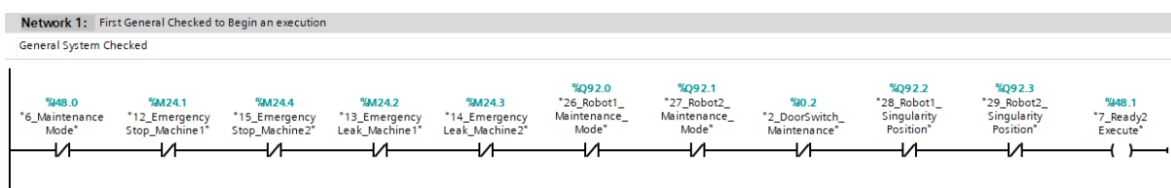


Рисунок 3.3 - Мережа 1: Перевірка загальних умов перед початком виконання

Ця мережа, містить логіку для початкових перевірок або умов, які мають бути виконані перед запуском основної програми. Вона забезпечує дотримання всіх попередніх умов перед переходом до виконання.

обмеження).

11. %Q92.3 – «29_Robot2_Singularity Position».

Вихідна змінна. Визначає, чи перебуває Робот 2 у сингулярній позиції.

12. %I48.1 – «7_Ready2 Execute».

Вхідна змінна. Визначає, чи готова система до виконання основної програми.

Мережа 2: Прогрів станцій 1 і 2, зображена на рисунку 3.4.

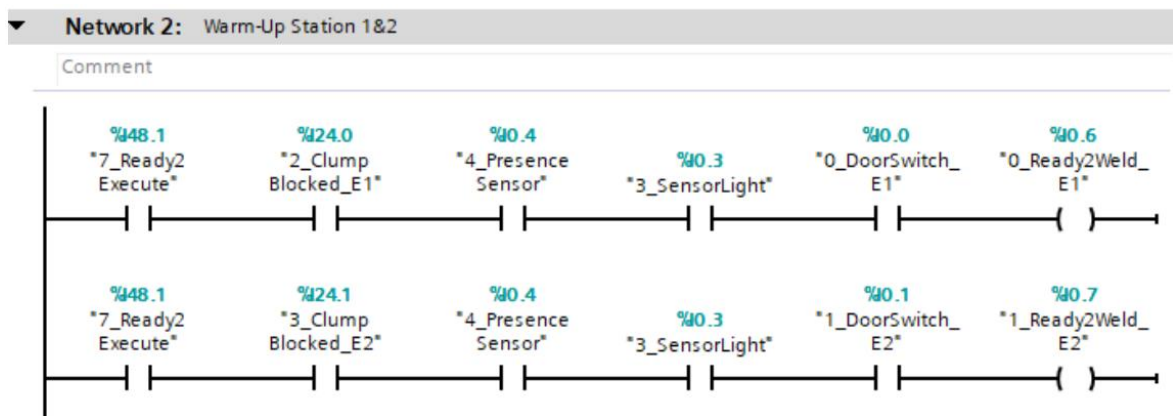


Рисунок 3.4 - Мережа 2: Прогрів станцій 1 і 2

Вхідні сигнали (Inputs).

1. %I48.1 – "7_Ready2 Execute".

Цей вхідний сигнал перевіряє, чи система готова до виконання основної програми.

2. %I24.0 – "2_Clump Blocked_E1".

Вхідний сигнал, який перевіряє, чи заблокований механізм затиску (Clump) у зоні E1.

3. %I0.4 – "4_Presence Sensor".

Вхід, що контролює, чи спрацював датчик присутності. Це дозволяє виявити, чи знаходиться оператор або об'єкт у зоні.

4. %I0.0 – "0_DoorSwitch_E1".

Вхідний сигнал для перевірки, чи активовано кінцевий вимикач

дверей E1 (тобто чи двері зачинено/відкрито).

5. %I24.1 – "3_Clump Blocked_E2".

Аналогічно до E1, перевіряє, чи заблокований затискач у зоні E2.

6. %I0.1 – "1_DoorSwitch_E2".

Перевіряє стан вимикача дверей E2 - активується, якщо двері E2 відкриті чи зачинені.

Вихідні сигнали (Outputs).

1. %Q0.3 – "3_SensorLight".

Вихід, який вмикає сигнальне світло сенсора. Дає візуальний сигнал про активність або стан системи.

2. %Q0.6 – "0_Ready2Weld_E1".

Цей вихід сигналізує, що система готова до зварювання в зоні E1.

3. %Q0.7 – "1_Ready2Weld_E2".

Аналогічний вихід для зони E2 - вказує, що зварювальний процес може бути розпочато.

Мережа 3: Запуск процесу зварювання, зображена на рисунку 3.5.

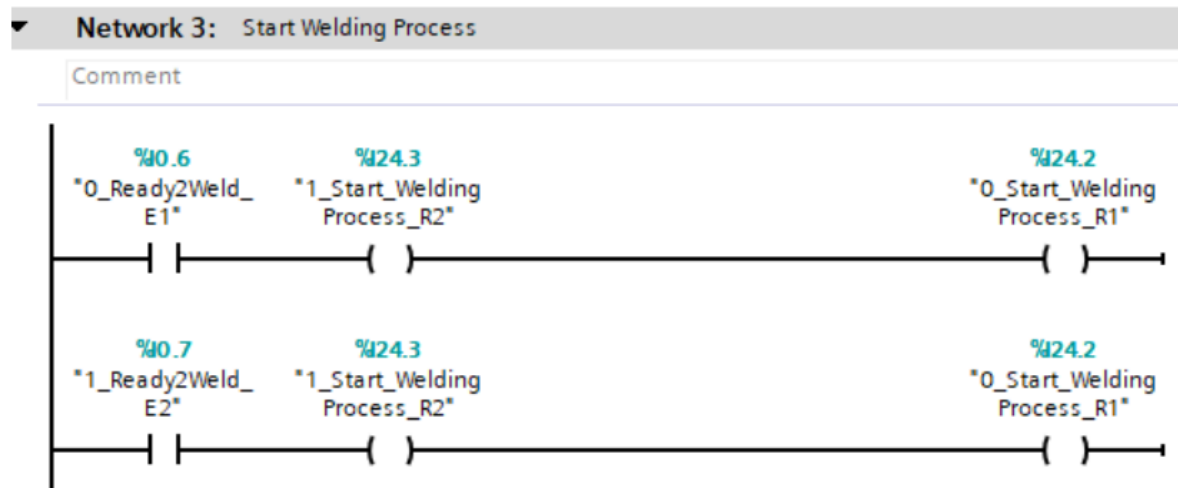


Рисунок 3.5 - Мережа 3: Запуск процесу зварювання

Контакти та їхнє призначення.

1. %Q0.6 – "0_Ready2Weld_E1".

Тип - вихідний сигнал (Output).

Цей вихідний контакт сигналізує, що система готова до виконання зварювального процесу в зоні E1. Відповідне світлове або інтерфейсне повідомлення може сповіщати оператора.

2. %I24.3 – "1_Start_Welding_Process_R2".

Тип - вхідний сигнал (Input).

Перевіряє, чи активовано сигнал запуску зварювального процесу для Робота 2 (R2). Це може бути кнопка чи команда з HMI.

3. %Q24.2 – "0_Start_Welding_Process_R1".

Тип - вихідний сигнал (Output).

Ініціює зварювальний процес для Робота 1 (R1). Це команда, яка передається на робот для початку зварювання після виконання всіх умов безпеки.

4. %Q0.7 – "1_Ready2Weld_E2".

Тип - вихідний сигнал (Output).

Аналогічно до E1, цей вихідний сигнал вказує, що система готова до зварювання в зоні E2.

5. %I24.3 – "1_Start_Welding_Process_R2".

Тип - вхідний сигнал (Input).

Повторюється запис.

6. %Q24.2 – "0_Start_Welding_Process_R1".

Тип - вихідний сигнал (Output).

Повтор запису про ініціацію зварювання для Робота 1. Повторення може бути викликане поділом сигналу на кілька гілок у програмі LAD.

Мережа 4: Система виконання безпеки E1, зображена на рисунку 3.6.

1. %Q0.6 – 0_Ready2Weld_E1.

Вихідний сигнал - вказує, що система готова до зварювання в зоні E1.

2. %Q24.2 – 1_Start_Welding_Process_R1.

Вихідний сигнал - ініціює початок зварювального процесу робота 1.

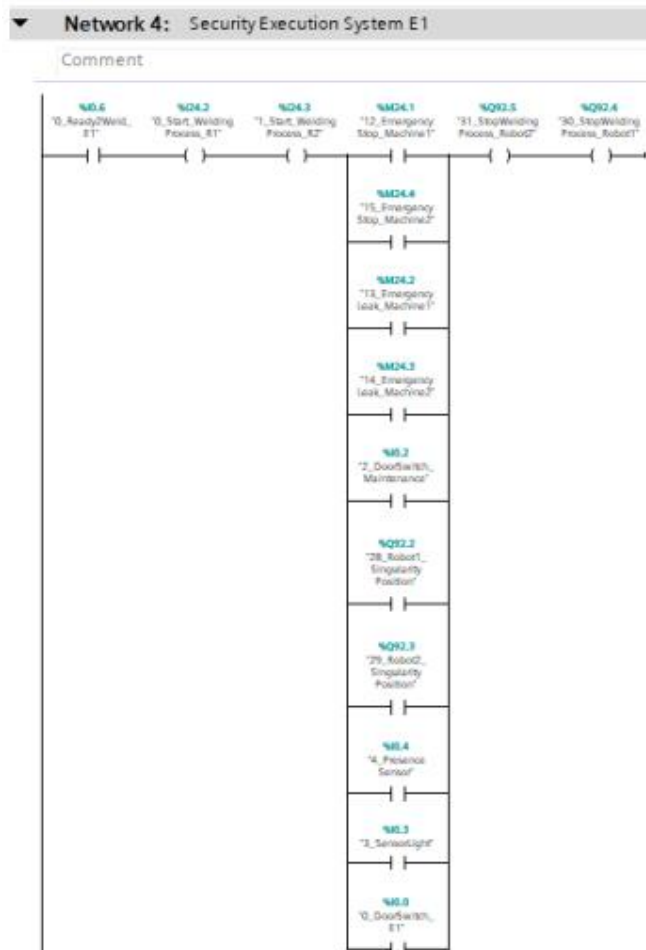


Рисунок 3.6 - Мережа 4: Система виконання безпеки E1

3. %Q24.3 – 1_Start_Welding_Process_R2.

Вихідний сигнал - ініціює початок зварювального процесу для робота 2 (R2).

4. %M241.1 – 12_Emergency_Stop_Machine1.

Біт пам'яті - перевіряє, чи аварійна зупинка Машини 1 не активована.

5. %M241.4 – 15_Emergency_Stop_Machine2.

Біт пам'яті - перевіряє, чи аварійна зупинка Машини 2 не активована.

6. %M242.1 – 13_Emergency_Leak_Machine1.

Біт пам'яті - перевіряє наявність витoku в Машині 1.

7. %M242.3 – 14_Emergency_Leak_Machine2.

Біт пам'яті - перевіряє наявність витoku в Машині 2.

8. %I0.2 – 2_DoorSwitch_Maintenance.

Вхідний сигнал - перевіряє, чи дверцята в зоні обслуговування відкриті (наприклад, активований перемикач у режимі обслуговування).

9. %Q92.2 – 28_Robot1_Singularity_Position.

Вихідний сигнал - визначає, чи Робот 1 перебуває в сингулярній (граничній) позиції, яка може бути ризикованою.

10. %Q92.3 – 29_Robot2_Singularity_Position.

Вихідний сигнал — визначає, чи Робот 2 перебуває в сингулярній позиції.

11. %I0.4 – 4_Presence_Sensor.

Вхідний сигнал - перевіряє активацію сенсора присутності (виявлення людини або об'єкта в зоні безпеки).

12. %Q0.3 – 3_SensorLight.

Вихідний сигнал — сигналізує, що сигнальна лампа ввімкнена.

13. %I0.0 – 0_DoorSwitch_E1.

Вхідний сигнал - перевіряє стан перемикача дверей зони E1 (наприклад, чи відкрита/закрита технологічна зона).

Мережа 5: Система виконання безпеки E2, зображена на рисунку 3.7.

1. %Q0.7 — 1_Ready2Weld_E2.

Вихідний сигнал. Визначає, чи готова система до зварювання на станції E2.

2. %Q24.2 — 0_Start_Welding_Process_R1.

Вихідний сигнал. Ініціює початок зварювального процесу для Робота 1 (R1).

3. %Q24.3 — 1_Start_Welding_Process_R2.

Вихідний сигнал. Ініціює початок зварювального процесу для Робота 2 (R2).

4. %M241.1 — 12_Emergency_Stop_Machine1.

Біт пам'яті. Перевіряє, чи аварійна зупинка Машини 1 не активна.

5. %M241.4 — 15_Emergency_Stop_Machine2.

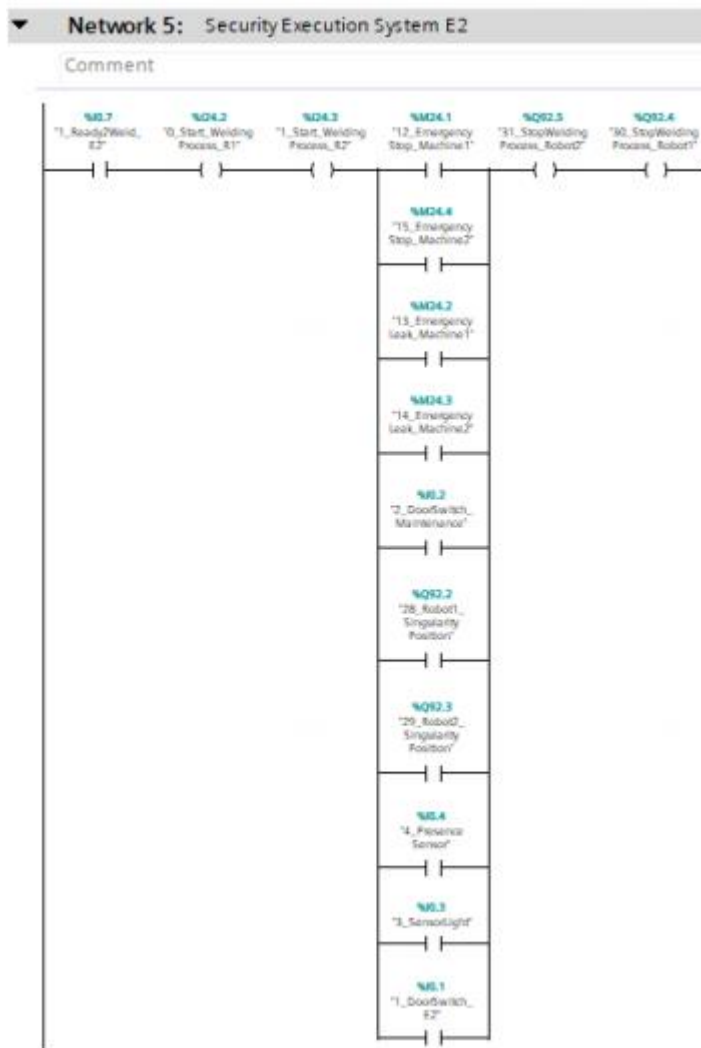


Рисунок 3.7 - Мережа 5: Система виконання безпеки E2

Біт пам'яті. Перевіряє, чи аварійна зупинка Машини 2 не активна.

6. %M242.1 — 13_Emergency_Leak_Machine1.

Біт пам'яті. Слідкує за витокami в Машині 1.

7. %M242.3 — 14_Emergency_Leak_Machine2.

Біт пам'яті. Слідкує за витокami в Машині 2.

8. %I0.2 — 2_DoorSwitch_Maintenance.

Вхідний сигнал. Визначає, чи перемикач дверцят у режимі технічного обслуговування активований.

9. %Q92.2 — 28_Robot1_Singularity_Position.

Вихідний сигнал. Вказує, чи Робот 1 перебуває у сингулярній

захищає працівників від потенційних небезпек та забезпечує відповідність стандартам безпеки.

6. Оновлення програмного забезпечення та прошивки.

Підтримує НМІ та ПЛК в актуальному стані шляхом встановлення останніх версій, що додає нові функції, підвищує безпеку та усуває помилки.

7. Збереження точності даних.

Гарантує правильну роботу датчиків і каналів обміну даними, забезпечуючи точну та достовірну інформацію для прийняття рішень і проведення аналізу.

8. Відповідність нормативним вимогам.

Забезпечує відповідність системи всім чинним нормам і стандартам, що дозволяє уникнути юридичних санкцій та гарантує відповідність галузевим вимогам.

9. Зменшення експлуатаційних витрат.

Мінімізує витрати, пов'язані з аварійними ремонтами та незапланованими простоями, оптимізуючи бюджет на технічне обслуговування та зменшуючи непередбачувані витрати.

10. Планування та ведення обліку технічного обслуговування.

Веде детальний облік усіх технічних втручань, що полегшує планування майбутнього обслуговування та надає історичні дані для аналізу й аудитів.

Створюємо відповідні сторінки, щоб мати змогу контролювати всі стани роботизованої комірки. На рисунку 3.8 наведено всю логіку екранів.

Спершу маємо головний екран, з якого починається весь процес. Цей екран НМІ розроблений для інтуїтивного керування та моніторингу, забезпечує огляд стану роботизованої комірки в реальному часі, полегшує навігацію між різними станціями та функціями технічного обслуговування, а також гарантує безпеку й ефективність операцій завдяки чітким

індикаторам та елементам керування.

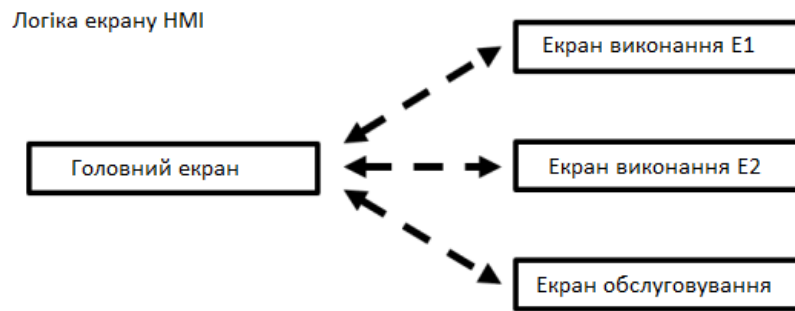


Рисунок 3.9 - Логіку екранів

На рисунку 3.10 показано інтерфейс, який використовується для моніторингу та керування операціями в межах роботизованої комірки.

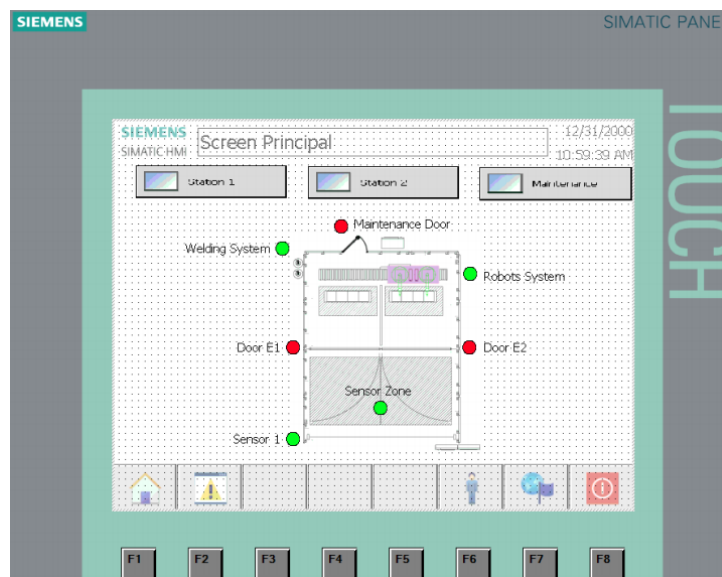


Рисунок 3.10 - Головний екран

Інтерфейс надає операторам зручне уявлення про стан системи та її функціональні можливості.

У верхній частині екрана позначено "Головний екран" (Screen Principal) - це основний дисплей, поділений на секції, що відповідають різним компонентам та зонам роботизованої комірки. Є кнопки "Станція 1"

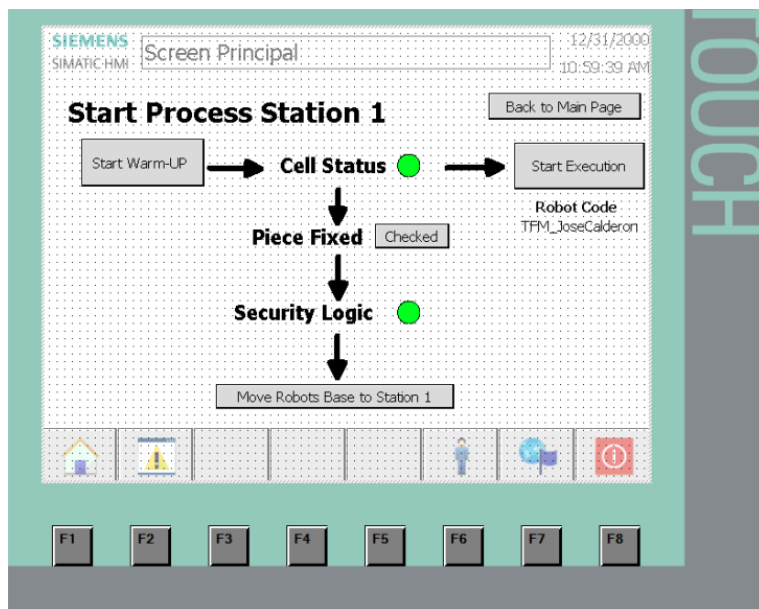


Рисунок 3.11 - Екран станції 1

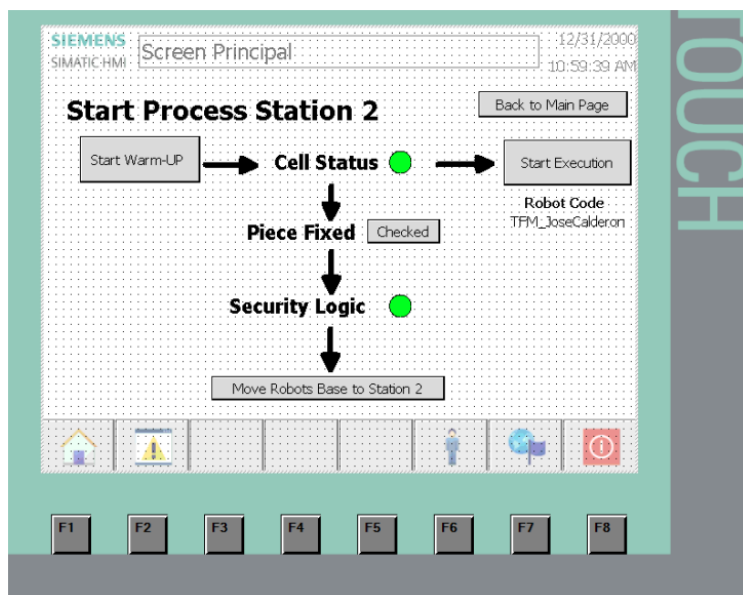


Рисунок 3.12 - Екран станції 2

У верхній частині екрана розміщено напис "Screen Principal", що вказує на головний екран. Центральна частина має заголовок "Start Process Station 1 or 2" та містить основні елементи керування й індикатори. Ліворуч розташована кнопка "Start Warm-UP", яка запускає процес прогріву для відповідної станції.

У центрі відображаються індикатори стану комурки: "Cell Status" і

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

"Security Logic", обидва з зеленими індикаторами, що означає справну роботу комірки та системи безпеки. Індикатор "Piece Fixed" показує, що деталь надійно зафіксована.

Нижче розміщена кнопка "Move Robots Base to Station 1 or 2", яка дозволяє оператору перемістити базу роботів до потрібної станції. Праворуч - кнопка "Start Execution", яка запускає виконання операцій на Станції 1, а також "Back to Main Page" - для повернення на головний екран. Внизу - поле "Robot Code", де відображається назва використовуваного програмного коду робота.

Третій екран - екран обслуговування (Maintenance Screen), який зображено на рисунку 3.13.

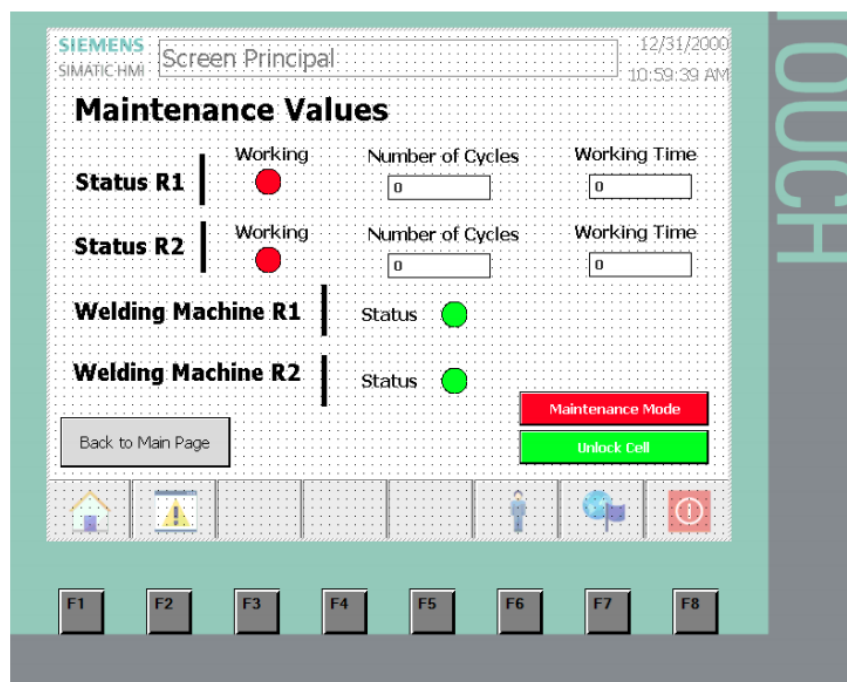


Рисунок 3.13 - Екран обслуговування

Вгорі також розміщено заголовок "Screen Principal", що вказує на головний дисплей. Центральна частина має назву "Maintenance Values" та містить ключові індикатори й елементи керування, пов'язані зі станом обслуговування роботів і зварювального обладнання.

Ліворуч відображається стан робота 1 (R1) та робота 2 (R2) із червоними індикаторами з написом "Working" - це означає, що обидва роботи наразі виконують роботу (перебувають в активному режимі).

Під кожним індикатором стану робота розташовані поля, що відображають "Кількість циклів" (Number of Cycles) та "Час роботи" (Working Time), які наразі показують нульові значення. Це, ймовірно, вказує на те, що жоден цикл ще не було завершено або зафіксовано.

Стан зварювального апарата 1 (R1) та зварювального апарата 2 (R2) позначений зеленими індикаторами з написом "Status", що свідчить про їхню працездатність та нормальне функціонування.

Праворуч на екрані розміщені кнопки для виконання дій з технічного обслуговування.

1. Червона кнопка "Maintenance Mode" - переводить систему в режим обслуговування.

2. Зелена кнопка "Unlock Cell" - розблоковує осередок (cell) для переведення його в режим виконання (execution mode).

На рисунку 3.14 показано встановлені ролі взаємодії з описом їхніх відповідальностей і рівнів доступу.

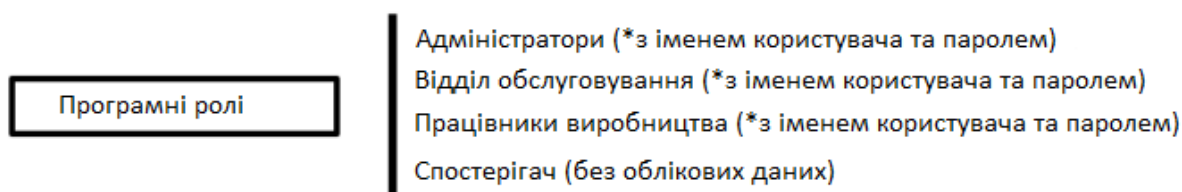


Рисунок 3.14 - Ролі взаємодії

1. Адміністратори.

Адміністратори мають найвищий рівень доступу та контролю в системі. Вони відповідають за налаштування та управління всією конфігурацією.

Можливості.

1. Доступ до всіх налаштувань і конфігурацій системи.
2. Можливість додавати, змінювати або видаляти облікові записи користувачів і ролі.
3. Повний контроль над усіма операційними й безпековими параметрами.
4. Моніторинг і управління продуктивністю системи.

Облікові дані.

Для доступу потрібні ім'я користувача та пароль.

2. Відділ технічного обслуговування.

Співробітники технічного обслуговування відповідають за підтримку та ремонт системи. Вони забезпечують справну та ефективну роботу всього обладнання.

Можливості.

1. Доступ до журналів і графіків технічного обслуговування.
2. Можливість проводити діагностику та усувати несправності.
3. Оновлення та підтримка системних компонентів.
4. Обмежений доступ до операційних налаштувань, необхідних для виконання обслуговування.

Облікові дані.

Потрібні ім'я користувача та пароль.

3. Заводські працівники.

Оператори взаємодіють із системою для виконання щоденних виробничих завдань. Вони керують машинами та забезпечують безперебійний виробничий процес.

Можливості.

1. Доступ до елементів керування, необхідних для виконання їхніх завдань.
2. Можливість запускати, зупиняти й контролювати виробничі

ВИСНОВКИ

1. В процесі виконання кваліфікаційної роботи було проведено повний цикл розробки автоматизованого пристрою керування зварювальною коміркою, який призначений для забезпечення високої якості, безпеки та ефективності зварювальних процесів у сучасному промисловому виробництві.

2. На етапі аналітичного огляду було досліджено сучасний стан автоматизації зварювання, розглянуто типові архітектури роботизованих комірок, а також виконано аналіз патентної бази. Це дозволило виявити основні тенденції розвитку галузі, зокрема - підвищення рівня інтеграції систем контролю, застосування промислових мереж зв'язку (Profinet, OPC UA), та впровадження енергоефективних рішень.

3. В другому розділі обґрунтовано вибір контролера Siemens SIMATIC S7-1500 та інших елементів - датчиків тиску, температури, струму, положення, а також виконавчих пристроїв (зварювальні апарати, світлові бар'єри, пневматичні механізми). Конструкція враховує модульність, зручність обслуговування і високий рівень безпеки експлуатації.

4. В програмному середовищі TIA Portal реалізовано логіку керування роботизованою коміркою у вигляді сходиноквої діаграми (LAD). Побудовано п'ять основних мереж, які охоплюють перевірку умов безпеки, підготовку до зварювання, ініціацію процесу, а також обробку аварійних ситуацій. Розроблено систему змінних, що забезпечує гнучке масштабування та простоту діагностики.

5. Створено повнофункціональний інтерфейс НМІ для моніторингу та керування. Розроблено головне меню, екрани для кожної станції, екран технічного обслуговування та реалізовано багаторівневий доступ користувачів (адміністратор, оператор, технічний персонал, спостерігач).

6. В результаті виконаної роботи розроблено інтегровану

автоматизовану систему зварювання з двома FANUC-роботами. Забезпечено надійний контроль технологічних параметрів: тиску, струму, температури та рівня газу. Реалізовано багаторівневу систему безпеки, зокрема за допомогою аварійних вимикачів, світлових бар'єрів і контролю доступу;

7. Забезпечено інтуїтивно зрозумілий інтерфейс оператора з можливістю моніторингу та обслуговування. Сформовано передумови для впровадження системи на виробництві з можливістю подальшої модернізації.

8. Розроблений пристрій повністю відповідає вимогам сучасної промислової автоматизації та може бути ефективно використаний у реальних виробничих умовах для підвищення якості зварювальних операцій, зниження витрат та забезпечення безпеки персоналу.

					КРБАКІТ. 2022127.01.12.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		60

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. ДСТУ 8302:2015. Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання.
2. Мартинюк В.Ф. Програмовані логічні контролери: навч. посіб. Львів. ЛНУ. 2020. 312 с.
3. Білик О.М. Системи автоматичного керування: підручник. Київ: Кондор. 2019. 456 с.
4. ISO 10218-1:2011. Robots and robotic devices. Safety requirements for industrial robots.
5. Попович В.С. Основи електропривода: навч. посіб. Харків. НТУ "ХПІ". 2020. 198 с.
6. Галушак В.Й. Основи промислової автоматизації: навч. посіб. Тернопіль. ТНТУ, 2021. 248 с.
7. Дьяків О.І. Промислові мережі та протоколи передачі даних. Львів. Вид-во Львівської політехніки. 2020. 216 с.
8. OPC Foundation. OPC Unified Architecture Specifications. URL: <https://opcfoundation.org> (дата звернення: 12.03.2020).
9. Мельник М.В. Автоматизація технологічних процесів: підручник. Вінниця. ВНТУ. 2019. 372 с.
10. Бевз Р.О. Людино-машинні інтерфейси в автоматизованих системах. Київ. НАУ. 2021. 144 с.
11. Beckhoff Automation GmbH. TwinCAT 3 Documentation. 2022. 86 р.
12. Борщ М.С. Робототехнічні комплекси: навч. посіб. Херсон. ХДАУ. 2020. 174 с.
13. Степаненко В.П. Інженерія керування: підручник. Суми. СумДУ. 2021. 388 с.
14. National Instruments. LabVIEW Robotics Module User Manual.

2021. 543 p.

15. Руденко С.В. Програмування ПЛК у середовищі TIA Portal. Полтава. ПНТУ. 2022. 129 с.

16. Галінський В.О. Контролери Siemens S7-1200. Практичний курс. Київ. ДІА. 2020. 152 с.

17. Міжнародна електротехнічна комісія. IEC 61131-3. Programming languages for PLCs.

18. Робототехніка та автоматизація виробництва: навч. посіб. Львів. ЛНАУ. 2021. 240 с.

19. IEC 60204-1:2016. Safety of machinery. Electrical equipment of machines.

20. Трофимчук О.М. Основи системного проектування: навч. посіб. Київ: КНУБА. 2020. 176 с.

21. Siemens Industry. SIMATIC HMI Comfort Panels Manual. 2021. 230 p.

22. Кулик І.І. Системи технічного обслуговування автоматизованих об'єктів. Рівне. НУВГП. 2021. 200 с.

23. Zhang W. Industrial Automation Handbook. Springer. 2020. 548 p.

24. Гурський, І.Б. Моделювання систем автоматичного керування. Львів. Львівська політехніка. 2018. 198 с.

25. ABB Group. ACS150 User's Manual. 2021. 467 p.

26. Василенко О.П. Технічна діагностика в автоматизованих системах. Запоріжжя. ЗНТУ. 2019. 204 с.

27. Control Engineering. Best Practices in Industrial PLC Design. – 2021. 253 p.

28. VDI 2860. Industrial Robots. Safety Requirements. 2023. 13 p.

29. Пономаренко П.А. Основи проектування систем автоматизації. Дніпро. ДНУ. 2021. 264 с.

30. Widodo A. Maintenance strategy development in automated

manufacturing. Elsevier. 2020. 302 p.

31. Баженов М.Л. Основи релейно-контактної логіки. Київ. Вища школа. 2019. 128 с.

32. Fischer J. Industrial Robotics. Fundamentals and Applications. Wiley. 2021. 460 p.

33. Automation World. Building Smart Robotic Cells. 2022. 321 p.

34. Островерх В.М. Автоматизовані системи керування технологічними процесами. Миколаїв. НУК. 2020. 228 с.

35. ISO/TS 15066:2016. Robots and robotic devices. Collaborative robots.

36. Шевчук Ю.В. Інтелектуальні системи керування. Київ. КПІ ім. І. Сікорського. 2022. 192 с.

37. Рябов С.П. Системи виявлення аварійних станів у робототехніці. Харків. ХНУРЕ. 2021. 142 с.

38. Козяр, В.О. Інтерфейси промислових контролерів: протоколи, мережі, застосування. Івано-Франківськ. ІФНТУНГ. 2022. 234 с.

39. Федоренко О.П. Мікропроцесорні засоби автоматизації: навч. посіб. Київ. НАУ. 2020. 256 с.

40. ISO 12100:2010. Safety of machinery. General principles for design. Risk assessment and risk reduction. 2023. 234 p.

ДОДАТКИ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник Павловський Михайло Миколайович

Тема: Автоматизований пристрій керування зварювальною коміркою

Спеціальність: 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Обсяг кваліфікаційної роботи:

Кількість сторінок записки 66

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень: Метою роботи є розробка автоматизованого пристрою керування зварювальною коміркою, який забезпечує надійне, ефективне та безпечне виконання зварювального процесу з можливістю налаштування режимів та дистанційного контролю параметрів.

2. Висновок про відповідність роботи дипломному завданню: Робота повністю відповідає поставленому завданню

3. Характеристика виконання кожного розділу, ступінь використання останніх досягнень науки і техніки і передових методів роботи: У першому розділі були розглянуті основні аспекти функціонування зварювальних комірок, проведено аналіз літературних джерел і патентної документації, виявлено сучасні технічні рішення для автоматизованого керування зварювальною коміркою. У другому розділі проведено структурно-функціональний аналіз системи керування зварювальною коміркою, здійснено вибір технічних засобів автоматизації, зокрема програмованого логічного контролера, сенсорів, виконавчих пристроїв і людино-машинного інтерфейсу. У третьому розділі розроблено програму роботи пристрою керування зварювальною коміркою та інтерфейс людино-машинної взаємодії (НМІ) для відображення поточних параметрів, керування режимами роботи та сповіщення про аварійні ситуації.

4. Позитивні сторони роботи: Розроблений автоматизований пристрій керування зварювальною коміркою має високу функціональність, енергоефективність, надійність та відповідність сучасним вимогам до автоматизованих систем.

5. Негативні сторони роботи: не виконано порівняння розробленого автоматизованого пристрою керування зварювальною коміркою із відомими автоматизованими пристроями керування зварювальними комірками.

6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки роботи: Пояснювальна записка оформлена коректно, згідно діючих стандартів оформлення документації

7. Відгук про роботу в цілому: Робота виконана на належному технічному рівні.

8. Інші зауваження: відсутні

9. Оцінка дипломної роботи: добре (4,00/С)

Рецензент (прізвище, ім'я, по батькові, посада, місце роботи) _____

Мішан Віктор Володимирович,
доцент каф ТМІТ

“21” червня 2025 р.

 (підпис)

Завідувачу кафедри АКІТтаР
д-ру техн.наук, проф. Мартиноку В.В.

Павловського М.М.

ІІБ здобувача вищої освіти

ФІТ, 3 курс, групи АКІТс-22-1

ЗАЯВА

З правилами чинного Положення «Про систему забезпечення академічної доброчесності у Хмельницькому національному університеті» від 01.07.2022, згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений (а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на наявність плагіату ознайомлений(а) та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (StrikePlagiarism та Anti-Plagiarism) та використання роботи для виявлення плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота для перевірки університетом надається в друкованому та електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

02.06.2025

дата



підпис

Anti-Plagiarism (UA) v-15.281 Educational

The maximum coincidence with one document 1.0%

Dictionaries check: en_US, ru_RU, ua_UA. Errors in the documents: 7%

ID: 247347 Title: БКР Автоматизований пристрій керування зварювальною коміркою Added in a DB: 2025-06-23 Authors: Михайло ПАВЛОВСЬКИЙ Heads: Валерій МАРТИНЮК Consultants: Opponents:	Document		Sum coincidence on the DB	
	Symbols	Lexemes	Symbols	Lexemes
	62292	547	1100 (2%)	16 (3%)

Plagiarism sources

ID	Description	Plagiarism presence in the document	
		Symbols	Lexemes

Протокол аналізу звіту подібності експертом

Заявляю, що я ознайомився (-лась) з Повним звітом подібності, який був згенерований Системою виявлення і запобігання плагіату щодо роботи:

Автор: Михайло ПАВЛОВСЬКИЙ

Співавтор:

Назва: Павловський на антиплагіат

Експерт:

Підрозділ: Кафедра автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки

Коефіцієнт подібності 1: 1.8%

Коефіцієнт подібності 2: 0.8%

Мікропробіли: 6

Заміна букв: 1

Інтервали: 0

Білі знаки: 2

Дата створення звіту: 2025-06-23 08:15:23.0

Після аналізу Звіту подібності констатую наступне:

Запозичення, виявлені в роботі є законними і не є плагіатом. Рівень подібності не перевищує допустимої межі. Таким чином робота незалежна і приймається.

Запозичення не є плагіатом, але перевищено граничне значення рівня подібностей. Таким чином робота повертається на доопрацювання.

Виявлено запозичення і плагіат або навмисні текстові спотворення (маніпуляції), як передбачувані спроби укриття плагіату, які роблять роботу невідповідною вимогам законодавства (Ст. 32. ЗУ Про вищу освіту, пункт 3.1, Ст. 42. ЗУ Про освіту) та вимог НАЗЯВО (Критерій 5), а також кодексу етики і процедурам. Таким чином робота не приймається.

Обґрунтування:

2025-06-23



Доцент Микола Федула

Дата

експерт

РІШЕННЯ ЕКСПЕРНОЇ КОМІСІЇ
КАФЕДРИ АВТОМАТИЗАЦІЇ, КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА
РОБОТОТЕХНІКИ
ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Підтверджуємо ознайомлення з результатом звіту подібності щодо роботи, генерованого системою виявлення текстових збігів/ідентичності/схожості:

Назва: Автоматизований пристрій керування зварювальною коміркою

Автор: Павловський Михайло Миколайович

Спеціальність: 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Освітня програма: Освітньо-професійна програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Науковий керівник: Мартинюк Валерій Володимирович, доктор технічних наук, професор

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом. Робота приймається до захисту.	відповідає
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована. Відкоригований варіант має бути поданий на кафедру за 2 дні до захисту, разом із заявою щодо самостійності виконання письмової роботи та ідентичності друкованої й електронної версії роботи	
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. В зв'язку з цим мета роботи та поставлені завдання не були досягнені. Робота може бути допущена до захисту (наступного року) після того, як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	
5	Інше:	

Підтвердження:

Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом, оскільки:

1) у тексті кваліфікаційної роботи системами перевірки на плагіат виявлено схожість з деякими документами в частині загальноживаних обов'язкових словосполучень у стандартних бланках (титулка, відомість документів), у структурі змісту, назвах розділів/підрозділів тощо, у назвах публікацій у переліку джерел посилання;

2) усі запозичення є фрагментарними або мають належним чином оформленні посилання;

3) виявлені модифікації тексту не впливають на відсоток схожості.

Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів ідентичності/схожості, складає 1,8 % і адресується до 17 джерел, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру теми і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

Завідувач кафедри

Гарант освітньої програми

Керівник кваліфікаційної роботи



Валерій МАРТИНЮК

Юрій ФОРКУН

Валерій МАРТИНЮК