

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Розроблення автоматизованої системи управління комплексом
електродугового зварювання деталей

Виконали: студенти VI курсу, групи КАМ-61
спеціальності 174 «Автоматизація,
комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка»

(шифр і назва спеціальності)

Максимович М.Ю.
(прізвище та ініціали)

Фащенко Д.С.
(прізвище та ініціали)

Керівник Коноваленко І.В.
(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль Козбур І.Р.
(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри Савків В.Б.
(прізвище та ініціали)

Рецензент Стухляк Д.П.
(прізвище та ініціали)

Анотація

В кваліфікаційній роботі спроектовано систему автоматизованого управління комплексом електродугового зварювання деталей.

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи складається з шести розділів і додатків. Графічна частина містить загальний вигляд і пневматичну принципову схему комплексу, принципові електричні схеми установки і програмованого контролера, структурну схему програмованого контролера.

В кваліфікаційній роботі проведено вибір обладнання для забезпечення операцій дугового зварювання та контролю положення робочих органів, технічне нормування технологічного процесу та розрахунок продуктивності автоматизованої виробничої системи. Також розроблено циклограму та алгоритм роботи автоматичної установки, програмне забезпечення для мікропроцесорної системи. Також розроблено схеми спряження технологічного обладнання з системою керування.

Зміст

Анотація	4
Зміст	5
Вступ	8
1. Аналітична частина.....	10
1.1 Аналіз технічних рішень в галузі автоматизації процесів електродугового зварювання деталей.....	10
1.2. Обґрунтування актуальності автоматизації технологічного процесу електродугового зварювання деталей	17
2 Технологічна частина.....	20
2.1 Загальна характеристика зварюваних виробів	20
2.2 Аналіз технологічних процесів електродугового зварювання деталей	20
2.3 Технічне нормування розробленого технологічного процесу автоматизованого виробництва	30
2.4 Розрахунок продуктивності автоматизованого зварного комплексу.....	32
3 Конструкторська частина	36
3.1 Аналіз вихідних даних та завдання на кваліфікаційну роботу	36
3.2 Розроблення структурної схеми автоматизованої системи	36
3.3 Підбір серійного обладнання для забезпечення заданої продуктивності і обсягу виробництва в умовах автоматизації	38
3.3.1 Вибір зварювального напівавтомата	39
3.3.2 Вибір обладнання для реалізації операцій вимірювання і контролю	45
3.4 Проектування та розрахунок вузлів нестандартного обладнання автоматизованого зварного комплексу.....	49

3.5 Обґрунтування та вибір типу схеми керування автоматизованою виробничою системою	53
3.6 Розроблення електричних схем систем автоматизованого управління та контролю	55
3.6.1 Обґрунтування вибору мікропроцесорного комплекту	55
3.6.2 Розрахунок параметрів одновібратора	69
3.6.3 Опис технології виготовлення та характеристики плати системи керування	70
3.6.4 Розроблення функціональної схеми автоматизованої системи. Визначення складу функціональних вузлів.....	71
3.6.5 Вузол скидання мікроконтролера.....	73
3.6.6 Організація системи вводу-виводу	73
3.6.7 Розробка принципів електричних схем спряжень системи керування з технологічним обладнанням	77
3.6.8 Розробка клавіатури і дисплею	80
4 Науково-дослідна частина.....	83
4.1 Аналіз ефективності найбільш поширених методів роботизованого електрозварювання	83
4.2 Техніко-економічний аналіз різних методів зварювання	88
5 Спеціальна частина	93
6 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....	100
6.1 Заходи з охорони праці на підприємстві.....	100
6.1.1 Оцінка технологічного процесу і проекрованої установки автоматичного зварювання деталей щодо умов безпеки праці.....	100
6.1.2 Заходи по автоматизації виробничих процесів, які сприяють покращенню умов праці	103
6.1.3 Розрахунок захисного заземлюючого пристрою	105
6.2 Заходи з безпеки в надзвичайних ситуаціях	109
6.2.1. Залежність розмірів осередків ураження від маси продуктів вибуху СДОР, їхнього тиску, метеоумов і місцевості	109

6.2.2. Оцінка хімічної обстановки	112
Висновки	116
Перелік посилань	117

Вступ

Прискорення соціально-економічного розвитку країни базується на широкому впровадженні у виробництво автоматизації, сучасної обчислювальної техніки і програмно-керованого обладнання на базі радикального прискорення науково-технічного прогресу.

Основним напрямком розвитку промисловості є впровадження високоефективних технологічних процесів, що забезпечують комплексну автоматизацію виробництва.

Це вимагає розвитку методів розрахунку і проєктування автоматизованого технологічного і допоміжного обладнання і, особливо, систем керування.

Одним з найважливіших засобів прискорення науково-технічного прогресу і підвищення продуктивності праці у вказаному напрямку є використання інформаційно-обчислювальних систем, які втілюють органічну єдність функціонально-призначених пристроїв вимірювання, перетворення, збору, реєстрації, зберігання, автоматичної обробки і представлення інформації.

Автоматизація виробництва полягає у неперервному удосконаленні засобів автоматизації (від простих засобів до складних мікропроцесорних систем та систем числового програмного управління, електронно обчислювальних та керуючих машин).

В умовах масового виробництва стабільної продукції відпадає необхідність в переналагодженні обладнання. При цьому основними є вимоги до продуктивності обладнання, яка забезпечується спеціалізованими робочими машинами.

Збільшення номенклатури виробів, підвищення вимог до їх якості і різке скорочення часу проєктування неможливі без впровадження нових

підходів до проєктування, що в свою чергу вимагає створення математичного і алгоритмічного забезпечення, застосування сучасних ЕОМ і елементів автоматизованого проєктування.

1. Аналітична частина

1.1 Аналіз технічних рішень в галузі автоматизації процесів електродугового зварювання деталей

Автоматизація процесу зварювання повинна забезпечити підвищення продуктивності праці з одночасним скороченням витрат виробництва, незважаючи на високу вартість устаткування.

Вирішення цієї складної задачі вимагає врахування як специфіки виробництва конкретних зварних виробів, так і специфіки застосування обладнання, обґрунтованого вибору устаткування, раціонального його компонування й ефективної експлуатації.

Вимоги до зварювального устаткування, використовуваного при автоматизованому зварюванні, згідно [1] визначаються наступними міркуваннями.

Під час виготовлення зварних конструкцій методом контактного точкового зварювання найбільш доцільними об'єктами для автоматизації є тонколистові, а також каркасно-гратчасті конструкції, зокрема двері, кузови легкових автомобілів, кабіни вантажних транспортних засобів, панелі кузовів пасажирських вагонів тощо. У якості інструмента використовують зварювальні кліщі, що рухаються відносно виробу [9, 10, 11]. При цьому можливість відмови визначається не тільки надійністю роботи кліщів для зварювання, але і станом струмоведучих кабелів і шлангів системи охолодження.

При підвісці трансформатора над роботом струмопідвідні кабелі мають значну довжину, що призводить до збільшення їхнього перетину. Повторювані вигини і скручування кабелю від електродинамічних навантажень при періодичній подачі струму великої сили істотно знижують

термін служби кабелю і шлангів системи охолодження.

При закріпленні трансформатора на одній із ланок робота довжина струмопідвідних елементів значно зменшується, що дозволяє знизити їхній перетин і тим самим забезпечити підвищення довговічності. Проте в цьому випадку навантаження на робот зростає.

Використання кліщів з умонтованим трансформатором призводить до істотного зменшення габаритних розмірів і маси трансформатора, у результаті чого з'являється можливість їхнього кріплення безпосередньо до останньої ланки робота.

Найбільший інтерес представляє автоматизація дугового зварювання, оскільки спроби обмежити ручну працю застосуванням традиційних методів і прийомів виявилися неефективними.

Для забезпечення тривалої безвідмовної роботи і підтримки стабільної якості зварювання використовують спеціалізовані комплекти зварювальної апаратури: джерела живлення, що забезпечують безвідмовне порушення і стабільне горіння дуги; барабани великої маси зі старанно намотаним омідненим присадочним дротом; безвідмовні пристрої подачі присадочного дроту, що виключають блукання кінця електрода на виході із сопла пальника; пристрої для автономного охолодження пальника, зачищення її сопла, відкушування кінця дроту; датчики наявності води, дроти, точності положення пальника.

Механізм подачі дроту закріплюють на однім із ланк робота або на джерелі живлення, зварювальну головку розташовують безпосередньо на руці робота виробу [12, 13, 14, 15]. З метою запобігання поломки або травм у випадку її зіткнення з виробом або людиною кріплення до руки робота здійснюють не жорстко, а через захисний електромеханічний пристрій. Цей пристрій, описаний в [16], складається з зв'язаних пружинами кільцевих фланців, між якими знаходиться мікровимикач.

Використання планетарних безредукторних механізмів для подачі дроту забезпечує одночасну правку дроту, у результаті чого зменшуються

відхилення її кінця від центральної осі на виході з пальника.

Для забезпечення стабільної подачі зварювального дроту застосовують принцип «тягни-штовхай», за якого штовхаючий і випрямляючий механізми розміщують безпосередньо біля котушки, тоді як додатковий тягнучий механізм інтегрують у пальник або встановлюють на одній із ланок промислового робота.

У разі використання котушок значної маси застосовують спеціальні розмотувальні пристрої, наведені в [3, 17], які забезпечують подачу дроту шляхом послідовного зняття витків із нерухомої котушки.

Тривала неперервна робота пальника забезпечується наявністю газового або водяного охолодження. Після кожного зварювального циклу передбачається пауза для продування сопла пальника з розбризкуванням спеціального мастила, що перешкоджає налипанню бризків, а також механічне очищення сопла.

Для очищення продуванням пальник повинний мати окремий канал для стиснутого повітря під тиском 6 МПа й обернений канал для нанесення розділювального мастила, наприклад силіконового.

Додаткове очищення за допомогою автономного пристрою зі швидкообертовим ріжучим інструментом необхідні в тому випадку, коли сила струму перевищують 250 А. Скорочення холостих ходів досягається як оптимізацією послідовності переходів від одного шва до іншого, так і взаємодією руху пальника з маніпулятором, що забезпечує позиціонування виробу.

Привід рухомих органів автоматичної установки може бути *пневматичним, гідравлічним і електромеханічним*. Пневмопривід конструктивно простий, проте при його використанні необхідні переміщення інструмента (кута повороту, довжину ходу) доводиться задавати перестановкою упорів, тобто по кожному ступені рухливості задаються тільки два положення.

Гідравлічний привід дозволяє управляти переміщенням інструмента,

але наявність гідросистеми з високим тиском мастила несе загрозу появи течі внаслідок порушення герметичності в процесі експлуатації.

Електропривід вимагає використання складних безлюфтових редукторів, але він простіший в обслуговуванні і забезпечує високу швидкодію і точність. Тому, як правило, цей тип приводу в даний час використовують у зварювальних установках.

Системи керування рухом, розглянуті в [4, 18], можуть бути циклові, позиційні і контурні. Найбільше проста циклова система керування призначена для видачі ряду команд у конкретній цикловій послідовності, але без проміжних позицій на кожній осі.

Циклова система є найпростішим випадком позиційної системи з мінімальною кількістю позицій, що програмуються по кожному переміщенню (звичайно двоточкова і кінцева). Установки з цикловим керуванням переважно застосовують під час складальних операцій, а також при виконанні вантажно-розвантажувальних, транспортних і складських робіт; при цьому широкого поширення набули пневматичні приводи.

При роботизованому дуговому зварюванні програму виконання зварювальних операцій зазвичай вводять у пам'ять промислового робота в режимі навчання. На першому зразку вузла оператор визначає опорні точки зварного шва – позиції, у яких змінюється траєкторія його проходження. Пальник послідовно підводять до кожної з цих точок, після чого координати заносять у систему керування разом із зазначенням характеру руху між ними: по прямій чи по дузі. Паралельно в пам'ять ПР заносять технологічні параметри: швидкість переміщення пальника, режими зварювання, порядок переходу між швами та інші дані.

Під час автоматизованого зварювання часто застосовують коливальні рухи електрода. Маніпулятор у поєднанні з системою керування забезпечує відтворення практично будь-якого профілю коливань пальника, наприклад трикутного.

Існує також альтернативний спосіб навчання, що потребує значно

менше часу порівняно з програмуванням за опорними точками. Для робіт типу APPRENTICE або MAC-2000 на пальник встановлюють спеціальний наконечник, після чого оператор вручну проводить пальник уздовж лінії шва, починаючи від початкової точки.

Датчик переміщення фіксує траєкторію та передає до системи керування координати точок, що розташовані через заданий крок.

Оскільки навчальне переміщення виконується зі швидкістю, значно більшою за реальну швидкість зварювання, час формування програми істотно скорочується [19, 20, 13, 24]. Це дозволяє вводити програми індивідуально для кожного виробу. Такий метод ефективний для зварювання довгих швів у великогабаритних листових конструкціях або при частій зміні номенклатури деталей.

Важливо, щоб шви були кутові, таврові або стикові з достатнім розкриттям крайок – це необхідно для точного ведення наконечника вздовж стику.

У разі коли аналіз процесу свідчить, що забезпечити необхідну точність зварювання лише шляхом навчання неможливо, застосовують системи адаптивного керування, які дозволяють автоматично коригувати траєкторію та параметри режиму у процесі роботи.

Найпростіший прийом корекції траєкторії полягає в механічному зсуві. Прикладом такого підходу є використання пневмодатчика-щупа, жорстко сполученого зі зварювальним пальником.

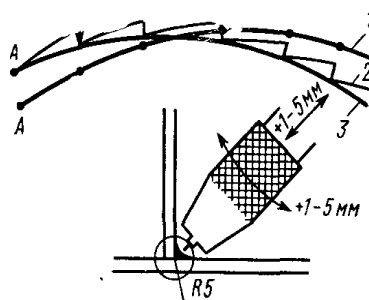


Рисунок 1.1 - Схема коригування траєкторії руху зварювального пальника за допомогою пневмощупа

Схема коригування руху у процесі зварювання показана на рис. 1.1, де траєкторія лінії шва 1, введена в пам'ять системи в процесі навчання, не збігається з дійсною лінією з'єднання 1. У результаті корекції початкового положення горілки вона зміщується з точки А в положення А'.

Таким чином, при виконанні таврових і накладних з'єднань дискретну корекцію руху зварювальної головки можна здійснювати достатньо просто - зсувом зварювальної головки за допомогою пневмоциліндра.

Більш сучасні, але й істотно більш складні системи адаптації передбачають використання датчиків, спроможних виявляти відхилення траєкторії прямування електрода від дійсного розташування крайок, що зварюються і передавати цю інформацію в систему керування робота для корекції раніше введеної програми.

Різноманітні системи адаптації зварювальних роботів відрізняються одна від одної насамперед типом використовуваних датчиків (сенсорів).

Так, для корекції положення пальника перед початком укладки кутового шва таврового або нахлесточного з'єднань використовують два безконтактних датчики відстані.

Пошук початку шва може здійснюватися і шляхом обмацування кінцем зварювального дроту, але для цього необхідна подача на електрод струму високої напруги і частоти (400В; 600 Гц).

Більш простим є використання «антиломи», що спрацьовує при механічному контакті газового сопла з поверхнею виробу. Такі прийоми пошуку початку шва дозволяють при навчанні лише приблизно задавати робочу траєкторію і необхідну відстань від горілки до поверхні.

Перевагою цієї системи є її порівняна простота, оскільки відсутні перешкоди, що виникають при зварюванні. Задача корекції положення горілки в процесі зварювання більш складна.

Використання в якості датчика самої електричної дуги забезпечує

відсутність запізнювання сигналу, що вимірюється, а також відсутність проблем захисту від теплових і світлових потоків.

Цей принцип, найбільше ефективний при виконанні стикових і кутових швів, полягає в тому, що провадиться вимір параметрів зварювальної дуги при поперечних коливаннях електродів у крайніх положеннях, у момент зміни напрямку руху.

При різниці в значеннях струмів, близьких до нуля, вважають, що електрод рухається уздовж осі розділу без зсуву. Тільки з'явиться різниця спрацьовує система регулювання.

Застосовують також комбіновану систему адаптації [3, 25, 26]: пошуку початку шва за допомогою бесконтактного датчика відстані або тактильного датчика і спостереження в процесі зварювання «по дузі».

Оптичні системи корекції руху електрода [3, 27] на практиці застосовуються рідко, проте мають широкі перспективи в майбутньому.

За допомогою оптичної системи можна не тільки забезпечувати точне відслідкування траєкторії, але при виявленні похибок складання здійснювати «технологічну адаптацію», наприклад забезпечувати рівномірність заповнення розділу шляхом автоматичної зміни швидкості зварювання.

Найбільший інтерес подають оптичні системи, що використовують принцип дії, аналогічний зорові людини [28, 29, 30, 31]. Ділянка розділу, що спостерігається відбивається через два об'єктиви на двох зонах приймача зображення.

Процесори переробки зображень із високою швидкістю порівнюють усі характерні точки обох часткових зображень і на основі цього порівняння обчислюють загальну поверхню геометрії розділу.

Отримані в такий спосіб контури порівнюються з еталоном шва і передаються в систему керування, що здійснює як автоматичне коригування траєкторії руху електрода, так і значень зварювальних параметрів.

1.2. Обґрунтування актуальності автоматизації технологічного процесу електродугового зварювання деталей

Автоматизація процесів зварювання доцільна з таких міркувань. З'являється можливість замінити людину на виконанні шкідливих і небезпечних операцій, пов'язаних з впливом випромінювання, диму, іскор від дугового зварювання.

Автоматична установка дозволить звільнити людину від необхідності маніпулювати важкими зварювальними головками (які досить часто необхідно утримувати в незручному положенні), а також забезпечити виконання зварювання, яке вимагає маніпулювання зварювальною головкою з високою точністю [32, 33, 34, 35]. Так при точковому зварюванні забезпечується точність повторного позиціонування дозволяє досягнути більш високої якості продукції, а часто і дає можливість зменшити кількість точок зварювання.

Система керування маніпулятором пальника легко взаємодіє з автоматичним керуванням зварювальної головки, що дозволяє синхронізувати рухи головки і послідовність виконання всіх етапів зварювання.

При переході від ручного дугового зварювання до автоматизованого швидкість зварювання змінюється мало.

Підвищення продуктивності забезпечується головним чином за рахунок усунення або зменшення тривалості допоміжних операцій і забезпечення раціонального маршруту обходу швів. Так, якщо в робітника-зварника дуга горить усього 20...30% змінного часу, то при використанні автоматичної установки – 80...90%.

Для реалізації такої практично безупинної роботи застосовуване зварювальне устаткування повинно мати високу надійність, а час холостих

ходів необхідно скоротити до мінімуму.

Як правило, для зварювання використовують маніпулятори з електромеханічним приводом, оскільки швидкість руху зварювальної головки досить низька, а маса також порівняно невелика.

Для маніпулювання важкими зварювальними головками з системами водяного охолодження, доцільно використовувати гідравлічний привід [36, 37,].

Використання багатопозиційних і контурних систем керування дозволяє інтерполювати окремі ділянки траєкторії відрізками прямих і дугами, що істотно покращує характеристики шва.

При автоматизації процесу зварювання деталей, необхідно виділити такі основні і допоміжні операції:

- подача заготовки в зону зварювання;
- базування заготовки;
- підведення пальника;
- операція зварювання, зокрема обертання заготовки;
- видача готового виробу.

Використання розроблюваної автоматичної установки дозволяє умовно вивільнити одного працівника, що знижує річний фонд заробітної плати.

Автоматизація операцій подачі заготовок в зону зварювання і видачі готових виробів в тару підвищує продуктивність в середньому на 40%. Автоматизація операції зварювання дозволяє виконувати одночасне зварювання з двох боків заготовки.

Крім того людина зварник вимагає перерви і відпочинку, його працездатність знижується внаслідок втоми. Тобто поряд із зменшенням браку і підвищенням якості зварного шва за рахунок оптимальної швидкості руху пальника і точності траєкторії, досягається значне підвищення продуктивності.

Отже використання автоматизованої установки дводугового

зварювання стабілізує і покращує технологічні параметри, які впливають на якість шва, і покращує продуктивність процесу.

Також впровадження автоматизованої установки якнайповніше реалізовує принцип економічної доцільності, адже реалізується безлюдне транспортування, завантаження/розвантаження і дугове зварювання заготовок, поряд з підвищенням продуктивності роботи і якості виробів.

Автоматизація дозволить:

- усунути контакт працівників із заготовками;
- забезпечити дистанційне керування процесом;
- підвищити рівень герметизації обладнання.

Отже, автоматизація також дозволить ізолювати робітників від небезпечних та шкідливих факторів, які мають місце в технологічному процесі зварювання.

2 Технологічна частина

2.1 Загальна характеристика зварюваних виробів

В базовому варіанті реалізації даного технологічного процесу заготовки в тарі кран-балкою подаються на стаціонарний зварювальний пост. Зварювана деталь встановлюється на приспособлення.

Далі зварювальник, використовуючи напівавтомат для дугового зварювання приварює спочатку одне кільце до втулки, а після переустановлення друге.

Після цього виріб знімається й укладається в тару для подальшого транспортування. При цьому, не зважаючи на певний відсоток браку і трудомісткість операцій, забезпечувалась необхідна продуктивність виробництва і якість, відповідна до технічних умов.

Згідно завдання на кваліфікаційну роботу необхідно здійснити автоматизацію технологічного процесу електродугового зварювання деталей.

Зварювані деталі – це втулка та два диски. Втулка є направляючою віссю. Диски з'єднані між собою контактним зварюванням і з втулкою - дуговим.

Зварювальні шви, які з'єднують втулку і диски повинні відповідати вимогам до зварних конструкцій III класу по ДСТУ EN ISO 3834.

2.2 Аналіз технологічних процесів електродугового зварювання деталей

Вибір оптимального способу зварювання визначається геометрією

та розмірами перерізу елементів у зоні стику, характеристиками матеріалу, можливостями виробництва, вимогами до якості зварних з'єднань, а також типом виробництва (серійне, масове тощо).

Точкове зварювання застосовують переважно для з'єднання листових та профільних деталей, виготовлених із різних металів і сплавів, а також для елементів, що виготовлені методом прокатування.

Типовий процес точкового зварювання передбачає наступні етапи:

- виготовлення й підготовка заготовок;
- очищення поверхонь, що підлягають зварюванню;
- складання деталей;
- виконання зварювання;
- виправлення можливих деформацій;
- механічна обробка;
- нанесення лакофарбового чи іншого захисного покриття.

Найпоширенішим вважається одиночне точкове зварювання, при підведенні струму до зварюваних деталей з двох сторін. У важкодоступних місцях або для підвищення продуктивності застосовують схеми одно- чи багатоточкового зварювання з однобічною подачею струму від одного або двох трансформаторів. Для забезпечення високої густини струму при однобічному підводі, деталі розміщують на спеціальних електропровідних підкладках із міді.

Рельєфне зварювання є різновидом точкового, проте початковий контакт деталей забезпечується за рахунок спеціально сформованих виступів – рельєфів.

Рельєфи зазвичай виконують у вигляді трапецій, півсфер або зрізаних конусів на товстіших або більш міцних деталях.

Метод застосовують для з'єднання арматурних і листових конструкцій у одній або кількох точках, а також для деталей різної товщини.

Підготовка поверхонь та складання перед рельєфним зварюванням

аналогічні точковому процесу.

Процеси формування з'єднання при рельєфному зварюванні загалом подібні до точкового методу, однак зона контакту визначається не формою електродів, а геометрією рельєфів.

Шовне зварювання застосовують для з'єднання листового металу внапуск або через відбортовку. Електроди виконані у вигляді обертових роликів, які одночасно забезпечують подачу струму, створення зусилля та переміщення деталей із заданою швидкістю.

Шви можуть бути безперервними або переривчастими; струм підводять з одного або обох боків.

Метод широко використовують при виготовленні баків, труб, циліндричних корпусів та інших тонколистової продукції.

До очищення поверхні деталей висувають підвищені вимоги: забруднення призводить до шунтування струму та погіршення якості шва.

При складанні не допускають великих зазорів – вони спричиняють перегрів і деформацію металу; надто щільне складання, навпаки, підсилює шунтування.

Дугове зварювання забезпечує отримання герметичного шва шляхом плавлення країв деталей під дією тепла електричної дуги. Температура в зоні дуги перевищує 3300 °С, що дозволяє розплавляти основний метал, а також метал електрода, який заповнює зону з'єднання.

На відміну від точкового зварювання, яке виконується змінним струмом, дугове потребує постійного струму 100–200 А при напрузі 10–30 В.

З огляду на форму шва (кільцеві з'єднання), серійний характер виробництва і доцільність автоматизації, оптимальним є застосування саме дугового зварювання.

Основні різновиди дугового зварювання:

- зварювання спеціальним електродом з тугоплавкого металу в інертному середовищі (вольфрамовий електрод);

- зварювання плавким електродом у газовому середовищі (найпоширеніший автоматизований метод);
- зварювання розжареним вольфрамовим електродом у газі;
- зварювання під флюсом;
- зварювання порошковим електродом, що забезпечує високий коефіцієнт наплавлення.

Для захисту розплаву від окислення застосовують флюсові покриття або подачу інертних газів (наприклад, гелію).

В автоматизованих установках передбачена безперервна подача дроту-електрода, а переміщення його кінця точно відтворює траєкторію запланованого шва.

На рис. 2.2 показано зварювальний напівавтомат.

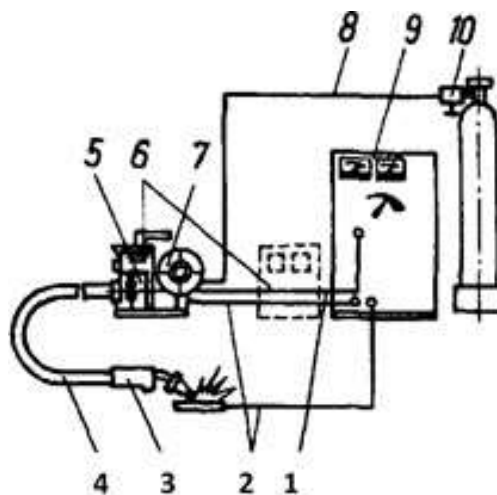


Рисунок 2.2 - Схема напівавтомата для зварювання в захисних газах:

1 - проводи керування; 2 - зварювальні проводи; 3 - пальник; 4 - шланг; 5 - механізм подачі; 6 - блок керування; 7 - касета; 8 - шланг для газу; 9 - джерело живлення; 10 - апаратура для регулювання та вимірювання параметрів захисного газу.

Напівавтомат складається з таких основних вузлів і систем:

зварювальний пальник або комплект пальників зі шлангами для

подачі дроту, газу та охолоджувальної рідини (за потреби);

механізм подачі електродного дроту, який транспортує дріт у зону зварювання;

шафа або блок керування, що забезпечує регулювання режимів і контроль параметрів процесу;

проводи зварювального контуру та ланцюгів керування, які підключають обладнання до джерела живлення та виконавчих механізмів;

апаратура для регулювання та вимірювання параметрів захисного газу, а також газові шланги (для напівавтоматів, що працюють у захисних газах);

джерело живлення, що забезпечує стабільний режим горіння дуги.

У напівавтоматах, призначених для роботи під флюсом, замість газової апаратури використовується механізм подачі флюсу.

У моделях для зварювання відкритою дугою відсутні як газова апаратура, так і пристрої подачі флюсу.

Швидкість подачі дроту до зони зварювання забезпечується механізмом подачі та може регулюватися:

ступінчасто – за рахунок використання роликів різного діаметра та коробок швидкостей або редукторів зі змінними шестернями;

плавно – за допомогою електронних систем керування подачею;

комбінованим способом, коли використовується поєднання обох методів для отримання оптимальної точності та стабільності режиму.

Таке регулювання дозволяє забезпечити необхідний режим зварювання для різних товщин металу, типів дроту та умов виконання робіт.

У таких конструкціях як привід механізму подачі електродного дроту зазвичай використовують трифазний асинхронний електродвигун. Плавне регулювання швидкості подачі забезпечується застосуванням високошвидкісних електродвигунів постійного струму, які працюють у парі з три- або чотириступінчастими зубчастими, черв'ячними чи

комбінованими черв'ячно-зубчастими редукторами.

Сучасні напівавтомати часто оснащуються компактними та легкими безредукторними приводами (планетарного типу), а також імпульсними приводами, що забезпечують пульсуючу подачу дроту.

Подача електродного дроту у зварювальних напівавтоматах здійснюється зі сталою швидкістю, при цьому стабільність дуги підтримується за рахунок властивостей саморегулювання процесу – це дозволяє отримувати шов високої якості. Залежно від конструктивного виконання обладнання, дріт може встановлюватися у касетах, котушках-шпулях або у збірно-розбірних касетних тримачах.

Типова структурна схема системи керування зварювальним напівавтоматом показана на рисунку 2.3.

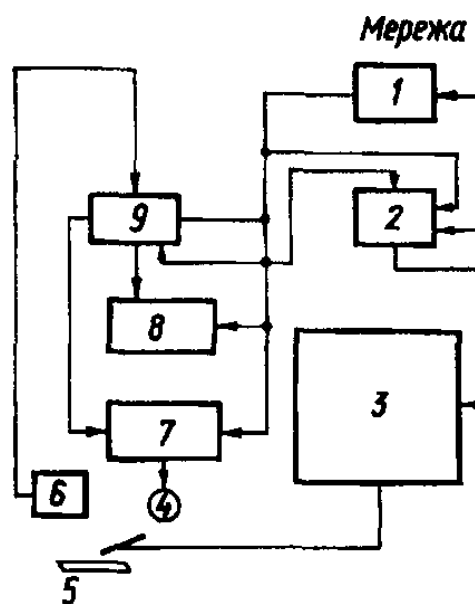


Рисунок 2.3 - Схема системи керування зварювальним напівавтоматом:

1 – блок живлення системи керування; 2 – блок керування джерелом зварювального струму; 3 – джерело зварювального струму; 4 – електродвигун механізму подачі дроту; 5 – виріб; 6 – пускова кнопка; 7 – блок керування електродвигуном подачі дроту; 8 – газовий клапан; 9 – логічний блок.

У випадках, коли привод подачі дроту реалізовано на основі трифазного асинхронного електродвигуна, елемент 7 у схемі керування не використовується.

У спрощеному варіанті, коли коло керування під'єднується безпосередньо до джерела живлення дуги, схема може працювати навіть без елементів 6–8.

Малогабаритні регулятори та логічні модулі схем керування часто інтегрують безпосередньо у корпус подавального механізму або вбудовують у джерело живлення у вигляді блоку керування напівавтоматом, наприклад БУ-06 чи БУСП-1. Найпоширеніші типи зварювальних пальників наведено на рис. 2.4.

У пальниках для зварювання плавким електродом у захисному газі дріт надходить через гнучкий напрямний шланг зі спіраллю, після чого виходить через мундштук. Захисний газ, подаючись через відповідний канал, надходить до робочої зони через сопло.

За типом охолодження нагрітих елементів пальники бувають з природним (повітряним), газовим та водяним охолодженням. За розташуванням рукоятки відносно корпусу їх поділяють на молоткові та пістолетні, з різними варіантами ергономічних рукояток і конфігурацією пускових механізмів.

Більшість пальників комплектують шлангами — гнучкими напрямними каналами, які можуть бути спільними або окремими. Для струмів до 315 А найбільш зручними в експлуатації вважаються комбіновані порожнисті кабелі.

Наявність змінних напрямних каналів значно подовжує ресурс пальників і спрощує очищення системи подачі дроту. Такі шланги мають каркасну спіраль, у яку встановлюють змінні напрямні: сталеві або стрічкові спіралі. Для дроту з алюмінієвих сплавів та корозійностійких сталей часто застосовують напрямні з тефлону, поліетилену або нейлону.

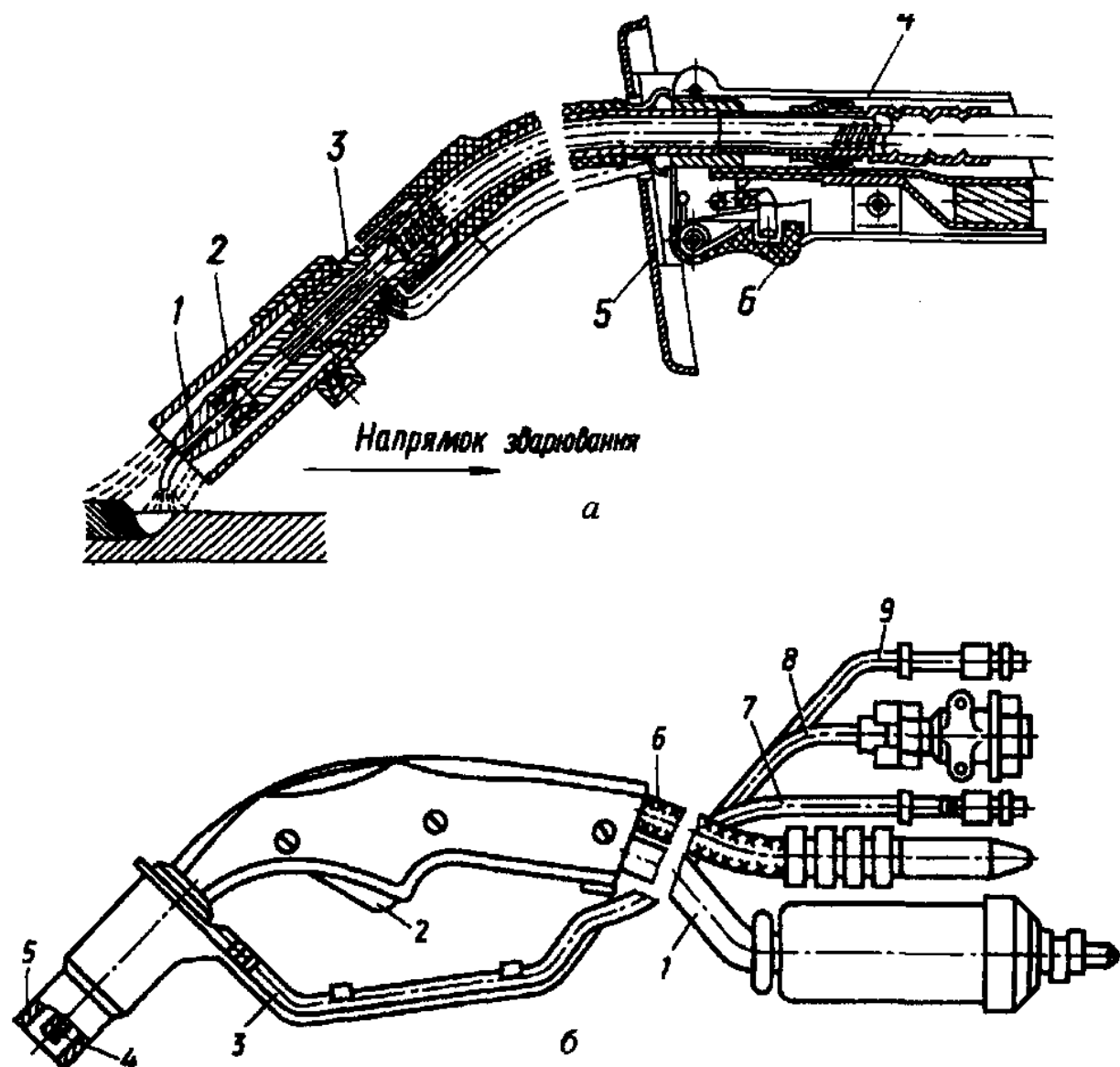


Рисунок 2.4 - Пальники:

а – пальник для шлангового напівавтомата:

1 – струмопідвідний наконечник; 2 – сопло; 3 – перехідна втулка з каналами подачі захисного газу; 4 – рукоятка; 5 – захисний щиток; 6 – пускова кнопка.

б – пальник для механізованого зварювання плавким електродом типу ГДПГ:

1 – газовий рукав зі струмопідводом; 2 – мікроперемикач; 3 – захисний щиток; 4 – наконечник; 5 – змінне сопло; 6 – напрямний канал; 7, 9 – водяні рукави; 8 – кабель керування.

Під час зварювання у середовищі вуглекислого газу в процесі переносу металу часто виникають короткі замикання. Бризки розплавленого металу можуть налипати на сопло й мундштук, спричиняючи коротке замикання. Щоб запобігти цьому, використовують керамічні сопла з ізолюючими прокладками, металокерамічні сопла або металеві водоохолоджувані варіанти. Додатково застосовують спеціальні захисні мастила.

Під час зварювання в інертних або змішаних газах використовують витратоміри-ротаметри (РМ-1, РМ-5, РМ-II, РМ-III, РМА-I).

Ротаметр поплавкового типу складається зі скляної конічної трубки в металевому корпусі зі шкалою та поплавком, переміщення якого під дією потоку газу визначає витрату.

Покази ротаметра коригують за спеціальними таблицями та графіками, які перераховують базову характеристику приладу (визначену для повітря за умов 0 атмосфер) до реального газу. Перерахунок роблять за формулою

$$Q_i = Q_0 P_i / P - V_y / y_i$$

де Q – об'ємні витрати інертного (або змішаного) газу,

Q_0 – об'ємні витрати повітря, л/хв, приведені до атмосферного тиску (відповідно до паспорту використовуваного ротаметра);

P_i - робочий тиск газу, МПа;

P - тиск атмосферно повітря, $P = 100$ кПа;

V_y – об'ємна маса повітря при нормальних умовах;

y_i - об'ємна маса інертного газу.

Підігрівання газу застосовують при зварюванні у CO_2 , в той час як осушування потрібне у разі використання вуглекислоти харчового походження, яка не проходила попереднього видалення вологи. Підігрівач виконують у формі електричного нагрівача-змійовика, крізь який

пропускається газовий потік.

Осушник газу призначений для вилучення вологи з робочого середовища. Його монтують безпосередньо на балоні, перед редуктором. У середині корпусу розміщується вологопоглинальний матеріал – прожарений при 200 °С протягом двох годин зневоднений мідний купорос або силікагель марки ШСМ. Одного заряду осушника вистачає для опрацювання приблизно 30–35 м³ вуглекислого газу.

Редуктор-витратомір забезпечує контроль тиску в балоні, після першого ступеня редукування, а також робочого тиску (за шкалою манометра-витратоміра, що показує витрату газу в літрах за хвилину).

Якщо спеціального редуктора-витратоміра немає, допускається використання стандартних кисневих балонних редукторів. Робота редуктора є напівавтоматичною: він підтримує стабільний тиск газу, що подається у систему.

Під час зварювання у газових сумішах застосовують газозмішувальні пристрої. Змішувачі УСД-1А та УСД-1Б забезпечують живлення 50–70 робочих постів сумішшю CO₂ з 20–30 % кисню. Модель УСД-1А додатково оснащена газоаналізатором, який автоматично фіксує та реєструє склад газової суміші.

Газоелектричні клапани призначені для дистанційного вмикання та вимикання подачі захисного газу у зону зварювання. Клапан активується перемикачем на пальнику за 2–3 секунди до подачі зварювального струму, забезпечуючи попереднє заповнення сопла газом. Після завершення зварювання подача газу триває ще 6–10 секунд, що покращує захист шва під час охолодження.

На якість дугового зварювання суттєво впливають такі параметри, як швидкість подачі електродного дроту, відстань між електродом і заготовкою та швидкість переміщення електрода по траєкторії зварювання.

Технологічний цикл дугового зварювання включає такі основні стадії:

- увімкнення подачі інертного або захисного газу в робочу зону;
- ініціювання циклу зварювання:
 - подача електродного дроту,
 - підключення зварювального струму,
 - виконання зварювального процесу;
- припинення подачі дроту;
- вимкнення зварювального струму;
- завершення зварювання з подальшим вимкненням подачі газу.

2.3 Технічне нормування розробленого технологічного процесу автоматизованого виробництва

Технічне нормування технологічного процесу дугового зварювання деталей передбачає розрахунок часу, необхідного для виконання технологічної операції (зварювання), і тривалості допоміжних процесів.

Розрахуємо тривалість технологічної операції зварювання, враховуючи що необхідна швидкість зварювання $v_{зв}=17 \text{ мм/с}$, діаметр поверхні, по якій ведеться зварювання, $d=36 \text{ мм}$ зварний шов утворюється за один оберт зварюваних деталей.

Отже основний час операції рівний:

$$T_o = \frac{\pi d}{v_{зв}} = \frac{\pi 0,036}{0,017} = 13,3 \text{ с}$$

Допоміжні операції включають:

- 1) завантаження і базування заготовки (одночасно з видачею готового виробу), $t_1=4 \text{ с}$;
- 2) повернення механізму видачі і базування в вихідне

положення, $t_2=2$ с;

- 3) переміщення і розтискання центруючих цанг, $t_3=6$ с;
- 4) подача зварювальних головок, $t_4=2$ с;
- 5) відвід зварювальних головок, $t_5=2$ с;
- 6) переміщення центруючих цанг у вихідне положення, $t_6=4$

с.

Крім того після допоміжних операцій 1, 3, 4 необхідні затримки часу 2 с, а після операції 6 – 4 с. Отже допоміжний час:

$$T_{\text{д}} = \sum_{i=1}^6 t_i + \sum_{i=1}^6 t_{\text{зі}} = 4 + 2 + 6 + 2 + 2 + 4 + 3 \cdot 2 + 4 = 30 \text{ с.}$$

Оперативний час:

$$T_{\text{он}} = T_{\text{о}} + T_{\text{д}} = 13,3 + 30 = 43,3 \text{ с.}$$

Час на обслуговування робочого місця:

$$T_{\text{об}} = 0,02 T_{\text{он}} = 0,02 \cdot 43,3 = 0,9 \text{ с.}$$

Штучний час на операцію зварювання:

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{о}} + T_{\text{д}} + T_{\text{об}} = 13,3 + 30 + 0,9 = 44,2 \text{ с.}$$

Коефіцієнт використання обладнання по основному часу:

$$\eta_{\text{о}} = \frac{T_{\text{о}}}{T_{\text{шт}}} 100\% = \frac{13,3}{44,2} 100\% = 29,8\%.$$

2.4 Розрахунок продуктивності автоматизованого зварного комплексу

В умовах автоматизованого виробництва продуктивність обладнання є однією з найважливіших характеристик при оцінці і виборі технічних рішень при проєктуванні.

Дана автоматична установка стосується спеціального обладнання, яке проєктується прив'язано до певних заданих умов виробництва для отримання продукції, яка має задовільняти певним вимогам по якості і реалізовувати програму випуску.

Оптимальна або задана продуктивність є найважливішим критерієм при розрахунку кількості паралельних потоків обробки, тривалості міжопераційних пауз, технологічних режимів, кількості обслуговуючого персоналу і ін.

При автоматизованому виробництві розрахунки, оцінка і аналіз продуктивності необхідні на різних стадіях проєктування. Тому показники продуктивності зводяться до трьох основних форм:

- показники очікуваної продуктивності, тобто теоретично розрахованої для проєктованих автоматів і їх систем в залежності від проєктованих режимів, конструкцій, компоновок, очікуваної надійності;

- показники реальної продуктивності, тобто продуктивності обладнання, яке експлуатується на виробництві в даний час;

- показники необхідної продуктивності, тобто необхідної віддачі автоматизованого обладнання по об'єму виробленої продукції як функції програми виробництва, змінності роботи і т. і.

Розрахуємо показники необхідної продуктивності проєктованого автомату виходячи з річної програми випуску – 250000 шт.

Дійсний фонд часу роботи обладнання на рік можна визначити по

таким даним: календарна кількість днів – 365; кількість вихідних днів – 104; святкових днів – 8; скорчених робочих днів – 6; кількість змін роботи обладнання – 2; тривалість робочого дня – 8,2 год; втрати часу на здійснення ремонтів, обслуговування, настройку і підналадку обладнання – 10%.

Отже:

$$F_D = ((365 - 104 - 8) \cdot 8,2 - 6 \cdot 1) \cdot 2 \cdot (1 - 10/100) = 3738 \text{ год.}$$

Такт виробництва зварюваних деталей визначаємо за формулою:

$$t_B = \frac{60 \cdot F_D}{N} = \frac{60 \cdot 3738}{250000} = 0,89 \text{ хв.}$$

Проектована установка працює в безперебійному режимі з видачею за робочий цикл одиниці продукції ($r=1$), тому її необхідна продуктивність:

$$Q_n = \frac{r}{t_B} = 60 \frac{1}{0,89} \approx 68 \text{ шт/год.}$$

Враховуючи попередньо розраховані основний і штучний часи на технологічну операцію зварювання розраховуємо очікувану продуктивність установки:

$$Q_{\text{ц}} = \frac{r}{T_{\text{шт}}} = 3600 \frac{1}{44,2} = 78 \text{ шт/год.}$$

Отже проектована установка задовольняє вимоги по продуктивності і забезпечує необхідну програму випуску.

Коефіцієнт завантаження установки:

$$\eta_z = \frac{Q_n}{Q_u} = \frac{68}{78} = 0,87.$$

3 Конструкторська частина

3.1 Аналіз вихідних даних та завдання на кваліфікаційну роботу

Завданням даної кваліфікаційної роботи є розроблення системи управління та контролю автоматизованої установки для електродугового зварювання деталей.

Тому для доцільності впровадження автоматизованого виробництва необхідно забезпечити підвищення продуктивності і якості зварювання при зменшенні трудомісткості і собівартості.

Отже, технічне завдання на кваліфікаційну включає наступні вимоги:

- розробити систему керування автоматичною установкою для електродугового зварювання деталей продуктивністю не менше 68 шт/год.;
- забезпечити відповідність готового виробу вимогам до зварних конструкцій III класу по ДСТУ EN ISO 5817: 2022;
- передбачити можливість переходу на випуск нової номенклатури виробів у мінімальні строки;
- реалізувати функції обліку кількості готової продукції і витрати проволочи, сигналізацію про хід технологічного процесу і необхідність заміни барабану проволочи.

3.2 Розроблення структурної схеми автоматизованої системи

Основними вузлами установки автоматичного дводугового зварювання деталей є:

- лоток-накопичувач;

- механізм видачі і базування зварюваних деталей;
- стійка привідна;
- стійка непривідна;
- механізм руху центруючих цанг;
- зварювальні пальники;
- стіл-тумба;
- напівавтомати зварювальні A1230M з джерелами живлення;
- шафа керування.

Лоток-накопичувач – зварна металоконструкція з опорною стійкою і давачем контролю проходження зварених деталей на позицію видачі.

Механізм видачі і базування зварених деталей встановлений на верхній горизонтальній площині стола-тумби і призначений для забезпечення подачі заготовки із лотка-накопичувача на позицію зварювання, її базування і видачу зварених деталей.

МВіБ складається з двох важелів, які повертаються шляхом зубчатої передачі в протилежних напрямках, причому правий важіль, на якому змонтовані підпружинені базуючі упори, є привідним і приводиться в обертальний рух пневмоциліндром.

В верхньому положенні правого важеля (шток пневмоциліндра висунутий) обидва важелі складають нахилену поверхню, по якій рухаються зварені деталі.

Стійка непривідна встановлена на верхній горизонтальній площині стола-тумби і складається з корпусу, всередині якого на підшипниках кочення встановлено пустотілий вал з піноллю, яка закінчується з одного боку центруючою цангою, а на іншому кінці пінолі встановлено підшипниковий вузол Г-подібного кронштейна з вузлом регулювання, на якому встановлена зварювальна головка.

Для захисту цанги і пінолі від бризок розплавленого металу вони захищені відповідно кожухом і конусом. На спеціальній шийці цанги

встановлено струмопровідний пристрій. В осьовому отворі пінолі встановлено підпружинений шток з конусом на одному кінці і підшипниковим вузлом на іншому. На зовнішній поверхні корпусу стійки встановлено кронштейн з безконтактним перемикачем.

Стійка привідна встановлена співосно зі стійкою непривідною і відрізняється від неї тим, що її корпус є одночасно корпусом триступінчатого циліндрично-черв'ячного редуктора зі змінними шестернями в другій циліндричній ланці. Приводом є електродвигун змінного струму, 4AA50 A4Y3 потужністю 60 Вт і з частотою 1380 об/хв.

Механізм руху центруючих цанг встановлений всередині столатумби і є клиновим механізмом, який приводиться в рух пневмоциліндром. Механізм забезпечує синхронний рух цанг і незалежне закріплення зварених деталей обома цангами.

Для захисту робочих поверхонь від бризок розплавленого металу, а також для захисту оточуючих від світлового випромінювання передбачено спеціальні захисні щитки зі світлофільтрами. Конструкція кожухів дозволяє значно підвищити ефективність вентиляції.

Шафа керування встановлена на підлозі на певній відстані від установки. Пульти керування винесений на верхню горизонтальну площину шафи керування.

Транспортуюча частина установки (лоток накопичувач, механізм видачі і базування, лоток) виконана таким чином, що переміщення зварюваних деталей здійснюється без застосування додаткових механізмів (за рахунок сил тяжіння на похилій площині).

3.3 Підбір серійного обладнання для забезпечення заданої продуктивності і обсягу виробництва в умовах автоматизації

3.3.1 Вибір зварювального напівавтомата

втоматизоване зварювання виконується із застосуванням зварювальних напівавтоматів, що забезпечують безперервну подачу електродного дроту або іншого зварювального матеріалу безпосередньо в зону розплавлення. При цьому переміщення зварювальної дуги вздовж виробу зварник здійснює вручну, а для повної автоматизації процесу потрібне додаткове обладнання.

Напівавтомати для зварювання та наплавлення виготовляються відповідно до вимог ДСТУ ІЕС 60974-1:2004 (див. табл. 3.1).

Напівавтомати маркуються за такою схемою:

тип обладнання (ПД – напівавтомат дуговий);

метод захисту дуги (Г – активні захисні гази; Й – інертні гази; У – суміш активних й інертних газів; О – відкрита дуга; Ф – під флюсом);

номінальний струм - становить сотні ампер;

номер модифікації;

кліматичне виконання та категорія розміщення відповідно до ДСТУ EN 60721 і ДСТУ ISO 15500;

робоча напруга;

технічні умови.

Наприклад, маркування ПДГ-516 УЗ, 380 В ГУ означає напівавтомат для дугового зварювання в активних газах, розрахований на номінальний зварювальний струм 500 А, з модифікацією №16, кліматичним виконанням У та категорією розміщення 3, призначений для роботи від мережі 380 В.

Напівавтомати, розроблені Інститутом електрозварювання ім. Патона НАН України, маркуються літерами А або ПШ, після яких наводиться цифровий індекс.

Зварювальні напівавтомати класифікують за кількома основними ознаками.

За способом захисту зварювальної дуги вони можуть працювати в середовищі захисних газів, під шаром флюсу, без застосування додаткового

захисту або мати універсальне виконання.

Таблиця 3.1 - Технічні характеристики зварювальних напівавтоматів

Напівавтомат	Номін. зварюв. струм, А	Діаметр елек- трод- ного дроту, мм	Швидкість подачі електрод- ного дроту, м/год	Розміри (довжина × ширина × висота), мм	Маса пода- валь- ного прис- трою, кг	Джерел о струму
ПШ125	125	0,8–1,2	90–350	364×290×130	10	ВЖ-2П
A1234	200	0,8–1,2	90–350	364×290×130	10	ВЖ-2П
A547УМ	315	0,8–1,4	160–650	350×118×245	6,25	ВС-300
ПДГ-301-1	315	0,8–1,2	160–650	450×275×240	8	ВДГ- 301
ПДГ-303	315	0,8–1,4	720	362×284×153	12,5	ВДГ- 302
ПДГ-307УЗ	315	0,8–1,4	720	380×290×160	13	ВДГ- 302
ПДГ-308	315	1,2–1,6	120–1200	765×525×865	65	ВДГ- 302
ПДГ-304-1	315	0,8–2,0	160–960	380×330×100	5	ВДГ- 301
A825М	315	0,8–1,2	120–1200	305×175×245	11	ВСЖ- 303
A929 (ПШ-118)	315	1,2–2,0	120–1200	305×175×245	11	ПСГ- 500
A1230МУ4	315	0,8–1,2	100–960	290×130×364	11	ВДГ- 302
"Спутник-2"	200	0,8–1,0	120–620	265×170×75	3,5	ВДГ- 302

Продовження таблиці 3.1.

ПРМ-4	400	0,8–2,0	120–620	700x1020x950	16	ВДГ-303
ПДГИ-303	315	1,2–2,0	200–600	500x330x350	13	ПСГ-500
A1660	400	1,2–2,0	120–960	330x280x325	42	ВДУ-504
A537P, A537Y	500	1,6–2,0	114–128	1275x816x940	25	ВДУ-506
ПДГ515	500	1,2–2,0	100–1000	960x660x560	12	ВДУ-505
ПДГ516	500	1,2–2,0	120–1200	760x500x550	18	ВДУ-504
A1197C	500	1,6–2,0	80–590	1135x495x360	35	ВДУ-504
A765	500	2,0–3,5	120–960	550x310x235	16,5	ПСГ500-1
ПШ-112	500	1,6–3,2	120–960	473x365x430	23	ВС-600
A1530	500	1,6–3,2	92–920	685x280x335	20	ВДУ-504
ПДГ-601	630	1,2–3,0	72–720	904x660x434	18	ВДГ-601
A1750	500	1,2–2,0	200–1000	960x660x560	12,5	ВДГ-601
ПДФ-502	500	1,2–2,5	120–960	470x296x260	26,5	ВДГ-601
A1503П(ПДГ-603)	630	1,2–3,0	120–960	1135x495x360	25,5	ВС-500М
ПШ109	315	1,2–2,0	120–720	728x300x335	15	ГИ-ИДС1

За типом електродного дроту розрізняють апарати, призначені для суцільного дроту, для порошкового дроту, а також комбіновані варіанти, що допускають використання обох типів.

Залежно від методу регулювання швидкості подачі дроту застосовують системи з плавним, ступінчастим або комбінованим регулюванням.

За конструктивною компоновкою напівавтомати виконують в однокорпусному варіанті, де механізм подачі вбудований у джерело живлення, або з виносним подавальним механізмом.

За ступенем транспортабельності розрізняють стаціонарні установки та апарати з переносним механізмом подачі дроту.

Широкого поширення набули напівавтомати для дугового зварювання, розроблені в Інституті ім. Патона. Вони створені на основі уніфікованих агрегатних вузлів (рис. 3.1): варіант «а» – для зварювальних струмів до 315 А, варіант «б» – до 500 А. Уніфікація дає змогу суттєво скоротити витрати на розробку та обслуговування, спрощує ремонт – несправні модулі легко замінюються, а справні можуть повторно використовуватися під час модернізації чи створення нового обладнання.

З урахуванням вимог до обладнання для зварювання деталей вузлів та технічних характеристик розглянутих моделей, у даному технологічному процесі застосовується напівавтомат А-1230 М.

На рис. 3.2 наведено конструкцію напівавтомата А-1230 М.

Установка включає тримач-пальник зі шланговим пакетом, механізм подачі дроту, касету з дротом та керувальну апаратуру. Відсутність окремого пульта керування дозволяє регулювати швидкість подачі безпосередньо на робочому місці.

Подача дроту регулюється комбіновано:

ступінчасто – за рахунок заміни роликів,

плавно – у межах кожного ступеня шляхом зміни зварювальної напруги.

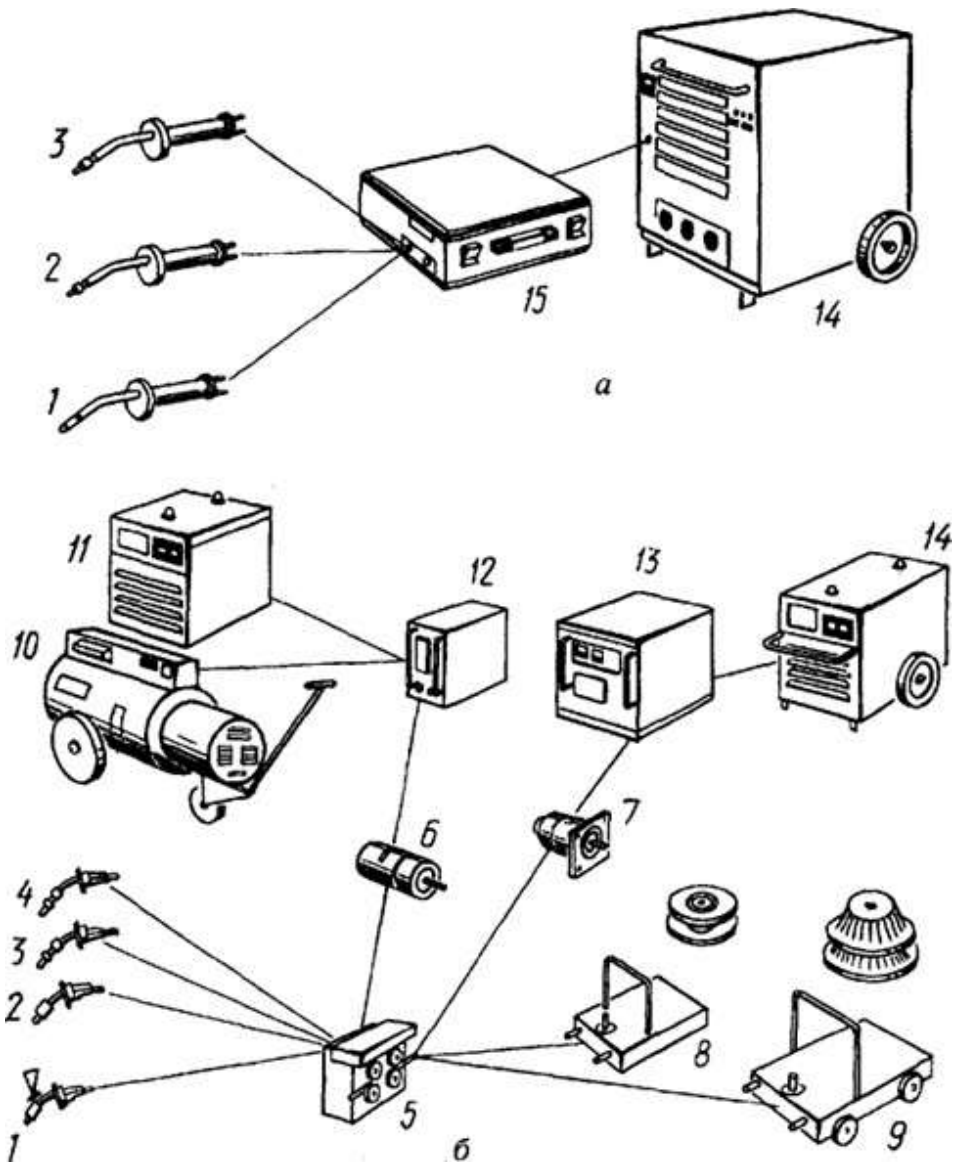


Рисунок 3.1. Складові елементи агрегування напівавтоматів:

1-4 - пальники різних типів; 5 - подавальний механізм; 6 – електродвигун змінного струму (нерегульований асинхронний); 7 – електродвигун постійного струму (регульований); 8 - кронштейн з котком для дроту; 9 - візок з фігуркою для дроту; 10, 11, 14 - джерела живлення дуги; 12 - блок керування нерегульованим електродвигуном; 13 - блок керування регульованим двигуном; 14 - ящик (валіза) з механізмом подачі, котком і газовим клапаном.

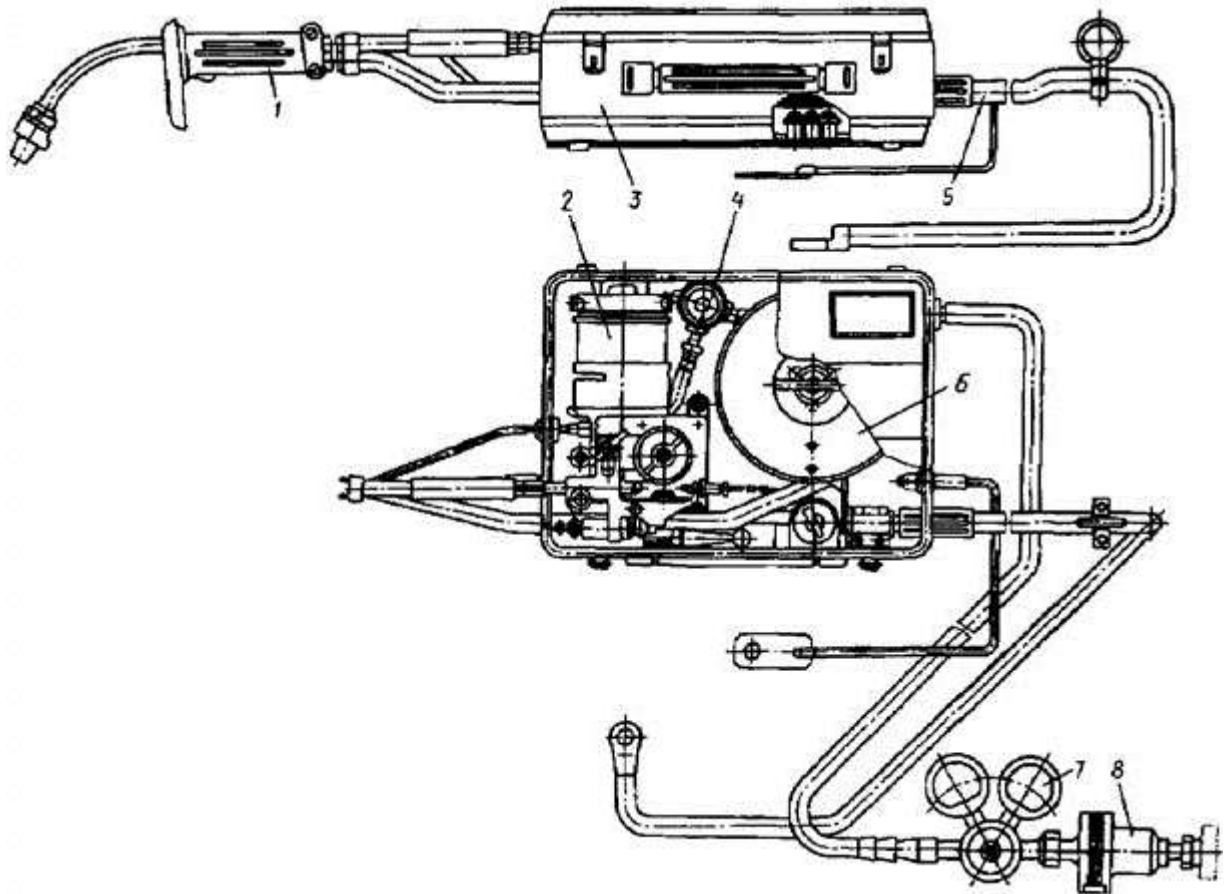


Рисунок 3.2. Зварювальний напівавтомат А-1230М:

1 – тримач-пальник; 2 – механізм подачі; 3 – ящик; 4 – відсікач газу; 5 – зварювальний кабель; 6 – коток з дротом; 7 – редуктор-витратомір; 8 – підігрівач.

Усі основні елементи – механізм подачі, барабан з дротом і керувальні модулі – розміщені в одному компактному корпусі.

3.3.2 Вибір обладнання для реалізації операцій вимірювання і контролю

Для контролю положення рухомих органів використовуємо безконтактні кінцеві вимикачі моделі У143.11, призначені для

безконтактної комутації електричних ланцюгів роботів, пресів, автоматичних ліній і інших машин.

Вимикач реагує на металевий предмет, який знаходиться на певній відстані (але не більше зони чутливості) від чутливого елементу і розрахований на роботу в ланцюгах постійного струму і може застосовуватись для керування електромагнітним реле або безконтактними логічними елементами.

Основні характеристики безконтактних вимикачів наведені в табл.3.2.

Таблиця 3.2 - Технічні характеристики безконтактних кінцевих вимикачів У143.11

Назва параметру	Величина
Тип вимикача	<i>Безконтакт.</i>
Зона чутливості	Від 0 до $3 \pm 0,6$
Диференціал ходу, мм, не більше	0,15
Основна похибка спрацювання, не більше	$\pm 0,1$
Зміна зони чутливості при зміні температури навколишнього середовища, мкм/°C	± 15
Струм навантаження, мА, не більше	180
Напруга живлення	Постійна
Напруга живлення, В	Від 12 до 24
Коефіцієнт пульсації напруги живлення, % не більше	20
Частота перемикачів, Гц, не більше	1000
Остаточна напруга, В, не більше	0,8
Споживана потужність, Вт, не більше	0,6

Мінімальні габарити керуючого елемента – 15х15 мм товщиною не менше 0,1 мм, матеріал – сталь. Ймовірність безвідмовної роботи за 16000 год. складає 0,04.

Конструктивно вимикач виконано в корпусі прямокутної форми. Область розташування чутливого елемента виділена виступом.

Принцип дії вимикача базується на зриві генерації коливань при наближенні металевого предмету до чутливого елемента.

Вимикач має два виходи – прямий і інверсний. Вимикач має захист від короткого замикання в навантаженні. При короткому замиканні вимикач відключається і на обох виходах з'являються нульові сигнали. Приведення його в початковий стан здійснюється повторною подачею напруги живлення.

Схема узгодження вимикачів з безконтактними логічними елементами серій К511, К155 і ін. Показана на рис. 3.3. Узгоджуючі резистори вибираються із наступних співвідношень:

$$R_1 = \frac{U - U_M}{I}$$

$$R_2 = \frac{0,9U_M}{I}$$

$$I_{MAX} \geq \frac{0,9U_M}{I}$$

де U – напруга живлення вимикача, В;

U_m – напруга живлення логічного елемента, В;

I – струм через подільник R_1, R_2 , А.

Кожен з двох виходів вимикача, незалежно один від одного може бути підключеним до різних за величиною навантажень або не використовуватись.

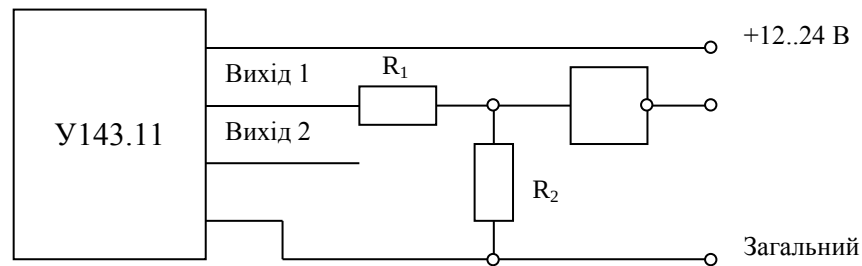


Рисунок 3.3 - Схема узгодження вимикачів з безконтактними логічними елементами

Допускається паралельне з'єднання однойменних виходів вимикачів, при цьому опір навантаження, загальний для всіх вимикачів, повинен бути не менше 140 Ом. Вимикачі можуть з'єднуватись послідовно, при цьому гранична частота перемикання буде рівна $1000 \text{ Гц}/n$, де n – кількість вимикачів, з'єднаних послідовно.

Контроль затиску зварюваних деталей цангою забезпечуємо реле тиску, яке спрацьовує при досягненні на магістралі живлення пневмоциліндра розтиску цанги тиску 0,25 МПа. Для цього використовуємо реле тиску, призначене для контролю тиску робочого середовища в пневматичних системах з тиском від 0,15 до 1 МПа при температурі оточуючого середовища від 5 до 50°C.

Різниця між тиском спрацювання мікровимикача і тиском його повернення в початкове положення не повинна перевищувати 0,02 МПа причому нижнє значення зони відповідає нижньому значенню величини контролюваного тиску.

Для контролю тиску вуглекислого газу, який подається до зварювальної головки використовуємо реле тиску.

3.4 Проектування та розрахунок вузлів нестандартного обладнання автоматизованого зварного комплексу

Для реалізації технологічних і допоміжних операцій проєктованої установки необхідно забезпечити привід наступних механізмів і вузлів:

- механізму базування і видачі зварюваного вузла (МБіВ);
- механізму руху зварювальних головок (ЗГ);
- механізму руху центруючих цанг (МРЦЦ);
- стійки привідної.

Стійка привідна повинна забезпечувати обертання центруючих цанг (і встановленого на них зварюваних деталей) з частотою n . Враховуючи, що необхідна швидкість зварювання $v_{зв}=17$ мм/с, діаметр поверхні, по якій ведеться зварювання, $d=36$ мм:

$$n = \frac{v_{зв}}{\pi d} = \frac{0,017}{3,14 \cdot 0,036} = 0,15 \text{ об / с} = 9 \text{ об / хв}$$

Для забезпечення необхідної частоти обертання зварюваних деталей використовуємо асинхронний двигун М1 – 4 АА50 А4У3 ($n_n=1380$ об/хв, $P_n=60$ Вт) і циліндрично-черв'ячний триступінчатий редуктор із загальним передаточним числом – $i=154$.

В інших випадках достатньо забезпечити лінійне переміщення об'єктів між двома крайніми положеннями, тому в якості приводу використовуємо пневмоциліндри.

Механізм руху зварювальних головок забезпечує синхронний рух зварювальних головок з приводом від одного пневмоциліндра через систему важелів. В якості приводу використовуємо пневмоциліндр Ц1.

Керування положенням механізму забезпечуємо пневморозподільником Р1.

Механізм руху центруючих цанг встановлений всередині стола-

тумби і є клино-важільним механізмом, який приводиться в рух пневмоциліндром ЦЗ.

Механізм забезпечує синхронний рух цанг і незалежне закріплення зварюваних деталей обома цангами.

Необхідна швидкість і рівномірність руху забезпечується редукційним клапаном КР1 (П-КР-12), який зменшує тиск живлення пневмоциліндра ЦЗ до 3 кгс/см², і пневмодроселями зі зворотними клапанами ДРЗ, ДР4, які регулюють потік повітря.

Керування механізмом руху центруючих цанг здійснюємо за допомогою пневморозподільника РЗ, контроль закріплення зварюваних деталей цангами забезпечуємо реле тиску РД1 (до 0,25 МАа).

Отже пневматична схема складається з трьох незалежних один від одного пневмоприводів з живленням від мережі стиснутого повітря номінальним тиском 0,5 МПа. Крім того пневмосистему необхідно обладнати пристроєм для очищення повітря від забруднень (твердих часток, масла, води, кислот) – фільтром-вологівідділювачем ВД1 і маслорозпилювачами МР1, МР2.

Механізм базування і видачі зварених деталей встановлений на верхній горизонтальній площині стола-тумби і складається з двох важелів, які повертаються шляхом зубчатої передачі в протилежних напрямках, причому правий важіль, на якому змонтовані підпружинені базуючі упори, є привідним (рис. 3.4). В верхньому положенні правого важеля обидва важелі складають нахилену поверхню, по якій рухаються зварені деталі. Приводом механізму базування і видачі зварюваних деталей є пневмоциліндр.

Кінематична схема механізму видачі і базування представлена на рис. 3.4.

Розрахуємо максимальну необхідну силу на штоці пневмоциліндра, яка необхідна в момент початку піднімання важелів. Момент, який передається привідним важелем на непривідний:

$$M_2 = Q_n \cdot l_n - P_2 \cdot l_2$$

Момент опору, створений заготовкою і лівим важелем:

$$M_1 = P_3 \cdot l_3 + P_1 \cdot l_1$$

Отже

$$\frac{M_1}{M_2} = i_{12} = \frac{D_2}{D_1} = \frac{64,5}{34,5}$$

$$\frac{P_3 \cdot L_3 + P_1 \cdot l_1}{Q_n \cdot l_n - P_2 \cdot l_2} = \frac{D_2}{D_1} .$$

Звідки:

$$Q_n = \frac{D_4 \cdot (P_3 \cdot l_3 + P_1 \cdot l_1) + D_5 \cdot P_2 \cdot l_2}{D_5 \cdot l_{np}} = 448,5 \text{ Н}$$

Враховуючи коефіцієнт запасу 2,0...2,5 та коефіцієнт тертя 0,25 :

$$Q_{np} = \frac{2 \cdot Q}{0,25} = 35876 \text{ Н}$$

Діаметр поршня визначаємо з умови забезпечення розвитку необхідного зусилля приводу:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{np}}{\pi \cdot P \cdot \eta_n \cdot \eta_e}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 3587,6}{3,14 \cdot 0,4 \cdot 10^6 \cdot 0,9 \cdot 0,85}} = 38,6 \text{ мм}$$

При пневматичному приводі з тиском повітря 0,4МПа приймемо $D=50$ мм. Рівномірність руху важелів механізму забезпечуємо гальмівним пневмодроселем ДР2 (П-ДТ 8/10). Керування механізмом завантаження і видачі зварюваних деталей здійснюємо за допомогою пневморозподільника Р2.

3.5 Обґрунтування та вибір типу схеми керування автоматизованою виробничою системою

Сукупність керуючих команд, сформованих системою керування, повинна забезпечувати виконання в автоматичному, покроковому і ручному режимах наступних функцій:

- керування роботою окремих вузлів (механізмів видачі і базування зварюваних деталей, механізму руху центруючих цанг, обертання зварюваних деталей зварювальними головками напівавтомату);
- взаємне блокування вузлів для забезпечення заданого характеру їх дій;
- швидке визначення місця і характеру поломок для максимального скорочення часу їх усунення;
- сигналізацію ходу технологічного процесу і аварійних ситуацій (відсутність тиску вуглекислого газу, обрив проволони);
- облік кількості оброблених деталей, попередження про закінчення зварювальної проволони.

Для забезпечення швидкого і ефективного налагодження автоматичної установки і усунення поломок необхідно реалізувати функціонування в покроковому і ручному режимах.

В покроковому режимі після завершення кожного етапу очікується команда оператора про продовження роботи.

В ручному режимі оператор має можливість керувати механізмами установки в довільному порядку, зокрема без наявності заготовки але з автоматичним виконанням блокування вузлів.

Для реалізації функцій керування механізмами установки необхідно передбачити:

- контроль крайніх положень робочих органів механізмів;
- контроль наявності зварюваних деталей на позиціях видачі і базування;
- контроль зусилля затиску центруючими цангами;
- контроль наявності зварювальної проволочи;
- контроль тиску вуглекислого газу;
- відслідковування перекриття зварних швів;
- контроль працездатності установки по тривалості виконання команд системи керування;
- контроль закінчення зварювальної проволочи.

Також система керування повинна забезпечувати первинну обробку інформації обліку і можливість переналагодження на випуск продукції іншої номенклатури.

Для реалізації наведених функцій в якості системи керування доцільно використати пристрій програмного керування – мікропроцесорний контролер.

Головною особливістю мікропроцесорних систем є їх програмне керування, під яким розуміють два аспекти:

- реалізація алгоритму роботи пристрою, функцій керування і обрахунків програмним шляхом;
- можливість перепрограмування системи керування в процесі експлуатації.

При програмній реалізації алгоритму роботи забезпечується

зменшення і уніфікація цифрової частини системи керування, так як носієм програми є напівпровідникові запам'ятовуючі устаткування з високим ступенем інтеграції. Перепрограмування розширює функціональні можливості системи, підвищує її універсальність.

Використання МП змінює не лише структурну схему електронного цифрового блоку приладу. Значні математичні можливості МП дозволяють використовувати складніший алгоритм роботи. Це знижує ряд вимог до аналогового блоку приладу і забезпечує високі експлуатаційні характеристики.

3.6 Розроблення електричних схем систем автоматизованого управління та контролю

3.6.1 Обґрунтування вибору мікропроцесорного комплекту

Вибір конкретного типу мікропроцесора (МП) здійснюється за ключовими параметрами, такими як швидкодія, розрядність, здатність виконувати різноманітні логічні та математичні операції, підтримка арифметики у двійково-десятковому форматі, а також рівень споживаної потужності.

Застосування високошвидкісних МП не завжди є виправданим, оскільки такі процесори потребують використання пам'яті з відповідною швидкістю та швидкодіючої керуючої логіки. Підвищення тактової частоти призводить також до збільшення електричних завад і наведень. Тому доцільно вибирати МП із швидкістю, мінімально необхідною для вирішення поставлених завдань.

У разі невеликих вимог до обсягів оперативної та програмної пам'яті можна застосовувати однокристальні мікроконтролери.

Такі мікроконтролери виконуються у вигляді ВІС і містять у собі всі

елементи "голої" мікроЕОМ: процесор, пам'ять програм, пам'ять даних та програмовані інтерфейси, що взаємодіють із зовнішніми пристроями. Їх використання в системах керування забезпечує високу ефективність при низькій вартості – у багатьох випадках уся система може складатися лише з одного мікроконтролера.

Завдяки цьому мікроконтролери практично не мають альтернатив серед елементної бази для побудови регулюючих і керуючих систем.

Водночас порівняно невелика місткість пам'яті, поділ пам'яті програм (ПЗП) і даних (ОЗП), спеціалізована, спрощена система команд та обмежені методи адресації визначають сферу застосування мікроконтролерів – переважно у складі спеціалізованих обчислювальних модулів, що працюють у контурах керування технічними об'єктами чи процесами, а не для універсальної обробки даних.

Через відокремлення ПЗП і ОЗП мікроконтролери не відповідають фон-Нейманівській архітектурі, адже це унеможлиблює зміну або модифікацію програм під час роботи, що значно ускладнює їх використання як універсальних обчислювачів.

Базовим елементом системи керування і регулювання у даному випадку є мікропроцесор K1810BM88, який представлений на рис. 3.5.

Мікросхема K1810BM88 є 16-бітним мікропроцесором з 8-бітною зовнішньою шиною даних. Він призначений для модернізації систем, побудованих на МП K580BM80 та K580BM85, шляхом переведення їх на програмне середовище, сумісне з МП K1810BM86.

Також K1810BM88 застосовується в нових проєктах, оскільки спрощує побудову блоків пам'яті та трасування друкованих плат порівняно з K1810BM86.

Мікропроцесор K1810BM88 за своєю архітектурою та системою команд є повністю сумісним із МП K1810BM86. Основна відмінність полягає у ширині зовнішньої шини даних, що зумовлює певні зміни в організації інтерфейсу. Нумерація та функціональне призначення виводів

ВІС ВМ88 загалом відповідають аналогічним у ВМ86, однак лінії адреси А8–А15 у ВМ88 використовуються виключно для формування адрес, а сигнал ВНЕ, притаманний ВМ86, замінений на лінію стану SS0. Це пов'язано з тим, що ВМ88 працює лише з байтовими операціями й не потребує сигналу дозволу доступу до старшого байта шини.

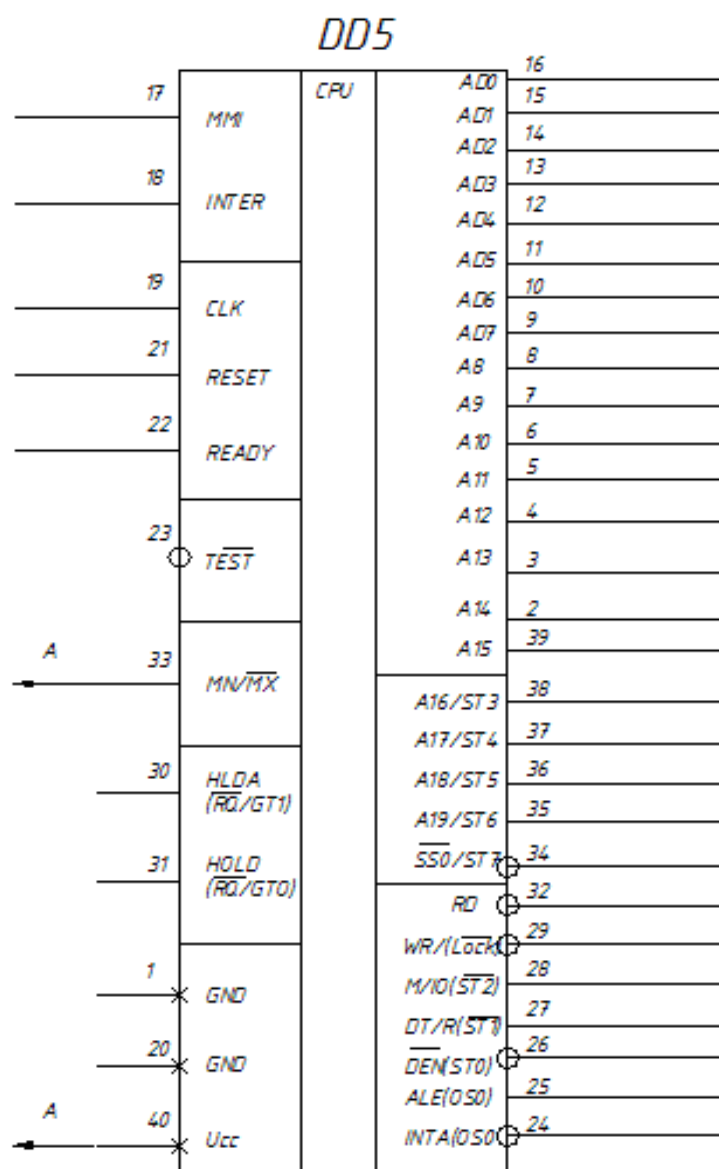


Рисунок 3.5 – Графічне зображення МП К1810ВМ88

Черга попереднього вибіркового зчитування команд у ВМ88 має довжину 4 байти. Це зумовлено тим, що на відміну від ВМ86, який може зчитувати слова, ВМ88 здатен зчитувати з пам'яті лише один байт за цикл

шини. Через збільшення тривалості вибірки команд застосування 6-байтової черги, як у VM86, не забезпечило б приросту продуктивності.

Алгоритм випереджувальної вибірки також змінений: VM88 ініціює цикл шини щоразу, коли в черзі з'являється один вільний байт, тоді як VM86 робить це при появі двох вільних байтів. Оскільки VM88 передає лише один байт за цикл шини, час виконання команд, що передбачають передачу слів, збільшується на чотири такти для кожного слова. Тому при розрахунку продуктивності необхідно враховувати кількість звернень до пам'яті та до портів введення/виведення, пов'язаних із передачею слів.

Часові діаграми сигналів МП VM88 (за винятком ліній A8–A15) повністю відповідають часовим діаграмам VM86 (див. рис. 3.6).

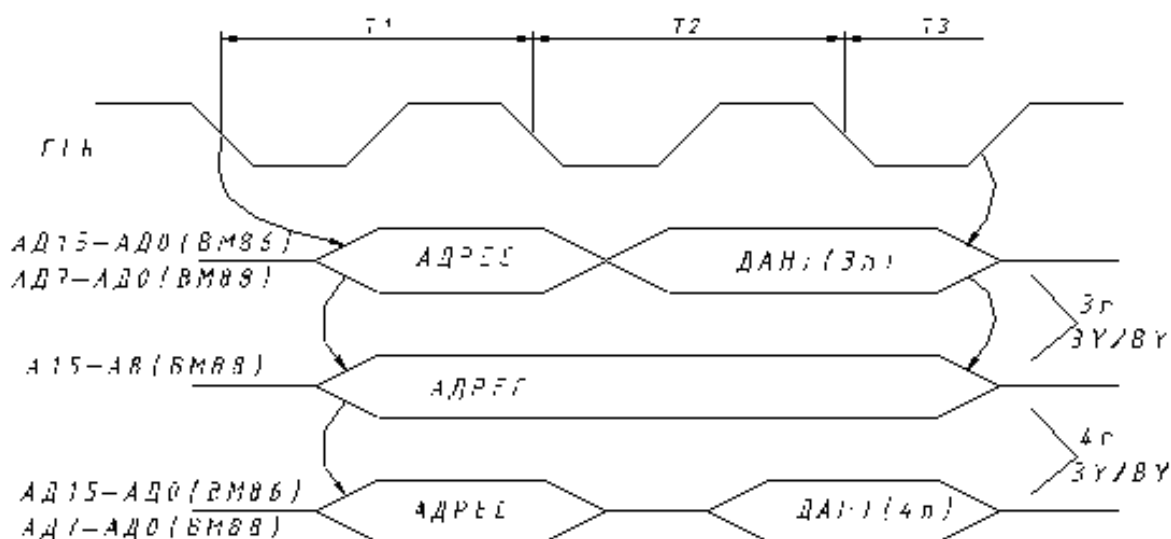


Рисунок 3.6 – Часова діаграма роботи МПВМВМ88

Значення сигналів адреси A15–A8 зберігаються у внутрішньому регістрі мікропроцесора, тому немає потреби фіксувати їх у зовнішньому регістрі за допомогою стробуючого сигналу ALE.

Найпростіший варіант побудови мікропроцесорної системи на основі VM88 реалізується із використанням мікросхем ОЗП з інтерфейсами вводу-виводу та таймером K1821KY55, а також ПЗП з портами вводу-

виводу K1821PФ55 (див. рис. 3.7).

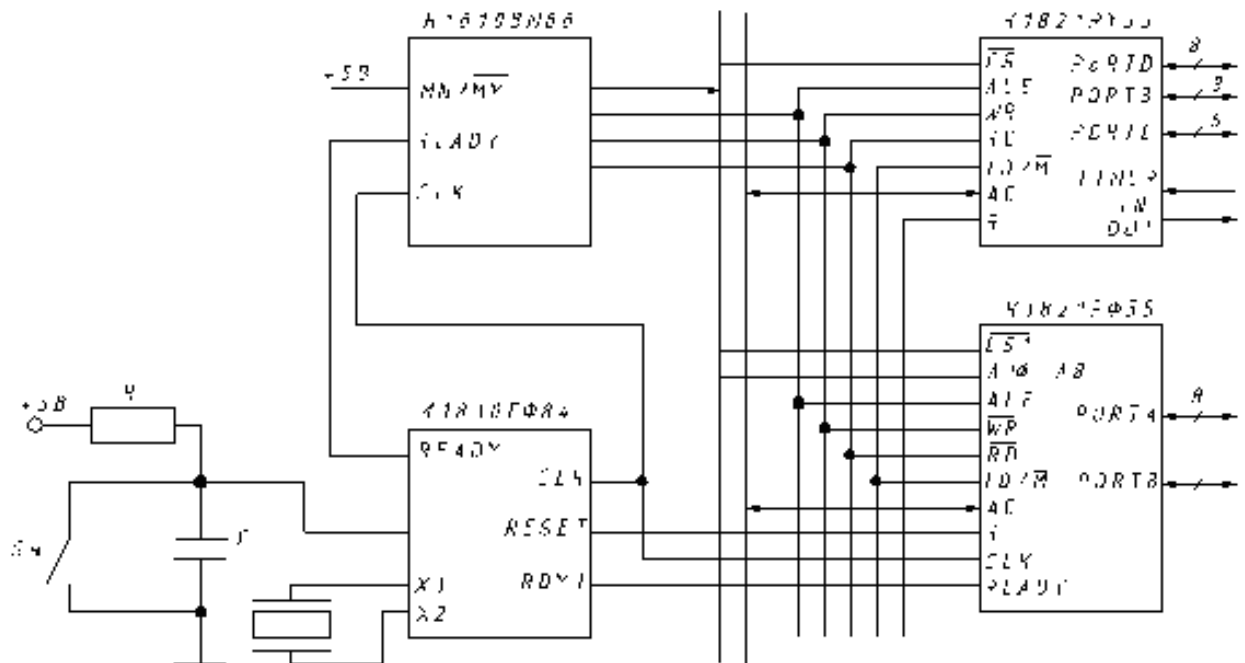


Рисунок 3.7 – Мікропроцесорна система на основі BM88

Допоміжним елементом мікропроцесорної системи є генератор тактових імпульсів (ГТІ) КР1810РФ84. Його основне призначення – забезпечення керування мікропроцесором К1810ВМ88 і периферійними модулями, а також узгодження та синхронізація сигналів READY із тактовими сигналами центрального процесора та інтерфейсної шини. Умовне графічне позначення ГТІ наведено на рисунку 3.8.

До складу ГТІ входять вузли, що формують такі сигнали:

CLK – основний тактовий сигнал для мікропроцесора;

PCLK – тактовий сигнал для керування периферійними інтегральними схемами;

OSC – сигнал коливань задавального генератора;

а також сигнали RESET (скидання) та READY (готовності).

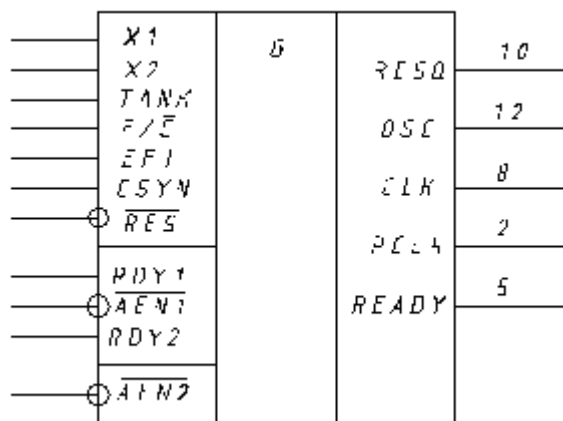


Рисунок 3.8 – Умовне графічне позначення ГКІ КР1810ГФ84

Усі тактові сигнали формуються на основі коливань кварцового резонатора, який підключається до входів X1 та X2. Це забезпечує стабільну частоту роботи системи та синхронізацію всіх пристроїв, що входять до її складу.

Схема формування сигналу скидання RESET реалізована за допомогою RC-ланцюга, підключеного до входу RES генератора тактових імпульсів. Генерація сигналу READY здійснюється безпосередньо самим ГТІ. Вхід READY мікропроцесора K1810BM88 використовується для підтвердження готовності зовнішніх пристроїв до обміну даними.

Для створення одиночного імпульсу під час запуску або ініціалізації системи застосовується одинвібратор K555АГ3. Його умовне графічне позначення та варіант підключення елементів, що задають тривалість імпульсу, наведені на рисунку 3.9.

Після натискання кнопки SB1 формується імпульс, тривалість якого визначається параметрами резистора Rx та конденсатора Cx і може бути визначена аналітично або взята з характеристикних графіків.

Розрахунок цього одинвібратора, необхідний для забезпечення коректної роботи всієї системи, представлено у наступному пункті. Тактова частота для його роботи подається з виходу PCLK генератора тактових імпульсів КР1810ГФ84.

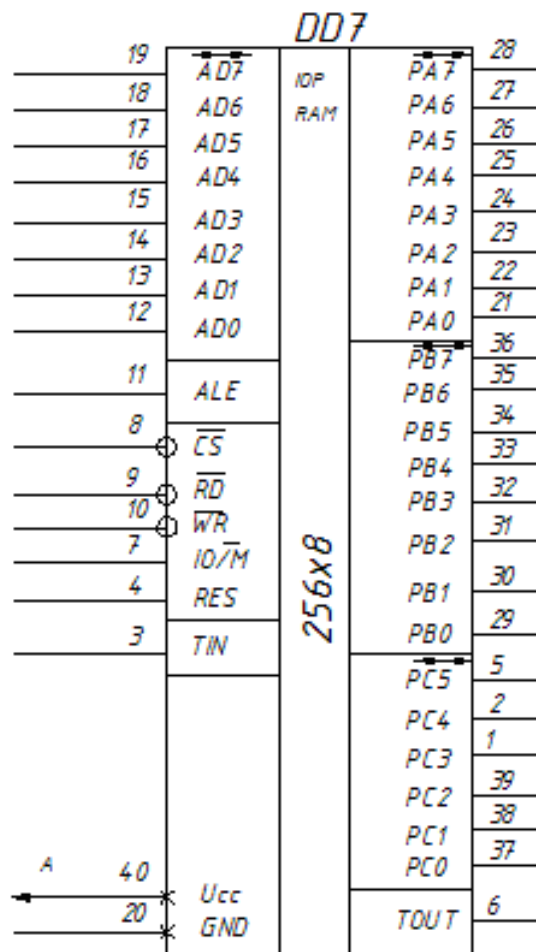


Рисунок 3.9 – Умовне графічне зображення ОЗУ КР1821 РУ55

Одним із ключових компонентів мікропроцесорної системи на базі процесора К1810ВМ88 є оперативний запам'ятовуючий пристрій із вбудованими портами введення-виведення та таймером КР1821РУ55.

Умовне графічне зображення цієї ВІС наведено на рисунку 3.10.

Мікросхема К1821РУ55 об'єднує у своєму складі такі функціональні вузли:

статичну оперативну пам'ять обсягом 2048 біт, організовану як 256×8;

два 8-бітні порти вводу-виводу;

один 6-бітний порт;

14-бітний програмований таймер.

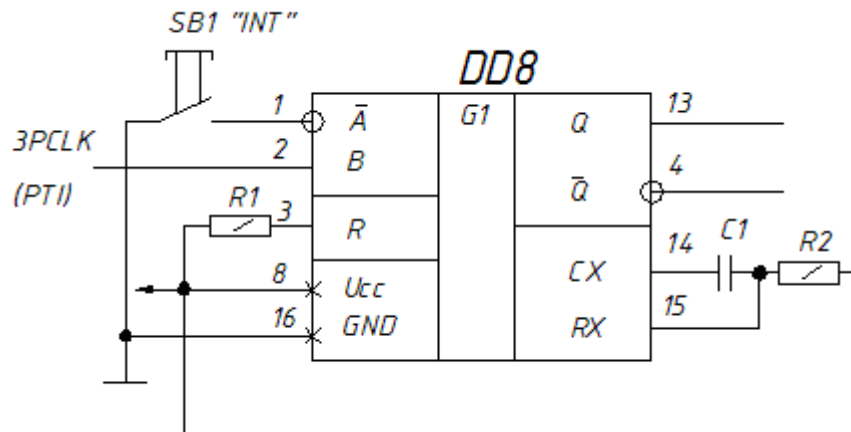


Рисунок 3.10 - Умовне графічне позначення ІС К555АГ3

- AD7–AD0 – двонапрямна мультиплексована 8-бітна шина адреси/даних;
- PA7–PA0 – двонапрямна 8-бітна шина порту А;
- PB7–PB0 – двонапрямна 8-бітна шина порту В;
- PC5–PC0 – шина даних порту С (6 біт);
- RD – сигнал керування читанням даних із мікросхеми;
- WR – сигнал керування записом даних у мікросхему;
- IO/M – вибір режиму: доступ до порту вводу-виводу або до пам'яті;
- ALE – вхід дозволу фіксації адреси всередині мікросхеми;
- RESET – вхід сигналу початкового скидання;
- CS – вибір кристала;
- TIMER IN – вхід синхроімпулсів для роботи таймера;
- TIMER OUT – вихід таймера;
- Vcc – живлення +5 В;
- GND – загальний провід.

ОЗУ, реалізоване в мікросхемі К1821РУ55, забезпечує тимчасове збереження даних, необхідних для роботи мікропроцесорної системи.

Ще одним функціональним елементом МПС, побудованої на основі МП К1810ВМ88, є ПЗУ КР1821РФ55 (рис. 3.11).

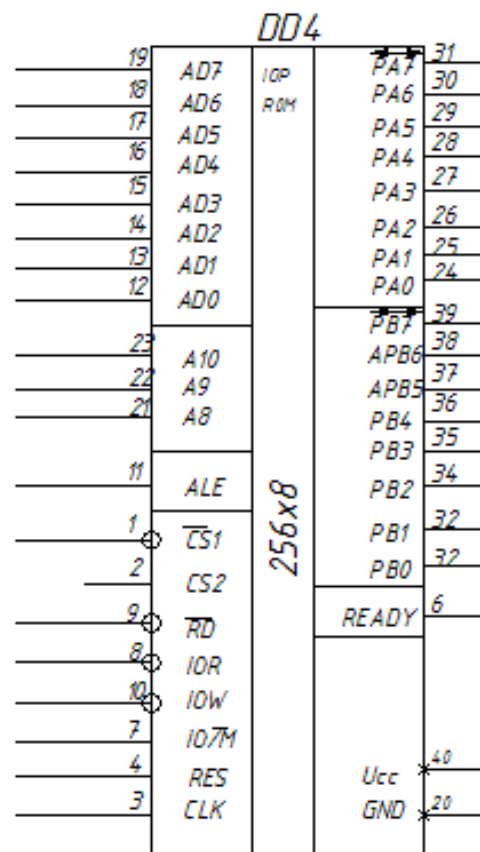


Рисунок 3.11 - Умовне графічне позначення ПЗУ КР1821РФ55

AD7–AD0 – двонапрямна мультиплексована 8-розрядна шина адреси/даних;

A10–A8 – входи старших трьох розрядів адреси;

PA7–PA0 – двонапрямна 8-бітна шина даних порту A;

PB7–PB0 – двонапрямна 8-бітна шина порту B;

RD – вхід керування операцією читання з ПЗУ;

IOR – сигнал керування доступом до портів вводу-виводу;

ALE – вхід дозволу фіксації адреси, що подається по лініях AD7–AD0;

KUIUE (RESET) – вхід сигналу скиду;

IO/M – вибір режиму роботи (порт вводу-виводу або пам'ять);

CS1, CS2 – входи вибору кристала;

READY – триточковий вхід запиту стану очікування відносно МП;

CLK – вхід синхронізації;

Ucc – живлення +5 В;

GND – загальний.

Мікросхема КР1821РФ55 містить постійну пам'ять обсягом 16 384 біти з організацією $2K \times 8$, а також два 8-бітні порти вводу-виводу – А та В.

ПЗУ КР1821РФ55 призначене для постійного зберігання програмного коду, що виконується мікропроцесором у складі системи керування.

Ключовим елементом розробленої мікропроцесорної системи контролю та регулювання обрано мікросхему К572ПВ4. Це інтегральна багатоканальна система збору даних, що поєднує функції комутації аналогових сигналів та їх перетворення у цифровий код.

До складу мікросхеми входять такі функціональні вузли:

- Мультиплексор (пристрій комутації): послідовно перемикає вісім аналогових сигналів на входах.

- Аналого-цифровий перетворювач (АЦП): забезпечує оцифровування вхідних сигналів.

- Блок пам'яті (Статичне ОЗУ): має організацію 8×8 біт і

призначений для зберігання результатів перетворення окремо для кожного з 8 каналів.

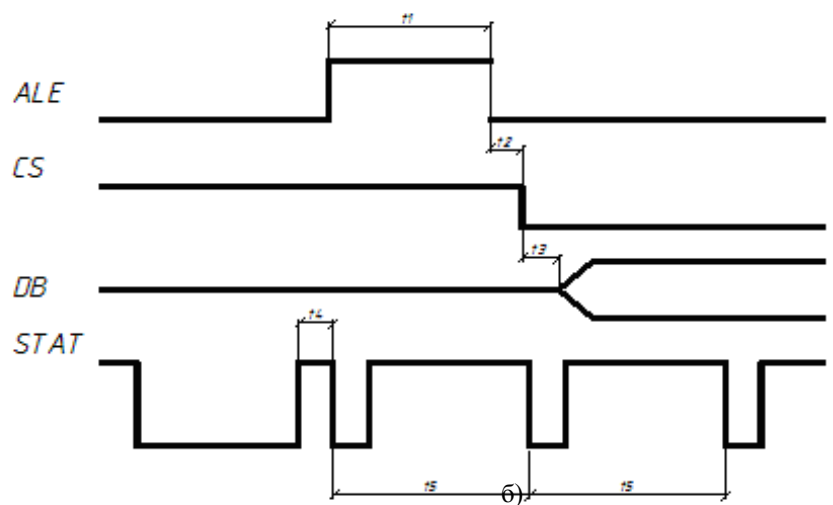
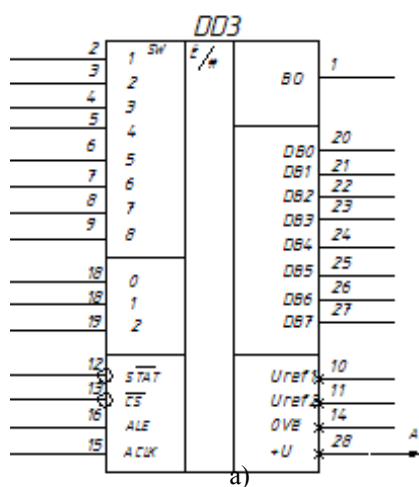
- Буферні схеми: забезпечують узгодження мікросхеми з 8-розрядною шиною даних мікропроцесорної системи.
- Схема керування: відповідає за послідовне опитування каналів, фіксацію адреси, а також операції запису (сигнал WR) та зчитування (сигнал RD).

Основні технічні параметри та керування:

- Швидкодія: Час перетворення за одним каналом становить не більше 32 мкс.
- Адресація: Вибір необхідного каналу комутатора здійснюється подачею коду на адресні входи A0–A2 (виводи 17–19).

Умовне графічне позначення мікросхеми КР572ПВ4, а також часові діаграми, що ілюструють алгоритм її роботи, наведені на рис. 3.12.

Для перетворення адресних сигналів мікропроцесора у відповідні керуючі коди в системі використано мікросхему постійного запам'ятовуючого пристрою (ПЗУ) одноразового програмування — КР556РТ16.



а – умовне графічне позначення;

б – часова діаграма;

Рисунок 3.12 – Система збору даних КР572 ПВ4

Мікросхема працює в режимі апаратного дешифратора за наступним алгоритмом:

1. Адресація: Мікропроцесор формує адресу команди та подає її на адресні входи ПЗУ.

2. Вибірка: За вказаною адресою з комірки пам'яті зчитується попередньо запрограмована інформація.

3. Вивід сигналу: На виході мікросхеми формується відповідний 8-розрядний код керування, який далі передається на порт вводу-виводу системи.

Умовне графічне позначення (УГП) інтегральної схеми КР556РТ16 представлено на рисунку 3.13.

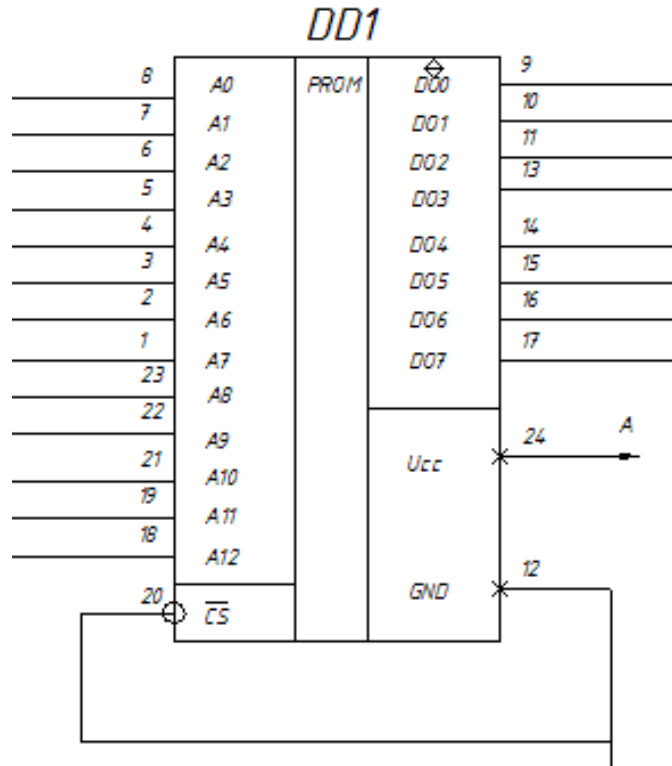


Рисунок 3.13 – Умовне позначення ІС КР556РТ16

Таблиця істинності МС К556РТ16

CS	A0...A12	D0...D7	
1	x	R off	зберігання
0	A	Дані в непрямому коді	зчитування

Особливістю роботи мікропроцесора К1810ВМ88 є використання мультиплексованої шини адреси/даних. При проектуванні системи було враховано специфіку підключення різних компонентів:

1. Компоненти з вбудованою фіксацією: Основні елементи обчислювального ядра – сам мікропроцесор К1810ВМ88, а також мікросхеми пам'яті К1821РУ55 (ОЗП) та К1821РФ55 (ПЗП) – оснащені внутрішніми регістрами-защіпками. Це дозволяє їм коректно працювати з мультиплексованою шиною без додаткових зовнішніх схем фіксації адреси.

2. Компоненти без вбудованої фіксації: Використані у схемі периферійні та допоміжні елементи, такі як дешифратор К556РТ16 та АЦП КР572ПВ4, не мають внутрішніх засобів для запам'ятовування адреси. Для їх коректної роботи необхідно забезпечити стабільний сигнал адреси протягом усього циклу звернення.

Для узгодження роботи зазначених компонентів у схему введено регістр-защіпку К1810ИР82. Його функція полягає у фіксації молодшого байта адреси (розряди А0–А7) та утриманні його стабільного рівня для периферії.

Умовне графічне позначення мікросхеми К1810ИР82 наведено на рисунку 3.14.

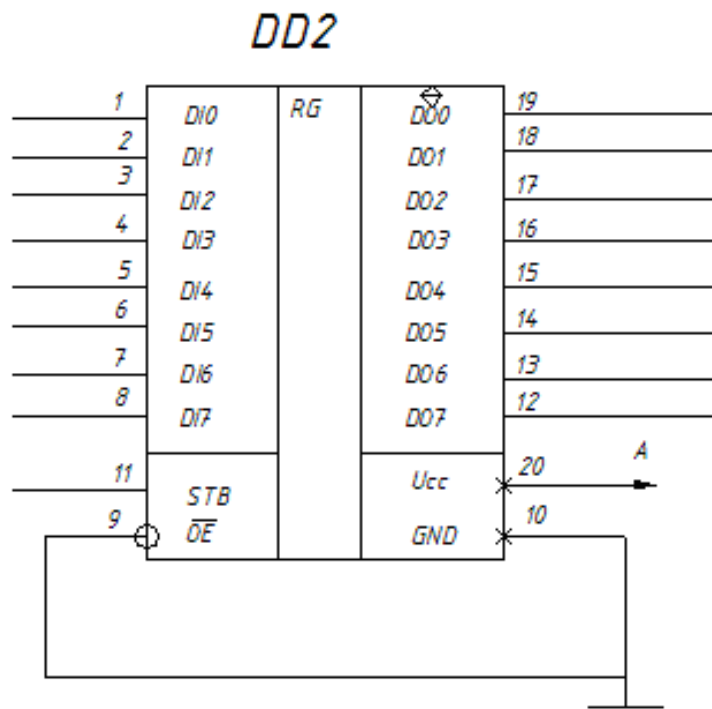


Рисунок 3.14 – Умовне позначення регістра КР1810ІР82

Д17-Д10 – це шини вхідних даних;

Д07-Д00 – лінії вихідних даних;

STB – стробуючий сигнал;

OE – дозвіл видачі даних.

Висока точність роботи радіоелектронної апаратури (РЕА) безпосередньо залежить від сталості передавальних характеристик її функціональних ланок. Визначальним фактором тут є стабільність напруги живлення.

Для усунення коливань напруги та забезпечення надійної роботи вузлів системи використано вторинне джерело живлення з інтегральною стабілізацією. В якості основного елемента стабілізації обрано мікросхему КР142ЕМ8, що дозволяє отримати фіксовану вихідну напругу з високим коефіцієнтом стабілізації.

3.6.2 Розрахунок параметрів одновібратора

Для забезпечення часової синхронізації роботи мікропроцесорної системи контролю та регулювання у схемі використовується одновібратор, реалізований на базі мікросхеми K555АГЗ.

Метою розрахунку є визначення тривалості вихідного імпульсу $\tau_{вих}$ на основі номіналів зовнішніх часозадавальних елементів – резистора R_τ та конденсатора C_τ .

Для мікросхеми серії K555АГЗ (аналог 74LS123) тривалість вихідного імпульсу розраховується за наступною емпіричною формулою:

$$\tau_{вих} = 0,45 K_\tau C_\tau,$$

Прийmemo: $R_\tau = R_4 = 27 \text{ кОм}$; $C_\tau = C_3 = 33 \text{ пф}$.

Отже тривалість імпульсу

$$\tau_{вих} = 0,45 \times 27 \times 10^3 \times 33 \times 10^{-12} = 40 \text{ мс}.$$

Таким чином, при натисканні клавіші ініціалізації одновібратор генерує на своєму виході одиночний прямокутний імпульс фіксованої тривалості 40 мс. Тривалість сформованого імпульсу не залежить від часу, протягом якого кнопка утримується в натиснутому стані (усунення ефекту «брязкоту» контактів). Отриманий сигнал подається безпосередньо на вхід переривання (NMI) мікропроцесора, що забезпечує коректний запуск або перезавантаження системи.

3.6.3 Опис технології виготовлення та характеристики плати системи керування

Ізоляційна основа з нанесеним на неї печатним покриттям утворює печатну плату.

Система печатних провідників та електрорадіоелементів, нанесених на ізоляційну основу, утворює печатну схему.

За своєю конструкцією, печатні плати поділяють на одношарові та багатошарові. Одношарові печатні плати завжди мають один ізоляційний шар, на якому знаходяться печатні провідники. Якщо вони розміщені на одній стороні ізоляційної основи, то таку плату називають односторонньою, якщо на двох сторонах, то двохсторонньою. Багатошарова плата складається із кількох печатних шарів, які ізольовані склеюючими прокладками.

Багатошарові печатні плати мають з'єднання між провідниками, розміщені в різних шарах або відкритий доступ до окремих участків провідників внутрішніх шарів для припайки до них електрорадіоелементів.

Процес виготовлення ізоляційної плати з печатним монтажем складається з двох основних операцій:

а). Створення зображення печатних провідників копіюванням зображення з негативу на світлочутливий шар, печатанням зображення захисною фарбою через сітчастий трафарет або з допомогою офсетної форми;

б). Створення струмопровідного шару на ізоляційній основі. Широкого поширення набули 3 способи створення струмопровідного шару:

1). Хімічний, при якому проводить витравлювання незахищених ділянок фольги, попередньо наклеєної на діелектрику;

2). Електрохімічний, при якому методом хімічного осадження створюється шар металу товщиною 1-2 мкм, а після того нарощується гальванічним методом до потрібної товщини;

3). Комбінований, суть якого полягає у поєднанні хімічного та електрохімічного методів. При використанні комбінованого методу провідники отримують травленням фольги, а металізовані отвори електрохімічним методом.

Використання не металізованих отворів призводить до зниження надійності спайкового з'єднання. Хімічний метод забезпечує велику продуктивність, але дозволяє отримати фольгу, яка знаходиться лише на одній стороні печатної плати. При цьому не можливо отримати високу густоту контакту. Тому хімічний метод отримують для отримання односторонніх печатних плат побутової апаратури.

Комбінований метод використовують для отримання одно чи двох сторонніх печатних плат в апаратурі, до якої ставляться високі вимоги до надійності.

Плата друкарська використовується із використанням електрохімічного нанесення печатних провідників на склотекстоліті товщиною 1,5 мм. Це дає змогу одночасно отримувати металізовані отвори, які є характерними для даної плати.

Габаритні розміри плати складають 155 мм. на 217 мм. Кріплення плати здійснюється з допомогою гвинтів діаметром 4 мм.

Для захисту зовнішніх роз'ємів від помилкового під'єднання введено ключі розмірами 1,25 на 11,25 мм².

3.6.4 Розроблення функціональної схеми автоматизованої системи. Визначення складу функціональних вузлів

Система керування установкою автоматичного зварювання повинна забезпечувати керування наступними об'єктами:

- двигун механізму обертання заготовки;
- пневморозподільники керування приводами механізмів видачі і

базування, руху центруючих цанг, руху зварювальних головок;

- зварювальні напівавтомати (включення подачі проволони і струму).

Тобто необхідно сформуванати 8 керуючих сигналів.

Використовуємо наступні давачі:

- безконтактні кінцеві вимикачі, які сигналізують про наявність заготовки на позиції завантаження, E9;
- наявність заготовки в зоні обробки, E10;
- крайні положення механізмів базування (E5-E6) і видачі (E7-E8) заготовки, руху центруючих цанг (E1-E4), зварювальних головок (E11-E14)

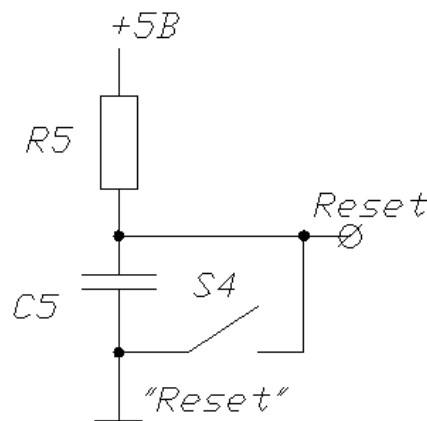


Рисунок 3.15 - Вузол скидання мікроконтролера

Функціональна схема КП наведена в графічній частині. Для реалізації необхідних функцій система керування включас наступні вузли:

- однокристальний мікроконтролер;
- вузол скидання мікроконтролера;
- мікросхеми розширення портів вводу-виводу;
- схеми підсилення і узгодження рівня сигналів;
- клавіатура;
- блок цифрових індикаторів.

3.6.5 Вузол скидання мікроконтролера

Вузол скидання мікроконтролера формує сигнал RESET, скидання ЦП і інших мікросхем. Сигнал скидання - активний станом "0" .

Сигнал формується в двох випадках:

1. При ввімкненні живлення струм, протікаючи від джерела живлення - через R5, заряджає конденсатор C5. Час заряджання визначає тривалість знаходження ЦП в неробочому стані: вся порти вводу-виводу знаходиться в високоомному стані.

Затримка в роботі ЦП необхідна з метою впевненого запуску роботи всієї системи, по закінченню всіх перехідних процесів в елементах і вузлах схеми.

Тривалість імпульсу скидання необхідно забезпечити в межах 1-10 мс. Також дана схема запобігає ускладненням з повторним запуском і відновленням дієздатності ЦП при короткочасному зникненні напруги в джерелі живлення.

2. Оператором за допомогою кнопки "Скид".

Приймаємо $R5 = 10 \text{ кОм}$ і розрахуємо значення ємності C5 для формування імпульсу тривалістю $\tau = 1 \text{ мс}$:

$$\tau = R5 \cdot C5$$
$$C5 = \frac{\tau}{R5} = \frac{0,001}{10^4} = 10^{-7}, \Phi$$

Отже $C5 = 100 \text{ нФ}$.

3.6.6 Організація системи вводу-виводу

Архітектура системи вводу-виводу базується на використанні як внутрішніх ресурсів мікроконтролера (МК), так і зовнішніх інтегральних

схем розширення.

1. Внутрішні порти мікроконтролера

Для безпосередньої взаємодії з об'єктами керування МК (серії 1816/MCS-48) використовує 27 ліній, які поділяються на три порти (по 8 біт) та три спеціальні лінії керування:

- Лінія запиту переривання (INT/ЗПР): Забезпечує реакцію системи на події від зовнішніх джерел.
- Лінія T0: Багатофункціональний вхід/вихід. Використовується для опитування стану зовнішніх датчиків, а також може генерувати тактовий сигнал синхронізації (команда ENT0 CLK).
- Лінія T1: Служить входом для зовнішніх сигналів або входом внутрішнього лічильника подій (активується командою STRT CNT).

Особливості портів P1 та P2 (Квазідвонаправлені):

- Порти P1 та P2 мають специфічну схемотехніку, що дозволяє використовувати кожен ліній індивідуально для вводу або виводу.
- Режим вводу: Для переведення лінії в режим читання необхідно попередньо записати в її буферний тригер логічну «1». Сигнал скидання (СБР) автоматично встановлює всі лінії в одиничний стан.
- Програмна обробка: При читанні порту відбувається логічне множення (AND) вхідного сигналу на вміст вихідної "засувки". Це дозволяє ефективно використовувати команди маскування (ANL, ORL) для роботи з окремими бітами.
- Проблема «читання-модифікація-запис»: Оскільки МК не дозволяє зчитувати реальний фізичний стан вихідних засувки портів P1/P2, при використанні змінних масок програма повинна зберігати копію стану порту в ОЗП. Модифікація бітів відбувається в акумуляторі з копією даних, після чого байт виводиться в порт.

Розширення через P2: Молодша тетрада порту P2 (біти 0-3) спільно з мікросхемою-розширювачем 8243 може утворювати додаткові порти вводу-виводу P4–P7. Синхронізація обміну в цьому режимі здійснюється

сигналом PROG.

Порт BUS (Справжній двонаправлений): Порт має три стани (включаючи високоімпедансний) і використовується для побайтового обміну.

1. Режим шини даних: Використовується при роботі із зовнішньою пам'яттю або зовнішніми пристроями (команди MOVX).

2. Режим статичного вводу-виводу: Використовується команди OUTL (вивід із фіксацією) та INS (ввід без фіксації).

3. Обмеження: У системах із зовнішньою пам'яттю програм порт BUS зайнятий передачею адреси та команд, тому використання його для статичного вводу-виводу (команда OUTL) неможливе.

2. Розширення вводу-виводу (BIC KP580BB55A)

Для збільшення кількості ліній зв'язку з перифеією у схемі використано програмований паралельний інтерфейс KP580BB55A (аналог Intel 8255). Мікросхема підключається до системної шини даних МК і додає 24 лінії вводу-виводу.

Структура каналів: Лінії згруповані у три 8-розрядні порти, напрямок передачі яких (ввід або вивід) задається програмно шляхом запису керуючого слова в регістр управління:

- Порт А (BA0–BA7)
- Порт В (BB0–BB7)
- Порт С (BC0–BC7) – може ділитися на дві тетради.

Керування та адресація: Вибір мікросхеми та внутрішніх регістрів здійснюється згідно з таблицею істинності (таблиця 3.3) за допомогою наступних сигналів:

- D0–D7: Двонаправлена шина даних для зв'язку з процесором.
- CS (Chip Select): Вибір мікросхеми (активний рівень – низький).
- A0, A1: Адресні входи для вибору одного з портів (А, В, С) або

регістра управління.

- RD (Read): Строб читання даних з BB55A.
- WR (Write): Строб запису даних або керуючого слова у BB55A.
- RESET: Скидання мікросхеми. При подачі цього сигналу всі порти (A, B, C) автоматично налаштовуються на режим вводу (високоімпедансний стан входів).

В розроблюваній МПС необхідно використати дві мікросхеми КР580ВВ55А. Керуючі сигнали А0,А1, RD, WR, CS формуємо мікроконтролером на виходах P20-P24.

Сигнали керування виконавчими механізмами формуються МК на лініях порту P1 і підсилюються спочатку логічними елементами DD3, а далі підсилювачами на базі оптосимисторів ТСО-10.

Дані від кінцевих вимикачів, реле тиску і зварювальних напівавтоматів узгоджуються з рівнем мікросхем ТТЛ резисторами R41-R76, логічними елементами К155ЛН1 і під'єднуються до ліній паралельного порту DD7.

Таблиця 3.3 - Таблиця істинності мікросхеми KP580BB55.

СИГНАЛИ НА ВХОДАХ					ПРИЗНАЧЕННЯ
A1	AO	RD	WR	CS	
Операція вводу (зчитування)					
0	0	0	1	0	BA => Шина даних
0	1	0	1	0	BB => Шина даних
1	0	0	1	0	BC => Шина даних
Операції виводу (запис)					
0	0	1	0	0	Шина даних => BA
0	1	1	0	0	Шина даних => BB
1	0	1	0	0	Шина даних => BC
1	1	1	0	0	Шина даних => регістр управління
Операції блокування					
X	X	X	X	1	Шина даних (третій стан)
1	1	0	1	0	Заборонена комбінація

3.6.7 Розробка принципів електричних схем спряжень системи керування з технологічним обладнанням

Схема спряжень системи керування з технологічним обладнанням повинна забезпечити узгодження вихідних сигналів безконтактних кінцевих вимикачів з інтерфейсом мікропроцесорної системи, підсилення сигналів керування виконавчими механізмами (електромагнітами пневморозподільників пневмоциліндрів Ц1-Ц3).

Схема узгодження вибраних безконтактних кінцевих вимикачів У143.11 з буферними логічними елементами серій К155. Показана на рис. 3.3.

Узгоджуючі резистори вибираємо із наступних співвідношень:

$$R_1 = \frac{U - U_M}{I} = \frac{24 - 2,4}{0,04} = 540 \text{ Ом}, \text{ приймаємо } R1=510 \text{ Ом.}$$

$$R_2 = \frac{0,9U_M}{I} = \frac{0,9 \cdot 2,4}{0,04} = 54 \text{ Ом}, \text{ приймаємо } R2=51 \text{ Ом.}$$

Використовуємо лише один вихід вимикачів.

Вмикання-вимикання електромагнітів пневморозподільників і комутацію керуючих ланцюгів зварювальних напівавтоматів здійснюємо з використанням тиристорів.

Враховуючи невідповідність рівнів вихідних сигналів контролера і керуючих імпульсів тиристорів, необхідно розробити підсилювач керуючих імпульсів для тиристора.

Розрахуємо підсилювач вихідних сигналів мікропроцесорного контролера ($I_k=40 \text{ мА}$, $U_k= 2,4 \text{ В}$) для керування електромагнітами пневморозподільників (ЭУ5201: $I_d= 8,3 \text{ А}$, $U_d= 24 \text{ В}$). Принципова схема підсилювача показана на рис.3.16.

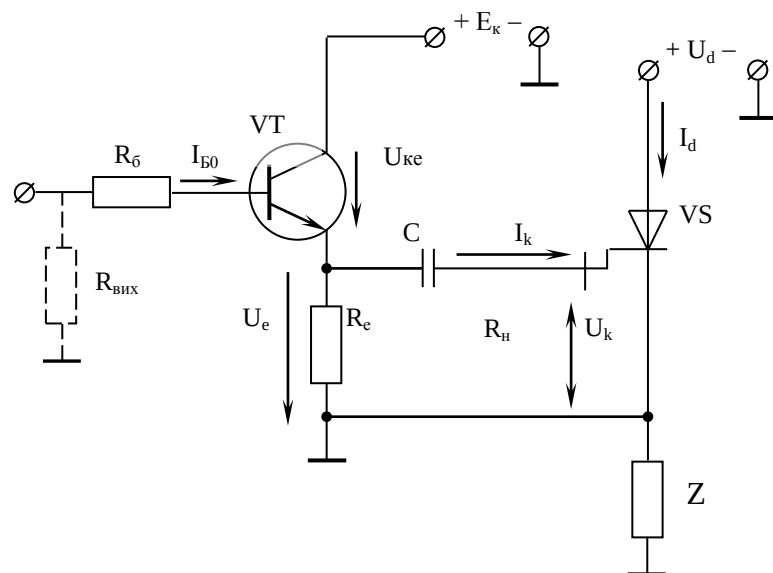


Рисунок 3.16 - Схема підсилювача керуючих імпульсів для тиристорів

По вихідним даним вибираємо вентиль – симетричний оптронний тиристор *ТСО–10*, для якого: $I_{відкр} = 10\text{ А}$; $U_{відкр} = 1,85\text{ А}$; $U_{np.max} = 1000\text{ В}$; $t_{вкл} = 10\text{ мкс}$; $I_k = 80\text{ мА}$, $U_{k.min} = 3\text{ В}$.

Опір навантаження керуючого ланцюга тиристора:

$$R_H = U_k / I_k = 3 / 0,080 = 37,5\text{ Ом}$$

Напруга живлення підсилювача: $E_k \geq U_k$, приймаємо $E_k = 5\text{ В}$

Максимальний струм колектора транзистора: $I_{k.max} = 80\text{ мА}$

Потужність транзистора:

$$P = \frac{U_k I_k}{\eta} = \frac{3 \cdot 0,080}{0,9} = 0,27\text{ Вт}$$

По $U_k > 3\text{ В}$ і $P_{max} > 0,27\text{ В}$ вибираємо транзистор КТ503А (кремнієвий планарно-епітаксіальний ррп-транзистор, призначений для використання в ключових і лінійних схемах), для якого:

$$P_{max} = 0,5\text{ Вт}; I_{k.max} = 300\text{ мА}; h_{21e} = 40; U_{be} = 1,2\text{ В}.$$

Визначаємо опір R_e :

$$R_e = \frac{U_e^2}{P_{max}} = \frac{5^2}{0,5} = 50\text{ Ом}, \text{ приймаємо } R_e = 51\text{ Ом}.$$

Визначаємо струм I_b :

$$I_{\delta} = \frac{I_{k.\max}}{h_{21e}} = \frac{0,080}{40} = 2 \text{ мА} < 0,040 \text{ мА}$$

Визначаємо опір R_{δ} :

$$R_{\delta} = \frac{U_{\delta e}}{I_{\delta}} = \frac{1,2}{0,002} = 600 \text{ Ом}, \text{ приймаємо } R_{\delta} = 560 \text{ Ом}.$$

Визначаємо величину ємності C , що забезпечує час вмикання і вимикання тиристора $t_{\text{вкл}} = 10 \text{ мкс}$.

$$U_e = U_C + U_{R_n};$$

$$U_C \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} = U_e - k I_k R'_n - \text{напруга на конденсаторі};$$

$$\tau = C \cdot (R'_n + R_e).$$

$$\tau = \frac{t_{\text{вкл}}}{\ln \frac{U_e}{U_e - I_k R'_n}} = \frac{10 \cdot 10^{-6}}{\ln \frac{5}{5 - 0,080 \cdot 37,5}} = 10,9 \cdot 10^{-6}$$

$$C = \frac{\tau}{R'_n + R_e} = \frac{10,9 \cdot 10^{-6}}{37,5 + 51} = 0,123 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$$

Приймаємо $C = 0,15 \text{ мкФ}$.

3.6.8 Розробка клавіатури і дисплею

Для організації взаємодії системи керування з оператором використовуємо цифрову клавіатуру (12 клавiш: “0” – “9”, “Ввід”,

“Відміна”) і лінійний дисплей на семисегментних напівпровідникових індикаторах (6 позицій).

Для обслуговування клавіатури використовуємо процедуру опитування стану клавіатури. Тобто організовуємо почергове однократне звертання до кожної клавіші для визначення, чи натиснута вона.

На виходах PA0-PA3 мікросхеми DD5 МК формує код клавіші, яка вибирається за допомогою мультиплексора K155КП1. Якщо клавіша нажата на виході мультиплексора встановлюється низький логічний рівень, який після обробки схемою усунення “дребезгу” потрапляє на вхід T0 МК.

Схему усунення “дребезгу” контактів клавіатури реалізуємо на двох одновібраторах K155АГ3. Перший одновібратор формує імпульс тривалістю 40 мс від наростання сигналу з мультиплексора. По спаду цього сигналу другий одновібратор формує сигнал тривалістю 2 мкс, який інформує МК про нажаті клавішу.

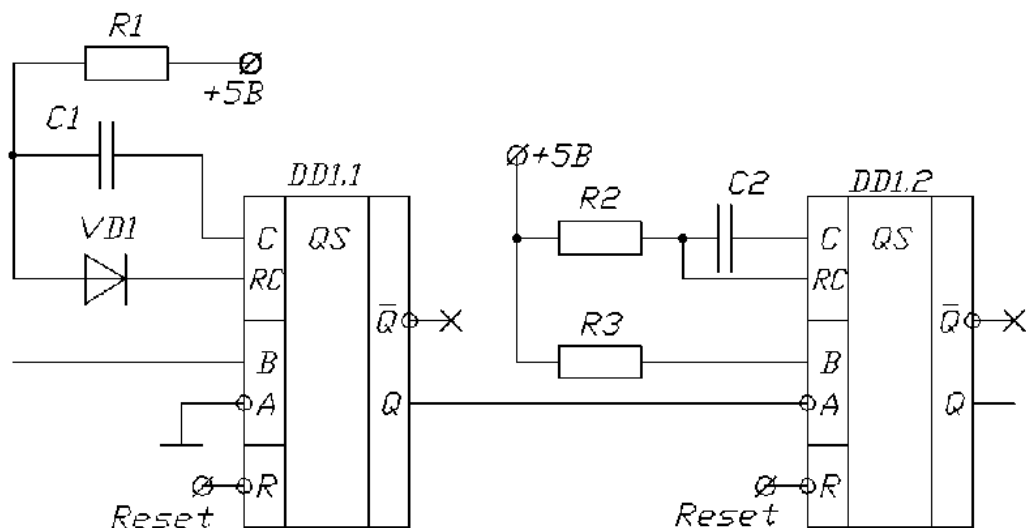


Рисунок 3.17 - Схема усунення “дребезгу” контактів

Розраховуємо параметри часозадаючих конденсаторів для формування імпульсів необхідної тривалості:

$$\tau = 40 \text{ мс}, R1 = 10 \text{ кОм}$$

$$\tau = 0,25 R1 C1 \left(1 + \frac{0,7}{R1} \right);$$

$$C1 = \frac{\tau}{0,25 R1 \left(1 + \frac{0,7}{R1} \right)} = \frac{0,04}{0,25 \cdot 10^4 \left(1 + \frac{0,7}{10^4} \right)} = 1,6 \cdot 10^{-5} \Phi;$$

$$\tau = 2 \text{ мкс}, R2 = 10 \text{ кОм}$$

$$\tau = 0,28 R2 C2 \left(1 + \frac{0,7}{R2} \right);$$

$$C2 = \frac{\tau}{0,28 R2 \left(1 + \frac{0,7}{R2} \right)} = \frac{2 \cdot 10^{-6}}{0,28 \cdot 10^4 \left(1 + \frac{0,7}{10^4} \right)} = 7,14 \cdot 10^{-10} \Phi.$$

Отже $C1=16 \text{ мкФ}$, $C2=710 \text{ пФ}$.

Для відображення інформації використовуємо 6 7-сегментних напівпровідникових індикаторів АЛС-320А, працюючих в мультиплексному режимі. Вибір індикованої позиції здійснюється через лінії PB0-PB5 мікросхеми DD6, з наступним підсиленням за допомогою транзисторів VT1-VT6.

Семисегментний код символу формується на лініях PC0-PC6 мікросхеми DD6, а необхідний рівень сигналу забезпечується мікросхемами DD8, DD9 і резисторами R28-R33, опором 75 Ом.

4 Науково-дослідна частина

Аналіз ефективності методів роботизованого електрозварювання деталей

4.1 Аналіз ефективності найбільш поширених методів роботизованого електрозварювання

Розглянемо аналіз ефективності трьох основних та найбільш поширених методів роботизованого електрозварювання: MAG (Metal Active Gas), TIG (Tungsten Inert Gas) та плазмового зварювання.

Вибір методу зварювання для роботизованого комплексу визначається не лише технічними характеристиками шва, але й економічною ефективністю, яка оцінюється через собівартість одиниці продукції, продуктивність та початкові інвестиції.

1. Роботизоване зварювання методом MAG

Метод MAG - це найбільш поширений і економічно вигідний метод для масового виробництва (табл. 4.1).

Таблиця 4.1

Параметр	Характеристика	Економічна ефективність
Швидкість зварювання	Висока (за рахунок сталої швидкості подачі дроту)	Найвища продуктивність серед аналізованих методів; мінімальний час циклу; швидка окупність інвестицій

Продовження таблиці 4.1

Параметр	Характеристика	Економічна ефективність
Якість шва	Добра, але нижча, ніж у TIG. Вимагає мінімального очищення від бризок (хоча сучасні технології їх зменшують)	Зниження витрат на післязварювальну обробку. Достатня якість для більшості конструкційної сталі та автомобілебудування
Економічні витрати	Помірно низькі. Використовується дешевший захисний газ (активний газ, наприклад CO ₂ або суміш) та відносно недорогий дріт	Низька собівартість витратних матеріалів
Початкові інвестиції	Середні	Стандартне роботизоване обладнання (робот, джерело живлення, зварювальне пристосування)
Застосування	Зварювання товстих та середньої товщини металів (вуглецева сталь, низьколеговані сталі, алюміній). Масове виробництво	

Отже метод MAG - це оптимальний вибір для масового виробництва, де пріоритетом є швидкість і низька собівартість при необхідній, але не надмірній, якості шва.

2. Роботизоване зварювання методом TIG

Метод використовує неплавкий вольфрамовий електрод, забезпечуючи найвищу якість (табл. 4.2).

Таблиця 4.2

Параметр	Характеристика	Економічна ефективність
Швидкість зварювання	Низька. Процес більш повільний, особливо при використанні додаткового дроту для корекції сплаву	Низька продуктивність у порівнянні з MAG; довший час циклу
Якість шва	Найвища. Шов чистий, без бризок, мінімальна зона термічного впливу, відмінний естетичний вигляд	Мінімальні або нульові витрати на післязварювальну обробку. Незамінний для критичних з'єднань
Економічні витрати	Високі. Використовується дорогий чистий інертний газ (аргон, гелій) та вольфрамові електроди. Частково компенсується низьким відсотком браку	Висока собівартість витратних матеріалів та газу
Початкові інвестиції	Від середніх до високих. Спеціалізовані джерела живлення та високоточні системи керування роботом	Вимагає більш точного позиціонування деталі та робота
Застосування	Зварювання тонких металів, високоякісної нержавіючої сталі, титану та алюмінію	

Отже, метод TIG використовується там, де якість шва та естетика є основними (наприклад, труби під тиском, медичне обладнання), попри його нижчу швидкість та вищу вартість матеріалів.

3. Роботизоване плазмове зварювання

Плазмове зварювання це модифікація TIG. Тут дуга стискається плазмою, що підвищує щільність енергії (табл. 4.3).

Таблиця 4.3

Параметр	Характеристика	Економічна ефективність
Швидкість зварювання	Від середньої до високої. Більша за TIG, особливо на товщинах до 6-8 мм	Підвищена продуктивність у порівнянні з TIG
Якість шва	Дуже висока (близька до TIG, але з глибшим проваром)	Висока надійність шва, зменшення потреби в багатопрхідному зварюванні
Економічні витрати	Високі. Потрібні два види газу (плазмоутворюючий та захисний), складніше обладнання	Високі експлуатаційні витрати, але компенсація за рахунок меншої кількості проходів
Початкові інвестиції	Найвищі. Спеціалізована та складна плазмова головка, подвійна система подачі газу	Висока вартість обладнання, вимагає найдовшого терміну окупності або великих обсягів спеціалізованої продукції

Продовження таблиці 4.3

Параметр	Характеристика	Економічна ефективність
Застосування	Товсті та середні метали (до 10 мм) з високими вимогами до провару та якості (наприклад, теплообмінники, резервуари під тиском)	

Отже, плазмове зварювання обирають для зварювання товстих деталей за один прохід з високою якістю. Тут економічна перевага плазми полягає в зменшенні часу зварювання та витрат на підготовку кромки.

Таблиця 4.4 - Порівняння різних методів зварювання

Фактор	MAG	TIG	Плазмове
Продуктивність (швидкість)	Висока	Низька	Середня / висока
Якість шва	Добра	Найвища	Дуже висока
Початкові інвестиції	Середні	Середні	Високі
Економічні витрати	Низькі (дешеві гази)	Високі (дорогий чистий аргон)	Високі (2 види газу)
Собівартість за метр шва	Найнижча	Найвища	Висока
Типові товщини	Середні/товсті	Тонкі/Середні	Середні/товсті (один прохід)
Типові матеріали	Вуглецева, низьколегована сталь	Нержавіюча сталь, титан, алюміній	Нержавіюча сталь, титан

4.2 Техніко-економічний аналіз різних методів зварювання

Для проведення техніко-економічного аналізу різних методів зварювання необхідно враховувати наступні фактори:

1. Обсяг виробництва:

- масове виробництво: MAG-метод, як правило, найбільш економічно ефективний завдяки високій швидкості та низьким експлуатаційним витратам.

- дрібносерійне/одиничне: TIG-метод може бути виправданий, оскільки мінімальні витрати на післязварювальну обробку та вища якість компенсують повільність.

2. Вимоги до якості:

- якщо потрібен високоякісний шов, що підлягає контролю рентгенівським методом, або високий естетичний шов - TIG або плазмовий метод є обов'язковими, незважаючи на вартість.

3. Автоматизація зварювальної комірки:

- усі роботизовані системи потребують значних початкових інвестицій в промислового робота, системи позиціонування (поворотні столи), оснащення та програмне забезпечення. Економічна окупність досягається за рахунок багатозмінного режиму роботи (24/7) та стабільно низького відсотка браку (близько 0%).

4. Енергоспоживання:

- хоча енергія є частиною вартості, її частка менша, ніж витратні матеріали. Проте, більш повільний TIG-метод може споживати більше енергії на одиницю продукції, якщо робот працює в простої, чекаючи на подачу дроту.

Проведемо розрахунок точки беззбитковості (ТБ) для підприємства, що має річний обсяг зварювання 200000 метрів шва відповідно до даних таблиці 4.5.

Порівняємо найбільш популярні та економічно протилежні методи:

MAG (швидкість/низька вартість) проти TIG (якість/висока вартість).

Таблиця 4.5 - Вихідні дані та припущення

Параметр	MAG	TIG	Опис
Початкові інвестиції (I)	150000 USD	160000 USD	Робот, джерело живлення, позиціонер, системи безпеки. (TIG трохи дорожче через більш точне обладнання)
Швидкість зварювання ($V_{зв}$, м/год)	60 м/год	20 м/год	Середня ефективна швидкість на лінії (з урахуванням завантаження/вивантаження)
Річна продуктивність	120000 м	40000 м	Розраховано на 2000 робочих годин на рік
Прямі змінні витрати на 1 м шва ($C_{зм}$)	0.80 USD/м	1.50 USD/м	Дріт/електроди, газ, витратні частини пальника, електроенергія
Фіксовані річні витрати ($C_{фікс}$)	10000 USD	10000 USD	Амортизація будівлі, страхування, непрямі витрати (без обліку зарплат операторів, які входять у змінну частину)
Вартість робочого часу ($C_{роб}$)	30 USD/год	30 USD/год	Зарплата оператора, інженера-програміста, обслуговування (на годину роботи)
Ціна продажу 1 м шва (P)	5.00 USD/м	5.00 USD/м	Припускаємо однакову ціну для спрощення

Розрахунок змінних витрат на 1 метр шва

Змінні витрати на 1 метр шва ($C_{заг}$) включають прямі матеріали та витрати на робочий час, розділені на продуктивність:

$$C_{\text{заг}} = C_{\text{зм}} + \frac{C_{\text{роб}}}{V_{\text{зв}}}$$

Розрахунок для MAG:

$$C_{\text{заг}(MAG)} = 0.80 + \frac{30}{60} = 0.80 + 0.50 = 1.30 \text{ USD/м}$$

Розрахунок для TIG:

$$C_{\text{заг}(TIG)} = 1.50 + \frac{30}{20} = 1.50 + 1.50 = 3.00 \text{ USD/м}$$

Розрахунок точки беззбитковості (ТБ)

Точка беззбитковості ($Q_{\text{ТБ}}$) – це обсяг продукції (у метрах шва), при якому загальний прибуток дорівнює загальним витратам.

$$Q_{\text{ТБ}} = \frac{\text{Фіксовані річні витрати} + \text{Інвестиції}}{\text{Маржинальний прибуток на одиницю продукції}}$$

Маржинальний прибуток

$$M = P - C_{\text{заг}}$$

де P – ціна продажу;

$C_{\text{заг}}$ – загальні змінні витрати.

Точка беззбитковості для MAG

$$M_{MAG} = 5.00 - 1.30 = 3.70 \text{ USD/м}$$

$$Q_{TB(MAG)} = \frac{10,000 + 150,000}{3.70} \approx 43,243 \text{ метрів шва}$$

Точка беззбитковості для TIG

$$M_{TIG} = 5.00 - 3.00 = 2.00 \text{ USD/м}$$

$$Q_{TB(TIG)} = \frac{10,000 + 160,000}{2.00} = 85,000 \text{ метрів шва}$$

Аналіз результатів

Показник	MAG	TIG	Аналіз
Змінні витрати/м	1.30 USD	3.00 USD	MAG у 2,3 рази дешевший в експлуатації за 1 м шва
Маржинальний прибуток/м	3.70 USD	2.00 USD	Кожен метр шва MAG приносить майже вдвічі більше прибутку
Точка беззбитковості (ТБ)	43243 м	85000 м	MAG окупається майже у 2 рази швидше, ніж TIG

Висновки:

1. Метод MAG для стандартизованого зварювання, де допустима його якість, є набагато вигіднішим (низькі змінні витрати та висока швидкість забезпечують швидку окупність інвестицій і високий прибуток при великих обсягах);

2. Метод TIG має вищу точку беззбитковості, тобто для його окупності потрібен значно більший річний обсяг або вища ціна продажу (виправдана високою якістю шва). Якщо ціна продажу залишається 5 USD,

TIG є вигідним лише тоді, коли якість шва є критично важливою, і клієнт готовий платити більше, або коли інші методи (наприклад, ручне зварювання TIG) мають ще вищі витрати.

5 Спеціальна частина

Розроблення алгоритмічного забезпечення автоматизованої системи та керуючої програми

В основу проєктування програмного забезпечення системи покладено принцип модульності. Алгоритм роботи мікроконтролера (МК) розглядається як чітка послідовність дій, що забезпечує однозначне перетворення вхідних даних ("сирих" сигналів від датчиків) у керуючі впливи на об'єкт.

Процес розробки алгоритму базується на наступних ключових етапах та принципах:

1. Метод послідовної декомпозиції

Для спрощення розробки складної системи використовується метод декомпозиції ("згори-донизу").

- Розбиття задачі: Загальна задача керування розділяється на менші функціональні вузли (модулі).
- Ієрархія: Зв'язок між модулями формує загальну (системну) блок-схему алгоритму (БСА). Кожен модуль, у свою чергу, деталізується до субмодулів.
- Глибина деталізації: Поділ продовжується до того рівня, поки логіка роботи окремого модуля не стане тривіальною та очевидною (аж до рівня, коли одному блоку на схемі відповідає одна або декілька команд асемблера). Це гарантує "прозорість" алгоритму та надійність його роботи.

2. Вимоги до визначення даних

Розробка БСА вимагає граничної точності у специфікації інтерфейсу "програма-апаратура". Необхідно чітко визначити:

- Символічні імена змінних та констант.

- Адреси таблиць даних та портів вводу/виводу.
- Електричні та часові характеристики сигналів (на основі функціональної специфікації апаратної частини).

3. Принципи структурного програмування

Для мінімізації помилок та спрощення налагодження програмний код будується за правилами структурного програмування:

- Ізольованість: Кожен модуль реалізує одну конкретну процедуру обробки даних і може розроблятися та тестуватися незалежно.
- Принцип "Один вхід – один вихід": Це фундаментальна вимога надійності. Кожен функціональний блок повинен мати лише один вхід для передачі керування і один вихід.
- Уникнення помилок: Більшість програмних збоїв виникає у модулях з множинними виходами (неконтрольовані переходи). Тому всі умовні розгалуження або реалізуються всередині модуля (замикаючись на єдиний вихід), або виносяться на рівень міжмодульних зв'язків у БСА вищого рангу.

Такий підхід дозволяє поєднувати окремі відлагоджені модулі у завершене прикладне програмне забезпечення, що має мінімальні проблеми узгодження.

Отже, необхідно зробити детальний аналіз завдань, які постають перед керуючою програмою установки.

Алгоритм функціонування автоматичної установки, зображений в графічній частині, передбачає таку послідовність операцій:

1. Початок.
2. Перевірка працездатності обладнання.
3. Обладнання справне?
4. Виклик ремонтника.
5. Ремонтник прибув?
6. Ремонт обладнання.
7. Ремонт закінчено?

8. Робочі механізми у вихідне положення.
9. Наявна заготовка?
10. Механізм видачі і базування в робоче положення.
11. Механізм видачі і базування в робочому положенні?
12. Контроль наявності деталі на робочій позиції.
13. Механізм руху центруючих цанг в переднє положення.
14. Механізм руху центруючих цанг в передньому положенні заготовка зажата?
15. Підведення зварювальної головки.
16. Ввімкнення двигуна обертання зварюваних деталей.
17. Контроль початку зварювання.
18. Ввімкнення зварювальних напівавтоматів.
19. Контроль закінчення зварювання, тиску CO_2 , закінчення проволочки.
20. Вимкнення двигуна.
21. Відведення зварювальної головки.
22. Вимкнення зварювальних напівавтоматів.
23. Механізм руху центруючих цанг у вихідне положення.
24. Механізм руху центруючих цанг у вихідному положенні?
25. Механізм видачі і базування у вихідне положення.
26. Механізм видачі і базування у вихідному положенні?
27. Контроль обробленої заготовки.
28. Кінець роботи установки?
29. Кінець.

Циклограма роботи установки наведена в графічній частині. Видно, що повний цикл обробки заготовки складає 47,3 с, але за рахунок суміщення операцій завантаження і базування нової заготовки та видачі зварених деталей в тару такт роботи установки складає 43,3 с.

Необхідно реалізувати ввід даних від давачів, вивід керуючих сигналів на виконавчі механізми, діалог з оператором при роботі в одному з чотирьох режимів і виконання відповідних режимові команд оператора:

0 – очікування команд;

1 – режим перевірки працездатності робочих органів:

0 – вихід після закінчення активного етапу;

2 – автоматичний режим:

0 – вихід після закінчення активного циклу,

1 – вихід після закінчення активного етапу;

3 – покроковий режим:

“ОК” – наступний етап,

0 – вихід після закінчення активного етапу;

4 – ручний режим:

0 – вихід після закінчення активного етапу,

1 – вибір механізму видачі і базування і індикація його стану:

0 – вихід,

1 – в вихідне положення,

2 – в робоче положення,

2 – вибір механізму руху центруючих цанг:

0 – вихід,

1 – в вихідне положення,

2 – в робоче положення;

3 – вибір механізму руху зварювальних головок:

0 – вихід,

1 – в вихідне положення,

2 – в робоче положення;

4 – вибір механізму обертання зварюваних деталей і

зварювальних напівавтоматів:

0 – вихід,

1 – виключення обертання (з автоматичним вимкненням

напіваавтоматів),

2 – включення обертання зі зварюванням в автоматичному режимі,

3 – включення обертання,

4 – ввімкнення зварювальних напіваавтоматів,

5 – вимкнення зварювальних напіваавтоматів.

Для взаємодії з оператором використовуємо 12 клавіш (“0” – “9”, “ОК” – підтвердження введеної команди, “С” – відміна введеної команди) і 6-позиційний лінійний 7-сегментний дисплей (І позиція відображає активний режим роботи, ІІ – активний механізм, ІІІ – виконувана команда; ІV-VI – індикація коду помилки, VI – остання введена команда).

В керуючій програмі використовуємо наступні змінні:

- Р, режим роботи;
- С, виконувана команда;
- Е, активний механізм;
- КВ, код сканованої клавіші;
- І, номер індикатора;
- ТК, таймер активної команди;
- Т1, максимальний час зміни положення МВіБ;
- Т2, максимальний час зміни положення МРЦЦ;
- Т3, максимальний час затиску цангою;
- Т4, максимальний час зміни положення ЗГ;
- ТКВ, таймер паузи після нажаття клавіші;
- ХЕ, необхідність переходу в режим 0 (ХЕ=1);
- А, заборона ввімкнення НА (А=1).

Керуюча програма здійснює початкову ініціалізацію системи керування і перехід до підпрограми вибраного оператором режиму. Ініціалізація системи передбачає:

- встановлення режиму роботи мікроконтролера (дозвіл переривань від таймера/лічильника, заборона зовнішнього переривання, вибір нульового банку регістрів і пам'яті програм);
- встановлення режимів роботи мікросхем програмованих паралельних інтерфейсів;
- присвоєння початкових значень змінним.

При введенні оператором режиму роботи здійснюється перехід до однієї з підпрограм: AUTO (автоматичний і покроковий режими), PROB (режим перевірки працездатності робочих органів), MANUAL (ручний режим).

Кожна з цих підпрограм у певній послідовності (в ручному режимі відповідно командам оператора) викликає процедури зміну стану механізмів. Приклад такої процедури наведено на рис. 5.1.

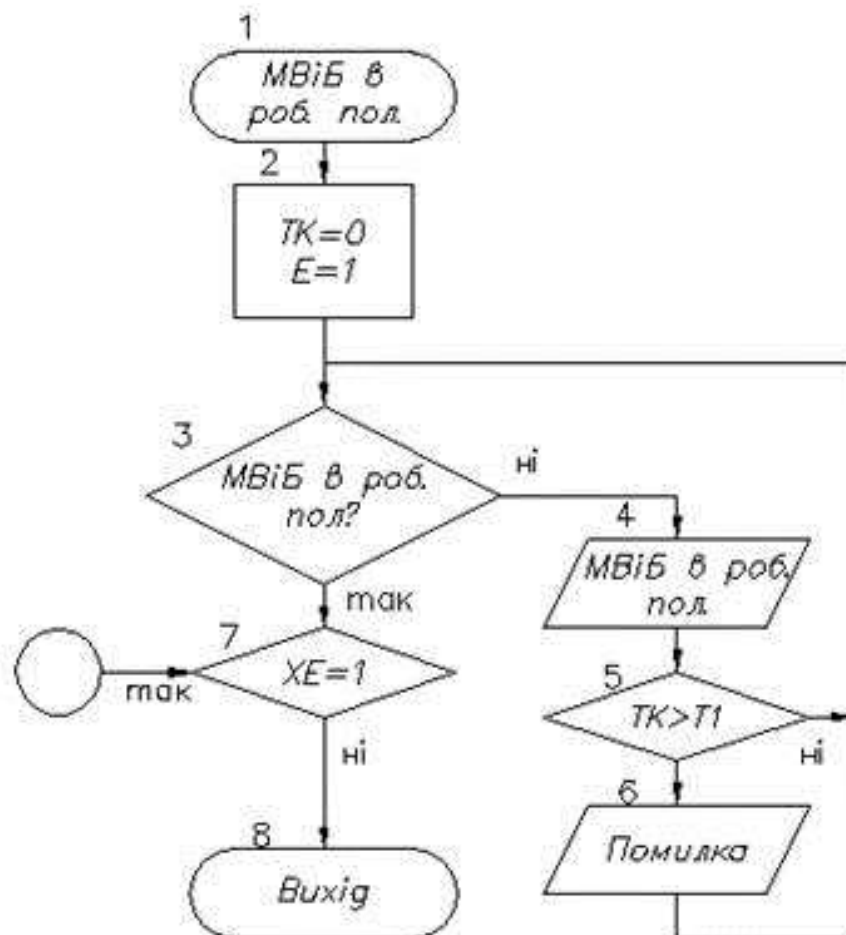


Рисунок 5.1 - Переведення МВіБ в робоче положення

Алгоритм передбачає скидання таймера активної команди і індикацію активного механізму; формування команди зміни стану механізму, доки не надійде підтвердження про зміну стану від давача; контроль тривалості виконання команди.

Обслуговування дисплея і індикаторів здійснюється підпрограмою CLOCK, яка викликається підпрограмою обробки переривання від таймера.

Підпрограма здійснює сканування однієї клавіші і поновлення інформації на одному індикаторі. Лічильник коду клавіші змінює своє значення від 0 до 15, тобто 4 рази скануються “відсутні” клавіші.

Вибір наступного індикатора здійснюється зсувом байта типу 00000001, тобто 2 рази поновлюються відсутні індикатори. Якщо таймер/лічильник завантажується числом T , підпрограма CLOCK виконується кожні $80(T+1) \cdot 10^{-6}$ с. Мінімальна рекомендована частота сканування клавіатури 5 Гц, а поновлення індикаторів 20 Гц. Отже необхідна частота виклику підпрограми CLOCK рівна $\max(5 \cdot 16; 20 \cdot 8) = 160$ Гц.

$$T \leq \frac{1}{160 \cdot 80 \cdot 10^{-6}} - 1 = 77$$

Крім того підпрограма CLOCK аналізує стан давачів S1..S4 і при відсутності зварювальної проволочи вимикає напівавтомати і забороняє їх вмикання ($A=1$).

6 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

6.1 Заходи з охорони праці на підприємстві

6.1.1 Оцінка технологічного процесу і проектованої установки автоматичного зварювання деталей щодо умов безпеки праці

Зварювання металів супроводжується наявністю ряду шкідливих і небезпечних виробничих факторів, які для різних видів зварювання представлені в табл. 6.1.

Практично при усіх видах зварювання, при різанні і наплавленні присутні такі небезпечні фактори, як пил, газ, світлове випромінювання, висока температура, теплове й ультрафіолетове випромінювання.

Наявність при зварюванні пальних газів може привести до хімічного вибуху, а експлуатація ємностей під тиском з інертними газами може викликати фізичний вибух. Відкриті газове полум'я і дуга, струмінь плазми, бризи рідкого металу і шлаку при зварюванні і різанні створюють небезпеку опіків і підвищують небезпеку виникнення вибуху і пожежі.

Технологічний процес зварювання супроводжується інтенсивним випромінюванням електромагнітних хвиль. Основними складовими опромінення є інфрачервоне випромінювання в діапазоні від 0,76 до 3,0 мкм (62 %) і ультрафіолетове випромінювання довжиною хвилі 0,2 – 0,4 мкм (24 %). На відстані 0,5 м рівень опромінюваності знижується в 3,5 рази.

Ультрафіолетове випромінювання з довжиною хвилі 0,4–0,315 мкм має слабкий біологічний вплив, УФ-промені в діапазоні 0,315–0,28 мкм впливають на шкіру, УФ-випромінювання з довжиною хвилі 0,28–0,2 мкм має бактерицидну дію.

Таблиця 6.1 - Шкідливі і небезпечні виробничі фактори зварювальних робіт.

	Вид зварювальних робіт	Ручне дугове	Дугове в захисних газах	
			напіваавтом.	автомат.
шкідливі фактори	Пилегазоподібні речовини	*	*	*
	УФ-випромінювання	*	*	*
	Видиме випромінювання	*	*	*
	ІЧ-випромінювання	*	*	*
	Електромагнітні поля	-	-	-
	Магнітні поля	-	-	-
	Іонізуюче випромінювання	-	-	-
	Шум	+	+	+
	Ультразвук	-	-	-
	Лазерні промені	+	*	-
небезпечні	Електричний струм	*	*	*
	Іскри, бризки і викиди розплавленого металу	*	*	*
	Рухомі механізми і вироби	+	*	*
	Системи під тиском	-	*	*
Примітка: * – інтенсивний фактор, + – помірний фактор				

Надлишок і недолік цього виду випромінювання становить небезпеку для організму людини. Вплив на шкіру великих доз УФ-випромінювання викликає шкірні захворювання – дерматити. Уражена ділянка має набряклість, відчуваються печіння і сверблячка. При впливі підвищених доз УФ-випромінювання на центральну нервову систему характерні наступні симптоми захворювань: головний біль, нудота, запаморочення, підвищення температури тіла, підвищений стомлюваність, нервові порушення й ін.

Ультрафіолетові промені з довжиною хвилі менш 0,32 мкм, діючи на очі, викликають захворювання, називане електроофтальмією. Людина вже на початковій стадії цього захворювання відчуває різкий біль і відчуття піску в очах, погіршення зору, головний біль. Захворювання супроводжується сильною слъозотечею, а іноді світлобоязню і поразкою роговиці. Воно швидко проходить (через один-два днів), якщо не продовжується вплив ультрафіолетового випромінювання.

Для інфрачервоного випромінювання характерні електромагнітні хвилі з довжиною хвилі в межах від 0,76-до 420 мкм. Інфрачервоне випромінювання генерується будь-яким нагрітим тілом, температура якого визначає інтенсивність і спектр випромінюваної електромагнітної енергії. Нагріті тіла, що мають температуру вище 100 °С, є джерелом короткохвильового інфрачервоного випромінювання (0,7-9 мкм). Зі зменшенням температури нагрітого тіла (50–100 °С) інфрачервоне випромінювання характеризується в основному довгохвильовим спектром.

У залежності від довжини хвилі змінюється проникаюча здатність інфрачервоного випромінювання. Найбільшу проникаючу здатність має короткохвильове інфрачервоне випромінювання (0,76–1,4 мкм), що здатне проникати в тканині людського тіла на глибину в кілька сантиметрів. Інфрачервоні промені довгохвильового діапазону затримуються в поверхневих шарах шкіри.

Велика проникаюча здатність короткохвильового випромінювання викликає безпосередній вплив на життєво важливі органи людини (на мозкові оболонки, мозкову тканину й інші), тому існує небезпека його впливу.

Вплив інфрачервоного випромінювання може бути загальним і локальним. Основна реакція організму на інфрачервоне опромінення – зміна опромінених ділянок тіла. При довгохвильовому випромінюванні підвищується температура поверхні тіла, а при короткохвильовому – змінюється температура легень, головного мозку, бруньок і т.п. Значна

зміна загальної температури тіла (1,5–2 °С) відбувається тільки при опроміненні інфрачервоними променями великої інтенсивності.

Впливаючи на мозкову тканину, короткохвильове випромінювання викликає так називаний «сонячний удар». Людина при цьому відчуває головний біль, запаморочення, частішання пульсу і подиху, потемніння в очах, порушення координації рухів, утрату свідомості.

При впливі на очі найбільшу небезпеку представляє короткохвильове випромінювання. Можливий наслідок впливу інфрачервоного випромінювання на очі— поява інфрачервоної катаракти.

Певні види зварювання супроводжуються шумом, що значно перевищує припустимі рівні. При плазменно-механічному різанні металу шум може досягати в області знижених частот 1 дБ і в області високих частот 10 дБ; рівень шуму на робочому місці оператора плазмового напилювання знаходиться в межах 120– 130 дБ.

6.1.2 Заходи по автоматизації виробничих процесів, які сприяють покращенню умов праці

Одним із основних принципів забезпечення безпеки праці є принцип економічної доцільності. З огляду на те, що абсолютна безпека – це лише бажаний стан будь-якого виробничого процесу при сучасному рівні розвитку техніки, необхідно вибирати такі технології, форми організації робіт і засоби захисту, що дозволили б при мінімально можливих витратах на охорону праці досягати необхідного рівня безпеки.

Основними формами реалізації цього принципу є перехід до безлюдних чи принципово нових, більш безпечних технологій, виробничих процесів, що передбачають повну передачу енергетичних, транспортних, технологічних, логічних функцій від людини виконавчим механізмам, пристроям, машинам і т.п.; розробка і широке використання автоматизованих, адаптивних систем діагностики, контролю і керування рівнем безпеки автоматизованих виробничих процесів.

Розроблена установка автоматичного зварювання включає лоток-накопичувач, який забезпечує транспортування зварюваних деталей в робочу зону; механізм базування і видачі виробів, який забезпечує встановлення заготовок і видачу зварених виробів; механізми обертання циліндричної деталі і зварювальних головок, які формують необхідну траєкторію шва і оптимальну швидкість зварювання. Також установка оснащена блокуючими пристроями, які забезпечують вимкнення окремих частин комплексу при порушенні виробничого процесу, відмові обладнання або виході параметрів енергоносіїв за допустимі межі. При спрацюванні будь-якого із пристроїв аварійної зупинки виключається можливість впливу на оператора шкідливих і небезпечних виробничих факторів.

З позицій охорони праці функціонування розробленої установки автоматичного зварювання відбувається з мінімальним соціально-допустимим ризиком для здоров'я і життя людей.

Місця, де відбуваються технологічні процеси зварювання, пов'язані з високим рівнем шуму і тому повинні вкриватися кожухами. Якщо за умовами технологічного процесу неможливе встановлення звукоізолюючих кожухів на установки, то оператори повинні знаходитися в звукоізольованих кабінах з оглядовими вікнами і дистанційним керуванням процесом. Приміщення зварювання, різання чи плазмової обробки в таких випадках повинні мати гарну звукоізоляцію для захисту суміжних ділянок.

Для зменшення виділення шкідливих речовин поверхні, що покриті антикорозійними грунтовками, необхідно попередньо зачищати від грунтовки по ширині не менш 10 мм від місця зварювання.

Захист від теплових випромінювань повинний здійснюватися шляхом екранування джерела випромінювання, застосуванням кабін чи поверхонь з радіаційним охолодженням, повітряного душування чи скороченням часу перебування в зоні впливу джерел теплового випромінювання.

Для захисту від шкідливої дії електромагнітних полів застосовуються спеціальні заземлені екрани у вигляді щитів з металеві сітки (їхня захисна дія заснована на ефекті ослаблення електричного поля поблизу заземленого металевих предмета). Екрани можуть бути постійні і переносні у виді козирків, навісів, перегородок. Екрани варто встановлювати на достатній відстані від струмоведучих частин електроустановки щоб уникнути перекриття повітряних проміжків.

При здійсненні зварювальних робіт необхідні засоби захисту очей від електромагнітного випромінювання. Як екрани використовуються скляні світлофільтри: круглі і прямокутні – для захисних окулярів, прямокутні – для щитків; світлофільтри виготовляють з темного (ТС) і синього (СС) скла.

Тип світлофільтра, який необхідно застосовувати в конкретних умовах роботи, визначається в залежності від оптичної щільності світлофільтра для різних ділянок спектра електромагнітних хвиль. З огляду на те, що практично оцінка фактичних умов опромінення електромагнітними хвилями є трудомістким процесом, рекомендується вибір марки світлофільтра робити на основі оцінки непрямих показників (наприклад, сили струму, витрати ацетилену, кисню й ін.).

При дуговому зварюванні у вуглекислому газі з силою струму 315 А згідно [4] рекомендується використання світлофільтрів з темного скла марки С-8 або С-9.

6.1.3 Розрахунок захисного заземлюючого пристрою

Для захисту від ураження електричним струмом всі установки повинні бути заземлені відповідно до ДСТУ 7237:2011. Елементи зварювального ланцюга, відрізки кабелів при нарощуванні повинні бути з'єднані рознімними сполучними муфтами. Не можна з'єднувати зварювальні ланцюги скрутками з оголеним кабелем. Струмоведучі кабелі зварювального ланцюга повинні бути ізольовані по всій довжині і захищені

від механічного ушкодження. Забороняється використання як зворотний провід мережі заземлення металевих будівельних конструкцій будинку, комунікацій. З'єднання між собою окремих елементів, використовуваних як зворотний провід, повинне виконуватися ретельно (зварюванням чи затиском).

Захисне заземлення – це передбачене електричне з'єднання із землею не струмоведучих частин, які можуть бути випадково під напругою. Захисне заземлення є ефективною мірою захисту при живленні електрообладнання від електричних мереж із ізольованою нейтраллю і напругою вище 1000 В із будь-яким режимом нейтралі.

У відповідності з ПУЕ захисне заземлення потрібно виконувати у приміщеннях із підвищеною небезпекою і особливо небезпечних по умовах ураження електричним струмом, а також у зовнішніх установках обов'язково при номінальній напрузі живлення електроустановки більше 42В змінного струму і більше 110В постійного струму, а в приміщенні без підвищеної небезпеки при напрузі 380В і більше змінного струму і 440В і більше постійного струму. Лише у вибухонебезпечних приміщеннях заземлення виконують незалежно від значення напруги живлення установки. Захисна дія заземлення ґрунтується на зменшенні напруги дотику, що досягається шляхом зменшення потенціалу на корпусі обладнання відносно поверхні землі.

Заземлюючий пристрій – наявність заземлювача (металічного провідника чи групи), які безпосередньо знаходяться у контакті із землею та заземлюючи провідників, які з'єднують частини установки із заземлювачем.

Матеріал штучних заземлювачів (електродів) є сталь (труби, кутники, прутки). В залежності від розмірів заземлювачів по відношенню до області, яка заземлена, заземлення буває виносне і контурне.

Норма на опір заземлюючих пристроїв у відповідності з ПУЕ для електроустановок напругою до 1000 В із ізольованою нейтраллю (п.1.7.65)

повинен бути не більше 4 Ом.

Металеві неструмоведучі частини електрообладнання і електроустановок при порушенні ізоляції між ними і їхніми струмоведучими частинами можуть опинитися під напругою. У таких аварійних умовах дотик до неструмоведучих частин установок рівнозначний дотику до струмоведучих частин. Усунення небезпеки ураження електричним струмом при такому переході напруги на неструмоведучі частини електроустановок у мережах з ізольованою нейтраллю здійснюють з допомогою захисного заземлення.

Розраховуємо штучне заземлення для установки автоматичного зварювання деталей, яка живляться від мережі трифазного струму напругою 380 В з ізольованою нейтраллю. В якості електродів заземлювачів приймаємо сталі труби довжиною $l = 3$ м і діаметром $d = 50$ мм, які з'єднані між собою сталеву смугою шириною $B = 0,04$ м. Коефіцієнт використання заземлення $\eta_z = 0,67$ і з'єднувальної смуги $\eta_c = 0,75$ визначені з таблиць по [4]. Відстань між заземлювачами приймаємо $a = 6$ м, заглиблення верхнього кінця труби і з'єднувальної смуги $H = 0,8$ м. Питомий опір ґрунту по [3] $\rho = 160$ Ом·м.

Методика розрахунку.

1. Визначити розрахунковий питомий опір ґрунту ρ_p , в якому розміщене заземлення:

$$\rho_p = \rho \cdot \varphi,$$

де ρ – питомий опір ґрунту;

φ – кліматичний коефіцієнт, який вибирається в залежності від вологості ґрунту (вибираємо з таблиці [83, ст. 162]), $\varphi = 1,33$.

2. Визначити опір розтікання струму одиночного вертикального заземлювача (труби), заглибленого нижче рівня землі на $H = 0,6$ м [83, табл. 9.6].

$$R_3 = \frac{\rho_p}{2\pi l} \left(\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t+l}{4t-l} \right), \text{ Ом}$$

де $t=H+0,5l$ - відстань від поверхні ґрунту до середини труби.

3. Визначити необхідну кількість заземлювачів :

$$n = \frac{R_3}{R_H \eta_3}, \text{ шт}$$

де R_H – нормований опір для заземлюючого пристрою ($R_H=4$ Ом), η_3 - коефіцієнт використання заземлення.

4. Визначити довжину з'єднувальної смуги (заземлювачі розміщені в ряд):

$$L_c = 1.05a(n - 1), \text{ м}$$

де a – відстань між заземлювачами.

5. Визначити опір розтікання струму з'єднувальної смуги:

$$R_c = \frac{\rho_p}{2\pi l_c} \ln \frac{2l_c^2}{bH}, \text{ Ом.}$$

6. Визначити загальну величину опору розтікання струму заземлюючі пристроїв:

$$R_{3\pi} = \frac{R_3 R_c}{R_c \eta_c + R_3 \eta_3 n}, \text{ Ом}$$

де η_c - коефіцієнт використання з'єднувальної смуги.

7. Зробити висновок по результатам розрахунку. Величина опору захисного заземлення повинна задовольняти умову:

$$R_{3\pi} \leq R_H.$$

Розрахунок

$$\rho_{p.з.} = 1,33 \cdot 160 = 212,8 \text{ Ом} \cdot \text{м};$$

$$t = H + 0,5l = 0,6 + 0,5 \cdot 3 = 2,1 \text{ м};$$

$$R_3 = \frac{212,8}{2\pi \cdot 3} \left(\ln \frac{2 \cdot 3}{0,05} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 2,1 + 3}{4 \cdot 2,1 - 3} \right) = 77,9 \text{ Ом}$$

$$n = \frac{R_3}{R_H \eta_3} = \frac{77.9}{4 \cdot 0.67} \geq 29_{шт}$$

$$L_c = 1.05a(n-1) = 1.05 \cdot 6 \cdot (29-1) = 176.4 \text{ м};$$

$$R_c = \frac{212.8}{2\pi 3} \ln \frac{2 \cdot 3^2}{0.04 \cdot 0.6} = 74.8 \text{ Ом}.$$

$$R_{3П} = \frac{77.9 \cdot 74.8}{74.8 \cdot 0.75 + 77.9 \cdot 0.67 \cdot 29} = 3.71 \text{ Ом}$$

$$R_{3П} = 3.71 \leq 4 \text{ Ом}$$

Отже розрахований заземлюючий пристрій відповідає вимогам ПУЕ.

6.2 Заходи з безпеки в надзвичайних ситуаціях

6.2.1. Залежність розмірів осередків ураження від маси продуктів вибуху СДОР, їхнього тиску, метеоумов і місцевості

В комплексі заходів протихімічного захисту населення важливе місце займає оцінка радіаційної та хімічної обстановки. Володіння її методикою є прямим обов'язком начальників цивільної оборони, командирів формувань ЦО.

При аваріях, пов'язаних з виробництвом, зберіганням та транспортуванням сильнодіючих отруйних речовин (СДОР), може виникнути складна хімічна обстановка з утворенням зон хімічного зараження (ЗХЗ) та осередків хімічного ураження (ОХУ). Небезпека ураження населення в цих умовах вимагає швидкого виявлення СДОР і оцінки хімічної обстановки, а також періодичного її уточнення, оскільки метеоумови можуть постійно змінюватись.

Тому командно-начальницький склад і особовий склад невоєнізованих формувань ЦО об'єктів господарської діяльності (ОГД) повинен досконало володіти методикою оцінки хімічної обстановки.

Хімічна обстановка - це обстановка, яка складається на території адміністративного району, населеного пункту чи ОГД внаслідок викиду (виливу) СДОР або застосування хімічної зброї, істотно впливає на життєдіяльність населення роботу ОГД, боєздатність формувань ЦО і вимагає вжиття необхідних заходів захисту.

Зона хімічного ураження включає ділянку розливу - територію, над якою поширюється первинна або вторинна хмара СДОР чи ОР в небезпечних для життя і здоров'я людей концентраціях. В зоні хімічного зараження може знаходитись один або більше осередків хімічного ураження. Осередок хімічного ураження - це територія, в межах якої внаслідок виливу СДОР виникають масові ураження людей, сільськогосподарських тварин і рослин. ЗХЗ характеризується розмірами (глибиною і шириною) і площею, які залежать від кількості СДОР (ОР), їх виду, метеоумов, рельєфу місцевості, наявності на ній рослинності, типу і щільності забудови. Хімічну обстановку на ОГД виявляють пости (ланки) радіаційного і хімічного спостереження (ПРХС) та на хімічно небезпечних об'єктах - черговий диспетчер, який у випадку аварії повідомляє робітників і службовців об'єкту і доповідає в штаб ЦО міста (району).

Оцінка хімічної обстановки проводиться методом прогнозування (завчасно, при розробці плану ЦО об'єкту) і за даними розвідки.

При оцінці хімічної обстановки методом прогнозування приймається умова одночасного розливу (викиду) всього запасу СДОР (воєнний час) або із максимальної по об'єму одиничної ємності (в мирний час) при сприятливих для розповсюдження зараженого повітря метеоумовах (інверсія, швидкість вітру 1 м/с).

Оцінка хімічної обстановки за даними розвідки проводиться на основі конкретної обстановки, коли враховується фактична кількість вилитої СДОР і реальні метеоумови. Оцінка хімічної обстановки на ОГД передбачає:

— визначення розмірів і площі ЗХЗ;

- визначення часу підходу хмари зараженого повітря СДОР до об'єкту;

- визначення тривалості уражаючої дії СДОР;

- визначення можливих втрат населення в ОХУ.

Для оцінки хімічної обстановки необхідно мати такі вихідні дані:

- вид і кількість СДОР;

- місце викиду СДОР

- час викиду СДОР;

- ступінь захищеності людей (наявність захисних споруд , індивідуальних засобів захисту);

- топографічні умови місцевості і характер забудови на шляху розповсюдження хмари зараженого повітря (закрита чи відкрита місцевість);

- метеоумови;

швидкість і напрямок вітру в приземному шарі, температура повітря і ґрунту, ступінь вертикальної стійкості повітря.

Розрізняють три ступені вертикальної стійкості повітря :

- інверсію - при ній нижні шари повітря холодніші за верхні, що перешкоджає переміщенню його по вертикалі і створює оптимальні умови для збереження високих концентрацій отруйних речовин (виникає у вечірній і нічний час при тихій погоді і швидкості вітру до 4м/с);

- конвекцію - нижні шари повітря нагріті більше ніж верхні, що сприяє переміщенню повітря по вертикалі, а значить зменшенню її уражаючої дії Виникає вдень , при ясній погоді і швидкості вітру до 4м/с);

- ізотермію - температура повітря межах 20-30м від земної поверхні майже однакова (спостерігається в похмуру погоду, при опадах або при швидкості вітру більше 4м/с, а також як перехідний період від інверсії до конвекції навпаки) [9].

6.2.2. Оцінка хімічної обстановки

Оцінку хімічної обстановки можна проводити за формулами і таблицями складеними відповідно до основних видів СДОР [4].

В нашому випадку підприємство є небезпечним об'єктом третього ступеня по хімічній небезпеці, це означає, що зона зараження виходить за межі території об'єкту. В запасах даного об'єкту може бути нагромаджено до 150т соляної кислоти. Максимальний об'єм ємності становить 40т кислоти. Проведемо оцінку можливої хімічної обстановки в результаті руйнування 40-а тонної ємності соляної кислоти з чисельністю зміни 500 чоловік. На віддалі 1 км знаходиться житловий масив. Робітники і службовці протигазами забезпечені на 100%.

Метеорологічні умови:

Інверсія : швидкість вітру -1м/с ; t=20C °; A°=270°.

Потрібно :

Оцінити хімічну обстановку, яка може скластися внаслідок аварії на час після аварії N=1год;

Розв'язання:

Визначаємо глибину можливого зараження (Г) і площу зараження (S) Визначаємо еквівалентну кількість речовини в первинній хмарі :

$$Q_1 = K_1 \times K_3 \times K_5 \times K_7 \times Q_9 \quad (T)$$

де Q0=40 (т)

K1 - коефіцієнт, який залежить від умов зберігання СДОР [9], K1=0

K3-коефіцієнт рівний відношенню порогової токсодози соляної кислоти до порогової дози інших СДОР, K3=0.3;

K5-коефіцієнт, який враховує ступінь вертикальної стійкості повітря (інверсія=1);

K7-коефіцієнт, який враховує вплив температури повітря K7=1

Отже Q1=0

Визначаємо еквівалентну кількість речовини у вторинній хмарі :

$$Q_2 = (1 - K_1) \times K_2 \times K_3 \times K_4 \times K_5 \times K_6 \times K_7 \times Q_0 / h \times d \quad (т)$$

де K_2 - коефіцієнт, який залежить від фізико-хімічних властивостей СДОР ,
 $K_2=0,021$;

K_4 - коефіцієнт, який враховує швидкість вітру ;

K_6 - коефіцієнт, який залежить від часу, що минув від початку аварії. $K_6=1$,

при $N=1$

$$Q_2=4,2 \text{ (т)}$$

$$I_{O_i}=4.2 \text{ (т).}"$$

Глибина зони зараження первиною (вторинною) хмари визначається в залежності від еквівалентної кількості речовини і швидкості вітру.

Повна глибина зони зараження Γ_p (км) визначається :

$$\Gamma_p = \Gamma_1(2) + 0.5 \Gamma_2(1) \text{ км};$$

де $\Gamma_1(2)$ - найбільший із розмірів Γ_1 і Γ_2 .

$\Gamma_2(1)$ - найменший із розмірів Γ_1 і Γ_2 .

$$\Gamma_p=11,25 \text{ км.}$$

$$\Gamma_p = N \times V, \quad N=1 \text{ год [9]} \quad V=5 \text{ км/год (при швидкості повітря 1 м/с);}$$

$$\Gamma_p=5 \text{ км};$$

Площа зони зараження.

Площа зони можливого зараження первиною (вторинною) хмари визначається :

$$S_m = 8,72 \times 10^3 \times \Gamma_n^2 \times f \quad (\text{км}^2)$$

де S_m -площа зони можливого зараження СДОР, км^2 ; Γ_p - глибина зони зараження , км F - кутові розміри зони можливого зараження , (град); при $v=1 \text{ м/с}$; $f=180^\circ$.

Для нашого прикладу:

$$\Gamma_p=5 \text{ км, } V=1 \text{ м/с,}$$

$$S_M = 0,00872 \times 52 \times 180 = 39,2 (\text{км}^2)$$

$$S_M = 39,2 (\text{км}^2);$$

Площа фактичного зараження S_ϕ в км розраховується за формулою

$$S_\phi = K_\epsilon \times \Gamma_n^2 \times N^{0,2}$$

K_ϵ - коефіцієнт який залежить від ступеня вертикальної стійкості повітря: інверсія=0,081;

Тоді

$$S_\phi = 0,081 \times 52 \times 10,2 = 2,025 (\text{км}^2).$$

Час підходу зараженого повітря до об'єкту залежить від швидкості перенесення хмари повітряним потоком

$$T_n = L/v \text{ (год)};$$

де L - відстань від джерела зараження до заданого об'єкту, км; v - швидкість переносу переднього фронту хмари зараженого повітря, км/год; $L=1$ км, $v=5$ км; $T_n=0,2(\text{год})=15(\text{хв})$.

Можливі втрати робітників, службовців і населення в районах хімічного зараження визначаються з використанням табл. 5 [9] в залежності від умов перебування і забезпеченості засобами індивідуального захисту.

Можливі втрати -4% , $P=500 \times 0,04=20$ осіб.

Орієнтовна структура втрат:

легкого ступення-25% (5 осіб);

середнього ступення-40 % (8 осіб);

з смертельними випадками-35% (7 осіб).

Зона можливого зараження хмарою СДОР обмежена півколом, який має кутові розміри f і радіус, рівний глибині зараження.

Зона можливого зараження має такий вигляд:

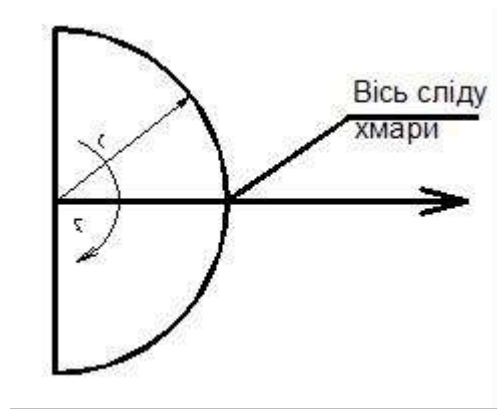


Рисунок 6.1 – Зона можливого зараження

При швидкості вітру за прогнозом $v=0.6$ -м/с - півколо

$$A^0 = 270^0$$

$$f = 180^0$$

$$r=\Gamma$$

Висновки

У кваліфікаційній роботі розроблено автоматизовану систему управління комплексом електродугового зварювання деталей. Також проведено вибір обладнання для забезпечення операцій дугового зварювання і контролю положення робочих органів, технічне нормування технологічного процесу і розрахунок продуктивності автоматизованої виробничої системи; розроблено циклограму та алгоритм роботи автоматичної установки, програмованого контролера і схеми спряження технологічного обладнання з системою керування.

Використання мікропроцесорної системи керування дозволяє реалізувати гнучку автоматизовану систему виробництва за безлюдною технологією із забезпеченням вимог до продуктивності і якості продукції.

Перелік посилань

1. Будіщев М. С. Електротехніка, електроніка та мікропроцесорна техніка: Підручник. – Львів: Афіша, 2001. – 424 с.
2. Головка Д.Б., Рего К.Г., Скрипник Ю.О. Основи метрології та вимірювань. Навч. посібник. - К.: Либідь, 2001. - 408 с.
3. Гуменюк І. В. Технологія електродугового зварювання. – Київ: Грамота, 2006. – 499 с.
4. ДСТУ 7237:2011 Система стандартів безпеки праці. Електробезпека. Загальні вимоги та номенклатура видів захисту.
5. ДСТУ EN IEC 60974-1:2024 Обладнання для дугового зварювання. Частина 1. Джерела живлення для зварювання (EN IEC 60974-1:2022, IDT; IEC 60974-1:2021, IDT).
6. ДСТУ EN ISO 3834-2:2022 Вимоги до якості для зварювання плавленням металевих матеріалів. Частина 2. Комплексні вимоги до якості (EN ISO 3834-2:2021, IDT; ISO 3834-2:2021, IDT).
7. ДСТУ EN ISO 5817:2022 Зварювання. Зварні шви під час зварювання плавленням сталі, нікелю, титану та інших сплавів (крім променевого зварювання). Рівні якості залежно від дефектів (EN ISO 5817:2014, IDT; ISO 5817:2014, IDT).
8. Колонтаєвський Ю.П., Сосков А.Г. Промислова електроніка та мікро схемотехніка: теорія і практикум: Навч. посіб./за ред. А.Г.Соскова. – К.: Каравела, 2004.- 432с.
9. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання «Безпека в надзвичайних ситуаціях» / В.С. Стручок –Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., – 156 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/39196>.

10. Навчальний посібник «Техноекологія та цивільна безпека. Частина «Цивільна безпека»» / автор-укладач В.С. Стручок – Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., – 156 с. <http://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/39424>
11. Основи наукових досліджень і теорія експерименту : Навчальний посібник для здобувачів освітнього ступеня «Магістр» спеціальності 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка» / укл. Ю. Б. Капаціла, П. О. Марущак, В. Б. Савків, О. П. Шовкун. Тернопіль : ФОП Паляниця В.А., 2023. 186 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/40843>
12. Коноваленко І. В. Платформа .NET та мова програмування C# 8.0 : навч. посіб. / І. В. Коноваленко, П. О. Марущак. – Тернопіль : В. А. Паляниця, 2020 – 320 с. <http://library.megu.edu.ua:8180/jspui/handle/123456789/4115>
13. Проектування мікропроцесорних систем керування: навчальний посібник / І.Р. Козбур, П.О. Марущак, В.Р. Медвідь, В.Б. Савків, В.П. Письціо. – Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2022. – 324 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/39189>
14. Капаціла Ю.Б., Савків В.Б. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра спеціальності «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка». Тернопіль.: Видавництво ТНТУ. 2025. 60 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/48495>
15. Капаціла Ю.Б., Шовкун О.П. Дослідження релейного електронного регулятора температури. /Методичні вказівки до лабораторної роботи з курсу «Приводи та автоматика мехатронних систем» для здобувачів освітнього ступеня «бакалавр» спеціальності «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка». Тернопіль: ТНТУ. 2025. 15 с. <http://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/50560>.
16. Козбур І.Р., «Дослідження часових характеристик неперервних лінійних систем», по курсу «Теорія автоматичного управління», для студентів 3 курсу спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / Авт.: Козбур І.Р., Козбур Г.В. Марущак П.О., Савків В.Б. –

Тернопіль: ТНТУ, ФПТ, каф. АВ, – 2022. – 19 с.
<https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/39206>

17. Капаціла Ю.Б., Марущак П.О., Савків В.Б. Методичні вказівки з виконання курсової роботи з дисципліни «Основи наукових досліджень» для здобувачів освітнього ступеня «Магістр» спеціальності 174 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології». Тернопіль: ТНТУ, 2023. 32 с

18. Автоматизація виробничих процесів. Навчальний посібник для технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. / Я.І. Проць, В.Б. Савків, О.К. Шкодзінський, О.Л. Ляшук. Тернопіль: ТНТУ ім. І. Пулюя, 2011. 344 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/123456789/1551>

19. Методичні вказівки по роботі з програмним симулятором "AVR simulator IDE" з курсу "Мікропроцесорні та програмні засоби автоматизації" / укл. : В.Р. Медвідь , В.П. Пісьціо. - Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2020. - 21 с.

20. Моделювання нелінійних систем керування у пакеті MATLAB SIMULINK, методичні вказівки до виконання лабораторної роботи по курсу «Комп'ютерні методи дослідження систем автоматичного управління», для студентів 4 курсу спеціальності 6.050201 «Системна інженерія» / укл. : І.Р. Козбур , Г.В. Козбур , Р.І. Михайлишин. – Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2019. - 19 с.
<https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/28057>

21. Моделювання систем керування в пакеті MATLAB SIMULINK, методичні вказівки до виконання лабораторної роботи по курсу «Комп'ютерні методи дослідження систем автоматичного управління», для студентів 4 курсу спеціальності 6.050201 «Системна інженерія» / укл. : І.Р. Козбур , Г.В. Козбур , Р.І. Михайлишин. – Тернопіль : ТНТУ, 2019. - 23 с.
<https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/28056>

22. Проектування та аналіз електричних схем в програмному середовищі Multisim. Методичні вказівки до самостійної роботи студентів з курсу

"Проектування мікропроцесорних систем керування технологічними процесами" / укл. : В.Р. Медвідь , В.П. Пісьціо . - Тернопіль : ТНТУ Імені Івана Пулюя, 2018. - 26 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/26404>

23. Проектування та аналіз електричних схем в програмному середовищі Proteus VSM. Методичні вказівки до самостійної роботи студентів з курсу "Проектування мікропроцесорних систем керування технологічними процесами" / укл. : В.Р. Медвідь , В.П. Пісьціо. - Тернопіль : ТНТУ, 2018. - 26 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/26397>

24. Методичні вказівки до курсового проектування з курсу "Проектування систем автоматизації" / Савків В.Б., Шкодзінський О.К., Пісьціо В.П. Тернопіль : ТНТУ, 2025. 128 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/48646>

25. Трембач Р.Б., Медвідь В.Р. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни “Електроніка і мікросхемотехніка”. – Тернопіль: ТНТУ ім. І. Пулюя, 2024. – 53 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/44635>

26. Трембач Р.Б., Медвідь В.Р. Методичні вказівки до виконання до виконання лабораторних робіт з дисципліни “Електроніка і мікросхемотехніка” Модуль 3. «Імпульсна техніка, вторинні джерела живлення, основи цифрової електроніки» – Тернопіль: ТНТУ, 2024. -26 с.

27. Трембач Р.Б., Шовкун О.П. Методичні вказівки до виконання до виконання лабораторних робіт з дисципліни “Інформаційно – вимірювальні системи” Модуль І. «Вимірювальна техніка» – Тернопіль: ТНТУ., 2024. – 67 с.

28. Методичні вказівки для написання розділу «Безпека життєдіяльності, основи охорони праці» в кваліфікаційних роботах здобувачів освітнього рівня „бакалавр”. Для студентів всіх форм навчання рівень вищої освіти перший (бакалаврський)/ укл.: О. Я. Гурик , І. Б. Окіпний. – Тернопіль: ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. - 20 с.

29. Навчально-методичний посібник до практичних заняття з дисципліни «Безпека життєдіяльності, основи охорони праці» для студентів освітнього ступеня „бакалавр” усіх спеціальностей та форм навчання / Укладачі : О. Я.

- Гурик, І. Б. Окіпний, В. С. Сенчишин, С. Ю. Мариненко, О. І. Король. Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2025. 123 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/48496>
30. Микитишин А. Г., Митник М. М., Стухляк П. Д., Пасічник В. В. Комп'ютерні мережі. Книга 1 [навчальний посібник]. Львів : «Магнолія 2006», 2013. 256 с.
31. Микитишин А. Г., Митник М. М., Стухляк П. Д., Пасічник В. В. Комп'ютерні мережі. Книга 2. [навчальний посібник]. Львів : "Магнолія 2006", 2014. 312 с.
32. Микитишин А. Г., Митник М. М., Стухляк П. Д. Телекомунікаційні системи та мережі. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2017. 384 с.
33. Буров Є., Митник М. Комп'ютерні мережі. (у 2-х томах). Львів, Магнолія, 2018.
34. Комплексна безпека інформаційних мережевих систем. Навчальний посібник для студентів спеціальності 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка» / А. Г. Микитиший, М. М. Митник, О. С. Голотенко, В. В. Карташов. – Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2023. – 324 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/42625>
35. Пилипець М. І. Правила заповнення основних форм технологічних документів : навч.-метод. посіб. / Уклад. Пилипець М. І., Ткаченко І. Г., Левкович М. Г., Васильків В. В., Радик Д. Л. Тернопіль : ТДТУ, 2009. 108 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/42995>
36. Паламар М. І., Стрембіцький М. О., Паламар А. М. Проєктування комп'ютеризованих вимірювальних систем і комплексів : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2019. 150 с.
37. Поліщук Є.С., Дорожовець М.М., Яцук В.О. та ін. Метрологія та вимірювальна техніка. – Львів: Бескид Біт, 2003. - 544 с.