

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інститут	Навчально-науковий інститут Комп'ютерних систем і технологій «Індустрія 4.0» ім. П.М. Платонова
Факультет	Автоматизації та робототехніки
Кафедра	Автоматизації технологічних процесів і робототехнічних систем
Ступінь вищої освіти	Бакалавр
Спеціальність	151 - Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
Освітня програма	Комп'ютерно-інтегровані робототехнічні системи

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

Тема: **«Роботизація і автоматизація технологічного процесу зварювання металевих конструкцій ділянки »**

Розробив	С.О. Глушко
Керівник д.т.н., доцент	В.Б. Єгоров
Зав. кафедри АТПіРС д.т.н., професор	В.А. Хобін
«Електронна версія роботи прийнята» Депозитор кафедри АТПіРС	Т.В. Волик

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інститут	Навчально-науковий інститут Комп'ютерних систем і технологій «Індустрія 4.0» ім. П.М. Платонова
Факультет	Автоматизації та робототехніки
Кафедра	Автоматизації технологічних процесів і робототехнічних систем
Ступінь вищої освіти	Бакалавр
Спеціальність	151 - Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
Освітня програма	Комп'ютерно-інтегровані робототехнічні системи

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри АТП і РС
д.т.н., проф. Хобін В.А.
«__» _____ 202_ року

Завдання на кваліфікаційну роботу бакалавра

1. Студент Глушко Сергій Олексійович
2. Тема кваліфікаційної роботи «Роботизація і автоматизація технологічного процесу зварювання металевих конструкцій ділянки »
3. Керівник кваліфікаційної роботи Єгоров Віктор Богданович, доцент.
П.п. 2 і 3 затверджені наказом ОНТУ від « __ » _____ 202_ року, № _____ .
4. Строк подання студентом випускної кваліфікаційної роботи – «__» _____ 202_ р.
5. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи: матеріали індивідуальних завдань виробничої і переддипломної практик, курсових і самостійних робіт.
6. Зміст кваліфікаційної роботи (розділи, які потрібно розробити):
Розділ 1. Характеристика технологічного процесу, обґрунтування доцільності та шляхів підвищення ефективності керування процесом.
Розділ 2. Конкретизація задачі дотримання регламентів технологічного процесу, розробка і реалізація комплексу його моделей як об'єкта регулювання.
Розділ 3. Розробка і параметрична оптимізація алгоритмів регулювання, порівняльний аналіз САР.
Розділ 4. Конкретизація задачі і розробка алгоритмів логічного керування технологічним процесом.
Розділ 5. Вибір технічних засобів отримання інформації про змінні процесу та реалізації керуючих впливів, розробка технічної структури контролерно-комп'ютерної мережі
Розділ 6. Параметризація технічних засобів, контролера і мереж, програмування алгоритмів регулювання та логічного керування РТК
Розділ 7. Імітаційне та колізаційне моделювання РТК
Розділ 8. Розробка фрагментів документації технічного забезпечення РТК та заходів з охорони праці
Розділ 9. Попереднє обґрунтування економічної доцільності впровадження проекту автоматизації.

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Конкретизація задачі дотримання регламентів технологічного процесу, розробка і реалізація комплексу його моделей як об'єкта регулювання	Світий І.М. к.т.н, доц. каф. АТП і РС		
Розробка і параметрична оптимізація алгоритмів регулювання, порівняльний аналіз САР, отримання цифрових аналогів обраних алгоритмів	Світий І.М. к.т.н, доц. каф. АТП і РС		
Розробка контролерно-комп'ютерної мережі, програмування алгоритмів регулювання та логічного керування САУ	Степанов М.Т., доц. каф. АТП і РС		
Розробка SCADA для автоматизованого робочого місця технолога і наладчика САК	Степанов М.Т., доц. каф. АТП і РС		
Вибір ТЗА та розробка фрагментів документації технічного забезпечення САК	Левінський В.М., доц. каф. АТП і РС		
Попереднє обґрунтування економічної доцільності впровадження проекту	Мужайло В.Д., доц. каф. МіЛ (ПУтаА)		

1. Дата видачі завдання 26 грудня 2022 р.

Студент
Керівник кваліфікаційної роботи бакалавра

Глушко С.О.
Єгоров В.Б.

Анотація

В даній дипломній роботі розроблено роботизовану систему по зварюванню металевих конструкцій (РТК).

Мета роботи – розробити роботизовану систему по зварюванню металевих конструкцій, яка б підвищила якість зварного шва, прискорити процес зварювання, тим самим збільшити кількість і якість виготовляємої продукції.

Була розроблена контролерно-комп'ютерна мережа для реалізації РТК, програмування алгоритмів регулювання та логічного керування РТК.

Була розроблена документація технічного забезпечення РТК, включаючи питання охорони праці.

Було проведено попередню економічне обґрунтування доцільності реалізації проекту.

ЗМІСТ

Зміст	5
Перелік умовних позначень, символів, одиниць.....	10
Вступ	11
Розділ 1. Характеристика управління технологічного процесу зварювання металевих конструкцій , обґрунтування доцільності та шляхів підвищення ефективності керування процесом. Загальний аналіз технологічного процесу.....	14
1.1 Автоматизоване зварювання - це процес з'єднання металевих деталей шляхом розплавлення і сполучення їх шва за допомогою спеціального обладнання і роботів. Основною метою автоматизованого зварювання є підвищення продуктивності, якості і ефективності зварювального процесу.....	14
1.1.2 Опис конструкції технологічного агрегату та особливостей його експлуатації .	17
1.1.3 Формулювання (у загальному виді) умов, при яких можливо й доцільно реалізувати розглянутий технологічний процес	19
1.1.4. Параметризація схеми технологічного процесу й загальна (на якісному рівні) характеристика параметрів і їх взаємозалежностей	20
1.2 Конкретизація регламентів і умов ведення процесу, його формалізоване представлення.....	21
1.2.1. Виявлення нормативів ведення технологічного процесу і роботи технологічного агрегату	21
1.2.2. Аналіз наслідків виходу технологічних і експлуатаційних параметрів за регламентні допуски	22
1.2.3. Виявлення параметрів, що характеризують умови ведення технологічного процесу та експлуатації технологічного агрегату.....	23
1.2.4 Формалізація параметризованої схеми технологічного процесу і одержання його параметричної схеми	24
Розділ 2. Конкретизація задачі дотримання регламентів технологічного процесу, розробка і реалізація комплексу його моделей як об'єкта регулювання	25
2.1 Розробка структурної (координатної) схеми об'єкта керування	25
2.1.1 Конкретизація мети і завдань керування об'єктом, виявлення регульованих координат	25
2.1.2 Вибір управляючих дій об'єкту керування	26
2.1.3 Виділення та класифікація збурень об'єкта керування.....	26
2.1.4. Складання структурної (координатної) схеми об'єкту регулювання.....	27
2.2 Ідентифікація (розробка моделей) каналів перетворення об'єкта регулювання	28
2.2.1 Априорний аналіз статичних і динамічних властивостей об'єкту керування	28
2.2.2. Априорний аналіз і прийняття рішення про допустимість лінеаризації статичних властивостей каналів управління та збурень об'єкту регулювання, виходячи, зокрема, з діапазонів зміни регульованих змінних при роботі САР, для розробки якої ведеться ідентифікація об'єкту	28

2.2.3 Ідентифікація лінеаризованих моделей динаміки каналів управління об'єкта регулювання в околиці його робочих режимів	29
2.2.4 Аналіз отриманої в ході експерименту інформації, обґрунтування та вибір структури моделей каналів (структурна ідентифікація моделей)	30
2.2.5 Вибір методики і проведення параметричної ідентифікації моделей першого та другого порядків	30
2.2.6. Ідентифікація моделей статички каналів управління об'єкту регулювання з істотно нелінійними властивостями.....	33
2.3 Ідентифікація моделей відних дій об'єкту керування . Апріорний аналіз вхідних впливів.....	37
2.3.1 Аналіз фізичної суті, можливих діапазонів зміни та частотних властивостей вхідних дій і їх наслідків.	37
2.3.2 Аналіз можливостей ідентифікації моделей координатних збурень і вибір загальної структури моделей	38
2.3.3 Планування пасивного експерименту для збору інформації про координатні збурення, структурна і параметрична ідентифікація неконтрольованих збурень	39
2.3.4 Оцінювання імовірнісних характеристик випадкових складових координатних збурень, аналіз оцінок щільностей імовірності, кореляційних функцій, спектральних щільностей і уточнення структури моделі (структурна ідентифікація)	40
2.3.5 Параметрична ідентифікація моделей імовірнісних властивостей випадкових складових, оцінка результатів ідентифікації.....	42
2.4 Реалізація у середовищі імітаційного моделювання моделей каналів перетворення дій і підтвердження їх відповідності експериментальним даним	43
2.4.1Розробка схем моделювання динаміки каналів перетворення дій, отримання перехідних характеристик моделей і їх порівняння з експериментальними перехідними характеристиками.....	43
2.4.2 Представлення моделей випадкових складових дій у виді послідовно включених генератора базового випадкового процесу („білого шуму”) і формуючого фільтра.....	44
2.4.3 Розробка структурних схем моделювання, генерація випадкових складових моделей вхідних дій, параметрична ідентифікація їх імовірнісних характеристик і підтвердження відповідності моделей експериментальним даним.....	45
2.4.4 Відтворення у середовищі імітаційного моделювання моделей статички каналів перетворення дій і підтвердження їх відповідності експериментальним даним	47
2.4.5 Реалізація у середовищі імітаційного моделювання повної моделі об'єкту керування і підтвердження її адекватності.....	48
2.5 Формулювання задач керування технологічним агрегатом	50
2.5.1Декомпозиція загальної задачі керування технологічним агрегатом і формулювання приватних завдань	50
2.5.2 Обґрунтування необхідності і доцільності автоматизації кожної з приватних задач керування	50
2.5.3 Формалізація вимог до вирішення задач регулювання і вибір принципу побудови системи автоматичного регулювання	51

2.5.4	Формалізація інтегральних вимог до перехідних і динамічно сталих процесів регулювання у формі інтегрального критерію оптимальності САР.	52
2.5.5	Вибір, обґрунтування і представлення у вигляді узагальненої структурної схеми принципу побудови системи автоматичного регулювання.....	52
Розділ 3. Розробка і параметрична оптимізація алгоритмів регулювання, порівняльний аналіз САР		54
3.1	Конкретизація структури САР і алгоритмів регулювання.....	54
3.1	Конкретизація структури САР і алгоритмів регулювання.....	54
3.1.2	Вибір кількох альтернативних варіантів типових алгоритмів регулювання, запис їх рівнянь і передаточних функцій	54
3.1.3	Розробка структурної схеми і програми цифрового імітаційного моделювання САР при детермінованих і стохастичних вхідних впливах	55
3.2	Параметричний синтез САР з різними варіантами типових алгоритмів регулювання та їх порівняльний аналіз для детермінованих вхідних впливів	56
3.2.1	Вибір початкових наближень параметрів налаштування алгоритмів регулювання на основі інженерних методик параметричного (неоптимального) синтезу САР.....	56
3.2.2	Параметричний оптимальний синтез САР з альтернативними алгоритмами регулювання для детермінованих (східчастих) вхідних впливів.	57
3.2.3	Порівняльний аналіз перехідних процесів в параметрично оптимальних системах за значенням критерію оптимальності і показниками, для яких встановлені гранично-допустимі значення.....	58
3.2.4	Вибір параметрів ОК, по яким доцільно оцінити грубість САР до варіацій їх значень і планування машинного експерименту з оцінки грубості	59
3.2.5	Порівняльний аналіз перехідних процесів за критерієм оптимальності та показниками, для яких встановлені гранично-допустимі значення.....	60
3.2.6.	Аналіз сталих процесів в САР при стохастичних вхідних впливах	61
3.2.7	Порівняльний аналіз сталих процесів для поєднань параметрів ОК, відповідних сприятливим, номінальним і несприятливим властивостями ОК за інтегральним показником і показниками, для яких встановлені гранично-допустимі значення.....	62
3.3	Структурний синтез САР підвищеної динамічної точності	63
3.3.1	Аналіз особливостей об'єкта регулювання, що знижують динамічну точність і вибір способів її підвищення за рахунок введення в структуру САР додаткових зв'язків, що забезпечують, наприклад, її інваріантність, автономність, компенсацію запізнювання і т. д.	63
3.3.2	Розробка на основі обраних способів підвищення динамічної точності САР її структурної схеми і формулювання (в аналітичній формі) умов, що забезпечують необхідні властивості САР	63
3.3.3	Вивід передаточних функцій коригуючих зв'язків, аналіз їх структури з умов фізичної можливості бути реалізованим, приведення до фізично реалізується увазі, подання до формі з'єднання типових динамічних ланок та отримання перехідних характеристик.	64

3.3.4 Розробка структурної схеми і програми цифрового імітаційного моделювання та параметричний оптимальний синтез САР підвищеної динамічної точності для детермінованих (східчастих) вхідних впливів	65
3.3.5 Аналіз грубості САР підвищеної динамічної точності до варіацій параметрів об'єкта регулювання.....	66
3.3.6 Аналіз сталих процесів в САР при стохастичних вхідних впливах Вплив неконтрольованих збурень на показники якості функціонування САР ПДТ в сталих режимах.....	66
3.3.7 Порівняльний аналіз САР базової структури і підвищеної динамічної точності	68
Загальні висновки до 2 и 3 розділу	70
Розділ 4. Конкретизація задачі і розробка алгоритмів логічного керування технологічного процесу зварювання металевих конструкцій.....	72
4.1 Короткий опис технологічного процесу з наведенням детальних процедур технологічного пуску, технологічної зупинки та аварійної зупинки у позаштатних ситуаціях.....	72
4.2 Формалізація регламентів функціонування Робототехнічного комплексу (РТК): за пуском, технологічною та аварійною зупинками технологічного процесу у вигляді блок-схем та їх опис.....	74
4.3. Розробка алгоритмів автоматичного керування: за пуском, технологічною та аварійною зупинкою (циклом роботи) ТОК у вигляді блок-схем та їх опис.....	82
Розділ 5. Вибір технічних засобів отримання інформації про змінні процесу та реалізації керуючих впливів, розробка технічної структури контролерно-комп'ютерної мережі.....	85
5.1 Характеристики середовищ, з якими взаємодіють засоби автоматизації й обслуговуючий персонал, які повинні бути враховані при виборі технічних засобів і місць їх розміщення	85
5.2 Характеристики середовищ, з якими взаємодіють засоби автоматизації й обслуговуючий персонал, які повинні бути враховані при виборі технічних засобів і місць їх розміщення та вибір технічних засобів реалізації керуючих дій на технологічний процес і управління обладнанням.....	94
Розділ 6. Розробка контролерно-комп'ютерної мережі, програмування алгоритмів регулювання та програмування РТК.....	130
6.1 Ознайомлення з мовами програмування Universal Robot Universal Robot пропонує декілька способів програмування своїх роботів	130
6.2 Налаштування робота	135
6.3 Створення скелету програми робота	139
6.4 Програмування за допомогою URScript	144
6.5 Програма Робота в мовс програмування	145
7 Розділ. Візуалізація РТК в програмному середовищі RoboDK. Виявлення та виправлення колізій та недоліків в конструкції	182

8 Розділ. Розробка фрагментів документації технічного забезпечення РТК, включаючи питання охорони праці	192
8.1 Характеристики технологічного процесу роботизованого зварювання та опис основних технічних рішень	192
8.2. Розробка принципових креслень монтажної плями робота та його фланця	194
8.3 Розробка принципової електричної схеми живлення контролера та панелі оператора	195
8.4 Схема автоматизації та розробка принципових електричних схем підключення до модулів ПЛК робота	198
8.5 Охорона праці.....	202
Розділ 9. Попереднє обґрунтування економічної доцільності впровадженняРТК.....	212
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	215

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ

РТК – робототехнічний комплекс;

ОК – об'єкт керування;

САУ – система автоматичного керування;

ОПС – оптимальний параметричний синтез;

ЗНВ – зона незначимих відхилень;

ПЛК – програмований логічний контролер;

ПК – персональний комп'ютер;

ММ – математична модель

ВП – випадковий процес

САР ПДТ – САР підвищеної динамічної точності

α – кут повороту енкодера, рад;

ω – кутова швидкість, рад/с;

і т.д.

ВСТУП

Професія зварювальника залишається в числі самих затребуваних по всьому світу, адже зварювальні роботи потрібні майже на кожному виробництві, а також незамінні у будівництві. Проте, незважаючи на популярність цієї професії у працедавців, сьогодні спостерігається значна нестача досвідчених фахівців в цій області.

Нові вимоги ринку і зміни запитів споживачів призводять до поступового зменшення розміру партій вироблюваної продукції, в той же час підвищуючи міру її кастомізації, роблячи її все різноманітніше. В умовах, коли життєвий цикл продукції все більше скорочується, компаніям необхідно регулярно відвантажувати невеликі партії замовлень у відносно короткі терміни. Ця ситуація, помножена на складнощі при пошуку достатньої кількості висококласних фахівців, створює серйозну загрозу для збереження конкурентоспроможності компаній.

Крім того, зварювання - небезпечне завдання, яке робить серйозне навантаження на зір людини і може викликати такі захворювання, як електроофтальмія, а також ряд інших хвороб, що вражають органи дихання людини. Ці захворювання можуть на тривалий час вивести ваших працівників з ладу, примушуючи шукати їм заміну або ж збільшувати навантаження на тих співробітників, які все ще у строю, щоб не допускати простою. А це, у свою чергу, може згубно позначитися на якості вироблюваної продукції.

Тобто сучасне виробництво повинне мати високу міру гнучкості, здатність перебудовуватися з мінімальним часом простою, а також робити різну продукцію з незмінною мірою якості. У таких умовах автоматизація зварювальних робіт на виробництві за допомогою колаборативних роботів (коботів) стає економічно вигідним рішенням. Колаборативні роботи надають виробництву необхідну гнучкість, оскільки їх легко

перепрограмувати і переоснащувати для виконання нових завдань, вони не вимагають зведення бар'єрів безпеки навкруги, мають малі габарити, їх легко передислокувати на нові ділянки виробництва. Вони забезпечують високу окупність інвестицій, в той же час роблячи автоматизацію доступнішою для компаній малого і середнього бізнесу.

Окрім цього, роботи ідеально підходять для ефективної автоматизації зварювальних робіт - завдання, яке вимагає специфічного підходу із-за своїх особливостей. Електричне дугове зварювання, зварювання неплавким електродом, зварювання лазером, ультразвукове зварювання, газове дугове зварювання, плазмове зварювання, точкове контактне зварювання, а також пайка - зі всім цим роботи легко впораються за умови правильного оснащення. Розглянемо декілька основних проблем роботизованого зварювання і те, як роботи здатні їх вирішити.

Передусім, проведення зварювальних робіт вимагає спеціальної траєкторії руху зварювального апарату, яку необхідно міняти залежно від типу деталі. У випадку з традиційними промисловими роботами зміна траєкторії руху маніпулятора з приєднаним до нього зварювальним апаратом кожного разу вимагає тривалого перепрограмування. Крім того, за вимогами безпеки при проведенні зварювальних робіт співробітники повинні завжди носити захисний одяг і рукавички, що утрудняє використання сенсорного екрану або клавіатури для написання нової програми для роботи.

Тому зварювання складних деталей довгий час набагато простіше було виконувати силами фахівців, оскільки вони здатні майже відразу ж адаптуватися до зміни геометрії компонентів. Але тут виникає інша проблема, будь-яка людина схильна до втоми і втрати концентрації під час монотонної роботи, що впливає на підсумкову якість зварювання.

Роботи Universal Robots здатні ефективно розв'язати обидві проблеми. По-перше, вони підтримують програмування шляхом демонстрації, коли оператор просто рухає маніпулятор роботи по необхідній траєкторії, яку той запам'ятовує і здатний відразу ж повторити. І, як і будь-які промислові

роботи, роботи UR здатні працювати майже без перерви зі збереженням стабільно високого рівня якості зварювальних швів.

Таким чином компанії можуть позбавити персонал від монотонної і небезпечної роботи, а також вивільнити фахівців із зварювання для виконання складніших операцій, а також завдань, де їх досвід і вміння будуть застосовані найефективніше.

Розділ 1. Характеристика управління технологічного процесу зварювання металевих конструкцій

, обґрунтування доцільності та шляхів підвищення ефективності керування процесом. Загальний аналіз технологічного процесу, реалізованого агрегатом, цілей і умов його ведення

1.1 Автоматизоване зварювання - це процес з'єднання металевих деталей шляхом розплавлення і сполучення їх шва за допомогою спеціального обладнання і роботів. Основною метою автоматизованого зварювання є підвищення продуктивності, якості і ефективності зварювального процесу.

Ось загальний опис технологічного процесу автоматизованого зварювання:

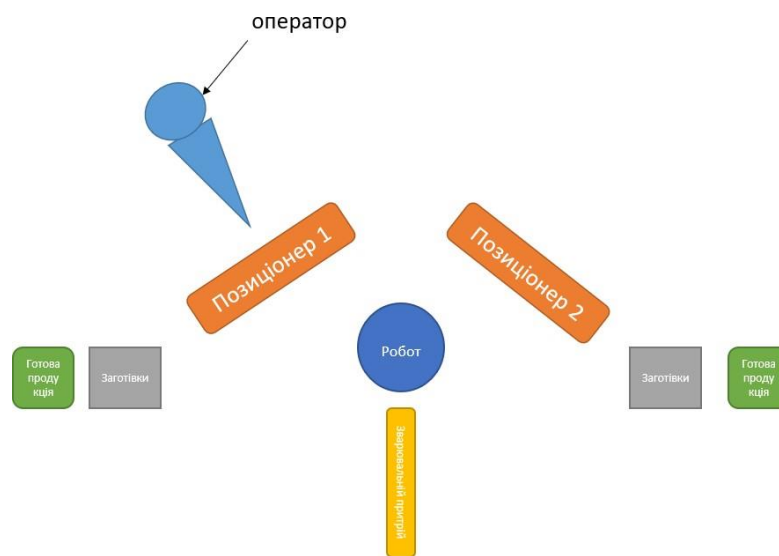
1. Підготовка: Перед початком зварювання необхідно підготувати металеві деталі, які будуть з'єднуватися. Це може включати очищення поверхонь від бруду, жиру і інших забруднень, а також вирівнювання країв деталей для точного з'єднання.
2. Встановлення обладнання: Після підготовки деталей встановлюються зварювальні роботи і спеціальне зварювальне обладнання. Роботи можуть бути програмованими для виконання певних зварювальних операцій, а обладнання може включати джерело живлення, сварочні електроди, газові форсунки і системи охолодження.
3. Налаштування параметрів: Перед початком зварювання необхідно встановити оптимальні параметри, такі як струм, напруга, швидкість подачі дроту (у випадку МП зварювання), швидкість руху робота і інші параметри, що впливають на якість і якість з'єднання
4. Зварювання: Робот починає виконувати програмовані операції зварювання, переміщаючись по заздалегідь визначеним траєкторіям. Він наносить джерело живлення на металеву поверхню, що розплавляє матеріал і створює

зварний шов. Під час зварювання робот контролює такі параметри, як струм, напруга, швидкість руху і подача дроту (якщо використовується МП-зварювання), температура тощо. Це дозволяє забезпечити стабільність процесу і отримати якісне зварне з'єднання.

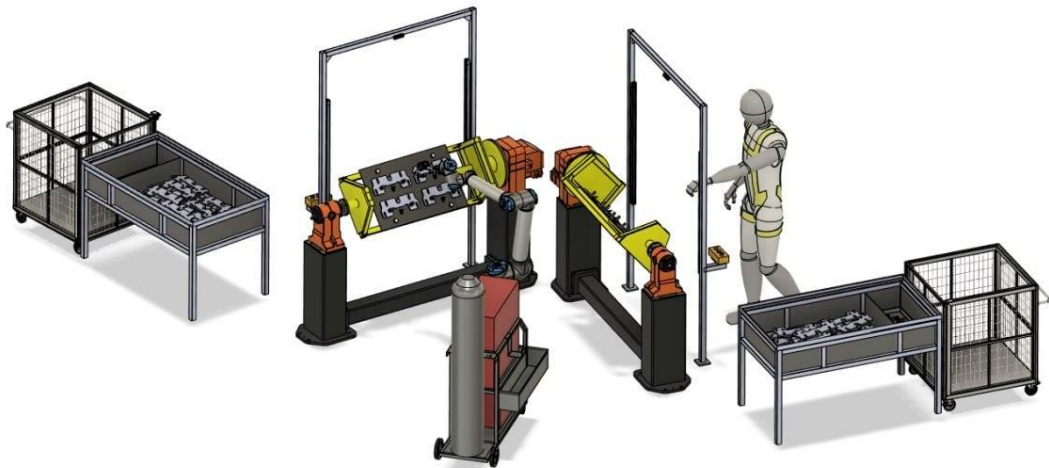
5. Контроль якості: Після завершення зварювання проводиться контроль якості зварного з'єднання. Це може включати вимірювання геометричних параметрів шва, оцінку якості з'єднання за допомогою візуального огляду, неруйнівного контролю (наприклад, радіографія, ультразвуковий контроль) або руйнівних випробувань. Якщо якість не відповідає вимогам, можуть бути внесені корективи в процес зварювання або відхилені дефектні зварні з'єднання.

6. Післязварювальна обробка: Після зварювання може знадобитися післязварювальна обробка, яка включає в себе такі операції, як шліфування, полірування або обробка поверхні. Це може покращити вигляд і якість зварного з'єднання, а також його властивості.

На рис. 1.1 наведений приклад роботизованої ділянки зварювання деталей.



а)



б)

Рис. 1.1 Приклад роботизованої ділянки зварювання деталей :

а) схема; б) вигляд у 3-D моделі

З рис. 1.1 бачимо , що в складі роботизованої ділянки є робот і під кутом відносно нього розміщені два позиціонера - обертачі. Поки робот зварює одну деталь на першому позиціонері-обертачі, людина-оператор закріплює заготовки на другому позиціонері-обертачі. Як робот закінчить зварювання, а оператор закріпить заготовки, оператор подає команду на старт зварювання другої деталі , а сам міняє вже готову деталь на заготовки і так далі.

Суть технологічного процесу – це цілеспрямоване перетворення матеріальних і енергетичних потоків у спеціальному технологічному устаткуванні.

Електричне дугове зварювання є достатньо розповсюдженим типом зварювання. Основними факторами, які впливають на його якість є: сила струму, напруга живлення та її полярність, діаметр дроту електроду, виліт електроду, швидкість зварювання.

Сила струму впливає щільність струму в дроті електрода. Чим вища щільність струму, тим вища швидкість плавлення електрода та більше проплавлення металу. Чим вища напруга живлення, тим довшою може бути дуга і відповідно ширший валик шва. Діаметр зварювального дроту впливає на щільність струму: менший діаметр дроту дає більшу щільність струму. Збільшення вильоту електрода приводить до збільшення електричного опору, при цьому зменшується проплавлення металу. Зменшення вильоту приводить до перегріву металу. Збільшення швидкості зварювання (мм/хв) приводить до зменшення проплавлення металу, зменшується ширина шва, він стає нерівномірним. Надмірна швидкість зварювання призводить до утворення підрізів, чутливості дуги до магнітного дуття та підвищеному утворенню пор у шві. Занадто низька швидкість зварювання може призвести до виникнення шлакових включень та до нерівномірності валика шва. Рекомендована швидкість зварювання становить 500 мм/хв.

Напруга живлення і можливий струм живлення визначаються параметрами зварювального апарату. Виліт електрода залежить від запрограмованого руху руки робота відносно заготовок, що зварюються. Швидкість зварювання визначається швидкістю обертання позиціонера-обертача.

Ця швидкість повинна забезпечувати рекомендовану швидкість зварювання та, зважаючи на значну масу заготовок (50 – 150 кг), змінюватись по програмі при початку руху, в проміжних та кінцевій точках для забезпечення точності позиціонування.

1.1.2 Опис конструкції технологічного агрегату та особливостей його експлуатації.

Автоматичні зварювальні обертачі призначені для обертання циліндричних і кільцевих заготовок, що полегшує процес зварювання.

Прикладом позиціонера-обертача може бути двопозиційний позиціонер H2-500D3 фірми Yaskawa для заготовок, що потребують обертання навколо

осі. Позиціонер має максимальне корисне навантаження 500 кг на станцію і відстань між лицьовими панелями від 1650 мм до 4050 мм.

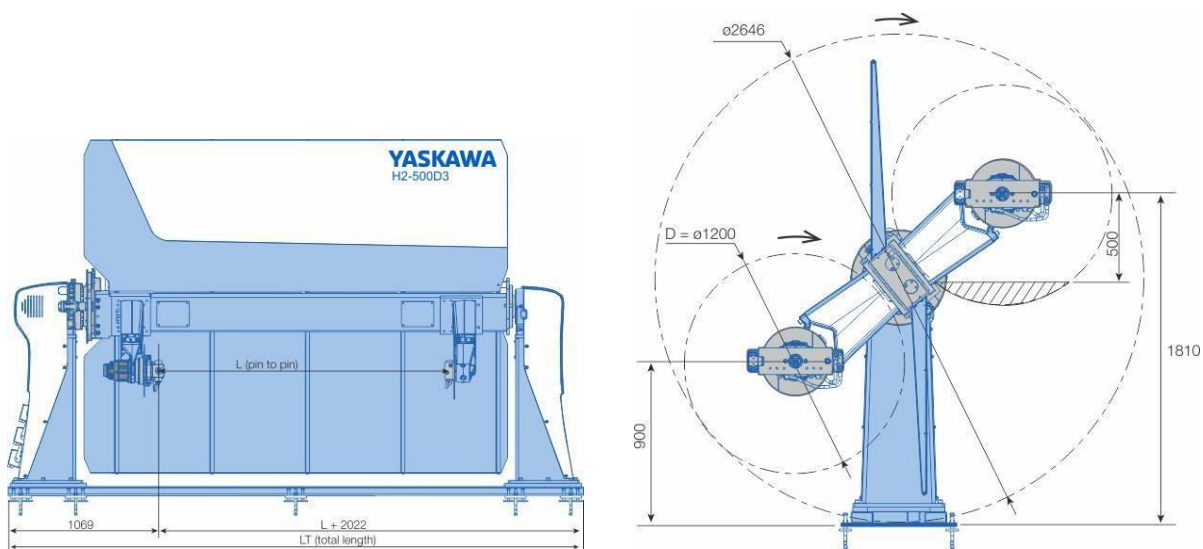


Рис. 1.2 Габаритні розміри позиціонера Yaskawa H2-500D3

Другий приклад - поворотно-похилі столи FRT 50-150 HS125/H/V виробництва фірми FRONIUS Int. GmbH, Австрія.



Рис. 1.3 Загальний вигляд поворотно-похилого стола FRT 50-150 HS125/H/V

Табл. 1.1 Технічні характеристики FRT 50-150 HS125/H/V

Технічні Характеристики	FRT 50/HS125/H/V	FRT150/HS125/H/V
Максимальна вантажопідйомність	50 кг	150 кг
Привід обертання	АС-двигун	АС-двигун

Швидкість обертання	0,9-7,0 об/хв	0,3-6,0 об/хв
---------------------	---------------	---------------

До складу цих позиціонерів-обертачів входить частотний перетворювач, який дозволяє змінити частоту живлення асинхронного приводу, а отже і швидкість обертання панелей, де кріпляться заготовки для зварювання, та енкодер, який формує на своєму виході електричні імпульси або електричні сигнали напруги 0...10 В (струму 4...20 мА), пропорційні швидкості обертання панелей.



Рис. 1.4 Структурна схема позиціонера-обертача

1.1.3 Формулювання (у загальному виді) умов, при яких можливо й доцільно реалізувати розглянутий технологічний процес.

Мета ведення процесу – отримання заданих продуктів із заданими властивостями (показниками якості). При промисловому виробництві досягнення мети може бути виправдано тільки тоді, коли технологічний процес має сенс реалізувати, коли виконується цілий ряд вимог до технологічного процесу. Найчастіше зустрічаються такі з них:

- кількість виробленого в одиницю часу продукту не повинно бути меншим встановленої межі;
- втрати сировини та (або) продукту не повинні перевищувати нормативних значень;
- питомі, тобто на одиницю продукції, витрати енергії на процес не повинні перевищувати нормативних значень;
- режими роботи технологічного обладнання не повинні виходити за гранично-припустимі;
- шкідливий вплив технологічного процесу на людину та навколишнє

середовище не повинен перевищувати нормативних значень;

– порушення режимів ведення технологічного процесу та роботи обладнання, що приводять до аварійних ситуацій, переростання яких в аварію приводить до істотних економічних втрат або навіть до катастрофічних наслідків, повинні бути досить рідкісними подіями та повинні бути передбачені заходи щодо запобігання переростання аварійних ситуацій в аварію.

Технологічний процес зварювання заготовок, які закріплені на позиціонері-обертачі, доцільно реалізовувати, якщо забезпечуються:

- напруга живлення в електромережі $380\text{ В} \pm 10\%$;
- швидкість обертання позиціонера забезпечує рекомендовану швидкість зварювання.

1.1.4. Параметризація схеми технологічного процесу й загальна (на якісному рівні) характеристика параметрів і їх взаємозалежностей.

Технологічна схема є графічним відображенням руху і перетворення матеріальних та енергетичних потоків. Кожен потік і процес перетворення його механічних, фізичних, хімічних і біологічних властивостей характеризується набором параметрів, які відображають їх властивості та умови перетворення потоків. Їх нанесення на схему технологічного процесу і є її параметризацією.

Проведемо параметризацію технологічної схеми зварювання заготовок, які закріплені на позиціонері-обертачі. Результати параметризації наведені на рис. 1.5.

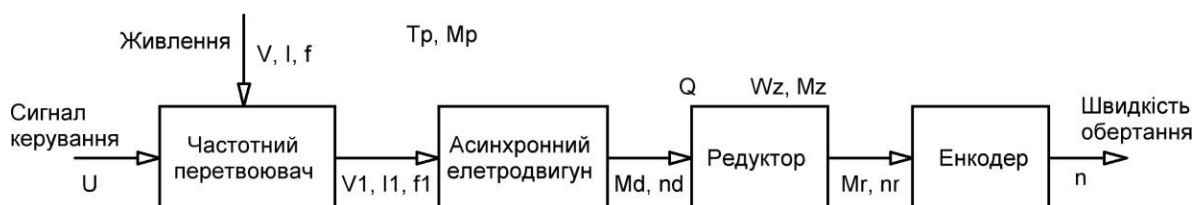


Рис. 1.5 Параметризована схема процесу зварювання заготовок, які закріплені на позиціонері-обертачі

Позначення на параметризованій технологічній схемі:

V , I , f – напруга, струм, частота живлення з мережі;

V_1 , I_1 , f_1 – напруга, струм частота живлення на виході з частотного перетворювача;

M_d , n_d – момент на валу і частота обертання електродвигуна;

M_r , n_r – момент на валу і частота обертання редуктора;

M_z , M_z – маса, момент інерції заготовки;

n – частота обертання на виході енкодера;

T_r , M_r – температура, відносна вологість навколишнього повітря;

U – керуюча дія на зміну частоти обертання;

Q – знос механічних частин електродвигуна, редуктора, зміна коефіцієнтів тертя.

1.2 Конкретизація регламентів і умов ведення процесу, його формалізоване представлення

1.2.1. Виявлення нормативів ведення технологічного процесу і роботи технологічного агрегату

Основу нормативів складають три основні регламенти:

Технологічний регламент - визначає умови, при яких в результаті технологічного процесу виходить продукт із заданими властивостями. Він являє собою набір номінальних значень і допусків на відхилення від номіналу технологічних параметрів. Для технологічного процесу зварювання заготовок, які закріплені на позиціонері-обертачі, таким параметром є: n – частота обертання на виході енкодера.

Експлуатаційна регламент - визначає умови нормальної безаварійної роботи технологічного обладнання. Він являє собою набір номінальних значень і допусків на відхилення експлуатаційних параметрів цього технологічного обладнання. Для технологічного процесу зварювання заготовок, які закріплені на позиціонері-обертачі, таким параметром є: I – струм живлення позиціонера-обертача;

Техніко-економічний та екологічний регламент визначає умови ефективності ведення процесу та його екологічності. Він являє собою набір номінальних або гранично-допустимих значень техніко-економічних і екологічних параметрів. До цієї групи параметрів можна віднести: V_1 , I_1 , f_1 – напруга, струм частота живлення на виході з частотного перетворювача; M_d , n_d – момент на валу і частота обертання електродвигуна; M_r , n_r – момент на валу і частота обертання редуктора.

1.2.2. Аналіз наслідків виходу технологічних і експлуатаційних параметрів за регламентні допуски

Відхилення параметрів технологічного процесу від регламентних значень, які викликаються зміною параметрів, що характеризують умови ведення процесу навіть при досить ефективному управлінні процесом, можуть перевищувати встановлені допуски. Залежно від наслідків, можна виділити два характерних типи таких порушень:

а) технологічний процес не припиняється, вихід за допуски ліквідується з плином часу, наприклад, за рахунок управління процесом;

б) технологічний процес припиняється повністю або частково, для його поновлення часто необхідна підготовка обладнання до повторного запуску (видалення сировини з машин, чистка робочих органів, їх заміна і т.д.).

Допуски на відхилення поточних (режимних) значень регламентованих параметрів від номінальних прийнято поділяти і задавати у вигляді допусків на тривалі і короткочасні відхилення.

Тривало допустимі відхилення визначають зону незначущих для даного процесу відхилень (ЗНВ) розглянутого параметра. У середині цієї зони значення параметра можна вважати приблизно рівним нормативному, тому відхилення, що не виходять з ЗНВ, можна не усувати.

Короткочасні допустимі відхилення параметрів перевищують їх ЗНО та призводять до зниження ефективності процесу, тому вони допустимі лише обмежений час, який задається і входить до регламенту. Вихід параметрів за зону короткочасно допустимих відхилень свідчить про порушення в

технологічному процесі або в експлуатації обладнання, які можуть призвести до аварії.

Аналіз нормативів ведення технологічного процесу та експлуатації обладнання оформимо у вигляді таблиці регламентів.

Таблиця 1.2 Таблиця регламентів

№	Найменування параметрів	Позн.	Одиниця виміру	Номинальне значення	Допустимі відхилення від номіналу		
					Тривалі	Коротко-часні	Час, с
1	частота обертів на виході енкодера	n	об/хв	1	±0,1	±0,3	3

1.2.3. Виявлення параметрів, що характеризують умови ведення технологічного процесу та експлуатації технологічного агрегату.

Поточні значення нормативних параметрів завжди відрізняються від номінальних внаслідок зміни умов, в яких ведеться процес. Ці умови також характеризуються певними параметрами і можуть бути згруповані за деякими ознаками.

Сировинні параметри характеризують властивості продукту, що йде на переробку. До цієї групи параметрів віднесемо: M_z , M_z – маса, момент інерції заготовки.

Енергетичні параметри характеризують енергію, яка підводиться до технологічного устаткування ззовні і витрачається на зміну властивостей продуктів. До цієї групи параметрів віднесемо: V , f – напруга, частота живлення з мережі; T_r , M_r – температура, відносна вологість навколишнього повітря

Механічні параметри технологічного обладнання характеризують стан його робочих органів. До цієї групи параметрів віднесемо: Q – знос механічних частин електродвигуна, редуктора, зміна коефіцієнтів тертя; U – керуюча дія на зміну частоти обертання.

1.2.4 Формалізація параметризованої схеми технологічного процесу і одержання його параметричної схеми.

Параметризована схема ТП має змістовний характер. Формалізація опису взаємозв'язків між параметрами ТП досягається за рахунок переходу до формалізованої параметричної схеми ТП. При цьому ті параметри, які відображають мету функціонування об'єкту моделювання та додаткових вимог до нього, тобто регламентовані параметри будуть вихідними, а параметри, що відображають умови функціонування об'єкту - вхідними.

Зв'язок між вхідними і вихідними параметрами – причинно-наслідковий. У рамках даної схеми ці зв'язки задаються тільки на якісному рівні, згодом деякими зв'язками можна буде знехтувати, деякі представити опосередковано.

Параметрична схема процесу зварювання заготовок, які закріплені на позиціонері-обертачі наведена на рис. 1.6.

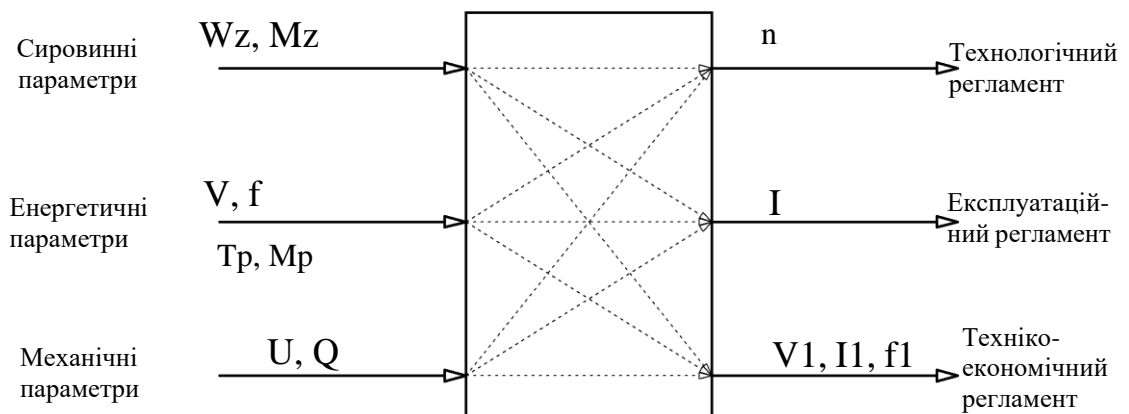


Рис.1.6 – Формалізована параметрична схема процесу процесу зварювання заготовок, які закріплені на позиціонері-обертачі

Розділ 2. Конкретизація задачі дотримання регламентів технологічного процесу, розробка і реалізація комплексу його моделей як об'єкта регулювання

2.1 Розробка структурної (координатної) схеми об'єкта керування

2.1.1 Конкретизація мети і завдань керування об'єктом, виявлення регульованих координат.

Загальною метою функціонування підприємства в цілому є виконання планових завдань або договірних зобов'язань щодо номенклатури та обсягу продукції, а також отримання при цьому певного економічного ефекту. Останній характеризується показниками прибутку, собівартості, розмірами виплачених штрафних санкцій і т.і.

Декомпозиція загальної («глобальної») мети для більш низьких рівнів виробничої ієрархії приводить до наступних цілей:

- а) на рівні окремого технологічного процесу – координація роботи технологічного обладнання, на якому реалізується процес;
- б) на рівні окремих одиниць технологічного обладнання (локальні цілі) – виконання технологічних, експлуатаційних і техніко-економічних регламентів, зокрема – оптимізація роботи окремих одиниць обладнання («локальна» оптимізація).

Звідси задачу керування можна розділити на:

- а) задачу регулювання, коли необхідно забезпечити виконання вимог регламенту. Отже, змінні, що відповідають технологічним і експлуатаційним параметрам будуть регульованими змінними об'єкту керування;
- б) завдання умовної оптимізації, коли при дотриманні вимог регламенту додатково відповідно до наперед сформульованим критерієм, вирішуються задачі оптимізації процесу.

Для процесу зварювання заготовок, які закріплені на позиціонері-обертачі, в якості регульованої координати доцільно обрати n – частота

обертання на виході енкодера.

2.1.2 Вибір управляючих дій об'єкту керування.

Необхідною умовою вирішення задач керування є наявність управляючих дій, що повинні бути вхідними змінними (координатами) ОК. Для задач регулювання, такими управляючими діями, насамперед, є дії, що цілеспрямовано можуть змінювати витрати матеріальних і енергетичних потоків, а саме – положення регульовальних органів. Кількість управляючих дій повинно бути рівним кількості регульованих змінних.

Для процесу зварювання заготовок, які закріплені на позиціонері-обертачі, до управляючих впливів доцільно віднести: U – керуюча дія на зміну частоти обертання.

2.1.3 Виділення та класифікація збурень об'єкта керування.

Після того, як визначені управляючі дії, всі інші вхідні змінні відносять у розряд збурень, тобто таких дій середовища, зміна яких порушує хід технологічного процесу і режими роботи технологічного агрегату.

Збурення за їх наслідками можна розділити на:

- а) «сильні» і «слабкі»;
- б) координатні, що призводять до зміни змінних у моделі, і параметричні, що приводять до зміни параметрів моделі;
- в) збурення, наслідки яких необхідно усувати, і шуми.

Шуми принципово відрізняються від інших збурень тим, що наслідки їх дії або пов'язані з перекручуваннями результатів вимірювання змінних (координат), або з високочастотними змінами цих змінних, компенсувати які, хоча б частково, за рахунок управляючих дій неможливо через більшу інерційність та запізнення каналу управління.

Інформацію про найбільш сильні збурення доцільно використовувати в керуючому пристрої для підвищення якості керування. Тому, у цьому випадку, відповідні вхідні змінні необхідно виділити з маси інших. Їх називають контрольованими збуреннями. Введення контрольованих

збурювань ускладнює математичну модель, тому їх вибір повинен бути досить обґрунтований.

Всі неконтрольовані координатні збурення (хоча їм відповідають зовсім різні параметри ТП) формально поєднують у групи неконтрольованих координатних збурювань (за числом керуючих дій) вони мають загальні (контрольовані) наслідки – змушують змінюватися керовані змінні. Еквівалентні координатні неконтрольовані збурення вважають діючими адитивно або управляючих дій, або керованих змінних. У цих випадках їх фізична інтерпретація і розмірність їх одиниць вимірювання визначається точкою їх додавання. У деяких випадках зручно детерміновану складову збурень приводити до управляючих дій, а стохастичну – до керованої змінної.

Параметричні збурення при керуванні ТП, як правило, є неконтрольованими. Спектральний склад збурень істотно різний для різних груп збурень. Для «наших умов» усі збурення, що прикладаються до об'єкта оптимізації, є істотно більше низькочастотними у порівнянні зі збуреннями, що прикладаються до об'єкта регулювання. Параметричні збурення є істотно більше низькочастотними у порівнянні з координатними. Самими найвисокочастотнішими збуреннями є шуми.

Всі входні дії, крім управляючої дії, віднесемо до неконтрольованих збурень f_n . Детерміновану складову цих збурень адитивно прикладемо до управляючих дій, а стохастичну складову – до регульованої координати.

2.1.4. Складання структурної (координатної) схеми об'єкту регулювання

Структурна схема ОК є найбільш загальною (концептуальною) моделлю технологічного процесу як ОК.

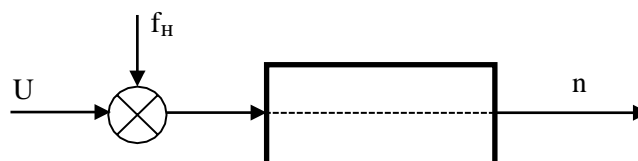


Рис.2.1 - Структурна схема процесу зварювання заготовок, які закріплені на позиціонері-обертачі, як об'єкта регулювання

$U - U$ – керуюча дія на зміну частоти обертання;

f_n - вектор неконтрольованих збурень;

n – регульована змінна – частота обертання на виході енкодера.

2.2 Ідентифікація (розробка моделей) каналів перетворення об'єкта регулювання

2.2.1 Априорний аналіз статичних і динамічних властивостей об'єкту керування

Перед початком експериментів доцільно на основі априорних даних, виходячи з фізичної суті об'єкту, оцінити властивості каналів, моделі яких підлягають ідентифікації. По суті справи - провести попередню структурну ідентифікацію. Це необхідно, насамперед, для того, щоб спростити і прискорити виявлення настання сталих режимів вихідних змінних. Для технологічного процесу зварювання заготовок, які закріплені на позиціонері-обертачі, після нанесення збурюючих дій встановлюється динамічна рівновага регульованої змінної, тому за цим каналом управління цей ОК має властивість самовирівнювання. Слід також відзначити, що при збільшенні керуючої дії U регульована змінна n збільшується.

2.2.2. Априорний аналіз і прийняття рішення про допустимість лінеаризації статичних властивостей каналів управління та збурень об'єкту регулювання, виходячи, зокрема, з діапазонів зміни регульованих змінних при роботі САР, для розробки якої ведеться ідентифікація об'єкту

Виходячи з фізичної суті процесів, які протікають в ОК, відомо, що відносно повною мірою математично ці процеси можуть бути описані нелінійними диференціальними рівняннями. Але також відомо, що номінальний режим функціонування ОК пов'язаний з порівняно вузьким діапазоном зміни регульованих координат. А в такому діапазоні процеси

можуть бути описані лінійними диференціальними рівняннями, тобто припустимою є лінеаризація моделі ОК. Таке спрощення моделі, з одного боку, приводить до неточності опису процесів, а з іншого боку, дозволить істотно спростити процедуру ідентифікації моделі з використанням інженерних методик.

2.2.3 Ідентифікація лінеаризованих моделей динаміки каналів управління об'єкта регулювання в околиці його робочих режимів

2.2.3.1 Короткий порівняльний аналіз і вибір доцільних вхідних дій для експериментального дослідження з метою отримання необхідної інформації про властивості каналів об'єкту для випадку, коли вхідні змінні каналів доступні для цілеспрямованої зміни

Активні експерименти можуть проводитися тільки з каналами, вхідні змінні яких доступні для цілеспрямованої зміни. Ними, насамперед, є керуючі дії. З розуміння простоти організації цих змін, мінімізації витрат часу на проведення експерименту та обробки його результатів, доцільно використовувати ступінчасті дії. Для спрощення обробки результатів доцільно подавати дії по черзі на кожен з каналів окремо, фіксуючи реакції всіх виходів.

2.2.3.2 Планування активного експерименту на об'єкті для обраних вхідних дій і отримання реакцій на них у ході натурального або уявного експериментів.

План активного експерименту:

1. За допомогою зміни управляючої дії домагаємося значення регульованої координати в околиці її номінального значення. Для нашого ОК значенню $U=50\%$ буде відповідати значення регульованої координати $n = 1$ об/хв.

2. Чекаємо закінчення перехідного процесу в каналі та настання сталого режиму, при якому вихідна змінна перестає змінюватися.

3. Змінюємо управляючу дію ступінчастим чином на 10%, відзначивши при цьому момент початку його зміни.

4. Реєструємо зміну вихідної змінної до настання нового сталого режиму.

Результати активного експерименту при зміні U 50%→60% х.р.о. наведені на рис. 2.2.

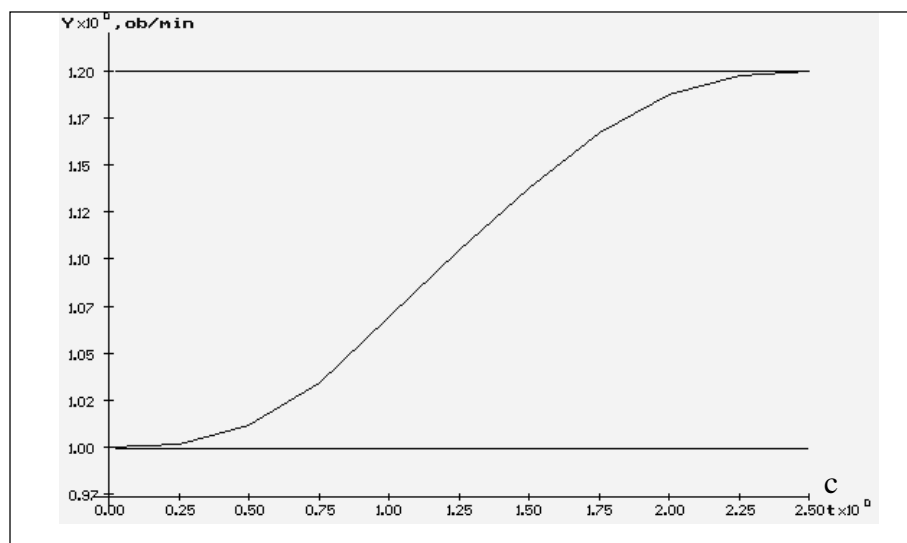


Рис. 2.2 – Результати активного експерименту за каналом $U - n$

2.2.4 Аналіз отриманої в ході експерименту інформації, обґрунтування та вибір структури моделей каналів (структурна ідентифікація моделей).

За результатами активних експериментів (рис. 2.2) ОК по каналу керування $U - n$ має властивість до самовирівнювання, а отже модель цього каналу може бути описана передатними функціями інерційної ланки першого та другого порядку:

$$W_0(p) = \frac{K_0 \cdot e^{-\tau_0 p}}{T_0 p + 1}; \quad W_0(p) = \frac{K_0 \cdot e^{-\tau_0 p}}{(T_0 p + 1)^2}.$$

2.2.5 Вибір методики і проведення параметричної ідентифікації моделей першого та другого порядків

Для параметричної ідентифікації моделей ОК зі статичними властивостями необхідно знайти коефіцієнт передачі ОК (K_0), сталу часу (T_0) і час запізнення (τ_0).

Для каналу U – n :

Коефіцієнт передачі ОК визначають за формулою:

$$K_o = \Delta n / \Delta U = (1,2 - 1) / \frac{(60 - 50)}{\%хро} = 0,02 \frac{об}{\%хро}$$

Для ідентифікації сталої часу T_0 та часу запізнення τ_0 як для моделі 1-го порядку, так і для моделі 2-го порядків доцільно використовувати методику «двох загальних точок». Відповідно до неї, для моделі 1-го порядку:

$$\tau_0 = 0,5 \cdot (3 \cdot t_{0,33} - t_{0,7});$$

$$T_0 = \frac{(t_{0,7} - \tau_0)}{1,2};$$

для моделі 2-го порядку:

$$\tau_0 = 0,5 \cdot (3 \cdot t_{0,19} - t_{0,7});$$

$$T_0 = \frac{t_{0,7} - \tau_0}{2,4} .$$

Значення $t_{0,19}$, $t_{0,33}$, $t_{0,7}$ отримуються в програмі IDENT графічними побудовами, показано на рис. 2.3 і 2.4.

Для моделі 1-го порядку

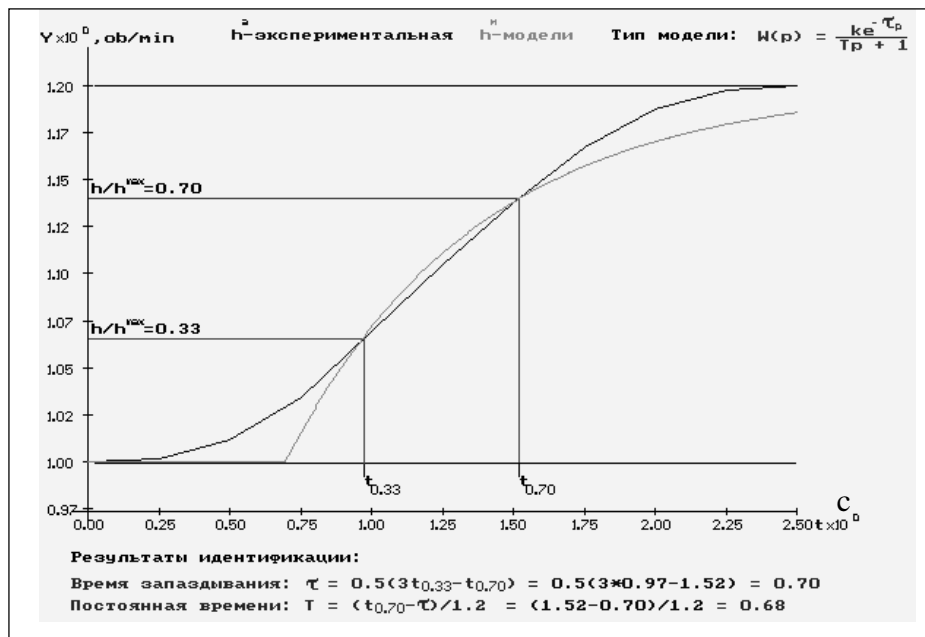


Рис. 2.3 - Параметрична ідентифікація каналу U-n

Передатна функція моделі ОК 1-го порядку буде мати вигляд:

Якщо параметри моделі ОК 1-го порядку були визначені правильно, то її графік повинен пересікати графік перехідної характеристики якраз на рівнях $Tп_{0.33}$ та $Tп_{0.7}$ (див. рис. 2.3).

Для моделі 2-го порядку

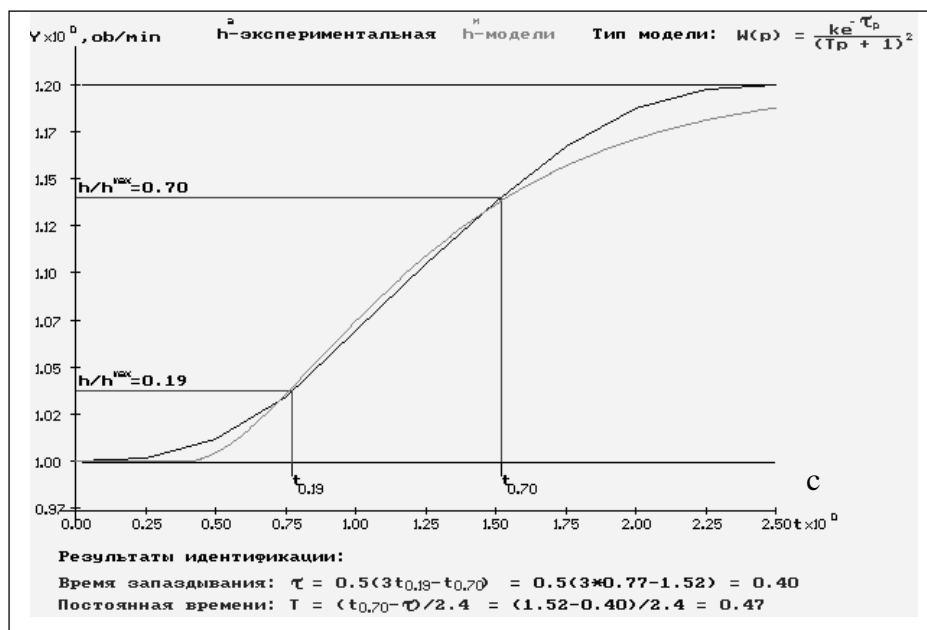


Рис. 2.4 - Параметрична ідентифікація каналу U-n

Передатна функція моделі ОК 2-го порядку буде мати вигляд;

Якщо параметри моделі ОК 2-го порядку були визначені правильно, то її графік повинен пересікати графік перехідної характеристики якраз на рівнях $T_{п\ 0,19}$ та $T_{п\ 0,7}$ (див. рис. 2.4).

2.2.6. Ідентифікація моделей статички каналів управління об'єкту регулювання з істотно нелінійними властивостями

2.2.6.1 Вибір і опис доцільного методу експериментальних досліджень властивостей каналів з метою отримання необхідної інформації.

Статичні властивості ОК описуються статичними характеристиками (моделями) каналів. Вони відображають взаємозв'язок між вхідними і вихідними координатами (змінними) каналів ОК в статично сталих режимах, тобто після закінчення всіх перехідних процесів цих змінних.

Кінцевим результатом ідентифікації математичної моделі статички є отримання функціональної залежності виду $y = \Phi(\vec{x})$ на основі експериментальних даних, де $\vec{x} \in \{ \vec{u}, \vec{f} \}$ вхідні змінні ОУ.

Значення y , отримані в результаті експерименту, завжди мають випадкову складову, обумовлену дією некерованих і неконтрольованих змінних, похибками вимірювання y і \vec{x} . У цьому випадку залежність $y^M = \hat{y} = \Phi(\vec{x})$ визначається з використанням статистичних ("усереднюючих") методів, і вона називається регресією, регресійною залежністю або рівнянням регресії.

У теорії експерименту змінні x називають факторами, а їх функцію y – відгуком. Відповідно до цієї термінології експеримент, проведений для ідентифікації моделі, де функція залежить від однієї змінної, називають однофакторним, а функція багатьох змінних – багатфакторним.

Експерименти для отримання математичних моделей статички можуть бути пасивними або активними (як і при отриманні моделей динаміки). Активні експерименти за планом їх проведення можуть бути звичайними і

оптимальними. Оптимальні плани розробляються на основі теорії методів планування експериментів.

Для визначення статичної характеристики технологічного процесу зварювання заготовок, які закріплені на позиціонері-обертачі, як ОК виберемо активний однофакторний експеримент.

2.2.6.2 Планування активного експерименту на об'єкті для реалізації обраного методу та відображення результатів натурального або уявного експериментів у вигляді оцінок статичних характеристик.

Суть планування експерименту полягає у виборі діапазонів зміни факторів, кроку збільшення факторів, послідовності їх зміни та числа повторів цих змін.

А. Діапазони зміни факторів в експерименті фактично визначає діапазон, де отримана модель може коректно використовуватися. Тому вони повинні відповідати реальним діапазонам зміни змінними, обумовлених факторами.

Б. Крок факторів повинен бути такими, щоб при перекритті необхідного діапазону їх зміни кількість дослідів не була б занадто великою або малою – найчастіше рекомендується 3...6 дослідів.

В. Кількість повторів (для компенсації випадкової складової) визначається інтенсивністю випадкових складових у вхідних і вихідних змінних ОК, кількістю факторів (цілеспрямовано змінюваних вхідних змінних) витратами часу та інших обставин. Кількість повторів приймається рівною 3-5. У деяких випадках повторів можна не робити взагалі.

Для визначення статичної характеристики технологічного процесу зварювання заготовок, які закріплені на позиціонері-обертачі, як ОК виберемо діапазон зміни керуючого впливу від 20%хро до 80%хро, а крок зміни $\Delta U=10\%хро$.

Результати експерименту для визначення статичних характеристик ОК зведено в таблицю 2.1

Таблиця 2.1. Результати експерименту для визначення статичної

характеристики ОК

№ пш	U, %х.р.о.	n, об/хв
1	20	0,4
2	30	0,6
3	40	0,8
4	50	1,0
5	60	1,2
6	70	1,4
7	80	1,6

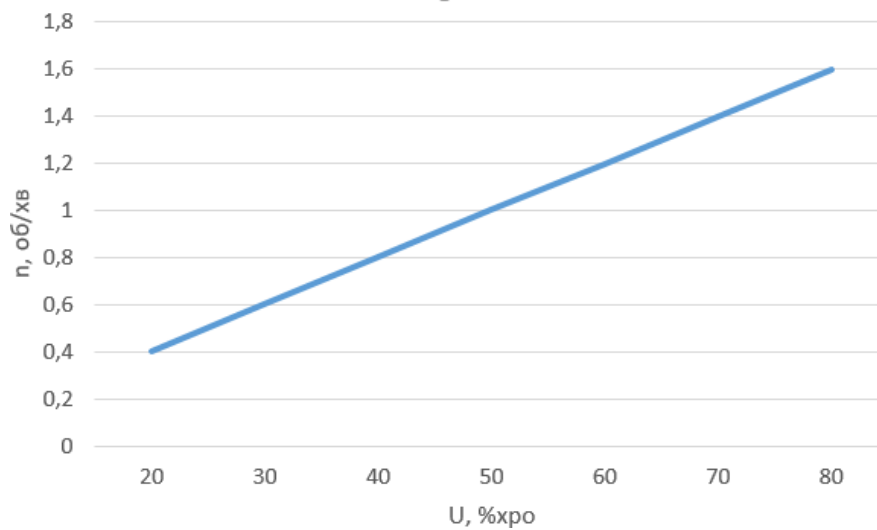


Рис. 2.7 Результати експерименту
для визначення статичної характеристики ОК

2.2.6.3 Аналіз отриманої в ході експерименту інформації, ітераційний підбір структури моделі з їх параметричною ідентифікацією, порівняльний аналіз моделей різної структури за статистичними критеріями, прийняття

рішення з вибору моделі для опису нелінійних властивостей каналів керування.

Структурна ідентифікація моделей статички зводиться до вибору виду рівняння регресії. Для проведення параметричної ідентифікації моделі статички ОК доцільно використовувати метод найменших квадратів. Суть методу полягає в пошуку такого вектору \vec{a} параметрів вибраної моделі, що забезпечував би мінімальну суму квадратів розходження між значеннями вихідної змінної об'єкта, отриманих у результаті експерименту y_i , при значеннях вхідних змінних x_i , і вихідних змінних моделі об'єкту y_i^m , обчислених при тих же значеннях x_i , тобто

$$\vec{a}^* = \operatorname{argmin} \left\{ I(\vec{a}) = \sum_{i=1}^n (y_i(x_i) - y_i^m(a_i, x_i))^2 \right\}.$$

Для досліджуваного ОК, як видно з рис. 2.4, статична характеристика може бути описана лінійною залежністю виду:

$$n = a_0 + a_1 U$$

Параметр a_1 був визначені в процесі ідентифікації в підрозділах 2.2. При цьому $a_1 = K_0 = 0,021$ об/хв/%х.р.о.

Параметр a_0 можна визначити із залежності:

$$a_0 = n - a_1 U = 1 - (0,02 \cdot 50) = 0$$

Отже, статична характеристика досліджуваного ОК може буди описана залежністю:

$$n = a_0 + k_0 \cdot U = 0,02 \cdot U$$

2.3 Ідентифікація моделей відних дій об'єкту керування . Априорний аналіз вхідних впливів

2.3.1 Аналіз фізичної суті, можливих діапазонів зміни та частотних властивостей вхідних дій і їх наслідків.

Для технологічного процесу сушки чаю в сушарці як ОК всі вхідні дії, крім управляючої дії, були віднесені до неконтрольованих збурень f_n (див. рис. 1.9).

Слід зазначити, що неконтрольовані збурення на ОК не є чітко певними фізичними параметрами. Вони є певною математичною абстракцією, про яку відомою є лише реакція системи регулювання на них. Діапазон їх зміни доцільно прив'язувати до фізичного діапазону зміни управляючих дій. З теорії автоматичного керування відомо, що фізичний діапазон зміни управляючої дії лежить у межах 0...100 %х.р.о., а діапазон зміни неконтрольованих збурень може становити приблизно 10...15% від діапазону зміни управляючої дії, тобто становить приблизно 10...15 %х.р.о. (якщо неконтрольовані збурення прикладені до управляючої дії), або (10...15) y_0 (якщо неконтрольовані збурення прикладені до регульованої координати).

В інженерній практиці моделі вхідних дій звичайно представляють у формі процесу з декількома адитивними складовими, наприклад:

$$f(t) = \bar{f}(t) + \tilde{f}^n(t) + \tilde{f}^c(t) + \tilde{f}^u(t),$$

де $\bar{f}(t)$ – детермінована повільно змінювана складова;

$\tilde{f}^n(t)$ – квазидетермінована складова;

$\tilde{f}^c(t)$ – стохастична центрована складова – центрований випадковий процес;

$\tilde{f}^u(t)$ – високочастотна стохастична складова – шум.

Варто враховувати, що складові $\bar{f}(t)$, $\tilde{f}^n(t)$ є відносно низькочастотними діями, несприятливі наслідки яких САК повинна і може компенсувати.

Складова $\tilde{f}^u(t)$ пов'язана або із шумами у вимірювальних каналах, або з високочастотними збуреннями, наслідки яких, у силу особливостей каналів керування ОК, скомпенсовані бути не можуть. В обох випадках $\tilde{f}^u(t)$ в САК повинні бути відфільтровані. Визначивши властивості $\tilde{f}^u(t)$, можна підібрати параметри фільтрів низької частоти, які не «пропустять» шуми на вхід регулятора.

Вплив складової $\tilde{f}^c(t)$ на регульовану змінну повністю не компенсується регулятором САР і якраз зменшення цього впливу і визначає ефективність алгоритмів, які реалізує система регулювання.

2.3.2 Аналіз можливостей ідентифікації моделей координатних збурень і вибір загальної структури моделей

Моделі неконтрольованих збурень доцільно представляти як суму чотирьох складових. Причому детерміновану $\tilde{f}(t)$ та квазидетерміновану $\tilde{f}^n(t)$ складові доцільно привести до управляючої дії, а стохастичну складову $\tilde{f}^c(t)$ та шум $\tilde{f}^m(t)$ доцільно привести до регульованої координати.

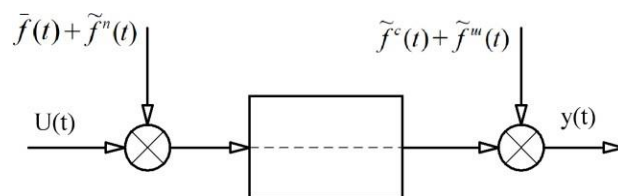


Рис. 2.8 Структурна схема моделі неконтрольованих збурень

На практиці дуже часто прагнуть використовувати найбільш прості моделі детермінованих складових. У таких умовах в якості моделі $\tilde{f}(t)$ приймають модель ступінчастої дії,

$$\tilde{f}(t) = \begin{cases} a_{rH} = \Delta f_H, & t > 0 \\ 0, & t \leq 0 \end{cases}, \text{ прикладеного до входу ОК.}$$

Ступінчасте збурення є одним з найбільш несприятливих з обмежених по величині дій на ОК (з погляду виникаючих у САК динамічних відхилень і тривалості виникаючих перехідних процесів).

Наближена ідентифікація Δf_n для ступінчастого збурення може бути проведена у такий спосіб:

1. Визначають (приблизно) середнє значення управляючої дії $u(t) = \bar{u}(t)$, якому відповідає номінальне значення регульованої координати.

2. Задають значення $\Delta f_n = 0,2u(t)$.

Квазідетермінована складова $\tilde{f}^n(t)$ може мати, наприклад, гармонійний характер, що відбиває вплив на регульовану змінну $y(t)$ періодично працюючого обладнання. Модель $\tilde{f}^n(t)$ знаходять при цьому безпосередньо із графіків $y(t)$, отриманих при проведенні пасивного експерименту.

Для відтворення моделей $\tilde{f}^c(t)$ або $\tilde{f}^u(t)$ досить часто використовують метод формуючого фільтру. Його можна подати у вигляді такої структурної схеми моделювання

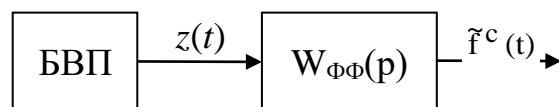


Рис. 2.9 – Базова модель випадкового процесу

де БВП - генератор базового випадкового процесу («білого шуму»);

$W_{\Phi\Phi}(p)$ – передаточна функція формуючого фільтра.

В подальшому для ТП зварювання заготовок, які закріплені на позиціонері-обертачі, як ОК розглядаються лише зовнішні впливи детермінованої $\tilde{f}(t)$ та стохастичної $f^c(t)$ складових неконтрольованого

збурення $f_n(t)$ на регульовану змінну $n(t)$.

2.3.3 Планування пасивного експерименту для збору інформації про координатні збурення, структурна і параметрична ідентифікація неконтрольованих збурень

План проведення пасивного експерименту:

- а) при проведенні пасивного експерименту необхідно вивести об'єкт у зону робочого режиму.
- б) провести пасивний експеримент, у ході якого отримати реалізації регульованої змінної.
- в) за отриманими перехідними процесами визначити час початку динамічно сталого процесу, крок квантування, тривалість реалізацій.

Якщо немає можливості провести натурні пасивні експерименти, то з навчальною метою сигнали збурень, як динамічні процеси, можна згенерувати за допомогою програми rgen, задавши необхідні параметри про властивості ОК по каналу регулювання.

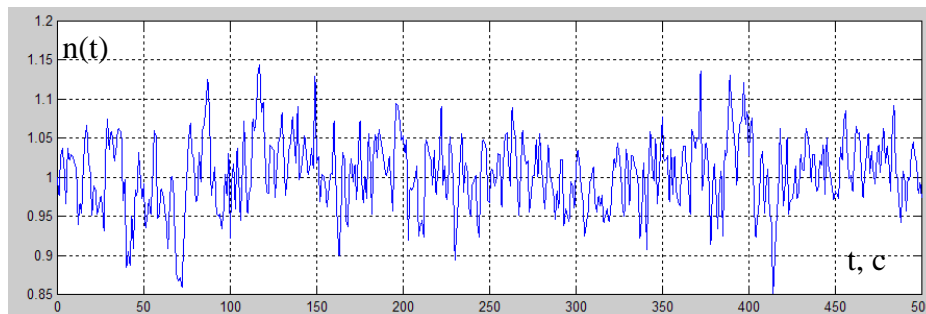


Рис. 2.10 Результати пасивного експерименту змін регульованої змінної $n(t)$ під впливом неконтрольованого збурення $f_n(t)$

2.3.4 Оцінювання імовірнісних характеристик випадкових складових координатних збурень, аналіз оцінок щільностей імовірності, кореляційних функцій, спектральних щільностей і уточнення структури моделі (структурна ідентифікація)

Для ідентифікації моделей випадкових складових неконтрольованих координатних збурень використаємо додаток IdSoft пакету Матлаб. Першим етапом ідентифікації моделі контрольованих і неконтрольованих збурень є оцінювання імовірнісних характеристик відповідних випадкових процесів, а саме щільності імовірності, математичного очікування, дисперсії, середньоквадратичного відхилення, середньоквадратичного періоду (СКП),

кількості СКП у реалізації випадкового процесу, нормованої кореляційної функції і спектральної щільності випадкового процесу.

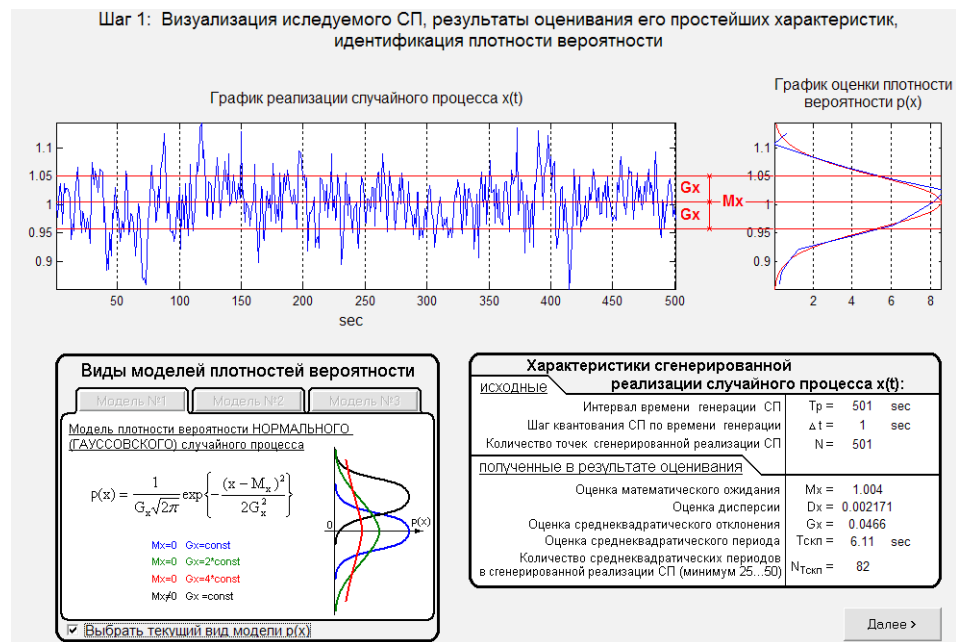


Рис. 2.11 Вибір моделі щільності імовірності розподілу процесу $n(t)$

На другому кроці вибираємо модель №1 із семи можливих моделей автокореляційної функції та спектральної щільності процесу $n(t)$



Рис. 2.12 Структурна ідентифікація автокореляційної функції та спектральної щільності процесу $n(t)$

2.3.5 Параметрична ідентифікація моделей імовірнісних властивостей випадкових складових, оцінка результатів ідентифікації.

На третьому кроці проводимо параметричну ідентифікацію параметра α автокореляційної функції процесу $T_n(t)$ $R_{Tn}(\tau_K) = D_{Tn} \cdot e^{-\alpha|\tau_K|}$.

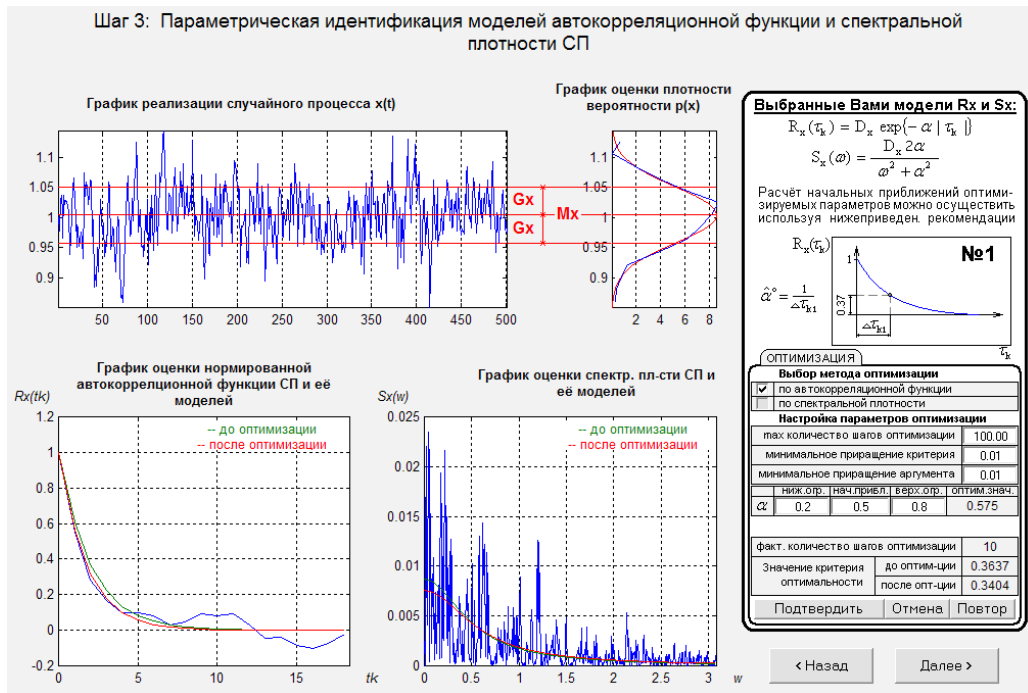


Рис. 2.13 Результати параметричної ідентифікації АКФ процесу $n(t)$

На 4 кроці отримуємо кінцеві результати ідентифікації випадкової складової процесу $T_n(t)$.

Шаг 4: Итоги идентификации моделей случайных процессов

Таблица результатов идентификации							
Номер модели	α	β	A	C	γ	Значение критерия оптимизации	
✓ 1	0.575	-	-	-	-	0.1159	

Рис. 2.14 Результати ідентифікації випадкової складової процесу $n(t)$

Ці результати в подальшому дадуть змогу визначити передатну функцію формуючого фільтру $W_f(p)$, який із псевдобілого шуму, що продукує генератор базового випадкового процесу, сформує випадковий процес, імовірності характеристики якого будуть подібні до характеристик процесу $n(t)$

Для досліджуваного ОК в якості моделі детермінованої складової неконтрольованих збурень приймемо ступінчасту вхідну дію величиною $10\%x.p.o.$

2.4 Реалізація у середовищі імітаційного моделювання моделей каналів перетворення дій і підтвердження їх відповідності експериментальним даним

2.4.1 Розробка схем моделювання динаміки каналів перетворення дій, отримання перехідних характеристик моделей і їх порівняння з експериментальними перехідними характеристиками

У цьому підрозділі роботи в пакеті Simulink середовища Матлаб для каналу «U- n» ОК розробляються схеми моделювання як для моделі 1-го, так і для моделі 2-го порядку.

При моделюванні вихід моделей виводиться на графік в одній системі координат з експериментальними даними. Для цього експериментальні дані попередньо готують в табличному виді і реалізують їх у компоненті Look-Up-Table (див. табл. 2.4.1). Схеми моделювання каналів управління ОК наведені на рис. 2.4.1. Результати моделювання наведені на рис. 2.4.2

Табл. 2.4.1 Дані обробки експериментальної перехідної характеристики ОК по каналу $U - n(t)$

t, c	0	0,25	0,5	0,75	1,0	1,25	1,5
n(t)	1,0	1,0	1,012	1,035	1,07	1,105	1,138
t, c	1,75	2,0	2,25	2,5			
n(t)	1,167	1,188	1,198	1,2			

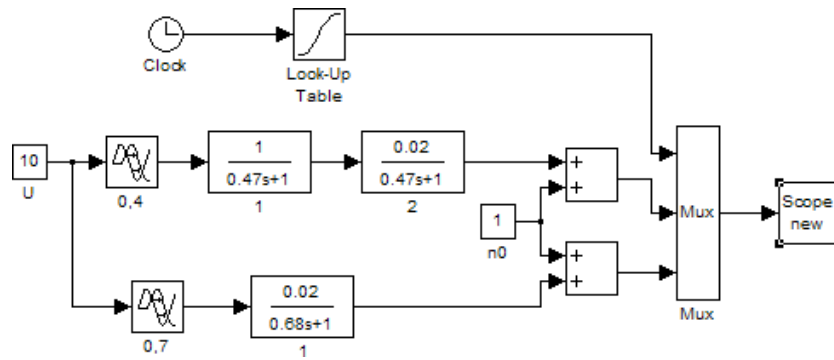


Рис. 2.4.1– Схема моделювання каналу «U- n(t)»

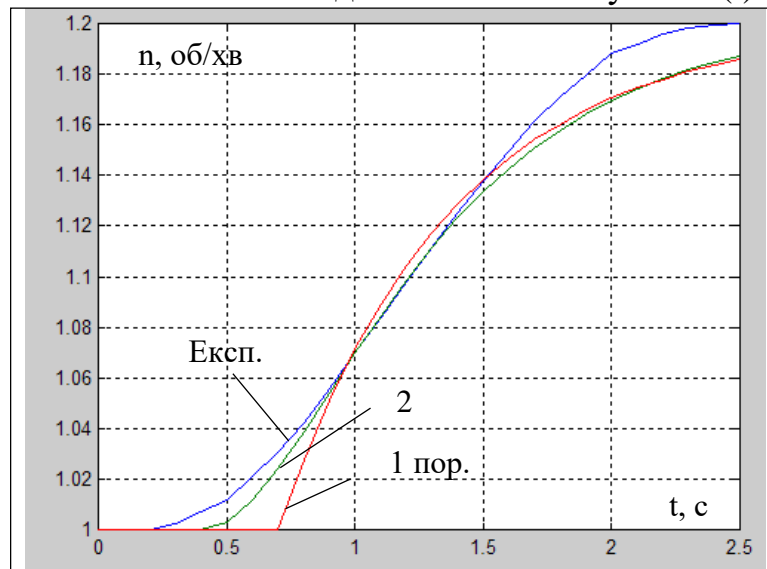


Рис. 2.4.2 – Результати моделювання ОК по каналу «U- n(t)»

Як видно з рис. 2.4.2, моделі ОК як 1-го, так і 2-го порядків досить точно описують експериментальні дані.

2.4.2 Представлення моделей випадкових складових дій у виді послідовно включених генератора базового випадкового процесу („білого шуму”) і формуючого фільтра

Для відтворення моделі неконтрольованих збурень як стохастичних процесів (СП) із заданими властивостями будемо використовувати метод формуючому фільтру.

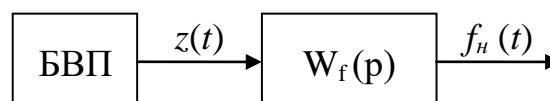


Рис. 2.4.3 – Структурна схема моделі формування неконтрольованого збурення

Спочатку треба визначити передаточну функцію формуючого фільтра $W_f(p)$. Для моделі кореляційної функції №1 передатна функція формуючого фільтра має вигляд:

$$W_f(p) = \frac{k_f}{T_f p + 1};$$

де:

$$k_f = 2 \cdot \sqrt{\frac{D_f}{\alpha}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{0,002171}{0,575}} = 0,12; \quad T_f = \frac{1}{\alpha} = \frac{1}{0,575} = 1,74 \text{ с};$$

$D_f = D_n$ – дисперсія процесу $n(t)$. У підсумку:

$$W_f(p) = \frac{k_f}{T_f p + 1} = \frac{0,12}{1,74p + 1}. \quad (1)$$

2.4.3 Розробка структурних схем моделювання, генерація випадкових складових моделей вхідних дій, параметрична ідентифікація їх імовірнісних характеристик і підтвердження відповідності моделей експериментальним даним

Для перевірки коректності визначення параметрів передатної функції (1) проведемо моделювання за такою схемою:

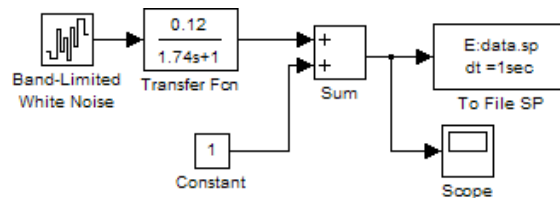


Рис. 2.7.4 Схема моделювання для перевірки коректності визначення параметрів передатної функції (1)

Далі було проведено оцінювання імовірнісних характеристик випадкових складових координатних збурень. По його результатам виявилось, що похибка в оцінках математичного очікування, середньоквадратичного відхилення і коефіцієнту спаду кореляційної функції моделі відрізняється від аналогічних експериментальних показників більша, ніж на 5%. Тому схема моделювання була скоригована:

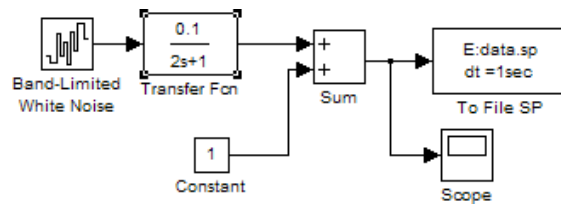
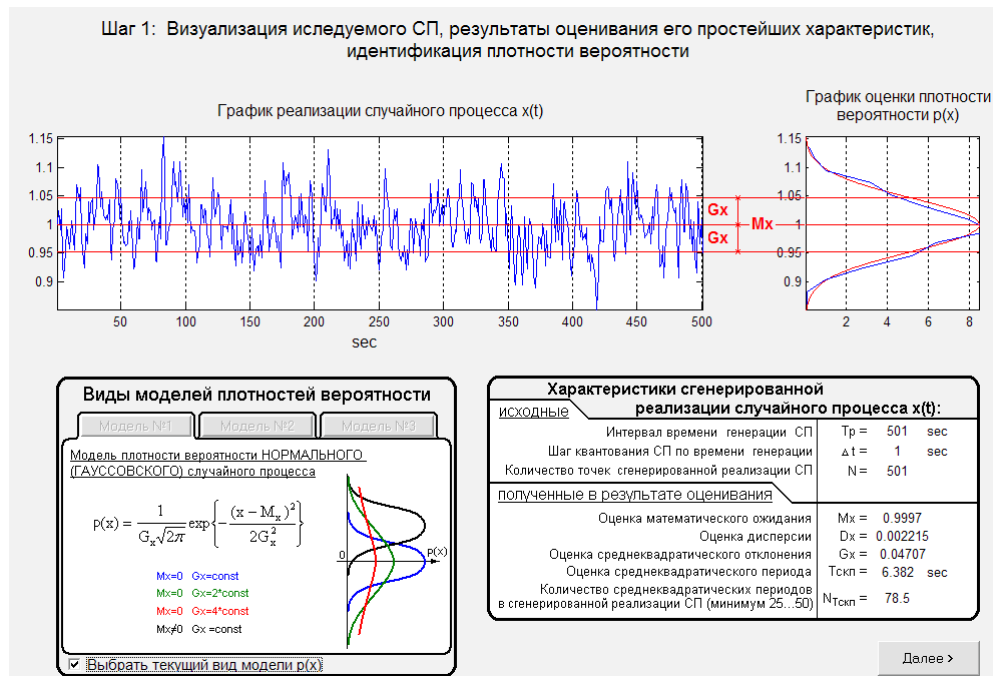


Рис. 2.4.5 Скоригована схема моделювання для перевірки коректності визначення параметрів передатної функції (1)

Оцінювання імовірнісних характеристик випадкових складових координатних збурень по схемі моделювання, яка представлена на рис. 2.4.5, дало наступні результати:



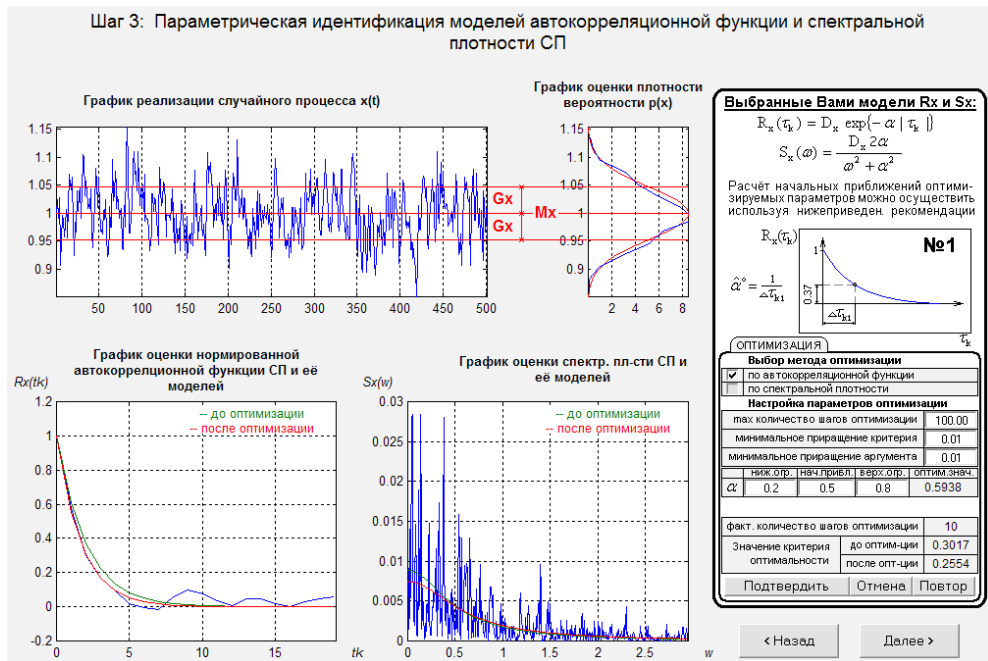


Рис. 2.4.6 Результати перевірки передатної функції формуючого фільтру (1)

Порівнюючи отримані результати із аналогічними по п. 3.3, можна дійти висновку, що похибка в оцінках математичного очікування, середньоквадратичного відхилення і коефіцієнту спаду кореляційної функції моделі відрізняється від аналогічних експериментальних показників менше, ніж на 5%. Отже остаточно передатна функція формуючого фільтру буде

$$W_f(p) = \frac{k_f}{T_f p + 1} = \frac{0,1}{2,0p + 1}$$

2.4.4 Відтворення у середовищі імітаційного моделювання моделей статички каналів перетворення дій і підтвердження їх відповідності експериментальним даним

Реалізація моделі статички ОК проводилась в пакеті Simulink середовища Матлаб. Схема моделювання наведена на рис. 2.8.1, в якій модель статички була реалізована в елементі Fcn.. Результати моделювання наведені на рис. 2.4.8.

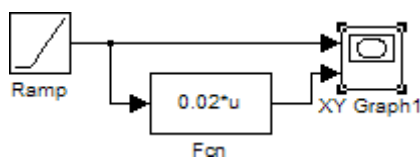


Рис. 2.4.7 Схема моделювання з перевірки відповідності статичної характеристики ОК експериментальним даним та налаштування елемента Fcn

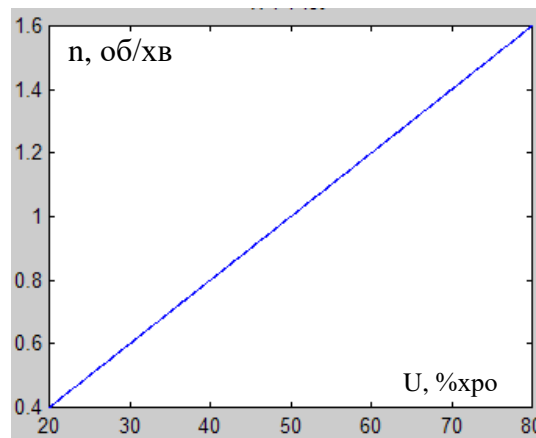


Рис. 2.4.8 Результати перевірки відповідності статичної характеристики ОК експериментальним даним

Співставляючи результати, наведені на рис. 2.7 та 2.8.2, можна зробити висновок, що модель статички ОК адекватна статичним властивостям ОК.

2.4.5 Реалізація у середовищі імітаційного моделювання повної моделі об'єкту керування і підтвердження її адекватності

Повна модель ОК містить у собі повну модель каналу керування і модель вхідних дій. Схема моделювання повної моделі ОК наведена на рис. 2.4.9. В цій схемі використані ланки Transfer Fcn (with initial outputs), що дозволило встановити необхідні початкові умови в моделях. Експериментальні дані з табл. 2.4.1 були введені в елемент Look-Up Table

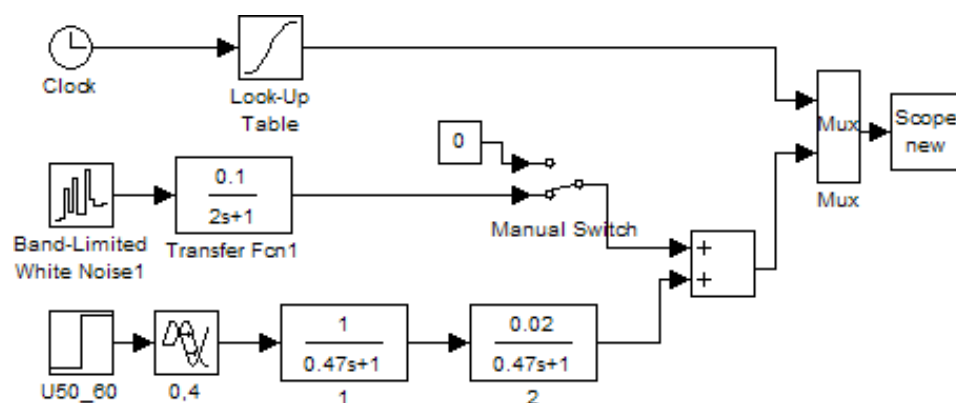


Рис. 2.4.9 – Схема моделювання повної моделі ОК

Проведення з моделлю об'єкта машинних експериментів, аналогічних тим натурним, при яких здійснювався збір інформації про властивості об'єкту, порівняння результатів цих експериментів, прийняття висновку про відповідність моделі експериментальним даним.

Проведемо експерименти з повною моделлю ОК. Результати експерименту при зміні керуючої дій U детермінованого характеру наведені на рис. 2.4.10а. Якщо до керуючих дій додаються ще й збурення $f_H(t)$, то загальний результат приведений на рис. 2.4.10б.

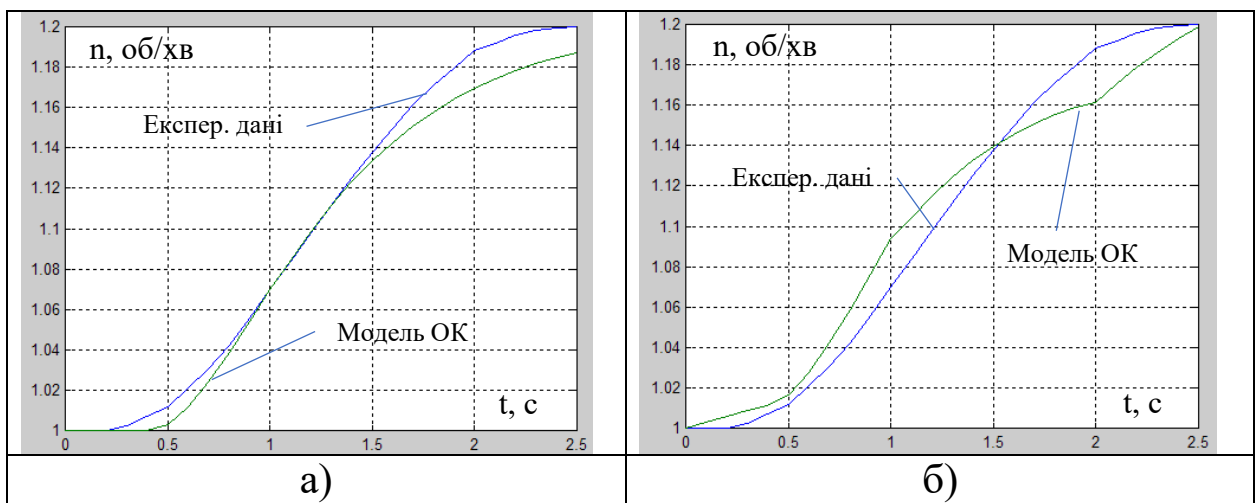


Рис. 2.4.10 – Результати експерименту при зміні керуючих дій U детермінованого характеру 10%х.р.о. та впливі неконтрольованих збурень $f_H(t)$

Як видно з результатів моделювання, повна модель ОК достатньо точно відображає експериментальні дані з табл. 2.4.1. Це означає, що отримана повна модель ОК є адекватною

2.5 Формулювання задач керування технологічним агрегатом

2.5.1 Декомпозиція загальної задачі керування технологічним агрегатом

і формулювання приватних завдань.

Загальним завданням керування є керування матеріальними і енергетичними потоками для отримання властивостей продукту необхідного виду і якості.

Із загальної мети керування можна виділити приватні задачі:

- підтримання вихідних змінних об'єкта керування (n) на їх заданих значеннях (n^z) - задача регулювання;
- пристосування в процесі роботи об'єкта керування до його змінних властивостей завдання - задача адаптації;
- забезпечення найкращих (оптимальних) в певному (заданому) сенсі режимів роботи об'єкта керування - задача оптимізації;
- забезпечення включення і відключення при пусках, зупинках, аварійних ситуаціях - задача логічного керування.

2.5.2 Обґрунтування необхідності і доцільності автоматизації кожної з приватних задач керування.

Необхідно і доцільно автоматизувати кожну із задач керування.

Для задачі регулювання автоматизація необхідна для автоматичного регулювання заданої змінної в околиці бажаного значення із заданою точністю без фізичної участі людини. Для якісної і економічно доцільної реалізації технологічного процесу зварювання заготовок, які закріплені на позиціонері-обертачі, необхідно регулювати частоту обертання на виході з енкодера n .

Для задачі адаптації необхідна автоматизація пристосування системи керування до змінних властивостей об'єкта керування. Це завдання можна вирішити, змінюючи настройки регуляторів в процесі роботи установки.

Для задачі оптимізації необхідно автоматизувати пошук оптимального проходження процесу, мінімізувати витрати енергії, брак продукції, збільшити продуктивність обладнання. Для технологічного процесу зварювання заготовок, які закріплені на позиціонері-обертачі, цю задачу можна вирішити, змінюючи завдання системі регулювання частоти

обертання на виході з енкодера n .

Процес зварювання заготовок, які закріплені на позиціонері-обертачі, є об'єктом періодичної дії. Для нього є характерним робочий режим з пусками та зупинками. Підвищення економічної ефективності роботи цього процесу в режимах пуску і зупинки можна досягти, автоматизувавши ці завдання. Тому для даного технологічного процесу актуальна автоматизація задачі логічного керування.

2.5.3 Формалізація вимог до вирішення задач регулювання і вибір принципу побудови системи автоматичного регулювання

Формалізація вимог до гранично-допустимим статичним і динамічним відхиленням регульованих змінних від відповідних заданих значень перехідних і динамічно сталих процесів і подання їх у формі регламентних зон регульованих змінних.

Відповідно до нормативів ведення технологічних процесів (див. Таблицю 1.2):

- частота обертання на виході з енкодера n повинна підтримуватися на рівні 1 об/хв з точністю $\pm 0,1$ об/хв. За цим параметром допустимі короткочасні відхилення до $\pm 0,3$ об/хв протягом часу не більше 3 с. Регламентна зона за цим параметром приведена на рис. 2.5.1.

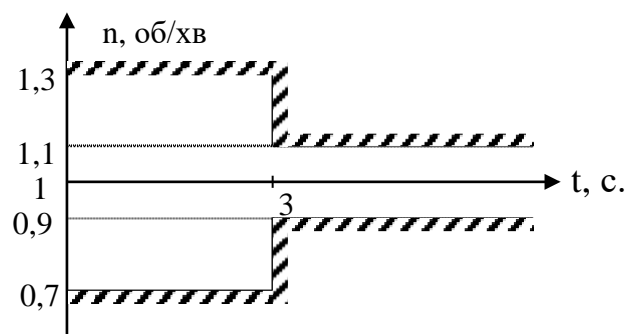


Рис. 2.5.1 – Регламентна зона для n

Типовий варіант зміни заданого значення $n^z(t)$ у часі показаний на рис. 2.5.2.

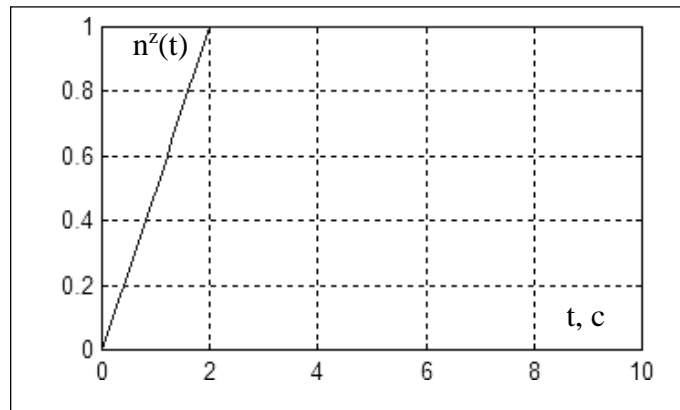


Рис 2.5.2 Зміна заданого значення $n^z(t)$ у часі

2.5.4 Формалізація інтегральних вимог до перехідних і динамічно сталих процесів регулювання у формі інтегрального критерію оптимальності САР.

В якості інтегрального критерію застосуємо інтегральний модульний критерій, який дає компромісні налаштування регуляторів: з одного боку забезпечує динамічну точність, з іншого – стійкість САР. Тому ефективність роботи САР і підвищення її динамічної точності доцільно вести за таким критерієм:

$$J = \int_0^T |\Delta n(t)| dt$$

де T – час моделювання;

$\Delta n(t)$ – відхилення частоти обертання від заданого значення.

2.5.5 Вибір, обґрунтування і представлення у вигляді узагальненої структурної схеми принципу побудови системи автоматичного регулювання.

Основу керування становить інформація про цілі керування або про бажаний стан ОК y^b , про поточний стан ОК y і про збурення f . Залежно від обсягу використовуваної керуючим пристроєм (КП) інформації про ОК виділяють чотири принципи побудови САР: принцип розімкнутого жорсткого (програмного) керування; принцип розімкнутого керування за збуренням; принцип замкнутого керування за станом ОК або керування зі зворотним зв'язком; комбінований принцип керування.

Для САР процесу зварювання заготовок, які закріплені на позиціонері-обертачі, крім інформації про бажаний стан ОК, є інформація про поточний стан ОК. Такий обсяг інформації для формування керуючого впливу достатній для реалізації замкнутого принципу керування. Тому саме цей принцип і буде покладено в основу розроблюваної САР базової структури. Структурна схема цього принципу керування приведена на рис. .

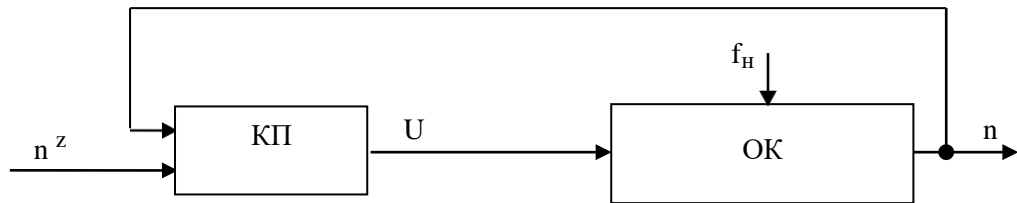


Рис. 2.5.3 – Структурна схема САР з замкнутим принципом керування

Розділ 3. Розробка і параметрична оптимізація алгоритмів регулювання, порівняльний аналіз САР

3.1 Конкретизація структури САР і алгоритмів регулювання

3.1.1 Розробка на основі обраного загального принципу побудови САР, її найпростішої конкретної структури.

Структурна схема САР базової структури приведена на рис. 3.1. На рис. $W_P(p)$ – передатна функція регулятора частоти обертання; $W_{OK}(p)$ – передатна функція ОК; n^z – задане значення частоти обертання; Δn – помилка регулювання; U – керуюча дія; f_H – неконтрольовані збурення.

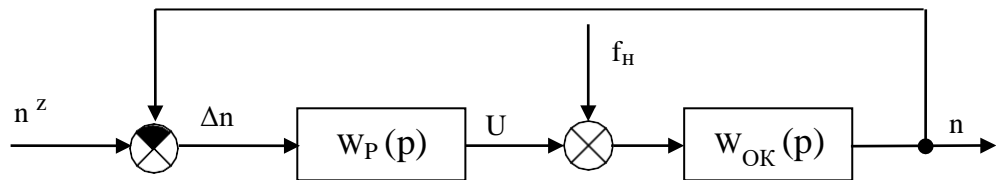


Рис. 3.1 – Структурна схема САР процесу зварювання заготовок, які закріплені на позиціонері-обертачі

3.1.2 Вибір кількох альтернативних варіантів типових алгоритмів регулювання, запис їх рівнянь і передаточних функцій.

В інженерній практиці при управлінні технологічними процесами в більшості випадків використовують типові алгоритми регулювання або регулятори. До них відносяться пропорційний (П), пропорційно-інтегральний (ПІ), пропорційно-диференціальний (ПД) і пропорційно-інтегрально-диференціальний (ПІД) алгоритми регулювання. Якщо канали ОК є статичними, то рекомендується використовувати алгоритми регулювання з І-складовою, тобто ПІ і ПІД.

Технологічний процес зварювання заготовок, які закріплені на позиціонері-обертачі, по каналу керування $U - n$ має статичні властивості, тому в якості альтернативних варіантів алгоритмів регулювання обираємо

пропорційно-інтегральний (ПІ) і пропорційно-інтегрально-диференціальний (ПІД) алгоритми регулювання.

Рівняння руху ПІ-регулятора

$$u(t) = K_P \cdot \left(\Delta y(t) + \frac{1}{T_{ИЗ}} \int_0^t \Delta y(t) dt \right) + u_0;$$

Передатна функція ПІ-регулятора

$$W_P(p) = K_P \cdot \left(1 + \frac{1}{T_{ИЗ} p} \right)$$

Рівняння руху ПІД-регулятора

$$u(t) = K_P \cdot \left(\Delta y(t) + \frac{1}{T_{ИЗ}} \int_0^t \Delta y(t) dt + T_{ИД} p \frac{d\Delta y(t)}{dt} \right) + u_0;$$

Передатна функція ПІД-регулятора

$$W_P(p) = K_P \cdot \left(1 + \frac{1}{T_{ИЗ} p} + \frac{T_{ИД} p}{0,2 \cdot T_{ИД} p + 1} \right)$$

3.1.3 Розробка структурної схеми і програми цифрового імітаційного моделювання САР при детермінованих і стохастичних вхідних впливах.

В результаті виконання п2.2.4 була проведена ідентифікація моделей каналів перетворення координатних впливів процесу зварювання заготовок, які закріплені на позиціонері-обертачі. Результати ідентифікації зведені в таблицю 3.1.

Табл. 3.1 Результати ідентифікації динамічних властивостей ОК

Канал ОК	Передатна функція 1го порядку	Передатна функція 2го порядку
U- φ _{пр}		

Структурна схема моделювання САР з ПІ-регулятором приведена на рис. 3.2, а з ПІД-регулятором - на рис. 3.3.

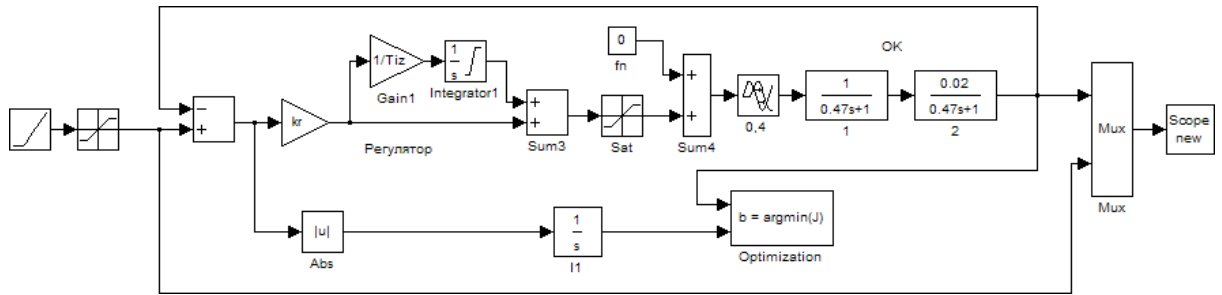


Рис. 3.2 – Структурна схема моделювання САР з ПІ-регулятором

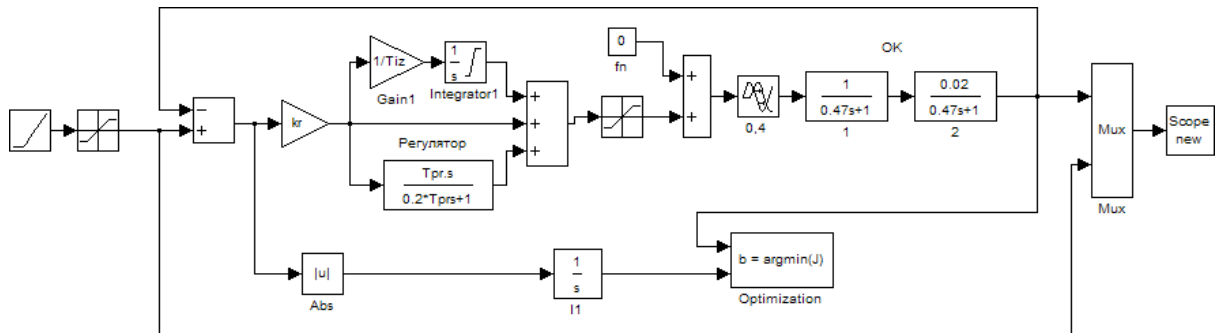


Рис. 3.3 – Структурна схема моделювання САР з ПІД-регулятором

3.2 Параметричний синтез САР з різними варіантами типових алгоритмів регулювання та їх порівняльний аналіз для детермінованих вхідних впливів

3.2.1 Вибір початкових наближень параметрів налаштування алгоритмів регулювання на основі інженерних методик параметричного (неоптимального) синтезу САР.

Скористаємося методикою Копеловіча А.П. по розрахунку параметрів налаштування регуляторів. Вибираємо параметри ОК для моделі 1-го порядку та коливальний перехідний процес в САР з $R_{\Pi} = 20\%$.

Розрахунок параметрів ПІ-регулятора для каналу «U – n»:

$$kr = \frac{0,8 \cdot T_o}{k_o \cdot \tau_o} = \frac{0,8 \cdot 0,68}{0,02 \cdot 0,7} = 39 \frac{\%xpo}{\frac{об}{XB}}$$

$$T_{iz} = 2,5 \cdot \tau_o = 2,5 \cdot 0,7 = 1,75 \text{ c}$$

Розрахунок параметрів ПІД-регулятора для каналу «U – n»:

$$kr = \frac{1,0 \cdot T_o}{k_o \cdot \tau_o} = \frac{1 \cdot 0,68}{0,02 \cdot 0,7} = 48 \frac{\%xpo}{\frac{об}{XB}}$$

$$T_{iz} = 2 \cdot \tau_0 = 2 \cdot 0,7 = 1,4 \text{ c}$$

$$T_{pr} = 0,5 \cdot \tau_0 = 0,5 \cdot 0,7 = 0,35 \text{ c}$$

3.2.2 Параметричний оптимальний синтез САР з альтернативними алгоритмами регулювання для детермінованих (східчастих) вхідних впливів.

Для оптимального параметричного синтезу САР процесу зварювання заготовок, які закріплені на позиціонері-обертачі, з ПІ-регулятором будемо використовувати структурну схему моделювання, наведену на рис. 3.2. Результати оптимізації налаштувань ПІ-регулятора наведені на рис. 3.4.

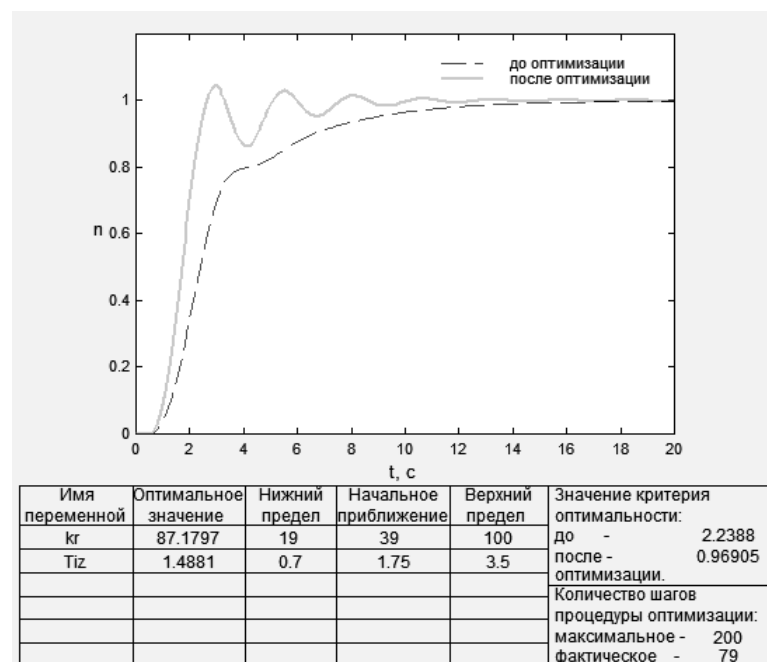


Рис. 3.4 – Результати оптимізації налаштувань ПІ-регулятора

Для оптимального параметричного синтезу САР процесу зварювання заготовок, які закріплені на позиціонері-обертачі, з ПІД-регулятором будемо використовувати структурну схему моделювання, наведену на рис. 3.3. Результати оптимізації налаштувань ПІД-регулятора наведені на рис. 3.5.

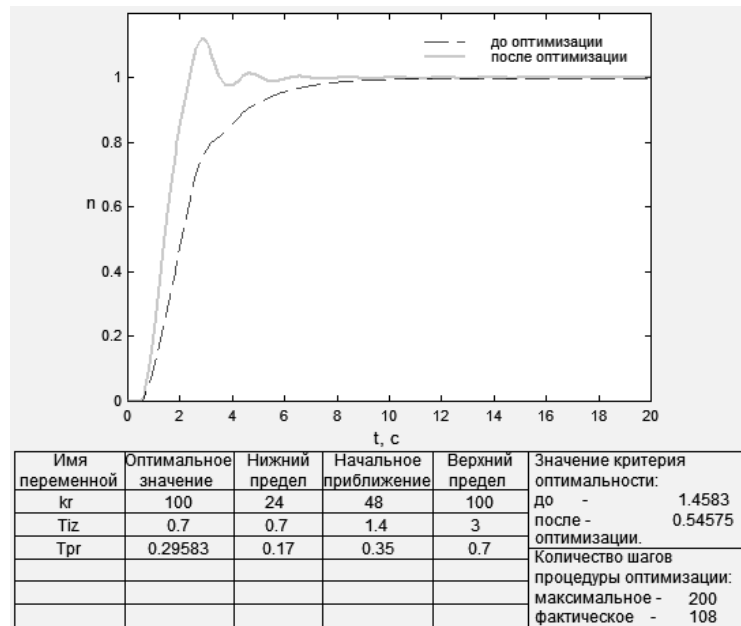


Рис. 3.5 – Результати оптимізації налаштувань ПІД-регулятора

3.2.3 Порівняльний аналіз перехідних процесів в параметрично оптимальних системах за значенням критерію оптимальності і показниками, для яких встановлені гранично-допустимі значення.

Для проведення порівняльного аналізу САР з ПІ- і ПІД-регулятором будемо використовувати структурну схему моделювання, наведену на рис. 3.6. Результати порівняння варіантів САР наведені на рис. 3.7 і в таблиці 3.2.

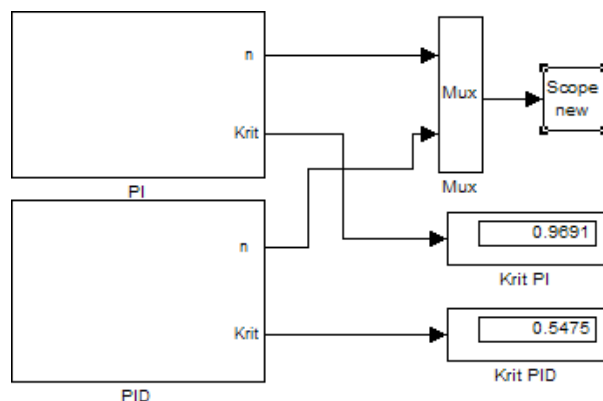


Рис. 3.6 - Структурна схема моделювання для порівняльного аналізу варіантів САР

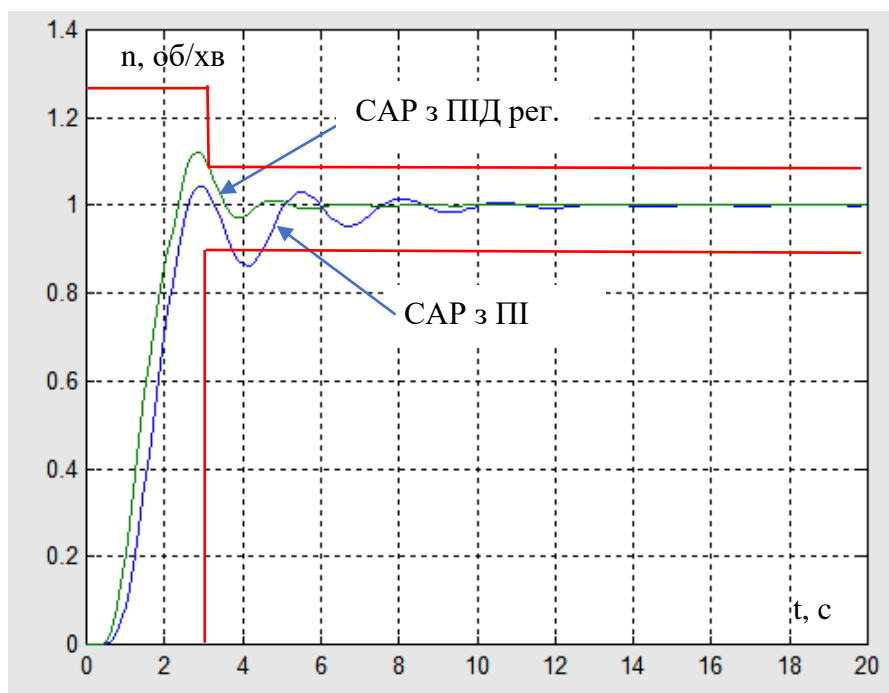


Рис. 3.7 – Результати порівняння варіантів САР по каналу «U – n»

Із рис. 3.7 видно, що в умовах дії збурень детермінованого характеру пер САР з ПІД-регулятором по прямим і інтегральним показникам краща, ніж САР з ПІ-регулятором.

Таблиця 3.2 - Результати порівняння варіантів САР

Алгоритм регулювання	Оптимальні параметри регулятора	$\Delta n^{\text{МАКС}}$, %	$T_{\text{пн}}$, с	Критерій
ПІ	$k_r=87,18$ $T_{iz}=1,49$	0,14	0	0,97
ПІД	$k_r=100$ $T_{iz}=0,7$ $T_{pr}=0,28$	0,12	4,2	0,55

3.2.4 Вибір параметрів ОК, по яким доцільно оцінити грубість САР до варіацій їх значень і планування машинного експерименту з оцінки грубості.

В процесі роботи за рахунок зміни параметрів ОК може змінюватися час запізнювання в каналах ОК до $\pm 20\%$. Структурні схеми моделювання для аналізу САР з ПІ- і ПІД-регуляторами на грубість наведені на рис. 3.2, 3.3.

3.2.5 Порівняльний аналіз перехідних процесів за критерієм оптимальності та показниками, для яких встановлені гранично-допустимі значення.

Результати оцінки САР з ПІ-регулятором на грубість наведені на рис. 3.8, а САР з ПІД-регулятором - на рис. 3.9. Як видно з результатів, САР і з ПІ-регулятором, і з ПІД-регулятором є грубими, оскільки в умовах варіації запізнення в ОК до $\pm 20\%$ перехідні процеси в САР сходяться до заданих значень.

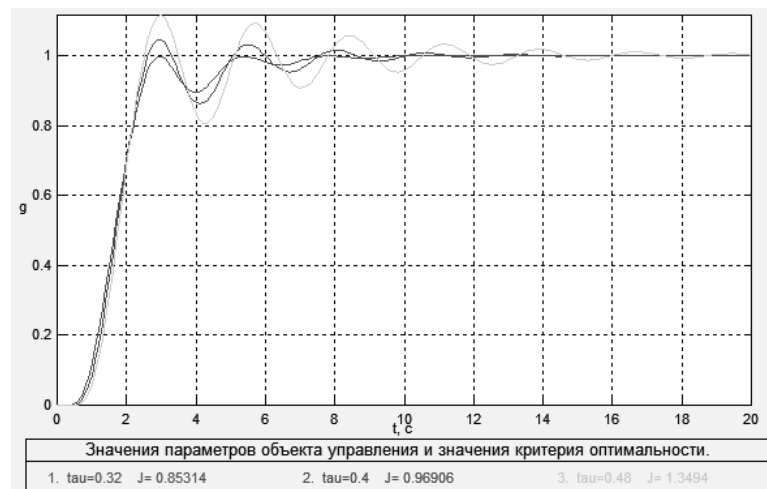


Рис. 6.8 - Аналіз на грубість САР з ПІ-регулятором

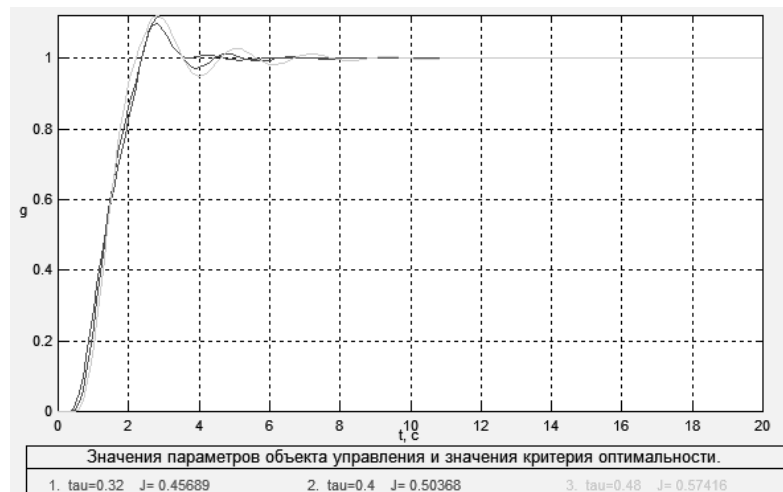


Рис. 3.9 - Аналіз на грубість САР з ПІД-регулятором

Однак збільшення запізнення ОК погіршує стійкість САР і показник критерію J. Для обох типів регулятора перехідні процеси в САР виходять за рамки регламентних зон.

3.2.6. Аналіз сталих процесів в САР при стохастичних вхідних впливах

Для оцінки якості функціонування САР в сталому режимі необхідно в моделі ОК підключити замість постійної складової випадкову складову неконтрольованого $f_n(t)$ збурення (див. рис. 2.7.3).

Для цього підключим фільтр, що формує $f_n(t)$, і проведемо моделювання САР по каналу « f_n – n » для сприятливих, номінальних і несприятливих параметрах ОК. Схема моделювання САР з ПІД-регулятором приведена на рис. 6.10, а результати моделювання - на рис. 6.11.

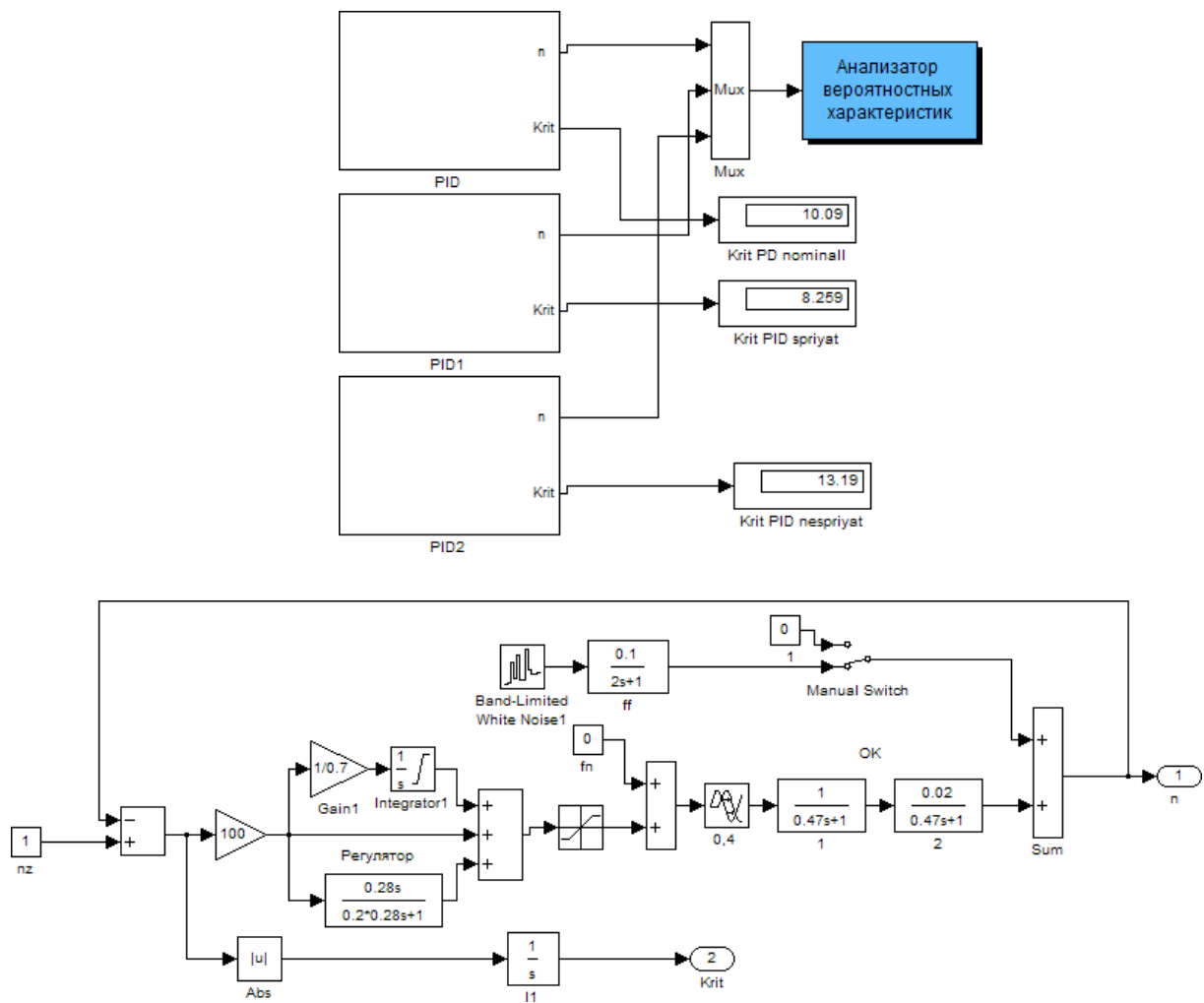


Рис. 6.10 - Схема моделювання САР з ПІД-регулятором в сталих режимах

Порівнюючи між собою результати моделювання САР (рис. 6.11) при дії зовнішніх збурень випадкового характеру, можна зробити висновок, що середнє значення регульованої змінної в САР відповідає заданому значенню.

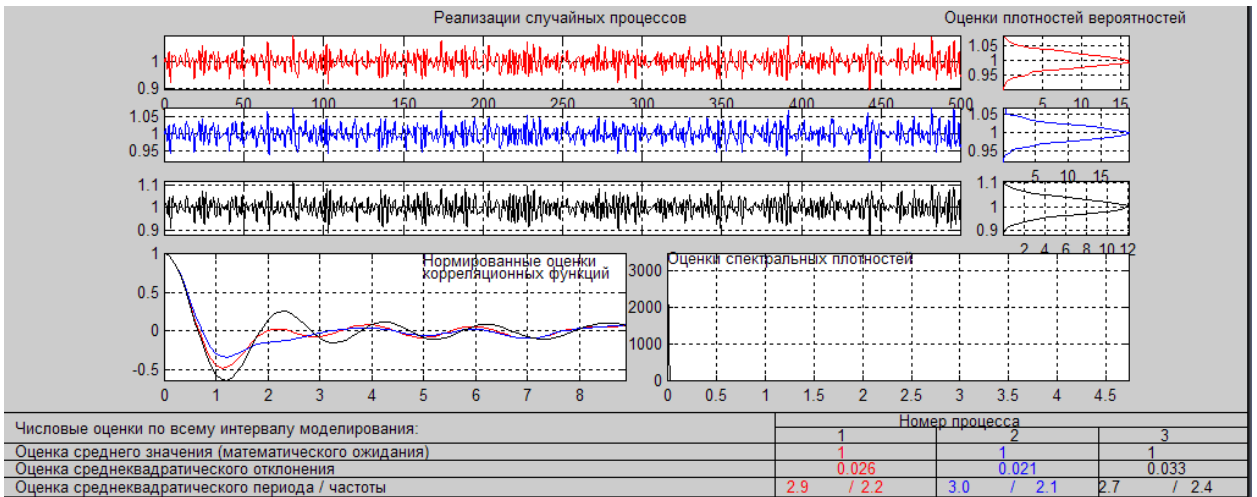


Рис. 6.11 - Результаты моделирования САР з ПІД-регулятором по каналу « $f_n - n$ » в сталих режимах

3.2.7 Порівняльний аналіз сталих процесів для поєднань параметрів ОК, відповідних сприятливим, номінальним і несприятливим властивостями ОК за інтегральним показником і показниками, для яких встановлені гранично-допустимі значення.

Порівняння результатів моделювання проведемо по математичному очікуванню, середньоквадратичному відхиленню, середньоквадратичному періоду і інтегральному критерію.

Таблиця 3.3 - Результати оцінки САР з ПІД-регулятором в сталих процесах за каналом « $f_k - n$ »

Показник якості	Значення параметрів ОК		
	номінальні	сприятливі	несприятливі
Математичне очікування	1,0	1,0	1,0
середньоквадратичне відхилення	0,026	0,021	0,033
середньоквадратичний період	3,0	3,2	3,0
інтегральний критерій	10,1	8,26	13,2

Висновки по розділу

В даному розділі курсової роботи була побудована САР базової структури за принципом замкнутого керування. В процесі розробки САР в якості альтернативних регуляторів використовувались ПІ і ПІД-регулятори,

так як вони забезпечують практичну нульову похибку статизму для ОК із самовирівнюванням.

При порівнянні прямих, інтегральних та статистичних показників якості можемо зробити висновок, що САР з ПД-регулятором дає їх кращі значення.

При перевірці САР на грубість було відмічено, що САР з П- і ПД-регулятором грубі до варіації параметрів ОК. При збільшенні запізнення в ОК показники якості функціонування САР погіршуються.

3.3 Структурний синтез САР підвищеної динамічної точності

3.3.1 Аналіз особливостей об'єкта регулювання, що знижують динамічну точність і вибір способів її підвищення за рахунок введення в структуру САР додаткових зв'язків, що забезпечують, наприклад, її інваріантність, автономність, компенсацію запізнювання і т. д.

Причиною недостатньої точності САР можуть бути зовнішні умови: дія інтенсивних контрольованих і неконтрольованих збурень, інтенсивна зміна завдання САР, а також внутрішні особливості ОК і САР (значне співвідношення τ_0 / T_0 , взаємний вплив каналів в багатомірній САР).

Оскільки процес зварювання є періодичним, то задане значення частоти обертів змінюється на початку обробки заготовки при пуску обертача і в кінці при зупинці обертача. Тому причиною недостатньої динамічної точності базової САР є інтенсивна зміна завдання.

Для підвищення динамічної точності треба створити САР, інваріантну до передісторії змін заданого значення.

3.3.2 Розробка на основі обраних способів підвищення динамічної точності САР її структурної схеми і формулювання (в аналітичній формі) умов, що забезпечують необхідні властивості САР.

Структурна схема САР, інваріантна до змін $u^{зд}$, наведена на рис. 3.12.

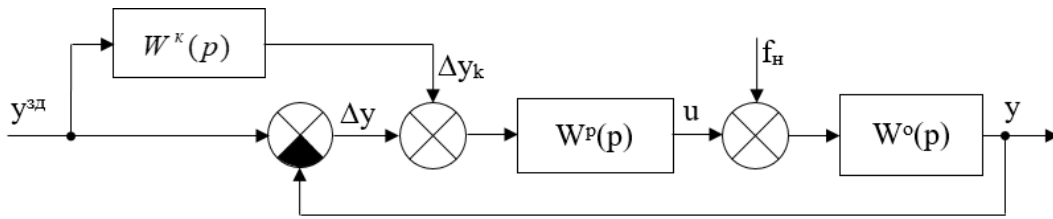


Рис. 3.12 – Структурна схема САР, інваріантної до передісторії змін заданого значення

3.3.3 Вивід передаточних функцій коригуючих зв'язків, аналіз їх структури з умов фізичної можливості бути реалізованим, приведення до фізично реалізується увазі, подання до формі з'єднання типових динамічних ланок та отримання перехідних характеристик.

Для виконання умов інваріантності необхідно, щоб передатна функція по каналу завдання =1:

$$W_{y^{zd}, y}^{ck}(p) = 1. \quad (1)$$

Розкриємо цю передатну функцію:

$$\begin{aligned} W_{y^{zd}, y}^{ck}(p) &= \underbrace{W_{y^{zd}, y}^{co}(p)}_{1\text{-й канал}} + \underbrace{W^k(p) \cdot W_{y^{zd}, y}^{co}(p)}_{2\text{-й канал}} = \\ &= \frac{W^p(p) \cdot W_{uy}^o(p)}{1 + W^p(p) \cdot W_{uy}^o(p)} + \frac{W^k(p) \cdot W^p(p) \cdot W_{uy}^o(p)}{1 + W^p(p) \cdot W_{uy}^o(p)}. \end{aligned}$$

Для виконання умови (1) необхідно, щоб чисельник був рівен знаменнику, тобто:

$$\begin{aligned} (1 + W^k(p)) \cdot W^p(p) \cdot W_{uy}^o(p) &= 1 + W^p(p) \cdot W_{uy}^o(p); \\ W^p(p) \cdot W_{uy}^o(p) + W^k(p) \cdot W^p(p) \cdot W_{uy}^o(p) &= 1 + W^p(p) \cdot W_{uy}^o(p); \\ W^k(p) \cdot W^p(p) \cdot W_{uy}^o(p) = 1 &\Rightarrow W^k(p) = W^{ки}(p) = \frac{1}{W^p(p) \cdot W_{uy}^o(p)}. \end{aligned}$$

Для ПД-регулятора і моделі ОК першого порядку можна отримати:

$$W^k(p) = \frac{1}{W^p(p)W_{uy}^o(p)} = \frac{1}{K_p K_o} \frac{T_{из} P \cdot (T_{uy} P + 1)}{(1 + T_{пр} P + T_{ин} P^2)} e^{-\tau_{uy} P}$$

Як бачимо, коректуючий зв'язок є диференціюючим і фізично нездійсненним. Його можна спростити і привести до фізично здійсненого вигляду. Для нашого випадку передатна функція коригуючого зв'язку набуває вигляду

3.3.4 Розробка структурної схеми і програми цифрового імітаційного моделювання

Схема моделювання САР підвищеної динамічної точності (САР ПДТ) для оптимального параметричного синтезу приведена на рис. 3.13., а результати оптимізації - на рис. 7.3.

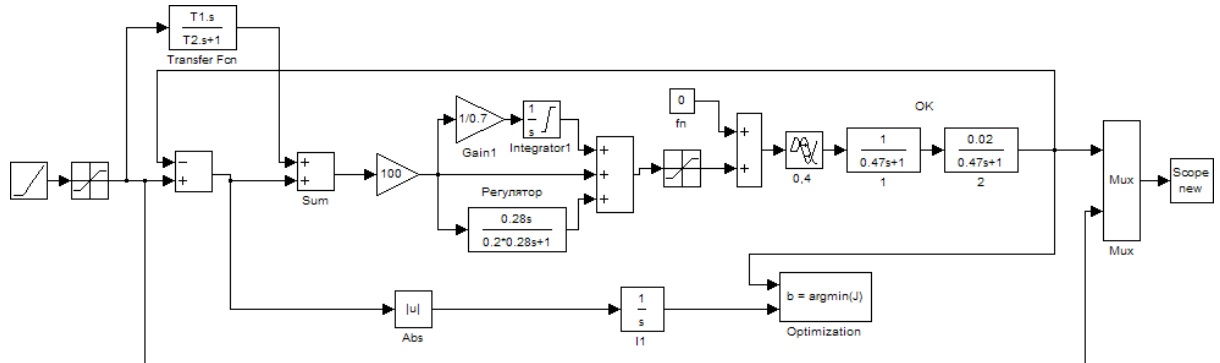


Рис. 3.13 – Схема моделювання САР ПДТ для оптимального параметричного синтезу

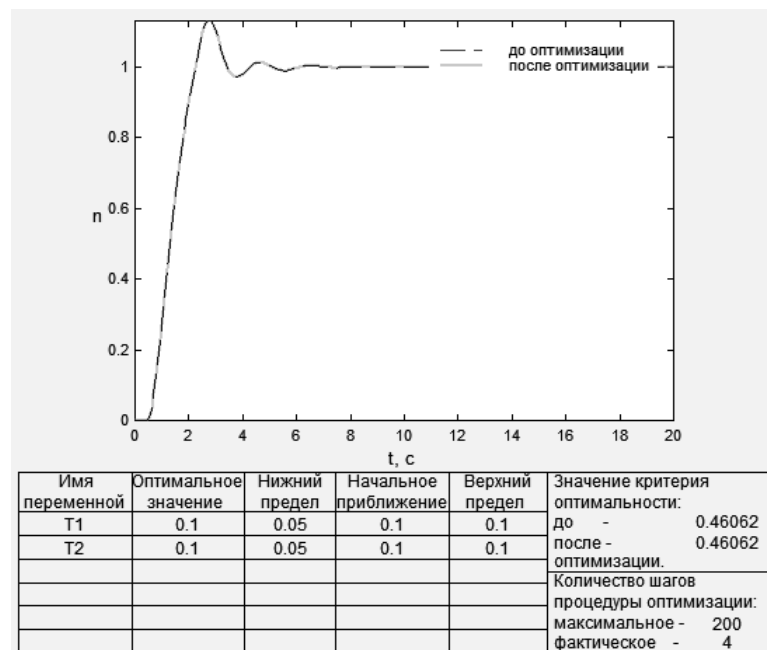


Рис. 3.14. - Результаты оптимізації параметрів САР ПДТ

3.3.5 Аналіз грубості САР підвищеної динамічної точності до варіацій параметрів об'єкта регулювання

Вибір параметрів ОК, по який доцільно оцінити грубість САР значень їх варіацій і планування машинного експерименту з оцінки грубості.

Як і у випадку з САР базової структури, САР підвищеної динамічної точності досліджуємо на грубість в умовах варіації параметрів ОК, а саме, часу запізнювання $OK \pm 20\%$.

Результати перевірки САР підвищеної динамічної точності на грубість в умовах варіації параметрів ОК наведені на рис. 3.15. Як видно з результатів оцінки на грубість, в умовах варіації параметрів ОК САР ПДТ дає східні перехідні процеси, а значить, САР є грубою.

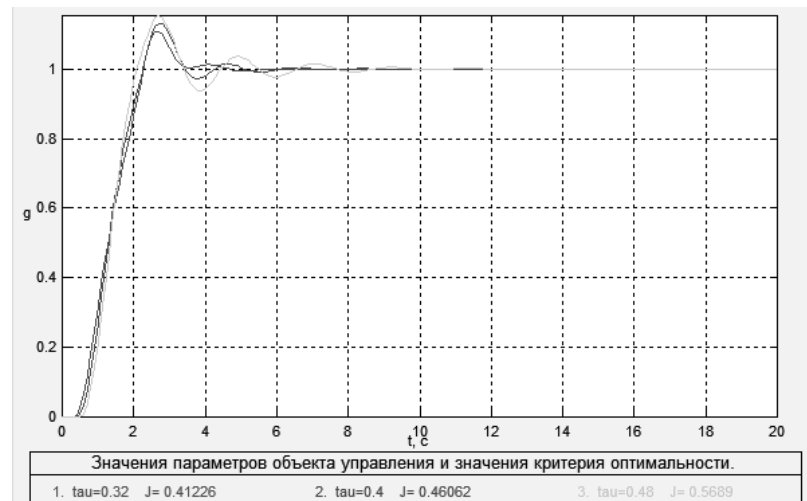


Рис. 3.15 Аналіз САР ПДТ на грубість в умовах варіації параметрів ОК

3.3.6 Аналіз сталих процесів в САР при стохастичних вхідних впливах

Вплив неконтрольованих збурень на показники якості функціонування САР ПДТ в сталих режимах

Проведемо моделювання САР ПДТ в сталих режимах при дії неконтрольованих збурень $f_n(t)$.

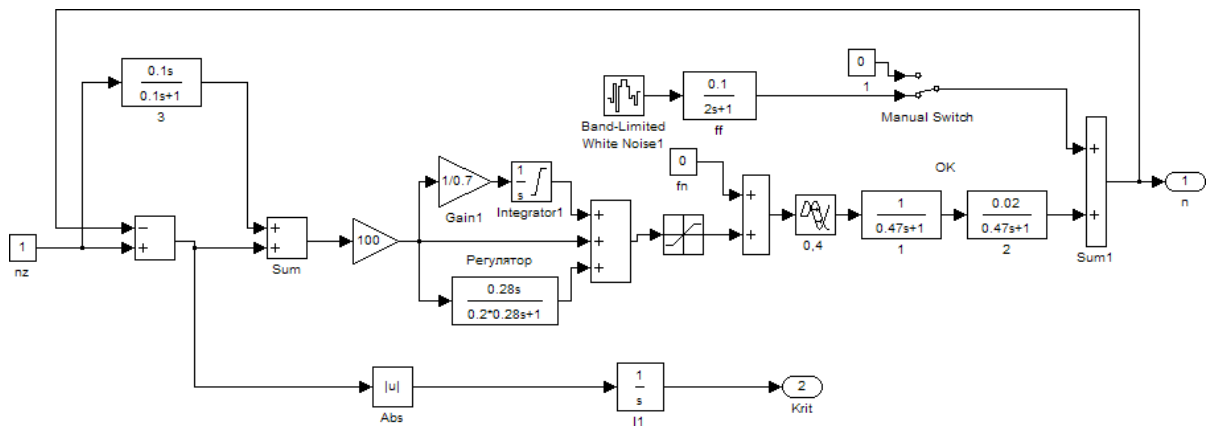
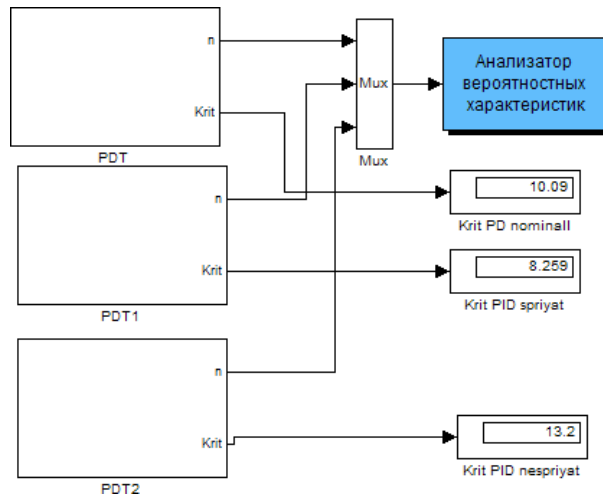


Рис. 3.16 - Схема моделювання САР ПДТ в сталих режимах при дії неконтрольованих збурень $f_n(t)$

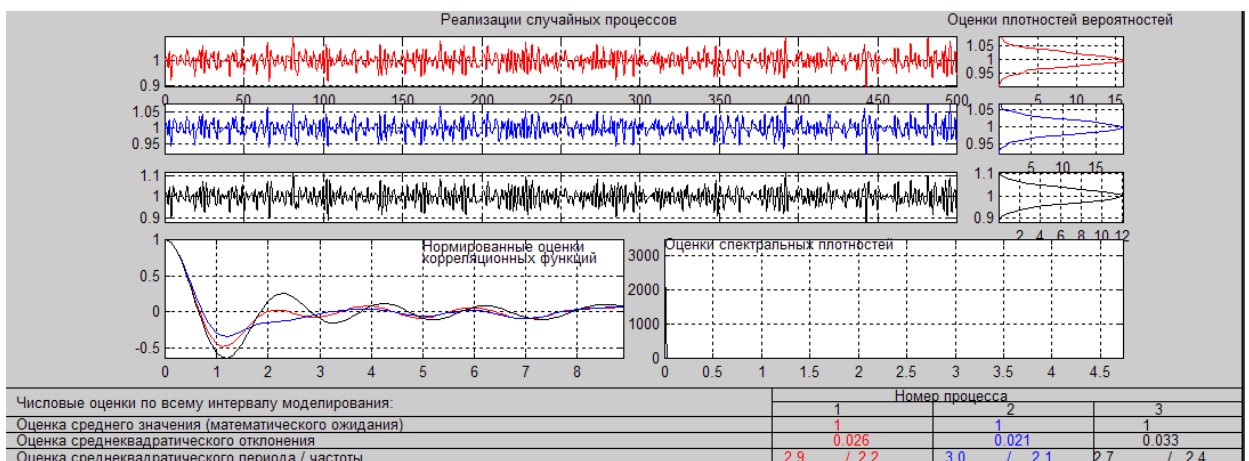


Рис. 3.17 - Результаты моделювання САР ПДТ в сталих режимах при дії неконтрольованих збурень $f_n(t)$

Порівняльний аналіз сталих процесів для поєднань параметрів ОК, відповідних сприятливим, номінальним і несприятливим властивостями ОК за інтегральним показником і показниками, для яких встановлені гранично-допустимі значення

Для порівняння якості роботи САР підвищеної динамічної точності в сталих режимах поєднаємо результати в табл. 3.5.

Таблиця 3.5 - Результати оцінки САР ПДТ
в сталих процесах за каналом « $f_k - n$ »

Показник якості	Значення параметрів ОК		
	номінальні	сприятливі	несприятливі
Математичне очікування	1,0	1,0	1,0
середньоквадратичне відхилення	0,026	0,021	0,033
середньоквадратичний період	3,5	3,7	3,1
інтегральний критерій	10,09	8,26	13,2

Результати для САР ПДТ співпадають з результатами САР-ПД, оскільки в сталих режимах коригуючий зв'язок не працює.

3.3.7 Порівняльний аналіз САР базової структури і підвищеної динамічної точності

Порівняльний аналіз перехідних процесів в параметрично оптимальних САР по величинам критеріїв і показників, на які встановлено гранично-допустимі значення.

Для порівняння якості роботи САР базової структури і підвищеної динамічної точності розроблено структурну схему моделювання, наведена на рис. 3.18. Результати моделювання наведені на рис. 3.19 та в таблиці 3.5.

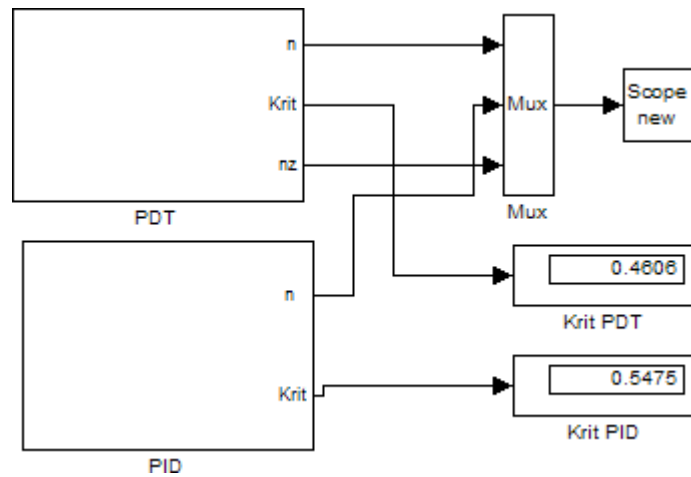


Рис. 3.18 – Структурна схема моделювання для порівняння САР базової структури і САР підвищеної динамічної точності в перехідних режимах

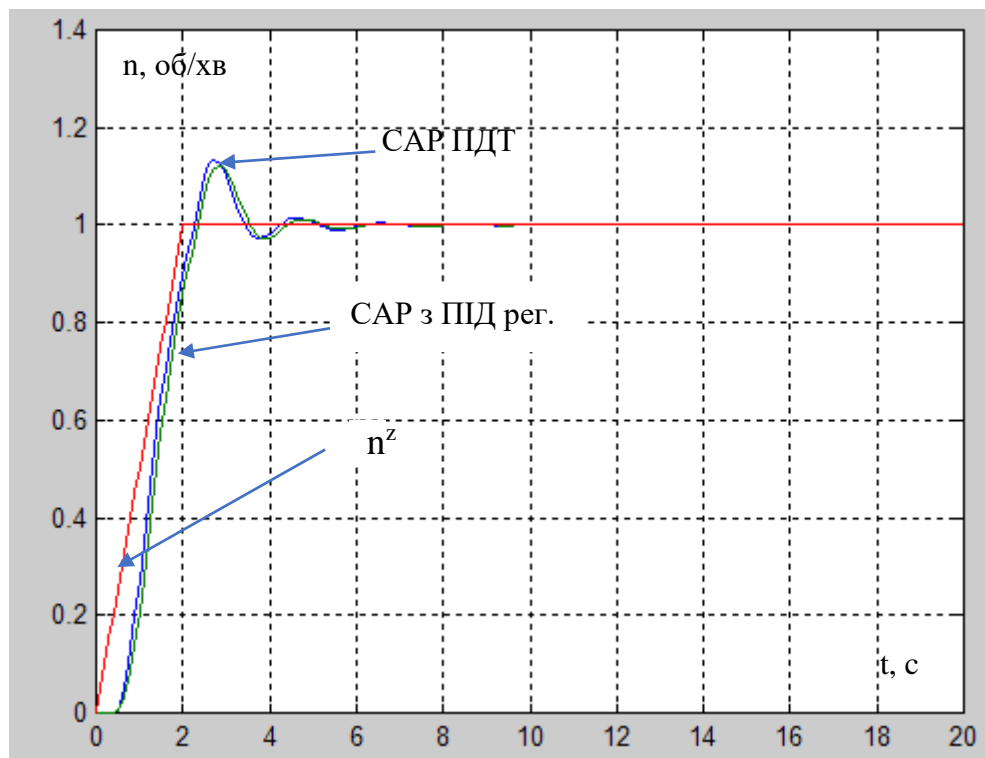


Рис. 3.19 – Перехідні процеси в САР базової структури і САР підвищеної динамічної точності

Таблиця 3.5 - Результати порівняння САР базової структури і САР підвищеної динамічної точності в перехідних режимах

Структура САР	Показники		
	Δn^{\max}	$T_{пп}, c$	Критерій

Базова	1,2	0	0,55
Підвищеної динамічної точності	1,13	0	0,46

САР ПДТ має трохи менший показник інтегрального критерію у порівнянні із САР базової структури.

3.4. Висновок з розділу

За рахунок створення додаткового каналу впливу на систему керування вдалося частково покращити швидкість виходу регульованої змінної на задане значення.

Загальні висновки до 2 и 3 розділу :

У ході виконання 2 і 3 розділу було встановлено, що якісна реалізація технологічного процесу зварювання заготовок, які закріплені на позиціонері-обертачі, залежить від точності підтримки числа обертів обертача.

Технологічний процес зварювання заготовок, які закріплені на позиціонері-обертачі, як об'єкт керування має статичні властивості по каналу керування. Ідентифікація моделей каналів ОК, доступних для цілеспрямованої дії, проводилася методом активного експерименту з нанесенням на вхід каналу 10%-ї ступінчастої дії, для параметричної ідентифікації моделей каналу управління застосовувалися методики двох загальних точок для моделей першого і другого порядку. Статистичними методами була отримана модель стохастичної складової неконтрольованих збурень.

Відтворення отриманих моделей у середовищі імітаційного моделювання здійснювалося в програмі SIMULINK/MATLAB.

Була побудована САР базової структури за принципом замкнутого керування. В процесі розробки САР в якості альтернативних регуляторів використовувались ПІ і ПІД-регулятори.

При порівнянні прямих, інтегральних та статистичних показників якості можемо зробити висновок, що САР з ПД-регулятором має їх кращі значення.

При перевірці САР на грубість було помічено, що САР з П- і ПД-регулятором грубі до варіації параметрів ОК. При збільшенні запізнення в ОК показники якості функціонування САР погіршуються.

За рахунок створення додаткового каналу впливу на систему керування вдалося частково покращити швидкість виходу регульованої змінної на задане значення. Система підвищеної динамічної точності може бути рекомендована до впровадження.

Розділ 4. Конкретизація задачі і розробка алгоритмів логічного керування технологічного процесу зварювання металевих конструкцій

4.1 Короткий опис технологічного процесу з наведенням детальних процедур технологічного пуску, технологічної зупинки та аварійної зупинки у позаштатних ситуаціях

Технологічний процес роботизованого комплексу по зварюванню включає наступні етапи:

- 1. Підготовка матеріалів:** перед початком зварювання необхідно підготувати металеві деталі. Це може включати видалення окислів, прибирання бруду, знежирення поверхонь і нарізку країв для отримання правильної форми.
- 2. Налаштування робота:** робот-зварювальна система повинна бути налаштована перед роботою. Це включає встановлення програми зварювання, налаштування параметрів зварювання (таких як сила струму, швидкість руху робота, час затримки) і перевірку точності рухів робота.
- 3. Позиціонування деталей:** металеві деталі, які потрібно зварити, повинні бути правильно позиціоновані перед роботою. Це може включати використання спеціальних пристроїв, тримачів або фіксаторів для забезпечення правильного положення деталей під час зварювання.
- 4. Виконання зварювальних операцій:** робот виконує програму зварювання, рухаючись по заданому шляху і зварюючи металеві деталі згідно з встановленими параметрами.
- 5. Контроль якості:** після завершення зварювання здійснюється контроль якості зварних з'єднань. Це може включати візуальний огляд, неруйнівні випробування (наприклад, ультразвукова дефектоскопія, радіографія), механічні випробування та вимірювання параметрів зварних з'єднань.

Технологічний пуск роботизованого комплексу по зварюванню включає наступні процедури:

1. Перевірка наявності необхідного обладнання: Перед пуском необхідно переконатися, що всі компоненти роботизованого комплексу, такі як джерело струму, датчики і системи керування, чи працюють належним чином і готовність до роботи.

2. Налаштування програми зварювання: Налаштування програми зварювання є ключовим кроком технологічного пуску. Необхідно встановити параметри зварювання, такі як сила струму, швидкість руху робота, час затримки, а також вказати шлях руху робота для зварювальних операцій.

3. Перевірка точності рухів робота: Важливо перевірити точність рухів робота перед початком зварювання. Це можна зробити шляхом виконання тестових рухів і перевірки відповідності реальних рухів робота до заданих координат і траєкторій.

4. Перевірка датчиків: Всі встановлені датчики, датчики знаходження об'єкту, датчики потоку газу, повинні бути перевірені на працездатність. Впевніться, що вони коректно вимірюють необхідні параметри і передають ці дані до системи керування.

5. Перевірка безпеки: Перед пуском роботизованого комплексу необхідно перевірити системи безпеки, такі як системи автоматичного відключення, аварійного зупину та захисту від перевантажень. Впевнитись, що всі ці системи працюють належним чином і готові до вживання заходів у разі виникнення поза-штатних ситуацій.

Аварійна зупинка

Аварійна зупинка є важливою процедурою для безпеки під час роботи роботизованого комплексу по зварюванню. Вона активується в разі виникнення поза-штатної ситуації, що може загрожувати безпеці обладнанню та операторам. Основна мета аварійної зупинки полягає в негайному припиненні всіх рухів, процесів і джерел енергії, щоб запобігти подальшим небезпекам.

Процедура аварійної зупинки може включати наступні кроки:

- 1. Активація системи аварійної зупинки:** У роботизованому комплексі повинна бути наявна система аварійної зупинки, така як екстрений кнопка або пульт управління зупинкою. При виникненні небезпечної ситуації оператор повинен негайно активувати цю систему.
- 2. Припинення руху робота:** Система керування повинна негайно припинити будь-які рухи робота. Це може включати зупинку руху осей, відключення приводів або блокування робочих механізмів.
- 3. Відключення джерела струму:** В разі потреби необхідно відключити джерело струму або зупинити постачання електроенергії до зварювального обладнання.
- 4. Огляд та оцінка ситуації:** Після аварійної зупинки необхідно оглянути обладнання, перевірити стан систем, датчиків та джерел енергії. Оцінити причину аварійної ситуації і прийняти необхідні заходи для її вирішення перед наступним пуском.

4.2 Формалізація регламентів функціонування Робототехнічного комплексу (РТК): за пуском, технологічною та аварійною зупинками технологічного процесу у вигляді блок-схем та їх опис.

4.2.1 Загальний вигляд РТК

Ділянка з робототехнічним комплексом (Рис.1)має за собою наступні цілі:

1. Замінити людську - рутину працю
2. Збільшити якість продукції
3. Збільшити продуктивність і ефективність виготовлення продукту
4. Відійти від плинності кадрів
5. Покращити економічну складову



Рис.1 – Ділянка з РТК

РТК складається з наступних елементів :

1. Робот
2. Контролер робота
3. Позіціонер
4. Зварювальний притрій
5. Пальник
6. Системи безпеки
7. Стіл с заготівками
8. Вагонетка для готових деталей

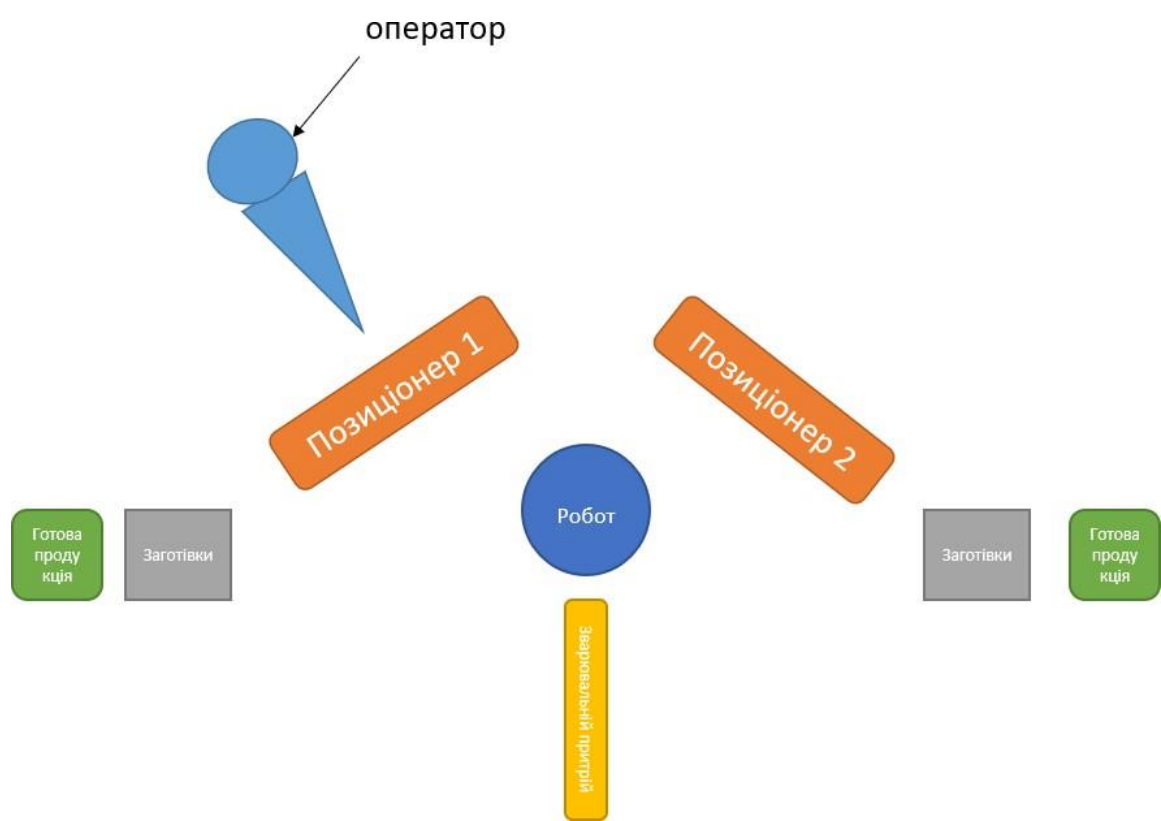


Рис.2 – Схема ділянки з РТК



Рис.3 РТК вигляд зверху

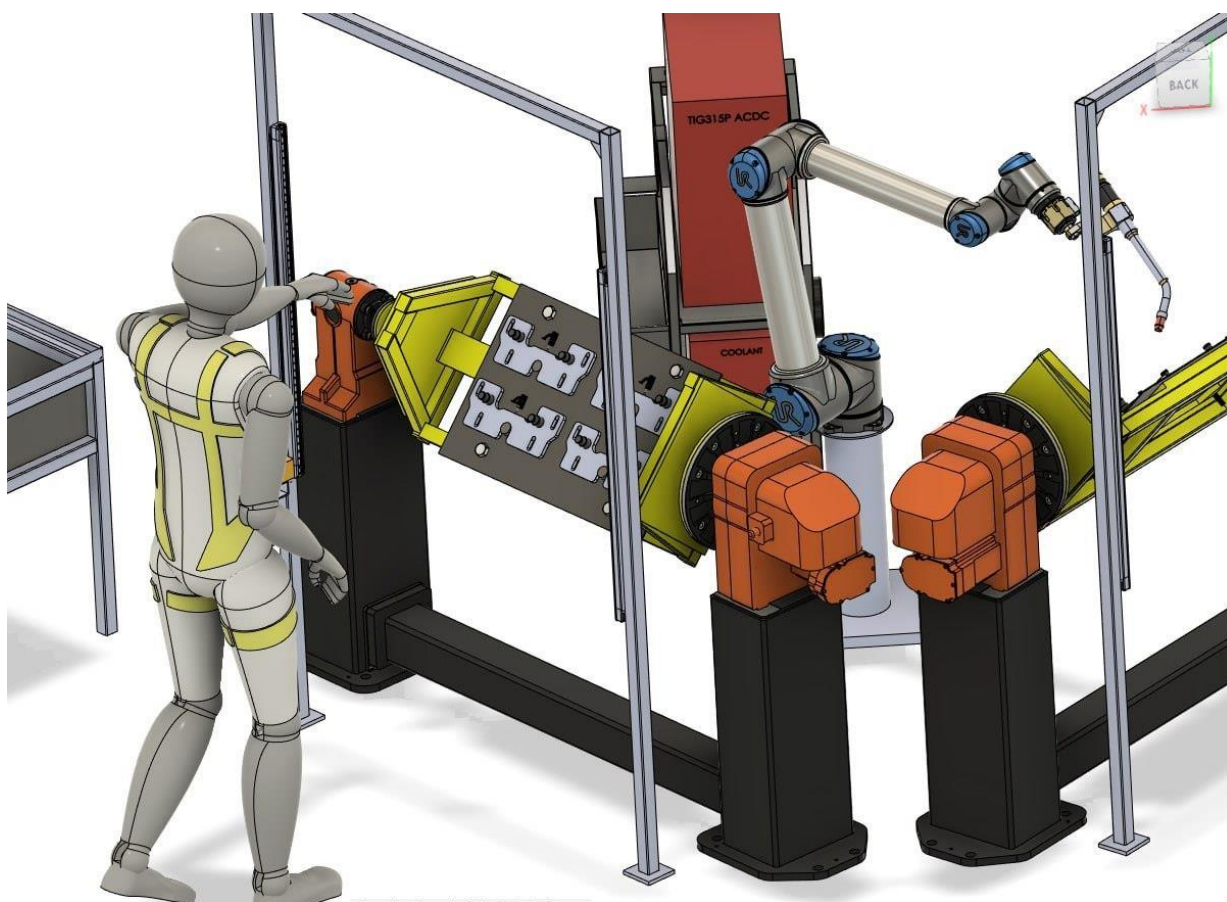


Рис. 4 – Вигляд на позиціонер

4.2.2 Алгоритм технологічного пуску РТК (Рис.5)

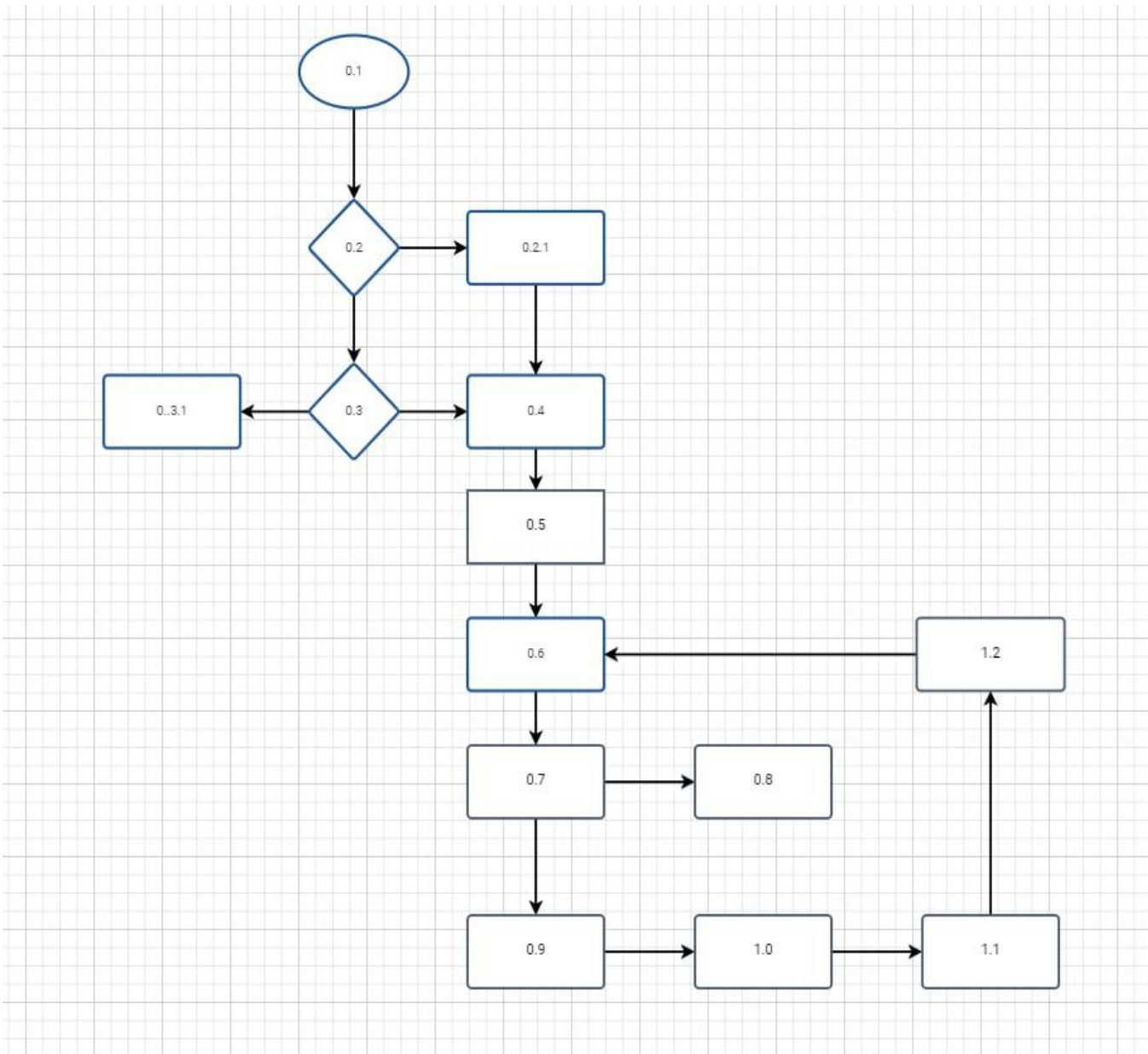


Рис.5 - Блок-схема технологічного пуску РТК (початок зміни)

Пояснення та опис алгоритму тенічного пуску :

0.1 - Оператор заступає на зміну

0.2 - Оператор візуально перевіряє наявність заготівок

0.2.1 -Оператор робить заготівлю

0.3 - Оператор перевіряє наявність суміші в зварювальних балонах та наявність дроту для зварювання у катушці

0.4 - Оператор вмикає джерело живлення

0.5 - Оператор вмикає РТК

- 0.6 - Оператор позиціонує заготовки на кондукторі
- 0.7 - Оператор покидає зону світової завіси і натискає кнопку запуску програми
- 0.8 - Робот отримує інформацію про старт і починає процес роботи
- 0.9 - Оператор позиціонує заготовки на другому кондукторі
- 1.0 - За необхідністю оператор чекає поки робот завершить роботу
- 1.1 - Оператор покидає зону світової завіси і дає старт на роботу робота
- 1.2 - Робот отримує інформацію про старт і починає процес роботи на другому кондукторі
- 0.6 - Оператор позиціонує заготовки на кондукторі.....

Технологічний пуск РТК відбувається наступним чином. Оператор заступає на свою зміну, отримує завдання на зміну. Впершу чергу приводить своє робоче місце до ладу - перевіряє наявність заготовок , якщо немає заповнює спеціальний ящик, перевіряє балон із сумішшю для зварювання, перевіряє наявність дроту. Потім запускає живлення на систему вмикнувши автомат. Запускає робота, зварювальній пристрій і поки все прогружає, заповнює кондуктор-позиціонер. Коли все прогрузить оператор розблоковує робота, вибирає програму, після покидає зону із світовою завісою і натискає кнопку СТАРТ. Робот перевірявши, що він нікого не чапляє і в робочій зоні нікого немає - починає роботу. Оператор в цей час заповнює другий кондуктор. Як тільки робот завершує процес зварювання, Оператор дає команду старт на другий позиціонер,робот знову перевіряє щоб в робочий зоні нікого не було, якщо все добре починає працювати . Оператор в цей час знімає готові деталі з першого кондуктору і позиціонує нові заготовки. І так цей процес відбувається по колу до кінця робочої зміни оператора.

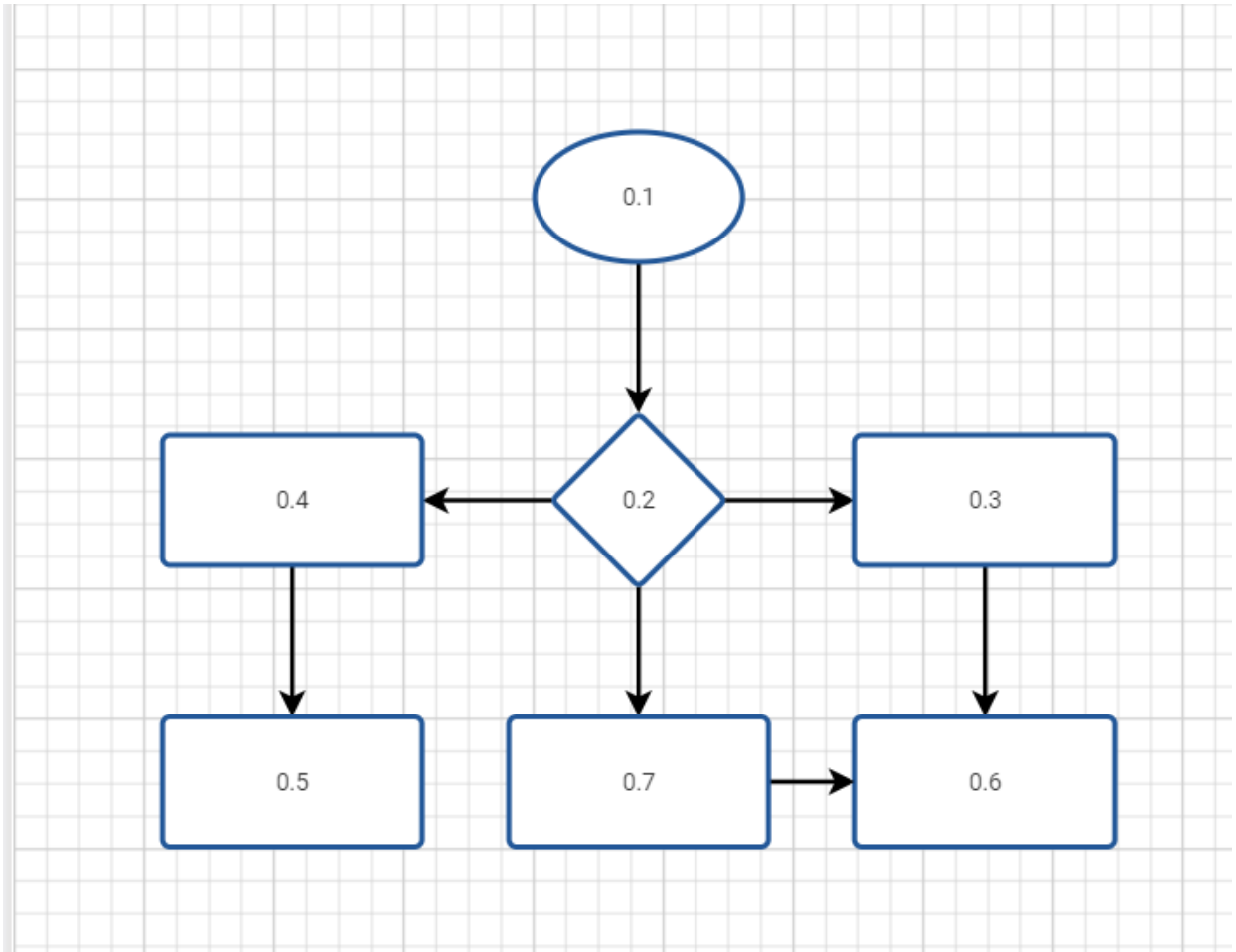
В даній системі є декілька систем безпеки – це світлові завіси та декілька кнопок **emergency stop** (аварійне вимкнення системи оператором) .

Захисні світлові завіси, також відомі як світлові бар'єри або світлові штори, є пристроями, які використовуються для забезпечення безпеки та захисту в промислових та комерційних приміщеннях.

Захисні світлові завіси працюють на основі принципу світлового виявлення перешкод. Вони складаються зі світлових емітерів (інфрачервоних діодів) та фотодетекторів, розташованих на протилежних сторонах приміщення. Світловий потік, що випромінюється емітерами, перетинає простір між ними і сприймається фотодетекторами. Коли цей потік переривається об'єктом або перешкодою, світловий сигнал припиняється, і це спричиняє спрацювання захисної реакції.

Захисні світлові завіси використовуються для захисту рухомих деталей машин або обладнання. Їхнє основне призначення полягає в тому, щоб виявляти наявність об'єктів або перешкод в небезпечній зоні і припинити рух або вимикати обладнання, щоб уникнути травматизму чи пошкодження.

Захисні світлові завіси мають кілька переваг. Вони надійні, швидкодіючі та легкі в установці. Крім того, вони можуть бути програмовані та налаштовані для різних конфігурацій і дозволяють уникати фізичного контакту з перешкодою, що робить їх безпечними для операторів та робочого персоналу.



Аварійна запинка через **emergency stop** і світлові штори :

0.1 - Світлова завіса помічає об'єкт

0.2 - Подає сигнал роботу і оператору

0.3 - Робот зупиняє роботу всього РТК

0.4 - Робот зупиняє роботу тільки процесу зварювання і позиціонера і повільно відходить на відстань

0.5 - Як тільки об'єкт покине небезпечне місце робот знову почне роботу

0.6 - Треба буде перезавантажити систему і почати новий цикл

0.7 - Аварійна зупинка через одну із кнопок emergency stop

4.3. Розробка алгоритмів автоматичного керування: за пуском,

технологічною та аварійною зупинкою (циклом роботи) ТОК у вигляді блок-схем та їх опис

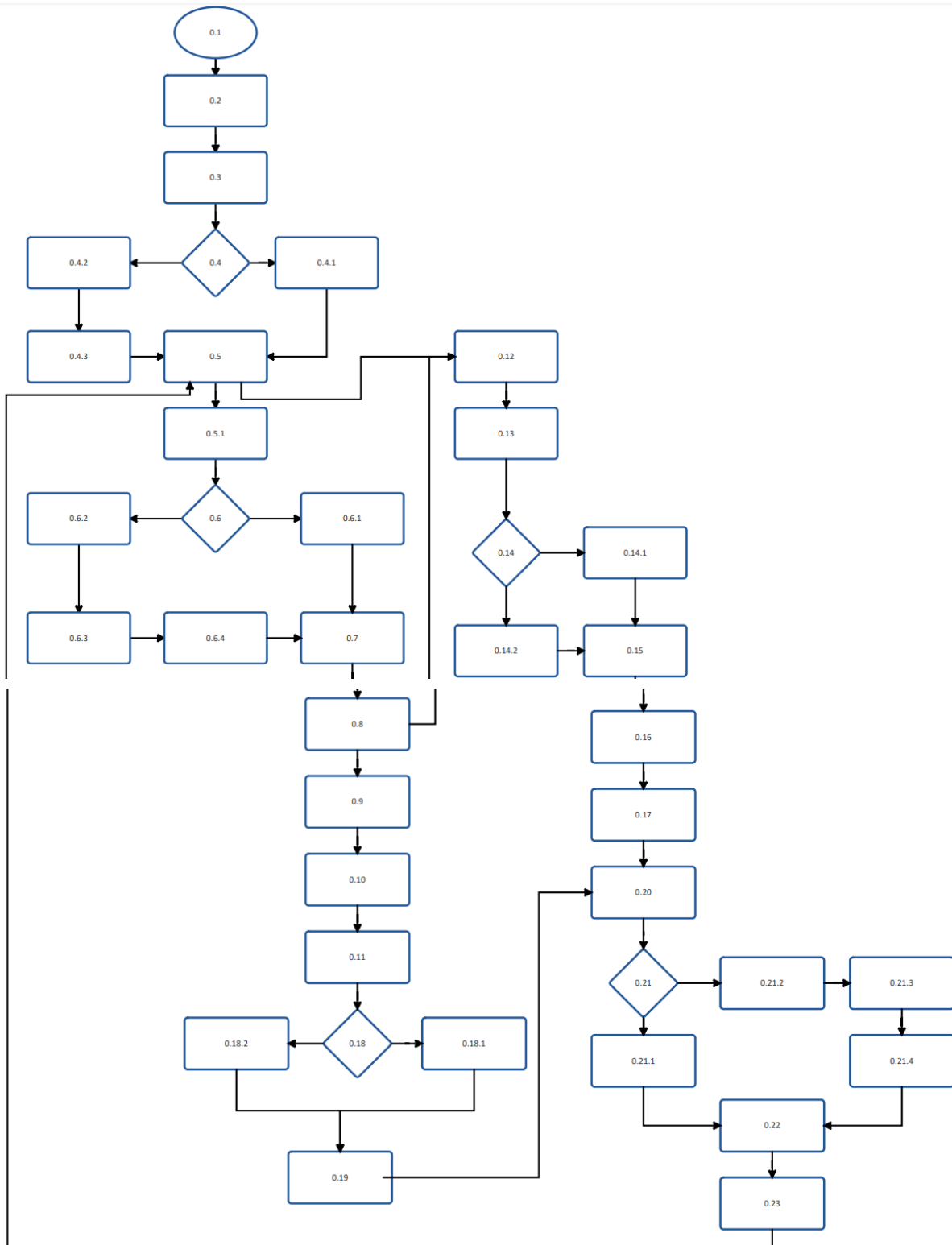


Рис.6

Блок-схема работы РТК

Пояснення блок-схеми алгоритму РТК :

- 0.1 - Оператор вмикає робота . Робот вмикається
- 0.2 - Контролер робота очікує розблокування осей
- 0.3 - Осі розблакованні
- 0.4 - Робот вмикає „світову завісу,, і перевіряє небезпечні зони
 - 0.4.1- якщо все безпечно - вмикає перший та другий позиціонер
 - 0.4.2- якщо в робочій зоні хтось є, дає повідомлення оператору і чекає відповіді від нього
 - 0.4.3- оператор залишає небезпечну зону
- 0.5 - Контролер робота дає сигнал першому позиціонеру, той в свою чергу повертається в сторону оператора під завантаження деталей для зварювання
 - 0.5.1- Оператор завантажує перший позиціонер і дає команду СТАР
- 0.6 - Робот отримує від оператора команду СТАРТ
 - 0.6.1 - в небезпечній зоні нікого немає робот починає виконувати програм
 - 0.6.2 - в небезпечній зоні є оператор
 - 0.6.3 - робот не починає програму і повідомляє оператора, що він знаходиться в небезпечній зоні
 - 0.6.4 - як тільки оператор покине небезпечну зону , робот автоматично починає виконувати програму
- 0.7 - Робот дає сигнал першому позиціонеру
- 0.8 - Перший позиціонер повертається до робота
- 0.9 - Робот чекає поки перший позиціонер виконає роботу
- 0.10 - Перший позиціонер виконав повернувся і дає зворотній сигнал роботу
- 0.11 - Робот починає проводити зварювальні роботи
- 0.12 - Другий позиціонер в очікуванні своєї черги

- 0.13 - Другий позиціонер отримує сигнал від робота, сигнал на завантаження заготовок
- 0.14 - Робот перевіряє небезпечні зони
- 0.14.1 - якщо в небезпечній зоні нікого немає, робот виконує дію
- 0.14.2 - якщо в небезпечній зоні є оператор , робот чекає поки він її не залишить
- 0.15 - Другий позиціонер обертається на завантаження
- 0.16 - Оператор закріплює деталі
- 0.17 - Оператор чекає поки закінчиться зварювання на першому позиціонері і поки робот стане на вихідне положення
- 0.18 - Робот закінчив роботи по зварюванню на першому позиціонері і повернувся на вихідне положення
- 0.18.1- якщо нікого зайвого в небезпечній зоні немає, робот дає сигнал першому позиціонеру, на положення завантаження
- 0.18.2 - робот чекає поки оператор покине небезпечну зону
- 0.19 - Позиціонер виконує дію обертання , робот стає в положення очікування
- 0.20 - Оператор дає команду СТАРТ для другого позиціонера
- 0.21 - Робот перевіряє небезпечні зони
- 0.21.1- в небезпечній зоні нікого немає робот починає виконувати програму
- 0.21.2 - в небезпечній зоні є оператор
- 0.21.3 - робот не починає програму і повідомляє оператора, що знаходиться в небезпечній зоні
- 0.21.4 - як тільки оператор покине небезпечну зону , робот автоматично починає виконувати програму
- 0.22 - Робот дає другому позиціонеру сигнал і той обертається до робота

0.23 - Робот починаю зварювання

0.5 - Контролер робота дає сигнал першому позиціонеру, той в свою чергу повертається в сторону оператора під завантаження деталей для зварювання

Розділ 5. Вибір технічних засобів отримання інформації про змінні процесу та реалізації керуючих впливів, розробка технічної структури контролерно-комп'ютерної мережі

5.1 Характеристики середовищ, з якими взаємодіють засоби автоматизації й обслуговуючий персонал, які повинні бути враховані при виборі технічних засобів і місць їх розміщення

При виборі технічних засобів і розміщенні їх на зварювальному участку, слід враховувати такі характеристики середовища, з якими взаємодіють засоби автоматизації й обслуговуючий персонал:

1. Температура: В зварювальному середовищі можуть панувати високі температури. Технічні засоби повинні бути відповідно захищені і здатні працювати в даному діапазоні температур.
2. Вологість: Вологість також може бути підвищеною в зварювальному середовищі. Важливо вибирати засоби автоматизації, які мають відповідну захист від вологості або розміщувати їх у відповідно обладнаних приміщеннях.
3. Пил і бруд: Зварювальний процес може виробляти пил і бруд, які можуть негативно впливати на роботу технічних засобів. Обладнання повинно бути захищене від пилу і бруду або розміщене у відповідних контрольованих середовищах.
4. Електромагнітні перешкоди: Зварювальний процес може супроводжуватися електромагнітними перешкодами, які можуть впливати на роботу технічних засобів. Тому важливо вибрати засоби автоматизації, що мають високу стійкість до електромагнітних перешкод або захищені від них.

5. Безпека персоналу: Розміщення засобів автоматизації повинно забезпечувати безпеку обслуговуючого персоналу. Засоби автоматизації повинні бути віддалені від небезпечних зон і забезпечувати достатній простір

Професія зварювальника залишається в числі самих затребуваних по всьому світу, адже зварювальні роботи потрібно майже на кожному виробництві, а також незамінні у будівництві. Проте, незважаючи на популярність цієї професії у працедавців, сьогодні спостерігається значна нестача досвідчених фахівців в цій області.

Нові вимоги ринку і зміни запитів споживачів призводять до поступового зменшення розміру партій вироблюваної продукції, в той же час підвищуючи міру її кастомізації, роблячи її все різноманітніше. В умовах, коли життєвий цикл продукції все більше скорочується, компаніям необхідно регулярно відвантажувати невеликі партії замовлень у відносно короткі терміни. Ця ситуація, помножена на складнощі при пошуку достатньої кількості висококласних фахівців, створює серйозну загрозу для збереження конкурентоспроможності компаній.

Крім того, зварювання - небезпечне завдання, яке робить серйозне навантаження на зір людини і може викликати такі захворювання, як електроофтальмія, а також ряд інших хвороб, що вражають органи дихання людини. Ці захворювання можуть на тривалий час вивести ваших працівників з ладу, примушуючи шукати їм заміну або ж збільшувати навантаження на тих співробітників, які все ще у строю, щоб не допускати простою. А це, у свою чергу, може згубно позначитися на якості вироблюваної продукції.

Тобто сучасне виробництво повинне мати високу міру гнучкості, здатність перебудовуватися з мінімальним часом простою, а також робити різну продукцію з незмінною мірою якості

У таких умовах автоматизація зварювальних робіт на виробництві за допомогою колаборативних роботів (коботів) стає економічно вигідним

рішенням. Коллаборативні роботи надають виробництву необхідну гнучкість, оскільки їх легко перепрограмувати і переоснащувати для виконання нових завдань, вони не вимагають зведення бар'єрів безпеки навкруги, мають малі габарити, їх легко передислокувати на нові ділянки виробництва. Вони забезпечують високу окупність інвестицій, в той же час роблячи автоматизацію доступнішою для компаній малого і середнього бізнесу.

Окрім цього, роботи ідеально підходять для ефективної автоматизації зварювальних робіт - завдання, яке вимагає специфічного підходу із-за своїх особливостей. Електричне дугове зварювання, зварювання неплавким електродом, зварювання лазером, ультразвукове зварювання, газове дугове зварювання, плазмове зварювання, точкове контактне зварювання, а також пайка - зі всім цим роботи легко впораються за умови правильного оснащення. Розглянемо декілька основних проблем роботизованого зварювання і те, як роботи здатні їх вирішити.

Передусім, проведення зварювальних робіт вимагає спеціальної траєкторії руху зварювального апарату, яку необхідно міняти залежно від типу деталі. У випадку з традиційними промисловими роботами зміна траєкторії руху маніпулятора з приєднаним до нього зварювальним апаратом кожного разу вимагає тривалого перепрограмування. Крім того, за вимогами безпеки при проведенні зварювальних робіт співробітники повинні завжди носити захисний одяг і рукавички, що утрудняє використання сенсорного екрану або клавіатури для написання нової програми для роботи.

Тому зварювання складних деталей довгий час набагато простіше було виконувати силами фахівців, оскільки вони здатні майже відразу ж адаптуватися до зміни геометрії компонентів. Але тут виникає інша проблема, будь-яка людина схильна до втоми і втрати концентрації під час монотонної роботи, що впливає на підсумкову якість зварювання

Роботи Universal Robots здатні ефективно розв'язати обидві проблеми. По-перше, вони підтримують програмування шляхом демонстрації, коли

оператор просто рухає маніпулятор робота по необхідній траєкторії, яку той запам'ятовує і здатний відразу ж повторити. І, як і будь-які промислові роботи, роботи UR здатні працювати майже без перерви зі збереженням стабільно високого рівня якості зварювальних швів.

Таким чином компанії можуть позбавити персонал від монотонної і небезпечної роботи, а також вивільнити фахівців із зварювання для виконання складніших операцій, а також завдань, де їх досвід і вміння будуть застосовані найефективніше.

Робот UR10 від Universal Robots є популярним варіантом для різних завдань зварювання з наступних причин:

1. Колаборативний характер: UR10 є колаборативним роботом, що означає, що він може безпечно співпрацювати з операторами людьми, не потребуючи окремого зонування або захисних кожухів. Це дозволяє роботу працювати поруч з операторами, покращуючи взаємодію та спільну роботу.

- безпека співіснування з людьми: Робот UR10 оснащений вбудованими безпечними функціями, що дозволяють йому безпечно співіснувати з операторами людьми. Наприклад, він має вбудовані моментні датчики, які виявляють надмірний тиск або силу, і реагують, зупиняючи рух роботи. Це забезпечує безпеку для операторів, які можуть працювати поруч з роботом без необхідності встановлення додаткових охоронних бар'єрів.

- здатність співпрацювати з операторами: Робот UR10 може співпрацювати з операторами у різних завданнях. Він може бути програмований для спільного виконання завдань з операторами, наприклад, передачі компонентів або спільного збирання виробів. Це забезпечує покращення ефективності та продуктивності, оскільки робот і оператор можуть працювати разом у гармонії.

- легка перепрограмування та переналаштування: UR10 має простий інтерфейс програмування та можливості швидкого перепрограмування. Це дозволяє операторам швидко змінювати завдання роботи або налаштувати

його для нових потреб виробництва. Оператори можуть легко виконувати переналаштування робота і впроваджувати його в нові виробничі процеси без значних затрат на час та зусилля.

- висока точність та повторюваність: Робот UR10 забезпечує високу точність та повторюваність виконання завдань.

2. Простота використання: UR10 відомий своєю легкістю використання та програмування. Він має інтуїтивний і простий у використанні інтерфейс, що дозволяє операторам швидко навчитися працювати з роботом. Це зменшує необхідність в складній підготовці та спеціалізованих навичках програмування.

3. Гнучкість та мобільність: UR10 має рухомість у шести ступенях свободи, що надає йому велику гнучкість у виконанні різних завдань зварювання. Він може легко переміщатися та працювати в різних місцях на виробничій лінії, що робить його варіантом для різноманітних виробничих середовищ.

- гнучкість у програмуванні: UR10 забезпечує простоту та гнучкість у програмуванні завдяки своєму інтуїтивному і легкому у використанні програмному забезпеченню. Оператори можуть швидко навчитися програмувати робота через графічний інтерфейс або використовувати скриптові мови. Це дозволяє швидко змінювати завдання робота і адаптувати його до різних виробничих потреб.

- легкість переміщення: Робот UR10 має компактну і легку конструкцію, що дозволяє легко переміщувати його з одного місця на інше. Він може бути встановлений на мобільній платформі або легко переноситися з одного робочого майданчика на інший. Це дозволяє використовувати робота UR10 в різних виробничих областях і змінювати його місце розташування в залежності від потреб виробництва.

- співіснування з операторами: Робот UR10 є колаборативним роботом, що означає, що він може безпечно співіснувати з операторами. Він має вбудовані

безпечні функції, такі як моментний датчик, що забезпечують безпеку під час роботи поруч з людьми. Це дозволяє операторам працювати разом з роботом без необхідності встановлювати окремі охоронні бар'єри.

- широкий спектр застосувань: Робот UR10 може виконувати різноманітні завдання в різних галузях виробництва.

4. Інтеграція з іншими системами: UR10 може бути легко інтегрований з іншими системами автоматизації та обладнанням на виробничому майданчику. Він підтримує комунікацію з різними протоколами та стандартами, що дозволяє йому співпрацювати з іншими роботами, машинами та системами керування. Ось деякі ключові аспекти інтеграції робота UR10:

- комунікаційні протоколи: UR10 підтримує різні комунікаційні протоколи, такі як Ethernet/IP, Modbus і Profinet, що дозволяє йому взаємодіяти з іншими промисловими пристроями і контролерами у вашій системі. Це дає змогу обмінюватися даними і командами з іншими пристроями в реальному часі.

- програмне забезпечення і API: Universal Robots надає програмне забезпечення, яке дозволяє налаштовувати та програмувати робота UR10 під майже будьякі потреби. Крім того, вони також надають API (Application Programming Interface), яке дозволяє інтегрувати робота з іншими системами, сторонніми програмами та контролерами.

- візуалізація і моніторинг: За допомогою програмного забезпечення Universal Robots, ви можете візуалізувати та моніторити робота UR10 з використанням інтерфейсу користувача. Це дозволяє вам відстежувати стан робота, контролювати його рухи та виконання завдань в реальному часі.

- системи безпеки: При інтеграції робота UR10 з іншими системами, слід враховувати вимоги безпеки. UR10 має вбудовані безпечні функції, такі як моментний датчик, що зупиняє робота при зіткненні з людиною або перешкодою. При інтеграції з іншими

5. Економічна ефективність робота UR10 виявляється у наступних аспектах:

- вартість: UR10 має конкурентоспроможну ціну порівняно з іншими промисловими роботами на ринку. В порівнянні з важкими промисловими роботами, які вимагають додаткових засобів безпеки та інженерних рішень, UR10 є більш доступним з фінансової точки зору.

- швидкість впровадження: UR10 може бути швидко встановлений та налаштований для виконання зварювальних завдань. Його простий інтерфейс програмування дозволяє операторам швидко навчитися працювати з роботом, що скорочує час, необхідний для підготовки до виробництва.

- гнучкість виробництва: UR10 забезпечує гнучкість виробництва, оскільки його можна легко переналаштовувати для виконання різних завдань зварювання. Він може бути програмований для виконання різних шаблонів зварювання та змінювати своє положення та швидкість відповідно до вимог виробництва.

- зниження витрат на робочу силу: Використання робота UR10 у зварювальних процесах дозволяє знизити залежність від ручної праці. Це зменшує витрати на робочу силу, особливо в умовах, де зварювання вимагає складних і повторюваних операцій.

- підвищення продуктивності: Робот UR10 (рис 5.1) може працювати без перерви, надійно виконуючи зварювальні операції з високою швидкістю та точністю. Це дозволяє збільшити продуктивність та виробничі обсяги, що може позитивно позначит



Рис 5.1 - Робот UR 10CB

Робот-манипулятор с шестью степенями подвижности и рабочей зоной 1300 мм

Вес	28,9 кг		
Полезная нагрузка	10 кг		
Зона досягаемости:	1300 мм		
Диапазон движения сочленений:	+/- 360° на все сочленения		
Скорость:	Сочленение: Макс. 180°/сек. Инструмент: Прибл. 1 м/с		
Стабильность позиционирования:	+/- 0,1 мм		
Диаметр основания:	Ø190 мм		
Степени свободы:	6 вращающихся сочленений		
Размеры контроллера (Д x Ш x В):	268 мм x 475 мм x 423 мм		
Порты ввода-вывода:		Контроллер	Для присоединяемого инструмента
	Цифровых входов	16	2
	Цифровых выходов	16	2
	Аналоговых входов	2	2
	Аналоговых выходов	2	-
Ввод/вывод питания:	24 В 2 А в блоке управления и 12 В/24 В 500 мА для присоединяемого инструмента		
Обмен данными:	TCP/IP, 100 Мбит: IEEE 802.3u, 100BASE-TX Разъем Ethernet и Modbus TCP		
Программирование:	Графический интерфейс PolyScope с 12-дюймовым сенсорным экраном с креплением		
Уровень шума:	Сравнительно низкий		
Классификация по IP:	IP54		
Энергопотребление:	Прибл. 350 Вт при использовании стандартной программы		
Совместная работа:	15 усовершенствованных программ безопасности Испытан в соответствии с: EN ISO 13849:2008 PL d EN ISO 10218-1:2011, пункт 5.4.3		
Материалы:	Алюминий, полипропилен		
Температура:	Рабочий температурный диапазон робота 0-50°C		
Электропитание:	100-240 В переменного тока, 50-60 Гц		
Проводка:	Кабель между роботом и блоком управления (6 м) Кабель между сенсорным экраном и блоком управления (4,5 м)		

Universal Robots A/S

Energivej 25
DK-5260 Odense S
Denmark (Дания)
+45 89 93 89 89

www.universal-robots.com
sales@universal-robots.com



Рис.5.2 – Основные характеристики робота UR 10CB

Тип робота	UR10
Вес	28,9 кг / 63,7 фунта
Максимальная полезная нагрузка	10 кг / 22 фунта
Охват	1300 мм / 51,2 дюйма
Диапазоны сочленений	± 360 ° для всех сочленений
Speed	Основание и плечевое сочленение: максимум 120 °/s. Все другие сочленения: максимум 180 °/s. Tool: Approx. 1 М/с / Approx. 39,4 дюйма/с .
Стабильность позиционирования	± 0,1 мм / ± 0,0039 дюйма (4 мила) согласно ISO 9283
Площадь у основания	190 мм / 7,5 дюйма
Степени свободы	6 rotating joints
Размер блока управления (Ш × В × Г)	462 мм × 418 мм × 268 мм / 18,2 дюйма × 16,5 дюйма × 10,6 дюйма
Порты ввода-вывода блока управления	16 цифровых входов, 16 цифровых выходов, 2 аналоговых входа, 2 аналоговых выхода
Порты ввода-вывода инструмента	2 цифровых входа, 2 цифровых выхода, 2 аналоговых входа
Ввод/вывод питания	24 V 2 A in Control Box
Обмен данными	TCP/IP, 1000 Мбит: IEEE 802.3u, разъем Ethernet 100BASE-T, адаптер EtherNet/IP и modbus TCP, Profinet
Программирование	PolyScope graphical user interface on 12" touchscreen
Шумность	72 дБА
Классификация степени защиты	IP54
Классификация для чистых комнат	Манипулятор робота: класс 5 ISO. Блок управления: класс 6 ISO
Максимальная средняя мощность	585 Вт
Энергопотребление	Прибл. 350 Вт при использовании типичной программы
Совместная работа	15 улучшенных функций безопасности. В соответствии с EN ISO 13849-1:2008, PLd и EN ISO 10218-1:2011, пункт 5.10.5
Материалы	Aluminium, PP plastic
Температура	The robot can work in an ambient temperature range of 0–50 °C

P

ис 5.3 – Технічні характеристики

5.2 Характеристики середовищ, з якими взаємодіють засоби автоматизації й обслуговуючий персонал, які повинні бути враховані при виборі технічних засобів і місць їх розміщення та вибір технічних засобів реалізації керуючих дій на технологічний процес і управління обладнанням

Максимально допустиме корисне навантаження маніпулятора робота залежить від зміщення центру тяжіння (Рис 5.4). Зміщення центру ваги визначається як відстань між центром вихідного фланця інструмента і центром ваги.

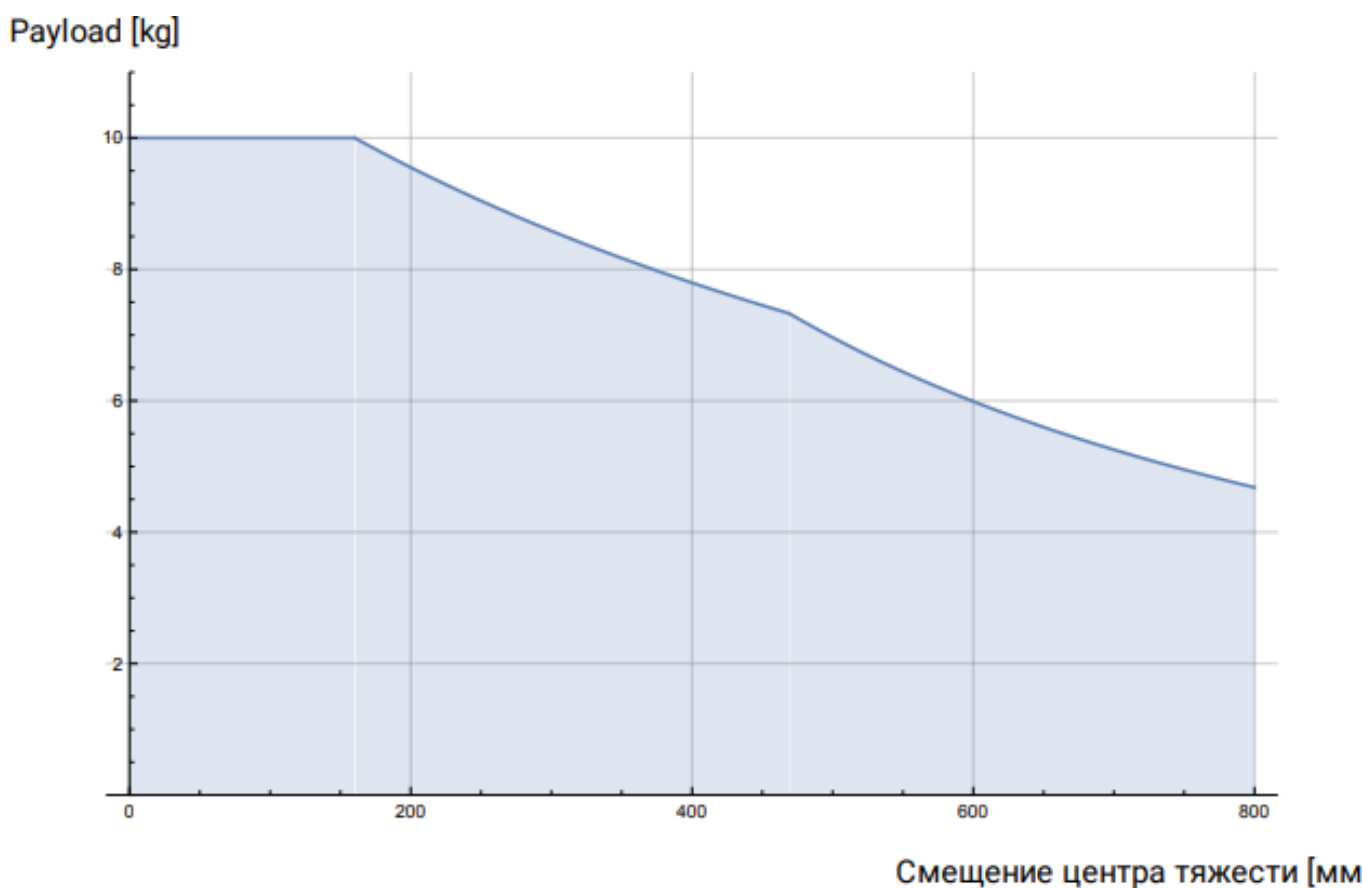


Рис 5.4 - Співвідношення між максимально допустимим корисним навантаженням і зміщенням центру ваги.

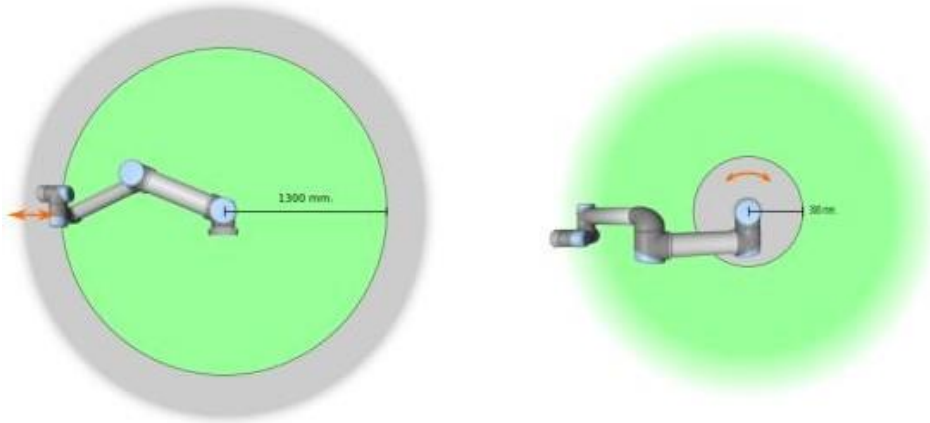
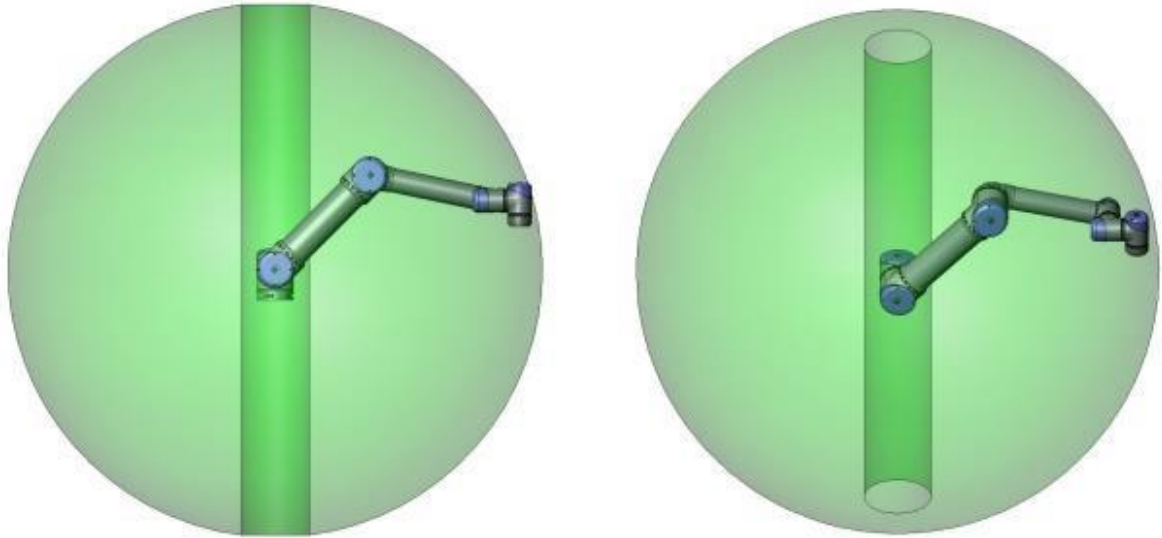


Рис 5.5 – зони досяжності робота

Робоча зона робота досягає 1300 mm від точки зчленування з основою. Під час виборут місця для монтажу робота необхідно врахувати циліндричний простір над і під основою робота. За можливості слід уникати занадто близького наближення інструменту до циліндричного простору, оскільки це призводить до швидкого переміщення зчленувань навіть у разі переміщення інструменту з повільною швидкістю, що своєю чергою ускладнює виконання оцінки ризиків.

Аварійна зупинка робота та Безпека

Роботи UR обладнані рядом вбудованих функцій безпеки та електричними інтерфейсами безпеки, для підключення інших пристроїв і додаткових

захисних пристроїв. Кожна функція та інтерфейс безпеки постійно контролюються згідно з EN ISO13849-1:2008 та рівнем продуктивності d (PLd).

Кнопка аварійної зупинки дає змогу миттєво зупинити будь-який рух робота, та цілого РТК. В даному РТК окрім вбудованої кнопки **emergency stop**, до робота підключено ще 2 кнопки аварійної зупинки. Схема підключення кнопки **emergency stop** до контролера робота :

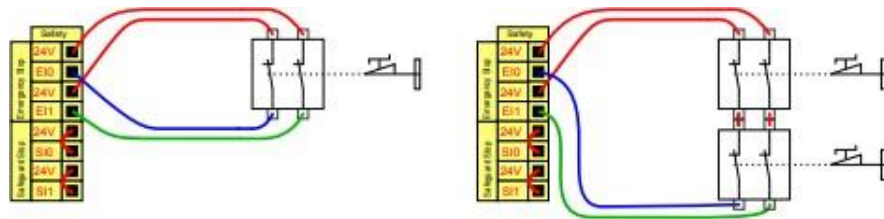


Рис 5.6 – Схема підключення **emergency stop**

Ця конфігурація призначена тільки для використання у випадках, коли оператор не зможе пройти крізь двері та закрити їх за собою. Входи/виходи, що налаштовуються можуть бути використані для налаштування кнопки скидання, розташованої за дверима, для повторної активації руху робота. Іншим прикладом використання автоматичного відновлення роботи є використання запобіжного килимка або як в нашому випадку безпечного лазерного сканера, див. нижче

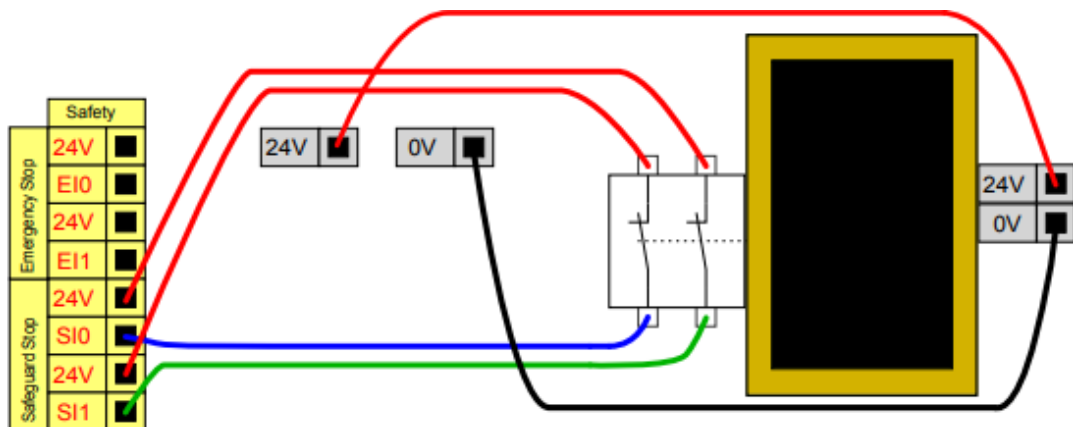


Рис 5.7 - Аварійна зупинка з автоматичним відновленням роботи

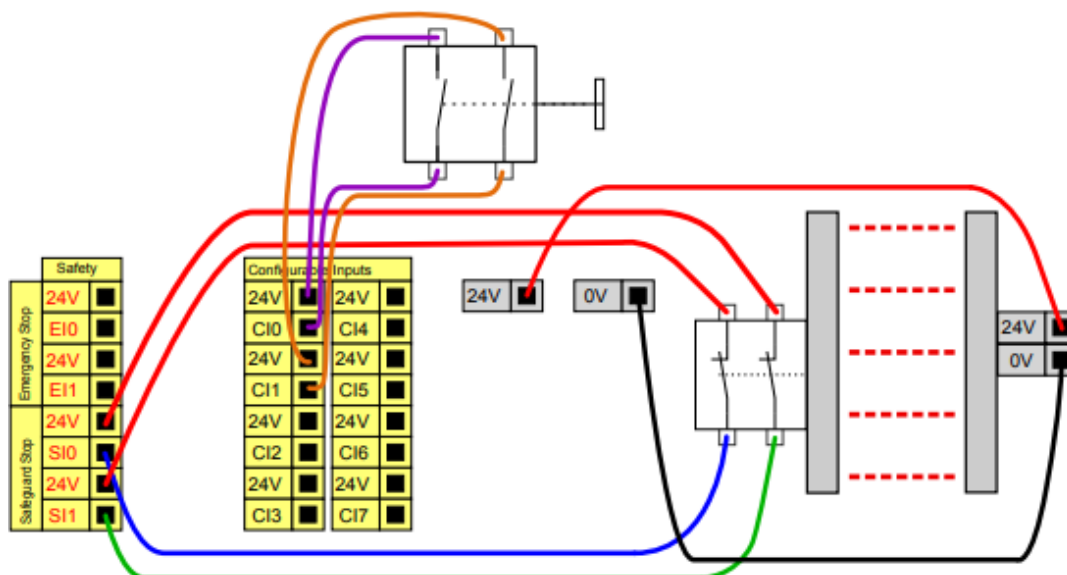


Рис 5.8- Запобіжне зупинення з використанням кнопки скидання

Спільне використання аварійної зупинки на кількох пристроях.

Найчастіше виникає необхідність організації загального ланцюга аварійної зупинки в разі спільного використання робота з іншим обладнанням. Це дає змогу оператору не замислюватися про те, які кнопки аварійної зупинки використовувати.

Вхід Аварійна зупинка робота не призначений для спільного використання, оскільки обидва пристрої будуть очікувати виходу один одного зі стану аварійної зупинки.

Для спільного використання функції аварійної зупинки з іншим обладнанням необхідно виконати налаштування наступних функцій входів/виходів, що налаштовуються, за допомогою графічного інтерфейсу.

- Пара настроюваних входів: Зовнішня аварійна зупинка.
- Пара настроюваних виходів: Аварійне зупинення системи.

На малюнку (Рис-) нижче показано спільне використання двома роботами UR функцій аварійної зупинки. У цьому прикладі використовуються настроювані входи/виходи "CI0-CI1" і "CO0-CO1".

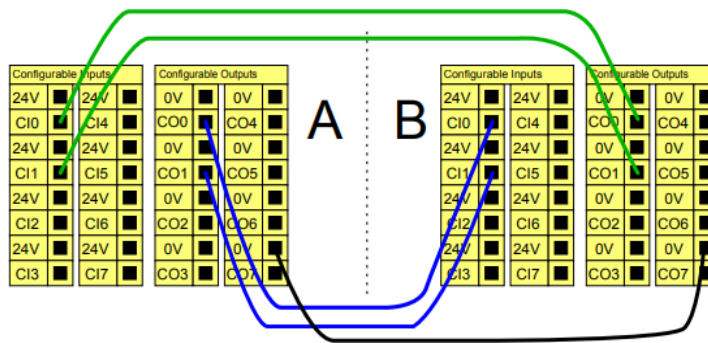


Рис 5.9 – Схема підключення декількох пристроїв доднієї кнопки аварійного стопу

Час зупинки системи безпеки являє собою час від виникнення збою або порушення функції, пов'язаної з безпекою, до моменту, коли робот переходить до або порушення функції, пов'язаної з безпекою, до моменту, коли робот переходить до повної зупинки і задіюються механічні гальма. Має враховуватися максимальний час зупинки в таблиці, якщо безпека застосування пов'язана з часом зупинки робота. Наприклад, через несправність у результаті зупинки робота зупиняється вся заводська лінія, тобто максимальні часи зупинки мають бути розглянуті, якщо певні дії мають відбуватися відразу після зупинки.

Вимірювання виконуються за такої конфігурації робота:

- Витягування: 100% (маніпулятор робота повністю витягнутий у горизонтальній площині).
- Швидкість: обмеження швидкості ЦТІ системи безпеки встановлюється на описане обмеження.
- Корисне навантаження: максимальне дозволене корисне навантаження для робота, прикладена до ЦТІ (10 кг).

Предел скорости ЦТИ	Maximum Stopping Time
1.0 m/s	450 ms
1.5 m/s	500 ms
2.0 m/s	550 ms
1.5 m/s	600 ms
3.0 m/s	650 ms

Рис 5.10

Robots Контролер Universal UR10 є центральним керуючим пристроєм для робота UR10. Він виконує наступні функції:

1. Керування рухом робота: Контролер UR10 відповідає за керування рухом робота. Він обробляє команди, отримані від оператора або виконавчих програм, і керує рухом кожного суглоба робота, забезпечуючи точність і плавність руху.
2. Виконання програм: Контролер UR10 зчитує та виконує програми, які встановлені для робота. Ці програми визначають послідовність операцій, які робот повинен виконати, наприклад, переміщення до певної позиції, виконання зварювального процесу або збірка деталей.
3. Взаємодія з оператором: Контролер UR10 має інтерфейс, який дозволяє оператору взаємодіяти з роботом. Через цей інтерфейс оператор може надсилати команди, встановлювати параметри робота, моніторити його стан та отримувати повідомлення про події або помилки.
4. Безпека: Контролер UR10 включає безпечні функції, що дозволяють роботу безпечно співіснувати з операторами. Він має вбудовані системи датчиків, які виявляють надмірний тиск або силу і можуть зупинити рух робота, щоб уникнути травм оператора.
5. Комунікація з іншими системами: Контролер UR10 (Рис 5.11) може взаємодіяти з іншими системами, такими як системи візуалізації, системи відстеження руху або системи керування виробництвом. Це дозволяє

інтегрувати робота UR10 в більш широкую автоматизовану систему та забезпечувати обмін даними

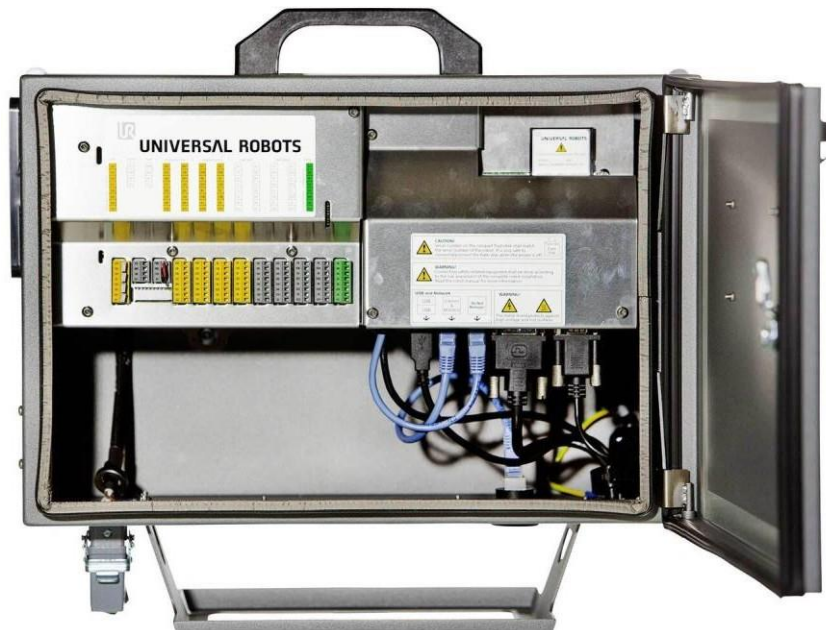


Рис 5.11 - Robots Контролер Universal UR 10CB

На малюнку нижче показано розташування електричного інтерфейсу всередині блоку управління(Рис 5.12)

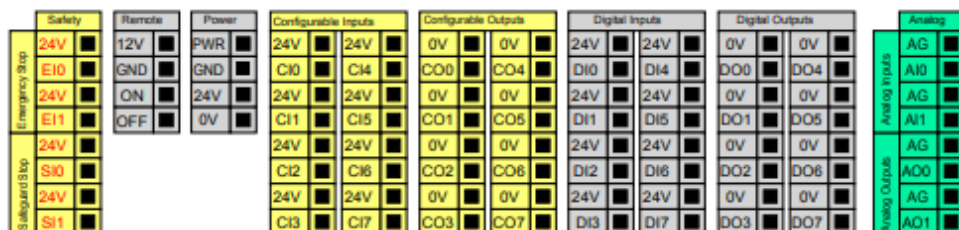


Рис 5.12– Інтерфейс всередині блоку управління

Жовті з червоним текстом

-Спеціальні сигнали безпеки

Жовті з чорним текстом

-Налаштовуються як безпечні

Сірі з чорним текстом

- Цифрові входи/виходи загального

призначення

Зелений із чорним текстом

- Аналогові входи/виходи загального

призначення

Кронштейн блоку керування

З нижньої сторони групи інтерфейсу входу та виходу знаходиться шкура з портами для під'єднання додаткових пристроїв (див. малюнок нижче). Основа блоку керування має отвір у отворі з кришкою для простого під'єднання (Рис5.13). Функція Mini Displayport підтримує монітори з портом Displayport і потребує наявності активного перетворювача MiniDisplay в DVI або HDMI для під'єднання моніторів із за допомогою інтерфейсу DVI/HDMI. Пасивні перетворювачі не працюють з портами DVI/HDMI

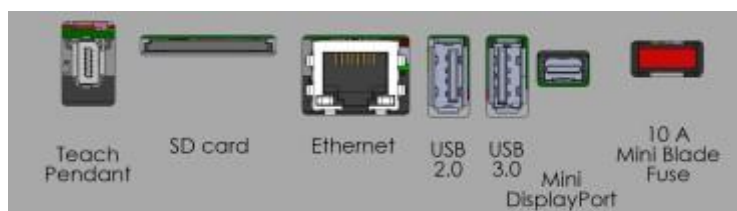


Рис 5.13

Інтерфейс Ethernet можна використовувати для:

- MODBUS, EtherNet/IP і PROFINET
- Віддалений доступ і керування

Параметр	Мин.	Тип	Макс.	ЕІ
Скорість обмена даними	10	-	1000	Мб/с

Рис 5.14 – швидкість обміну даними

Навантаження з керуванням за цифровим виходом

У цьому прикладі відображено підключення навантаження з керуванням за цифровим виходом (Рис).

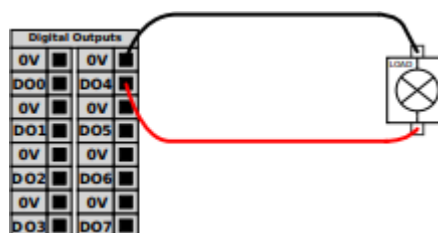


Рис 5.15 – Схеми підключення до клем

Цифровий вхід із підключенням кнопки

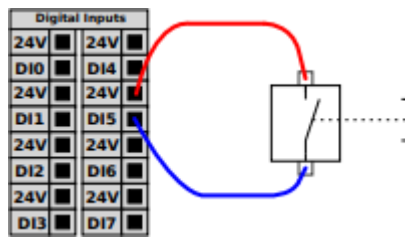


Рис 5.16 - приклад підключення звичайної кнопки

Обмін даними з іншими пристроями або ПЛК

Цифрові входи/виходи можуть використовуватися для обміну даними з іншим обладнанням за наявності спільного контакту ЗАЗЕМ (0 В) і використання пристроєм технології PNP (Рис 5.17)

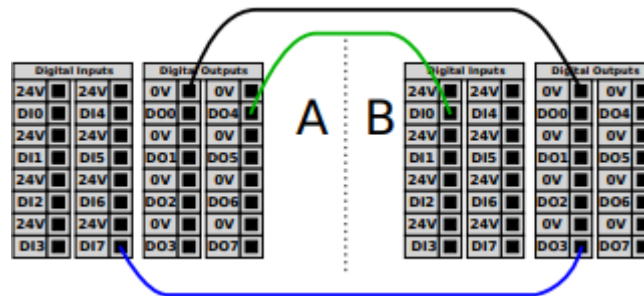


Рис 5.17– схема підключення для обміну даними з іншим обладнанням

Загальні вимоги до всіх цифрових входів/виходів

У цьому розділі містяться електричні вимоги до наступних 24 В цифрових входів/виходів блоку керування входів/виходів блоку керування.

- Входи/виходи безпеки.
- Входи/виходи, що налаштовуються.
- Входи/виходи загального призначення.

Надзвичайно важливим є монтаж роботів UR відповідно до електричних вимогами, однаковими для всіх трьох видів входів.

Налаштування блоку контактів живлення (Power) дає змогу забезпечити живлення цифрових входів/виходів від внутрішнього джерела живлення 24 В або від зовнішнього джерела живлення. Цей блок складається з чотирьох контактів. Напруга двох верхніх контактів (ПІТ і ЗАЗЕМ) 24 В, джерело маси - внутрішнє джерело живлення 24 В. Два нижні контакти (24 В і 0 В) блоку -

входи 24 В для живлення входів/виходів. У конфігурації за замовчуванням використовується внутрішнє джерело живлення, див. нижче.



Рис 5.18- Клема

Якщо потрібне використання великих значень струму, можливе підключення зовнішнього джерела живлення, як показано нижче.

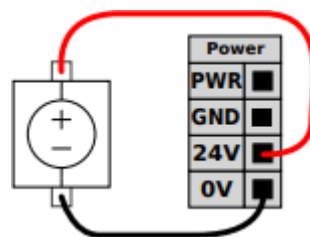


Рис 5.19 – клема із поясненням підключення зов.джерела струму

Електричні вимоги для зовнішніх і внутрішніх джерел живлення:

Клеммы	Параметр	Мин.	Тип	Макс	Ед. измерения
Внутренний источник питания 24 В					
[PWR - GND]	Напряжение	23	24	25	В
[PWR - GND]	Ток	Категория останова	-	2	А
Требования к внешнему источнику питания 24 В					
[24V - 0V]	Напряжение	20	24	29	В
[24V - 0V]	Ток	Категория останова	-	6	А

Рис 5.20- Електричні вимоги джерел живлення

Цифрові входи/виходи відповідають вимогам IEC 61131-2. Електричні вимоги наведено нижче.

Клеммы	Параметр	Мин.	Тип	Макс	Ед. измерения
Цифровые выходы					
[COx / DOx]	Ток*	Категория останова	-	1	А
[COx / DOx]	Падение напряжения	Категория останова	-	0,5	В
[COx / DOx]	Утечка тока	Категория останова	-	0,1	мА
[COx / DOx]	Функция	-	PNP	-	Тип
[COx / DOx]	IEC 61131-2	-	1 А	-	Тип
Цифровые входы					
[EIx/SIx/CIx/DIx]	Напряжение	-3	-	30	В
[EIx/SIx/CIx/DIx]	Область отключения	-3	-	5	В
[EIx/SIx/CIx/DIx]	Область включения	11	-	30	В
[EIx/SIx/CIx/DIx]	Ток (11-30 В)	2	-	15	мА
[EIx/SIx/CIx/DIx]	Функция	-	PNP	-	Тип
[EIx/SIx/CIx/DIx]	IEC 61131-2	-	3	-	Тип

Рис 5.21 - Електричні вимоги для цифрові входи/виходів

Аналогові входи/виходи загального призначення

Для підключення аналогового інтерфейсу призначений зелений контакт. Він може бути використаний для встановлення або вимірювання напруги (0-10 В) чи струму (4-20 мА) від і до іншого обладнання.

Для отримання найвищої точності використовуємо і виконуємо такі дії.

- Використовуйте контакт AG, найближчий до входу/виходу. Парі необхідно спільно використовувати фільтр загального режиму.

- Необхідно використовувати загальне заземлення (0 В) для обладнання та блоку керування. Аналогові входи/виходи не мають гальванічної ізоляції від блока керування.

- Необхідно використовувати екранований кабель або кабель із крученими парами. Необхідно підключити екран до контакту заземлення ("GND") клеми живлення "Power".

- Необхідно використовувати обладнання, що працює в режимі струму. Сигнали струму менш схильні до завад

Клеммы	Параметр	Мин.	Тип	Макс.	Ед. измерения
<i>Аналоговый вход в режиме тока</i>					
[AIx - AG]	Текущий	4	-	20	мА
[AIx - AG]	Сопротивление	-	20	-	ом
[AIx - AG]	Разрешение	-	12	-	бит
<i>Аналоговый вход в режиме напряжения</i>					
[AIx - AG]	Напряжение	Категория останова	-	10	В
[AIx - AG]	Сопротивление	-	10	-	кОм
[AIx - AG]	Разрешение	-	12	-	бит

Клеммы	Параметр	Мин.	Тип	Макс.	Ед. измерения
<i>Аналоговый выход в режиме тока</i>					
[AOx - AG]	Текущий	4	-	20	мА
[AOx - AG]	Напряжение	Категория останова	-	24	В
[AOx - AG]	Разрешение	-	12	-	бит
<i>Аналоговый выход в режиме напряжения</i>					
[AOx - AG]	Напряжение	Категория останова	-	10	В
[AOx - AG]	Текущий	-20	-	20	мА
[AOx - AG]	Сопротивление	-	1	-	ом
[AOx - AG]	Разрешение	-	12	-	бит

Рис 5.22 – Електричні вимоги до аналогових входів та виходів

Використання аналогового виходу

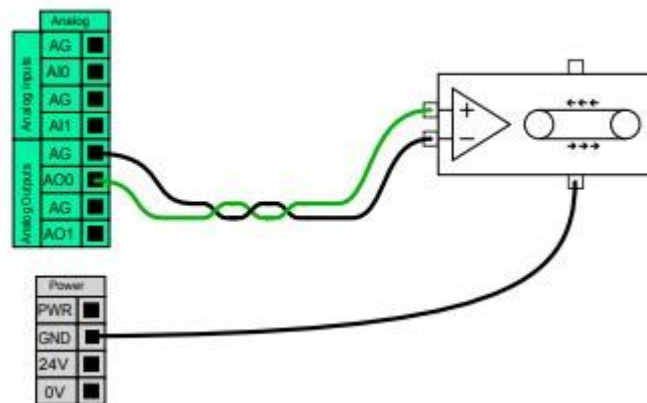


Рис 5.23– Приклад підключення для регулювання швидкості обертача

Використання аналогового входу

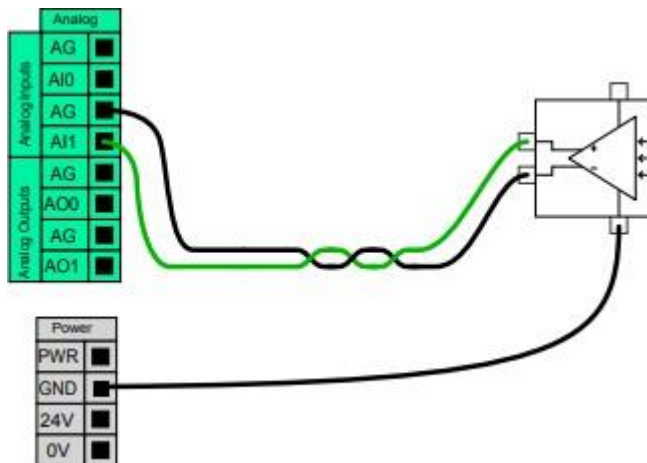


Рис 5.24 – схема підключення аналогового датчика

Віддалене ввімкнення та вимкнення

Функція віддаленого ввімкнення/вимкнення може бути використана для увімкнення/вимкнення блока керування без використання підвісного пульта навчання. Вона, як правило, використовується в таких випадках:

- У разі недоступності підвісного пульта навчання.
- У разі необхідності повного керування системою ПЛК.
- У разі необхідності одночасного ввімкнення або вимкнення декількох роботів.

До складу функції віддаленого ввімкнення/вимкнення входить невеликий додатковий контакт живлення 12 В, який залишається активним

при вимкненому блоці керування. Входи "ВКЛ" і "ВИМК" призначені тільки для короткострокової активації. Принцип роботи входу "ВКЛ" збігається з принципом роботи кнопки живлення. Завжди використовуйте вхід "ВИМК" для керування віддаленим "ВИМК", оскільки цей сигнал дає змогу блоку керування виконати збереження відкритих файлів і коректно завершити роботу.

Клеммы	Параметр	Мин.	Тип	Макс.	Ед. измерения
[12V - GND]	Напряжение	10	12	13	В
[12V - GND]	Текущий	-	-	100	мА
[ON / OFF]	Неактивное напряжение	Категория останова	-	0,5	В
[ON / OFF]	Активное напряжение	5	-	12	В
[ON / OFF]	Входной ток	-	1	-	мА
[ON]	Период активации	200	-	600	мс

Рис 5.25 - Електричні вимоги

Входи та виходи інструменту

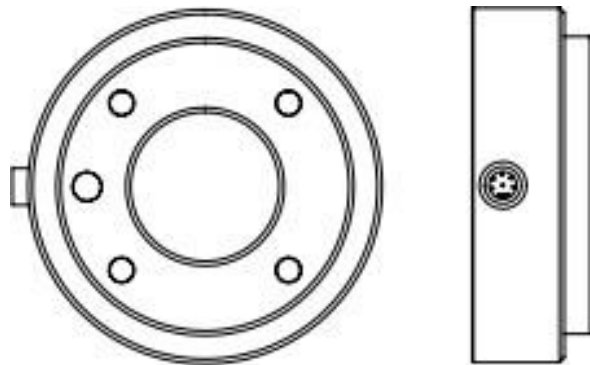


Рис 5.26– Фланець робота із роз'ємом

На кінці робота для приєднання інструменту знаходиться невеликий роз'єм з вісьмома контактами. За допомогою цього роз'єму подається живлення і сигнали управління на захвати і датчики, якими оснащений інструмент робота. Для підключення використовую кабель - **Lumberg RKMV 8-354**. Вісім жил всередині кабелю мають різні кольори. Кожному кольору відповідає певна функція.

Таблиця 5.1

Червоний	0 В (ЗАЗЕМ)
Сірий	0 В/12 В/24 В (ЖИВЛЕННЯ)
Синій	Вихід інструмента 0 (Т00)
Рожевий	Вихід інструмента 1 (Т01)
Жовтий	Вихід інструменту 0 (ТІ0)
Зелений	Вихід інструменту 1 (ТІ1)
Білий	Аналоговий вхід 2 (АІ2)
Коричневий	Білий Аналоговий вхід 3 (АІ3)

Нижче показано, як увімкнути навантаження при використанні внутрішнього джерела живлення 12 В або 24 В. Зверніть увагу, що необхідно вказати напругу на вкладці "Введення-виведення". Між контактом POWER і кожухом/заземленням завжди є напруга, навіть якщо навантаження вимкнене.

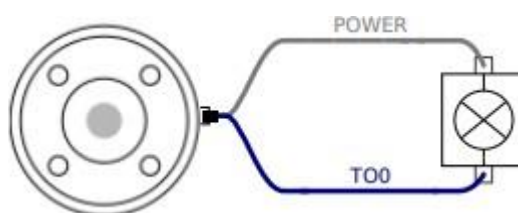


Рис 5.27 – схема підключення при використанні внутрішнього джерела живлення

Цифрові входи інструмента

Цифрові входи реалізовано за схемою PNP з використанням малопотужних узгоджувальних резисторів. Це означає, що сигнал диференціального входу завжди буде низьким.

Параметр	Мин.	Тип	Макс.	Ед. измерения
Входное напряжение	-0,5	-	26	В
Низкий логический уровень напряжения	-	-	2,0	В
Высокий логический уровень напряжения	5,5	-	-	В
Входное сопротивление	-	47k	-	Ω

Рис - Електричні вимоги

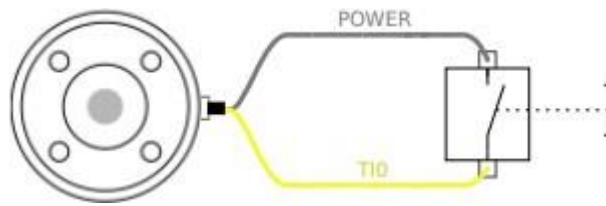


Рис5.28 – схема підключення кнопки

Параметр	Мин.	Тип	Макс.	Ед. измерения
Входное напряжение в режиме напряжения	-0,5	-	26	В
Входное сопротивление в диапазоне от 0 В до 10 В	-	15	-	kΩ
Разрешение	-	12	-	бит
Входное напряжение в режиме тока	-0,5	-	5,0	В
Входной ток в режиме тока	-2,5	-	25	мА
Входное сопротивление в диапазоне от 4 мА до 20 мА	-	200	-	Ω
Разрешение	-	12	-	бит

Рис5.29 - Електричні вимоги для аналогового сигналу

Світлові завіси

Захисні світлові завіси - це пристрої, призначені для забезпечення безпеки у промислових та комерційних середовищах. Вони працюють на принципі світлового виявлення перешкод і використовуються для захисту людей та обладнання від потенційних небезпек.

Захисні світлові завіси складаються з передавача (світлового емітера) та приймача (фотодетектора), які розташовані на протилежних сторонах області, яку потрібно захистити. Світловий промінь, який випромінюється передавачем, перетинає простір між ним та приймачем. Якщо цей промінь переривається об'єктом або перешкодою, світловий сигнал припиняється, і це спричиняє спрацювання захисної реакції, такої як зупинка руху обладнання або вимкнення електричного живлення.

Основна функція захисних світлових завісей полягає у забезпеченні безпеки під час роботи з автоматичними машинами або обладнанням, де може виникнути небезпека для оператора або персоналу. Вони можуть застосовуватися у різних галузях, включаючи металообробку, автомобільну промисловість, упаковку, харчову промисловість та багато інших.

Основні переваги захисних світлових завісей включають:

1. **Безконтактний захист:** Захисні світлові завіси не потребують фізичного контакту з об'єктом або перешкодою. Вони створюють невидимий бар'єр, що дозволяє уникнути потенційних травм, які можуть виникнути при зіткненні з фізичними бар'єрами.
2. **Висока роздільна здатність:** Завдяки своїй конструкції з багатьма світловими променями, захисні світлові завіси забезпечують високу роздільну здатність. Це означає, що вони можуть точно виявити навіть невеликі об'єкти або частини тіла, що потрапляють в зону захисту.
3. **Гнучкість у використанні:** Захисні світлові завіси можуть бути легко налаштовані та програмовані для відповідності конкретним потребам та вимогам безпеки. Їхні параметри, такі як висота, ширина і чутливість, можуть бути настроєні для оптимального захисту в конкретному середовищі.
4. **Швидкість та надійність:** Захисні світлові завіси реагують миттєво на перешкоду, що забезпечує швидке зупинення руху обладнання або вимкнення живлення. Вони мають високу надійність і точність виявлення перешкод, що забезпечує безпеку для операторів та персоналу.
5. **Ефективність в експлуатації:** Захисні світлові завіси мають довгий термін служби і вимагають мінімального обслуговування. Вони не зазнають фізичного зносу, оскільки не мають рухомих частин

Мій вибір пав на захисний інфрачервоний бар'єр ASP30-1640NB(рис 5.30)

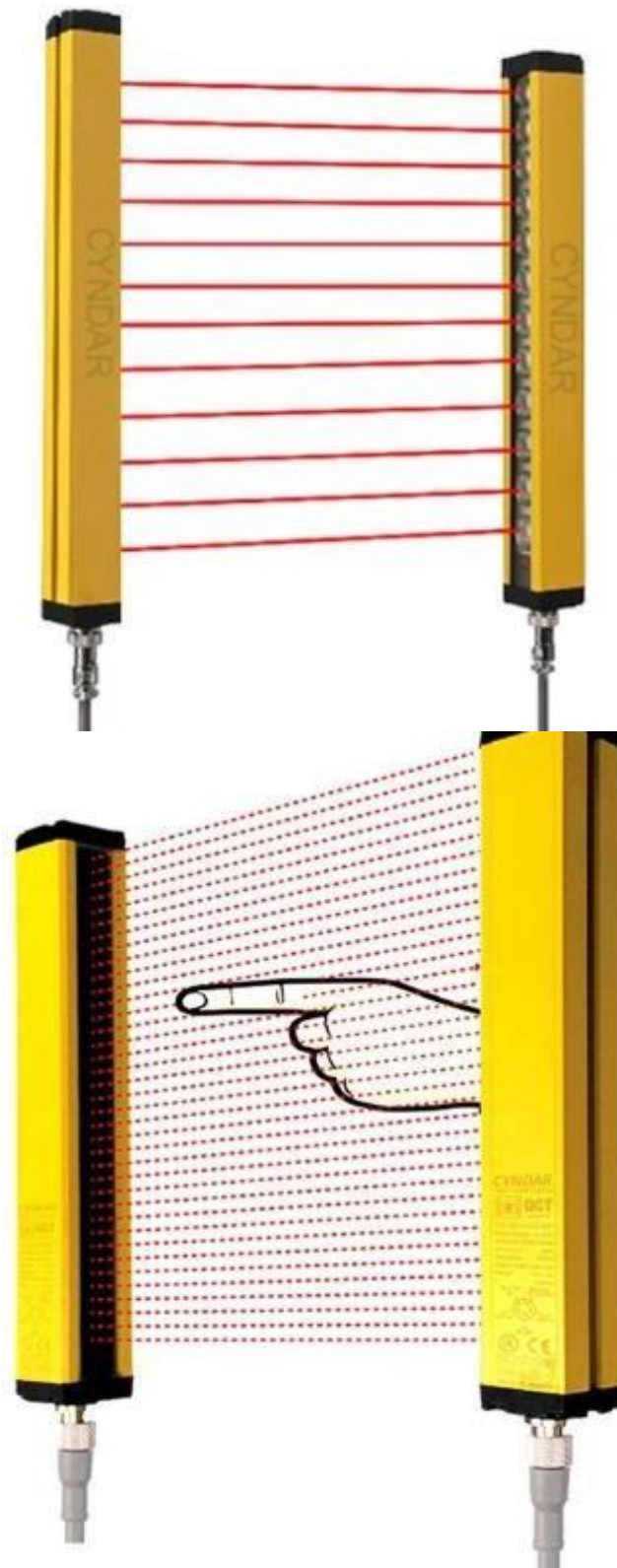


Рис 5.30 - Світолова завіса ASP30-1640

Технічні параметри датчика безпеки фотоелектричного датчика:

Висота захисту: Відстань оптичної осі*(Qty балки-1)

Час реакції: $\leq 15\text{ms}$

Діапазон виявлення: 30 ~ 3000mm, 30 ~ 6000mm

Перешкоди світла: 10000Lux (Кут захворюваності $\geq 5^\circ$)

Тип світлої завіси: Променевий

Рівень захисту: IP65

Вигляд Розмір: 30×30мм×Джмм (J - довжина передавача / приймача)

Контролер: QCA/QCA2

Джерело світла: Інфрачервоний світлодіод

Поточне споживання: $\leq 200\text{mA}$

Вологість навколишнього середовища: Експлуатація: 35 ~ 85%RH

Збереження: 35 ~ 95%RH

Робоча температура: Робота: $-10 \sim +40^\circ\text{C}$ (не заморозувати), Збереження: $-25 \sim +55^\circ\text{C}$

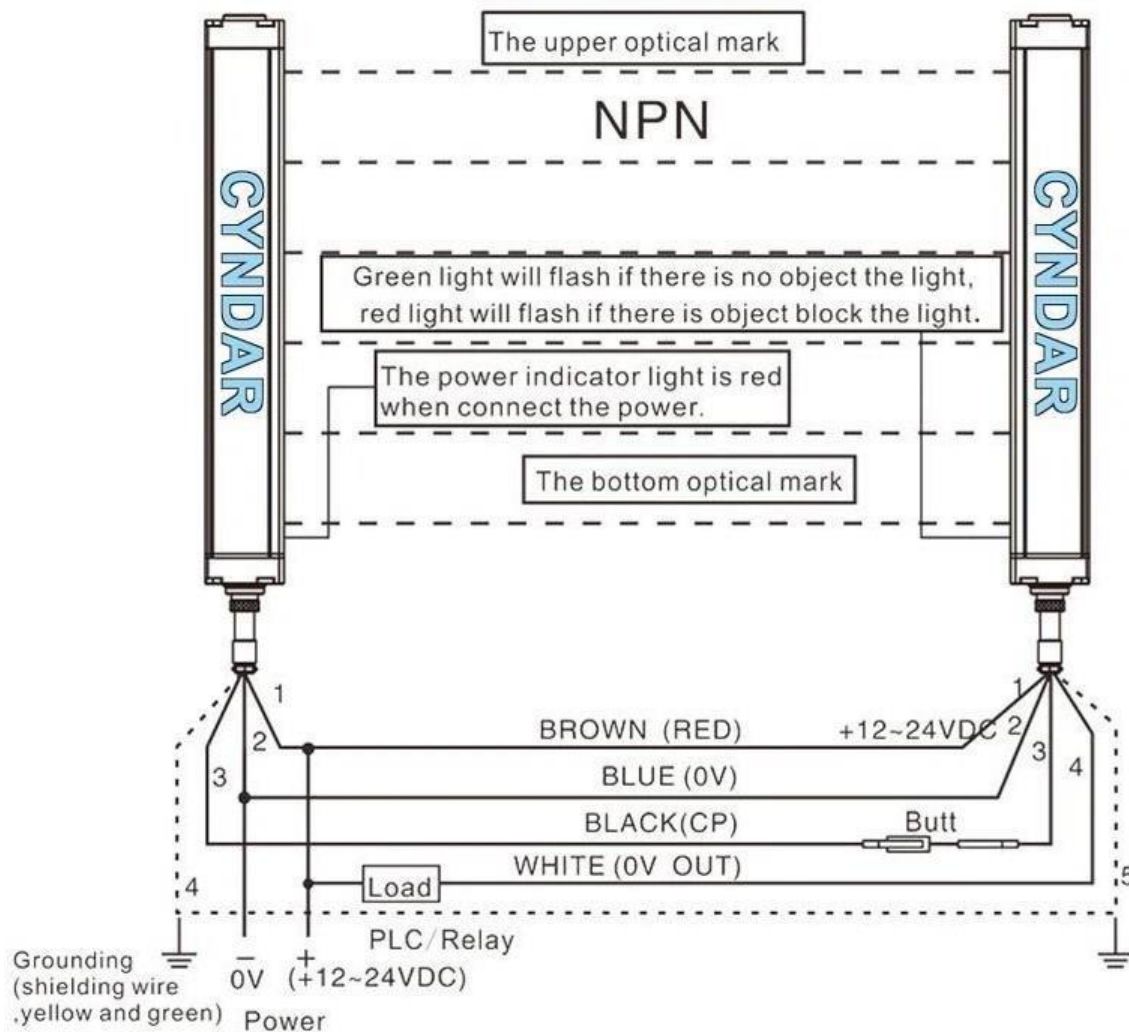


Рис 5.31 – схема електропроводки датчика світлової штори

Зварювальне обладнання

Щодо зварювального обладнання я вибрав між обладнанням Компанії „ПАТОН„ та „ABICOR BINZEL„. А саме між моделями Mig/Mag iROB 500 від компанії „ABICOR BINZEL„ та ProMIG-500-15-4-400V від компанії ПАТОН.

Mig/Mag iROB 500 від компанії ABICOR BINZEL є зварювальним джерелом, спеціально розробленим для роботизованих систем зварювання. Він забезпечує професійну якість зварювання і має ряд функціональних можливостей.

Основні особливості Mig/Mag iROB 500 включають:

1. Висока потужність: Має високу потужність зварювання, що дозволяє виконувати зварювання великих товщин металу і забезпечує швидкий процес зварювання.
2. Широкий діапазон параметрів: Джерело зварювання має широкий діапазон налаштування параметрів, таких як сила струму, напруга, час зварювання і швидкість подачі дроту. Це дозволяє зварювати різні типи матеріалів і виконувати різноманітні зварювальні завдання.
3. Висока якість зварювання: Mig/Mag iROB 500 забезпечує стабільну дугу зварювання, що дозволяє отримувати високу якість зварювальних з'єднань з мінімальними бризками і бризками.
4. Додаткові функції: Джерело зварювання може мати різні додаткові функції, такі як послідовна подача дроту, пульсуюча дуга, пам'ять програм і автоматичне регулювання параметрів зварювання.
5. Легка інтеграція: Mig/Mag iROB 500(рис 5.32) розроблений з урахуванням потреб роботизованих систем зварювання і легко інтегрується з роботами і автоматичними системами управління.



Рис 5.32 - Mig/Mag iROB 500

ProMIG-500-15-4-400V (Рис 5.33) від компанії ПАТОН є моделлю зварювального обладнання, яке працює за методом Mig/Mag. Основні характеристики цієї моделі включають:

1. Потужність: Модель ProMIG-500-15-4-400V має максимальну потужність 500 ампер, що дозволяє зварювати матеріали різної товщини та типу.
2. Напряга живлення: Обладнання працює з напругою живлення 400 Вольт, що забезпечує ефективну та стабільну роботу.
3. Керування потужністю: Модель може мати можливість регулювання потужності зварювання, що дозволяє пристосувати його до різних завдань та матеріалів.
4. Функція швидкості подачі дроту: Присутня можливість налаштування швидкості подачі дроту, що впливає на процес зварювання та якість отриманих зварних з'єднань.
5. Надійність: Продукція від компанії ПАТОН відома своєю надійністю та довговічністю. Процесорне керування та захист від перевантажень забезпечують безпечну та стабільну роботу пристрою.



Рис 5.33- ProMIG-500-15-4-400V

Отже с двох варіантів мій вибір упав на модель ProMIG-500-15-4-400V від компанії ПАТОН, хоч характеристики дуже схожі и модель від Бінзель по деяким критеріям навіть краща, за критеріями як – охолодження зварювальної горілки, інтерфейс, функціонал режимів зварювання. Але

вартість бінзель на багато більша за модель від Патон , а для даної задачі зварювання, достатньо і менш вартісної системи.

ProMIG-500-15-4-400V



Рис5.34 – обґрунтування зварювального пристрою

1. Цифровий дисплей;
2. Кнопки регулювання обраного параметра на зменшення і збільшення (за замовчуванням: при MMA – струм зварювання, при TIG – струм зварювання, MIG/MAG – напруга зварювання);

3. Кнопка вибору функцій джерела струму в поточному режимі зварювання;
4. Кнопка вибору режиму зварювання:
 - а) ручне дугове зварювання штучним електродом РДЗ «ММА»;
 - б) зварювання в аргоні, електродом що не плавиться АРГ «TIG»;
 - в) зварювання напівавтоматичне в захисних газах НА «MIG / MAG»;
5. Індикатор перегріву апарату: при нормальному стані апарату індикатор не світиться, при перегріванні - блимає;
6. Цифровий дисплей блоку подачі дроту;
7. Кнопка заправлення дроту (газ при цьому не подається);
8. Кнопки регулювання параметрів блоку подачі дроту на зменшення і збільшення (за замовчуванням: швидкість подачі дроту);
9. Кнопка перевірки подачі захисного газу (дріт не подається);
10. Кнопка вибору функцій блока подачу дроту;
11. Роз'єм KZ-2 типу "ЄВРО" для під'єднання напівавтоматичного пальника;
12. Автомат / кнопка увімкнення / вимикання джерела зварювального струму;
13. Індикатор режиму кнопки на пальнику (режим 2Т/4Т/альт.4Т);

А – Гніздо силового струму «+» типу байонет:

а) при зварюванні РДЗ "ММА" – підключається кабель електрода (в окремих випадках при використанні спеціальних електродів підключається кабель «маса»);

б) при зварюванні АРГ "TIG" – підключається тільки кабель «маса»;

в) при напівавтоматичному зварюванні НА "MIG/MAG" суцільним дротом - підключається кабель механізму подачі дроту;

г) при напівавтоматичному зварюванні НА "MIG/MAG" флюсовим дротом - підключається кабель «маса»;

В – Гніздо силового струму «-» типу байонет:

а) при зварюванні РДЗ "ММА" - підключається кабель «маса» (в окремих випадках при використанні спеціальних електродів підключається кабель електрода);

- б) при зварюванні АРГ "TIG" - підключається тільки аргонодуговий пальник;
- в) при напівавтоматичному зварюванні НА "MIG/MAG" суцільним дротом - підключається кабель «маса»;
- г) при напівавтоматичному зварюванні НА "MIG/MAG" флюсовим дротом - підключається кабель механізму подачі дроту.
14. Тримач котушки для дроту з пружинним механізмом гальмування;
 15. Запобіжники блоку подачі дроту та підігрівача газу;
 16. Місце підключення кабелю заземлення;
 17. Розетка для підігрівача газу 36V;
 18. Роз'єм подачі сигналів від механізму подачі дроту на включення і виключення джерела струму;
 19. Кабель для підключення до мережі живлення;
 20. Вхід для заправки зварювального дроту;
 21. Штуцер подачі захисного газу.

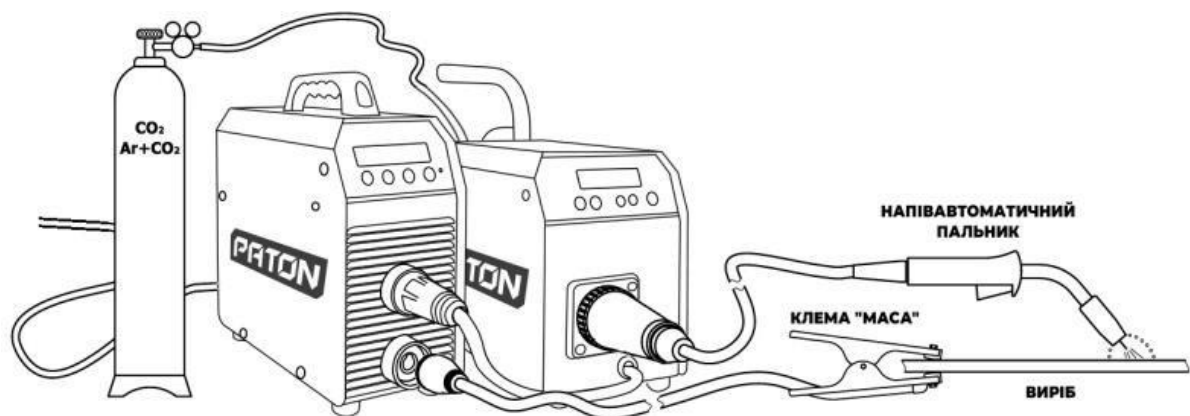


Рис 5.35 – НАПІВАВТОМАТИЧНЕ ЗВАРЮВАННЯ (НА «MIG/MAG»)

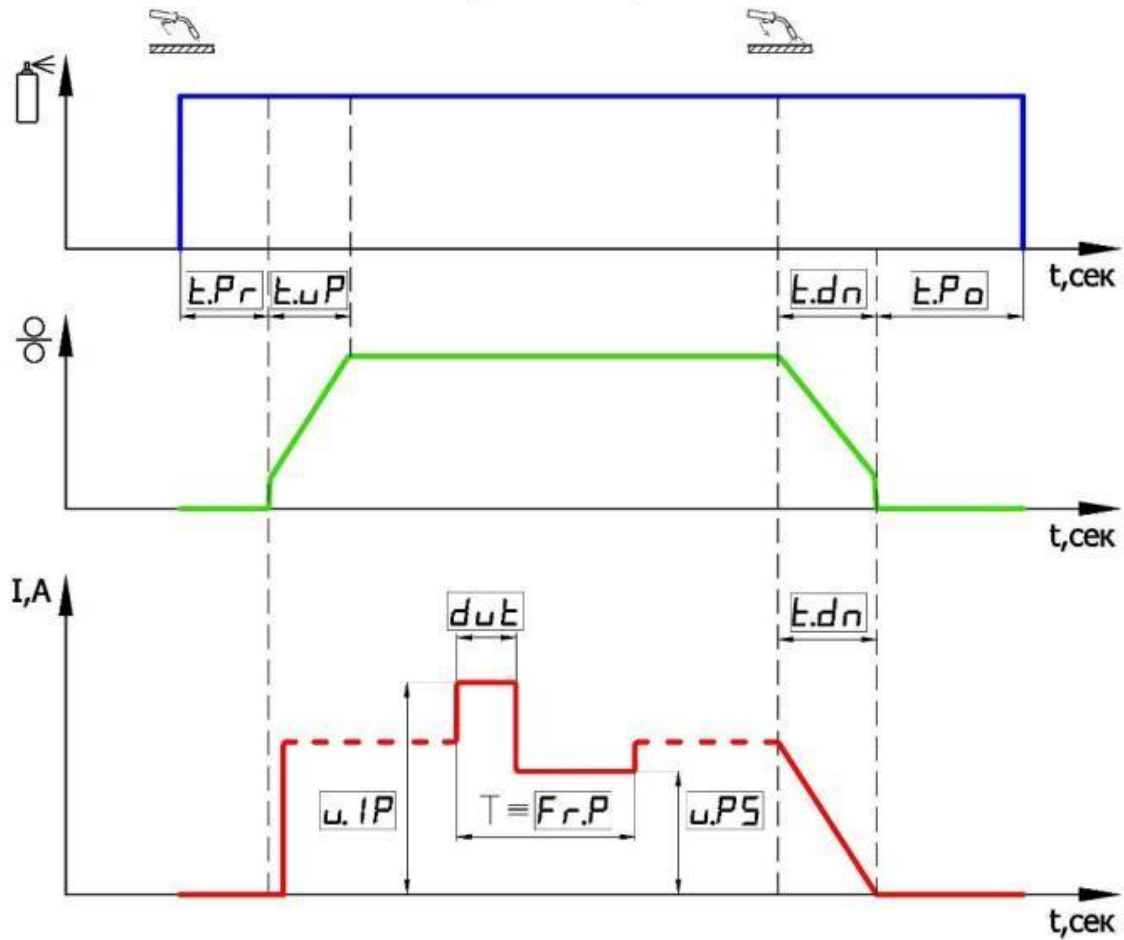


Рис 5.36 – ЦИКЛ ЗВАРЮВАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ - MIG/MAG

Але даний зварювальний пристрій є напівавтоматичним. Оскільки задача РТК щоб усе працювало автоматично. Треба зварювальний пристрій під це переробити. В нашому випадку це можливо двома способами:

1. На зварювальному пальнику замість кнопки встановити реле
2. Підключити до зварювального пристрою Блок автоматичного керування .

Я вибрав другий варіант .

Блок автоматичного керування БАК-0001



Рис 5.37 - Блок автоматичного керування БАК-0001

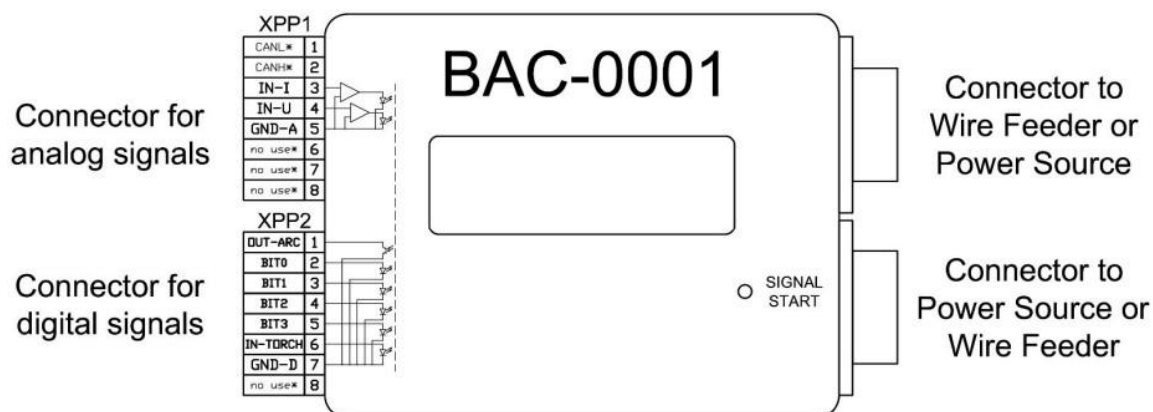


Рис 5.38 – режими пристрою БАК-0001

Пристрій може працювати в трьох різних режимах:

1. Аналоговий режим
2. Кроково-цифровий режим
3. Цифровий режим (інтерфейс CAN) – протоколи все ще в розробці

АНАЛОГОВИЙ РЕЖИМ

Пристрій передає від робота до джерела і механізму подачі дроту опорні сигнали (прийняті в аналоговій формі) і стартовий сигнал (приймає в цифровій формі). Також передає від джерела до робота сигнал присутності зварювальної дуги (передає в цифровій формі).

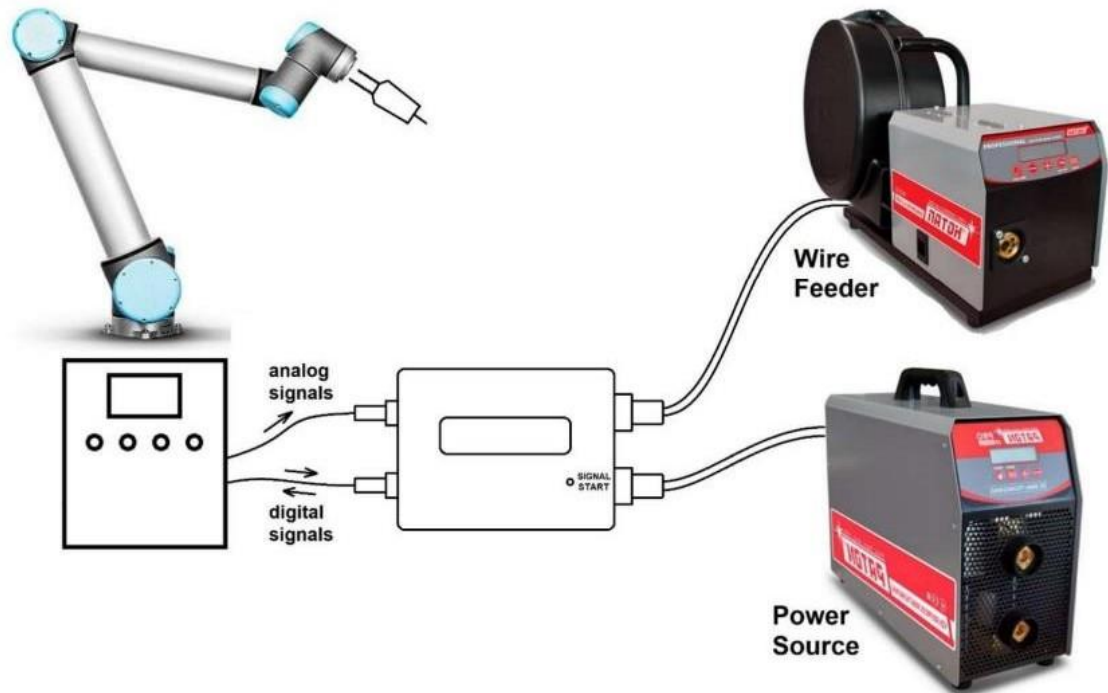


Рис 5.39 – схема підключення аналогового режиму

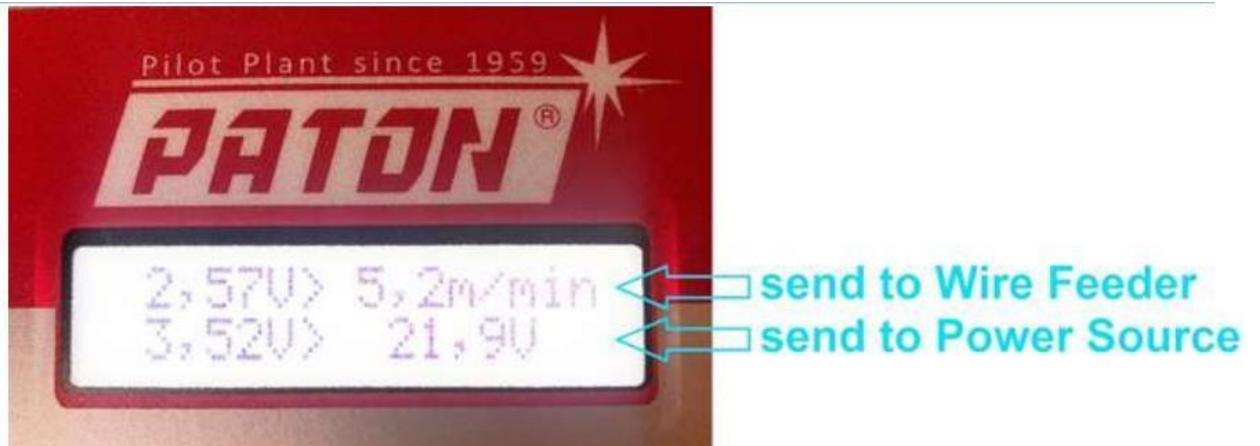
Функціональні особливості:

1. Індикатор ВАС-0001 в цьому режимі показує два рівня напруги, прийняте від робота, для установки зварювального струму (через швидкість подачі дроту) і зварювального напруги:



2. Індикатор блоку ВАС-0001 показує результат - значення швидкості подачі дроту, яке передається на пристрій подачі, а також показує значення напруги,

яке передається на джерело живлення (як в момент приходу сигналу ПУСК, так і можна регулювати протягом всього процесу):



3. Сигнал
сигнал



иманні
і

дроту:

Електричні характеристики:

1. **IN-I** - Це аналоговий вхід для рівня напруги, відповідного зварювального ТОКУ, встановлюється через швидкість подачі дроту.

Робочий діапазон 1,0 ... 10V. Нижче 1,0V не використовується, оскільки швидкість подачі не може бути нижче 2,0 м/хв.

Максимально допустимий діапазон $-24V \dots +48V$.

2. **IN-U** - Це аналоговий вхід для рівня напруги, відповідно НАПРУГИ джерела при зварюванні.

Робочий діапазон $0,0 \dots 10V$.

Максимально допустимий діапазон $-24V \dots +48V$.

3. **GND-A** - Аналогова земля.
4. **OUT-ARC** - Це цифровий вихід з відкритим колектором, що сигналізує про наявність зварювальної дуги.

OPEN - немає зварювальної дуги;

CLOSE - є зварювальна дуга;

Робочий діапазон тока $5 \dots 10 \text{ mA}$.

Максимально допустимий діапазон тока 25 mA .

5. **N-TORCH** - Це цифровий вхід напруги, що сигналізує про СТАРТ процесу зварювання.

Робочий діапазон:

LOW рівень = $0,0 \dots 4V$ - зупинити процес зварювання;

HIGH рівень = $8,5 \dots 24V$ - почати процес зварювання;

Максимально допустимий діапазон $-24V \dots +48V$.

6. **GND-D** - Цифрова земля.

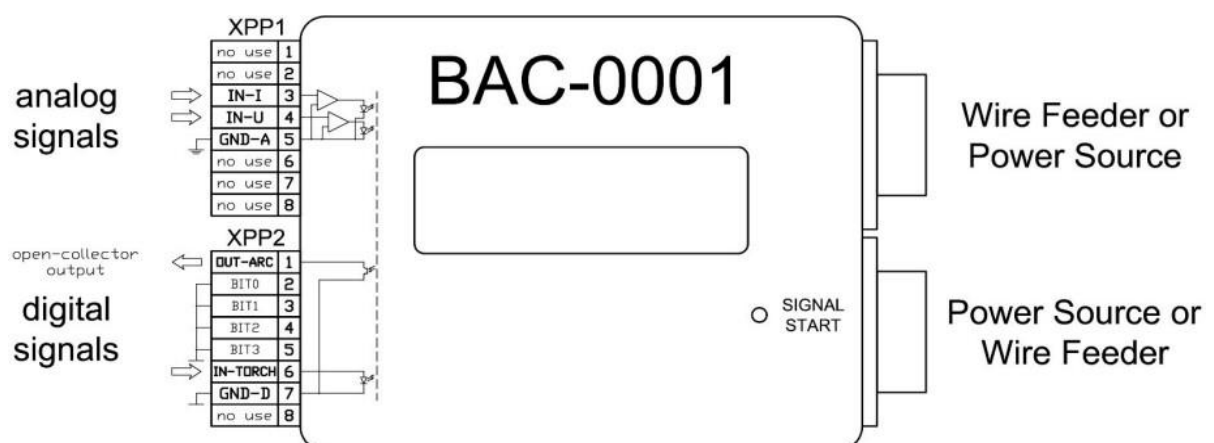


Рис 5.40 – схема підключень сигналів

Кроково-цифровий режим:

Пристрій використовує чотири сигналу (в цифровій формі «0» або «1») для установки номера програми на джерелі і механізмі подачі дроту, які вже були там раніше

запрограмовані. Комбінацією чотирьох бітів можна викликати до 15 програм, так як комбінація 0000 - використовується для переходу в аналоговий режим (див. «Аналоговий режим» п1.3. P.S.). А також пристрій передає від робота до джерела і механізму подачі дроту стартовий сигнал (приймає в цифровій формі). Також передає від джерела до робота сигнал присутності зварювальної дуги (передає в цифровій формі).

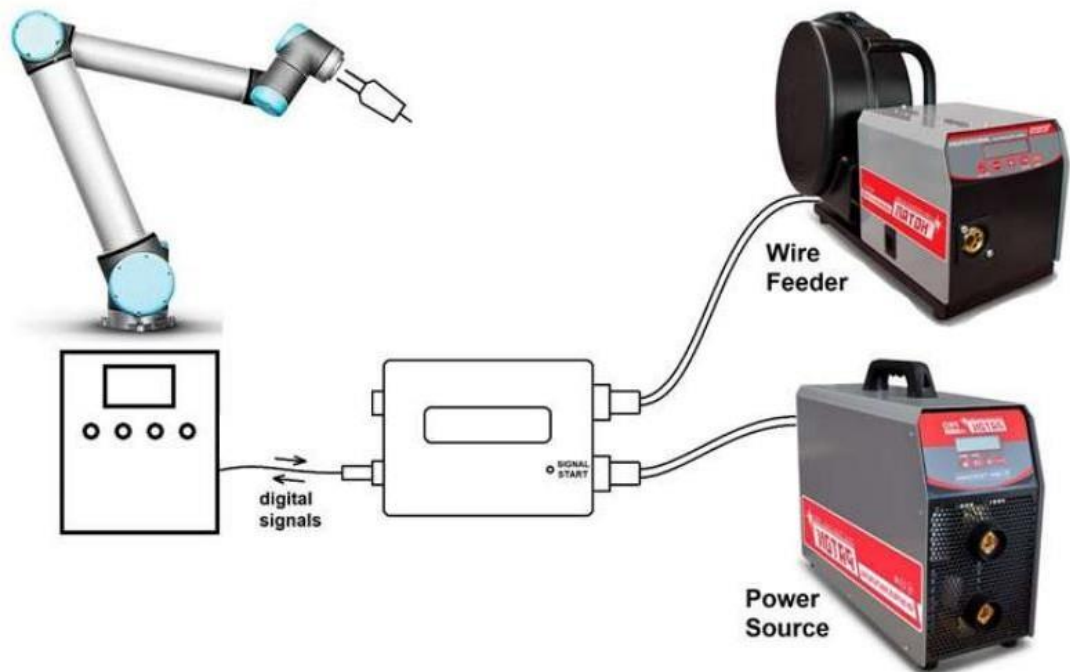


Рис 5.41- схема підключення кроково-цифрового підключення

Функціональні особливості:

1. Індикатор блоку ВАС-0001 показує номер викликаної і використовуваної програми в даний момент:



- 0001 -> програма №2
- 0010 -> програма №3
- 0011 -> програма №4
- 0100 -> програма №5
- 0101 -> програма №6
- 0110 -> програма №7
- 0111 -> програма №8
- 1000 -> програма №9
- 1001 -> програма №10
- 1010 -> програма №11
- 1011 -> програма №12
- 1100 -> програма №13
- 1101 -> програма №14
- 1110 -> програма №15
- 1111 -> програма №16

Рис 5.42 -

Викликати різні програми можна і під час процесу зварювання. Без вхідних сигналів від робота, блок ВАС-0001 знаходиться в режимі «мовчання».

2. Сигнальне червоне світло на індикаторі ВАС-0001 загоряється при отриманні сигналу СТАРТ від робота і передається до джерела і механізму подачі дроту:



Рис 5.43 –

Електричні характеристики:

1. **OUT-ARC** - Це цифровий вихід з відкритим колектором, що сигналізує про наявність зварювальної дуги.
OPEN - немає зварювальної дуги;
CLOSE - є зварювальна дуга;
Робочий діапазон тока 5... 10 мА.
Максимально допустимий ток 25 мА.
2. **BIT0** - Це цифровий вхід - перший біт номера програми.
Робочий діапазон: LOW рівень = 0,0 ... 4V; HIGH рівень = 8,5 ... 24V;

Максимально допустимий діапазон $-24V \dots +48V$.

3. **BIT1** - Це цифровий вхід - другий біт номера програми.

Робочий діапазон: LOW рівень = $0,0 \dots 4V$; HIGH рівень = $8,5 \dots 24V$;

Максимально допустимий діапазон $-24V \dots +48V$.

4. **BIT2** - Це цифровий вхід - третій біт номера програми.

Робочий діапазон: LOW рівень = $0,0 \dots 4V$; HIGH рівень = $8,5 \dots 24V$;

Максимально допустимий діапазон $-24V \dots +48V$.

5. **BIT3** Це цифровий вхід - четвертий біт номера програми.

Робочий діапазон: LOW рівень = $0,0 \dots 4V$; HIGH рівень = $8,5 \dots 24V$;

Максимально допустимий діапазон $-24V \dots +48V$.

6. **IN-TORCH** Це цифровий вхід напруги, що сигналізує про СТАРТ процесу зварювання.

Робочий діапазон: LOW рівень = $0,0 \dots 4V$ - зупинити процес зварювання;

HIGH рівень = $8,5 \dots 24V$ - почати процес зварювання;

Максимально допустимий діапазон $-24V \dots +48V$.

7. **GND-D** Цифрова земля.

ЦИФРОВИЙ РЕЖИМ – (протоколи все ще в розробці):

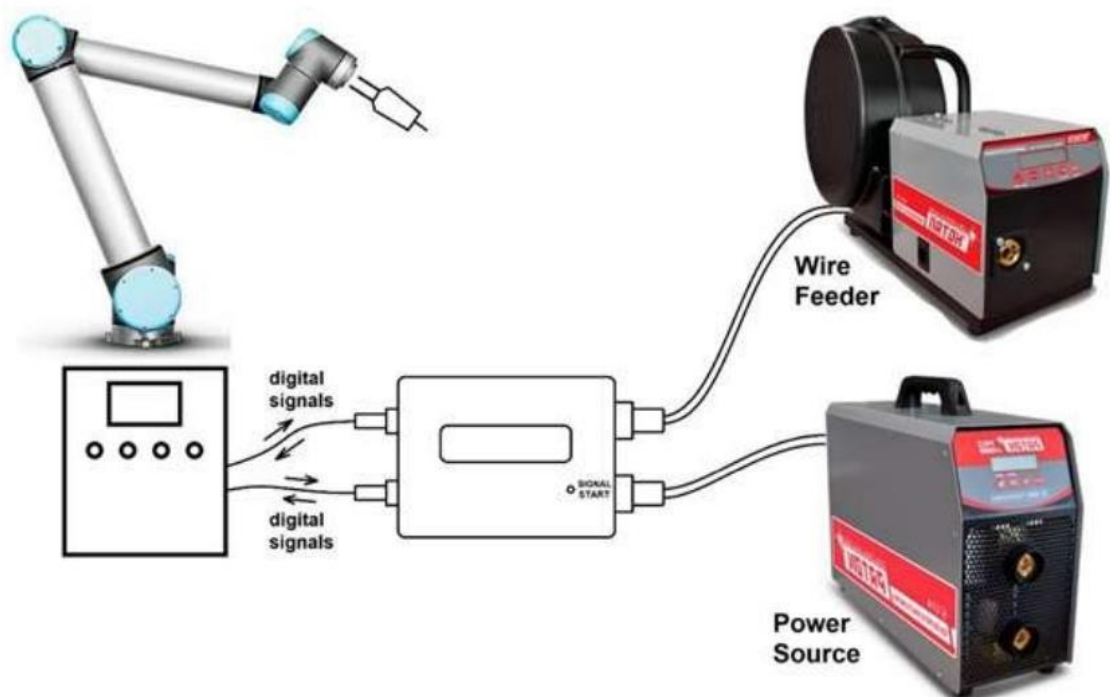


Рис 5.44— схема підключення цифрового режиму

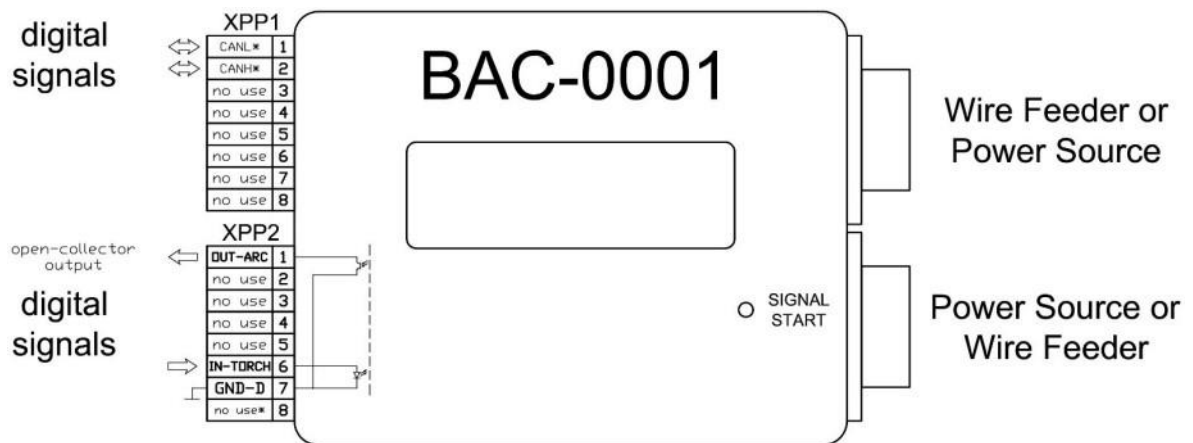


Рис 5.45 - схема підключень сигналів даного режиму

Зварювальний пальник ABIMIG GRIP W 555 D (Рис 5.46)



Рис 5.46 - пальник

Має двухконтурну систему охолодження(Рис 5.46-) - спеціально розроблена для імпульсного зварювання забезпечує найкраще відведення тепла швидкозношуваних частин пальника і тим самим гарантує

довговічність пальника під час інтенсивної роботи на граничних режимах зварювання.



Рис 5.47

Додатковий захист гусака зі стійкого до ультрафіолетового випромінювання покриття для тривалого терміну служби пальника.

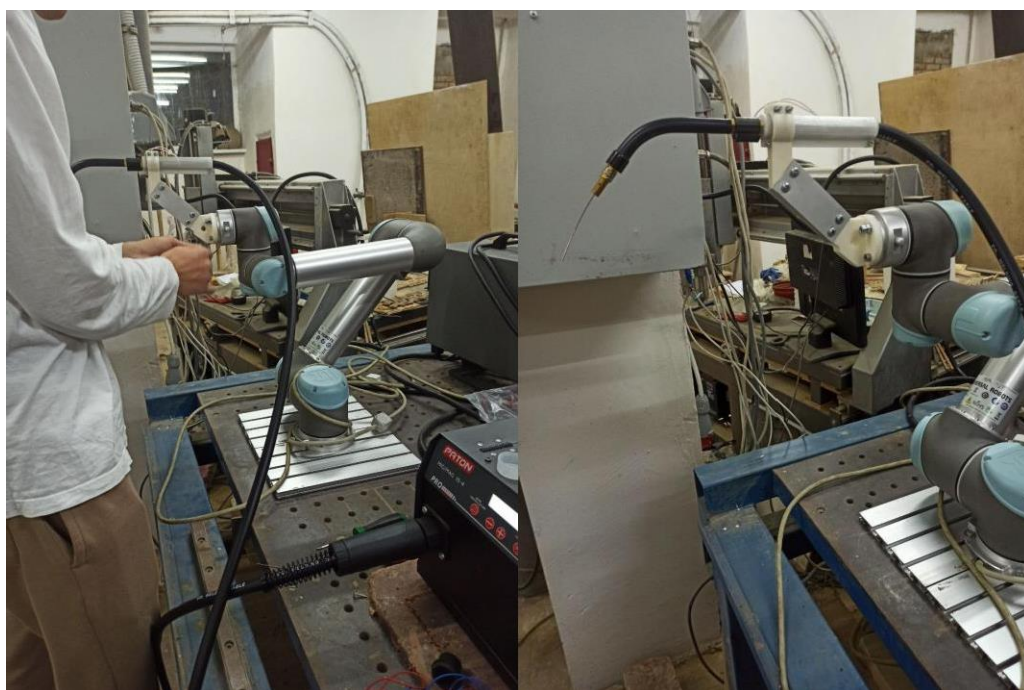


Рис 5.48- вигляд переробленого пальника під час тестування системи

Розділ 6. Розробка контролерно-комп'ютерної мережі, програмування алгоритмів регулювання та програмування РТК

6.1 Ознайомлення з мовами програмування Universal Robot

Universal Robot пропонує декілька способів програмування своїх роботів. Основні методи включають:

1. **Веб-інтерфейс Polyscope:** Polyscope - це вбудована операційна система для роботів Universal Robot. Вона має веб-інтерфейс, який дозволяє програмувати робота безпосередньо на екрані панелі керування роботом. Цей метод програмування є інтуїтивно зрозумілим і має графічний інтерфейс, що спрощує створення програм та візуалізацію рухів робота.

2. **Сценарії Python:** Universal Robot надає Python-бібліотеку, яка дозволяє програмувати робота за допомогою мови програмування Python. Цей метод програмування дозволяє використовувати всю потужність Python, включаючи розширені можливості обробки даних, алгоритмів і зв'язку з іншими системами.

3. **URScript:** URScript - це спеціальна мова програмування, розроблена спеціально для програмування роботів Universal Robot. Використовуючи URScript, ви можете контролювати рухи робота, виконувати операції вводу/виводу, обчислення та робити розгалуження. URScript є текстовою мовою програмування і може бути використана як альтернативний метод програмування, особливо якщо ви вже знайомі з нею.

Вибір методу програмування залежить від вашого досвіду, вимог програми та особливостей конкретного завдання. Веб-інтерфейс Polyscope найпростіший у використанні, Python надає розширені можливості програмування, а URScript є вбудованою мовою для роботів Universal Robot.

Веб-інтерфейс Polyscope - це графічний інтерфейс, вбудований у операційну систему роботів Universal Robot. Він надає зручну та інтуїтивно

зрозумілу платформу для програмування та керування роботом. Основні особливості веб-інтерфейсу Polyscore включають:

1. Панель керування: Головне вікно Polyscore містить панель керування, де ви можете здійснювати основні операції з роботом. Це включає переміщення до певних позицій, запуск і зупинку програм, налаштування параметрів руху та введення даних.
2. Створення програм: Веб-інтерфейс Polyscore дозволяє створювати програми для робота шляхом перетягування та розміщення блоків. Ви можете використовувати графічний інтерфейс для створення послідовностей дій, розгалужень та циклів.
3. Візуалізація руху: Веб-інтерфейс Polyscore надає візуальне представлення рухів робота. Ви можете переглядати анімації руху, візуалізувати траєкторії та перевіряти сумісність рухів з оточенням.
4. Налаштування параметрів: Веб-інтерфейс Polyscore дозволяє налаштовувати параметри руху, швидкості, прискорення та інші характеристики робота. Ви можете встановлювати обмеження на рух робота та працювати зі схемами введення/виведення.
5. Моніторинг та налагодження: Polyscore надає можливість моніторингу робота та налагодження програм. Ви можете переглядати поточний стан робота, логи, відлагоджувати програми та встановлювати точки зупинки для аналізу проміжних результатів.

Веб-інтерфейс Polyscore розрахований на використання через веб-браузер. Для доступу до нього потрібно підключитись до робота Universal Robot за допомогою мережі Ethernet або USB. Зазвичай ви можете відкрити веб-браузер на комп'ютері та ввести IP-адресу робота в адресний рядок браузера.

Після підключення до веб-інтерфейсу Polyscore ви будете мати доступ до різних функцій та можливостей для програмування та керування роботом. Інтерфейс може мати різний вигляд в залежності від версії операційної системи робота.

У веб-інтерфейсі Polyscope ви зможете створювати програми, виконувати їх, налаштовувати режими руху, моніторити стан робота, візуалізувати рухи та налаштовувати параметри. Ви також можете отримувати інформацію про помилки та відлагоджувати програми.

Веб-інтерфейс Polyscope забезпечує зручний спосіб програмування роботів Universal Robot безпосередньо на їхніх панелях керування, що робить його доступним та інтуїтивно зрозумілим для операторів та програмістів.

Сценарії Python є одним з методів програмування роботів Universal Robot. Ви можете використовувати мову програмування Python для контролю робота та виконання різних завдань. Нижче наведено загальну процедуру для програмування роботів Universal Robot за допомогою сценаріїв Python:

1. Встановіть необхідні компоненти: Переконайтеся, що на вашому комп'ютері встановлено Python та необхідні залежності. Для роботів Universal Robot рекомендується використовувати версію Python 2.7 або Python 3.x.
2. Підключіться до робота: Встановіть з'єднання між комп'ютером та роботом Universal Robot. Ви можете використовувати Ethernet або USB-з'єднання для комунікації з роботом.
3. Використовуйте Python-бібліотеку URX: URX - це Python-бібліотека, яка надає інтерфейс для взаємодії з роботами Universal Robot. Встановіть цю бібліотеку на свій комп'ютер за допомогою пакетного менеджера Python, наприклад, pip.
4. Створіть сценарій Python: Напишіть код на Python, який буде керувати роботом Universal Robot. Використовуйте функції та методи, надані бібліотекою URX, для керування рухами робота, виконання операцій та отримання даних з робота.
5. Тестування та запуск: Запустіть свій сценарій Python та перевірте, чи працює він як очікувалося. Спостерігайте за рухами робота та переконайтеся, що він виконує необхідні завдання.

Нижче наведено приклад простого сценарію Python для переміщення робота до певної позиції:

:

```
```python
from urx import Robot

Підключення до робота
robot = Robot("IP_адреса_робота")

Задання позиції
target_position = [0.5, -0.3, 0.2, 2.0, -1.5, 0.0] # Позиція у форматі [X, Y, Z, RX,
RY, RZ]

Переміщення робота до позиції
robot.movej(target_position, acc=0.5, vel=0.2) # Використовуйте movej() для
переміщення по змінних
```
```

У цьому прикладі спочатку підключається до робота за його IP-адресою. Потім визначається цільова позиція у форматі [X, Y, Z, RX, RY, RZ], де X, Y та Z - це координати положення, а RX, RY та RZ - це кути орієнтації робота. Наприклад, цей приклад переміщує робота до позиції X=0.5, Y=-0.3, Z=0.2 та з орієнтацією RX=2.0, RY=-1.5, RZ=0.0.

Далі викликається метод `movej()`, який переміщує робота до цільової позиції. `acc` і `vel` - це параметри прискорення та швидкості руху відповідно. В даному прикладі встановлені значення `acc=0.5` та `vel=0.2`.

Це лише простий приклад, але з бібліотекою URX ви можете виконувати складніші операції, такі як переміщення вздовж траєкторій, взаємодію з датчиками та інші.

Але найчастіше використовують спосіб програмування із **URScript**

URScript є пропрієтарною мовою, розробленою спеціально для програмування роботів Universal Robot. URScript є текстовою мовою програмування, яка дозволяє контролювати рухи робота, виконувати операції зі схемами вводу/виводу, працювати зі змінними, виконувати обчислення та робити розгалуження.

Нижче наведено приклад простого скрипту URScript для переміщення робота до певної позиції:

```
...  
def move_to_position():  
    # Задання позиції  
    p = [0.5, -0.2, 0.3, 2.2, -1.5, 0.0]  
  
    # Переміщення до позиції  
    movel(p, a=1.2, v=0.25)  
...
```

У цьому прикладі функція `move_to_position()` визначає певну позицію `p` і викликає функцію `movel()`, яка виконує рух до вказаної позиції з певними параметрами швидкості `v` і прискорення `a`.

URScript також підтримує інші конструкції мови, такі як цикли, умовні оператори, функції та роботу зі списками та матрицями. З допомогою цих конструкцій можна створювати складніші програми для керування роботом Universal Robot.

6.2 Налаштування робота

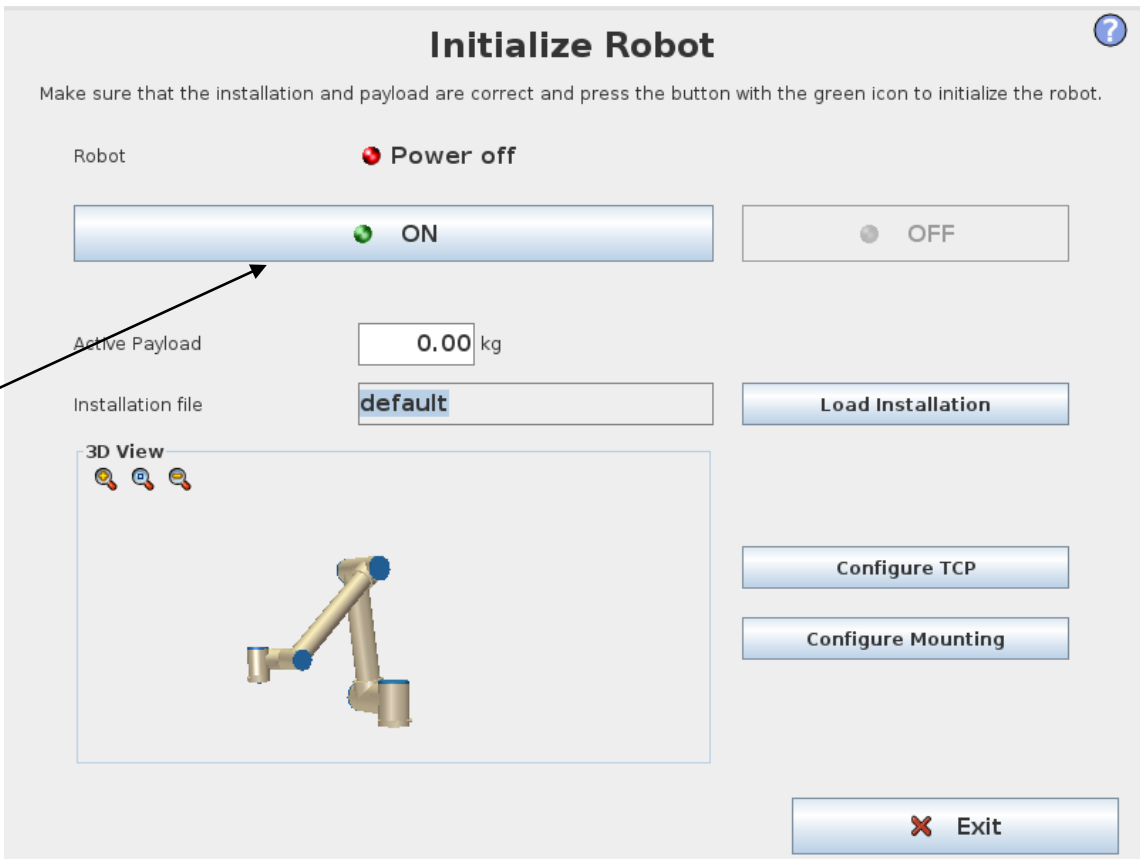
Перед створенням програми треба налаштувати робота, а саме корисне навантаження та Центральну Точку Інструменту(ЦТІ/ТСР)

Для того щоб увімкнути робота і почати програмувати і взагалі працювати, нам потрібно зробити наступні кроки:

1. Натискаємо на кнопку **СТАРТ** на панелі управління

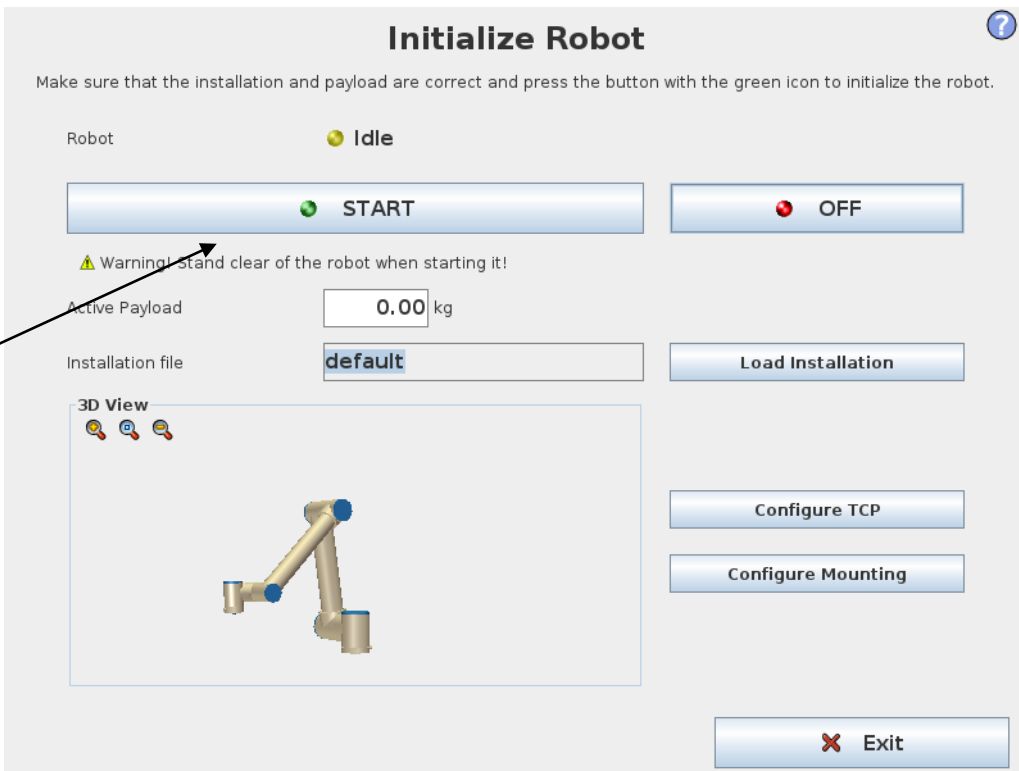


2 . І бачимо наступне :



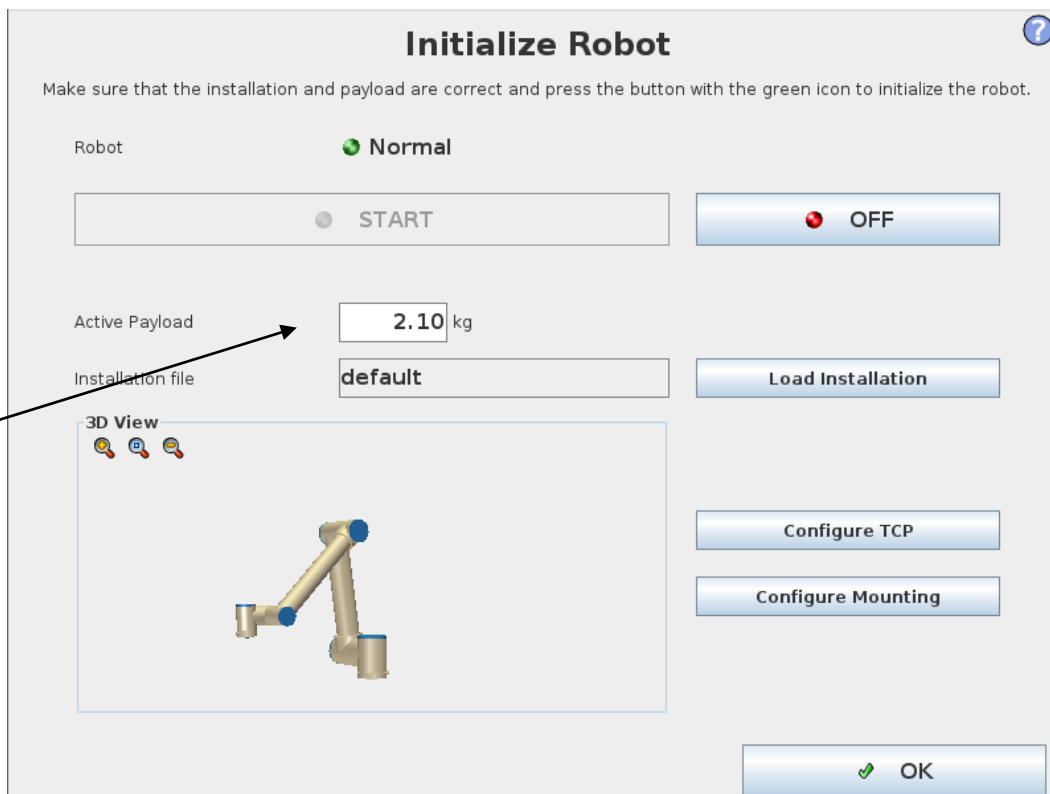
Натискаємо кнопку **ON** для подачі живлення

3. Живлення подали , тепер розблоковуємо сугави робота через поле **START**

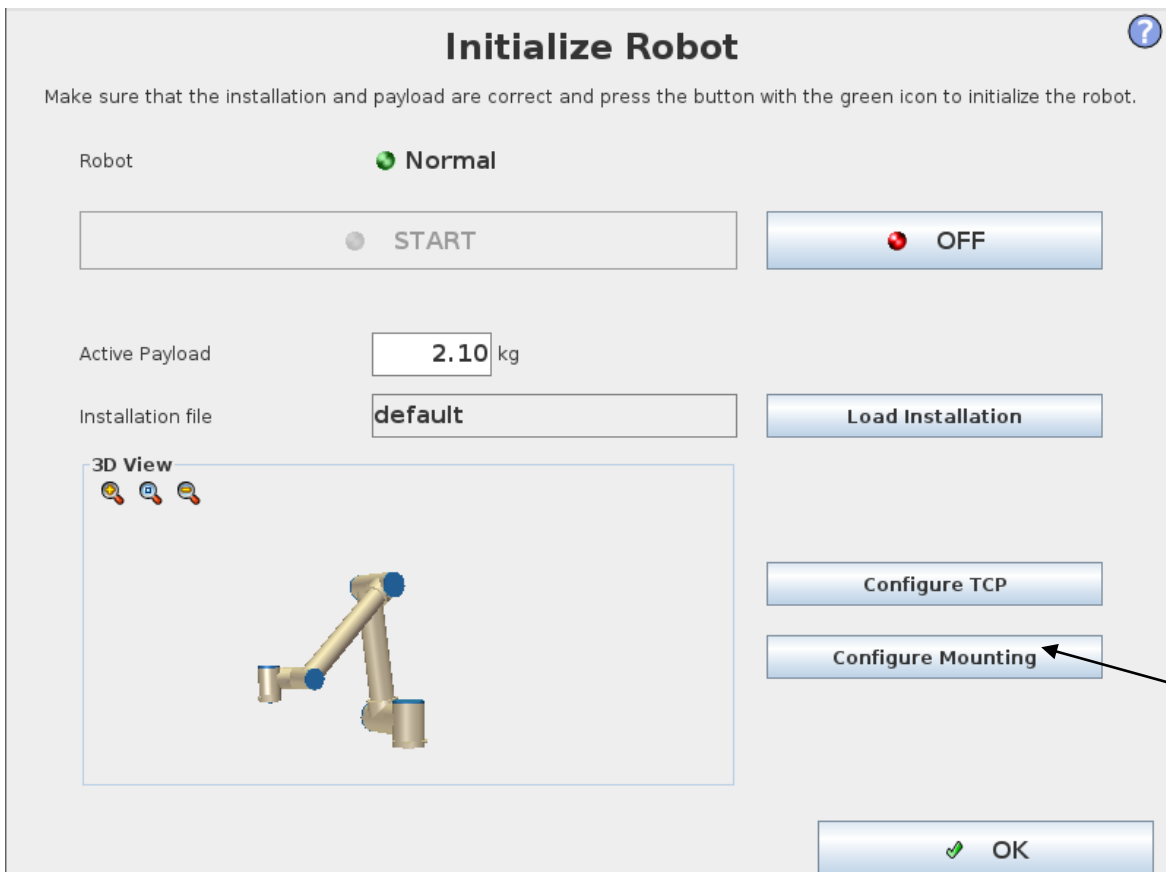


Виставляємо корисну вагу робота , вага шлангпакету та горілки 2,1 кг, але під час роботи довелося підняти вагу в налаштуваннях до 2,5 кг, бо в деяких

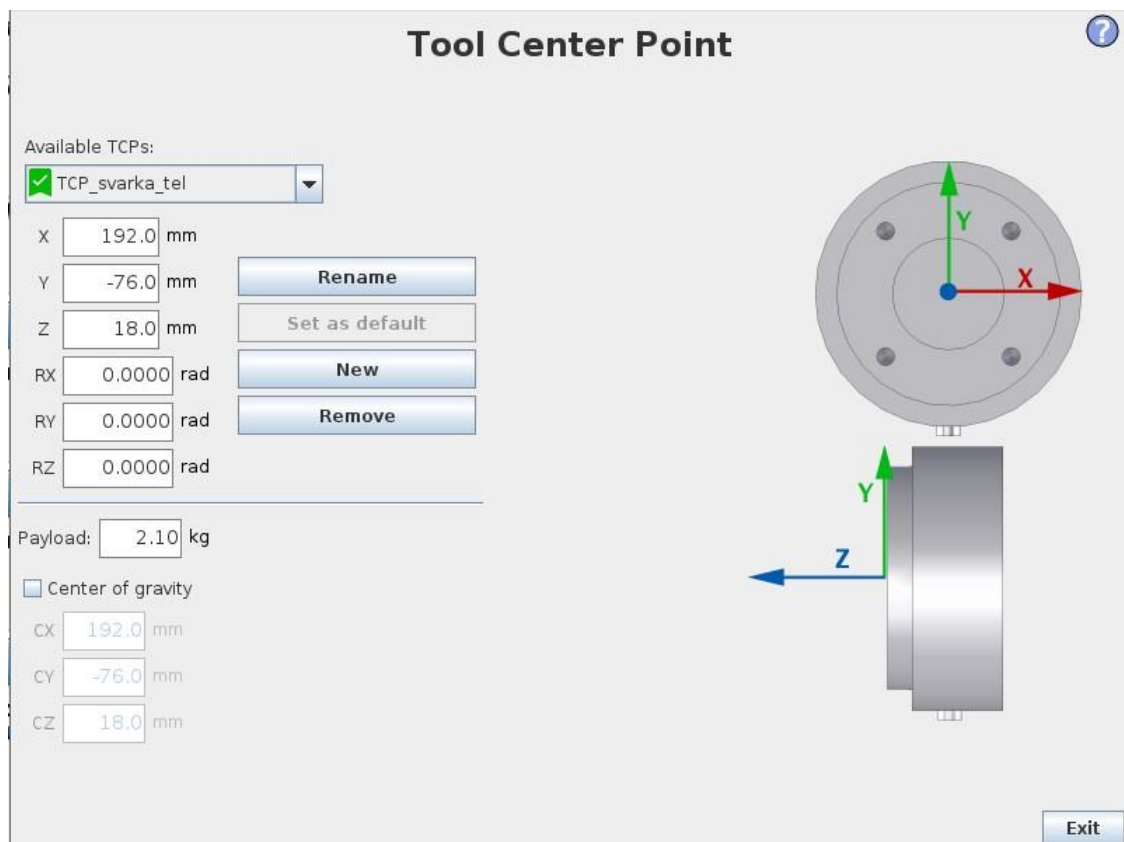
положеннях вага була збалансована не коректно і довелося збільшувати для кращого збалансування шланг пакету вздовж робота.



4. Після налаштував TCP робота



2. Оскільки в мене воно вже налаштоване, я вибираю яке на кануні зберіг TCP_svarka_tel



3. Зберігаємо налаштування і створюємо програму

6.3 Створення скелету програми робота

Спочатку я для себе прописую скелет програми, щоб було від чього відштовхуватися. На даному етапі я аварійної зупинки з майбутнім відновленням роботи програми з місця де її зупанили чи з нового циклу, на вибір оператора.

```
```python
def main_program():
 # Перевірка стану аварійної зупинки
 if is_emergency_stop_triggered():
 # Виклик функції для зупинки робота
 emergency_stop_robot()
```

```

Збереження поточної позиції робота
current_pose = get_robot_pose()

Запис даних про аварійну зупинку
log_emergency_stop(current_pose)

Виклик функції для виконання післяаварійних дій
post_emergency_actions()

Відправка повідомлення про аварійну зупинку
send_emergency_notification()

Повторна перевірка стану аварійної зупинки
if is_emergency_stop_cleared():
 # Виклик функції для продовження роботи
 resume_robot_operation()

else:
 # Виконання основних операцій програми
 perform_operations()

Функція для перевірки стану аварійної зупинки
def is_emergency_stop_triggered():
 # Реалізація перевірки стану аварійної зупинки
 # Повертає True, якщо аварійна зупинка активована, інакше - False
 # ...

Функція для зупинки робота
def emergency_stop_robot():
 # Реалізація зупинки робота

```

```
...

Функція для отримання поточної позиції робота
def get_robot_pose():
 # Реалізація отримання поточної позиції робота
 # Повертає поточну позицію робота
 # ...

Функція для запису даних про аварійну зупинку
def log_emergency_stop(pose):
 # Реалізація запису даних про аварійну зупинку
 # Записує поточну позицію робота та інші відомості про аварійну зупинку
 # ...

Функція для виконання післяаварійних дій
def post_emergency_actions():
 # Реалізація післяаварійних дій
 # Виконує необхідні дії після аварійної зупинки
Функція для виконання післяаварійних дій
def post_emergency_actions():
 # Реалізація післяаварійних дій
 # Виконує необхідні дії після аварійної зупинки
 # скидання стану системи або відновлення робота до початкового стану

Скидання стану системи
reset_system()

Відновлення робота до початкової позиції
return_to_home_position()
```

```

Запуск процесу продовження роботи
resume_robot_operation()

Функція для скидання стану системи
def reset_system():
 # Реалізація скидання стану системи
 # ...

Функція для повернення робота до початкової позиції
def return_to_home_position():
 # Реалізація повернення робота до початкової позиції
 # ...

Функція для відновлення робота після аварійної зупинки
def resume_robot_operation():
 # Реалізація відновлення робота
 # Відновлює робота після аварійної зупинки
 # ...

Виклик основної програми
main_program()
...

```

В цій програмі якщо стан аварійної зупинки активований, спочатку виконуються певні дії, такі як зупинка робота, збереження поточної позиції робота, запис даних про аварійну зупинку, а потім виконуються післяаварійні дії, такі як скидання стану системи, повернення робота до початкової позиції та відновлення робота. Після виконання цих дій програма продовжує свою роботу.

Якщо стан аварійної зупинки не активований, програма продовжує виконувати основні операції програми.

Данна програма демонструє, як можна обробляти аварійні ситуації в програмі для робота Universal Robot

У нас є скелет програми, а саме аварійна зупинка і відновлення роботи РТК

Функція URScript `path_offset_set()` використовується для встановлення зміщення шляху руху робота. Ця функція дозволяє змінити траєкторію руху робота, додавши зміщення до поточної траєкторії.

Ось синтаксис функції `path_offset_set()`:

```
```urscript
path_offset_set(offset)
```
```

Параметр `offset` - це зміщення траєкторії, яке потрібно додати до поточної траєкторії руху робота. Значення `offset` може бути задане як величина зміщення або як список зміщень для кожної вісі робота.

За одну з основних функцій я взяв скрипт `path_offset_set()`. Функція URScript `"path_offset_set()"` дозволяє під час виконання змінювати рухи, що виконуються програмою робота. Це може бути корисно в ситуаціях, коли робот повинен рухатися за заздалегідь визначеною схемою, що повторюється, наприклад, під час зварювання:

```
```urscript
def main():
    # Встановлення зміщення траєкторії руху
    offset = [0.1, 0, 0, 0, 0, 0] # Зміщення на 0.4 метра по осі X
    path_offset_set(offset)
```
```

```
Виконання руху до певної позиції з врахуванням зміщення
target_pose = [1.0, 0.5, 0.2, 0, 0, 0] # Цільова позиція руху
movej(target_pose)

Виклик основної програми
main()
...

```

У нашому випадку спочатку встановлюється зміщення траєкторії руху робота на 0.4 метра по осі X. Після цього виконується рух до певної цільової позиції `target\_pose` з врахуванням зміщення траєкторії.

Тут я демонструю використання функції `path\_offset\_set()` для зміни траєкторії руху робота за допомогою зміщення. Ви можете налаштувати зміщення відповідно до вашого вимог та потреб.

#### **6.4 Програмування за допомогою URScript**

Починаю програмувати напряму в роботі , спочатку програмую аварійну зупанку з подальшим відновленням роботи

Для того щоб запустити програму з того місця, де вона була раніше зупинена, необхідно розбити програму на розділи; наприклад, секція для захоплення деталі і секція для розміщення деталі.



Рис 6.1 – основа програми

Програма робота розділена на кілька розділів, у цьому випадку 5 розділів (0-4). У середині кожної з цих секцій має бути розміщена звичайна програма робота. Змінна установки під назвою "i\_prog\_tracker" використовується для відстеження того, як далеко просунулася програма. Причина використання установчої змінної полягає в тому, що вона зберігає значення навіть після перезавантаження робота.

У папці "управління розділом" змінна i\_prog\_tracker збільшена, оскільки тепер розділ закінчено.

Потік контролює цифровий вхід, якщо ця кнопка натиснута, для змінної "stop\_request" встановлюється значення "істина", що призводить до зупинки програми після завершення одного розділу.

У послідовності BeforeStart оператору ставлять запитання, чи повинен робот почати з початку, чи почати з ділянки після останньої роботи керується вибором оператора

## 6. 5 Програма Робота в мовс програмування

```
This file is used by your post processor (Universal_Robots)
to generate the appropriate file for your robot.
You will find your robot program in the same folder where this file is located.
To avoid showing this file after program generation you can select:
Tools->Options->tab Other , then, uncheck "Show programs in Notepad"

import sys
import os
sys.path.append(os.path.abspath(r""C:/RoboDK/Posts/"")) # temporarily add
path to POSTS folder

from Universal_Robots import *

def p(xyzrpw):
 x,y,z,r,p,w = xyzrpw
 a = r*math.pi/180.0
 b = p*math.pi/180.0
 c = w*math.pi/180.0
 ca = math.cos(a)
 sa = math.sin(a)
 cb = math.cos(b)
```

```

sb = math.sin(b)
cc = math.cos(c)
sc = math.sin(c)
return Mat([[cb*ca,ca*sc*sb-
cc*sa,sc*sa+cc*ca*sb,x],[cb*sa,cc*ca+sc*sb*sa,cc*sb*sa-ca*sc,y],[
sb,cb*sc,cc*cb,z],[0.0,0.0,0.0,1.0]])

```

```

def make_program():
 print("Total instructions: 281")
 r = RobotPost(r"""Universal_Robots""",r"""UR10CB3""",6,
axes_type=['R','R','R','R','R','R'], ip_com=r"""127.0.0.1""")

 r.ProgStart(r"""_ """)
 r.RunMessage(r"""Program generated by RoboDK v4.2.2 for UR10CB3on
07/06/2023 20:43:51""", True)
 r.RunMessage(r"""Using nominal kinematics.""", True)
 r.RunCode(r"""прога_1""", True)
 r.RunCode(r"""рельса_2_линия""", True)
 r.RunCode(r"""прога_2""", True)
 r.RunCode(r"""рельса_3_линия""", True)
 r.RunCode(r"""прога_3""", True)
 r.RunCode(r"""линия_1_уход""", True)
 r.RunCode(r"""линия_2_уход""", True)
 r.RunCode(r"""линия_3_уход""", True)
 r.ProgFinish(r"""_ """)
 r.ProgStart(r"""прога_1""")
 r setFrame(p([0.000000,1000.000000,0.000000,0.000000,0.000000,-
0.000000]),8,r"""Frame 8""")
 r.setTool(p([0.000000,0.000000,200.000000,0.000000,0.000000,0.000000]),-
1,r"""RG2_v2""")

```

```

r.MoveJ(p([491.950000,-1133.300000,287.900000,-90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[0.000000,-90.000000,-90.000000,-
90.000000,90.000000,0.000000],[0.0,1.0,0.0])

r.MoveJ(p([-491.950000,-666.632053,287.900000,90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[158.839011,-101.850119,-76.826732,-91.323149,90.000000,-
21.160989],[0.0,1.0,0.0])

print('Done instruction: 10')

sys.stdout.flush()

r.MoveL(p([-413.918807,-615.476836,-29.686094,90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[150.755698,-114.264853,-111.290861,-44.444286,90.000000,-
29.244302],[0.0,1.0,0.0])

r.MoveL(p([-413.918807,-615.476836,-132.300141,90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[150.755698,-126.165724,-113.430635,-30.403641,90.000000,-
29.244302],[0.0,1.0,0.0])

r.RunMessage(r"" Attach to Eyes_Mount_Robot_v2"", True)

r.MoveL(p([-413.918807,-615.476836,-29.686094,90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[150.755698,-114.264853,-111.290861,-44.444286,90.000000,-
29.244302],[0.0,1.0,0.0])

r.MoveL(p([-491.950000,-666.632053,287.900000,90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[158.839011,-101.850119,-76.826732,-91.323149,90.000000,-
21.160989],[0.0,1.0,0.0])

r.MoveJ(p([491.950000,-1133.300000,287.900000,-90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[0.000000,-90.000000,-90.000000,-
90.000000,90.000000,0.000000],[0.0,1.0,0.0])

r.MoveJ(p([760.178663,-1164.416149,287.900000,-90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[-2.335622,-133.372153,-29.416777,-107.211070,90.000000,-
2.335622],[0.0,1.0,0.0])

r.MoveL(p([760.178663,-1164.416149,158.540950,-90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[-2.335622,-130.374677,-53.738454,-85.886869,90.000000,-
2.335622],[0.0,1.0,0.0])

```

```
r.RunMessage(r""""Detach from Eyes_Mount_Robot_v2""", True)
r.MoveL(p([760.178663,-1164.416149,287.900000,-90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[-2.335622,-133.372153,-29.416777,-107.211070,90.000000,-
2.335622],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveJ(p([491.950000,-1133.300000,287.900000,-90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[0.000000,-90.000000,-90.000000,-
90.000000,90.000000,0.000000],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveJ(p([-491.950000,-666.632053,287.900000,90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[158.839011,-101.850119,-76.826732,-91.323149,90.000000,-
21.160989],[0.0,1.0,0.0])
print('Done instruction: 20')
sys.stdout.flush()
r.MoveL(p([-419.180943,-726.901881,-
38.315541,90.000000,0.000000,180.000000]),[162.368287,-108.508762,-
122.351480,-39.139758,90.000000,-17.631713],[0.0,1.0,0.0])
```

Серёжа, [07.06.2023 20:45]

```
r.MoveL(p([-419.180943,-726.901881,-
134.591167,90.000000,0.000000,180.000000]),[162.368287,-121.787864,-
124.357921,-23.854215,90.000000,-17.631713],[0.0,1.0,0.0])
r.RunMessage(r""""Attach to RG2_v2""", True)
r.MoveL(p([-419.180943,-726.901881,-
38.315541,90.000000,0.000000,180.000000]),[162.368287,-108.508762,-
122.351480,-39.139758,90.000000,-17.631713],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveL(p([-491.950000,-666.632053,287.900000,90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[158.839011,-101.850119,-76.826732,-91.323149,90.000000,-
21.160989],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveJ(p([491.950000,-1133.300000,287.900000,-90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[0.000000,-90.000000,-90.000000,-
90.000000,90.000000,0.000000],[0.0,1.0,0.0])
```

```

r.MoveJ(p([760.178663,-1030.677547,287.900000,-90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[7.779974,-129.267181,-36.571696,-
104.161123,90.000000,7.779974],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveL(p([760.178663,-1030.677547,155.940327,-90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[7.779974,-127.632409,-58.740011,-
83.627581,90.000000,7.779974],[0.0,1.0,0.0])
r.RunMessage(r""""Detach from RG2_v2""", True)
r.MoveL(p([760.178663,-1030.677547,287.900000,-90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[7.779974,-129.267181,-36.571696,-
104.161123,90.000000,7.779974],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveL(p([491.950000,-1133.300000,287.900000,-90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[0.000000,-90.000000,-90.000000,-
90.000000,90.000000,0.000000],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveJ(p([-491.950000,-666.632053,287.900000,90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[158.839011,-101.850119,-76.826732,-91.323149,90.000000,-
21.160989],[0.0,1.0,0.0])
print('Done instruction: 30')
sys.stdout.flush()
r.MoveL(p([-415.167669,-847.455528,-
38.315541,90.000000,0.000000,180.000000]),[177.365463,-102.272522,-
131.520826,-36.206652,90.000000,-2.634537],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveL(p([-415.167669,-847.455528,-
129.835887,90.000000,0.000000,180.000000]),[177.365463,-117.179210,-
133.788804,-19.031986,90.000000,-2.634537],[0.0,1.0,0.0])
r.RunMessage(r""""Attach to RG2_v2""", True)
r.MoveL(p([-415.167669,-847.455528,-
38.315541,90.000000,0.000000,180.000000]),[177.365463,-102.272522,-
131.520826,-36.206652,90.000000,-2.634537],[0.0,1.0,0.0])

```

```

r.MoveL(p([-491.950000,-666.632053,287.900000,90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[158.839011,-101.850119,-76.826732,-91.323149,90.000000,-
21.160989],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveJ(p([491.950000,-1133.300000,287.900000,-90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[0.000000,-90.000000,-90.000000,-
90.000000,90.000000,0.000000],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveL(p([760.178663,-906.852813,287.900000,-90.000000,0.000000,-
180.000000]),[17.009296,-130.421117,-34.590074,-
104.988809,90.000000,17.009296],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveL(p([760.178663,-906.852813,160.480878,-90.000000,0.000000,-
180.000000]),[17.009296,-128.375194,-56.832503,-
84.792303,90.000000,17.009296],[0.0,1.0,0.0])
r.RunMessage(r""""Detach from RG2_v2""", True)
r.MoveL(p([760.178663,-906.852813,287.900000,-90.000000,0.000000,-
180.000000]),[17.009296,-130.421117,-34.590074,-
104.988809,90.000000,17.009296],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveL(p([491.950000,-1133.300000,287.900000,-90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[0.000000,-90.000000,-90.000000,-
90.000000,90.000000,0.000000],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveJ(p([-491.950000,-666.632053,287.900000,90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[158.839011,-101.850119,-76.826732,-91.323149,90.000000,-
21.160989],[0.0,1.0,0.0])
print('Done instruction: 40')
sys.stdout.flush()
r.MoveL(p([-535.179980,-615.476836,-
29.686094,90.000000,0.000000,180.000000]),[155.973180,-124.172644,-
94.332579,-51.494776,90.000000,-24.026820],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveL(p([-535.179980,-624.329779,-
127.541240,90.000000,0.000000,180.000000]),[156.695979,-132.947352,-
97.292270,-39.760378,90.000000,-23.304021],[0.0,1.0,0.0])

```

```

r.RunMessage(r"" Attach to RG2_v2"" , True)
r.MoveL(p([-535.179980,-615.476836,-
29.686094,90.000000,0.000000,180.000000]),[155.973180,-124.172644,-
94.332579,-51.494776,90.000000,-24.026820],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveJ(p([-491.950000,-666.632053,287.900000,90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[158.839011,-101.850119,-76.826732,-91.323149,90.000000,-
21.160989],[0.0,1.0,0.0])

Серёжа, [07.06.2023 20:45]
r.MoveJ(p([491.950000,-1133.300000,287.900000,-90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[0.000000,-90.000000,-90.000000,-
90.000000,90.000000,0.000000],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveL(p([655.833708,-906.852813,287.900000,-90.000000,0.000000,-
180.000000]),[19.692662,-111.839366,-63.700709,-
94.459924,90.000000,19.692662],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveL(p([655.833708,-906.852813,162.639108,-90.000000,0.000000,-
180.000000]),[19.692662,-113.222055,-80.166806,-
76.611139,90.000000,19.692662],[0.0,1.0,0.0])
r.RunMessage(r"" Detach from RG2_v2"" , True)
r.MoveL(p([655.833708,-906.852813,287.900000,-90.000000,0.000000,-
180.000000]),[19.692662,-111.839366,-63.700709,-
94.459924,90.000000,19.692662],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveL(p([491.950000,-1133.300000,287.900000,-90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[0.000000,-90.000000,-90.000000,-
90.000000,90.000000,0.000000],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveJ(p([-491.950000,-666.632053,287.900000,90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[158.839011,-101.850119,-76.826732,-91.323149,90.000000,-
21.160989],[0.0,1.0,0.0])
print('Done instruction: 50')
sys.stdout.flush()

```

r.MoveL(p([-535.179980,-738.862340,-29.686094,90.000000,-0.000000,-180.000000]),[166.925413,-117.448180,-105.998672,-46.553148,90.000000,-13.074587],[0.0,1.0,0.0])

r.MoveL(p([-535.179980,-734.405721,-135.475556,90.000000,-0.000000,-180.000000]),[166.497973,-129.087717,-107.720801,-33.191482,90.000000,-13.502027],[0.0,1.0,0.0])

r.RunMessage(r"" Attach to RG2\_v2"", True)

r.MoveL(p([-535.179980,-738.862340,-29.686094,90.000000,-0.000000,-180.000000]),[166.925413,-117.448180,-105.998672,-46.553148,90.000000,-13.074587],[0.0,1.0,0.0])

r.MoveL(p([-491.950000,-666.632053,287.900000,90.000000,-0.000000,-180.000000]),[158.839011,-101.850119,-76.826732,-91.323149,90.000000,-21.160989],[0.0,1.0,0.0])

r.MoveJ(p([491.950000,-1133.300000,287.900000,-90.000000,-0.000000,-180.000000]),[0.000000,-90.000000,-90.000000,-90.000000,90.000000,0.000000],[0.0,1.0,0.0])

r.MoveL(p([655.833708,-1032.968117,287.900000,-90.000000,0.000000,-180.000000]),[8.834456,-110.962945,-64.924604,-94.112452,90.000000,8.834456],[0.0,1.0,0.0])

r.MoveL(p([655.833708,-1032.968117,155.282864,-90.000000,0.000000,-180.000000]),[8.834456,-112.688251,-82.040881,-75.270869,90.000000,8.834456],[0.0,1.0,0.0])

r.RunMessage(r"" Detach from RG2\_v2"", True)

r.MoveL(p([655.833708,-1032.968117,287.900000,-90.000000,0.000000,-180.000000]),[8.834456,-110.962945,-64.924604,-94.112452,90.000000,8.834456],[0.0,1.0,0.0])

r.MoveL(p([491.950000,-1133.300000,287.900000,-90.000000,-0.000000,-180.000000]),[0.000000,-90.000000,-90.000000,-90.000000,90.000000,0.000000],[0.0,1.0,0.0])

```
r.MoveJ(p([-491.950000,-666.632053,287.900000,90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[158.839011,-101.850119,-76.826732,-91.323149,90.000000,-
21.160989],[0.0,1.0,0.0])
print('Done instruction: 60')
sys.stdout.flush()
r.MoveL(p([-535.179980,-841.735050,-29.686094,90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[177.344524,-113.547783,-112.459393,-43.992824,90.000000,-
2.655476],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveL(p([-535.179980,-844.277022,-135.217132,90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[177.613194,-125.965018,-114.744725,-29.290257,90.000000,-
2.386806],[0.0,1.0,0.0])
r.RunMessage(r"" Attach to RG2_v2"", True)
r.MoveL(p([-535.179980,-841.735050,-29.686094,90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[177.344524,-113.547783,-112.459393,-43.992824,90.000000,-
2.655476],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveL(p([-491.950000,-666.632053,287.900000,90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[158.839011,-101.850119,-76.826732,-91.323149,90.000000,-
21.160989],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveJ(p([491.950000,-1133.300000,287.900000,-90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[0.000000,-90.000000,-90.000000,-
90.000000,90.000000,0.000000],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveL(p([655.833708,-1159.173644,287.900000,-90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[-2.250261,-113.767702,-60.959707,-95.272592,90.000000,-
2.250261],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveL(p([655.833708,-1159.173644,153.902349,-90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[-2.250261,-115.198714,-78.599551,-76.201735,90.000000,-
2.250261],[0.0,1.0,0.0])
```

Серёжа, [07.06.2023 20:45]

```
r.RunMessage(r"" Detach from RG2_v2"", True)
```

```

r.MoveL(p([655.833708,-1159.173644,287.900000,-90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[-2.250261,-113.767702,-60.959707,-95.272592,90.000000,-
2.250261],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveL(p([491.950000,-1133.300000,287.900000,-90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[0.000000,-90.000000,-90.000000,-
90.000000,90.000000,0.000000],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveJ(p([-491.950000,-666.632053,287.900000,90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[158.839011,-101.850119,-76.826732,-91.323149,90.000000,-
21.160989],[0.0,1.0,0.0])
print('Done instruction: 70')
sys.stdout.flush()
r.MoveL(p([-644.620589,-621.733168,-29.686094,90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[159.868984,-134.247893,-75.904078,-59.848029,90.000000,-
20.131016],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveL(p([-644.620589,-621.733168,-126.649245,90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[159.868984,-141.953950,-77.920510,-50.125540,90.000000,-
20.131016],[0.0,1.0,0.0])
r.RunMessage(r"" Attach to RG2_v2"", True)
r.MoveL(p([-644.620589,-621.733168,-29.686094,90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[159.868984,-134.247893,-75.904078,-59.848029,90.000000,-
20.131016],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveL(p([-491.950000,-666.632053,287.900000,90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[158.839011,-101.850119,-76.826732,-91.323149,90.000000,-
21.160989],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveJ(p([491.950000,-1133.300000,287.900000,-90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[0.000000,-90.000000,-90.000000,-
90.000000,90.000000,0.000000],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveL(p([530.664479,-906.852813,287.900000,-90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[24.280089,-94.058391,-85.785941,-
90.155668,90.000000,24.280089],[0.0,1.0,0.0])

```

```

r.MoveL(p([530.664479,-906.852813,165.171094,-90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[24.280089,-96.600934,-101.199458,-
72.199608,90.000000,24.280089],[0.0,1.0,0.0])
r.RunMessage(r""""Detach from RG2_v2""", True)
r.MoveL(p([530.664479,-906.852813,287.900000,-90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[24.280089,-94.058391,-85.785941,-
90.155668,90.000000,24.280089],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveL(p([491.950000,-1133.300000,287.900000,-90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[0.000000,-90.000000,-90.000000,-
90.000000,90.000000,0.000000],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveJ(p([-491.950000,-666.632053,287.900000,90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[158.839011,-101.850119,-76.826732,-91.323149,90.000000,-
21.160989],[0.0,1.0,0.0])
print('Done instruction: 80')
sys.stdout.flush()
r.MoveL(p([-644.620589,-736.638137,-29.686094,90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[168.813520,-128.282636,-86.933505,-54.783859,90.000000,-
11.186480],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveL(p([-644.620589,-734.148046,-127.850924,90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[168.608956,-136.982818,-88.709434,-44.307748,90.000000,-
11.391044],[0.0,1.0,0.0])
r.RunMessage(r""""Attach to RG2_v2""", True)
r.MoveL(p([-644.620589,-736.638137,-29.686094,90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[168.813520,-128.282636,-86.933505,-54.783859,90.000000,-
11.186480],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveL(p([-491.950000,-666.632053,287.900000,90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[158.839011,-101.850119,-76.826732,-91.323149,90.000000,-
21.160989],[0.0,1.0,0.0])

```

```
r.MoveJ(p([491.950000,-1133.300000,287.900000,-90.000000,-0.000000,-180.000000]),[0.000000,-90.000000,-90.000000,-90.000000,90.000000,0.000000],[0.0,1.0,0.0])
```

```
r.MoveL(p([530.664479,-1039.203895,287.900000,-90.000000,-0.000000,180.000000]),[10.282636,-93.128425,-86.779059,-90.092516,90.000000,10.282636],[0.0,1.0,0.0])
```

```
r.MoveL(p([530.664479,-1039.203895,163.143298,-90.000000,-0.000000,180.000000]),[10.282636,-95.785615,-102.426441,-71.787944,90.000000,10.282636],[0.0,1.0,0.0])
```

```
r.RunMessage(r""""Detach from RG2_v2""", True)
```

```
r.MoveL(p([530.664479,-1039.203895,287.900000,-90.000000,-0.000000,180.000000]),[10.282636,-93.128425,-86.779059,-90.092516,90.000000,10.282636],[0.0,1.0,0.0])
```

```
r.MoveL(p([491.950000,-1133.300000,287.900000,-90.000000,-0.000000,-180.000000]),[0.000000,-90.000000,-90.000000,-90.000000,90.000000,0.000000],[0.0,1.0,0.0])
```

Серёжа, [07.06.2023 20:45]

```
r.MoveJ(p([-491.950000,-666.632053,287.900000,90.000000,-0.000000,-180.000000]),[158.839011,-101.850119,-76.826732,-91.323149,90.000000,-21.160989],[0.0,1.0,0.0])
```

```
print('Done instruction: 90')
```

```
sys.stdout.flush()
```

```
r.MoveL(p([-644.620589,-844.606627,-29.686094,90.000000,-0.000000,-180.000000]),[178.043944,-124.615269,-93.544599,-51.840132,90.000000,-1.956056],[0.0,1.0,0.0])
```

```
r.MoveL(p([-644.620589,-844.606627,-128.570202,90.000000,-0.000000,-180.000000]),[178.043944,-133.877730,-95.521097,-40.601173,90.000000,-1.956056],[0.0,1.0,0.0])
```

```
r.RunMessage(r""""Attach to RG2_v2""", True)
```

```

r.MoveL(p([-644.620589,-844.606627,-29.686094,90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[178.043944,-124.615269,-93.544599,-51.840132,90.000000,-
1.956056],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveL(p([-491.950000,-666.632053,287.900000,90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[158.839011,-101.850119,-76.826732,-91.323149,90.000000,-
21.160989],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveJ(p([491.950000,-1133.300000,287.900000,-90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[0.000000,-90.000000,-90.000000,-
90.000000,90.000000,0.000000],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveL(p([530.664479,-1155.884259,287.900000,-90.000000,-
0.000000,180.000000]),[-2.424082,-96.056313,-83.597199,-
90.346488,90.000000,-2.424082],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveL(p([530.664479,-1155.884259,160.125815,-90.000000,-
0.000000,180.000000]),[-2.424082,-98.737977,-99.512466,-
71.749557,90.000000,-2.424082],[0.0,1.0,0.0])
r.RunMessage(r""""Detach from RG2_v2""", True)
r.MoveL(p([530.664479,-1155.884259,287.900000,-90.000000,-
0.000000,180.000000]),[-2.424082,-96.056313,-83.597199,-
90.346488,90.000000,-2.424082],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveL(p([491.950000,-1133.300000,287.900000,-90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[0.000000,-90.000000,-90.000000,-
90.000000,90.000000,0.000000],[0.0,1.0,0.0])
r.ProgFinish(r""""прога_1""")
r.ProgStart(r""""прога_2""")
r.MoveJ(p([491.950000,-1133.300000,287.900000,-90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[0.000000,-90.000000,-90.000000,-
90.000000,90.000000,0.000000],[0.0,1.0,0.0])
print('Done instruction: 100')
sys.stdout.flush()

```

```

r.MoveJ(p([-491.950000,-666.632053,287.900000,90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[158.839011,-101.850119,-76.826732,-91.323149,90.000000,-
21.160989],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveL(p([-413.918807,-615.476836,-29.686094,90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[150.755698,-114.264853,-111.290861,-44.444286,90.000000,-
29.244302],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveL(p([-413.918807,-615.476836,-132.300141,90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[150.755698,-126.165724,-113.430635,-30.403641,90.000000,-
29.244302],[0.0,1.0,0.0])
r.RunMessage(r"" Attach to Eyes_Mount_Robot_v2"", True)
r.MoveL(p([-413.918807,-615.476836,-29.686094,90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[150.755698,-114.264853,-111.290861,-44.444286,90.000000,-
29.244302],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveL(p([-491.950000,-666.632053,287.900000,90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[158.839011,-101.850119,-76.826732,-91.323149,90.000000,-
21.160989],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveJ(p([491.950000,-1133.300000,287.900000,-90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[0.000000,-90.000000,-90.000000,-
90.000000,90.000000,0.000000],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveJ(p([760.178663,-1164.416149,287.900000,-90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[-2.335622,-133.372153,-29.416777,-107.211070,90.000000,-
2.335622],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveL(p([760.178663,-1164.416149,158.540950,-90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[-2.335622,-130.374677,-53.738454,-85.886869,90.000000,-
2.335622],[0.0,1.0,0.0])
r.RunMessage(r"" Detach from Eyes_Mount_Robot_v2"", True)
r.MoveL(p([760.178663,-1164.416149,287.900000,-90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[-2.335622,-133.372153,-29.416777,-107.211070,90.000000,-
2.335622],[0.0,1.0,0.0])

```

```
r.MoveJ(p([491.950000,-1133.300000,287.900000,-90.000000,-0.000000,-180.000000]),[0.000000,-90.000000,-90.000000,-90.000000,90.000000,0.000000],[0.0,1.0,0.0])
```

```
print('Done instruction: 110')
```

```
sys.stdout.flush()
```

```
r.MoveJ(p([-491.950000,-666.632053,287.900000,90.000000,-0.000000,-180.000000]),[158.839011,-101.850119,-76.826732,-91.323149,90.000000,-21.160989],[0.0,1.0,0.0])
```

Серёжа, [07.06.2023 20:45]

```
r.MoveL(p([-419.180943,-726.901881,-38.315541,90.000000,0.000000,180.000000]),[162.368287,-108.508762,-122.351480,-39.139758,90.000000,-17.631713],[0.0,1.0,0.0])
```

```
r.MoveL(p([-419.180943,-726.901881,-134.591167,90.000000,0.000000,180.000000]),[162.368287,-121.787864,-124.357921,-23.854215,90.000000,-17.631713],[0.0,1.0,0.0])
```

```
r.RunMessage(r"" Attach to RG2_v2"", True)
```

```
r.MoveL(p([-419.180943,-726.901881,-38.315541,90.000000,0.000000,180.000000]),[162.368287,-108.508762,-122.351480,-39.139758,90.000000,-17.631713],[0.0,1.0,0.0])
```

```
r.MoveL(p([-491.950000,-666.632053,287.900000,90.000000,-0.000000,-180.000000]),[158.839011,-101.850119,-76.826732,-91.323149,90.000000,-21.160989],[0.0,1.0,0.0])
```

```
r.MoveJ(p([491.950000,-1133.300000,287.900000,-90.000000,-0.000000,-180.000000]),[0.000000,-90.000000,-90.000000,-90.000000,90.000000,0.000000],[0.0,1.0,0.0])
```

```
r.MoveJ(p([760.178663,-1030.677547,287.900000,-90.000000,-0.000000,-180.000000]),[7.779974,-129.267181,-36.571696,-104.161123,90.000000,7.779974],[0.0,1.0,0.0])
```

```

r.MoveL(p([760.178663,-1030.677547,155.940327,-90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[7.779974,-127.632409,-58.740011,-
83.627581,90.000000,7.779974],[0.0,1.0,0.0])
r.RunMessage(r""""Detach from RG2_v2""", True)
r.MoveL(p([760.178663,-1030.677547,287.900000,-90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[7.779974,-129.267181,-36.571696,-
104.161123,90.000000,7.779974],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveL(p([491.950000,-1133.300000,287.900000,-90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[0.000000,-90.000000,-90.000000,-
90.000000,90.000000,0.000000],[0.0,1.0,0.0])
print('Done instruction: 120')
sys.stdout.flush()
r.MoveJ(p([-491.950000,-666.632053,287.900000,90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[158.839011,-101.850119,-76.826732,-91.323149,90.000000,-
21.160989],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveL(p([-415.167669,-847.455528,-
38.315541,90.000000,0.000000,180.000000]),[177.365463,-102.272522,-
131.520826,-36.206652,90.000000,-2.634537],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveL(p([-415.167669,-847.455528,-
129.835887,90.000000,0.000000,180.000000]),[177.365463,-117.179210,-
133.788804,-19.031986,90.000000,-2.634537],[0.0,1.0,0.0])
r.RunMessage(r""""Attach to RG2_v2""", True)
r.MoveL(p([-415.167669,-847.455528,-
38.315541,90.000000,0.000000,180.000000]),[177.365463,-102.272522,-
131.520826,-36.206652,90.000000,-2.634537],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveL(p([-491.950000,-666.632053,287.900000,90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[158.839011,-101.850119,-76.826732,-91.323149,90.000000,-
21.160989],[0.0,1.0,0.0])

```

```

r.MoveJ(p([491.950000,-1133.300000,287.900000,-90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[0.000000,-90.000000,-90.000000,-
90.000000,90.000000,0.000000],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveL(p([760.178663,-906.852813,287.900000,-90.000000,0.000000,-
180.000000]),[17.009296,-130.421117,-34.590074,-
104.988809,90.000000,17.009296],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveL(p([760.178663,-906.852813,160.480878,-90.000000,0.000000,-
180.000000]),[17.009296,-128.375194,-56.832503,-
84.792303,90.000000,17.009296],[0.0,1.0,0.0])
r.RunMessage(r""""Detach from RG2_v2""", True)
r.MoveL(p([760.178663,-906.852813,287.900000,-90.000000,0.000000,-
180.000000]),[17.009296,-130.421117,-34.590074,-
104.988809,90.000000,17.009296],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveL(p([491.950000,-1133.300000,287.900000,-90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[0.000000,-90.000000,-90.000000,-
90.000000,90.000000,0.000000],[0.0,1.0,0.0])
print('Done instruction: 130')
sys.stdout.flush()
r.MoveJ(p([-491.950000,-666.632053,287.900000,90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[158.839011,-101.850119,-76.826732,-91.323149,90.000000,-
21.160989],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveL(p([-535.179980,-615.476836,-
29.686094,90.000000,0.000000,180.000000]),[155.973180,-124.172644,-
94.332579,-51.494776,90.000000,-24.026820],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveL(p([-535.179980,-624.329779,-
127.541240,90.000000,0.000000,180.000000]),[156.695979,-132.947352,-
97.292270,-39.760378,90.000000,-23.304021],[0.0,1.0,0.0])
r.RunMessage(r""""Attach to RG2_v2""", True)

```

```
r.MoveL(p([-535.179980,-615.476836,-
29.686094,90.000000,0.000000,180.000000]),[155.973180,-124.172644,-
94.332579,-51.494776,90.000000,-24.026820],[0.0,1.0,0.0])
```

Серёжа, [07.06.2023 20:45]

```
r.MoveJ(p([-491.950000,-666.632053,287.900000,90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[158.839011,-101.850119,-76.826732,-91.323149,90.000000,-
21.160989],[0.0,1.0,0.0])
```

```
r.MoveJ(p([491.950000,-1133.300000,287.900000,-90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[0.000000,-90.000000,-90.000000,-
90.000000,90.000000,0.000000],[0.0,1.0,0.0])
```

```
r.MoveL(p([655.833708,-906.852813,287.900000,-90.000000,0.000000,-
180.000000]),[19.692662,-111.839366,-63.700709,-
94.459924,90.000000,19.692662],[0.0,1.0,0.0])
```

```
r.MoveL(p([655.833708,-906.852813,162.639108,-90.000000,0.000000,-
180.000000]),[19.692662,-113.222055,-80.166806,-
76.611139,90.000000,19.692662],[0.0,1.0,0.0])
```

```
r.RunMessage(r""""Detach from RG2_v2""", True)
```

```
r.MoveL(p([655.833708,-906.852813,287.900000,-90.000000,0.000000,-
180.000000]),[19.692662,-111.839366,-63.700709,-
94.459924,90.000000,19.692662],[0.0,1.0,0.0])
```

```
r.MoveL(p([491.950000,-1133.300000,287.900000,-90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[0.000000,-90.000000,-90.000000,-
90.000000,90.000000,0.000000],[0.0,1.0,0.0])
```

```
print('Done instruction: 140')
```

```
sys.stdout.flush()
```

```
r.MoveJ(p([-491.950000,-666.632053,287.900000,90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[158.839011,-101.850119,-76.826732,-91.323149,90.000000,-
21.160989],[0.0,1.0,0.0])
```

```

r.MoveL(p([-535.179980,-738.862340,-29.686094,90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[166.925413,-117.448180,-105.998672,-46.553148,90.000000,-
13.074587],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveL(p([-535.179980,-734.405721,-135.475556,90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[166.497973,-129.087717,-107.720801,-33.191482,90.000000,-
13.502027],[0.0,1.0,0.0])
r.RunMessage(r"" Attach to RG2_v2"", True)
r.MoveL(p([-535.179980,-738.862340,-29.686094,90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[166.925413,-117.448180,-105.998672,-46.553148,90.000000,-
13.074587],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveL(p([-491.950000,-666.632053,287.900000,90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[158.839011,-101.850119,-76.826732,-91.323149,90.000000,-
21.160989],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveJ(p([491.950000,-1133.300000,287.900000,-90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[0.000000,-90.000000,-90.000000,-
90.000000,90.000000,0.000000],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveL(p([655.833708,-1032.968117,287.900000,-90.000000,0.000000,-
180.000000]),[8.834456,-110.962945,-64.924604,-
94.112452,90.000000,8.834456],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveL(p([655.833708,-1032.968117,155.282864,-90.000000,0.000000,-
180.000000]),[8.834456,-112.688251,-82.040881,-
75.270869,90.000000,8.834456],[0.0,1.0,0.0])
r.RunMessage(r"" Detach from RG2_v2"", True)
r.MoveL(p([655.833708,-1032.968117,287.900000,-90.000000,0.000000,-
180.000000]),[8.834456,-110.962945,-64.924604,-
94.112452,90.000000,8.834456],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveL(p([491.950000,-1133.300000,287.900000,-90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[0.000000,-90.000000,-90.000000,-
90.000000,90.000000,0.000000],[0.0,1.0,0.0])
print('Done instruction: 150')

```

sys.stdout.flush()

r.MoveJ(p([-491.950000,-666.632053,287.900000,90.000000,-0.000000,-180.000000]),[158.839011,-101.850119,-76.826732,-91.323149,90.000000,-21.160989],[0.0,1.0,0.0])

r.MoveL(p([-535.179980,-841.735050,-29.686094,90.000000,-0.000000,-180.000000]),[177.344524,-113.547783,-112.459393,-43.992824,90.000000,-2.655476],[0.0,1.0,0.0])

r.MoveL(p([-535.179980,-844.277022,-135.217132,90.000000,-0.000000,-180.000000]),[177.613194,-125.965018,-114.744725,-29.290257,90.000000,-2.386806],[0.0,1.0,0.0])

r.RunMessage(r"" Attach to RG2\_v2"", True)

r.MoveL(p([-535.179980,-841.735050,-29.686094,90.000000,-0.000000,-180.000000]),[177.344524,-113.547783,-112.459393,-43.992824,90.000000,-2.655476],[0.0,1.0,0.0])

r.MoveL(p([-491.950000,-666.632053,287.900000,90.000000,-0.000000,-180.000000]),[158.839011,-101.850119,-76.826732,-91.323149,90.000000,-21.160989],[0.0,1.0,0.0])

r.MoveJ(p([491.950000,-1133.300000,287.900000,-90.000000,-0.000000,-180.000000]),[0.000000,-90.000000,-90.000000,-90.000000,90.000000,90.000000,0.000000],[0.0,1.0,0.0])

r.MoveL(p([655.833708,-1159.173644,287.900000,-90.000000,-0.000000,-180.000000]),[-2.250261,-113.767702,-60.959707,-95.272592,90.000000,-2.250261],[0.0,1.0,0.0])

Серёжа, [07.06.2023 20:45]

r.MoveL(p([655.833708,-1159.173644,153.902349,-90.000000,-0.000000,-180.000000]),[-2.250261,-115.198714,-78.599551,-76.201735,90.000000,-2.250261],[0.0,1.0,0.0])

r.RunMessage(r"" Detach from RG2\_v2"", True)

```

r.MoveL(p([655.833708,-1159.173644,287.900000,-90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[-2.250261,-113.767702,-60.959707,-95.272592,90.000000,-
2.250261],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveL(p([491.950000,-1133.300000,287.900000,-90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[0.000000,-90.000000,-90.000000,-
90.000000,90.000000,0.000000],[0.0,1.0,0.0])
print('Done instruction: 160')
sys.stdout.flush()
r.MoveJ(p([-491.950000,-666.632053,287.900000,90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[158.839011,-101.850119,-76.826732,-91.323149,90.000000,-
21.160989],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveL(p([-644.620589,-621.733168,-29.686094,90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[159.868984,-134.247893,-75.904078,-59.848029,90.000000,-
20.131016],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveL(p([-644.620589,-621.733168,-126.649245,90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[159.868984,-141.953950,-77.920510,-50.125540,90.000000,-
20.131016],[0.0,1.0,0.0])
r.RunMessage(r"" Attach to RG2_v2"", True)
r.MoveL(p([-644.620589,-621.733168,-29.686094,90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[159.868984,-134.247893,-75.904078,-59.848029,90.000000,-
20.131016],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveL(p([-491.950000,-666.632053,287.900000,90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[158.839011,-101.850119,-76.826732,-91.323149,90.000000,-
21.160989],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveJ(p([491.950000,-1133.300000,287.900000,-90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[0.000000,-90.000000,-90.000000,-
90.000000,90.000000,0.000000],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveL(p([530.664479,-906.852813,287.900000,-90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[24.280089,-94.058391,-85.785941,-
90.155668,90.000000,24.280089],[0.0,1.0,0.0])

```

```

r.MoveL(p([530.664479,-906.852813,165.171094,-90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[24.280089,-96.600934,-101.199458,-
72.199608,90.000000,24.280089],[0.0,1.0,0.0])
r.RunMessage(r""""Detach from RG2_v2""", True)
r.MoveL(p([530.664479,-906.852813,287.900000,-90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[24.280089,-94.058391,-85.785941,-
90.155668,90.000000,24.280089],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveL(p([491.950000,-1133.300000,287.900000,-90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[0.000000,-90.000000,-90.000000,-
90.000000,90.000000,0.000000],[0.0,1.0,0.0])
print('Done instruction: 170')
sys.stdout.flush()
r.MoveJ(p([-491.950000,-666.632053,287.900000,90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[158.839011,-101.850119,-76.826732,-91.323149,90.000000,-
21.160989],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveL(p([-644.620589,-736.638137,-29.686094,90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[168.813520,-128.282636,-86.933505,-54.783859,90.000000,-
11.186480],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveL(p([-644.620589,-734.148046,-127.850924,90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[168.608956,-136.982818,-88.709434,-44.307748,90.000000,-
11.391044],[0.0,1.0,0.0])
r.RunMessage(r""""Attach to RG2_v2""", True)
r.MoveL(p([-644.620589,-736.638137,-29.686094,90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[168.813520,-128.282636,-86.933505,-54.783859,90.000000,-
11.186480],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveL(p([-491.950000,-666.632053,287.900000,90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[158.839011,-101.850119,-76.826732,-91.323149,90.000000,-
21.160989],[0.0,1.0,0.0])

```

```

r.MoveJ(p([491.950000,-1133.300000,287.900000,-90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[0.000000,-90.000000,-90.000000,-
90.000000,90.000000,0.000000],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveL(p([530.664479,-1039.203895,287.900000,-90.000000,-
0.000000,180.000000]),[10.282636,-93.128425,-86.779059,-
90.092516,90.000000,10.282636],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveL(p([530.664479,-1039.203895,163.143298,-90.000000,-
0.000000,180.000000]),[10.282636,-95.785615,-102.426441,-
71.787944,90.000000,10.282636],[0.0,1.0,0.0])
r.RunMessage(r""""Detach from RG2_v2""", True)
r.MoveL(p([530.664479,-1039.203895,287.900000,-90.000000,-
0.000000,180.000000]),[10.282636,-93.128425,-86.779059,-
90.092516,90.000000,10.282636],[0.0,1.0,0.0])

```

Серёжа, [07.06.2023 20:45]

```

r.MoveL(p([491.950000,-1133.300000,287.900000,-90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[0.000000,-90.000000,-90.000000,-
90.000000,90.000000,0.000000],[0.0,1.0,0.0])
print('Done instruction: 180')
sys.stdout.flush()
r.MoveJ(p([-491.950000,-666.632053,287.900000,90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[158.839011,-101.850119,-76.826732,-91.323149,90.000000,-
21.160989],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveL(p([-644.620589,-844.606627,-29.686094,90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[178.043944,-124.615269,-93.544599,-51.840132,90.000000,-
1.956056],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveL(p([-644.620589,-844.606627,-128.570202,90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[178.043944,-133.877730,-95.521097,-40.601173,90.000000,-
1.956056],[0.0,1.0,0.0])
r.RunMessage(r""""Attach to RG2_v2""", True)

```

```

r.MoveL(p([-644.620589,-844.606627,-29.686094,90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[178.043944,-124.615269,-93.544599,-51.840132,90.000000,-
1.956056],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveL(p([-491.950000,-666.632053,287.900000,90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[158.839011,-101.850119,-76.826732,-91.323149,90.000000,-
21.160989],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveJ(p([491.950000,-1133.300000,287.900000,-90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[0.000000,-90.000000,-90.000000,-
90.000000,90.000000,0.000000],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveL(p([530.664479,-1155.884259,287.900000,-90.000000,-
0.000000,180.000000]),[-2.424082,-96.056313,-83.597199,-
90.346488,90.000000,-2.424082],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveL(p([530.664479,-1155.884259,160.125815,-90.000000,-
0.000000,180.000000]),[-2.424082,-98.737977,-99.512466,-
71.749557,90.000000,-2.424082],[0.0,1.0,0.0])
r.RunMessage(r""""Detach from RG2_v2""", True)
r.MoveL(p([530.664479,-1155.884259,287.900000,-90.000000,-
0.000000,180.000000]),[-2.424082,-96.056313,-83.597199,-
90.346488,90.000000,-2.424082],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveL(p([491.950000,-1133.300000,287.900000,-90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[0.000000,-90.000000,-90.000000,-
90.000000,90.000000,0.000000],[0.0,1.0,0.0])
print('Done instruction: 190')
sys.stdout.flush()
r.ProgFinish(r""""прога_2""")
r.ProgStart(r""""прога_3""")
r.MoveJ(p([491.950000,-1133.300000,287.900000,-90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[0.000000,-90.000000,-90.000000,-
90.000000,90.000000,0.000000],[0.0,1.0,0.0])

```

```

r.MoveJ(p([-491.950000,-666.632053,287.900000,90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[158.839011,-101.850119,-76.826732,-91.323149,90.000000,-
21.160989],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveL(p([-413.918807,-615.476836,-29.686094,90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[150.755698,-114.264853,-111.290861,-44.444286,90.000000,-
29.244302],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveL(p([-413.918807,-615.476836,-132.300141,90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[150.755698,-126.165724,-113.430635,-30.403641,90.000000,-
29.244302],[0.0,1.0,0.0])
r.RunMessage(r"" Attach to Eyes_Mount_Robot_v2"", True)
r.MoveL(p([-413.918807,-615.476836,-29.686094,90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[150.755698,-114.264853,-111.290861,-44.444286,90.000000,-
29.244302],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveL(p([-491.950000,-666.632053,287.900000,90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[158.839011,-101.850119,-76.826732,-91.323149,90.000000,-
21.160989],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveJ(p([491.950000,-1133.300000,287.900000,-90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[0.000000,-90.000000,-90.000000,-
90.000000,90.000000,0.000000],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveJ(p([760.178663,-1164.416149,287.900000,-90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[-2.335622,-133.372153,-29.416777,-107.211070,90.000000,-
2.335622],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveL(p([760.178663,-1164.416149,158.540950,-90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[-2.335622,-130.374677,-53.738454,-85.886869,90.000000,-
2.335622],[0.0,1.0,0.0])
r.RunMessage(r"" Detach from Eyes_Mount_Robot_v2"", True)
r.MoveL(p([760.178663,-1164.416149,287.900000,-90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[-2.335622,-133.372153,-29.416777,-107.211070,90.000000,-
2.335622],[0.0,1.0,0.0])
print('Done instruction: 200')

```

sys.stdout.flush()

r.MoveJ(p([491.950000,-1133.300000,287.900000,-90.000000,-0.000000,-180.000000]),[0.000000,-90.000000,-90.000000,-90.000000,90.000000,0.000000],[0.0,1.0,0.0])

Серёжа, [07.06.2023 20:46]

r.MoveJ(p([-491.950000,-666.632053,287.900000,90.000000,-0.000000,-180.000000]),[158.839011,-101.850119,-76.826732,-91.323149,90.000000,-21.160989],[0.0,1.0,0.0])

r.MoveL(p([-419.180943,-726.901881,-38.315541,90.000000,0.000000,180.000000]),[162.368287,-108.508762,-122.351480,-39.139758,90.000000,-17.631713],[0.0,1.0,0.0])

r.MoveL(p([-419.180943,-726.901881,-134.591167,90.000000,0.000000,180.000000]),[162.368287,-121.787864,-124.357921,-23.854215,90.000000,-17.631713],[0.0,1.0,0.0])

r.RunMessage(r"" Attach to RG2\_v2"", True)

r.MoveL(p([-419.180943,-726.901881,-38.315541,90.000000,0.000000,180.000000]),[162.368287,-108.508762,-122.351480,-39.139758,90.000000,-17.631713],[0.0,1.0,0.0])

r.MoveL(p([-491.950000,-666.632053,287.900000,90.000000,-0.000000,-180.000000]),[158.839011,-101.850119,-76.826732,-91.323149,90.000000,-21.160989],[0.0,1.0,0.0])

r.MoveJ(p([491.950000,-1133.300000,287.900000,-90.000000,-0.000000,-180.000000]),[0.000000,-90.000000,-90.000000,-90.000000,90.000000,0.000000],[0.0,1.0,0.0])

r.MoveJ(p([760.178663,-1030.677547,287.900000,-90.000000,-0.000000,-180.000000]),[7.779974,-129.267181,-36.571696,-104.161123,90.000000,7.779974],[0.0,1.0,0.0])

```

r.MoveL(p([760.178663,-1030.677547,155.940327,-90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[7.779974,-127.632409,-58.740011,-
83.627581,90.000000,7.779974],[0.0,1.0,0.0])
r.RunMessage(r""""Detach from RG2_v2""", True)
r.MoveL(p([760.178663,-1030.677547,287.900000,-90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[7.779974,-129.267181,-36.571696,-
104.161123,90.000000,7.779974],[0.0,1.0,0.0])
print('Done instruction: 210')
sys.stdout.flush()
r.MoveL(p([491.950000,-1133.300000,287.900000,-90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[0.000000,-90.000000,-90.000000,-
90.000000,90.000000,0.000000],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveJ(p([-491.950000,-666.632053,287.900000,90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[158.839011,-101.850119,-76.826732,-91.323149,90.000000,-
21.160989],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveL(p([-415.167669,-847.455528,-
38.315541,90.000000,0.000000,180.000000]),[177.365463,-102.272522,-
131.520826,-36.206652,90.000000,-2.634537],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveL(p([-415.167669,-847.455528,-
129.835887,90.000000,0.000000,180.000000]),[177.365463,-117.179210,-
133.788804,-19.031986,90.000000,-2.634537],[0.0,1.0,0.0])
r.RunMessage(r""""Attach to RG2_v2""", True)
r.MoveL(p([-415.167669,-847.455528,-
38.315541,90.000000,0.000000,180.000000]),[177.365463,-102.272522,-
131.520826,-36.206652,90.000000,-2.634537],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveL(p([-491.950000,-666.632053,287.900000,90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[158.839011,-101.850119,-76.826732,-91.323149,90.000000,-
21.160989],[0.0,1.0,0.0])

```

```
r.MoveJ(p([491.950000,-1133.300000,287.900000,-90.000000,-0.000000,-180.000000]),[0.000000,-90.000000,-90.000000,-90.000000,90.000000,90.000000,0.000000],[0.0,1.0,0.0])
```

```
r.MoveL(p([760.178663,-906.852813,287.900000,-90.000000,0.000000,-180.000000]),[17.009296,-130.421117,-34.590074,-104.988809,90.000000,17.009296],[0.0,1.0,0.0])
```

```
r.MoveL(p([760.178663,-906.852813,160.480878,-90.000000,0.000000,-180.000000]),[17.009296,-128.375194,-56.832503,-84.792303,90.000000,17.009296],[0.0,1.0,0.0])
```

```
r.RunMessage(r""""Detach from RG2_v2""", True)
```

```
r.MoveL(p([760.178663,-906.852813,287.900000,-90.000000,0.000000,-180.000000]),[17.009296,-130.421117,-34.590074,-104.988809,90.000000,17.009296],[0.0,1.0,0.0])
```

```
print('Done instruction: 220')
```

```
sys.stdout.flush()
```

```
r.MoveL(p([491.950000,-1133.300000,287.900000,-90.000000,-0.000000,-180.000000]),[0.000000,-90.000000,-90.000000,-90.000000,90.000000,90.000000,0.000000],[0.0,1.0,0.0])
```

```
r.MoveJ(p([-491.950000,-666.632053,287.900000,90.000000,-0.000000,-180.000000]),[158.839011,-101.850119,-76.826732,-91.323149,90.000000,-21.160989],[0.0,1.0,0.0])
```

```
r.MoveL(p([-535.179980,-615.476836,-29.686094,90.000000,0.000000,180.000000]),[155.973180,-124.172644,-94.332579,-51.494776,90.000000,-24.026820],[0.0,1.0,0.0])
```

```
r.MoveL(p([-535.179980,-624.329779,-127.541240,90.000000,0.000000,180.000000]),[156.695979,-132.947352,-97.292270,-39.760378,90.000000,-23.304021],[0.0,1.0,0.0])
```

Серёжа, [07.06.2023 20:46]

```
r.RunMessage(r""""Attach to RG2_v2""", True)
```

```

r.MoveL(p([-535.179980,-615.476836,-
29.686094,90.000000,0.000000,180.000000]),[155.973180,-124.172644,-
94.332579,-51.494776,90.000000,-24.026820],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveJ(p([-491.950000,-666.632053,287.900000,90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[158.839011,-101.850119,-76.826732,-91.323149,90.000000,-
21.160989],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveJ(p([491.950000,-1133.300000,287.900000,-90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[0.000000,-90.000000,-90.000000,-
90.000000,90.000000,0.000000],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveL(p([655.833708,-906.852813,287.900000,-90.000000,0.000000,-
180.000000]),[19.692662,-111.839366,-63.700709,-
94.459924,90.000000,19.692662],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveL(p([655.833708,-906.852813,162.639108,-90.000000,0.000000,-
180.000000]),[19.692662,-113.222055,-80.166806,-
76.611139,90.000000,19.692662],[0.0,1.0,0.0])
r.RunMessage(r""""Detach from RG2_v2""", True)
r.MoveL(p([655.833708,-906.852813,287.900000,-90.000000,0.000000,-
180.000000]),[19.692662,-111.839366,-63.700709,-
94.459924,90.000000,19.692662],[0.0,1.0,0.0])
print('Done instruction: 230')
sys.stdout.flush()
r.MoveL(p([491.950000,-1133.300000,287.900000,-90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[0.000000,-90.000000,-90.000000,-
90.000000,90.000000,0.000000],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveJ(p([-491.950000,-666.632053,287.900000,90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[158.839011,-101.850119,-76.826732,-91.323149,90.000000,-
21.160989],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveL(p([-535.179980,-738.862340,-29.686094,90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[166.925413,-117.448180,-105.998672,-46.553148,90.000000,-
13.074587],[0.0,1.0,0.0])

```

```

r.MoveL(p([-535.179980,-734.405721,-135.475556,90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[166.497973,-129.087717,-107.720801,-33.191482,90.000000,-
13.502027],[0.0,1.0,0.0])
r.RunMessage(r"" Attach to RG2_v2"", True)
r.MoveL(p([-535.179980,-738.862340,-29.686094,90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[166.925413,-117.448180,-105.998672,-46.553148,90.000000,-
13.074587],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveL(p([-491.950000,-666.632053,287.900000,90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[158.839011,-101.850119,-76.826732,-91.323149,90.000000,-
21.160989],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveJ(p([491.950000,-1133.300000,287.900000,-90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[0.000000,-90.000000,-90.000000,-
90.000000,90.000000,0.000000],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveL(p([655.833708,-1032.968117,287.900000,-90.000000,0.000000,-
180.000000]),[8.834456,-110.962945,-64.924604,-
94.112452,90.000000,8.834456],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveL(p([655.833708,-1032.968117,155.282864,-90.000000,0.000000,-
180.000000]),[8.834456,-112.688251,-82.040881,-
75.270869,90.000000,8.834456],[0.0,1.0,0.0])
r.RunMessage(r"" Detach from RG2_v2"", True)
r.MoveL(p([655.833708,-1032.968117,287.900000,-90.000000,0.000000,-
180.000000]),[8.834456,-110.962945,-64.924604,-
94.112452,90.000000,8.834456],[0.0,1.0,0.0])
print('Done instruction: 240')
sys.stdout.flush()
r.MoveL(p([491.950000,-1133.300000,287.900000,-90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[0.000000,-90.000000,-90.000000,-
90.000000,90.000000,0.000000],[0.0,1.0,0.0])

```

r.MoveJ(p([-491.950000,-666.632053,287.900000,90.000000,-0.000000,-180.000000]),[158.839011,-101.850119,-76.826732,-91.323149,90.000000,-21.160989],[0.0,1.0,0.0])

r.MoveL(p([-535.179980,-841.735050,-29.686094,90.000000,-0.000000,-180.000000]),[177.344524,-113.547783,-112.459393,-43.992824,90.000000,-2.655476],[0.0,1.0,0.0])

r.MoveL(p([-535.179980,-844.277022,-135.217132,90.000000,-0.000000,-180.000000]),[177.613194,-125.965018,-114.744725,-29.290257,90.000000,-2.386806],[0.0,1.0,0.0])

r.RunMessage(r"" Attach to RG2\_v2"", True)

r.MoveL(p([-535.179980,-841.735050,-29.686094,90.000000,-0.000000,-180.000000]),[177.344524,-113.547783,-112.459393,-43.992824,90.000000,-2.655476],[0.0,1.0,0.0])

r.MoveL(p([-491.950000,-666.632053,287.900000,90.000000,-0.000000,-180.000000]),[158.839011,-101.850119,-76.826732,-91.323149,90.000000,-21.160989],[0.0,1.0,0.0])

Серёжа, [07.06.2023 20:46]

r.MoveJ(p([491.950000,-1133.300000,287.900000,-90.000000,-0.000000,-180.000000]),[0.000000,-90.000000,-90.000000,-90.000000,90.000000,0.000000],[0.0,1.0,0.0])

r.MoveL(p([655.833708,-1159.173644,287.900000,-90.000000,-0.000000,-180.000000]),[-2.250261,-113.767702,-60.959707,-95.272592,90.000000,-2.250261],[0.0,1.0,0.0])

r.MoveL(p([655.833708,-1159.173644,153.902349,-90.000000,-0.000000,-180.000000]),[-2.250261,-115.198714,-78.599551,-76.201735,90.000000,-2.250261],[0.0,1.0,0.0])

r.RunMessage(r"" Detach from RG2\_v2"", True)

```

r.MoveL(p([655.833708,-1159.173644,287.900000,-90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[-2.250261,-113.767702,-60.959707,-95.272592,90.000000,-
2.250261],[0.0,1.0,0.0])
print('Done instruction: 250')
sys.stdout.flush()
r.MoveL(p([491.950000,-1133.300000,287.900000,-90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[0.000000,-90.000000,-90.000000,-
90.000000,90.000000,0.000000],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveJ(p([-491.950000,-666.632053,287.900000,90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[158.839011,-101.850119,-76.826732,-91.323149,90.000000,-
21.160989],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveL(p([-644.620589,-621.733168,-29.686094,90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[159.868984,-134.247893,-75.904078,-59.848029,90.000000,-
20.131016],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveL(p([-644.620589,-621.733168,-126.649245,90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[159.868984,-141.953950,-77.920510,-50.125540,90.000000,-
20.131016],[0.0,1.0,0.0])
r.RunMessage(r"" Attach to RG2_v2"", True)
r.MoveL(p([-644.620589,-621.733168,-29.686094,90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[159.868984,-134.247893,-75.904078,-59.848029,90.000000,-
20.131016],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveL(p([-491.950000,-666.632053,287.900000,90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[158.839011,-101.850119,-76.826732,-91.323149,90.000000,-
21.160989],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveJ(p([491.950000,-1133.300000,287.900000,-90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[0.000000,-90.000000,-90.000000,-
90.000000,90.000000,0.000000],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveL(p([530.664479,-906.852813,287.900000,-90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[24.280089,-94.058391,-85.785941,-
90.155668,90.000000,24.280089],[0.0,1.0,0.0])

```

```

r.MoveL(p([530.664479,-906.852813,165.171094,-90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[24.280089,-96.600934,-101.199458,-
72.199608,90.000000,24.280089],[0.0,1.0,0.0])
r.RunMessage(r""""Detach from RG2_v2""", True)
r.MoveL(p([530.664479,-906.852813,287.900000,-90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[24.280089,-94.058391,-85.785941,-
90.155668,90.000000,24.280089],[0.0,1.0,0.0])
print('Done instruction: 260')
sys.stdout.flush()
r.MoveL(p([491.950000,-1133.300000,287.900000,-90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[0.000000,-90.000000,-90.000000,-
90.000000,90.000000,0.000000],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveJ(p([-491.950000,-666.632053,287.900000,90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[158.839011,-101.850119,-76.826732,-91.323149,90.000000,-
21.160989],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveL(p([-644.620589,-736.638137,-29.686094,90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[168.813520,-128.282636,-86.933505,-54.783859,90.000000,-
11.186480],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveL(p([-644.620589,-734.148046,-127.850924,90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[168.608956,-136.982818,-88.709434,-44.307748,90.000000,-
11.391044],[0.0,1.0,0.0])
r.RunMessage(r""""Attach to RG2_v2""", True)
r.MoveL(p([-644.620589,-736.638137,-29.686094,90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[168.813520,-128.282636,-86.933505,-54.783859,90.000000,-
11.186480],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveL(p([-491.950000,-666.632053,287.900000,90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[158.839011,-101.850119,-76.826732,-91.323149,90.000000,-
21.160989],[0.0,1.0,0.0])

```

```
r.MoveJ(p([491.950000,-1133.300000,287.900000,-90.000000,-0.000000,-180.000000]),[0.000000,-90.000000,-90.000000,-90.000000,90.000000,0.000000],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveL(p([530.664479,-1039.203895,287.900000,-90.000000,-0.000000,180.000000]),[10.282636,-93.128425,-86.779059,-90.092516,90.000000,10.282636],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveL(p([530.664479,-1039.203895,163.143298,-90.000000,-0.000000,180.000000]),[10.282636,-95.785615,-102.426441,-71.787944,90.000000,10.282636],[0.0,1.0,0.0])
```

Серёжа, [07.06.2023 20:46]

```
r.RunMessage(r""""Detach from RG2_v2""", True)
r.MoveL(p([530.664479,-1039.203895,287.900000,-90.000000,-0.000000,180.000000]),[10.282636,-93.128425,-86.779059,-90.092516,90.000000,10.282636],[0.0,1.0,0.0])
print('Done instruction: 270')
sys.stdout.flush()
r.MoveL(p([491.950000,-1133.300000,287.900000,-90.000000,-0.000000,-180.000000]),[0.000000,-90.000000,-90.000000,-90.000000,90.000000,0.000000],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveJ(p([-491.950000,-666.632053,287.900000,90.000000,-0.000000,-180.000000]),[158.839011,-101.850119,-76.826732,-91.323149,90.000000,-21.160989],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveL(p([-644.620589,-844.606627,-29.686094,90.000000,-0.000000,-180.000000]),[178.043944,-124.615269,-93.544599,-51.840132,90.000000,-1.956056],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveL(p([-644.620589,-844.606627,-128.570202,90.000000,-0.000000,-180.000000]),[178.043944,-133.877730,-95.521097,-40.601173,90.000000,-1.956056],[0.0,1.0,0.0])
r.RunMessage(r""""Attach to RG2_v2""", True)
```

```

r.MoveL(p([-644.620589,-844.606627,-29.686094,90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[178.043944,-124.615269,-93.544599,-51.840132,90.000000,-
1.956056],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveL(p([-491.950000,-666.632053,287.900000,90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[158.839011,-101.850119,-76.826732,-91.323149,90.000000,-
21.160989],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveJ(p([491.950000,-1133.300000,287.900000,-90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[0.000000,-90.000000,-90.000000,-
90.000000,90.000000,0.000000],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveL(p([530.664479,-1155.884259,287.900000,-90.000000,-
0.000000,180.000000]),[-2.424082,-96.056313,-83.597199,-
90.346488,90.000000,-2.424082],[0.0,1.0,0.0])
r.MoveL(p([530.664479,-1155.884259,160.125815,-90.000000,-
0.000000,180.000000]),[-2.424082,-98.737977,-99.512466,-
71.749557,90.000000,-2.424082],[0.0,1.0,0.0])
r.RunMessage(r""""Detach from RG2_v2""", True)
r.MoveL(p([530.664479,-1155.884259,287.900000,-90.000000,-
0.000000,180.000000]),[-2.424082,-96.056313,-83.597199,-
90.346488,90.000000,-2.424082],[0.0,1.0,0.0])
print('Done instruction: 280')
sys.stdout.flush()
r.MoveL(p([491.950000,-1133.300000,287.900000,-90.000000,-0.000000,-
180.000000]),[0.000000,-90.000000,-90.000000,-
90.000000,90.000000,0.000000],[0.0,1.0,0.0])
r.ProgFinish(r""""прога_3""")

r.ProgSave(r""""C:/Users/Work/Documents/RoboDK/""",r""""_ """,False,r""""C:/Rob
oDK/Other/VSCodium/VSCodium.exe""")

```

## 7 Розділ. Візуалізація РТК в програмному середовищі RoboDK.

### Виявлення та виправлення колізій та недоліків в конструкції

RoboDK - це програмне забезпечення для симуляції та програмування роботів. Воно дозволяє візуалізувати, налаштовувати і програмувати роботів з різних виробників в одному середовищі.

Основні можливості програмного забезпечення RoboDK включають:

1. Симуляція роботів: RoboDK дозволяє створювати віртуальні моделі роботів та перевіряти їх роботу без фізичного присутності робота. Ви можете перевірити шляхи руху, уникнення перешкод, колізії і багато іншого.
2. Офлайн-програмування: Ви можете програмувати роботів безпосередньо у середовищі RoboDK. Це дозволяє створювати програми для роботів з використанням графічного інтерфейсу або сценаріїв на підтримуваних мовах програмування, таких як Python, C ++, C # і інших.
3. Генерація програмного коду: RoboDK може автоматично генерувати програмний код для роботів з врахуванням їх кінематики та обмежень. Ви можете зберегти цей код та завантажити його безпосередньо на фізичний робот для виконання задач.
4. Інтеграція зі сенсорами: RoboDK підтримує інтеграцію з різними типами сенсорів, такими як сенсори сили і моменту, системи бачення та інші. Це дозволяє створювати складні робочі процеси, використовуючи дані з різних джерел.
5. Підтримка різних роботів: RoboDK підтримує велику кількість роботів від різних виробників, таких як ABB, Fanuc, KUKA, UR та багато інших.

Симуляція роботів є одним з ключових функціональних можливостей програмного забезпечення RoboDK. Вона дозволяє візуалізувати та тестувати

роботів у віртуальному середовищі, що допомагає економити час і ресурси, які зазвичай потрібні для фізичної настройки роботів.

Основні переваги симуляції роботів в RoboDK:

1. Візуалізація: Ви можете відобразити робота, робоче обладнання, перешкоди та оточуюче середовище у 3D-симуляції. Це дозволяє перевірити, як робот буде працювати в реальному світі та виявити можливі проблеми до фізичної реалізації.
2. Рухове моделювання: RoboDK надає можливість моделювати рухи роботів в симуляції. Ви можете встановити шляхи руху, точки взаємодії з об'єктами, швидкість та прискорення руху. Це допомагає оптимізувати траєкторії руху та забезпечити безпеку при роботі з реальним роботом.
3. Виявлення колізій: RoboDK автоматично виявляє колізії між роботами, робочим обладнанням та оточуючими об'єктами в симуляції. Це дозволяє виявити можливі проблеми та уникнути колізій при фізичному використанні робота.
4. Валідація програм: Ви можете перевірити програми роботів, створені в RoboDK, на вірність та працездатність в симуляції перед їх виконанням на реальному роботі. Це допомагає уникнути помилок та забезпечити ефективну роботу в реальному світі.

Програмне забезпечення RoboDK підтримує широкий спектр роботів від різних виробників. Воно сумісне з багатьма популярними промисловими роботами, такими як ABB, Fanuc, KUKA, Universal Robots (UR), Yaskawa та іншими.

RoboDK надає готові бібліотеки моделей роботів, які включають кінематику, обмеження руху та інші характеристики кожного конкретного робота. Це дозволяє вам легко і швидко імпортувати та використовувати моделі роботів у середовищі RoboDK.

Окрім цього, RoboDK також надає можливість створювати власні моделі роботів за допомогою його вбудованого редактора. Ви можете налаштувати

параметри кінематики, створити власні обмеження руху та визначити поведінку робота.

Завдяки такому широкому спектру підтримуваних роботів, RoboDK є універсальним інструментом для симуляції, програмування та оптимізації роботів різних типів та виробників.

Спочатку я вибудовую віртуальний світ (Рис 7.1) згідно розмірів і пропорцій реального і створюємо цифрового двійника

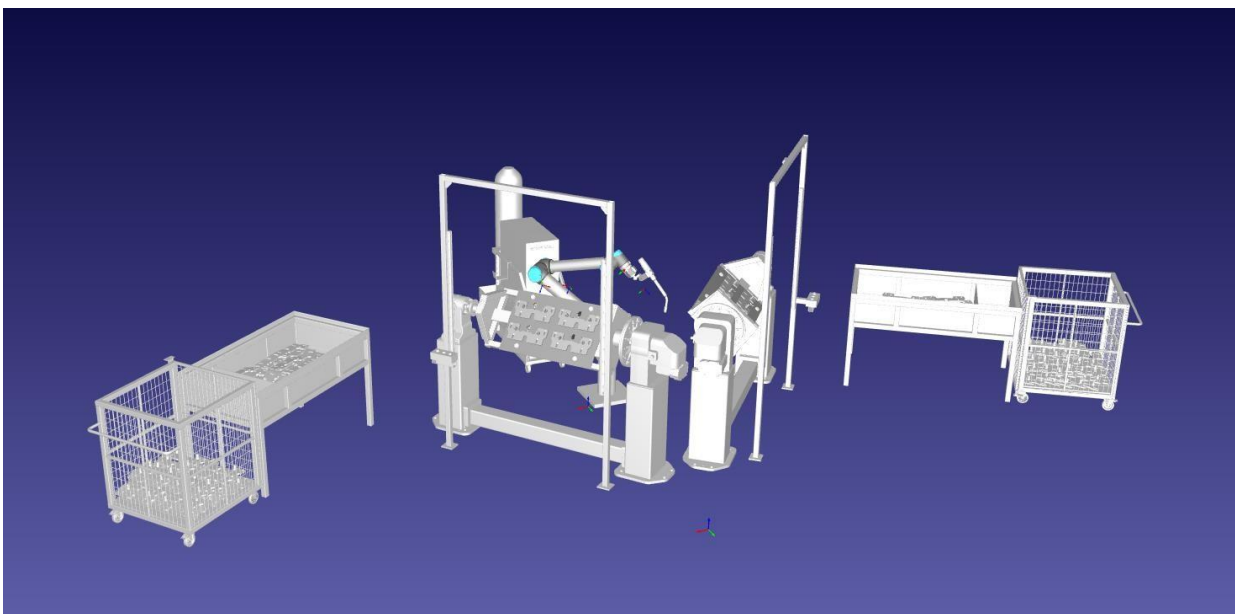


Рис 7.1 – 3Д світ у RoboDK

У програмному забезпеченні RoboDK доступні різні механізми, які дозволяють ефективно використовувати його функціональні можливості. Ось декілька основних механізмів, які можна знайти в RoboDK:

1. Моделювання роботів: RoboDK надає можливість моделювати роботів у віртуальному середовищі. Ви можете імпортувати 3D-моделі роботів з різних форматів, таких як STL, STEP, IGES, або використовувати готові моделі, які постачаються з програмним забезпеченням. Ви можете також створювати власні моделі роботів за допомогою вбудованого редактора.

2. Кінематика роботів: RoboDK має вбудовані алгоритми кінематики, які дозволяють обчислювати положення та орієнтацію робота на основі його

суглобів або координатних систем. Це дозволяє вам точно позиціонувати робота у віртуальному середовищі та визначати його рухи.

3. Генерація траєкторій: RoboDK дозволяє генерувати траєкторії руху для робота. Ви можете встановлювати точки взаємодії з об'єктами, задавати шляхи руху, визначати швидкість та прискорення руху робота. Це допомагає оптимізувати рухи робота та забезпечити плавну та безпечну роботу.

4. Симуляція роботів: RoboDK надає можливість візуалізувати та симулювати роботів у віртуальному середовищі. Ви можете перевіряти робототехнічні завдання, виявляти колізії, тестувати траєкторії та перевіряти програми робота до їх фізичної реалізації

Створюємо механізми для кондукторів (рис 7.2 ). Створення механізмів дозволить створити повноціну картину ділянки і я зможемо відтворити симуляцію як у реальному житті . І це надасть нам змогу перевірити систему на колізії та можливі помилки в конструюванні .

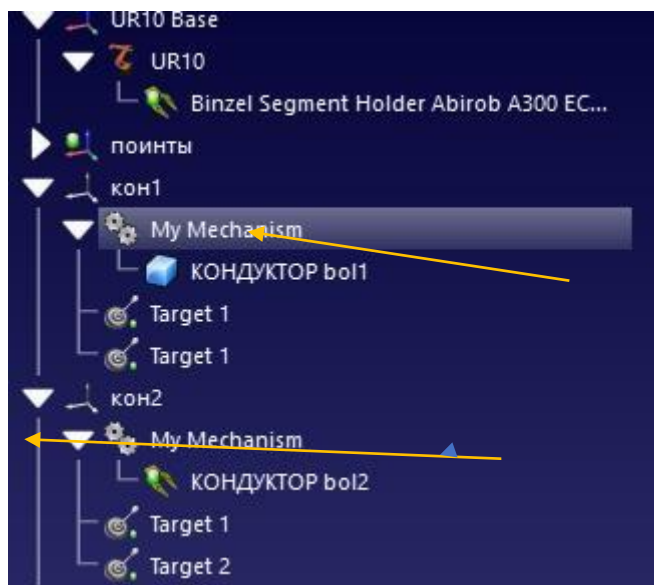
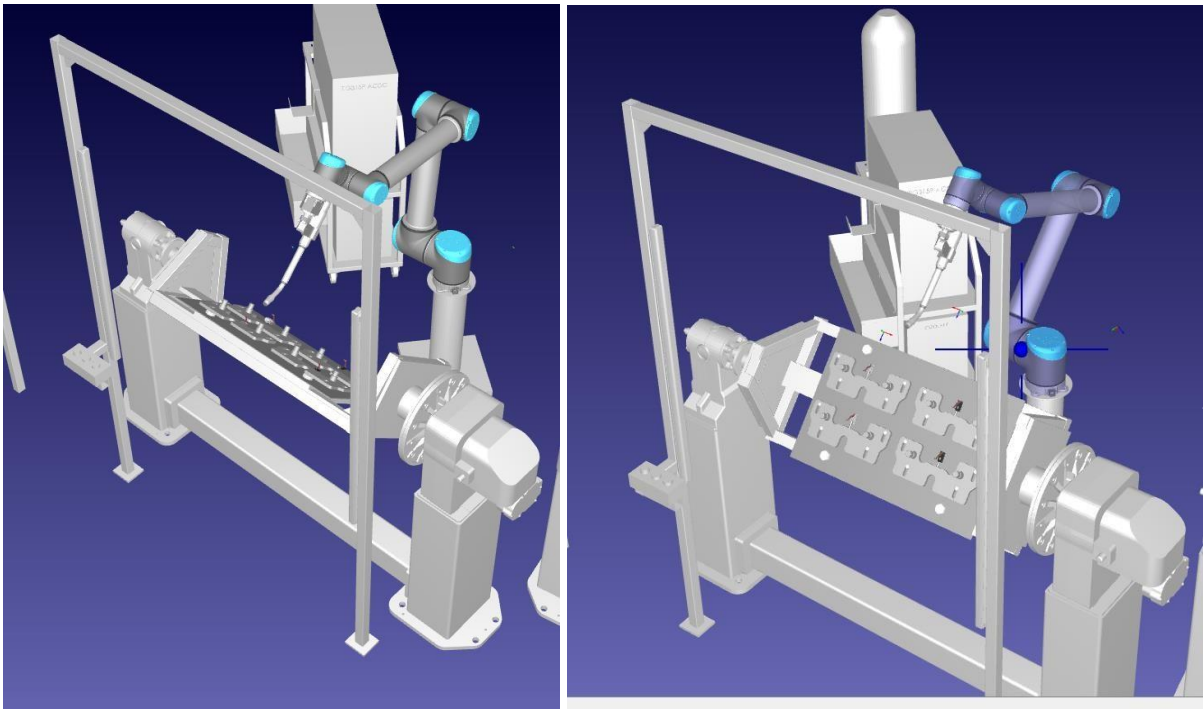


Рис – 7.2



A)

B)

Рис 7.3– наглядне положення позиціонера у положенні (А) повернутим до  
робота і положе

Початкове положення позиціонера відносно підлоги 44 градусів.

Обертач під час роботи робить оберт в 90 градусів Рис

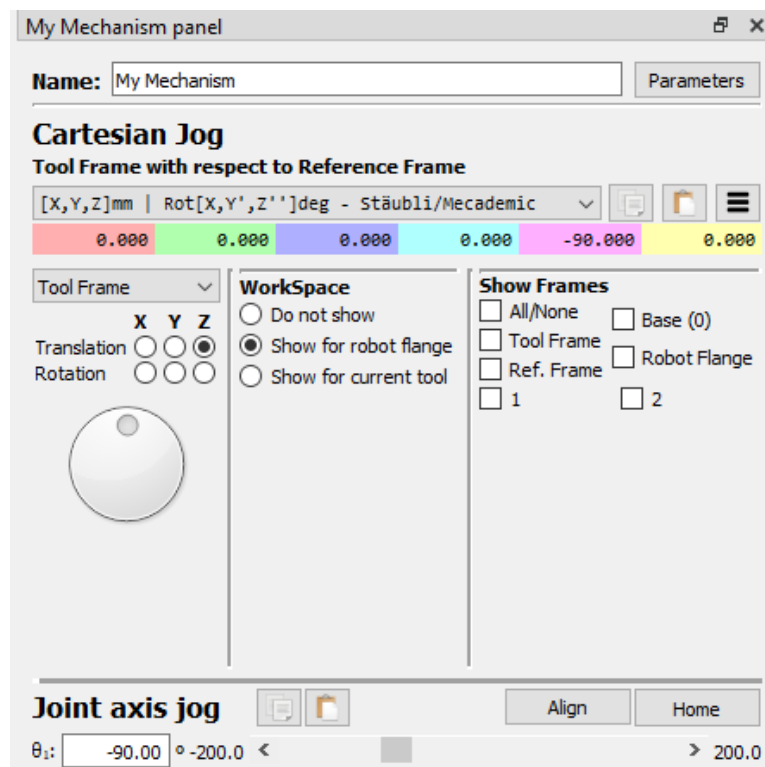


Рис 7.4 – Налаштування обертача у середовищі RoboDK

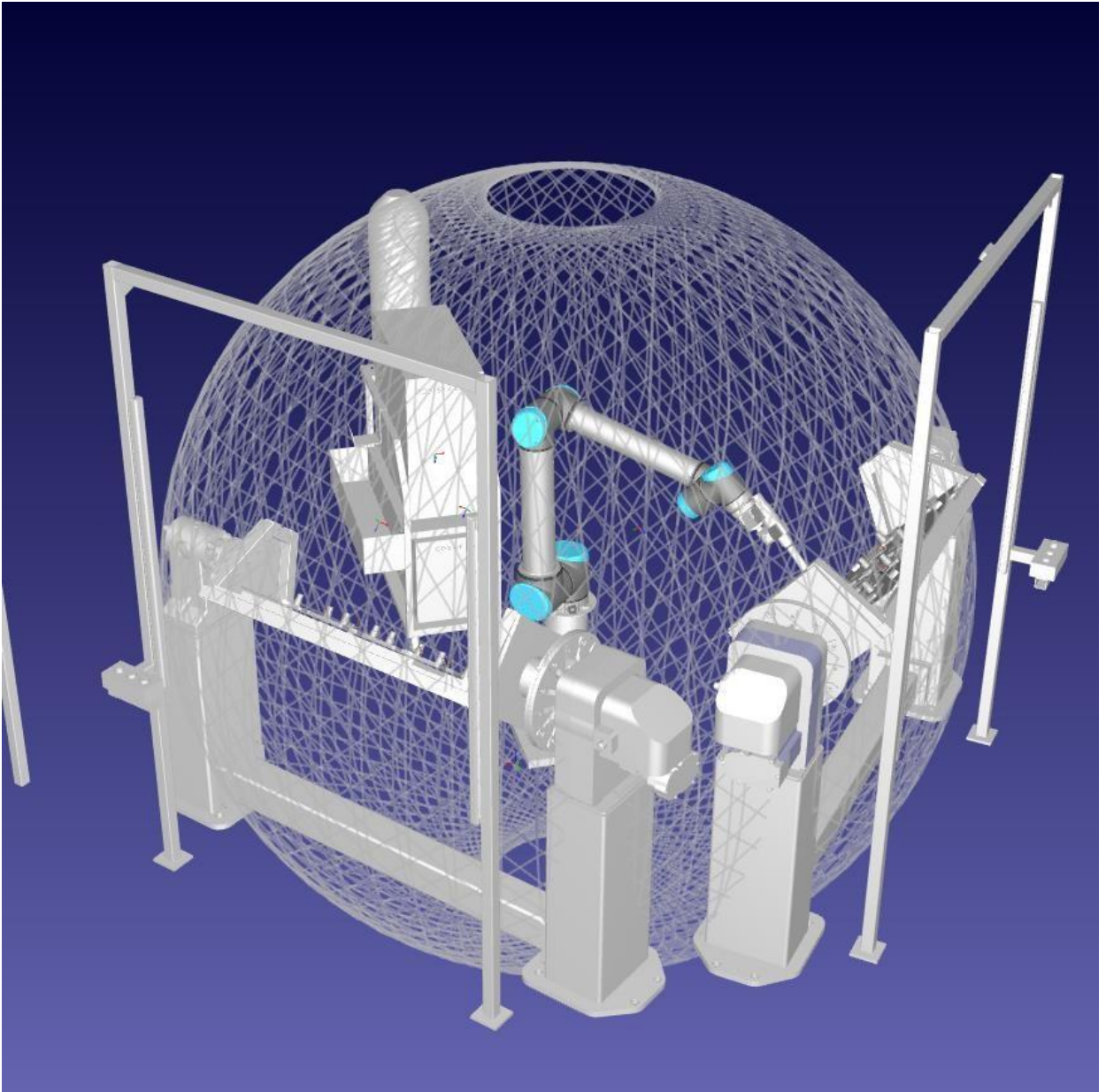


Рис 7.5 – зона досяжності робота

Як бачимо з рисунку вище, зона досягнень робота поглинає позиціонери, тому вибір роботі вірний і його можна використовувати для даної задачі

Колізія - це ситуація, коли два або більше об'єктів знаходяться у фізичному контакті або перетинаються один з одним. У контексті роботів і робототехніки, колізія відбувається, коли робот, його робоче обладнання або будь-який інший об'єкт, пов'язаний з роботом, зіштовхнується з іншими об'єктами.

Колізії можуть мати негативний вплив на безпеку, ефективність та якість робототехнічних процесів. Вони можуть призводити до пошкодження робота, об'єктів, перешкод або призвести до недоробку робототехнічних задач.

Уникнення колізій є важливим аспектом проектування та програмування роботів. Виявлення та управління колізіями дозволяє забезпечити безпеку, попередити пошкодження обладнання та забезпечити правильну роботу у відповідності до заданих параметрів та умов.

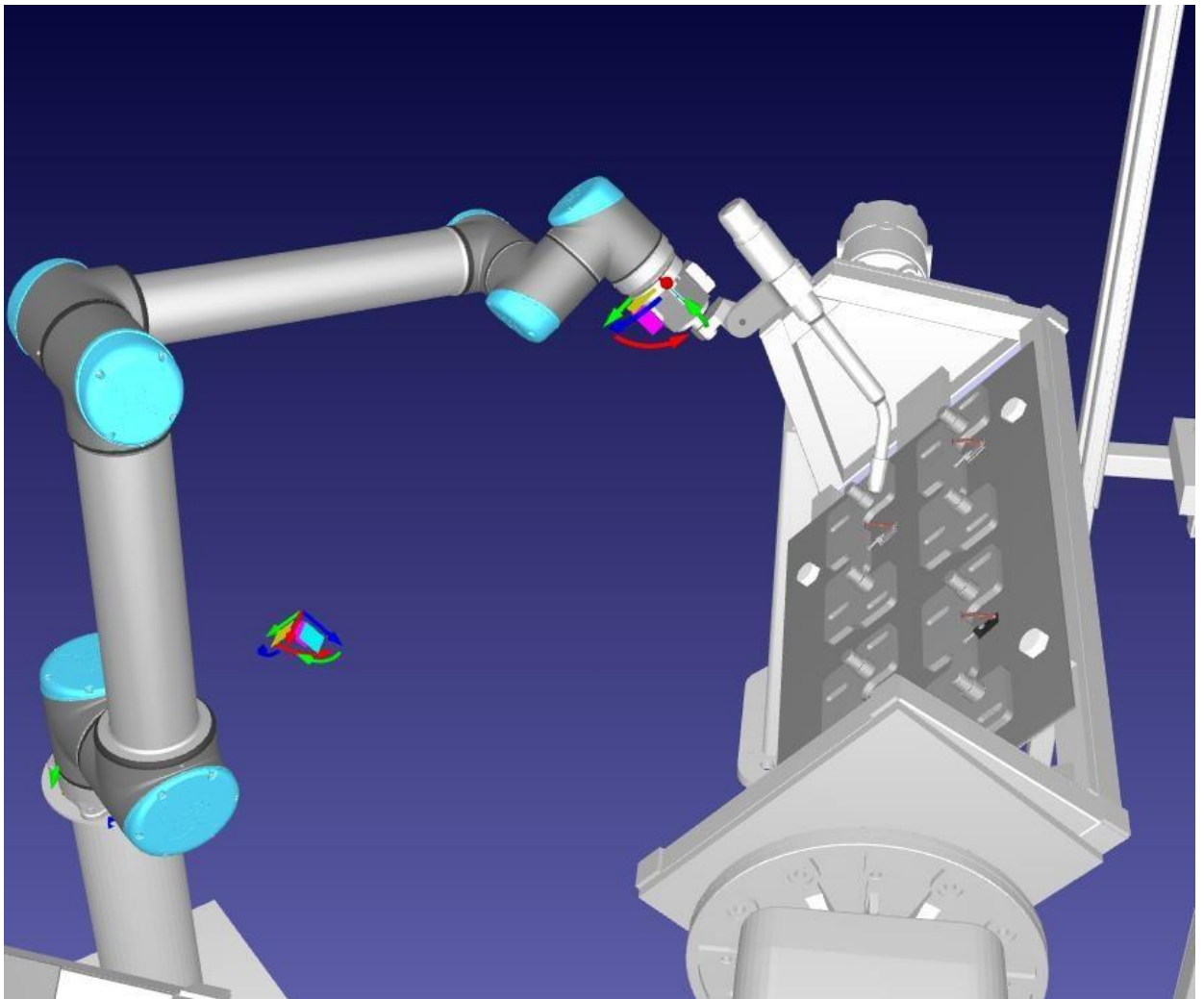
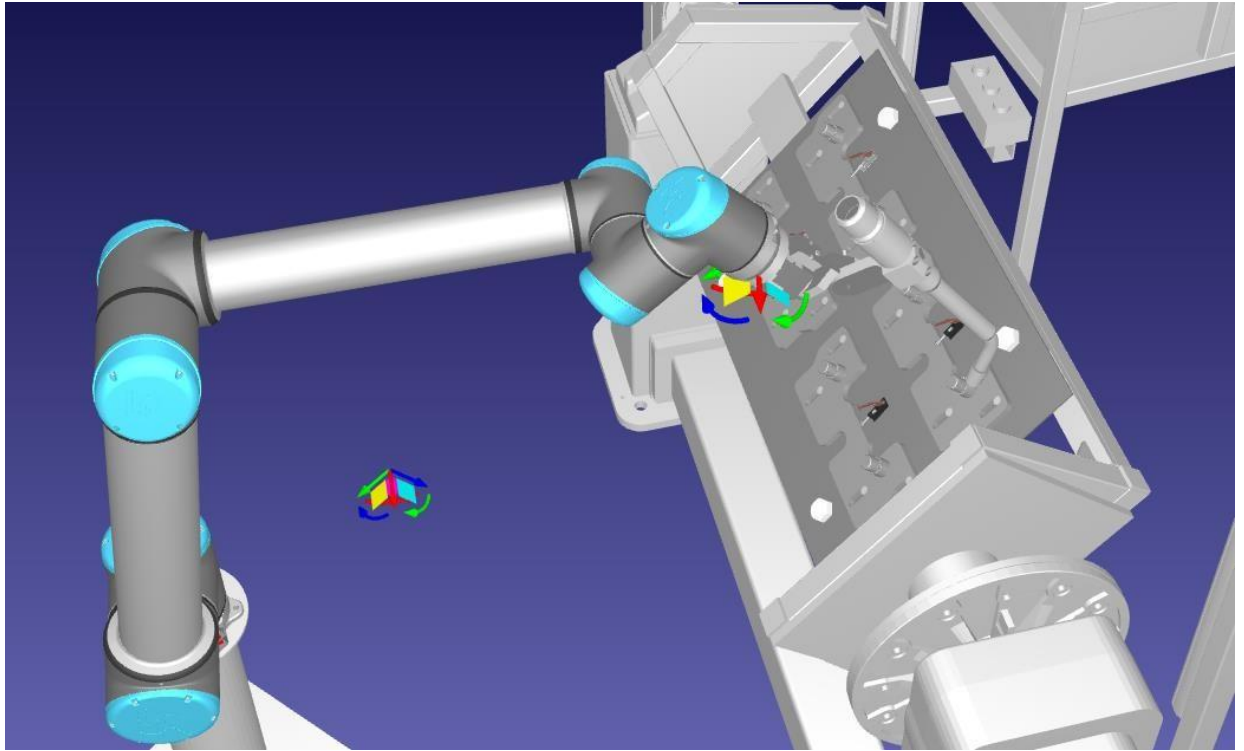
У сфері робототехніки, програмне забезпечення, таке як RoboDK, може виявляти та уникати колізій шляхом перевірки просторової взаємодії робота з його оточенням, зокрема з перешкодами, іншими роботами або самими собою. Такі системи дозволяють виявляти колізії перед реальним виконанням робототехнічних завдань, допомагають уникнути пошкоджень та забезпечують безпеку робота та оточуючого середовища.

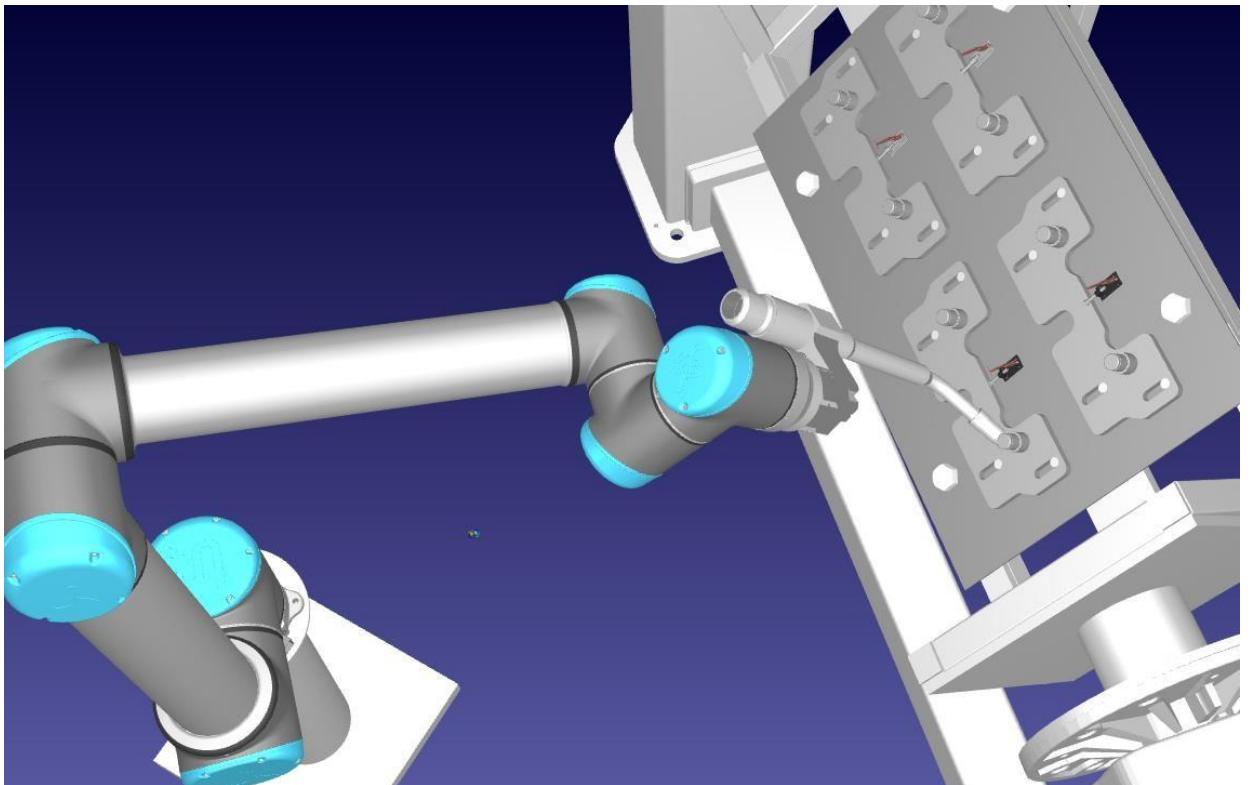
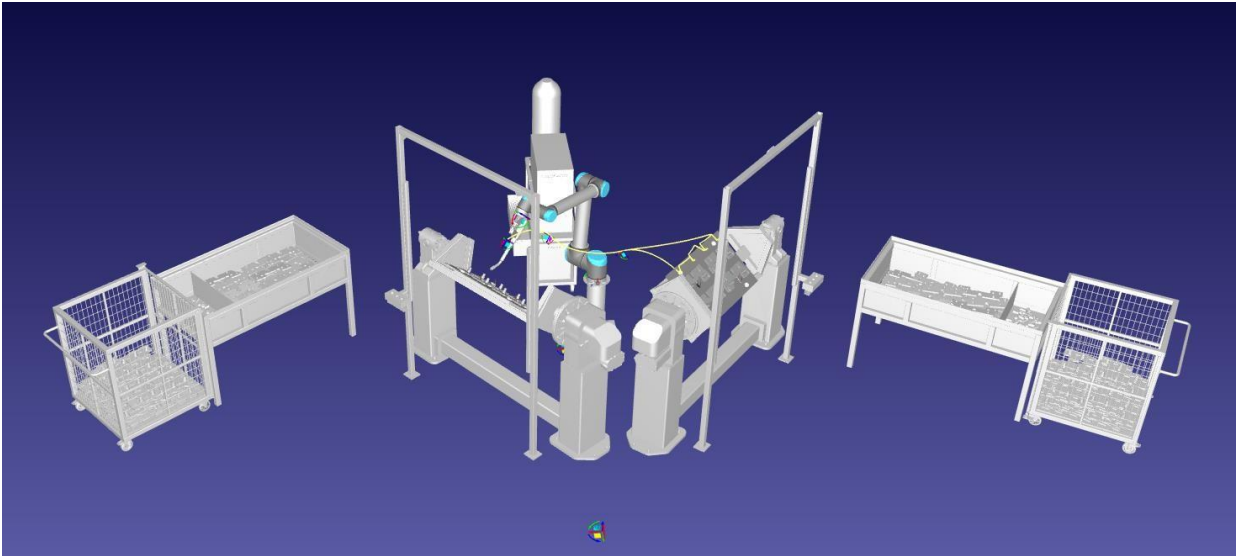
. В нашому випадку вдалося запрограмувати так, що не біло колізій и недосягнених зон . На мапі колізій (Рис) бачимо, що жоден сустав роота не потрапляє в колізію

|                                              | mir | UR10 (J0) | UR10 (J1) | UR10 (J2) | UR10 (J3) | UR10 (J4) | UR10 (J5) | UR10 (J6) |
|----------------------------------------------|-----|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| mir                                          | ✖   | ✓         | ✓         | ✓         | ✓         | ✓         | ✓         | ✓         |
| UR10 (J0)                                    | ✓   | ✖         | ✓         | ✓         | ✓         | ✓         | ✓         | ✓         |
| UR10 (J1)                                    | ✓   | ✓         | ✖         | ✓         | ✓         | ✓         | ✓         | ✓         |
| UR10 (J2)                                    | ✓   | ✓         | ✓         | ✖         | ✓         | ✓         | ✓         | ✓         |
| UR10 (J3)                                    | ✓   | ✓         | ✓         | ✓         | ✖         | ✓         | ✓         | ✓         |
| UR10 (J4)                                    | ✓   | ✓         | ✓         | ✓         | ✓         | ✖         | ✓         | ✓         |
| UR10 (J5)                                    | ✓   | ✓         | ✓         | ✓         | ✓         | ✓         | ✖         | ✓         |
| UR10 (J6)                                    | ✓   | ✓         | ✓         | ✓         | ✓         | ✓         | ✓         | ✖         |
| Binzel Segment Holder Abirob A300 ECO v1 (7) | ✓   | ✓         | ✓         | ✓         | ✓         | ✓         | ✓         | ✓         |

Рис 7.6 – мапа колізій

З рисунків (7.7) бачимо, що досягає всіх потрібних частин кондуктора , привожу малюнки нижче та видео , оскільки відео важке, його можна переглянути відскануваши qr код.





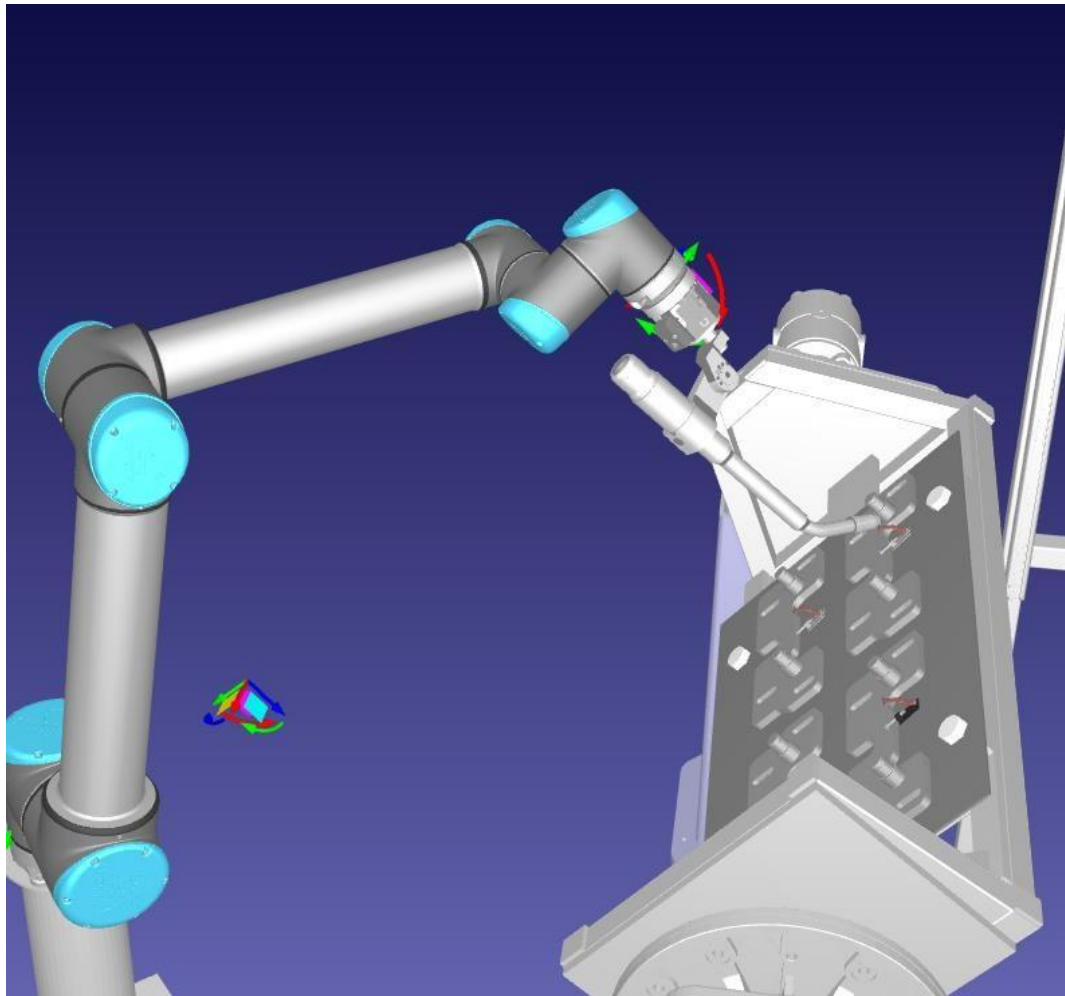


Рис 7.7– вигляд робота з різни ракурсів



Рис – qrкод до олака з додатковим матеріалом

## забезпечення РТК, включаючи питання охорони праці

### 8.1 Характеристики технологічного процесу роботизованого зварювання та опис основних технічних рішень

Основні характеристики технологічного процесу роботизованого зварювання можуть включати наступні елементи:

1. Роботизоване позиціонування: Робот забезпечує точне позиціонування зварювальної головки у визначених точках для зварювання. Це дозволяє забезпечити однакову якість зварювання на всій поверхні з'єднання.
2. Вибір методу зварювання: Технологічний процес роботизованого зварювання може використовувати різні методи, такі як дугове зварювання (наприклад, ММА, МАГ, TIG), лазерне зварювання або електронне зварювання. Вибір методу залежить від типу матеріалу, розміру і форми з'єднання, якості вимог тощо.
3. Зварювальний матеріал: Вибір зварювального матеріалу також впливає на технологічний процес. Різні матеріали мають свої властивості, температурний діапазон зварювання та вимоги до додаткових матеріалів (електродів, наплавлювального дроту тощо).
4. Параметри зварювання: Технологічні параметри, такі як сила струму, напруга, швидкість руху робота, час випалювання, можуть бути встановлені відповідно до потреб зварювання. Ці параметри впливають на швидкість зварювання, глибину проникання, якість з'єднання та сприятливі умови для зварювального матеріалу.
5. Контроль якості: У технологічному процесі роботизованого зварювання можуть бути включені методи контролю якості, такі як неруйнівний контроль (наприклад, візуальна оцінка, ультразвуковий або рентгенівським віпромінюванням) .

За результатами вибору комплексу технічних засобів й відповідно до складеної технічної структури системи керування розроблено комплект її проектної документації. Комплект включає наступні документи:

Графічні:

- 1 – схему автоматизації;
- 2 – принципову електричну схему керування електроприводами робота;
- 3 – принципові електричні схеми живлення робота, контролера, позиціонера, зварювального пристрою;
- 4 – принципову електричну схему підключення до блоку цифрових входів ПЛК робота ;
- 5 – принципову електричну схему підключення до блоку цифрових виходів ПЛК робота ;
- 6 – принципову електричну схему підключення до блоку аналогових входів/виходів ПЛК робота .

Текстові:

- попередній перелік обладнання до всіх графічних документів;
- пояснювальна записка до проекту.

8.2. Розробка принципів креслень монтажно-ремонтної документації та його фланця

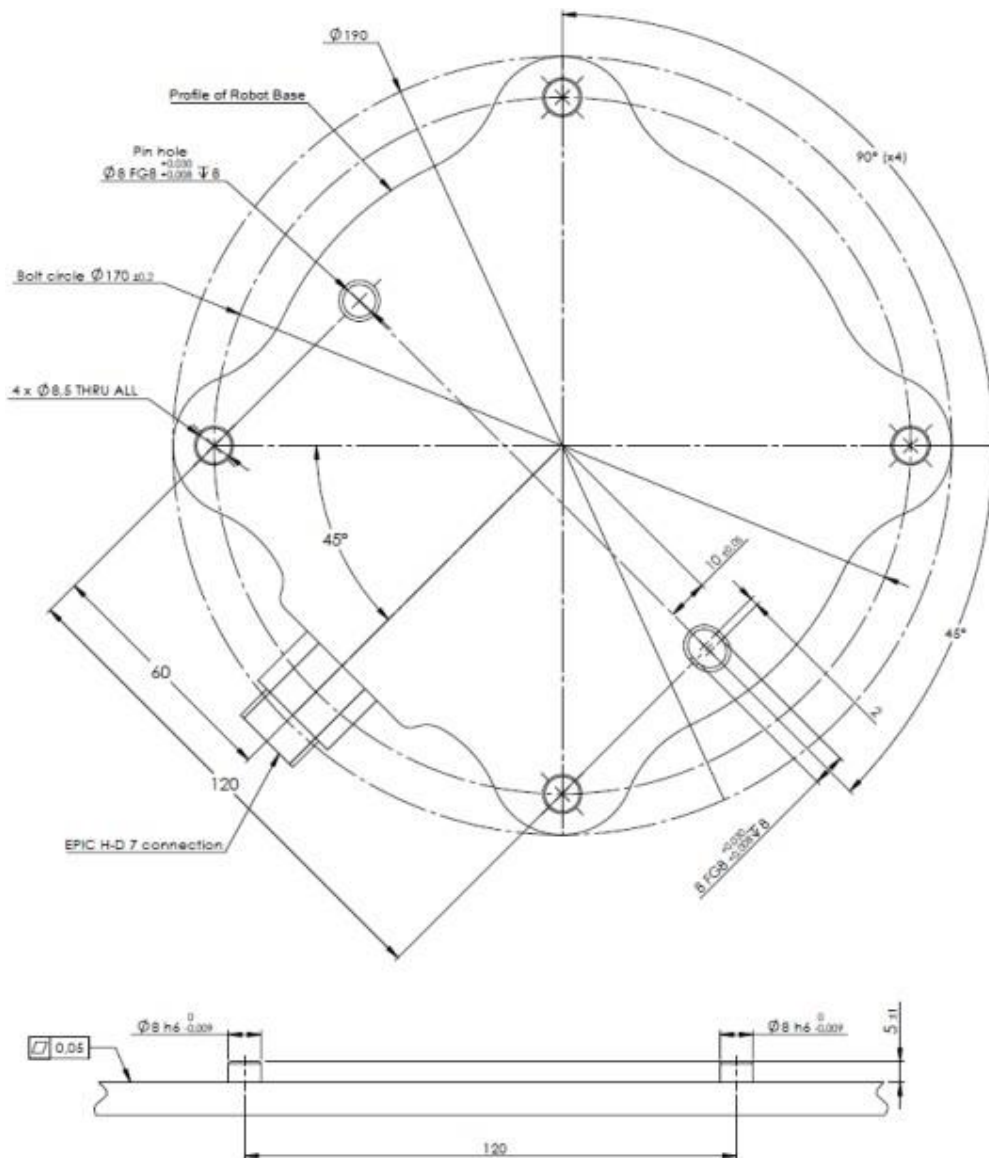


Рис 8.1 - Отвори для монтажу робота. Використовуються чотири болти М8 .  
Усі вимірювання наведено в мм

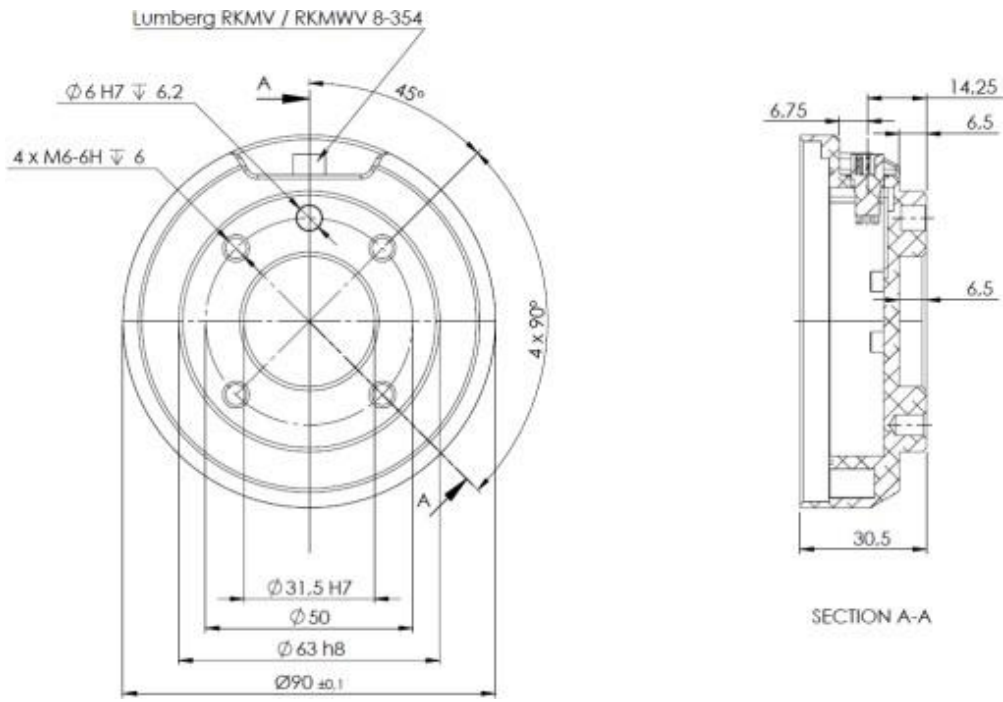


Рис 8.2 -Фланец для приєднання інструменту, ISO 9409-1-50-4-M6.

8.3 Розробка принципової електричної схеми живлення контролера та панелі оператора

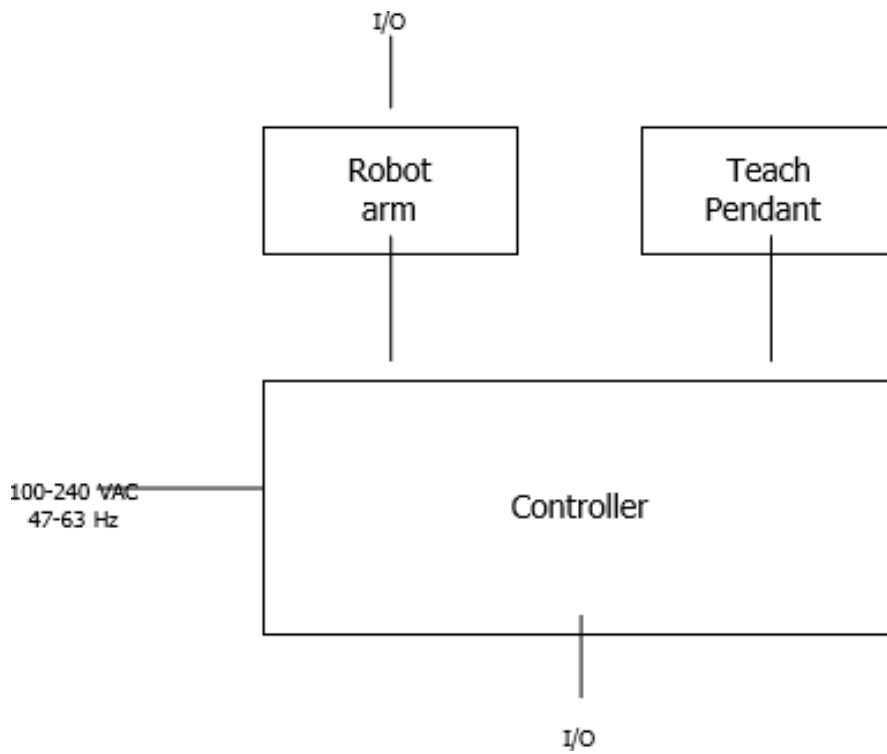


Рис 8.3 - загальна схема UR 10CB3

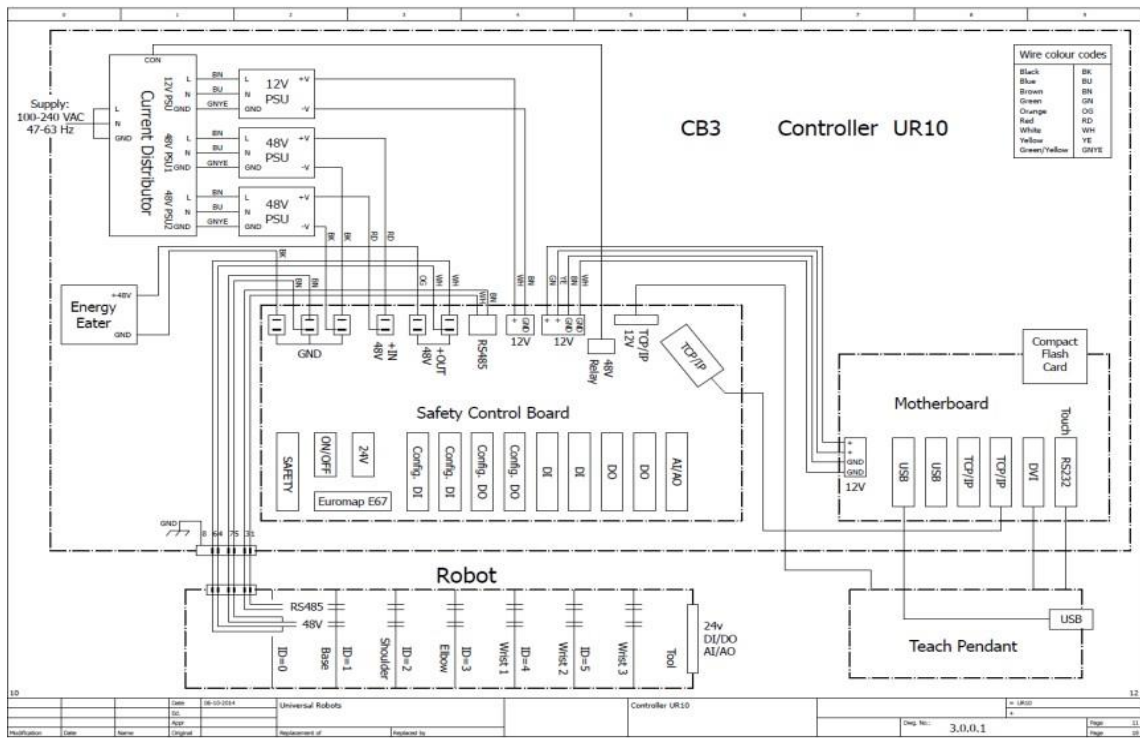


Рис 8.4 – принципова електрична схема живлення контролера робота, панелі управління та самого робота

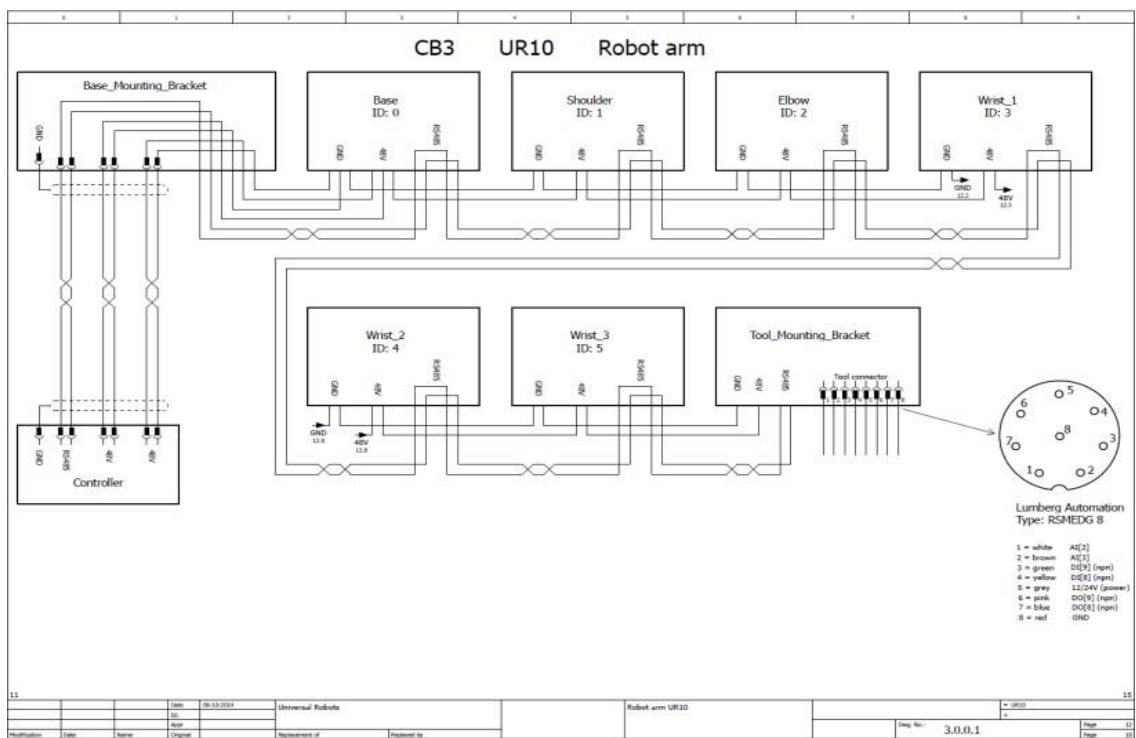


Рис 8.5 - принципова електрична схема живлення сугавів робота та підключення управління сваркою



8.4 Схема автоматизації та розробка принципових електричних схем підключення до модулів ПЛК робота

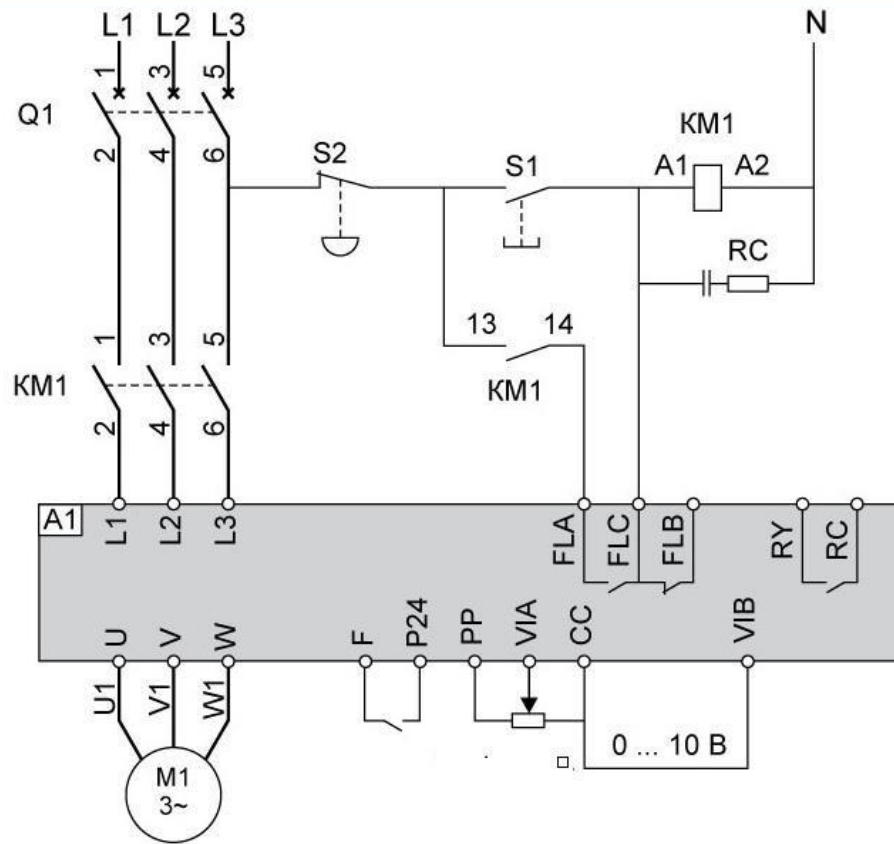


Рис 8.8– електрична схема підключення позиціонера та частотника



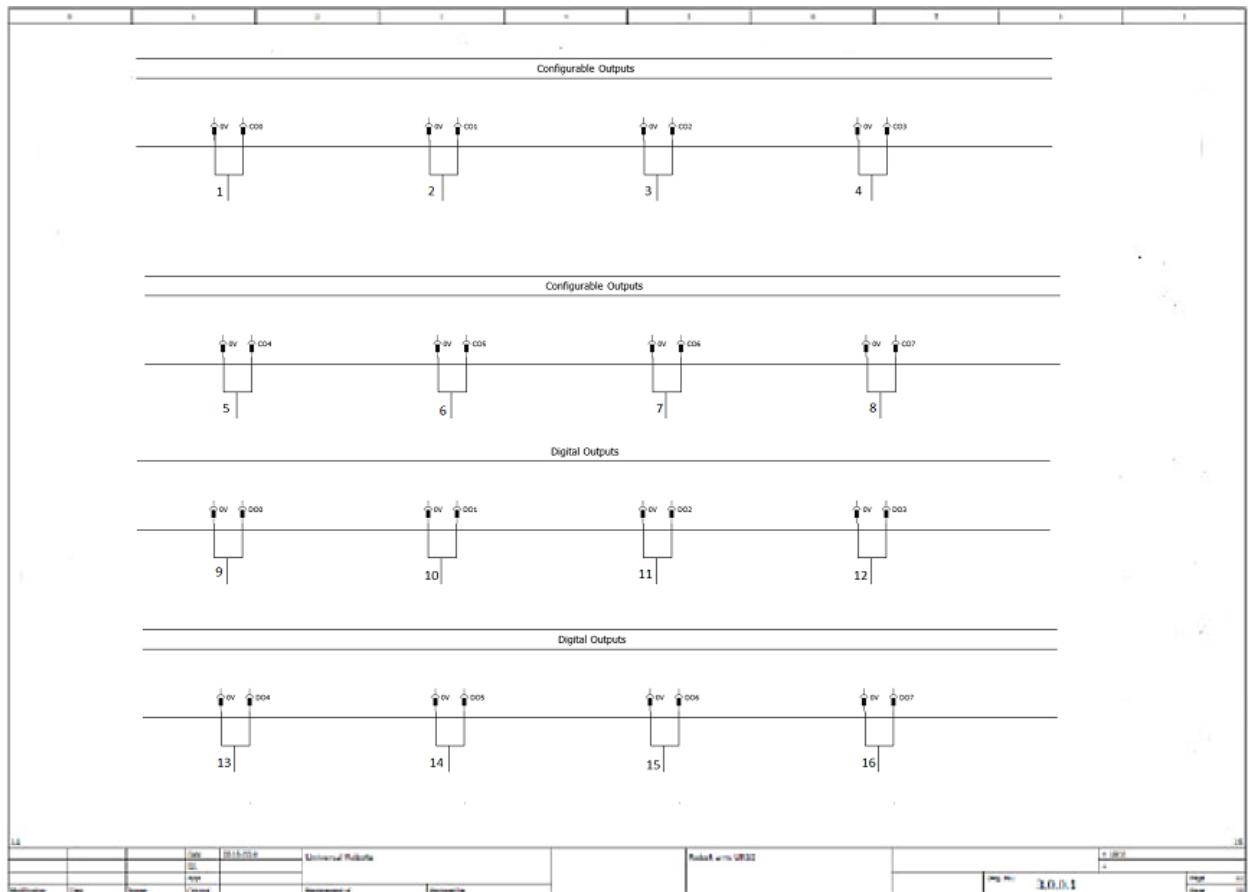


Рис 8.10 - принципова електрична схема підключення до блоку цифрових виходів ПЛК робота

- 1- Сигнал 1.0 на позиціонер 1
- 2- Сигнал 2.0 на позиціонер 2
- 3- Сигнал 1.1 на позиціонер 1
- 4- Сигнал 2.1 на позиціонер 2
- 5- Сигнал до оператора про закінчення зварювання на позиціонері 1
- 6- Сигнал до оператора про закінчення зварювання на позиціонері 2
- 7- Сигнал на старт програми зварювання на позиціонері 1
- 8- Сигнал на старт програми зварювання на позиціонері 2
- 9- Сигнал управлінням пальника,зварювання
- 10 – Сигнал на аварійну зупинку позиціонера 1
- 11 - Сигнал на аварійну зупинку позиціонера 2
- 12 – Сигнал на продовження програми з місця аварійної зупинки
- 13-16 – Сигнали на управління зварювальним джерелом

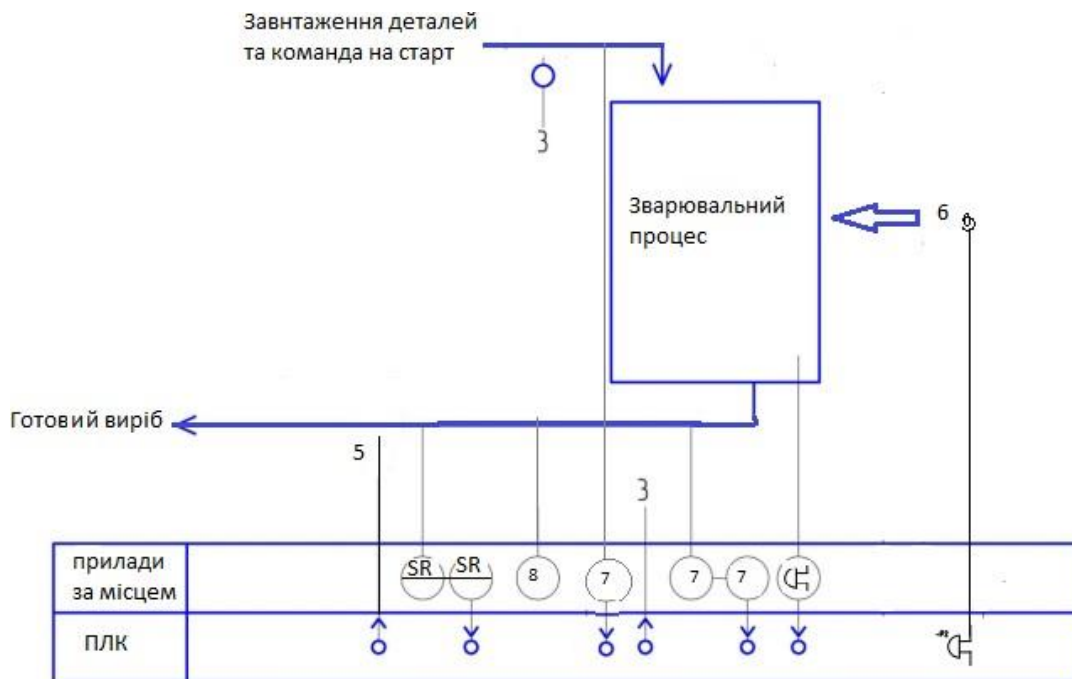


Рис 8.11 – схема автоматизації

В данному випадку в ролі ПЛК виступає контролер робота і його достатньо для управління всім РТК

- SR – інформація з частотника, що він зробив оберт
- 3 – це сигнал пуску програми
- 5 – сигнал на другий позиціонер, щоб він почав працювати
- 6 – аварійна зупинка через кнопку
- 7- перевірка безпеки через світову завісу
- 8 – отримання сигналу від частотника

## 8.5 Охорона праці

В цьому підрозділі проідентифікуємо потенційно небезпечні і шкідливі виробничі фактори, що можуть виникнути при експлуатації установки. Наведемо їх гранично-допустимі концентрації з посиланням на нормативні акти, в яких вони встановлені, та зазначимо наслідки від їх впливу. Зведемо дані у таблицю 8.1.

Таблиця 8.1 – Характеристика потенційно небезпечних та шкідливих виробничих факторів

| № з/п | Найменування небезпечних та шкідливих виробничих факторів | Нормоване значення    | Можливі наслідки від дії                           |
|-------|-----------------------------------------------------------|-----------------------|----------------------------------------------------|
| 1.    | Підвищена або знижена температура повітря робочої зони    | 20-24 °С              | Стан втоми, перегрів або переохолодження організму |
| 2.    | Підвищена або знижена рухливість повітря                  | 0,3-0,4 м/с           | Простудні захворювання, перегрів організму         |
| 3.    | Підвищена або знижена вологість повітря                   | 60-75%                | Ревматичні, алергічні, захворювання                |
| 4.    | Недостатня освітленість робочої зони                      | КПО -1,2%,Е – 200 лк. | Стан втоми, перенапруження зорових аналізаторів    |

Охорона праці на роботизованій сварочній ділянці має велике значення для забезпечення безпеки працівників. Основні аспекти охорони праці на такій ділянці включають:

1. Заходи безпеки перед початком роботи: Перед початком роботи необхідно перевірити наявність і правильність використання захисного обладнання, такого як рукавиці, спеціальний одяг, окуляри або шоломи. Також важливо перевірити, чи працюють безпечно всі пристрої та системи,

такі як пожежний тривожний сигнал, система вентиляції, електричні системи безпеки тощо.

2. Відокремлення робочої зони: Роботизована сварочна ділянка повинна бути відокремлена від зон доступу працівників, щоб уникнути небезпечного контакту з рухомим роботом або сварочними джерелами. Це можна досягти за допомогою бар'єрів, огорожень або інших фізичних обмежень.

3. Навчання та інструктаж: Працівники, які працюють на роботизованій сварочній ділянці, повинні пройти навчання та інструктаж з питань безпеки. Це включає ознайомлення з правильним використанням обладнання, процедурами екстреної зупинки, навичками евакуації та розуміння потенційних небезпек.

4. Використання захисних систем: Роботизовані сварочні ділянки часто включають захисні системи, такі як сварочні штори або сварочні кабіни, що забезпечують фізичний бар'єр між сварочною ділянкою та навколишнім середовищем.

Основні вимоги положень з техніки безпеки:

-під час виконання робіт не можна відволікатися. Потрібно постійно контролювати процес формування шва;

-щоб випадковим перехожим електрична дуга не могла зашкодити, потрібно огородити місце зварювання захистом висотою 1,8 метра;

-у зоні проведення зварювальних робіт слід дотримуватися чистоти. На відстані до п'яти метрів не повинно бути легкозаймистих предметів або вогнебезпечних речовин;

-зварювальник в обов'язковому порядку повинен використовувати спеціальну маску для захисту очей та обличчя;

-на робочому місці зварника всередині приміщення повинна бути обладнана ефективна система вентиляції. У виняткових випадках допускається робота в респіраторі нетривалий час;

-при роботі на висоті фахівець зобов'язаний використовувати страховальні пояси. Важливо надійно кріпити зварювані елементи, щоб унеможливити їх падіння з висоти;

-переносити або пересувати зварювальне обладнання допускається тільки після припинення подачі електроживлення;

-у процесі зварювальних робіт необхідно стежити за кабелями. Дуже важливо, щоб вони не скручувалися;

-при виконанні кузовних робіт на автотранспорті, обов'язково потрібно відключити акумулятор;

-зварювальник повинен носити спеціальний одяг, виконаний зі щільної тканини і просочений вогнетривким складом.

Таблиця 8.2 (продовження) – Характеристика потенційно небезпечних та шкідливих виробничих факторів

| № з/п | Найменування небезпечних та шкідливих виробничих факторів | Нормоване значення                                                                                           | Можливі наслідки від дії                        |
|-------|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| 5.    | Підвищений рівень шуму на робочому місці                  | 80 дБА                                                                                                       | Захворювання органів слуху                      |
| 6.    | Підвищений рівень вібрації на робочому місці              | 0,028 м/с x 10 <sup>-2</sup> /75дБ (загальна вібрація); 2 м/с x 10 <sup>-2</sup> /112 дБ (локальна вібрація) | Захворювання нервової системи                   |
| 7.    | Статичні перевантаження                                   | -                                                                                                            | Стан втоми                                      |
| 8.    | Прямий і відбитий відблиск монітора                       | -                                                                                                            | Стан втоми, перенапруження зорових аналізаторів |

|     |                                                     |                                                                               |                                                               |
|-----|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| 9.  | Знижена контрастність                               | -                                                                             | Стан втоми, перенапруження зорових аналізаторів               |
| 10. | Підвищений рівень електромагніт-ного випромінювання | 10 Вт/м <sup>2</sup>                                                          | Біохімічні зміни в організмі                                  |
| 11. | Підвищений рівень іонізації повітря                 | n+: 1500-3000 одиниць/см <sup>3</sup> ; n-: 3000-5000 одиниць/см <sup>3</sup> | Захворювання верхніх дихальних шляхів, алергічні захворювання |

Таблиця 8.2 (закінчення) – Характеристика потенційно небезпечних та шкідливих виробничих факторів

| № з/п | Найменування небезпечних та шкідливих виробничих факторів                                                             | Нормоване значення                                                                                                                                                                                          | Можливі наслідки від дії                                      |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| 12.   | Канцерогенні, токсичні, мутагенні речовини (озон, оксид азоту, оксид вуглецю, толуол, ксилол, бензол, ізооктан тощо.) | Озон - 0,1 мг/м <sup>3</sup> ; оксид азоту – 5 мг/м <sup>3</sup> ; бензол – 15/5 мг/м <sup>3</sup> ; ксилол – 50 мг/м <sup>3</sup> ; толуол – 50 мг/м <sup>3</sup> ; оксид вуглецю – 20 мг/м <sup>3</sup> . | Біохімічні зміни в організмі                                  |
| 13.   | Мікроорганізми                                                                                                        | -                                                                                                                                                                                                           | Захворювання верхніх дихальних шляхів, алергічні захворювання |
| 14.   | Локальні перенавантаження м'язів кистей рук                                                                           | -                                                                                                                                                                                                           | Тунельний синдром                                             |

|     |                    |   |                           |
|-----|--------------------|---|---------------------------|
| 15. | Монотонність праці | - | Стан втоми, головний біль |
|-----|--------------------|---|---------------------------|

Таблиця 8.3 – Виробниче приміщення, період року, категорія роботи, що виконується, температура, відносна вологість, швидкість руху повітря

| № п.п | Найменування виробничого приміщення | Період року | Категорія роботи, що виконується | Температура, °C | Відносна вологість, % | Швидкість руху повітря, м/с |
|-------|-------------------------------------|-------------|----------------------------------|-----------------|-----------------------|-----------------------------|
| 1     | Операторський пункт                 | Теплий      | Легка 1а                         | 23-25           | 40-60                 | 0,1                         |
| № п.п | Найменування виробничого приміщення | Період року | Категорія роботи, що виконується | Температура, °C | Відносна вологість, % | Швидкість руху повітря, м/с |
| 2     | Операторський пункт                 | Холодний    | Легка 1а                         | 23-25           | 40-60                 | 0,1                         |

Зорову роботу, яку виконує оператор, відповідає наступним розрядам: Б-2 (робота з дисплеєм), та робота зі сваркою(яка в свою чергу дуже шкідлива для зору). Забезпечення нормованих значень КПО та освітлення на роочому оператор досягається за рахунок:

- бокового одностороннього розташування вікон;
- фарбування стелі та стін приміщення у світлі кольори;
- планове очищення скла віконних проїомів;
- застосування систем комбінованого освітлення.

Характеристика та нормовані показники виробничого освітлення наведені у таблиці 8.4.

Таблиця 8.4 – Характеристика та нормовані показники виробничого освітлення

| № | Виробниче приміщення | Вид освітлення      | Найменший розмір об'єкта розрізнення, мм | Розряд та підрозряд зорової роботи | КПО, % | Освітленість, лк |
|---|----------------------|---------------------|------------------------------------------|------------------------------------|--------|------------------|
| 1 | Операторський пункт  | Бічне, одностороннє | 0,30-0,5                                 | Б-2                                | 1      | 400              |

На кожному технологічному об'єкті для забезпечення нормальної експлуатації засобів автоматизації повинні бути затверджені робочі експлуатаційні інструкції та виконавчі схеми електричних і трубних з'єднань апаратури. Перелік інструкцій і схем затверджується головним інженером підприємства.

Пуск і експлуатація технологічного та енергетичного обладнання з несправними та відключеними КВПіА, системою технологічної захистів і пристроями необхідними для експлуатації обладнання в режимі ручного керування, забороняються. У процесі пуску і зупинки устаткування в режимі ручного керування необхідно стежити за проходженням відповідних операцій за показаннями контрольно-вимірювальних приладів. При порушенні встановленої послідовності, тривалості операцій і відхиленні параметрів від заданих слід негайно зупинити обладнання і повернути його в початковий стан.

Реле й засоби захисту, пристрої технологічної автоматики, а також прилади, за якими ведеться контроль за роботою обладнання повинні бути опломбовані. При необхідності проведення будь-яких робіт на панелях, в щитах і ланцюгах захисту і електроавтоматики умови ввімкненого основного обладнання слід вжити заходів обережності проти помилкових дій в результаті помилок персоналу. Виконання цих робіт без виконавчих схем (по пам'яті), а також без заданих обсягів і послідовностей операцій

забороняється. Після проведення робіт у вторинних ланцюгах слід перевірити справність цих ланцюгів і правильність їх приєднання шляхом випробування пристрою (схеми) в дії безпосередньо або побічно.

Безпека обслуговуючого персоналу і сторонніх осіб повинна забезпечуватися шляхом застосування належної ізоляції, дотримання відповідних відстаней до струмоведучих частин або шляхом їх закриття, огороження застосування блокування апаратів, заземлення або занулення корпусів електроустаткування і елементів електроустановок, які можуть опинитися під напругою внаслідок пошкодження ізоляції.

Монтажні ремонтні роботи в електричних мережах і пристроях або поблизу них, також роботи по приєднанню і від'єднанню проводів повинні проводитися тільки при знятій напрузі.

Засоби автоматизації з джерелами електроенергії, які знаходяться під напругою або на які в будь-який момент може бути подана напруга, вважаються чинними електроустановками і на них поширюються правила по техніки безпеки. Слюсарно-монтажний інструмент з ізолюючими рукоятками, викрутки, кліщі, плоскогубці та ін. широко застосовуються при роботах без зняття напруги в електроустановках напругою  $\sim 220\text{В}$  /  $\sim 380\text{В}$ . В якості додаткових засобів захисту застосовуються діелектричні рукавички, діелектричні калоші і діелектричні килими.

Забороняється проводити на ходу, без зупинки машин і механізмів, чищення і змащення рухомих частин, ремонт і заміну окремих деталей.

Всі датчики повинні бути справними, мати чітке клеймо із зазначенням дати перевірки та опломбованими. Забороняється проведення ремонтних робіт на апаратах і комунікаціях, які знаходяться під тиском, на робочому і холостому ходу, наповнених робочими газами, парою, рідинами і т.д.

Перед ремонтом обладнання, механізмів, зчеплених з електродвигунами, обов'язково повинна бути розроблена електрична схема і вивішений попереджувальний плакат «Не включати, працюють люди!».

Перед ремонтом необхідно переконатися в наявності заглушок на вході і виході газу або рідини з обладнання і комунікацій. Заглушки встановлюють з хвостиками, щоб їх можна було бачити. Запобіжники в пристроях автоматики необхідно знімати тільки при відключеному напрузі. Кожен робітник повинен пам'ятати, що електричний струм небезпечний для життя: сила струму 0,1А - смертельна для людини.

Захисного заземлення підлягають металеві неструмоведучих частини електрообладнання, які внаслідок несправності можуть виявитися під напругою і до яких можливий дотик людей. При цьому в приміщеннях з підвищеною небезпекою і особливо небезпечних, а також в зовнішніх пристроях заземлення обов'язково при номінальній напрузі вище 36 В змінного струму і 110 В постійного струму. При напрузі 500 В і вище змінного і постійного струму заземлення обов'язково в усіх випадках, а у вибухонебезпечних приміщеннях захисне заземлення здійснюється при будь-яких напругах змінного і постійного струму.

Відповідно до типових правил пожежної безпеки організація пожежної безпеки покладається на керівників об'єктів, які зобов'язані:

- організувати на підвідомчих об'єктах вивчення і виконання типових правил усіма працівниками підприємства;
- організувати проведення протипожежного інструктажу і заняття з пожежно-технічного мінімуму;
- встановити у всіх приміщеннях підприємства строгий протипожежний режим і контролювати його дотримання;
- періодично перевіряти стан пожежної безпеки об'єкта, наявність і справність технічних засобів боротьби з пожежею.

Пожежну безпеку окремих підрозділів підприємства (цехів, лабораторій, майстерень, складів і т.п.) забезпечують їх безпосередні керівники, які зобов'язані:

- забезпечити дотримання на підпорядкованих їм ділянках встановленого протипожежного режиму;

- стежити за справністю виробничого обладнання та негайно вживати заходів до усунення несправностей, що призводять до пожежі;

- стежити за тим, щоб після закінчення роботи прибиралися спаленні відходи, відключалися електроприймачі;

- забезпечити постійну готовність до дії засобів пожежогасіння, зв'язку та сигналізації.

Усі робітники і службовці промислових підприємств проходять спеціальну протипожежну підготовку, яка складається з протипожежного інструктажу (первинного і повторного) і занять з пожежно-технічного мінімуму, що проводяться за спеціальною програмою.

Для кожного цеху, майстерні та інших об'єктів повинні бути розроблені протипожежні інструкції, погоджені з пожежною охороною підприємства або з місцевими органами державної пожежної охорони. У цих інструкціях визначаються місця і порядок утримання засобів пожежогасіння, пожежної сигналізації і зв'язку; обов'язки працівників при виникненні пожежі, правила виклику пожежної команди, зупинки і відключення устаткування.

У приміщеннях і на території підприємства, як правило, куріння дозволяється тільки в спеціально відведених для цього місцях. Забороняється застосування відкритого вогню (паяльні лампи, факели та ін.) для обігрівання трубопроводів із замерзлимими або застиглими рідинами. Забороняється захаращувати підходи до технологічного устаткування, засобів зв'язку і пожежогасіння, а також проходи і виходи з приміщення.

На кожному об'єкті повинні бути схеми пожежного водопроводу із зазначенням місць встановлення пожежних кранів і гідрантів, місця їх установки повинні бути позначені спеціальними значками і написами «ПК» і «ПГ».

На підприємствах встановлюється електрична пожежна сигналізація, яка служить для швидкого сповіщення служби пожежної охорони про яка виникла пожежі в будь-якому приміщенні або спорудженні підприємства.

Особливо небезпечні виробництва мають бути оснащені засобами автоматичного пожежогасіння: пінного, водяного, порошкового.

#### Висновки за розділом

В ході виконання розділу було розроблено варіант комплекту технічної документації РТК

Розроблений комплект включає основні документи технічного забезпечення РТК . Документації на електричні системи з використанням ПЛК робота та сучасних пристроїв автоматизації.

Також в рамках цього розділу роботи опрацьовано основні питання, пов'язані з охороною праці при експлуатації системи автоматичного керування процесом.

## Розділ 9. Попереднє обґрунтування економічної доцільності впровадженняРТК

9.1. Розрахунок інвестиційних витрат на розробку та реалізацію робототехнічного комплексу

Розрахунок інвестиційних витрат на розробку та реалізацію робототехнічного комплексу включає оцінку всіх необхідних витрат на розробку, виробництво, маркетинг, обладнання та інфраструктуру. Для зручності розрахунку можна розділити витрати на кілька основних складових:

1. Розробка програмного забезпечення і алгоритмів:

- Зарплата програмістів і розробників, які займаються розробкою програмного забезпечення для роботів.
- Витрати на закупівлю або оренду необхідного програмного забезпечення та розробницьких інструментів.
- Витрати на тестування, відлагодження та вдосконалення програмного забезпечення.

2. Розробка апаратної складової:

- Зарплата інженерів, які працюють над розробкою апаратних компонентів роботів.
- Витрати на закупівлю або виготовлення необхідних електронних компонентів, сенсорів, механізмів та інших деталей.
- Витрати на тестування, вдосконалення та виробництво прототипів.

3. Маркетинг та просування:

- Рекламні кампанії, виставкові виступи, демонстрації та інші заходи для просування робототехнічного комплексу.
- Розробка маркетингових матеріалів, веб-сайту та інших засобів зв'язку зі споживачами.
- Витрати на дослідження ринку та аналіз конкурентів.

4. Обладнання та інфраструктура:

- Витрати на закупівлю необхідного обладнання, включаючи комп'ютери, робочі станції, робототехнічне обладнання тощо.
- Оренда або купівля виробничого приміщення

Перелік обладнання та ціноутворення ( Ціни вказані у гривні з врахунком ПДВ, ціна може змінюватися залежно від курсу валюти )

1. Робот Universal Robot 10CB3 – 1483897,59 грн
  2. Зварювальне обладнання( джерело струму, пальник, балон для суміші,розхідники ) – 66000 грн
  3. Позиціонери та кондуктори – 211000 грн
  4. Світлові завіси -20000 грн
  5. Металеві конструкції – 36000 грн
  6. Захисний чохол для робота – 10000 грн
- Загальна ціна обладнання – 1843000грн

Але окрім придбання обладнання, потрібно врахувати ще послуги програмування, налагоджування та розробки РТК

Ціни на інтелектуальну працю наступні

1. Програмування – 250000 грн
  2. Пуско- налаштовувальні роботи – 80000 грн
  3. Розробка та проектування РТК – 50000 грн
- Загальна ціна – 380000 грн

Враховуючи, що на виробництві є приміщення, тобто арендну плату платити не треба. Загальна сума інвестицій становить -2223000 грн

9.2. Розрахунок показника економічного ефекту від модернізації системи керування

Працівник на виробництві за 8 годину зміну зварює 240 деталей, тобто на одну деталь витрачає 2 хвилини. Робот в свою чергу витрачає цей час на зварювання 4 заготівок. 1 цикл роботи робота – 4 хв, або 8 деталей .

Підприємство з однієї деталі отримує 9 грн чистого прибутку. Тобто одна людина приносить підприємству за 25 робочих днів( 1 місяць) –

$240*25*9= 54000$  грн прибутку, це вируавши затрати на маркетинг меджнмент, логістику, собівартість матеріалу та працю працівника .

Робот в свою чергу зварює, я кщо в 1 зміну – 960деталей/добу , якщо в 2 – 1920 деталей/добу. Тільки прибуток з деталі вже виростає до 10, бо браку стало сутєво менше , та висококваліфікованого зварщика вже не потрібно, а потрібен оператор , який буду забивати кондуктор заготівками та знімати їх. Данна праця оцінюється між меншою заробитньою платою на ринку Укриїни.

Тобто робот заробляю для підприємства в 1 зміну місяць  $960*25*10=240000$  грн, а за дві зміни 480000 грн. Тобто повне повернення інветицій, при повній завантаженості виробництва, відбудеться, якщо робот буде працювати в 1 зміну  $2223000/240000 – 9,2$  місяці , якщо в 2 зміни  $2223000/480000- 4,6$  місяці .

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Хобін В. А. Конспект лекцій з курсу "Ідентифікація та моделювання технологічних об'єктів" [Електронний ресурс] : для студентів, які навчаються за спец. 151 - "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" ден. та заоч. форм навчання / В. А. Хобін ; відп. за вип. В. А. Хобін ; Каф. автоматизації технологічних процесів і робототехнічних систем. — Одеса : ОНАХТ, 2016. — Електрон. текст. дан.: 96 с.

<https://elc.library.ontu.edu.ua/library-w/DocumentDescription?docid=OdONAHТcnv.BibRecord.157312>

2. Хобін В.А., Світий І.М. Теорія автоматичного керування: Посібник до виконання комплексної курсової роботи. Одеська національна академія харчових технологій, 2020. – 277 с.

3. Муратов В. Г. Метрологія, технологічні вимірювання та прилади [Текст] : навч. посіб./ В. Г. Муратов. — Вид. 2-ге, допов. — Київ : Освіта України, 2016. — 364 с.

<https://elc.library.onaft.edu.ua/library-w/DocumentDescription?docid=OdONAHТcnv.BibRecord.155904>

4. Савицький, Володимир Костянтинович Технічні засоби автоматизації [Текст]: навч. посіб. /В.К. Савицький, Р.М. Федоришин; Нац. ун-т "Львівська політехніка".— Львів: Вид-во Львів. політехніки, 2018.— 292 с.

<https://elc.library.ontu.edu.ua/library-w/DocumentSearchResult?jsessionid=6CD40B15F14DD9265BF7FD9A559C892C>

5. Левінський В. М. Конспект курсу лекцій з курсу "Технічні засоби автоматизації". Розділ "Виконавчі пристрої" [Електронний ресурс] : для студентів спец. 151 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" ден. та заоч. форм навчання / В. М. Левінський, М. В. Левінський ; відп. за вип. В. А. Хобін ; Каф. автоматизації технологічних процесів і робототехн. систем. — Одеса : ОНАХТ, 2018. — Електрон. текст. дані: 150 с.

<https://elc.library.ontu.edu.ua/library-w/DocumentDescription?docid=OdONAHТcnv.BibRecord.162866>

6. Левінський В. М. Основи створення проектів автоматизації в середовищі ТІАPortal [Електронний ресурс] : електрон. навч. посіб. для підгот. студентів спец. "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" / В. М. Левінський, М. В. Левінський ; Одес. нац. акад. харч. технологій. — Одеса : ОНАХТ, 2019. — Електрон. текст. дані: 177 с.

<https://elc.library.ontu.edu.ua/library-w/DocumentDescription?docid=OdONAHТcnv.BibRecord.166190>

7 . <https://www.universal-robots.com/>

8 . <https://www.universal-robots.com/articles/>

9. Скаковський Ю. М. Конспект лекцій з курсу "Проектування систем автоматизації". Ч. 2 [Електронний ресурс] : для студентів проф. напряму підгот. 6.050202 всіх форм навчання / Ю. М. Скаковський ; відп. за вип. В. А.

Хобін ; Каф. АТП і РС. — Одеса: ОНАХТ, 2017. Електрон. текст. дані: 117 с.  
<https://elc.library.ontu.edu.ua/library-w/DocumentDescription?docid=OdONAHТcnv.BibRecord.160548>

10. Безпека життєдіяльності та основи охорони праці : конспект лекцій [Електронний ресурс]\_/ О. О. Фесенко, В. М. Лисюк, С. М. Неменуца, З. М. Сахарова ; Каф. безпеки життєдіяльності. — Одеса : ОНАХТ, 2021. — Електрон. текст. дані: 149 с.  
<https://elc.library.ontu.edu.ua/library-w/DocumentDescription?docid=OdONAHТ.1739079>