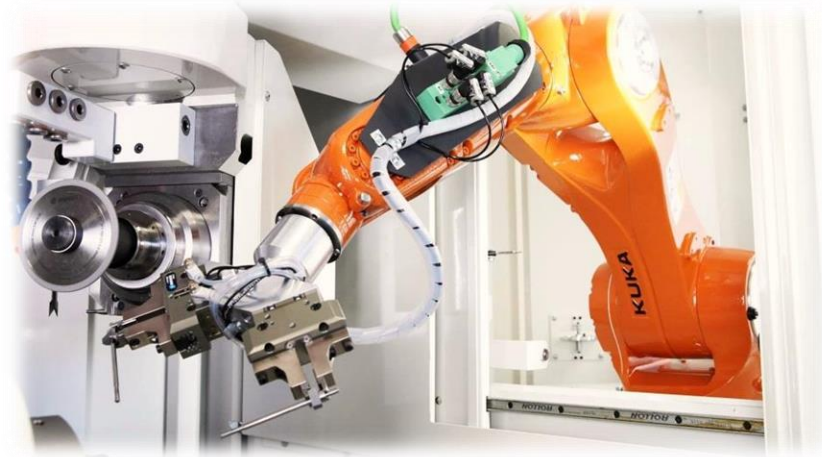


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Верстати та обладнання з ЧПК
Курс лекцій. Частина 1



ПРОГРАМУВАННЯ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЯ ПРОМИСЛОВИХ РОБОТІВ

Навчальний посібник

*Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
як навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра
за спеціальністю G9 Прикладна механіка
Електронне мережеве навчальне видання*

Укладачі: В.В. Медведєв, Ю.В. Лашина, С.П. Сапон

Київ
КПІ ім. Ігоря Сікорського
2026

УДК 621.9

П 78

Укладачі: *Медведев Вадим Вячеславович*, канд. техн. наук, доц.
Лашина Юлія Вікторівна, канд. техн. наук, доц.
Сапон Сергій Петрович, канд. техн. наук, доц.

Рецензент *Красновид Д.О.*, канд. техн. наук, доц.

Відповідальний редактор *Кореньков, В.М.*, канд. техн. наук, доц., КПП Ігоря Сікорського

Гриф надано Методичною радою КПП ім. Ігоря Сікорського (протокол № 7 від 08.05.2026) за поданням вченої ради Навчально-наукового механіко-машинобудівного інституту (протокол № 10 від 27.04.2026)

П 78

Верстати та обладнання з ЧПК. Курс лекцій. Частина 1. Програмування та експлуатація промислових роботів [Електронний ресурс] : навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за освіт. програмою «Технологія машинобудування» спец. G9 Прикладна механіка / КПП ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: В. В. Медведев, Ю. В. Лашина, С. П. Сапон. – Електрон. текст. дані (1 файл). – Київ : КПП ім. Ігоря Сікорського, 2026. – 144 с.

Наведено курс лекцій з двох основних розділів програмування та експлуатація промислових роботів. В першому розділі наведено відомості про програмне забезпечення для моделювання ефективного програмування рухів роботів. Надано основні функції програми, прийоми роботи з нею. Наведено приклади імітації програмування перенесення вантажів маніпуляторами. Дан приклад палетування та переміщення основи. Надано завдання по оптимізації часу пакетування для самостійної роботи. У другій частині наведено інформацію про експлуатацію реального робота, що знаходиться в лабораторії кафедри. Вказані основні функції пульта керування роботом. Докладно описано основні функції інтерфейсу, індикаторів стану приводів, правила вимкнення та перезавантаження контролера робота, систем координат робота. Наведено відомості про системи захисту від нещасних випадків і налаштування прав доступу до різних функції керування, рух робота без контролера безпеки вищого рівня. Описані принципи керування роботом вручну, виявлення зіткнень та порядок дій в разі зіткнення. Наведена інформація роботи з аналоговими входами ті виходами для налаштування взаємної роботи робота у складі промислових систем. Наведено інформація о першому запуску і налаштуванню роботів.

УДК 621.9

Реєстр. № НП 25/26-335. Обсяг 5,1 авт. арк.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
проспект Берестейський, 37, м. Київ, 03056
<https://kpi.ua>

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів видавничої продукції ДК № 5354 від 25.05.2017 р.

© Медведев В.В., Лашина Ю.В., Сапон С.П., 2026
© КПП ім. Ігоря Сікорського, 2026

ЗМІСТ

Вступ.....	5
Тематичний план лекцій	6
Лекція 1.....	7
1. Функції Kuka.sim pro.....	7
1.1. Інтерфейс користувача	8
1.2. Розміщення та редагування об'єктів.....	9
1.3. Оснащення роботів інструментами	11
1.4. Навчання роботів.....	11
1.4.1. Огляд основних кнопок при навчання робота	12
1.4.2. Інструмент поступального руху	12
1.4.3. Інструмент обертання	13
1.4.4. Інші функції	13
1.5. Зміна базового положення.....	14
1.6. Передача сигналу	14
1.7. Початок моделювання	15
1.8. Модуль симуляції контролера (RCS Module).....	16
1.9. Аналіз і оптимізація програми за допомогою Tracing.....	18
Контрольні питання до лекції 1	21
Лекція 2.....	23
2. Основи керування промисловим роботом	23
2.1. Пульти керування SmartPAD	23
2.1.1. SmartPAD 2.1.1.1. Передня панель SmartPAD	23
2.1.1.2. Задня панель SmartPAD	25
2.1.2. SmartPAD-2 2.1.2.1. Передня панель SmartPAD-2.....	26
2.1.2.2. Задня панель SmartPAD-2	27
2.1.3. Відключення і підключення пульта SmartPAD	28
2.2. Інтерфейс користувача smartHMI.....	31
2.2.1. Клавіатура	32
2.2.2. Рядок стану системи	33
2.2.3. Індикатор стану приводів і вікно умов руху	33
2.2.4. Згорання smartHMI та відображення інтерфейсу Windows	37
2.3. Увімкнення контролера робота та запуск KSS	37
2.4. Виклик головного меню	37
2.5. Типи запуску KSS	39
2.6. Вимкнення або перезавантаження контролера робота.....	40
2.7. Вмикання/вимкнення приводів.....	44
2.8. Вимкнення контролера робота.....	44
2.9. Налаштування мови інтерфейсу користувача	45
2.10. Створення скріншота на smartPAD	45
2.11. Документація онлайн та довідка до повідомлень	45
2.11.1. Виклик документації онлайн	45
2.11.2. Виклик допомоги до повідомлень	46
2.12. Зміна групи користувачів	49
2.13. Групи користувачів	50
2.14. Зміна режиму роботи	51
Контрольні питання до лекції 2	52
Лекція 3.....	53

2.15. Системи координат	53
2.16. Переміщення робота вручну	54
2.16.1. Вікно «Параметри переміщення».....	55
2.16.1.1. Вкладка Загальні	56
2.16.1.2. Вкладка Кнопки.....	56
2.16.1.3. Вкладка Мишка 6D	58
2.16.1.4. Вкладка Позиція КСР	59
2.16.1.5. Вкладка Поточна база і інструмент.....	59
2.16.1.6. Вкладка Виявлення зіткнень	60
2.16.2. Налаштування корекції ручного переміщення.....	61
2.16.3. Вибір інструменту та бази	62
2.16.4. Переміщення по осям за допомогою клавіш переміщення	63
2.16.5. Декартове переміщення за допомогою клавіш	63
2.16.6. Налаштування мишки 6D	64
2.16.7. Визначення орієнтації мишки 6D	66
2.16.8 Декартове переміщення мишкою 6D	67
2.16.9. Тимчасове вимкнення мишки 6D	67
2.16.10 Інкрементне переміщення	68
2.16.11 Вирівнювання інструменту з базою	69
2.16.12. Рух назад за допомогою клавіш переміщення	72
2.16.12.1. Рух назад за допомогою клавіш переміщення – огляд.....	72
2.16.12.2. Запис в буфер.....	73
2.16.12.3. Виконання рухів назад (за допомогою клавіш переміщення)	75
2.17. Переміщення зовнішніх осей	76
2.18 Обхід моніторингу робочого простору	77
Контрольні питання до лекції 3	78
Лекція 4.....	79
2.19. Функції дисплея.....	79
2.19.1. Відображення фактичного положення.....	79
2.19.1.1. Вікно «Фактична позиція», декартовий вигляд	79
2.19.1.2. Вікно «Фактична позиція», вигляд залежно від осі.....	80
2.19.2 Відображення цифрових входів/виходів	82
2.19.3. Відображення аналогових входів/виходів	84
2.19.4. Відображення входів/виходів для зовнішньої автоматики.....	84
2.19.5. Відображення та зміна значення змінної.....	86
2.19.6. Відображення стану змінної	87
2.19.7. Відображення огляду змінних і змінення змінних	88
2.19.8. Відображення циклічних прапорців.....	89
2.19.9. Відображення прапорців	91
2.19.10. Відображення лічильників	92
2.19.11. Відображення таймерів.....	93
2.19.12. Відображення інформації про робота та його контролер	94
2.19.13. Відображення та редагування даних робота	95
2.19.14 Вимірювання та відображення споживання енергії	97
2.19.14.1. Запуск і зупинка вимірювання споживання	100
2.19.14.2. Енергетична модель яка доступна для робота	101
2.19.14.3. Статус енергетичної моделі для кожної осі.....	102
2.19.14.4. Споживання енергії за останні 60 хвилин	103

2.19.14.5 Споживання енергії з моменту останнього холодного запуску	104
2.19.14.6. Споживання енергії між мітками часу	104
2.19.14.7. Встановлення позначки часу для вимірювання споживання енергії ..	105
2.20 Автоматичне оновлення мікропрограми для апаратних компонентів	106
2.20.1 Негайний запуск оновлення	108
2.20.2 Початок оновлення пізніше (вручну).....	108
2.20.3 Вікно «Менеджер програмного забезпечення / обладнання».	109
2.21 Відображення стану батареї.....	109
Контрольні питання до лекції 4	111
Лекція 5.....	113
3. Налаштування промислового робота	113
3.1. Захист системи Windows	113
3.2. Перше увімкнення контролера з кінематичною системою.....	113
3.3 Зміна пароля для системи Windows	117
3.3.1. Зміна пароля: повернення значень	118
3.4. Майстер запуску	119
3.5. Зміна конфігурації даних машини.....	120
3.6. Визначення параметрів обладнання	121
3.7. Запобігання несподіваного запуску периферійних пристроїв.....	122
3.7.1. Поведінка з додатковим увімкненням та без нього	122
3.7.2. Налаштування додаткового включення	123
3.7.3. Безпечна робота декілька роботів	125
3.7.4. Сигнал підтвердження після аварійної зупинки	126
3.8. Зміна ідентифікатора безпеки пристрою PROFINET	128
3.9. Увімкнення/вимкнення безпечного декартового моніторингу	129
3.10. Рух робота без контролера безпеки вищого рівня	131
3.11. Перевірка активації моделі робота з високою точністю позиціонування ..	133
3.12. Активація режиму палетування.....	134
Контрольні питання до лекції 5	135
Лекція 6.....	136
3.13. Юстировка	136
3.13.1. Методи юстирування	137
3.13.2. Переміщення осей у положення перед юстируванням за допомогою міток юстирування	139
3.13.3. Переміщення осей у перед'юстувальне положення за допомогою зонда	140
Контрольні питання до лекції 6	142
Контрольні запитання до 1 частини курсу.....	143
Список використаних джерел	144

ВСТУП

Сучасне виробництво неможливо уявити без промислових роботів. Вони забезпечують високу точність, продуктивність і безпеку у виконанні складних завдань. Ефективне застосування промислових роботів вимагає від фахівців глибоких знань у галузях їх програмування та безпечної експлуатації. Тому набуття навичок програмування, налаштування та експлуатації роботизованих систем є надзвичайно актуальним для студентів спеціальності G9 . Навчальний посібник «Програмування та експлуатація промислових роботів» укладено для студентів, які вивчають дисципліну «Верстати та обладнання з ЧПК», а також для фахівців, що прагнуть оволодіти сучасними технологіями автоматизації.

Курс структуровано у дві фундаментальні частини.

У першій частині розглядається програмне забезпечення KUKA.Sim Pro — середовище для моделювання та імітації роботизованих систем. Воно дозволяє створювати віртуальні моделі роботів, програмувати їх та відпрацьовувати рухи без доступу до реального обладнання. Читачи ознайомлюються з інтерфейсом програми, вивчають можливі операції з об'єктами, вчать методи моделювання траєкторії руху та оптимізації робочих циклів.

Другий розділ детально висвітлює питання експлуатації реального роботизованого комплексу на прикладі робота KUKA. Студенти ознайомлюються з можливостями пульта керування, вивчають безпечне вмикання та вимикання контролерів, ознайомлюються з методами керування роботом вручну в різних системах координат, а також розглядають основи діагностики, налаштування прав доступу та роботи з периферійними пристроями.

Метою цього посібника є формування у читачів цілісного уявлення — від створення віртуальної програми до її впровадження на фізичному обладнанні з дотриманням всіх норм безпеки. Надання знань щодо першого запуску робота, його налагодження, оновлення програмного забезпечення. А також, що важливо в сучасному світі, знання основ енергозбереження на промислових підприємствах.

ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ

Тема 1. Функції Kuka.sim pro. Інтерфейс користувача. Розміщення та редагування об'єктів і роботів. Оснащення роботів інструментами. Навчання роботів. Огляд основних кнопок при навчання робота. Змінити базове положення. Передача сигналу. Початок моделювання.

Тема 2. Пульти керування SmartPAD. Відключення і підключення пульта SmartPAD. Інтерфейс користувача smartHMI. Увімкнення контролера робота та запуск KSS. Виклик головного меню. Типи запуску KSS. Вимкнення або перезавантаження контролера робота. Вмикання/вимкнення приводів. Вимкнення контролера робота. Налаштування мови інтерфейсу користувача. Створення скріншота на smartPAD. Документація онлайн та довідка до повідомлень. Зміна групи користувачів. Групи користувачів. Зміна режиму роботи.

Тема 3. Системи координат, що застосовуються при управлінні роботом. Основи переміщення робочого інструменту робота. Переміщення зовнішніх осей. Обхід моніторингу робочого простору.

Тема 4. Функції дисплея. Відображення: фактичного положення, цифрових входів/виходів, аналогових входів/виходів, входів/виходів для зовнішньої автоматики, значення змінної, стану змінної, циклічних прапорців, лічильників, таймерів, інформації про робота та його контролер, даних робота, споживання енергії, стану батареї.

Тема 5. Налаштування промислового робота. Перше увімкнення контролера з кінематичною системою. Зміна пароля для системи Windows. Зміна конфігурації даних машини. Запобігання несподіваного запуску периферійних пристроїв. Безпечна робота декілька роботів. Сигнал підтвердження після аварійної зупинки. Увімкнення/вимкнення безпечного декартового моніторингу. Рух робота без контролера безпеки вищого рівня. Перевірка активації моделі робота з високою точністю позиціонування. Активація режиму палетування.

Тема 6. Юстировка. Методи юстирування. Переміщення осей у положення перед юстируванням за допомогою міток юстирування або за допомогою зонда.

ЛЕКЦІЯ 1

План лекції

Функції Kuka.sim pro. Інтерфейс користувача. Розміщення та редагування об'єктів і роботів. Оснащення роботів інструментами. Навчання роботів. Огляд основних кнопок при навчання робота. Змінити базове положення. Передача сигналу. Початок моделювання.

1. ФУНКЦІЇ KUKA.SIM PRO

Kuka.Sim Pro це інтелектуальне програмне забезпечення для моделювання ефективного програмування роботів KUKA. За допомогою Kuka.Sim можливо швидко й легко оптимізувати роботу систем і роботів поза виробничим середовищем.

Kuka.Sim Pro пропонує різноманітні функції, які дозволяють створювати та програмувати системи та роботів. Далі будуть представлені та пояснені функції, що стосуються створення програм для керування роботом.

Маючи інтуїтивно зрозумілий графічний інтерфейс, а також широкий набір функцій і модулів, додаток KUKA.Sim дозволяє знаходити оптимальні рішення та досягати максимально можливої ефективності при автономному програмуванні роботів.

Створення планів і схем відбувається просто і зручно. Оптимальне розташування виробничого обладнання можна спланувати вже на ранніх етапах проєкту. Розміщення компонентів виконується шляхом простого перетягування мишею з електронного каталогу.

Більшість компонентів в електронному каталозі мають параметричну структуру. Наприклад, можна вибрати захисну огорожу і налаштувати її висоту та ширину відповідно до індивідуальних потреб.

Крім того, електронний каталог містить велику кількість захоплюючих пристроїв, стрічкових конвеєрів і захисних огорожень.

1.1. Інтерфейс користувача

Інтерфейс користувача KUKA.Sim Pro фактично розділений на три основні області: меню, область моделювання та панель налаштування параметрів, як показано на рисунку 1.1.

Панель інструментів у верхній частині вікна містить кнопки для відкриття та збереження макетів, а також для навігації по змодельованому робочому простору. Крім того, об'єкти, розміщені в робочій області, можна вибирати та переміщувати за допомогою інструментів «Вибір», «Транс», «Рот» і «PnP».

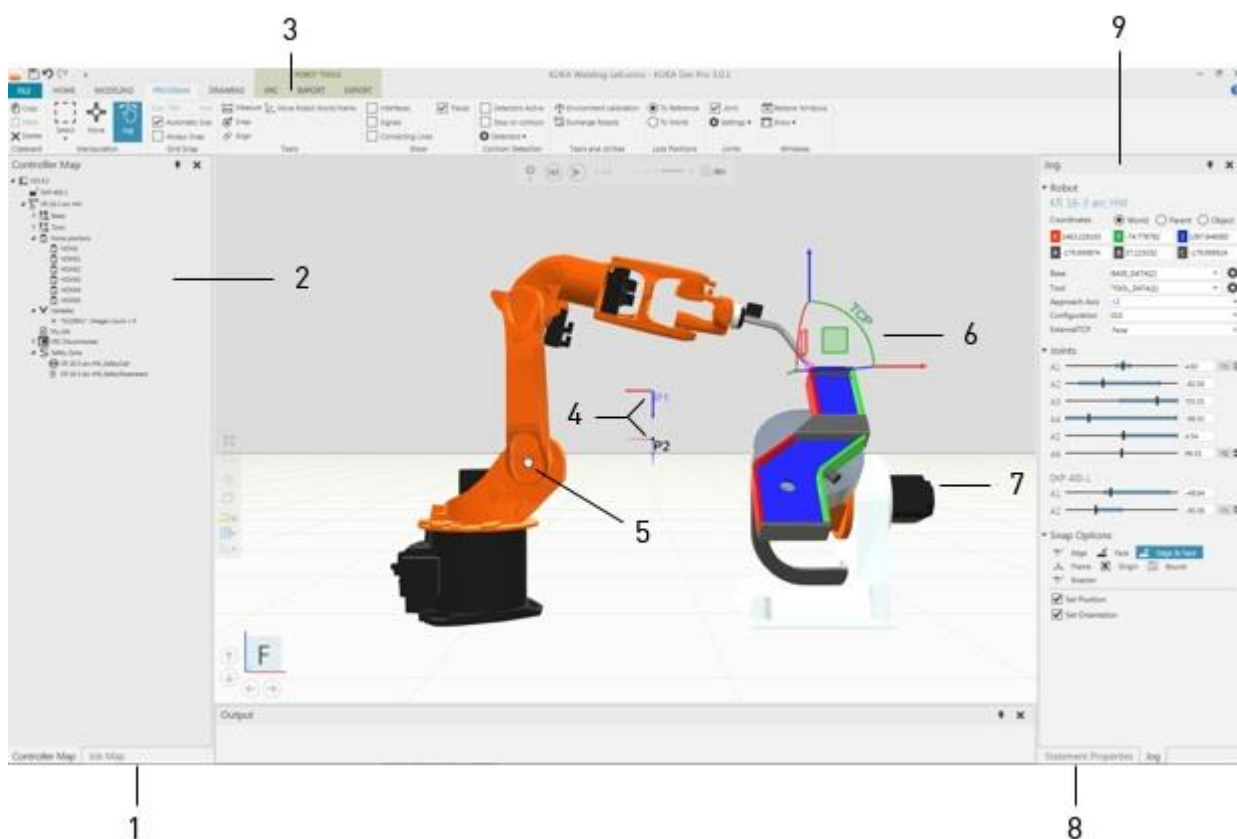


Рисунок 1.1 – Інтерфейс програми. 1 - панель «Карта завдання»; 2 - панель «Карта контролера»; 3 - контекстні вкладки «Інструменти робота»; 4 - позиції робота; 5 - інтерактивне з'єднання; 6 – маніпулятор; 7 - підключений зовнішній кінематичний компонент; 8 - панель «Властивості»; 9 - панель «Рух»

Усі вставлені об'єкти відображаються в робочій області. Крім того, у нижній частині робочої області можна увімкнути або вимкнути відображення систем координат, заданих користувачем точок тощо. Навігацію в робочій області можна здійснювати як за допомогою кнопок на панелі інструментів, так і за допомогою миші в поєднанні з клавішами «Shift» і «Alt».

На лівому краю вікна програми розташоване вікно, яке містить електронний каталог деталей, а також інструменти для параметризації об'єктів (рисунок 1.2) і навчання роботів.

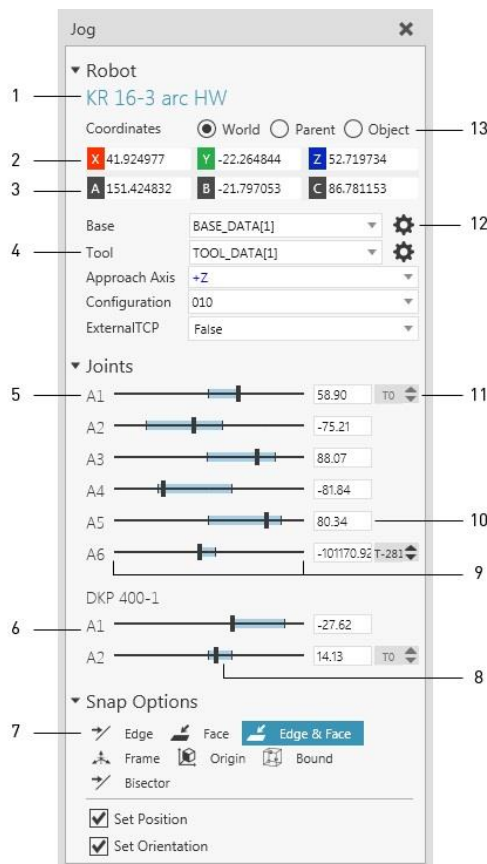


Рисунок 1.2 – Панель «Рух». 1 - назва вибраного робота; 2 - значення положення кінця руки; 3 - значення орієнтації кінця руки; 4 - конфігурація робота та маніпулятора; 5 - з'єднання вибраного робота; 6 - з'єднані зовнішні з'єднання; 7 - параметри прив'язки для маніпулятора; 8 - Мінімальне та максимальне значення, досягнуті з'єднанням у поточному стані; 9 - мінімальне та максимальне діапазон з'єднання; 10 - значення з'єднання; 11 - збільшення значення з'єднання; 12 - вибрати активну базу/інструмент у 3D; 13 - система координат.

1.2. Розміщення та редагування об'єктів

Усі доступні об'єкти та роботи перераховані в електронному каталозі (eCat). Використовуючи функції пошуку, ви зможете швидко знайти конкретні моделі.

eCat – це бібліотека компонентів для створення симуляцій, яка містить усі роботи KUKA: захвати, конвеєри, захисні огорожі та інші елементи. Вона підтримує функції перетягування та автоматичного прикріплення, а багато компонентів є параметричні, що дозволяє легко налаштовувати розміри, від-

стані та позиції без необхідності переробки в CAD-програмах.

Двічі клацнувши на об'єкті, його можна вставити в робочу область. Після цього він автоматично розміщується в початку загальної системи координат. Крім того, об'єкт можна перетягнути безпосередньо в потрібне місце в робочій області.

Для переміщення деталі в робочій області необхідно вибрати інструмент «Trans» на панелі інструментів. Після цього деталь можна переміщувати в площині XY за допомогою миші або позиціонувати, задавши точні координати, як показано на рисунку 1.3.

Червона кнопка призначена для повороту об'єкта в робочій області. Обертання можна виконувати як за допомогою миші, так і шляхом введення відповідних кутів.

Об'єкти, які підтримують таку функцію, можна з'єднувати за допомогою кнопки «PnP».



Рисунок 1.3 – Переміщення положення робота

Більшість об'єктів можна редагувати індивідуально або параметризувати. Для цього спочатку потрібно вибрати потрібний об'єкт. На вкладці «Па-

раметри (Param)» можна налаштувати різні параметри (наприклад, довжину, ширину конвеєрної стрічки тощо).

1.3. Оснащення роботів інструментами

Щоб робот міг взаємодіяти з об'єктами в робочому просторі, він повинен бути оснащений інструментом або захватом, наприклад вакуумним захватом. Після того, як інструмент було скопійовано в робочу область, його можна приєднати до робота за допомогою функції «PnP».

Якщо робот має наблизитися до точок у робочій зоні, наближення за замовчуванням виконується до центру фланця інструменту. Коли інструмент приєднано до робота, необхідно вручну скоригувати контрольну точку робота. Це робиться за допомогою функції «TOOL_DATA».

Наприклад, на вкладці «Навчати (Teachen)» вибирається «TOOL_DATA», після чого інструмент зміщується вздовж відповідної осі на його величину.

1.4. Навчання роботів

Усім рухам, які робот повинен виконувати під час симуляції, його спочатку потрібно навчити. Це робиться на вкладці «Навчати (Teachen)».

Після запуску симуляції виконується послідовність програми «Main». Для зручності код можна розбивати на окремі підпрограми (підфункції) і викликати їх з основної програми.

Робот може виконувати рух від точки до точки (хвиляста стрілка) або лінійний рух (пряма стрілка).

При русі від точки до точки всі суглоби робота переміщуються одночасно, щоб забезпечити досягнення потрібного кінцевого положення. Ця функція доступна у розділі «Інструкції (Anweisungen)».








Планування шляху в декартовому просторі (пусте завдання) не підтримується. Однак при лінійному русі між двома опорними точками в заданій системі координат малюється лінійна траєкторія.

Таким чином, під час лінійного руху може статися так, що робот не зможе виконати переміщення, навіть якщо початкова та кінцева точки доступні. Це відбувається через те, що він або повинен проїхати сам себе, або його механічна конструкція не дозволяє здійснити такий рух.

Під час лінійного руху суглоби робота повинні контролюватися індивідуально та скоординовано, щоб забезпечити отримання прямої лінійної траєкторії.

1.4.1. Огляд основних кнопок при навчання робота

В програмі існує безліч кнопок керування. На початковому рівні необхідно знати функції наступних:

-  – вставка руху від точки до точки;
-  – вставлення підпрограми;
-  – вставка лінійного руху;
-  – зачекайте;
-  – дочекайтеся двійкового введення;
-  – встановити стан двійкового виходу;
-  – зміщення базового положення.

1.4.2. Інструмент поступального руху

Для поступальних рухів (інструмент зберігає свою орієнтацію) вибирається кнопка «Trn Tool».

Потім можна визначити бажане цільове положення, ввівши координати, вручну переміщаючи робота за допомогою миші або використовуючи інструмент «Прив'язка (Fangen)». Відповідно, на панелі інструментів можна ввести координати або вибрати допоміжні функції (праворуч).

Однією з допоміжних функцій є «Прив'язка (Fangen)». Вона дозволяє вибирати таке положення, як кут або точку на поверхні. Програма захоплює точку, щойно на неї наведено курсор миші.

Розширенням цієї функції є «ловля шляхом встановлення трьох визначених точок». За допомогою цієї функції, наприклад, робота можна розташувати по центру квадратної області, послідовно натиснувши на три кутові точки квадрата.

1.4.3. Інструмент обертання

Функцію «Rot Tool», яка показана на рисунку 1.4, можна використовувати для обертання інструменту. Бажані кути можна ввести на панелі інструментів.

Якщо робот знаходиться в потрібному положенні, його необхідно зберегти за допомогою кнопки «Застосувати зміни» (червона точка). Після цього можна створити наступний пункт програми.



Рисунок 1.4 – Обертання робота

1.4.4. Інші функції

Функція «Зачекайте» змушує робота залишатися в поточному положенні протягом заданого періоду часу.

За допомогою функції «Встановити бінарний вихід» інші об'єкти, такі як інструменти або конвеєрні стрічки, можна активувати чи деактивувати через контролер робота.

За допомогою функції «Чекати двійкового введення» робот очікує на певний сигнал від пов'язаного об'єкта, наприклад від датчика.

Функція «Змінити базове положення» особливо корисна, наприклад, під час палетування, коли одну й ту саму послідовність рухів потрібно повторювати багато разів.

1.5. Зміна базового положення

Зміна базового положення корисна, якщо підпрограму потрібно використовувати багаторазово, але щоразу потрібно підходити до різних позицій.

Під час навчання точки в розділі «База (Base)» можна вибрати опорну систему координат (базу), від якої залежить положення точки, до якої потрібно наблизитися. За замовчуванням базою є «*NULL*», тобто початок загальної системи координат. Оператор також може вибрати, наприклад, «*BASE_DATA*».

За допомогою функції «Перемістити» базу можна перемістити в потрібне положення, наприклад, у кутову точку палети. Якщо під час навчання як базову систему вибрано «*BASE_DATA*», а при введенні координат систему координат «*Eltern*» замість «*Welt*», то точку, яку потрібно навчити, у цьому прикладі можна задавати відносно кутового положення палети.

Щоб змінити базове положення, у програму необхідно вставити функцію «Змінити базове положення». Після цього у діалоговому вікні можна змінити координати та кути всіх «*BASE_DATA*». Це можна зробити як в абсолютних, так і у відносних координатах.

Відносне зміщення зручне, наприклад, при палетуванні, коли базове положення потрібно змістити лише в одному напрямку координат. Абсолютний зсув є вигідним, якщо базову позицію потрібно перемістити до точки, незалежної від попередньої позиції.

1.6. Передача сигналу

Передача сигналів між роботами та іншими пристроями в робочому просторі є важливою для створення реальних операційних процесів. Сигна-

льні з'єднання дозволяють запускати або зупиняти конвеєрні стрічки, а також отримувати та обробляти сигнали від датчиків.

Найкращим вузлом для сигналів є робот, який безпосередньо взаємодіє з пристроями, якими потрібно керувати. Щоб створити сигнальне з'єднання, спочатку потрібно вибрати робота. Після активації кнопки «PnP» слід обрати функцію «Підключити сигнали». Відкриється список усіх доступних входів і виходів.

Рекомендується призначати входам і виходам номери 100 і вище, щоб уникнути конфліктів з «BASE_DATA» та «TOOL_DATA». Наприклад, існує 32 варіанти «TOOL_DATA», кожен з яких використовує двійкові входи та виходи з номерами від 1 до 32. Якщо сигнальне з'єднання помилково встановити на вихід «1», то як інструмент, пов'язаний з «TOOL_DATA», так і об'єкт, підключений через сигнальний зв'язок, реагуватимуть на зміну стану двійкового виходу «1».

Після вибору входу або виходу можна вибрати компонент, який потрібно зв'язати з роботом, і тип сигналу. Наприклад, якщо датчик підключено до входу 100, у програму можна вставити функцію «чекати двійкового введення» з параметрами «Вхід: 100 (Input: 100)» і «Значення: істина». Під час виконання цього коду робот чекатиме, поки датчик не видасть значення «Істина (true)», після чого продовжить виконання програми.

Аналогічно конвеєрну стрічку можна підключити до робота через вихід 100. Тоді запускати та зупиняти конвеєрну стрічку можна за допомогою функції «Встановити двійковий вихід» із параметрами «Значення: істинне / хибне».

1.7. Початок моделювання

Симуляцією можна керувати за допомогою панелі керування, розташованій у верхній правій частині вікна програми.

Перед запуском симуляції всю конструкцію (роботів, конвеєрні стрічки тощо) можна повернути у початкове положення за допомогою кнопки «Скинути».

За допомогою кнопки «Пуск/Стоп» симуляцію запускають або зупиняють. Швидкість симуляції регулюється за допомогою повзунка, розміщеного нижче.

1.8. Модуль симуляції контролера (RCS Module)

RCS (Robot Controller Simulation) — це офіційний емулятор контролера, розроблений компанією KUKA. Він відтворює поведінку реального робота з високою точністю.

Без RCS симуляція в KUKA.Sim використовується вбудований спрощений інтерпретатор рухів. З RCS модулем симуляція стає цифровим двійником реального контролера.

Головні переваги RCS:

- Висока точність розрахунку циклового часу — похибка зазвичай становить лише кілька відсотків порівняно з реальним роботом.
- Реалістична кінематика та динаміка — точне моделювання прискорень, гальмувань, обмежень швидкості, прискорення та ривка.
- Повноцінна підтримка мови KRL. Тобто команди PTP, LIN, CIRC, SPL, CP SPLINE виконуються так само, як на справжньому контролері.
- Коректна обробка фізичних величин Tool_Data, Base_Data, Load Data (маса інструменту, центр маси, моменти інерції).
- Реалістична робота з цифровими входами/виходами (I/O mapping).
- Можливість аналізу енергоспоживання та навантаження на суглоби.
- Виявлення проблем, які не видно в спрощеній симуляції: сингулярності, перевищення лімітів осей, колізії під час руху.

Активація та технічне налаштування RCS модуля

Щоб активувати RCS:

- Додайте робота KUKA у сцену.
- Відкрийте Component Properties → вкладка RCS.

Основні параметри налаштування:

- Use RCS — обов'язково увімкнути. Якщо вимкнено — робот працює в режимі звичайної симуляції Visual Components.

- KSS Version — виберіть версію KUKA System Software: KSS 8.3, 8.5, 8.6 — для контролерів KRC4; KSS 8.7 — для контролерів KRC5 (functional twin KSS 8.6).

- Robot Data Generation (Machine Data Generation) — увімкніть, щоб автоматично генерувалися машинні дані (machine.dat, config.dat). Це важливо для точності рухів робота.

- KrlExecutor — дозволяє безпосередньо виконувати KRL-код у симуляції.

Додаткові важливі опції:

- Print RCS calls — увімкніть для налагодження (виводить інформацію про рухи RCS у консоль).

- Supply Voltage та Controller Version — задаються в загальних налаштуваннях Machine Data Service.

Після зміни параметрів часто потрібно виконати заново генерацію Machine Data.

RCS Module вміє виконувати наступні роботи:

- Генерація Machine Data (MADA) — файли, які описують конкретну механіку робота (маса ланок, моменти інерції, софт-ліміти осей, номінальні швидкості, warm-up behavior тощо).

- Інтерпретатор контролера — алгоритм планування траєкторії з урахуванням динамічних обмежень.

- Motion Kernel — точне моделювання руху кожної осі з урахуванням фізичних обмежень.

- I/O Mapping — емуляція обміну сигналами між роботом і зовнішніми пристроями.

- Load Data — вплив маси інструменту та деталі на динаміку руху.

- Technology Packages — підтримка пакетів (ArcTech, SpotTech тощо), якщо вони активовані.

Для початкового моделювання рекомендується працювати з вимкненим RCS. Для точного розрахунку циклового часу та фінальної оптимізації — обов'язково вмикайте RCS. При роботі з зовнішніми осями RCS є особливо важливим для правильної синхронізації.

RCS вимагає більше ресурсів процесора та пам'яті. На складних сценах з кількома роботами продуктивність може значно падати. Рекомендується розбивати сцени на декілька частин.

Обмеження RCS

Модуль потребує правильного підбору версії KSS. Невідповідність може призвести до помилок ініціалізації. Не всі опції реального контролера емулюються в модулі.

Для підключення до реального робота RCS використовується разом з KUKA OfficeLite або прямим підключенням.

Висновок

Модуль симуляції контролера RCS є технічним ядром KUKA.Sim AddOn. Він перетворює звичайну 3D-симуляцію на інструмент віртуального введення в експлуатацію.

Завдяки RCS інженери можуть отримувати реалістичні значення циклового часу ще на етапі проєктування, тестувати програми майже в ідентичних умовах реального контролера.

Це значно скорочує час і ризики під час реальних пуско-налагодочних робіт.

1.9. Аналіз і оптимізація програми за допомогою Tracing

Tracing — це потужний вбудований інструмент діагностики та аналізу в KUKA.Sim, який дозволяє записувати та візуалізувати рух робота в реальному часі під час симуляції.

Функція Tracing працює як цифровий осцилограф при трасуванні траєкторії. Він записує велику кількість параметрів руху і відображає їх у 3D-сцені та у вигляді графіків.

Без Tracing доступний лише загальний час виконання програми. З Tracing отримується розуміння, чому цикл триває саме стільки часу, де є вузькі місця та як можна його оптимізувати.

Основні цілі використання Tracing.

- Візуальний аналіз траєкторії руху.

- Виявлення неефективних ділянок програми (зайві зупинки, різкі прискорення, неоптимальні орієнтації).
- Точний розрахунок і оптимізація циклового часу.
- Аналіз динамічних характеристик: швидкість, прискорення, ривки.
- Оцінка навантаження на суглоби робота.
- Аналіз енергоспоживання та потужності.
- Налагодження взаємодії з сигналами (I/O).

Tracing особливо корисний на етапі фінальної оптимізації програми перед перенесенням на реальний робот.

Активація та налаштування Tracing

Tracing можна активувати двома основними способами.

Спосіб 1: Через властивості компонента робота.

- Відкрийте Component Properties робота.
- Перейдіть у розділ Tracing або RCS → Tracing.
- Увімкніть опцію Collect Trace Data (Збирати дані трасування).
- Налаштуйте параметри запису які саме дані треба збирати.

Спосіб 2: Контроль через сигнали.

У програмі KRL використовуйте бінарний вихід для запуску/зупинки трасування. Рекомендується використовувати сигнали з номерами 17–32 або вище, щоб не конфліктувати зі стандартними TOOL_DATA та BASE_DATA. Після запуску симуляції Tracing автоматично збирає дані протягом усього часу, коли відповідний сигнал увімкнено.

Tracing збирає великий обсяг технічної інформації:

- Траєкторія руху — 3D-лінія, якою рухається центр інструменту або вибрана точка на інструменті.
- Швидкість — лінійна швидкість центра інструменту та кутова швидкість.
- Прискорення — лінійне та кутове прискорення.
- Ривок — похідна прискорення, показує, наскільки різко змінюється прискорення. Це важливий параметр для аналізу плавності руху та механічного навантаження.

- Положення та орієнтація кожної осі робота в часі.
- Навантаження на суглоби: моменти, сили.
- Енергоспоживання — миттєва потужність та загальна енергія за цикл.
- Час виконання окремих команд і ділянок програми.
- Інформація про апроксимацію між рухами.

Усі ці дані можна переглядати як кольоровими лініями траєкторії у 3D-виді, так і у вигляді графіків.

Приклади типового аналізу

Напишіть або відкрийте програму управління роботом. Додайте сигнали для запуску/зупинки Tracing на ключових ділянках. Увімкніть Collect Trace Data у властивостях робота. Запустіть симуляцію кнопкою Play. Після завершення симуляції відкрийте панель Tracing.

Проаналізуйте наступні пункти. Колірні лінії траєкторії (різні кольори для різних типів руху). Графіки швидкості, прискорення та ривків. Ділянки з різкими змінами прискорення — це потенційні місця для оптимізації. Ділянки з низькою швидкістю або частими зупинками.

Візуальні ознаки проблем:

- Різкі злами на траєкторії вказують на можливість відсутності апроксимації.
- Високі піки ривків вказують на надмірні механічні навантаження, майбутні вібрації на реальному обладнанні.
- Тривалі ділянки з низькою швидкістю вказують на неоптимальну орієнтацію інструменту або погане планування шляху.
- Велика різниця між розрахунковими часами циклу без RCS і з RCS.

Оптимізація програми за допомогою Tracing

Tracing допомагає виконувати такі види оптимізації.

- Зміна типу руху: заміна операторів PTP на LIN або навпаки там, де це необхідно для зменшення часу руху.
- Додавання апроксимації між рухами для уникнення повних зупинок.
- Оптимізація орієнтації інструменту щоб зменшити повороти суглобів.
- Зміна Base_Data або положення палети для скорочення відстаней.

- Перерозподіл точок траєкторії для уникнення зайвих рухів.
- Оптимізація фізичних характеристик. Правильне задання маси інструменту впливає на динаміку.
- Зменшення ривків через зміну відповідних параметрів або плавніші переходи.

Після кожної зміни програми необхідно перезапустити симуляцію траєкторії і порівнювати графіки та загальний час роботи.

Аналіз енергоспоживання

Tracing також показує: миттєву потужність під час руху, сумарне споживання енергії за цикл та піки енергоспоживання. Це корисне для вибору джерела живлення та оцінки вартості експлуатації. Особливо при роботі робота від автономного джерела живлення.

Це дозволяє порівнювати різні варіанти програми не тільки за часом, але й за енергоефективністю.

Практичні рекомендації

Використовуйте аналіз Tracing тільки після активації модуля RCS. Тільки тоді результати будуть максимально приближені до реальних рухів.

Не записуйте Tracing на весь цикл одразу. Краще записувати окремі критичні ділянки за допомогою сигналів.

Звертайте особливу увагу на ривки. Високі значення призводять до вібрацій і швидкого зносу механіки.

Після оптимізації обов'язково порівняйте час циклу виконання програми до і після змін.

Зберігайте кілька варіантів Tracing для порівняння. Для цього дублюйте сцену або експортуйте дані.

Комбінуйте Tracing з функцією Cycle Time Analysis.

Контрольні питання до лекції 1

1. Яка структура інтерфейсу користувача KUKA.Sim Pro? Виділіть три основні області та функції панелі інструментів для навігації та маніпуляції об'єктами.

2. Який порядок дій для вставки та редагування об'єкта з електронного каталогу у робочу область? Наведіть приклад параметризації об'єкта, наприклад, конвеєрної стрічки.

3. Як у KUKA.Sim Pro приєднується інструмент (наприклад, вакуумний захват) до робота та коригується контрольна точка?

4. Які існують відмінності між інструментами "Trn Tool" і "Rot Tool" під час навчання роботів? Наведіть приклад застосування "Fangen" як допоміжної функції.

5. У яких випадках рекомендується використовувати функцію "Змінити базове положення" (наприклад, BASE_DATA)? Опишіть, як виконати відносне зміщення на 50 мм у напрямку Y.

6. Як створити сигнальне з'єднання у KUKA.Sim Pro для передачі сигналів між роботом і пристроями, такими як датчики чи конвеєрні стрічки, включаючи рекомендації щодо номерів входів/виходів?

7. Що таке RCS Module і в чому полягає його головна відмінність від звичайної (інтегрованої) симуляції робота в KUKA.Sim?

8. У яких випадках рекомендується працювати з увімкненим RCS Module, а в яких — з вимкненим?

9. Під час оптимізації програми за допомогою Tracing ви помітили дуже високі значення ривка на певних ділянках лінійного руху. Що це означає з технічної точки зору і які дії ви можете виконати для покращення ситуації?

10. Поясніть, як правильно організувати запис Tracing, щоб ефективно аналізувати лише окремі критичні ділянки програми, а не весь цикл повністю. Який підхід рекомендується використовувати?

ЛЕКЦІЯ 2

План лекції

Пульт керування SmartPAD. Відключення і підключення пульта SmartPAD. Інтерфейс користувача smartHMI. Увімкнення контролера робота та запуск KSS. Виклик головного меню. Типи запуску KSS. Вимкнення або перезавантаження контролера робота. Вмикання/вимкнення приводів. Вимкнення контролера робота. Налаштування мови інтерфейсу користувача. Створення скріншота на smartPAD. Документація онлайн та довідка до повідомлень. Зміна групи користувачів. Групи користувачів. Зміна режиму роботи.

2. ОСНОВИ КЕРУВАННЯ ПРОМИСЛОВИМ РОБОТОМ

2.1. Пульт керування SmartPAD

SmartPAD – пульт керування для навчання промислового робота. Він має всі функції керування та індикації що необхідні для роботи та програмування промислового робота [3]. Наразі випускається дві моделі: smartPAD та smartPAD-2.

Всі подальші відомості в повній мірі відносяться до обидвох моделей, якщо не вказано чітке розмежування.

2.1.1. SmartPAD

2.1.1.1. Передня панель SmartPAD

Посередині передньої панелі SmartPAD розташований сенсорний екран. Системою smartHMI можна керувати пальцем або стилусом, як показано на рисунку 2.1. Тому зовнішня миша або клавіатура не потрібні. Функції кнопок на передній панелі приведені у таблиці 2.1.

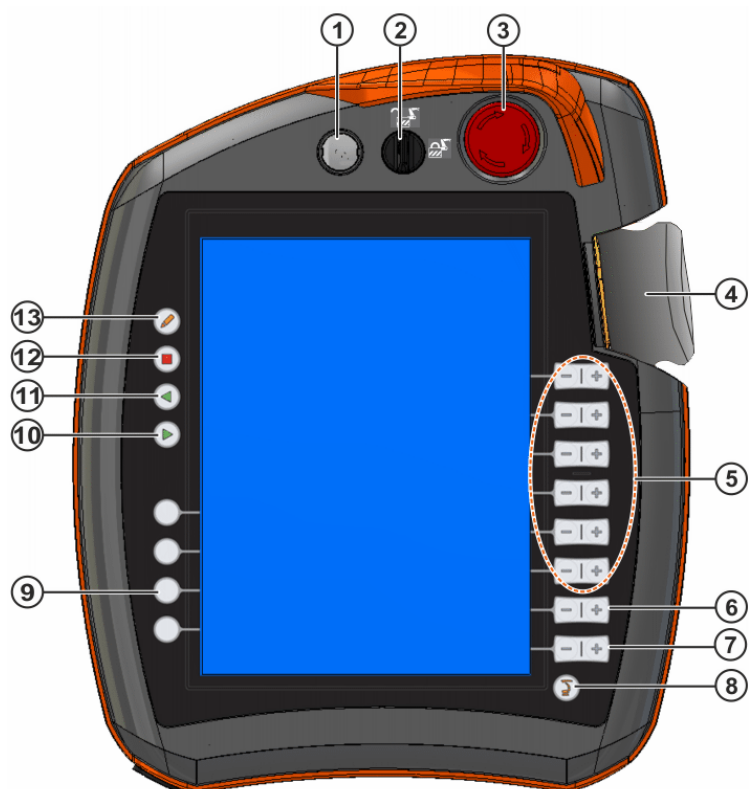


Рисунок 2.1 – Передня панель пульта керування SmartPAD [3]

Таблиця 2.1 – Значення елементів передньої панелі SmartPAD

№	Опис позиції
1	Кнопка підключення пульта керування
2	Перемикач режимів.
3	Кнопка аварійної зупинки : зупиняє робота у разі небезпечної ситуації. Кнопка фіксується в натисненому стані.
4	Мишка 6D. Слугує для переміщення робота вручну
5	Клавіші переміщення. Слугують для переміщення робота вручну
6	Клавіші для налаштування корекції програми
7	Клавіші для налаштування ручної корекції
8	Кнопка головного меню: показує пункти головного меню на smartНМІ. Її також можна використовувати для створення скріншотів.
9	Клавіші стану. Використовуються переважно для налаштування параметрів у пакетах опцій. Їх точна функція залежить від встановлених пакетів опцій.
10	Кнопка «Пуск». Використовується для запуску програми.
11	Кнопка «Реверс програми». Використовується для запуску програми в зворотній послідовності.
12	Кнопка «Стоп». Використовується для зупинки програми.
13	Кнопка клавіатури. Відображає клавіатуру. Зазвичай немає необхідності натиснути цю кнопку, щоб відобразити клавіатуру, оскільки smartНМІ визначає, коли потрібен ввід з клавіатури і автоматично її відображає.

Перемикач режимів – використовується для виклику диспетчера підключення. Відповідно він може змінити режим роботи, напри-

клад, переводити робота в режим виконання програми. Перемикач може виконаний в наступних двох варіантах: ключовий – режим роботи можна змінити, лише якщо ключ вставлено; безключовий.

2.1.1.2. Задня панель SmartPAD

На задній стороні SmartPAD, що показано на рисунку 2.2, розташовані важелі підтвердження і роз'єми. Функції панелі приведені у таблиці 2.2.



Рисунок 2.2 – Задня сторона пульта керування SmartPAD

Таблиця 2.2 – Значення елементів задньої панелі SmartPAD

№	Опис позиції
1	Важіль підтвердження.
2	Кнопка «Пуск» (зеленого кольору). Використовується для запуску програми.
3	Важіль підтвердження
4	Порт USB. Використовується, наприклад, для архівування та відновлення даних. Підтримує лише формат FAT32.
5	Важіль підтвердження
6	Ідентифікаційна табличка

Важіль підтвердження – елемент безпеки при керуванні роботом вручну. Важіль може знаходитись у 3-х положеннях: не натиснутий; центральне положення; повністю натиснута (пані-

ка). У тестових режимах маніпулятор можна переміщати, лише якщо хоча б один із важелів утримується в центральному положенні. У автоматичному та режимі зовнішнього керування важіль підтвердження не активний.

2.1.2. SmartPAD-2

2.1.2.1. Передня панель SmartPAD-2

SmartPAD-2 має сенсорний екран, що показано на рисунку 2.3. За допомогою smartHMI можна керувати пальцем або емнісним стилусом. Функції панелі приведені у таблиці 2.3. Тому зовнішня миша або клавіатура не потрібні.

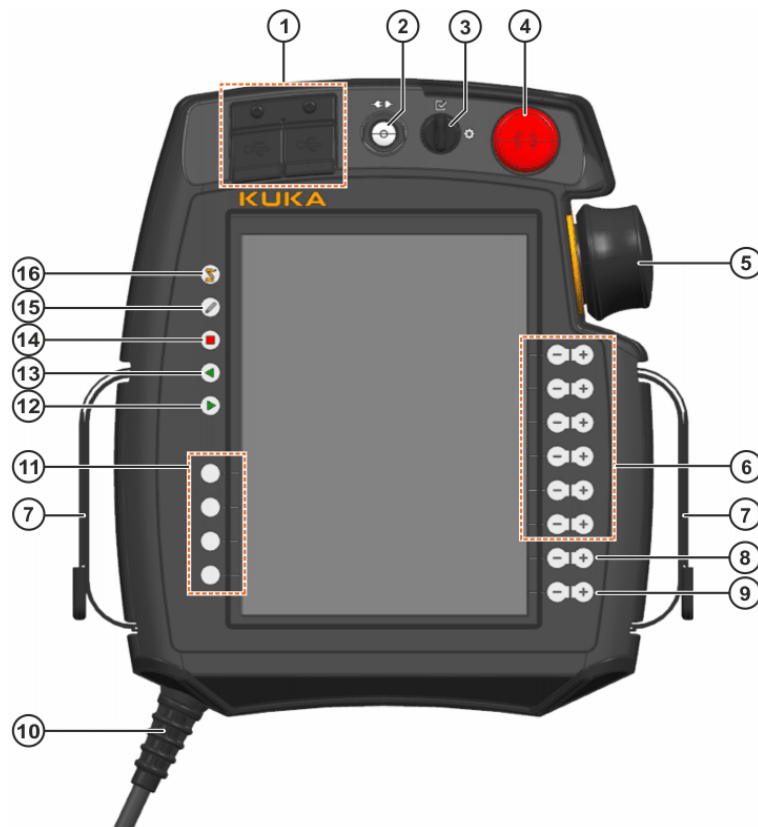


Рисунок 2.3 – Передня панель пульта керування SmartPAD-2

Таблиця 2.3 – Значення елементів передньої панелі SmartPAD-2

№	Опис елементів
1	Два порти USB 2.0. Використовується, наприклад, для архівування та відновлення даних. Підтримує формати NTFS та FAT32.
2	Кнопка підключення пульта керування
3	Перемикач режимів. Перемикач може виконаний в наступних двох варіантах: <ul style="list-style-type: none"> • ключовий. Режим роботи можна змінити, лише якщо ключ вставлено; • безключовий.

Продовження таблиці 2.3

№	Опис елементів
	Перемикач режимів використовується для виклику диспетчера підключення. Відповідно він може змінити режим роботи.
4	Кнопка аварійної зупинки : зупиняє робота у разі небезпечної ситуації. Кнопка фіксується в натисненому стані.
5	Миша бД. Слугує для переміщення робота вручну
6	Клавіші переміщення. Слугують для переміщення робота вручну
7	Ремені для рук із застібною на липучки. Якщо ремені не використовуються їх можна зняти.
8	Клавіші для налаштування корекції програми
9	Клавіші для налаштування ручної корекції
10	Кабель
11	Клавіші стану. Використовуються переважно для налаштування параметрів у пакетах опцій. Їх точна функція залежить від встановлених пакетів опцій.
12	Кнопка «Пуск». Використовується для запуску програми.
13	Кнопка «Реверс програми». Використовується для запуску програми в зворотній послідовності.
14	Кнопка «Стоп». Використовується для зупинки програми.
15	Кнопка клавіатури. Відображає клавіатуру. Зазвичай немає необхідності натискати цю кнопку, щоб відобразити клавіатуру, оскільки smartHMI визначає, коли потрібен ввід з клавіатури і автоматично її відображає.
16	Кнопка головного меню: показує пункти головного меню на smartHMI. Її також можна використовувати для створення скріншотів.

2.1.2.2. Задня панель SmartPAD-2

На задній стороні SmartPAD-2, що показано на рисунку 2.4, розташовані важелі підтвердження і роз'єми. Функції панелі приведені у таблиці 2.4.

Задня панель SmartPAD-2 має ергономічний вигляд та має управління безпекою під час керування. Основним елементом в ній є клавіші підтвердження, розташовані таким чином, щоб оператор міг легко утримувати їх як лівою, так і правою рукою. Ці перемикачі забезпечують безпечну роботу в режимі ручного керування: рух робота можливий лише тоді, коли клавіша натиснута в середньому положенні, що запобігає нещасним випадкам у разі переляку або втрати свідомості працівником.

Задня частина пристрою містить інтерфейси для передачі даних. Зокрема, там розташований захищений USB-порт, який дозволяє завантажувати програми безпосередньо на пульт.

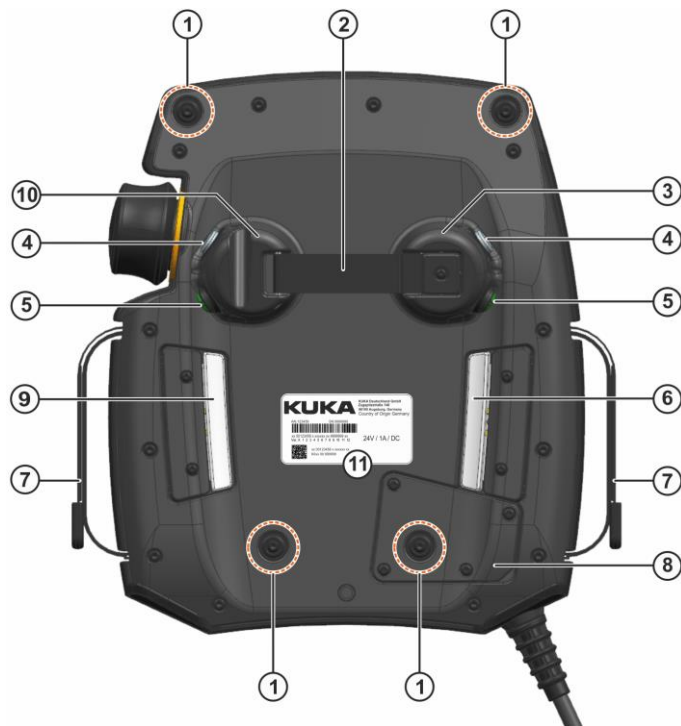


Рисунок 2.4 – Задня сторона пульта керування SmartPAD

Таблиця 2.4 – Значення елементів задньої панелі SmartPAD

№	Опис
1	Кнопки кріплення додаткового ременю для рук
2	Ремінь тримач
3	Лівий тримач для утримання пульта правою рукою
4	Важіль підтвердження. Важіль може знаходитись у 3-х положеннях: <ul style="list-style-type: none"> • Не натиснутий; • Центральне положення; • Повністю натиснута (паніка). У тестових режимах маніпулятор можна переміщати, лише якщо хоча б один із важелів утримується в центральному положенні. У автоматичному та режимі зовнішнього керування важіль підтвердження не активний.
5	Кнопка Пуск (зеленого кольору). Використовується для запуску програми.
6	Важіль підтвердження
7	Ремені для рук із застібкою на липучки. Якщо ремені не використовуються їх можна зняти.
8	Кришка клемної колодки кабелю
9	Важіль підтвердження
10	Правий тримач для утримання пульта лівою рукою
11	Ідентифікаційна табличка

2.1.3. Відключення і підключення пульта SmartPAD

Підключення і відключення пульта SmartPAD-2 відбувається точно так же як і пульта SmartPAD.

Відключення пульта SmartPAD є штатною процедурою робота. В більшості випадків у налагодженому виробничому процесі роботи працюють без пульта.

*Заходи безпеки при відключення пульта SmartPAD. Якщо smartPAD від'єднано, систему більше не можна вимкнути за допомогою кнопки **аварійної зупинки**. Необхідно вживати заходи для запобігання плутаниці між працюючих і непрацюючих пристроїв **аварійної зупинки**. Така плутаниця може призвести до смерті, травм або пошкодження майна.*

Тому треба неухильно дотримуватись наступного алгоритму дії:

- підключіть зовнішній пристрій з функцією **аварійної зупинки** до контролера робота.

- негайно приберіть відключений smartPAD із зони роботи оператора.

Моделі smartPAD і smartPAD-2 сумісні між собою. Якщо одна модель була відключена, то можна підключити іншу модель.

Необхідно переконатися, що Миша 6D (6D) не відключена під час підключення smartPAD до контролера, який працює, або під час увімкнення контролера. Інакше миша не буде працюватиме належним чином.

Порядок дії для відключення пульта.

SmartPAD можна від'єднати під час роботи контролера робота. Для цього необхідно виконати наступні пункти.

1. Натисніть кнопку відключення на SmartPAD. На smartНМІ відобразиться повідомлення та лічильник зворотного відліку на 25 с. Протягом цього часу SmartPAD можна від'єднати від контролера робота. Якщо термін дії лічильника минув, а пульт не був від'єднаний, то нічого не відбувається. Кнопку відключення можна натиснути в будь-який час щоб знову запустити лічильник.

2. Від'єднайте SmartPAD від контролера робота.

Якщо SmartPAD від'єднано не під час роботи лічильника, то це активує **аварійну зупинку**. Дію аварійної зупинки можна скасувати лише підключивши SmartPAD знову.

Аварійна зупинка – це автоматичне, негайне і контрольоване вимкнення приводів робота та блокування їх електроживлення, що ініціюється системою безпеки контролера у відповідь на незаплановане фізичне від'єднання пульта керування SmartPAD від контролер.

SmartPAD можна підключити в будь-який час. Для цього треба виконати наступні дії.

1. Підключіть smartPAD до контролера робота.

- кнопка аварійного зупинення та важелі підтвердження активуються через 30 сек після підключення;
- SmartHMI знову автоматично відображається. (Це може зайняти більше 30 секунд.);
- підключений smartPAD приймає поточний режим роботи контролера робота.

Поточний робочий режим не завжди може збігатися з тим, що був до від'єднання smartPAD. Тому що якщо контролер робота під'єднаний до RoboTeam, режим роботи міг бути змінено після від'єднання пульта.

2. Перевірте функції пульта. Слід виконати такі перевірки:

- перевірте кнопки «Аварійної зупинки»;
- перевірте важелі підтвердження;
- перевірте, чи знову відображається smartHMI (завантаження smartHMI може зайняти більше 30 сек.)

Заходи безпеки. Через непрацюючу кнопку Аварійної зупинки існує ризик смертельної травми. Якщо неробочий smartPAD залишається підключеним, є вірогідність того, що користувач спробує натиснути неробочу кнопку Аварійної зупинки. Це може призвести до смерті, травм або пошкодження майна. Від'єднайте неробочий smartPAD і негайно приберіть його з зони роботи оператора.

2.2. Інтерфейс користувача smartНМІ

Після запуску smartPAD користувач бачить інтерфейс, що показано на рисунку 2.5 з описом в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Значення елементів інтерфейсу

№	Опис елементів інтерфейсу
1	Рядок стану системи
2	Лічильник повідомлень. Лічильник показує, скільки повідомлень кожного типу є активними. Розмір лічильника можна збільшити дотиком до нього.
3	Вікно повідомлень. За замовчуванням відображається лише останнє повідомлення. Якщо торкнутися вікна повідомлення, воно розгорнеться і відобразить всі активні повідомлення. Повідомлення, що вимагають підтвердження, можна підтвердити за допомогою ОК. Усі подібні повідомлення можна підтвердити одночасно за допомогою «Підтвердити все».
4	Індикатор стану 6D миші. Цей індикатор показує поточну систему відліку для ручного переміщення за допомогою 6D миші. Торкання індикатора відображає усі системи відліку, дозволяючи вибрати іншу. Користувач повинен мати права на функціональну групу Загальні параметри переміщення.
5	Індикатор вирівнювання 6D миші. Якщо торкнутися цього індикатора, відкриється вікно, у якому вказано поточне розташування 6D миші, яке можна змінити.
6	Індикатор стану клавіш переміщення. Цей індикатор показує поточну систему відліку для руху за допомогою клавіш переміщення. Торкання до індикатора відображає всі системи відліку, дозволяючи вибрати іншу. Користувач повинен мати права на функціональну групу Загальні параметри переміщення.
7	Мітки на клавішах переміщення. Якщо вибрано осьове переміщення то тут відображаються номери осей (A1, A2 тощо). Якщо вибрано декартівне переміщення то тут відображаються осі системи відліку (X, Y, Z, A, B, C). Доторкнувшись до мітки, ви побачите, яку групу кінематики вибрано.
8	Корекція програми
9	Ручна корекція
10	Панель кнопок. Кнопки змінюються динамічно та завжди посилаються на вікно, яке зараз активне в smartНМІ. Праворуч знаходиться кнопка Редагувати. Її можна використовувати для виклику численних команд, що стосуються навігатора.
11	Кнопка «WorkVisual». Торкнувшись її, ви перейдете до вікна керування проектами.
12	Годинник. Відображає системний час. Доторкнувшись до годинника, ви побачите системний час у цифровому форматі разом із поточною датою.
13	Значок групи користувачів. Кількість білих сегментів у колі означає, яку групу користувачів вибрано. Натискання піктограми відкриває вікно вибору групи користувачів.
14	Індикатор діяльності. Якщо на індикаторі лівий і правий ліхтарики блимають зеленим по черзі, то це означає, що smartНМІ активний. Блимання повинно бути повільним (приблизно 3 с) і рівномірним.

smartHMI (Human Machine Interface) – це стандартний графічний інтерфейс користувача для промислових роботів, який відображається на пульті керування SmartPAD.

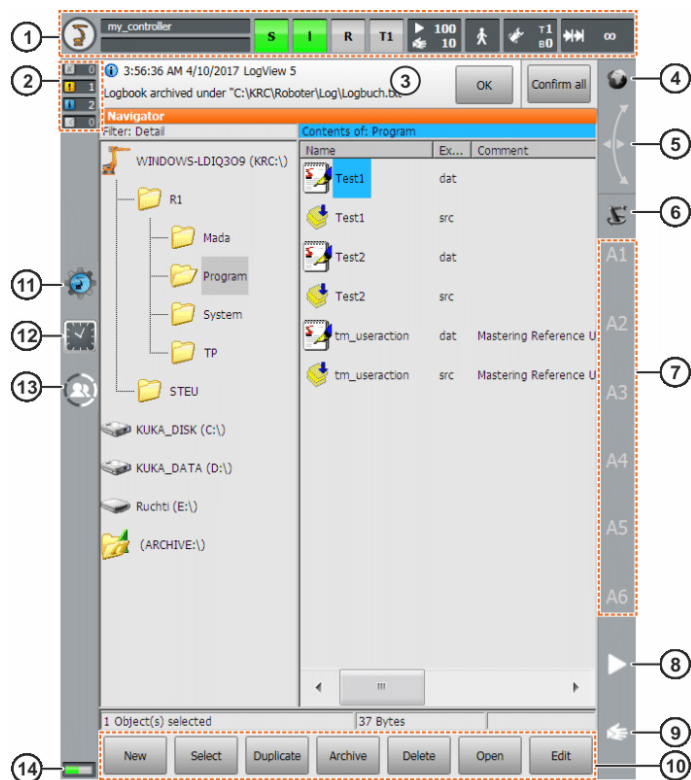


Рисунок 2.5 – Інтерфейс smartHMI

2.2.1. Клавіатура

SmartPAD має сенсорний екран – smartHMI. Ним можна керувати пальцем або стилусом.

В інтерфейсі smartHMI є в наявності віртуальна клавіатура, як на рисунку 2.6.

Віртуальна клавіатура — це програмний елемент керування, який автоматично з'являється на сенсорному екрані пульта SmartPAD, коли виникає потреба у введенні даних (наприклад, назви файлу, значення змінної або пароля). Вона дозволяє вводити текст і цифри без використання зовнішніх пристроїв введення.

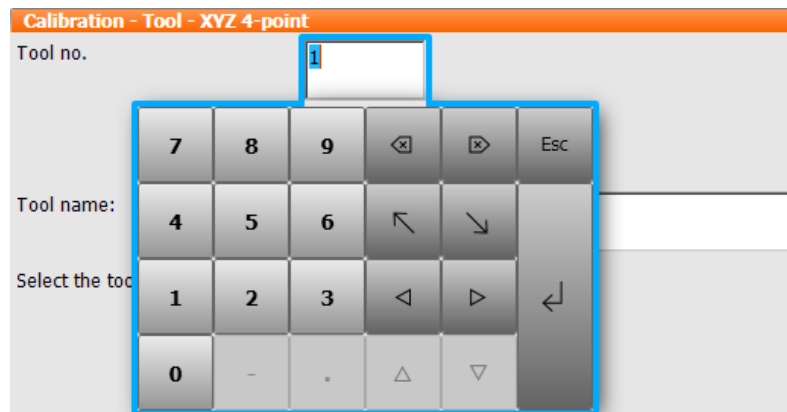


Рисунок 2.6 – Приклад клавіатури

Клавіатура завжди відображає лише потрібні символи. Якщо, наприклад, редагується поле, у якому можна вводити лише цифри, то відображаються лише цифри, а не літери.

2.2.2. Рядок стану системи

Рядок стану, рисунок 2.7 з описом в таблиці 2.6, вказує на стан певних центральних налаштувань промислового робота. У більшості випадків дотик до дисплея відкриває вікно, у якому можна змінити налаштування.

Таблиця 2.6 – Значення елементів рядка стану системи

№	Опис елементів
1	Кнопка головного меню. Викликає пункти меню на SmartHMI.
2	Найменування контролера робота
3	Назва програми якщо вона вибрана
4	Індикатор статусу Інтерпретатора завдань
5	Індикатор стану приводів. Дотик до дисплея відкриває вікно, в якому можна вмикати або вимикати приводи.
6	Індикатор стану Інтерпретатора робота. Тут можна скинути або скасувати вибір програми.
7	Поточний режим роботи
8	Індикатор корекції. Вказує корекцію програми та корекцію ручного режиму
9	Індикатор стану режиму виконання програми. Вказує поточний режим виконання програми.
10	Індикатор стану інструменту/бази. Вказує на поточний інструмент і базу.
11	Індикатор стану інкрементного переміщення

2.2.3. Індикатор стану приводів і вікно умов руху

Значення індикатору стану приводів показано в таблицях 2.7 і 2.8.

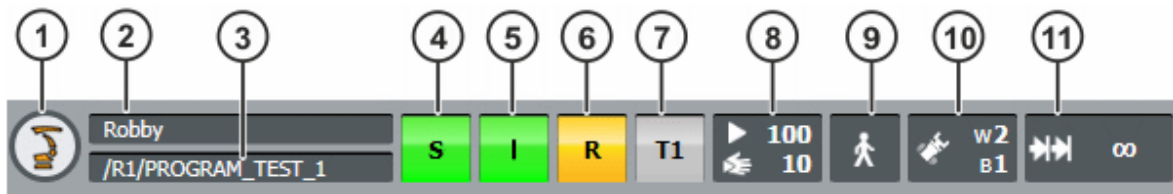


Рисунок 2.7 – Рядок стану системи

Таблиця 2.7 – Стани приводів, що відображаються

Стан			
------	--	--	--

Таблиця 2.8 – Значення символів і кольорів індикатору стану

Стан	Опис стану
Символ I	Приводи увімкнені. Проміжний контур повністю заряджений $\$PERI_RDY == TRUE$
Символ O	Приводи вимкнені. Проміжний контур не заряджений або заряджений не повністю $\$PERI_RDY == FALSE$
Зелений колір	Важіль підтвердження натиснутий (центральне положення) або він не потрібен. Немає активних повідомлень, які перешкоджають руху робота. $\$COULD_START_MOTION == TRUE$
Сірий колір	Важіль підтвердження не натиснутий або він не потрібен. Та/або є активних повідомлень, які перешкоджають руху робота. $\$COULD_START_MOTION == FALSE$

Проміжний контур приводів — це частина системи енергозабезпечення в контролері робота, яка служить ланкою між мережевим живленням та інверторами двигунів. Він перетворює змінну напругу з електромережі на стабільну постійну напругу, яка накопичується в конденсаторах і використовується для живлення приводів усіх осей робота.

Увімкнення приводів не означає, по замовчуванню, що KSP перемикаються на сервокерування та живлять двигуни струмом.

KSP — це силовий електронний модуль, розташований усередині контролера робота. Його головне завдання — керувати роботою двигунів осей. KSP отримує постійну напругу від проміжного контуру та перетворює її на керовані електричні сигнали. Саме ці сигнали змушують двигуни робота обертатися з

точно заданою швидкістю та зупиняться в потрібному місці.

Вимкнення приводів також не означає по замовчуванню, що KSP припиняють подачу живлення до двигунів.

Чи живлять KSP двигуни струмом чи ні, залежить від того, чи отримано сигнал дозволу приводу від контролера безпеки.

Вікно умов руху.

Торкнувшись індикатора стану приводів, відкриється вікно умов руху як на рисунку 2.8 з описом в таблиці 2.9. В ньому можна вмикати або вимикати приводи.

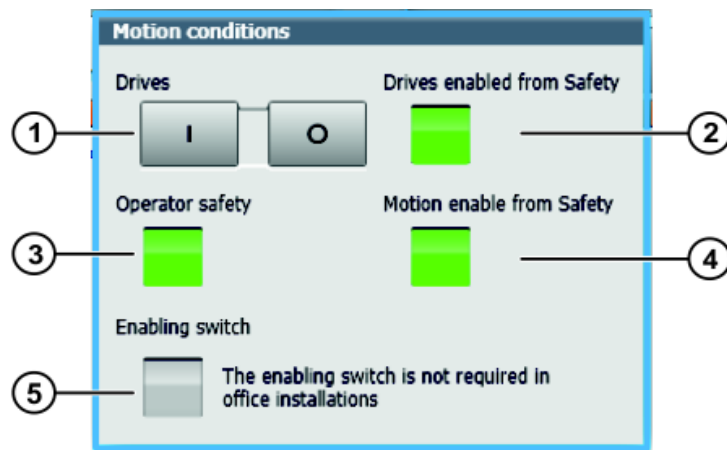


Рисунок 2.8 – Вікно умов руху

Таблиця 2.9 – Значення елементів вікна умов руху

№	Опис елементів
1	I - вмикання приводів. O – вимикання приводів. Користувач повинен мати права на група функцій Вибір і скасування вибору програми
2	Зелений: від контролера безпеки отримано сигнал дозволу ввімкнення приводів. Сірий: контролер безпеки запустив захисну зупинку 0 або завершив захисну зупинку 1. Немає сигналу ввімкнення приводів, тобто KSP не живить двигуни струмом.
3	Сигнал безпеки оператора Зелений: $\$USER_SAF == TRUE$ Сірий: $\$USER_SAF == FALSE$
4	Зелений: від контролера безпеки отримано сигнал дозволу руху. Сірий: контролер безпеки активував захисну зупинку 1 або захисну зупинку 2. Немає дозволу руху. Примітка. Статус увімкнення руху від системи безпеки не корелює зі статусом $\$MOVE_ENABLE$
5	Зелений: важіль підтвердження натиснуто (центральне положення). Сірий: важіль підтвердження не натиснуто або натиснуто повністю, або він не потрібен.

Контролер безпеки — це спеціалізована частина системи керування роботом, яка відповідає за моніторинг усіх функцій, пов'язаних із безпекою праці. Його головне завдання — миттєво зупинити роботу, якщо виникає загроза для людини або обладнання. Контролер безпеки працює незалежно від інших частин системи керування.

Значення $\$USER_SAF == TRUE$

Умови, за яких $\$USER_SAF$ має значення $TRUE$, залежать від варіанту контролера та режиму роботи, що показані в таблиці 2.10.

$\$USER_SAF$ — це системна змінна в контролері, яка відображає стан зовнішнього ланцюга безпеки. Вона вказує на те, чи закриті захисні двері, чи активні світлові бар'єри та чи безпечно роботу перебувати в русі. Якщо $\$USER_SAF$ має значення $FALSE$, то рух робота в автоматичних режимах повністю блокується.

Таблиця 2.10 – Стан системи при $\$USER_SAF == TRUE$

KSS/VSS	Режим роботи	Стан системи
KSS	T1, T2	Важіль підтвердження натиснутий
	AUT, AUT EXT	Захисне огороження закрито
VSS	T1	Важіль підтвердження натиснутий. E2/E22 замкнуті
	T2	Важіль підтвердження натиснутий. E2/E22 та E7 замкнуті
	EXT	Захисне огороження закрито E2/E22 та E7 розімкнуті

KSS — це операційна система промислових роботів. Вона відповідає за всі ключові процеси: керування траєкторією руху, планування швидкості, обробку програм та взаємодію з периферійним обладнанням.

VSS (Virtual Safe Stop) — це програмна функція безпеки, яка імітує роботу апаратних засобів безпеки, дозволяючи зупинити рух робота за заданими віртуальними межами. Зупинка не приво-

дить до фізичного відключення приводів, що використовуються, зокрема, при налагодженні та моделюванні.


2.2.4. Згортання smartНМІ та відображення інтерфейсу Windows

Передумова

Для згортання smartНМІ користувач повинен мати права на група функцій «Критичні конфігурації». А також повинен бути увімкнений режим T1 або T2.

Процедура

Для згортання у головному меню виберіть «Запуск» > «Сервіс» > «Згорнути НМІ». SmartНМІ згорнеться і буде відображатися інтерфейс Windows.

Щоб знову розгорнути smartНМІ, торкніться піктограми smartНМІ на панелі завдань .

2.3. Увімкнення контролера робота та запуск KSS

Процедура

Увімкніть головний вимикач на контролері робота. Операційна система і KSS запускаються автоматично. Якщо KSS не запускається автоматично, наприклад тому що функцію автозавантаження вимкнено, то запусіть файл StartKRC.exe з каталогу C:\KRC.

Якщо контролер робота працює з мережею, то запуск може тривати довше.

Якщо контролер робота був увімкнений із підключеною кінематичною системою вперше, слід дотримуватися певної процедури першого старту.

2.4. Виклик головного меню

Процедура

Натисніть клавішу головного меню на SmartPAD. Відкриється вікно Головного меню. Дисплей завантажується завжди такий самий, який був при останньому закритті.

Головне меню — це центральне екранне меню в smartHMI, яке є основним для доступу до всіх ключових функцій та режимів роботи. Зокрема керування рухом, програмування, конфігурація, діагностика та налаштування.

Виклик головного меню на SmartPAD-2 є ключовим етапом взаємодії з системою. Для активації меню оператор має натиснути на іконку з логотипом KUKA, яка завжди розташована у верхньому лівому куті сенсорного дисплея. Це відкриває доступ до основних розділів: керування файлами програм, діагностики стану компонентів та системних налаштувань.

Окрім навігації, головне меню забезпечує функції безпеки та розмежування прав доступу. Через нього здійснюється вибір профілю користувача (наприклад, оператор, програміст чи адміністратор), що визначає доступний обсяг функцій та захищає критичні параметри від випадкових змін.

Подробиці

Особливості вікна головного меню:

- головне меню відображається в лівій колонці;
- торкнувшись пункту меню, який містить стрілку, відкривається відповідне підменю (наприклад, Дисплей). Залежно від того, скільки відкритих рівнів підменю, стовпець головного меню може більше не відображатися, а видимим залишається лише підменю, як на рисунку 2.9;
 - клавіша «Home» у верхньому правому куті закриває всі відкриті підменю;
 - клавіша зі стрілкою праворуч від клавіші «Home» закриває останнє відкрите підменю;
 - останні вибрані пункти меню відображаються в розділі Швидкий доступ (не більше 4-х). Записи можна закріпити або відкріпити, торкнувшись значка шпильки. Закріплений запис зберігається в розділі Швидкий доступ і не пригнічується наступним викликом пункту підменю.

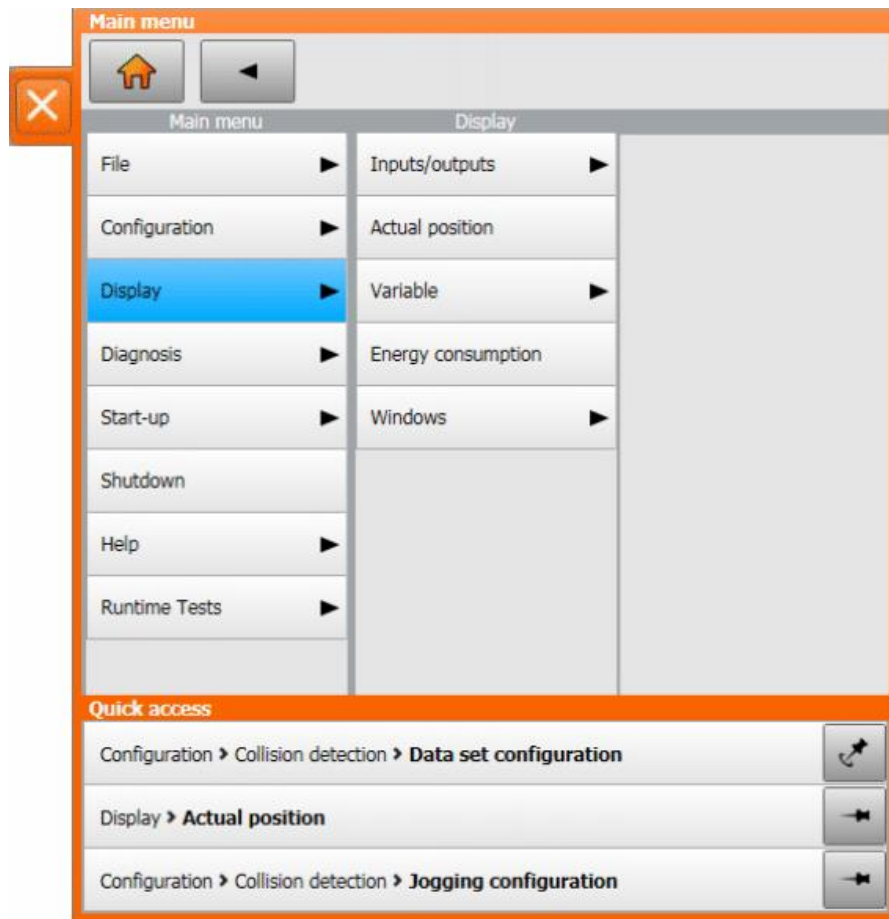


Рисунок 2.9 – Приклад відкритого підменю Дисплей

2.5. Типи запуску KSS

Ви можете вибрати, чи завантажувати контролер робота за замовчуванням в режимі холодного запуску або в режимі простою.

У наведених нижче ситуаціях контролер робота завжди виконує початковий холодний старт, незалежно від того, який тип запуску було визначено:

- Після встановлення або оновлення KSS;
- Коли контролер робота виявив помилку під час вимкнення.

Холодний старт — це режим повного завантаження операційної системи контролера з нуля. Під час такого запуску система ініціалізує всі апаратні компоненти, зчитує всі конфігураційні файли та скидає стан усіх змінних, які не є енергонезалежними. Холодний старт є обов'язковим після внесення серйозних змін у конфігурацію.

Передумова

Користувач повинен мати права на групу функцій «Критичні конфігурації».

Процедура

1. У головному меню виберіть Вимкнути. Відкриється наступне вікно.
2. Виберіть тип запуску: «Холодний старт» або «Гібернація».
3. Закрийте вікно. Вибраний тип запуску буде застосовано. Можна вибрати параметри, які відрізняються від стандартного типу запуску та дійсні лише для одного наступного запуску.

Гібернація — це спосіб вимкнення контролера, при якому поточний стан усієї системи, включаючи відкриті програми та значення змінних зберігається на жорсткий диск. Під час наступного ввімкнення система не завантажується заново, а просто відновлює свій стан з диска.

2.6. Вимкнення або перезавантаження контролера робота

Контролер робота (KSS) запускається в тому режимі роботи, який був обраний останнім. Винятками становлять:

- якщо останнім робочим режимом був T2, режимом після запуску є T1;
- після першого холодного старту працює режим T1.

Якщо вибрано опцію «Reboot control PC», головний перемикач на контролері робота не можна натискати, доки не буде завершено перезавантаження інакше системні файли можуть бути знищені. Якщо цю опцію не вибрано, головний вимикач можна натиснути після вимкнення контролера.

Передумова

Користувач повинен мати права на група функцій «Загальна конфігурація» або вище, в залежності від бажаних параметрів

Також повинен бути увімкнений режим T1 або T2.

Процедура

1. У головному меню виберіть пункт Вимкнути.
2. Виберіть потрібні параметри.

3. Натисніть Вимкнути контрольний ПК або Перезавантажити контрольний ПК.

4. Підтвердьте запит на підтвердження, натиснувши Так. Системне програмне забезпечення припиняє працювати та перезавантажується відповідно до вибраного параметра.

Після перезапуску відображається таке повідомлення:

- *Холодний запуск контролера.*
- Або, якщо вибрано Перезавантажити файли: *Ініціалізація холодного запуску контролера.*

Вікно вимкнення.

При налаштуванні секції «Default settings for shutdown», що показана на рисунку 2.10 з описом в таблиці 2.11, користувач повинен мати права на групі функцій «Критичні конфігурації».

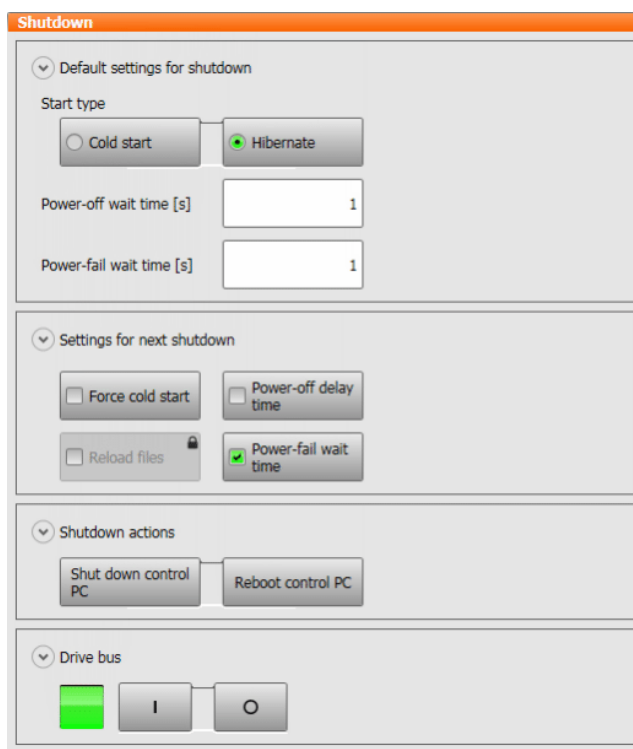


Рисунок 2.10 – Вікно вимкнення

Таблиця 2.11 – Налаштування секції «Default settings for shutdown»

Опція	Опис налаштування секції
Cold start	Гібернація є стандартним типом запуску.
Hibernate	
Power-off delay time	Якщо контролер робота вимкнено головним вимикачем, він вимкнеться лише після визначеного тут часу затримки. Протягом часу затримки робот і контролер живляться від свого акумулятора. Час налаштовується в межах 0...1000 сек.

Продовження таблиці 2.11

Опція	Опис налаштування секції
	Примітка: час затримки вимкнення живлення не функціонує для варіанту контролера «KR C4 compact». В ньому діє час затримки при зникненні живлення, навіть якщо вимикається за допомогою головного вимикача.
Power-fail wait time	У разі збою живлення робот зупиняється. Однак контролер робота не вимикається відразу, а лише після затримки відключення електроенергії. Відповідно короточасні збої живлення ігноруються. Потім потрібно лише підтвердити повідомлення про помилку, і програму можна буде продовжити. Протягом часу затримки робот і контролер живиться від свого акумулятора. Час налаштовується в межах 0...1000 сек Якщо відмова живлення триває довше, ніж час затримки то відключення живлення, і контролер робота вимикається. Тоді для перезапуску застосовується стандартний тип запуску, визначений у вікні Вимкнення.

При налаштуванні секції «Settings for next shutdown» користувач повинен мати права на групу функцій «Критичні конфігурації» окрім примусового холодного запуску.

У таблиці 2.12 продемонстровано варіанти налаштування в режимі холодного запуску та при інших варіантах запуску.

Таблиця 2.12 – Налаштування секції «Settings for next shutdown»

Опція	Опис налаштування секції
Force cold start	Наступний запуск відбудеться в режимі холодного запуску. Доступно, лише якщо вибрано режим простою. Користувач повинен мати права на групу функцій «Загальна конфігурація».
Reload files	Наступний запуск відбудеться в режимі початкового холодного запуску. Цей параметр необхідно вибрати в таких випадках: <ul style="list-style-type: none"> • якщо XML-файли були змінені безпосередньо, тобто користувач відкрив файл і змінив його. Будь-які інші зміни файлів XML, наприклад, якщо контролер робота змінює їх у фоновому режимі, не вимагають такого перезапуску; • якщо апаратні компоненти потрібно замінити після завершення роботи. Доступно, лише якщо вибрано Холодний старт або Примусовий холодний старт. Залежно від обладнання початковий холодний запуск займає приблизно на 30...150 секунд довше, ніж звичайний холодний запуск.
Power-off delay time Power-fail wait time	Активний: час затримки дотримується під час наступного вимкнення системи. Неактивний: час затримки ігнорується під час наступного вимкнення системи.

Секція «Shutdown actions» (таблиця 2.13), застосовується тільки в режимах T1 або T2. При її налаштуванні користувач повинен мати права на групу функцій «Загальна конфігурація».

Таблиця 2.13 – Налаштуванні секції «Shutdown actions»

Опція	Опис налаштування секції
Shut down control PC	Контролер робота вимикається.
Reboot control PC	Контролер робота вимикається, а потім перезавантажується в режимі холодного старту.

При налаштуванні секції «Drive bus» користувач повинен мати права на групу функцій «Загальна конфігурація». Шини приводу, значення яких приведено в таблиці 2.14, мають важливість у загальній системі безпечної роботи роботом.

Таблиця 2.14 – Налаштуванні секції «Drive bus»

Опція	Опис налаштування секції
OFF / ON	Шину приводу можна вимкати або вмикати. Індикатор стану шини приводу має наступні позначення: <ul style="list-style-type: none"> • Зелений: привід увімкнений. • Червоний: привід вимкнений. • Сірий: статус шини приводу невідомий.

Типи старту

Типи старту описані в таблиці 2.16. Бувають лише два варіанта.

Таблиця 2.15 – Типи старту

Тип старту	Опис старту
Холодний старт (Cold start)	Після холодного запуску контролер робота відображає екран навігатора. Жодна з програм при цьому не вибрана. Контролер робота повторно ініціалізовано, наприклад для всіх виходів користувача встановлено значення FALSE. Якщо XML-файли були змінені безпосередньо, тобто користувач відкрив файл і змінив його, ці зміни враховуються у випадку холодного запуску з перезавантаженням файлів. Цей холодний запуск називається «Початковий холодний запуск». У разі холодного запуску без перезавантаження файлів зміни в XML-файлах не враховуються.
Режим простою (Hibernate)	Після запуску в режимі простою попередньо вибрану програму робота можна продовжити. Повністю відновлено стан системи ядра: програми, покажчик блоку, вміст змінних і виходи. Крім того, усі програми, які були відкриті паралельно з контролером робота, знову відкриваються та мають той самий стан, який вони мали перед вимкненням системи. Також відновлюється останній стан Windows.

2.7. Вмикання/вимкнення приводів

Передумова

Користувач повинен мати права на групу функцій «Вибір і скасування вибору програми».

Приводи робота — це сукупність пристроїв, які перетворюють електричну енергію контролера в механічний рух кожної окремої осі маніпулятора. Привід є складною системою, до якої зазвичай входять: електродвигун, редуктор, гальмо, датчик положення.

Процедура

1. У рядку стану торкніться індикатора стану приводів. Відкриється вікно Умови руху.
2. Увімкніть або вимкніть приводи.

2.8. Вимкнення контролера робота

Коли система вимикається, робот зупиняється, а контролер робота вимикається. Контролер робота автоматично створює резервні копії даних.

Якщо налаштовано час затримки відключення живлення, контролер робота вимикається лише після закінчення цього часу. Іншими словами, короткі вимкнення живлення перекриваються через цей час затримки. Потім потрібно лише підтвердити повідомлення про помилку, після чого програму можна продовжити.

Виняток: час затримки вимкнення живлення не функціонує для варіанту системи керування «KR C4 compact». В неї діє час затримки при зникненні живлення, навіть якщо вимикають за допомогою головного вимикача.

Протягом часу затримки робот-контролер живиться від свого акумулятора.

Процедура

- Переведіть головний вимикач на контролері робота в положення Вимкнено.

Головний вимикач не можна натискати, якщо контролер робота перезавантажують з опцією Перезавантаження ПК і ця процедура ще не завершена. Інакше системні файли можуть бути знищені.

2.9. Налаштування мови інтерфейсу користувача

Передумова

Користувач повинен мати права на групу функцій «Загальна конфігурація».

Процедура

1. У головному меню виберіть «Конфігурація» > «Різне» > «Мова».
2. Виберіть потрібну мову. Підтвердьте кнопкою «ОК».

Доступні такі мови: китайська (спрощена), польський, датська, португальська, німецький, румунська, англійська, російська, фінська, шведська, французька, словацький, грецька, словенська, італійська, іспанська, японський, чеська, корейська, турецька, голландська, угорська, в'єтнамська.

2.10. Створення скріншота на smartPAD

Процедура

Натисніть клавішу головного меню (клавіша з іконкою робота) двічі поспіль. Скріншот зберігається в каталозі *C:/KUKA/Screenshot*.

2.11. Документація онлайн та довідка до повідомлень

2.11.1. Виклик документації онлайн

Документацію системного програмного забезпечення можна відобразити на контролері робота. Певні технологічні пакети також мають документацію, яку можна відобразити на контролері робота. Приклад онлайн-документація показано на рисунку 2.11.

Процедура

1. У головному меню виберіть «Довідка» > «Документація». Потім виберіть Системне програмне забезпечення або пункт меню для пакета технологій. Відкриється вікно KUKA Embedded Information Service та відобразиться зміст документації.

2. Торкніться розділу. Відображаються теми, які він містить, як на рисунку 2.11.

3. Торкніться теми щоб відобразити опис.

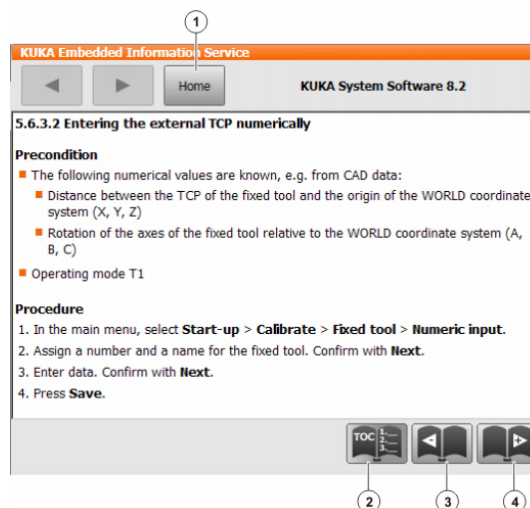


Рисунок 2.11 – Приклад онлайн-документація по системному програмному забезпеченню. 1, 2 – відображення змісту; 3 – відображає попередню тему у змісті; 4 – відображає наступну тему.

2.11.2. Виклик допомоги до повідомлень

Довідку до повідомлення можна викликати наступними способами:

- викликати довідку для конкретного повідомлення, яке зараз відображається у вікні повідомлення;
- відобразити огляд можливих повідомлень і викликати довідку у будь-якого з повідомлень.

Кнопка «2» на рисунку 2.12 активна лише якщо іншу кнопку зі стрілкою використовували для переходу на попередню сторінку. Потім цю кнопку можна використати для повернення до вихідної сторінки.

Процедура

Більшість повідомлень містить кнопку зі знаком питання. Для таких повідомлень доступна довідка.

1. Торкніться знаку питання. Відкриється вікно сторінки повідомлень KUKA Embedded Information Service. Вікно містить різноманітну інформацію про повідомлення.

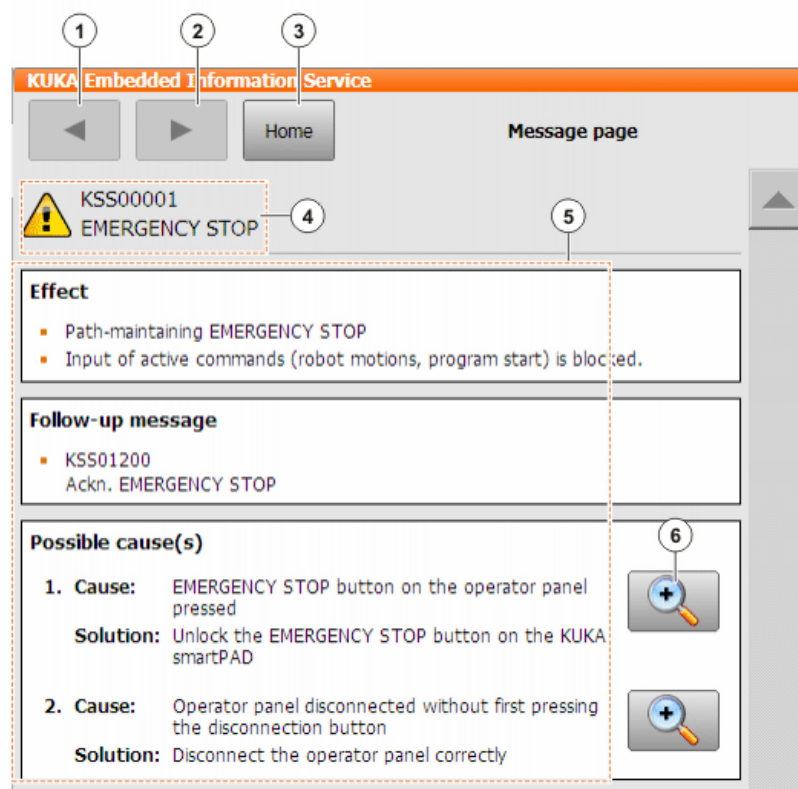


Рисунок 2.12 – Приклад вікна допомоги KUKA System Software.

1 – відображає попередню сторінку; 2 – відображає наступну сторінку; 3 – відображення списку програмних модулів; 4 – номер і текст повідомлення; 5 – інформація про повідомлення (доступної інформації може бути менше, ніж у прикладі); 6 – відображає детальну інформацію про причину/рішення.

Процедура

Більшість повідомлень містить кнопку зі знаком питання. Для таких повідомлень доступна довідка.

1. Торкніться знаку питання. Відкриється вікно сторінки повідомлень KUKA Embedded Information Service. Вікно містить різноманітну інформацію про повідомлення.

2. Вікно також часто містить інформацію про причини повідомлення та відповідні рішення. Відображення подробиць:

- а. торкніться значка лупи поруч із причиною. Відкриється сторінка з подробицями, показана на рисунку 2.13;
- б. відкрийте описи причини та рішення;

в. якщо повідомлення має кілька можливих причин то піктограми лупи зі стрілками можна використовувати для переходу на попередню або наступну сторінку подробиць.

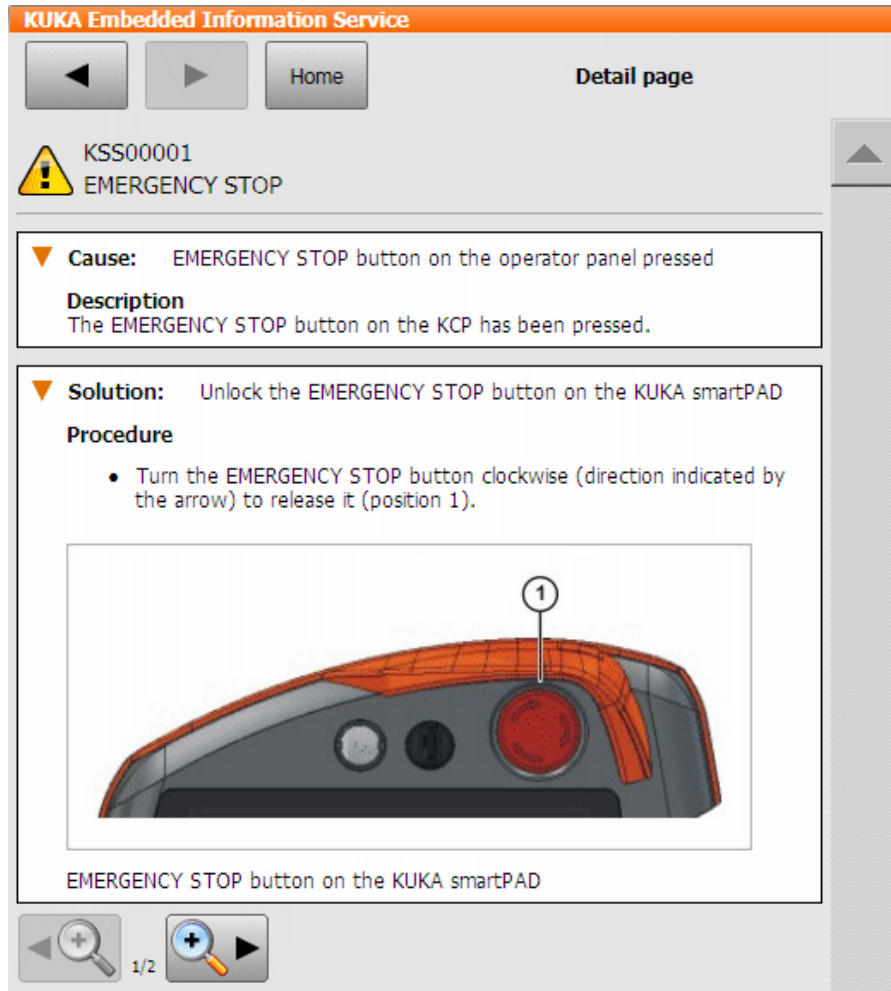


Рисунок 2.13 – Сторінка з деталями. Приклад із системного програмного забезпечення KUKA

Для відображення допомоги до будь-якого повідомлення необхідно виконати наступні пункти.

1. У головному меню виберіть «Довідка» > «Повідомлення». Потім виберіть Системне програмне забезпечення або пункт меню пакета технологій.

Відкриється вікно *KUKA Embedded Information Service – Index page*. Повідомлення сортуються за модулями («модуль» тут означає підрозділ програмного забезпечення).

2. Торкніться назви модуля. Відображаються повідомлення цього модуля.

3. Торкніться повідомлення. Відобразиться сторінка повідомлення. Вікно містить різноманітну інформацію про повідомлення.

4. Вікно також часто містить інформацію про причини повідомлення та відповідні рішення. Деталі можуть бути відображені:

- а. торкніться значка лупи поруч із причиною. Відкриється сторінка з деталями;
- б. відкрийте описи причини та рішення;
- в. якщо повідомлення має кілька можливих причин то піктограми лупи зі стрілками можна використовувати для переходу на попередню або наступну сторінку деталей.

2.12. Зміна групи користувачів

Група користувачів (User Group) – це механізм розмежування прав доступу та дозволених функцій для різних рівнів операторів і програмістів.

Процедура

1. Відкрийте вікно зміни групи користувачів:

- торкніться значка групи, рисунок 2.14, користувачів на smartНМІ;
- або: у головному меню виберіть «Конфігурація» > «Група користувачів».



Рисунок 2.14 – Значок групи користувачів

2. Змініть групу користувачів:

- Натисніть «За замовчуванням», щоб перейти до групи користувачів за замовчуванням (він же «Оператор»).
- Щоб перейти до іншої групи користувачів, виберіть потрібну групу користувачів. Потім введіть пароль і підтвердить, натиснувши «Увійти».

2.13. Групи користувачів

Група користувачів за замовчуванням

Групою користувачів за замовчуванням є «Оператор». Це єдина група користувачів, для якої не потрібен пароль.

- Після перезапуску автоматично вибирається група користувачів за замовчуванням.

- Якщо режим перемикається на «AUT» або «AUT EXT», то контролер робота автоматично перемикається на групу користувачів за замовчуванням з міркувань безпеки. Якщо потрібна інша група користувачів, то перейти до неї можна лише згодом.

- Якщо в інтерфейсі користувача не виконується жодних дій протягом 5 хвилин, контролер робота автоматично перемикається на групу користувачів за замовчуванням з міркувань безпеки.

Таблиця 2.16 – Права груп користувачів

Група користувачів	Кількість сегментів	Стандартні права
Адміністратор	6	Група користувачів «Адміністратор» може виконувати всі функції (включаючи функції систем безпеки).
Інженер з техніки безпеки	5	Група користувачів «Інженер з техніки безпеки» може виконувати функції, необхідні для запуску системи (включаючи обладнання безпеки).
Інженер з відновлення безпеки	4	Група користувачів «Інженер з відновлення безпеки» може виконувати функції, необхідні для обслуговування систем (у тому числі для обладнання безпеки). Права користувача технічного спеціаліста з відновлення безпеки обмежені встановленням опції безпеки.
Експерт	3	Група користувачів «Експерт» може виконувати функції, які потребують експертних знань.
Користувач	2	Група «Користувач» може виконувати функції, необхідні для нормальної роботи робота.
Оператор (без паролю)	1	Дуже обмежені права. «Оператор» не може виконувати функції, які змінюють систему на постійній основі.

Поточна група користувачів

Кількість білих сегментів у піктограмі групи користувачів на smartHMI вказує на те, яку групу користувачів наразі вибрано.

Приклад: 3 білі сегменти це група «експерт» 

Групи користувачів

Усі групи користувачів, крім групи користувачів за замовчуванням, захищені паролем. Стандартним паролем для всіх груп є «kuka». Пароль можна змінити для кожної групи окремо.

Кожна група користувачів має всі права нижчої групи, а також додаткові права, що вказані в таблиці 2.16.

Права адміністратора

Адміністратор може змінювати права групи користувачів.

Кожен користувач може подавитись, які права має поточна група користувачів.

2.14. Зміна режиму роботи

Зміна режиму роботи — це безпечна процедура переходу контролера з одного режиму в інший (наприклад, з T1 у AUT або з AUT у T2). Перемикання виконується фізичним поворотом перемикача режимів на smartPAD. У деяких випадках перемикання можливе тільки зі вставленим ключем.

Таблиця 2.17 – Режими роботи

Режими роботи	Використання	Швидкості
T1	Для тестової експлуатації, програмування та навчання	Режим перевірки програми: запрограмована швидкість, максимум 250 мм/с Ручний режим: швидкість ручного режиму, максимум 250 мм/с
T2	Для тестової експлуатації	Режим перевірки програми: запрограмована швидкість Ручний режим: недоступний
AUT	Для промислових роботів без контролерів вищого рівня	Робота програми: запрограмована швидкість Ручний режим: недоступний
AUT EXT	Для промислових роботів з контролерами вищого рівня, наприклад PLC	

Не змінюйте режим роботи під час виконання програми. При зміні режиму роботи під час виконання програми промисловий робот зупиняється через захисну зупинку №2.

Передумова

- контролер робота не виконує програму;
- якщо перемикач режимів із ключем то ключ вставляється у перемикач.

Процедура

1. Поверніть перемикач режимів на smartPAD. Відобразиться менеджер підключень.

2. Виберіть режим роботи.

3. Поверніть перемикач режимів у вихідне положення.

Вибраний режим роботи, які описані в таблиці 2.17, відображається в рядку стану smartPAD.

Контрольні питання до лекції 2

1. Які основні елементи є на передній панелі SmartPAD, включаючи їх функції (наприклад, кнопка аварійної зупинки, миша 6D, кнопки пуску/стопу)?

2. Які функції важелів підтвердження на задній панелі SmartPAD, включаючи їх три положення та роль у тестових режимах роботи?

3. Які заходи безпеки необхідно дотримуватися при відключенні та підключенні пульта SmartPAD? Опишіть послідовність дій для безпечного відключення та перевірки після підключення.

4. Які існують ключові елементи інтерфейсу smartHMI, включаючи рядок стану, вікно повідомлень, індикатори 6D миші та панель кнопок?

5. Які існують відмінності між типами старту (холодний старт та режим простою) та коли рекомендується використовувати опцію "Reload files" у налаштуваннях холодного запуску?

6. Чим відрізняються режими роботи промислового робота (T1, T2, AUT, AUT EXT), включаючи їх призначення, доступність ручного режиму та обмеження швидкості?

ЛЕКЦІЯ 3

План лекції

Системи координат, що застосовуються при управлінні роботом. Основи переміщення робочого інструменту робота. Переміщення зовнішніх осей. Обхід моніторингу робочого простору.

2.15. Системи координат

У контролері робота визначено такі декартові системи координат, рисунок 2.15:

- загальна ($\$world$);
- робота ($\$robroot$);
- заготовки ($\$base$);
- інструменту ($\$tool$).

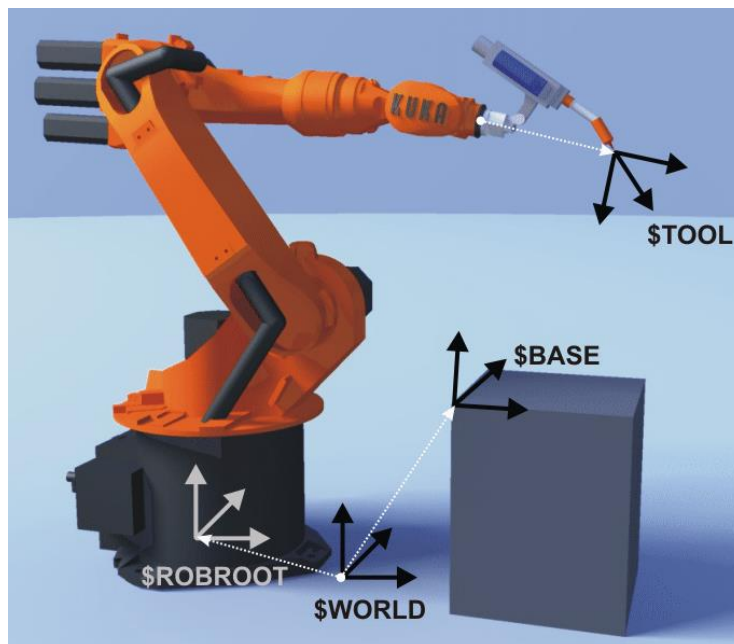


Рисунок 2.15 – Огляд систем координат

Загальна система координат

Загальна - це постійно визначена декартова система координат. Коренева система координат для систем координат робота і заготовки.

За замовчуванням загальна система координат розташована в основі робота.

Система координат робота

Це декартова система координат, яка завжди знаходиться в основі робота. Вона визначає положення робота відносно загальної системи координат.

За замовчуванням система координат робота ідентична загальній системі координат. *\$robroot* дозволяє визначити зміщення робота відносно загальної системи координат.

Система координат заготовки

Це декартова система координат, яка визначає положення заготовки. Позиціонується відносно загальної системи координат.

За замовчуванням система координат заготовки ідентична загальній системі координат. Користувач зміщує її до заготовки.

Система координат інструменту

Система координат інструменту — це декартова система координат, розташована в центрі інструменту.

Стандартно початок системи координат інструменту знаходиться в центрі фланця. У цьому випадку вона називається системою координат Flange. Система координат інструменту зсувається користувачем до центральної точки інструменту на кути по таблиці 2.18.

Таблиця 2.18 – Кути повороту систем координат робота

Кут	Обертання навколо осей
Кут A	Обертання навколо осі Z
Кут B	Обертання навколо осі Y
Кут C	Обертання навколо осі X

2.16. Переміщення робота вручну

Є 2 способи переміщення робота вручну:

- декартове прямолінійне переміщення. Центр інструменту (Tool Center Point - TCP) зміщується в позитивному або негативному напрямку прямолінійно вздовж осей системи координат;
- переміщення по осям.

Кожну вісь можна переміщати окремо в позитивному або негативному напрямку, як на рисунку 2.16.

Є 2 елементи керування оператора, які можна використовувати для переміщення робота:

- клавіші переміщення;
- мишка 6D.

Поки робот рухається за допомогою клавіш мишка 6D вимкнено. Вона вимкнена до моменту коли робот зупиниться. І навпаки, під час натискання мишки 6D клавіші переміщення неактивні.



Рисунок 2.16 – Переміщення по осі

Переміщення по осям за допомогою мишки 6D можливе, але не рекомендується.

2.16.1. Вікно «Параметри переміщення».

Усі параметри для ручного переміщення можна встановити у вікні Опції ручного переміщення.

Процедура

Щоб відкрити вікно Опції ручного переміщення:

1. відкрийте індикатор стану на smartНМІ, наприклад індикатор стану інструменту (окрім індикаторів стану інтерпретатора завдань, приводів і стану інтерпретатора робота). Відкривається відповідне вікно;

2. натисніть «Опції». Відкриється вікно «Опції ручного переміщення».

Для більшості параметрів немає необхідності відкривати вікно «Опції ручного переміщення». Їх можна встановити безпосередньо через індикатори стану smartНМІ.

2.16.1.1. Вкладка Загальні

На рисунку 2.17 представлено загальний вигляд вкладки з описом в таблиці 2.19.

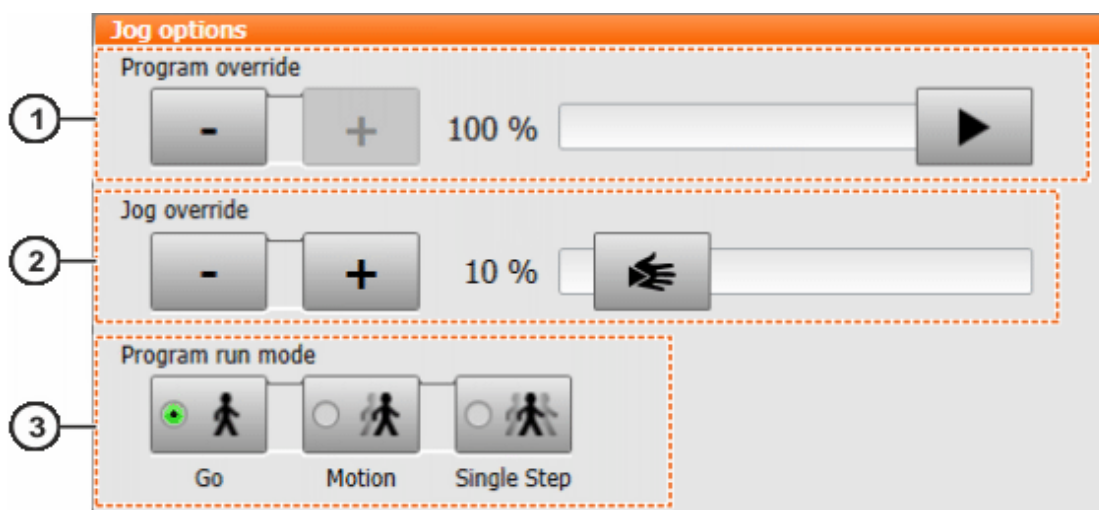


Рисунок 2.17 – Вигляд вкладки Загальні

Таблиця 2.19 – Інтерфейс вкладки Загальні

Позиція на рисунку 2.17	Опис елементів
1	Встановлення корекції програми
2	Встановлення корекції ручного переміщення
3	Вибір режиму роботи програми

2.16.1.2. Вкладка Кнопки

Користувач повинен мати права на групу функцій «Загальні налаштування ручного переміщення».

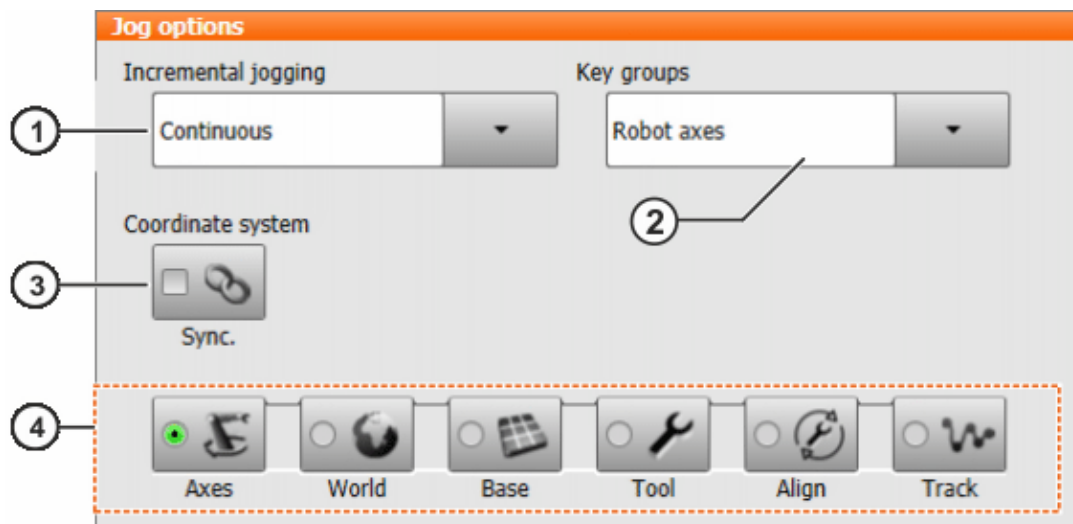


Рисунок 2.18 – Вигляд вкладки Кнопки

Таблиця 2.20 – Інтерфейс вкладки Кнопки

Позиція на рисунку 2.18	Опис елементів
1	Інкрементне ручне переміщення Якщо вибрано параметр «Трек», то налаштування для поступового переміщення автоматично змінюється на «Непереривний» (якщо ще не було встановлено). Якщо вибір «Траса» знову скасовано, то налаштування повертається до початкового значення.
2	Виберіть групу кінематики Група кінематики визначає осі, до яких відносяться клавіші переміщення. Стандартним налаштуванням є осі робота ($A1 \dots A6$). Залежно від конфігурації системи для вибору можуть бути доступні інші групи кінематики: <ul style="list-style-type: none"> • якщо вибрано параметр «Вирівняти», то групу кінематики змінити неможливо; • якщо вибрано параметр «Трек», то група кінематики автоматично змінюється на «Вибір» відсутній. Якщо вибір «Траса» знову скасовано, то налаштування повертається до початкового значення.
3	Прапорець «Синхронізувати» <ul style="list-style-type: none"> • якщо прапорець неактивний (за замовчуванням) то на вкладках «Клавіші» та «Миша» можна вибрати окремо різні системи відліку (осі, загальна, заготовки або інструменту); • якщо прапорець активний то якщо систему відліку на вкладці «Клавіші» змінено, налаштування на вкладці «Миша» адаптуються автоматично, і навпаки.
4	Вибір системи відліку для переміщення за допомогою клавіш переміщення: осі, загальна, заготовки або інструменту. <ul style="list-style-type: none"> • вирівняти (align): для простого вирівнювання інструменту з основою. Вирівнювання недоступне для роботів-палетувальників; • трек: для виконання останніх рухів назад

2.16.1.3. Вкладка Мишка 6D

Мишка 6D (6D Mouse, Space Mouse) – це ергономічний 3D-джойстик, вбудований у smartPAD, призначений для інтуїтивного ручного керування роботом.

На рисунку 2.19 показано вікно налаштування мишки 6D з описом інтерфейсу в таблиці 2.21.

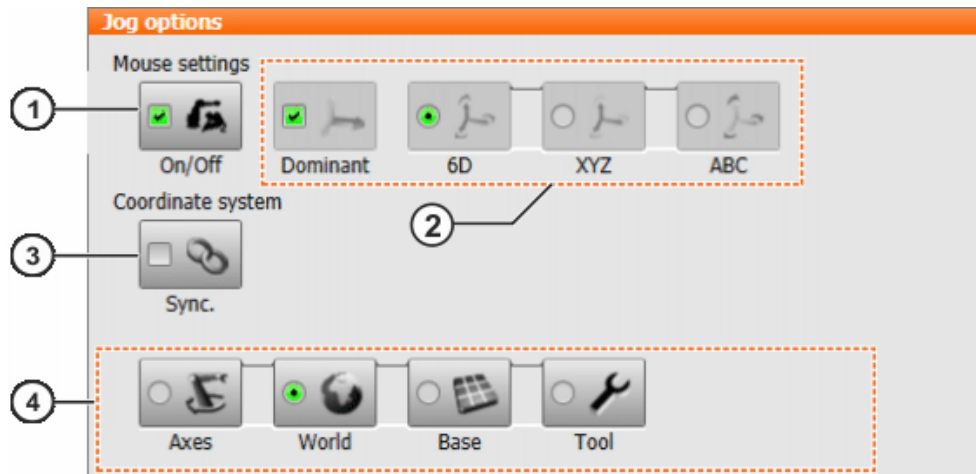


Рисунок 2.19 – Вигляд вкладки Мишка 6D

Таблиця 2.21 – Інтерфейс вкладки Мишка 6D

Позиція на рисунку 2.19	Опис інтерфейсу
1	Якщо прапорець активний (за замовчуванням) то Мишка 6D активна. І навпаки якщо прапорець неактивний то і Мишка 6D неактивна. У разі зміни групи користувачів Мишка 6D автоматично повертається до стандартного стану, тобто «активного». Користувач повинен мати права на групу функцій «Загальні параметри ручного переміщення».
2	Налаштування рухів Мишки 6D. Користувач повинен мати права на групу функцій «Загальна конфігурація».
3	Прапорець «Синхронізація»: <ul style="list-style-type: none"> • якщо прапорець неактивний (за замовчуванням) то на вкладках «Клавіші» та «Миша 6D» можна вибрати різні системи відліку; • якщо прапорець активний то якщо систему відліку на вкладці «Клавіші» змінено, налаштування на вкладці «Миша» адаптуються автоматично, і навпаки. Користувач повинен мати права на групу функцій «Загальні параметри ручного переміщення».
4	Базова система координат для руху за допомогою Мишки 6D Користувач повинен мати права на групу функцій «Загальні параметри ручного переміщення».

2.16.1.4. Вкладка Позиція КСР

КСР — це портативний пульт керування (операторська панель), який забезпечує всі функції. В сучасних роботах випускається у вигляді smartPAD.

Позиція КСР, що показано на рисунку 2.20, налаштовує розміщення оператора відносно робота.

Налаштування позиції показано в таблиці 2.21 і не впливає на елементи робота окрім направлення руху за допомогою мишки 6D.

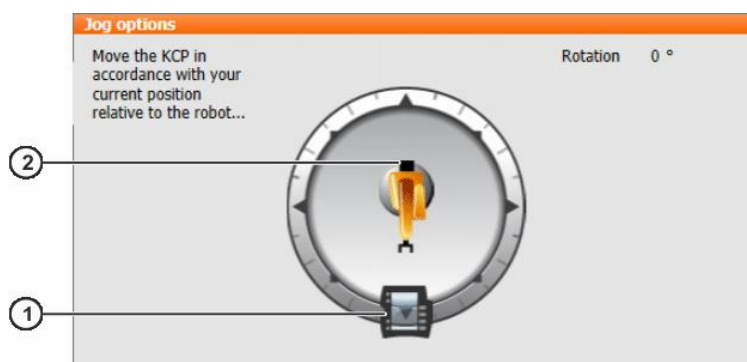


Рисунок 2.20 – Вигляд вкладки Позиція КСР

Таблиця 2.21 – Інтерфейс вкладки Позиція КСР

Позиція	Опис елемента
1	Перетягніть піктограму smartPAD у положення, яке відповідає розташуванню користувача відносно розподільної коробки.
2	Точка орієнтиру - розподільна коробка на опорній рамі

2.16.1.5. Вкладка Поточна база і інструмент

Вкладка «Поточна база і інструмент», що показана на рисунку 2.21 з описом в таблиці 2.21, допомагає налаштувати відповідні параметри.

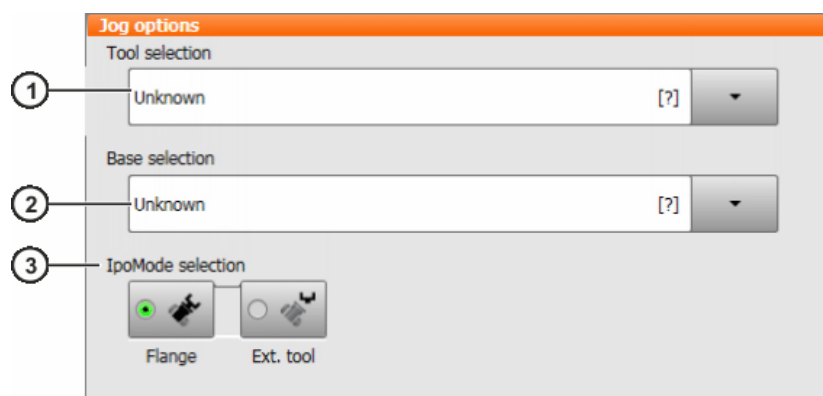


Рисунок 2.21 – Вигляд вкладки Поточна база і інструмент

Поточна база це номер системи координат бази, яка зараз активна. Фактично це система координат, прив'язана до деталі, стола, конвеєра чи будь-якого стаціонарного об'єкта в робочій зоні. Вона задає, де знаходиться нуль деталі відносно світової системи координат \$WORLD.

Таблиця 2.21 – Інтерфейс вкладки Поточна база і інструмент

Позиція	Опис
1	Тут відображається поточний інструмент. Можна вибрати інший інструмент. Індикація <i>Unknown [?]</i> означає, що жоден інструмент ще не був відкалібрований.
2	Тут відображається поточна база. Можна вибрати іншу базу. Індикація <i>Unknown [?]</i> означає, що жодна база ще не була відкалібрована.
3	Виберіть режим інтерполяції: <ul style="list-style-type: none"> • фланець: інструмент монтується на фланець; • зовнішній інструмент: інструмент є стаціонарним.

2.16.1.6. Вкладка Виявлення зіткнень

Вкладка «Виявлення зіткнень», що показана на рисунку 2.22, допомагає налаштувати відповідні параметри по таблиці 2.22.

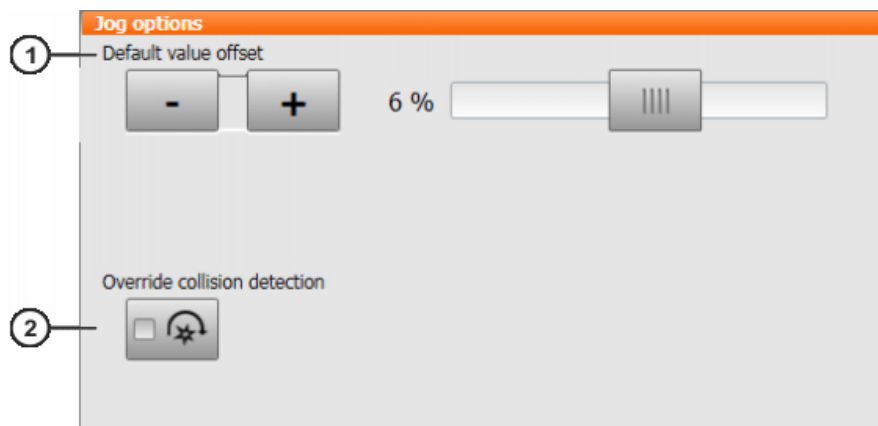


Рисунок 2.22 – Вигляд вкладки Виявлення зіткнень

Таблиця 2.22 – Інтерфейс вкладки Виявлення зіткнень

Позиція на рисунку 2.22	Опис елементів
1	Тут можна змінити чутливість виявлення зіткнень. Зміни можна вносити за допомогою клавіш плюс/мінус або повзунка. Відсоткове значення стосується значень у розділі «Конфігурація» > «Виявлення зіткнень» > «Конфігурація ручного переміщення» в стовпці «Значення за замовчуванням».

Позиція на рисунку 2.22	Опис елементів
	<ul style="list-style-type: none"> • значення 0%: без змін порівняно зі значеннями за замовчуванням; • від'ємне значення: більша чутливість, тобто виявлення спрацює легше; • позитивне значення: менша чутливість. <p>Користувач повинен мати права на групу функцій «Загальні параметри ручного переміщення».</p>
2	<p>Після зіткнення сили та моменти, що діють на осі робота, можуть бути настільки великими, що функція виявлення буде постійно запобігати відновленню руху. Користувач повинен безпечно відвести робота рукою, тобто вивести його з положення зіткнення. Щоб зробити це, користувач повинен вимкнути виявлення зіткнень. Вимкнення залишається неактивним, доки користувач не скасує його.</p> <ul style="list-style-type: none"> • прапорець активний: виявлення зіткнень вимкнено. Робота можна вивести з положення зіткнення. Відобразиться наступне повідомлення: Виявлення зіткнень вимкнено для ручного переміщення; • прапорець не активний: виявлення зіткнень не скасовується. <p>Користувач повинен мати права на групу функцій «Критичні параметри ручного переміщення».</p> <p>Для безпечного відводу робота також є режим «Переміщення по треку» (Track jog). Слід віддати перевагу саме цьому режиму. Використовуйте «Вимкнення виявлення зіткнень», лише тоді, коли режим «Трек» не можна використовувати, наприклад якщо робота заклинило після зіткнення.</p>

2.16.2. Налаштування корекції ручного переміщення

Корекції визначає швидкість робота під час ручного переміщення.

Швидкість, фактично досягнута роботом із налаштуванням корекції ручного режиму на 100 %, залежить від різних факторів, у тому числі від типу робота. Однак швидкість не може перевищувати 250 мм/с.

Передумова

Користувач повинен мати права на групу функцій «Загальні параметри ручного переміщення».

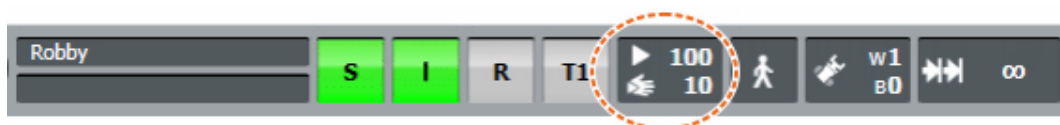


Рисунок 2.23 – Індикатор статусу корекції

Процедура

1. Торкніться індикатора стану корекції у місці показаному на рисунку 2.23. Відкриється вікно Корекції.

2. Встановіть потрібну корекції. Її можна встановити за допомогою кнопок плюс/мінус або за допомогою повзунка.

- клавіші плюс/мінус: можна встановити значення 100, 75, 50, 30, 10, 5, 3, 1 відсотків;
- повзунок: корекцію можна регулювати з кроком 1 %.

3. Знову торкніться індикатора стану корекції (або торкніться області за вікном). Вікно закривається, і вибране значення заміни застосовується.

Альтернативна процедура

Крім того, корекцію можна встановити за допомогою клавіші плюс/мінус у нижній правій частині smartPAD. Значення можна встановити на 100, 75, 50, 30, 10, 5, 3, 1 відсотків.

2.16.3. Вибір інструменту та бази

Для декартового переміщення необхідно вибрати один інструмент (система координат $\$tool$) і одну базу (система координат $\$base$).

Передумова

Користувач повинен мати права на групу функцій «Загальні параметри переміщення».

Процедура

1. Торкніться індикатора стану поточного інструменту і бази як на рисунку 2.24. Відкриється вікно поточного інструмента/бази.

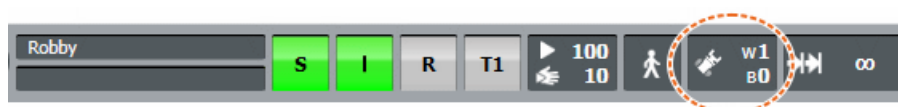


Рисунок 2.24 – Індикатора стану поточного інструменту і бази

2. Виберіть потрібний інструмент і базу. Вікно закривається автоматично, і вибір застосовується.

2.16.4. Переміщення по осям за допомогою клавіш переміщення

Передумова

Користувач повинен мати права на групу функцій «Рух за допомогою клавіш переміщення». Осі (axes) вибрано як систему відліку для переміщення клавішами. Бажана корекція ручного режиму встановлена. Увімкнений режим T1.

Процедура

1. Натисніть і утримуйте перемикач увімкнення. Осі від A1 до A6 відображаються поруч із клавішами переміщення.

2. Щоб перемістити вісь у позитивному або негативному напрямку, натискайте клавішу плюс або мінус переміщення.

Також можна відображати положення робота під час переміщення. Для цього виберіть у головному меню «Відображення» > «Фактичне положення».

2.16.5. Декартове переміщення за допомогою клавіш

Передумова

Користувач повинен мати права на групу функцій «Рух за допомогою клавіш переміщення». В якості базової системи координат руху повинні бути вибрані кнопками: загальна, заготовка або інструмент. Бажану корекцію ручного режиму встановлено. Вибрано інструмент і базу. Встановлений режим T1.

Процедура

1. Натисніть і утримуйте важіль підтвердження. Поруч із клавішами переміщення будуть відображаються наступні позначення:

- X, Y, Z: для лінійних рухів уздовж осей вибраної системи координат;
- A, B, C: для обертальних рухів навколо осей обраної системи координат;

2. Щоб перемістити робота в позитивному або негативному напрямку, натискайте клавішу плюс або мінус.

Є можливість відобразити положення робота під час руху: виберіть у головному меню «Відображення» > «Фактичне положення».

2.16.6. Налаштування мишки 6D

Передумова

Користувач повинен мати права на групу функцій «Загальна конфігурація».

Процедура

1. Відкрийте вікно параметрів ручного переміщення і виберіть вкладку Мишка 6D. Відкриється вікно як на рисунку 2.25 з вибором режиму по таблиці 2.23.

2. Налаштування групи мишка 6D:

- Прапорець Домінуючий: увімкніть або вимкніть домінуючий режим за бажанням. Залежно від домінуючого режиму, мишка 6D можна використовувати для переміщення лише однієї осі або кількох осей одночасно.
- Блок налаштувань 6D/XYZ/ABC: виберіть, чи слід переміщувати центр інструмента за допомогою поступальних рухів, обертальних рухів або обох одночасно.

3. Закрийте вікно параметрів ручного переміщення.

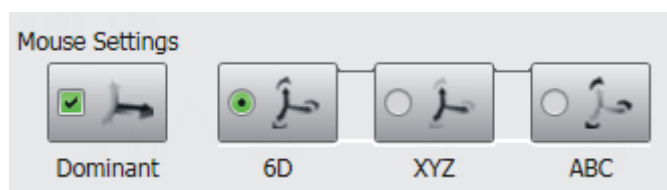


Рисунок 2.25 – Налаштування мишки 6D

Таблиця 2.23 – Домінуючий режим

Прапорець на рисунку 2.25	Опис режиму
Встановлено	Увімкнено домінуючий режим. Пересувається лише та координатна вісь, яка має найбільше відхилення мишкою 6D.
Вимкнено	Домінуючий режим вимкнено. Залежно від вибору осі можна одночасно переміщати 3 або 6 осей.

Напрямки руху мишки 6D показано на рисунках 2.26 та 2.27 з описом в таблиці 2.24.

Таблиця 2.24 – Осі переміщення мишкою 6D

Опція мишки	Опис опції
6D	Робота можна переміщати, тягнути, штовхаючи, обертаючи або нахиляючи мишку 6D. При декартовому переміщенні можливі такі рухи: <ul style="list-style-type: none"> • Поступальні рухи в напрямках X, Y і Z • Обертальні рухи навколо осей X, Y і Z
XYZ	Робота можна переміщати, лише потягнувши або натиснувши мишку 6D. При декартовому переміщенні можливі тільки поступальні рухи в напрямках X , Y і Z
ABC	Робота можна переміщати, лише обертаючи або нахиляючи мишку 6D. При декартовому переміщенні можливі тільки обертальні рухи навколо осей X , Y і Z

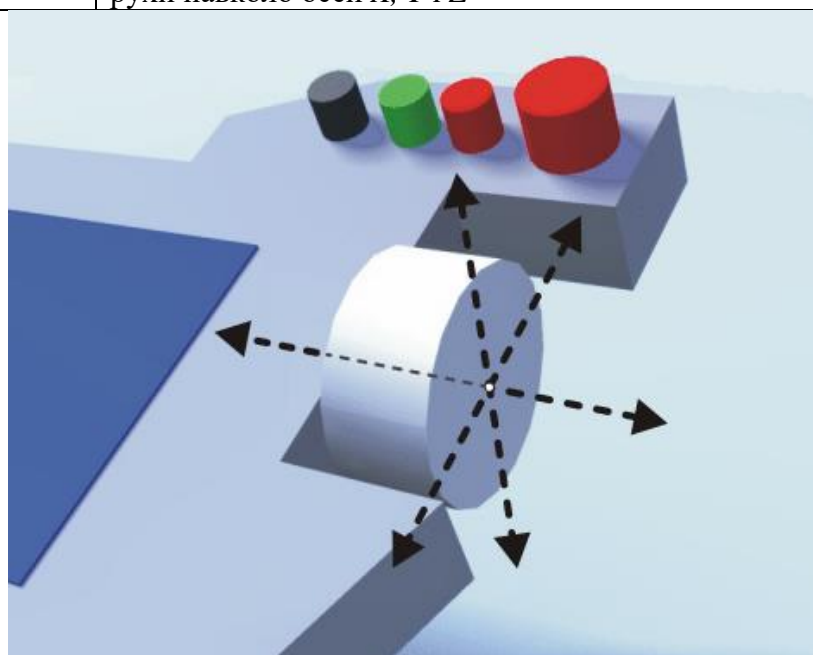


Рисунок 2.26 – Напрямки тяги або штовхання мишки 6D

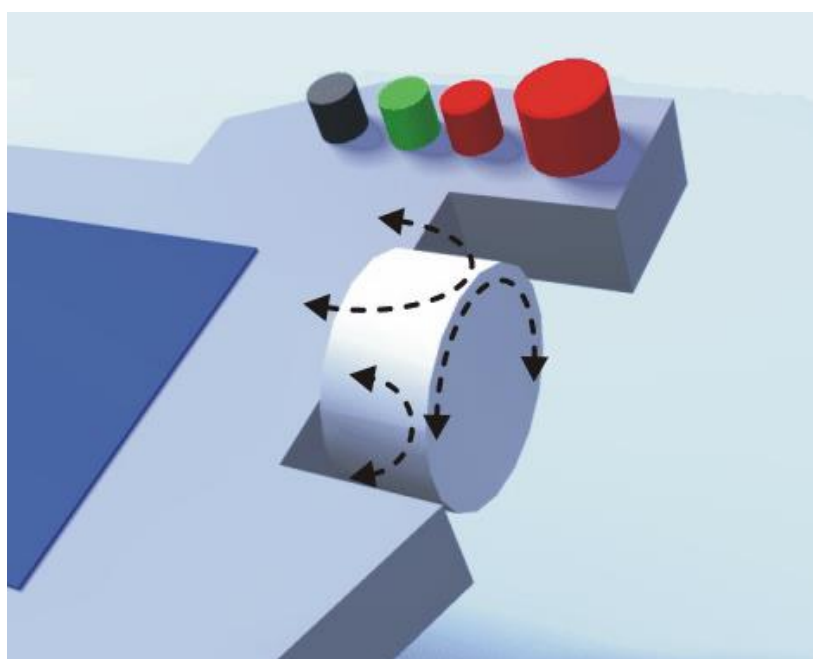


Рисунок 2.27 – Напрямки обертання і нахилу мишки 6D

2.16.7. Визначення орієнтації мишки 6D

Функціонування мишки 6D можна адаптувати до місця розташування користувача так, щоб напрямок руху центра інструменту відповідав відхиленню мишки 6D.

Розташування користувача вказується в градусах. Точкою відліку для шкали з градусами є розподільна коробка на базовій рамі. Положення руки або осей робота при цьому не має значення.

Налаштування за замовчуванням – 0° , як показано на рисунку 2.28. Це відповідає користувачеві, що стоїть навпроти розподільної коробки.

Перемикання в автоматичний зовнішній режим автоматично скидає вирівнювання мишки 6D до 0° .

Передумова

Користувач повинен мати права на групу функцій «Загальні параметри ручного переміщення». Вибраний режим T1.

Процедура

1. Відкрийте вікно параметрів ручного переміщення і виберіть вкладку «Позиція КСР».

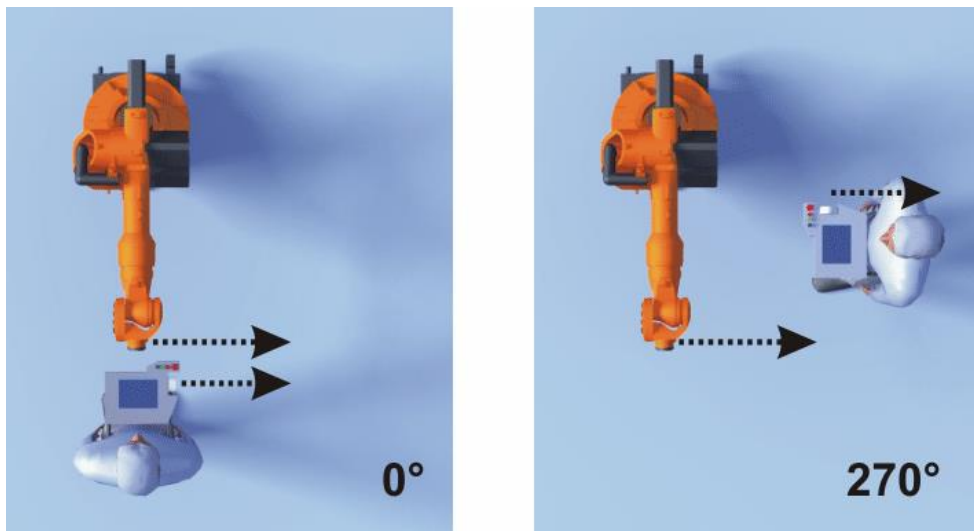


Рисунок 2.28 – Адаптація місця мишки 6D користувача 0° і 270°

2. Перетягніть smartPAD у положення, що відповідає розташуванню користувача з кроком 45° , як показано на рисунку 2.29.

3. Закрийте вікно параметрів Ручного переміщення.



Рисунок 2.29 – Визначення вирівнювання мишки 6D

2.16.8 Декартове переміщення мишкою 6D

Передумова

Користувач повинен мати права на групу функцій «Переміщення за допомогою мишки 6D». Вибрано бази загальна, заготовки або інструмента як систему відліку для мишки 6D. Встановлено бажану корекцію ручного режиму переміщення. Вибрано інструмент і базу. Встановлено режим T1. Мишку 6D налаштовано. Було визначено розташування мишки 6D.

Процедура

1. Натисніть і утримуйте важіль підтвердження.
2. Перемістіть робота в потрібному напрямку за допомогою миші 6D.

Можна відобразити положення робота під час переміщення. Для цього виберіть у головному меню «Відображення» > «Фактичне положення».

2.16.9. Тимчасове вимкнення мишки 6D

Передумова

Користувач повинен мати права на групу функцій «Загальні параметри ручного переміщення».

Процедура

1. Відкрийте вікно Параметрів ручного переміщення і виберіть вкладку миша 6D.

2. У групі «Налаштування миші» зніміть прапорець «Увімкнути/вимкнути». Відобразиться таке повідомлення: мишка 6D була тимчасово дезактивована користувачем.

2.16.10 Інкрементне переміщення

Інкрементне переміщення дає змогу переміщати робота на певну відстань, наприклад на 10 мм або на 3°, як вказано в таблиці 2.25. В кінці руху робот зупиняється сам.

Інкрементне переміщення можна активувати для переміщення за допомогою кнопок. За винятком що його не можна активувати для руху назад.

Інкрементне переміщення неможливе за допомогою мишки 6D.

Сфери застосування:

- позиціонування рівновіддалених точок;
- переміщення на певну відстань від позиції, наприклад у разі несправності;
- юстировка за допомогою циферблатного індикатора.

Таблиця 2.25 – Доступні варіанти інкрементного переміщення

Налаштування	Опис переміщення
Безперервно	Інкрементне переміщення вимкнено
100 мм / 10°	1 крок = 100 мм або 10°
10 мм / 3°	1 крок = 10 мм або 3°
1 мм / 1°	1 крок = 1 мм або 1°
0,1 мм / 0,005°	1 крок = 0,1 мм або 0,005°

Крок у мм:

- діє для декартового переміщення в напрямку X, Y або Z.

Крок в градусах:

- діє для декартового переміщення в напрямку A, B або C;
- діє для переміщення по осі.

Передумова

Користувач повинен мати права на групи функцій Загальні параметри пробіжки та Переміщення за допомогою клавіш. Не активна опція переміщення Трек. Виставлений режим T1.

Процедура

1. Виберіть розмір шагу в рядку стану.
2. Рухайте роботом за допомогою кнопок. Переміщення може бути декартовим або залежним від осі.

Після досягнення переміщення на крок робот зупиняється.

Якщо рух робота перервано, наприклад при відпусканні важеля підтвердження то інкрементний рух не відновлюється наступним разом. Натомість починається новий крок інкременти.

2.16.11 Вирівнювання інструменту з базою

Функція вирівнювання дає змогу легко вирівняти інструмент із поточною базою. Інструмент можна вирівняти перпендикулярно осі бази. Причому вісь можна вибрати.

Інструмент можна вирівняти паралельно вибраній осі. Рух між «перпендикуляром» і «паралеллю» може бути безперервним або поступовим.

Інструмент можна вирівняти за допомогою клавіш переміщення, але не за допомогою мишки 6D.

Подробиці

`$TOOL_DIRECTION` завжди розглядається як напрям інструмента для функції Вирівняти. Таким чином, він явно не залежить від `$TOOL_DIRECTION_LIN_CIRC`.

Команду Вирівняти також можна використовувати для стаціонарних інструментів. У цьому випадку `$TOOL_DIRECTION` відноситься до стаціонарного інструменту. А вибрана вісь відноситься до заготовки (встановленої на роботі).

Якщо для інструмента чи бази не визначено систему координат, або якщо `$tool` чи `$base` недійсні, то використовується `$NULLFRAME`.

Передумова

Користувач повинен мати права на групи функцій Загальні параметри переміщення вручну та Переміщення за допомогою клавіш переміщення.

Встановлено бажану корекцію ручного режиму. Вибрано інструмент і базу. Налаштований режим T1.

Процедура

1. Перемістіть центр інструменту на заготовку. Перейдіть приблизно до положення, з якого потрібно виконати вирівнювання інструменту. Точне позиціонування можна виконати згодом за допомогою спеціальних клавіш.

2. Якщо потрібно використовувати інкрементне переміщення то виберіть потрібний крок у рядку стану.

3. Виберіть опцію Вирівняти для ручного переміщення. Відповідні піктограми тепер відображаються поруч із клавішами переміщення на SmartНМІ.

4. Використовуючи клавіші «1» і «2», виберіть вісь, за якою потрібно вирівняти інструмент.

5. За потреби виконайте більш точне позиціонування інструменту (або після вирівнювання), наприклад перемістіть його вперед або назад за допомогою клавіші «3».

6. Вирівняйте інструмент за допомогою клавіші «4».

7. Переміщення відбувається максимум на 180° . Щойно досягається центр максимально можливого загального діапазону (тобто 90°), робот зупиняється. У цьому випадку відновіть рух можна натиснувши кнопку переміщення ще раз.

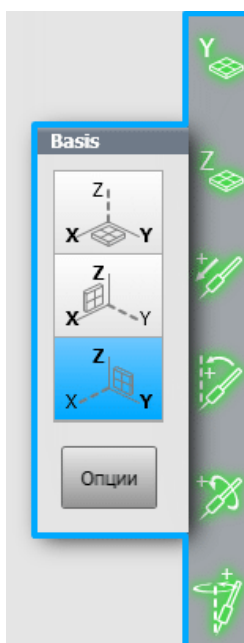







Рисунок 2.30 – Вид з 3-х можливих площин

Таблиця 2.26 – Клавiші перемiщення

Клавiша	Иконка	Опис перемiщення
1+2	Приклад: 	Встановлення площини та осi для сумiщення. У прикладi лiворуч встановлено площину XY бази i, вiдповiдно, вiсь Z. Важливо: встановлена вiсь завжди перпендикулярна до площини, тобто вiсь, яка не позначена значком! Таким чином, у прикладi лiворуч це вiсь Z. Перемiщення вздовж заготовки. Коли натискаються клавiші перемiщення, то центр iнструмента перемiщується у вибранiй площинi бази (у прикладi: площина XY).
3		Перемiщення в напрямку iнструменту (змiна вiдстанi вiд заготовки) Плюс: у напрямку iнструмента до деталi. Мiнус: у напрямку iнструменту вiд деталi.
4		Вирiвнювання iнструмента з основою (встановлення кута до заготовки) Вирiшальним тут є площина або вiсь, встановленi за допомогою клавiш «1»+«2» (у прикладi вище для клавiш «1»+«2»: площина XY / вiсь Z). • Плюс: рух iнструмента ввiрх до осi. Наприкинцi руху напрямком iнструменту паралельний осi. • Мiнус: рух iнструменту вниз до площини. Наприкинцi руху напрямком iнструменту паралельний площинi. Дiапазон руху 180°. Пiд кутом 90° (центр максимально можливого загального дiапазону) робот зупиняється.
5		Обертання iнструменту. Iнструмент обертається навколо напрямку iнструменту. • Плюс: за годинниковою стрiлкою • Мiнус: проти годинникової стрiлки
6		Поворот iнструменту. Iнструмент обертається навколо встановленої осi. Кут iнструменту вiдносно заготовки не змiнюється. • Плюс: за годинниковою стрiлкою • Мiнус: проти годинникової стрiлки

8. Пiсля завершення вiдображається таке повiдомлення: Перемiщення до координатної осi {вибрана вiсь} завершено.

Клавiші перемiщення

Iнструмент вирiвнюється з основою за допомогою клавiші «4». Iншим клавiшам призначено iншi параметри перемiщення, як показано в таблицi 2.26.

Для встановлення iншої площини або осi необхідно виконати наступнi пункти.

1. Торкніться будь-якої піктограми на панелі клавіш переміщення. Відкривається вид із 3-я можливими площинами.

2. Торкніться потрібної площини на поданні. Вікно закривається. Значок позначає вибрану площину.

У прикладі на рисунки 2.30 вибрано площину YZ і, таким чином, вісь X .

2.16.12. Рух назад за допомогою клавіш переміщення

Окрім руху назад за допомогою клавіш переміщення, існує ще один варіант руху назад: рух назад за допомогою клавіші «Пуск назад».

2.16.12.1. Рух назад за допомогою клавіш переміщення – огляд

Контролер робота записує рухи робота. Запис служить «пам'яттю» для робота і дозволяє йому виконувати рухи назад.

Рух назад здійснюється за допомогою клавіш переміщення. Однак робот може виконувати назад не лише ті рухи, які спочатку були виконані за допомогою клавіш переміщення, але й практично всі рухи. Немає різниці, як було зібрано оригінальну послідовність руху, наприклад чергування ручних і програмних рухів: у зворотному русі є одна безперервна траєкторія. Її можна зупинити в будь-якій точці, але вихідні рухи не можна виконувати окремо (рух за рухом).

Якщо вихідні рухи мали точні точки позиціонування, робот також зупиняється на них під час руху назад. Виняток: якщо шлях проходить через точну точку позиціонування практично по прямій лінії, він не зупиняється.

Швидкість зворотного руху користувач визначає за допомогою ручної корекції. Швидкість початкового руху не має значення.

Робот може виконувати записаний шлях не тільки назад, але назад і знову вперед. Він може, так би мовити, рухатися назад і вперед у минулому. Змінювати напрямок можна будь-яку кількість разів.

Типи руху

Наступні рухи записуються і можуть бути виконані назад:

- рухи, що виконані вручну;

- програмовані рухи;
- переміщення до точки блоку руху;
- рухи синхронних і асинхронних осей;
- маятникові рухи;
- переривчасті рухи;
- рухи, що виконуються за допомогою клавіші «Почати назад».

Наступні рухи не записуються і тому не можуть бути виконані назад:

- рухи осей, що перейшли в «м'який» режим;
- сам рух назад, тобто рухи, що виконуються на записаному шляху за допомогою клавіш переміщення.

Блок руху (BCO – Block Coincidence)

Якщо програмні рухи виконуються назад, це призводить до втрати BCO. З цієї причини, коли програма відновлюється після руху назад, контролер робота виконує запуск BCO.

2.16.12.2. Запис в буфер

Контролер робота записує рухи робота в буфер. Наскільки далеко можна рухатися назад (тобто наскільки далеко простягається пам'ять робота) залежить від того, скільки рухів було записано. Це, у свою чергу, залежить від багатьох факторів, зокрема від кривизни шляху та типу робота. Відстань, на яку можливий зворотний рух, таким чином, залежить від конкретно окремого випадку і може сильно відрізнитися.

Буфер руху клавішами переміщення – це внутрішній механізм контролера, який тимчасово зберігає команди на ручний рух, що надходять від клавіш переміщення.

Буфер для руху назад за допомогою клавіш переміщення не те саме, що буфер для руху назад за допомогою клавіші «Почати назад».

У певних ситуаціях вміст буфера видаляється або частково видаляється.

Загальне видалення

Наступні дії видаляють буфер:

- налаштування осі;

- підключення або відключення зовнішніх осей.

Якщо використовується KUKA.RoboTeam, буфер також видаляється в таких випадках:

- переміщення за допомогою LoadSharing. Це функція, яка дозволяє двом роботам одночасно і синхронно переміщати один важкий або громіздкий об'єкт;
- переміщення за допомогою функції LK. Коли необхідна синхронізація руху основних осей робота з зовнішніми осями (наприклад, лінійними порталами, поворотними столами) або навіть з осями другого робота, коли вони підключені до одного контролера;
- переміщення за допомогою синхронізації #MotionSync. Це програмна технологія, що прийшла на заміну функції LK, яка дозволяє легко і гнучко синхронізувати рухи різних компонентів системи (наприклад, робота і зовнішньої осі) прямо в програмі, без складного низькорівневого налаштування машинних даних.

Видалення після негативного порівняння позиції

Вміст буфера зберігається після наступних дій:

- «драйвери введення/виведення» > «Переналаштувати»;
- перезавантаження в режимі глибокого сну або холодного запуску.

Після цих дій контролер робота порівнює поточну позицію робота з останньою позицією в буфері.

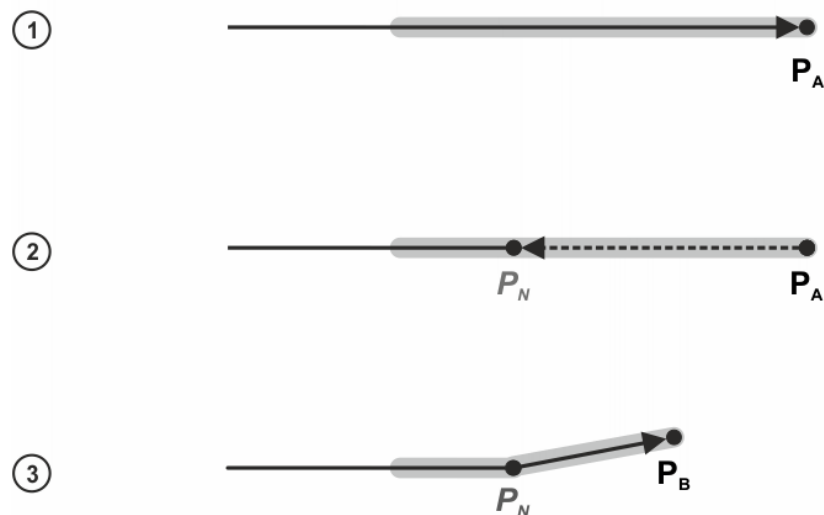


Рисунок 2.31 – Видалення під час запуску з буфера

Або, якщо рух назад уже було здійснено до перезавантаження/переналаштування: контролер робота порівнює поточну позицію з останньою адресованою позицією на записаному шляху.

Якщо точки ідентичні, буфер зберігається.

Якщо точки не ідентичні, буфер видаляється.

Видалення під час запуску з буфера

Якщо користувач перемістив робота назад, як на рисунку 2.31, а потім почав інший рух, частина буфера видаляється.

Умови видалення буферу описані в таблиці 2.27.

Таблиця 2.27 – Видалення частини буфера

Крок на рисунку 2.31	Опис стану буферу
1	Початкова ситуація: користувач перемістив робота вперед. Робот знаходиться в точці P_A . Остання частина шляху до цієї точки зберігається в буфері (товста сіра смуга).
2	Тепер користувач переміщує робота назад (пунктирна чорна стрілка). Тепер робот знаходиться в точці P_N , що також записано у буфері. У цей момент у буфері все ще зберігається той самий шлях, що й у кроку 1.
3	У точці P_N користувач починає інший рух. Це може бути будь-який рух, крім постійного руху вздовж записаного шляху (неважливо, назад чи вперед). Тепер робот знаходиться в точці P_B . <ul style="list-style-type: none"> • Ділянку від P_N до P_A було видалено з буфера. • Був записаний новий рух від P_N до P_B.


2.16.12.3. Виконання рухів назад (за допомогою клавіш переміщення)

Передумова

- користувач повинен мати права на групи функцій «Загальні параметри переміщення» та «Переміщення за допомогою клавіш переміщення»;
- не було натиснуто ні клавіші «Почати вперед», ні «Почати назад»;
- усі осі стаціонарні, включаючи асинхронні осі (якщо вони є);
- режим T1.

Процедура

1. Виберіть опцію Трек на вкладці Клавіші у вікні Опції ручного переміщення.
2. Встановіть ручну корекцію.

3. Натисніть і утримуйте важіль підтвердження. Наступна піктограма відобразиться поруч із самою верхньою клавішею переміщення: 

4. Натисніть «мінус» на клавіші переміщення, щоб перемістити робота назад уздовж записаного шляху.

5. Натисніть «плюс», щоб перемістити робота вперед по записаному шляху.

Робота можна рухати по черзі вперед і назад. Якщо кінець записаного шляху досягнуто в будь-якому напрямку, контролер робота відображає таке повідомлення: Кінець записаного шляху досягнуто.

Також можна відобразити положення робота під час переміщення. Для цього виберіть у головному меню «Відображення» > «Фактичне положення».

2.17. Переміщення зовнішніх осей

Зовнішні осі (External axes) – це додаткові електроприводи які керується тим самим контролером, що й основний робот, але не є частиною б осей самого робота. До таких осей входять будь-які додаткові механічні пристрої, підключені до контролера.

Зовнішні осі необхідно переміщати за допомогою клавіш. Їх не можна пересувати за допомогою мишки бД.

Передумова

- користувач повинен мати права на групи функцій Загальні параметри переміщення і переміщення за допомогою клавіш переміщення;
- режим T1

Процедура

1. Виберіть потрібну групу кінематики, наприклад Зовнішні осі на вкладці «Клавіші» у вікні «Параметри переміщення».

Тип і кількість доступних кінематичних груп залежать від конфігурації системи.

2. Встановіть ручну корекцію.
3. Утримуйте важіль підтвердження.

Осі вибраної кінематичної групи будуть відображатися поруч із клавішами переміщення.

4. Щоб перемістити вісь у позитивному чи негативному напрямку, натискайте клавішу «Плюс» або «Мінус».

Кінематичні групи

Залежно від конфігурації системи можуть бути доступні групи кінематики, що наведено в таблиці 2.28.

Таблиця 2.28 – Кінематичні групи

Кінематична група	Опис групи
Осі робота	Осі робота можна переміщати за допомогою клавіш переміщення. Зовнішні осі не можна переміщати.
Зовнішні осі	Усі налаштовані зовнішні осі (наприклад, зовнішні осі від <i>E1</i> до <i>E5</i>) можна переміщувати за допомогою клавіш переміщення.
Ім'я / Зовнішня кінематична група n	Осі зовнішньої кінематичної групи можна переміщати за допомогою клавіш переміщення. Ім'я береться із системної змінної <i>\$ETn_NAME</i> (n - номер зовнішньої кінематичної системи). Якщо <i>\$ETn_NAME</i> порожній, відображається назва за замовчуванням: Зовнішня кінематична група n.
[Визначена користувачем кінематична група]	Осі визначеної користувачем кінематичної групи можна переміщувати за допомогою клавіш переміщення. Назва відповідає назві групи кінематики, визначеної користувачем.

2.18 Обхід моніторингу робочого простору

Ці робочі області є частиною системного програмного забезпечення та не залежать від робочих областей у KUKA.SafeOperation або від інших опцій безпеки.

Для робота можна налаштувати робочі простори. Функція моніторингу активується, якщо робот порушує робочий простір. Які саме реакції відбуваються під час запуску функції моніторингу, залежить від конфігурації.

Однією з можливих реакцій, наприклад, є зупинка робота. У цьому випадку функцію моніторингу робочого простору потрібно обійти, щоб мати можливість перемістити робота назад із порушеного простору.

Передумова

- Користувач повинен мати права на групи функцій Загальна конфігурація.
- Режим T1 або T2.

Процедура

1. У головному меню виберіть «Конфігурація» > «Різне» > «Моніторинг робочого простору» > «Перевизначити».

2. Перемістіть робота вручну з порушеного простору.

Після того, як робот покине порушений простір, моніторинг робочого простору активується автоматично.

Контрольні питання до лекції 3

1. Які існують основні декартові системи координат у контролері робота KUKA (\$world, \$robroot, \$base, \$stool)? Опишіть їх призначення та за замовчуванням положення відносно одна одної.

2. Які два способи ручного переміщення робота (декартове прямолінійне та по осях) застосовуються? Які бувають елементи керування, з урахуванням їх взаємного блокування?

3. Які функції виконують ключові елементи вкладки "Кнопки" у вікні "Опції ручного переміщення" (інкрементне переміщення, вибір групи кінематики, прапорець "Синхронізувати", вибір системи відліку), включаючи умови для параметрів "Вирівняти" та "Трек"?

4. Як саме необхідно виконувати процес руху назад за допомогою клавіш переміщення (Track jog), включаючи передумови, процедуру та особливості запису в буфер?

5. Як виконати процедуру переміщення зовнішніх осей за допомогою клавіш переміщення, включаючи вибір кінематичної групи та доступні групи?

6. Що необхідно виконати для обходу моніторингу робочого простору, включаючи передумови, процедуру та автоматичну реактивацію функції після виходу робота з порушеного простору?

ЛЕКЦІЯ 4

План лекції

Функції дисплея. Відображення: фактичного положення, цифрових входів/виходів, аналогових входів/виходів, входів/виходів для зовнішньої автоматики, значення змінної, стану змінної, циклічних прапорців, лічильників, таймерів, інформації про робота та його контролер, даних робота, споживання енергії, стану батареї.

2.19. Функції дисплея

2.19.1. Відображення фактичного положення

Процедура

1. У головному меню виберіть «Відображення» > «Фактичне положення». Відкриється вікно «Фактична позиція».

У вікні відображається останній вибраний вид, тобто «Декартовий» або «Залежно від осі».

2. Щоб перейти до іншого перегляду, торкніться відповідної кнопки. Фактичне положення також може відображатися під час руху робота.

2.19.1.1. Вікно «Фактична позиція», декартовий вигляд

Відображається інформація про поточну декартову позицію показано на рисунку 2.32 з описом в таблиці 2.29.

X	894.15 [mm]	A	180.00 [°]	Axis-specific
Y	0.00 [mm]	B	20.49 [°]	
Z	518.24 [mm]	C	180.00 [°]	
State			010	
Turn			101010	
Tool			[1]	
Base			\$NULLFRAME [0]	
Interpolation mode			#BASE	

Рисунок 2.32 – Вікно «Фактичне положення», декартовий вид

Кнопка «Специфічний» для осі перемикає на режим перегляду для осі.

Обмеження для інструменту/бази

За певних обставин екран декартового виду не може відобразити дійсний інструмент або дійсну базу, а зберігає попереднє значення.

Таблиця 2.29 – Опис вікна «Фактичне положення», декартовий вид

Група дисплея	Опис вікна положення
X, Y, Z	Поточна позиція
A, B, C	Поточна орієнтація
Статус	Статус у бінарному представленні, 3-значний
Поворот	Поворот у бінарному представленні, 6-значний
Інструмент	<ul style="list-style-type: none"> • Назва та номер дійсного інструменту або дійсної бази або $\\$NULLFRAME[0]$; • Якщо жоден інструмент/база не є дійсний, наприклад після завантаження контролера відображається «$[-1]$».
База	
Режим інтерполяції	<ul style="list-style-type: none"> • $\#BASE$: інструмент монтується на монтажний фланець; • $\#TCP$: інструмент є фіксованим.

Це відбувається у випадку, якщо $\$TOOL$ і $\$BASE$ були призначені значення безпосередньо (X, Y, Z, A, B, C). Однак у виду можуть відобразитися лише інструменти та основи, визначені за допомогою числа ($TOOL_DATA[...]$ / $BASE_DATA[...]$).

Цей випадок може статися, лише якщо програміст встановив інструмент або базу в програмному коді (KRL), як зазначено вище. Інструменти та бази, вибрані у вбудованих формах або за допомогою інших елементів на smartHMI, завжди відображаються правильно.

2.19.1.2. Вікно «Фактична позиція», вигляд залежно від осі

У вікні відображається поточне положення осей від A1 до A6, як показано на рисунку 2.33 з описом в таблиці 2.30. Якщо використовуються зовнішні осі, положення зовнішніх осей також відображається.

У вікні Фактичне положення може бути викликано додаткове вікно, опис якого наведено в таблиці 2.31.

Безперервно обертів осі

Приклад без відображення даних двигуна представлений на рисунку 2.34 з описом в таблиці 2.32.

Кнопка «Декартовий» перемикає на декартовий вигляд.

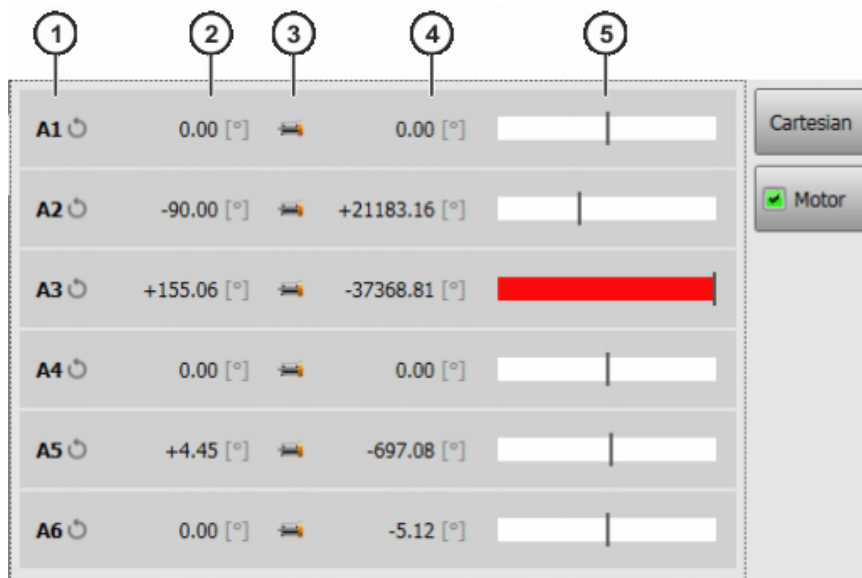


Рисунок 2.33 – Вікно Фактична позиція, вигляд залежно від осі



Рисунок 2.34 – Вісь безперервного обертання, дисплей без даних двигуна

Таблиця 2.30 – Опис вікна «Фактичне положення», вигляд залежно від осі

Позиція	Опис
1	Назва осі та символічне представлення типу осі <ul style="list-style-type: none"> • ротаційний; • нескінченно обертів; • лінійний.
2	Поточне положення осі
3	Значок «Мотор». Відображається, лише якщо встановлено прапорець «Мотор».
4	Поточний кут мотора. Відображається, лише якщо встановлено прапорець «Мотор».
5	Для осей обертання та лінійних осей: графічне представлення поточного положення відносно допустимого діапазону осі. <ul style="list-style-type: none"> • смужка представляє допустимий діапазон, тобто діапазон між програмними кінцевими вимикачами. Ліва сторона відповідає негативному кінцевому вимикачу, права – позитивному. <p>Центр смужки відповідає центру допустимого діапазону. Приклад: негативна межа розташована на 60°, позитивна на 100°. Таким чином, центр стовпчика відповідає 20°;</p> <ul style="list-style-type: none"> • вертикальна лінія відображає положення осі в діапазоні; • якщо вісь досягла кінцевого вимикача, смужка стає червоною. <p>Дисплей відрізняється у випадку осей, що обертаються безперервно.</p>


Таблиця 2.31 – Опис додаткового вікна Фактичне положення

Позиція	Опис
Мотор	<ul style="list-style-type: none"> • Прапорець активний: відображаються кути двигуна осей. • Прапорець не активний: кути двигуна не відображаються.

Продовження таблиці 2.31

Позиція	Опис
Підлегли	Прапорець відображається, лише якщо принаймні одна вісь має ведений двигун. <ul style="list-style-type: none"> Прапорець активний: відображається назва, режим і кут підлегло-го двигуна. Прапорець неактивний: інформація про підлеглих не відобража-ється.

Таблиця 2.32 – Приклад безперервно обертової осі

Позиція прикладу	Опис
10	Кількість обертів для цієї осі
	Графічне зображення фактичного кута осі
+77.34	Фактичний кут осі (по модулю 360°) Діапазон: -180° ... +180°

Приклад із відображенням даних двигуна наведено на рисунку 2.35.



Рисунок 2.35 – Вісь безперервного обертання, дисплей з даними двигуна

На відміну від дисплея без даних двигуна, тут не відображаються стрілки та кількість обертів.

2.19.2 Відображення цифрових входів/виходів

Цифрові входи/виходи – це дискретні сигнали вимкнено/увімкнено, за допомогою яких контролер робота обмінюється інформацією з зовнішнім обладнанням.

Процедура

1. У головному меню виберіть «Дисплей» > «Входи/виходи». Потім виберіть Цифрові входи або Цифрові виходи. Відкриється вікно як на рисунку 2.36 або 2.37 з відповідним описами в таблицях 2.33, 2.34.

Таблиця 2.33 – Вікно цифрових входів/виходів

Позиція на ри-сунках 2.36, 2.37	Опис позиції
1	Номер входу/виходу
2	Значення входу/виходу. Піктограма зелена, якщо на вході або виході присутня логічна одиниця
3	Запис SYS: значення входу/виходу зберігається в системній змінній. Цей вхід/вихід захищено від запису
4	Назва входу/виходу

2. Щоб відобразити певний вхід/вихід:

- Натисніть кнопку Перейти до. Відобразиться поле Перейти до.
- Введіть номер і підтвердить його клавішею Enter.

Дисплей переходить до входу/виходу з цим номером.

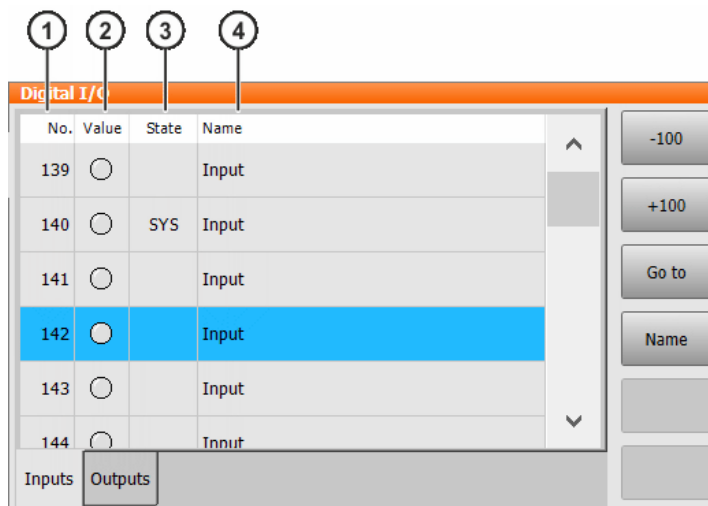


Рисунок 2.36 – Цифрові входи

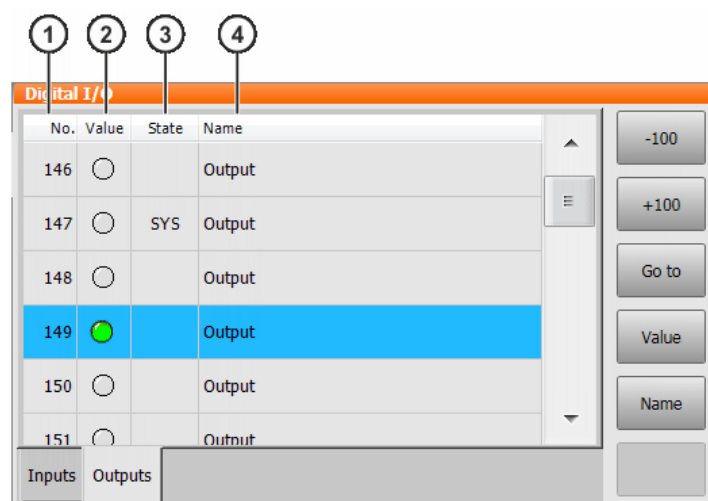


Рисунок 2.37 – Цифрові виходи

Таблиця 2.34 – Кнопки вікна цифрових входів/виходів

Кнопка на рисунках 2.36, 2.37	Опис кнопок
-100	Перемикає назад 100 входів або виходів на дисплеї.
+100	Перемикає вперед на 100 входів або виходів на дисплеї.
Перейти до Значення	Можна ввести номер входу або виходу, який шукається. Перемикає вибраний вхід/вихід між значеннями логічного нуля і одиниці. Передумова: натиснуто важіль підтвердження. • Значення недоступне в режимі AUT EXT. • Значення доступне для входів, лише якщо активовано симуляцію.
Ім'я	Назву вибраного входу або виходу можна змінити.

Користувач повинен мати права на групи функцій «Загальна конфігурація».

2.19.3. Відображення аналогових входів/виходів

Аналогові входи/виходи – це сигнали, які передають непереривну величину, а не просто стан увімкнено/вимкнено. Тобто напруга на таких входах/виходах може мати проміжкові значення в діапазоні.

Процедура

1. У головному меню виберіть Дисплей > Входи/виходи. Потім виберіть Аналогові входи або Аналогові виходи.

2. Щоб відобразити певний вхід/вихід:

- натисніть кнопку «Перейти до». Відобразиться поле «Перейти до:»;
- введіть номер і підтвердіть його клавішею «Enter».

Дисплей відображає вхід/вихід з цим номером. Керуйте цими полями за допомогою кнопок, що описані в таблиці 2.35.

Таблиця 2.35 – Екран відображення входів/виходів

Кнопка	Опис кнопки
Перейти до	Можна ввести номер входу або виходу, який шукається.
Значення	Для вибраного виходу можна ввести напругу в діапазоні -10...10 В. Ця кнопка доступна лише для виходів.
Ім'я	Назву вибраного входу або виходу можна змінити.

Для зміни «Значення» та «Ім'я» користувач повинен мати права на групи функцій «Загальна конфігурація».

2.19.4. Відображення входів/виходів для зовнішньої автоматики

Процедура

У головному меню виберіть «Дисплей» > «Входи/виходи» > «Зовнішня автоматика».

Відкриються відповідне вікно, як на рисунку 2.38 або 2.39 з описом в таблицях 2.36 і 2.37.

Таблиця 2.36 – Екран відображення входів/виходів автоматики

Пункт на рисунках 2.38, 2.39	Опис пункту
1	Номер
2	Статус: • сірий: неактивний (вимкнений); • зелений: активний (увімкнутий).
3	Повна назва входу/виводу
4	Тип: • зелений: вхід/вихід; • жовтий: змінна або системна змінна (\$...).
5	Ім'я сигналу або змінної
6	Номер входу/виходу або номер каналу

St.	Designation	Type	Name	Value
1 0	Current program no.	Var	PGNO	0
2 1	Program no. type	Var	PGNO_TYPE	1
3 8	Bit width of program no.	Var	PGNO_LENGTH	8
4 <input type="radio"/>	First bit of program no.	AND	PGNO_FBIT	33
5 <input type="radio"/>	Parity bit	AND	PGNO_PARITY	41
6 <input type="radio"/>	Program no. valid	AND	PGNO_VALID	42
7 <input type="radio"/>	Program start	AND	\$EXT_START	1026
8 <input checked="" type="radio"/>	Motion enable	AND	\$MOVE_ENABLE	1025
9 <input type="radio"/>	Error acknowledgement	AND	\$CONF_MESS	1026
10 <input checked="" type="radio"/>	Drives off (inverse)	AND	\$DRIVES_OFF	1025
11 <input type="radio"/>	Drives on	AND	\$DRIVES_ON	140
12 <input checked="" type="radio"/>	Activate interface	AND	\$I_O_ACT	1025

Рисунок 2.38 – Зовнішні входи автоматики (детальний вигляд)

St.	Designation	Type	Name	Value
1 <input checked="" type="radio"/>	Controller ready	AND	\$SRC_RDY1	137
2 <input checked="" type="radio"/>	EMERGENCY STOP circuit closed	AND	\$ALARM_STOP	1013
3 <input checked="" type="radio"/>	Operator safety closed	AND	\$USER_SAF	1011
4 <input checked="" type="radio"/>	Drives ready	AND	\$PERI_RDY	1012
5 <input checked="" type="radio"/>	Robot mastered	AND	\$ROB_CAL	1001
6 <input type="radio"/>	Interface active	AND	\$I_O_ACTCONF	140
7 <input type="radio"/>	Collective fault	AND	\$STOPMESS	1010
8 <input checked="" type="radio"/>	Internal Emergency Stop	AND	\$ALARM_STOP_I	1002

Рисунок 2.39 – Зовнішні виходи автоматики (детальний вигляд)

Стовпці 4, 5 і 6 відображаються, лише якщо натиснуто «Подробиці».

Таблиця 2.37 – Налаштування відображення входів/виходів автоматики

Кнопка	Опис кнопки
Налаштувати	Перемикається на налаштування зовнішньої автоматики.

Продовження таблиці 2.37

Кнопка	Опис кнопки
Входи/Виходи	Перемикається між вікнами для входів і виходів.
Подробиці/Звичайний	Перемикається між переглядами Подробиці і Звичайний.

2.19.5. Відображення та зміна значення змінної

Передумова

Користувач повинен мати права на групи функцій Загальна конфігурація.

Процедура

1. У головному меню виберіть «Відображення» > «Змінна» > «Окрема». Відкриється вікно «Відображення змінної – Окрема» як на рисунку 2.40 з описом в таблиці 2.38.

2. Введіть ім'я змінної в полі «Ім'я» та підтвердьте введення клавішею «Enter».

3. Якщо програму було вибрано, вона автоматично вводиться в поле «Модуль».

Якщо потрібно відобразити змінну з іншої програми, введіть програму таким чином:

/R1/Назва програми

Не вказуйте папку між /R1/ і назвою програми. Не додавайте розширення до імені файлу.

Таблиця 2.38 – Вікно Відображення змінної – Окрема

Пункт на рисунку 2.40	Опис пункту
1	Ім'я змінної, яку потрібно змінити.
2	Нове значення, яке буде присвоєно змінній.
3	Програма, в якій буде здійснюватися пошук змінної. У випадку системних змінних поле «Програма» не має значення.
4	Цей бокс має два стани: <ul style="list-style-type: none"> • - показане значення не оновлюється автоматично. • - показане значення оновлюється автоматично. Перемикання між станами: <ul style="list-style-type: none"> • натисніть «Оновити».

У випадку системних змінних у полі «Модуль» не потрібно вказувати програму.

4. Поточне значення змінної відображається у полі «Поточне значення». Якщо нічого не відображається, змінній ще не присвоєно значення.

Щоб змінити змінну:

1. введіть потрібне значення в полі «Нове значення»;
2. натисніть кнопку «Установити значення». Нове значення відображається у полі Поточне значення.

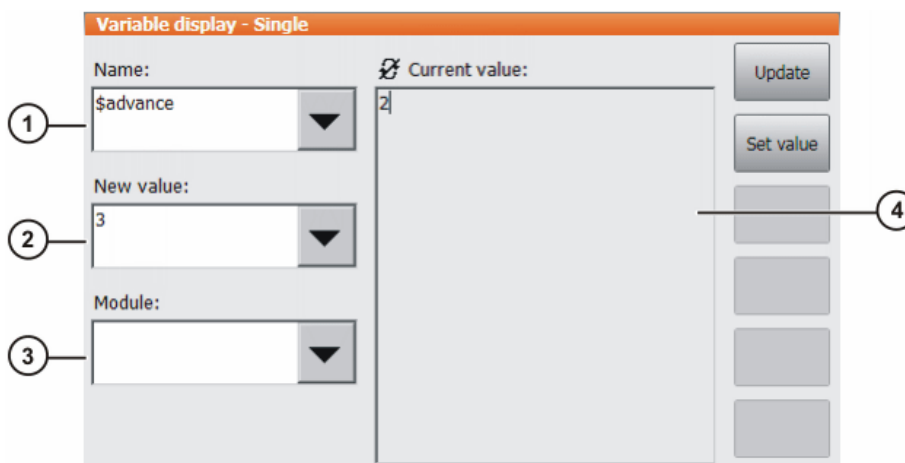


Рисунок 2.40 – Вікно «Відображення змінної – Окрема»

2.19.6. Відображення стану змінної

Змінні можуть мати такі стани:

- «невідомо»: змінна невідома.
- «заявлено»: змінну оголошено.
- «ініціалізовано»: змінна ініціалізована.

Процедура

1. У головному меню виберіть «Відображення» > «Змінна» > «Окрема». Відкриється вікно «Відображення змінної – Окрема».

2. У полі «Ім'я» введіть:

`=VARSTATE("ім'я")`

де «ім'я» – ім'я змінної, стан якої потрібно відобразити.

3. Якщо програму було вибрано, вона автоматично вводиться в поле «Модуль».

Якщо потрібно відобразити змінну з іншої програми, введіть програму таким чином:

`/R1/Назва програми`

Не вказуйте папку між */RI/* і назвою програми. Не додавайте розширення до імені файлу. У випадку системних змінних у полі Модуль не потрібно вказувати програму.

4. Натисніть «Оновити».

Поточний стан змінної відображається у полі «Поточне значення».

2.19.7. Відображення огляду змінних і змінення змінних

В огляді змінних змінні відображаються групами. Змінні можна змінювати.

Кількість груп і змінні, які вони містять, визначаються в конфігурації. За замовчуванням огляд змінних порожній.

Передумова

Мінімальна група користувачів, необхідна для відображення та/або зміни змінних, залежить від параметрів конфігурації для огляду змінних.

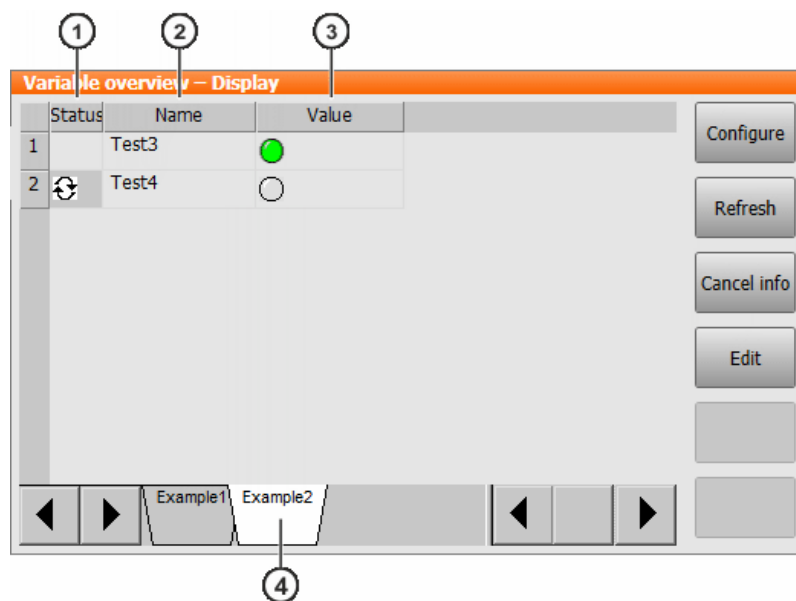


Рисунок 2.41 – Вікно «Огляд змінних – Відображення»

Процедура

1. У головному меню виберіть «Дисплей» > «Змінна» > «Огляд» > «Дисплей». Відкриється вікно «Огляд змінних – Відображення».

2. Виберіть потрібну групу.

3. Виберіть клітинку, яку потрібно змінити, як показано на рисунку 2.41 з описом в таблиці 2.39, 2.40. Виконайте зміни за допомогою кнопок.

4. Натисніть ОК, щоб зберегти зміни та закрити вікно.

Таблиця 2.39 – Вікно «Огляд змінних – Відображення»

Пункт на рисунку 2.41	Опис пункту
1	Символ стрілки ↻ – якщо значення змінної змінюється, дисплей автоматично оновлюється. Немає символу стрілки: дисплей не оновлюється автоматично.
2	Повна назва
3	Значення змінної. У випадку входів/виходів вказується стан: <ul style="list-style-type: none"> • Сірий: неактивний (<i>неправда</i>) • Зелений: активний (<i>істина</i>)
4	Вкладка на групу.

Таблиця 2.40 – Кнопки вікна «Огляд змінних – Відображення»

Кнопка	Опис кнопки
Налаштувати	Перемикається до конфігурації огляду змінних.
Оновити	Оновлює дисплей.
Відмінити інформування	Деактивує функцію автоматичного оновлення.
Старт інформування	Активує функцію автоматичного оновлення. Максимально 12 змінних на групу можуть оновлюватися автоматично.
Редагувати	Різні функції залежно від стовпця, у якому вибрано комірку: <ul style="list-style-type: none"> • стовпець статусу: активує або деактивує автоматичне оновлення. • стовпець імені: перемикає комірку в режим редагування, щоб можна було змінити назву. • стовпець значення: перемикає комірку в режим редагування, щоб запис можна було змінити. У випадку входів/виходів Редагувати змінює статус (<i>істина/неправда</i>). Кнопка «Редагувати» доступна лише в групі користувачів «Користувач», якщо її було ввімкнено в конфігурації огляду змінних. Примітка. Значення захищених від запису змінних не можна змінити.

2.19.8. Відображення циклічних прапорців

Циклічні прапорці – це спеціальний тип глобальних булевих прапорців, які система оцінює циклічно у фоновому режимі незалежно від виконання основної програми. На відміну від звичайних прапорців, які змінюють своє значення тільки тоді, коли програма явно присвоює їм TRUE/FALSE, циклічні прапорці автоматично перераховуються контролером у кожному циклі інтерпретатора.

Процедура

1. У головному меню виберіть «Відображення» > «Змінна» > «Циклічні прапорці». Відкриється вікно циклічних прапорців як на рисунку 2.42.

2. Щоб відобразити певний прапорець:

- натисніть кнопку «Перейти до». Відобразиться поле «Перейти до:»;
- введіть номер і підтвердіть його клавішею «Enter».

Дисплей переходить до прапорця з цим номером, як на рисунку 2.42 з описом в таблицях 2.41, 2.42.

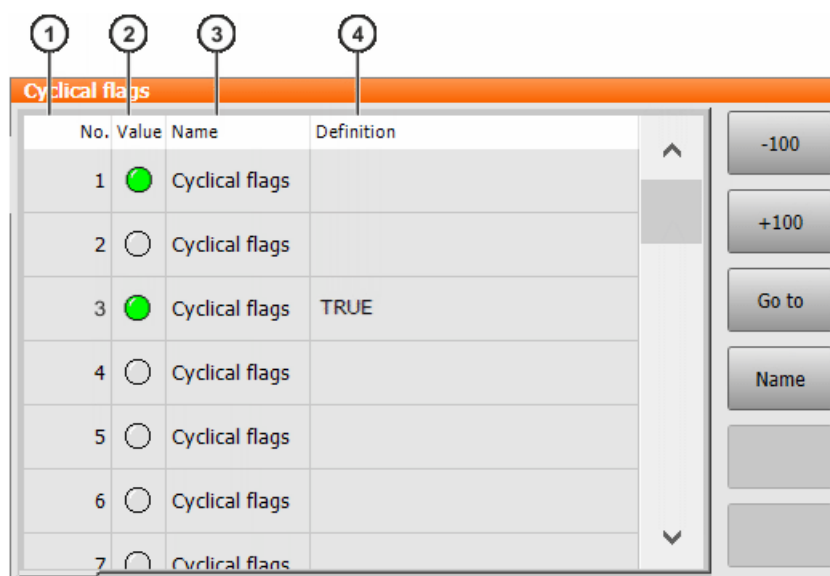


Рисунок 2.42 – Циклічні прапорці

Таблиця 2.41 – Вікно циклічних прапорців

Пункт на рисунку 2.42	Опис пункту
1	Номер прапорця
2	Значення прапорця. Значок зелений, якщо прапорець встановлено.
3	Назва прапорця
4	Умови що пов'язані з установкою циклічного прапора.

Таблиця 2.42 – Кнопки вікна циклічних прапорців

Кнопка	Опис
-100	Перемотує 100 прапорців назад.
+100	Перемотує 100 прапорців вперед.
Перейти до	Швидкий перехід до прапорця з номером, який можна ввести.
Назва	Зміна назви вибраного прапорця. Користувач повинен мати права на групи функцій Загальна конфігурація.

2.19.9. Відображення прапорців

Процедура

1. У головному меню виберіть «Відображення» > «Змінна» > «Прапорці». Відкриється вікно прапорців як на рисунку 2.43 з описом в таблицях 2.43 і 2.44.

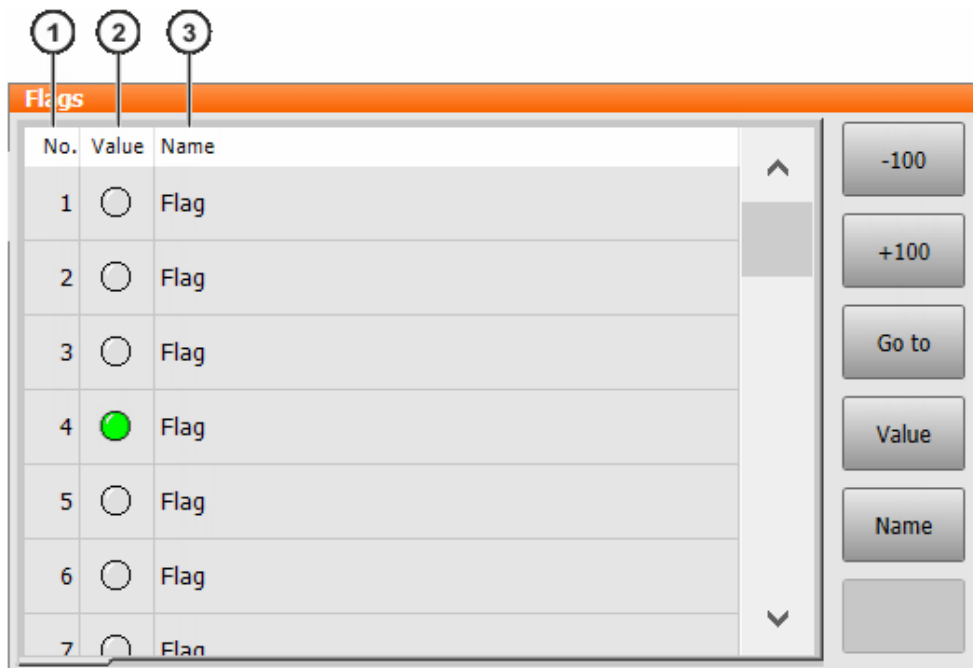


Рисунок 2.43 – Прапорці

Таблиця 2.43 – Вікно «Прапорці»

Пункт на рисунку 2.43	Опис пункту
1	Номер прапорця
2	Значення прапора. Значок зелений, якщо прапорець встановлено.
3	Назва прапорця

Таблиця 2.44 – Кнопки вікна «Прапорці»

Кнопка	Опис кнопок
-100	Перемотує 100 прапорців назад.
+100	Перемотує 100 прапорців вперед.
Перейти до Значення	Швидкий перехід до прапорця з номером, який можна ввести. Перемикає вибраний прапор між TRUE і FALSE. Передумова: натиснута важіль підтвердження. Ця кнопка недоступна в режимі AUT EXT.
Назва	Назву вибраного прапорця можна змінити.

2. Щоб відобразити певний прапор:

- натисніть кнопку «Перейти до». Відобразиться поле «Перейти до:»;

- введіть номер і підтвердіть його клавішею «Enter».

Дисплей переходить до прапорця з цим номером.

Для зміни значення і назви користувач повинен мати права на групи функцій «Загальна конфігурація».

2.19.10. Відображення лічильників

Процедура

1. У головному меню виберіть «Дисплей» > «Змінна» > «Лічильник». Відкриється вікно лічильника як на рисунку 2.44 з описом в таблицях 2.45 і 2.46.

2. Щоб відобразити певний лічильник:

- натисніть кнопку «Перейти до». Відобразиться поле «Перейти до:»;
- введіть номер і підтвердіть його клавішею «Enter».

Дисплей переходить до лічильника з цим числом.

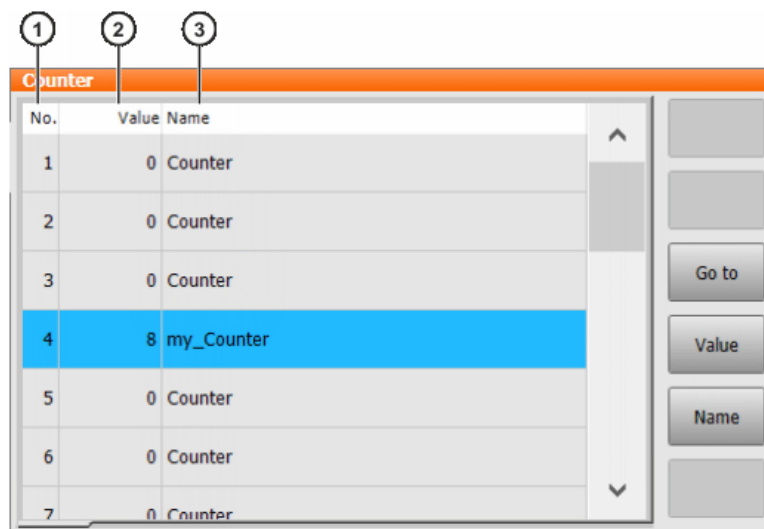


Рисунок 2.44 – Лічильник

Таблиця 2.45 – Вікно «Лічильник»

Пункт на рисунку 2.44	Опис пункту
1	Номер лічильника
2	Значення лічильника
3	Назва лічильника

Для зміни значення і назви користувач повинен мати права на групи функцій «Загальна конфігурація».

Таблиця 2.46 – Кнопки вікна «Лічильник»

Кнопка	Опис кнопки
Перейти до	Пошук лічильника по його номеру.
Значення	Для вибраного лічильника можна ввести значення.
Назва	Ім'я вибраного лічильника можна змінити.

2.19.11. Відображення таймерів

Процедура

1. У головному меню виберіть «Дисплей» > «Змінна» > «Таймер». Відкриється вікно таймера.

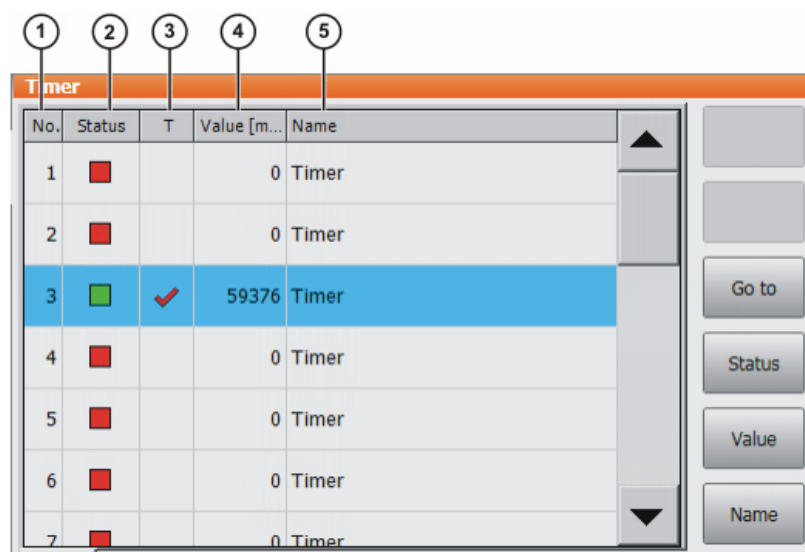


Рисунок 2.45 – Таймери

Таблиця 2.47 – Вікно «Таймери»

Пункт на рисунку 2.45	Опис пункту
1	Номер таймера
2	Статус таймера: • якщо таймер увімкнено, статус позначається зеленим кольором; • якщо таймер вимкнено, статус позначено червоним кольором.
3	Статус таймера: • якщо значення таймера > 0, прапорець таймера встановлено (червона галочка); • якщо значення таймера ≤ 0, прапор таймера не встановлено.
4	Значення таймера (одиниця: мс)
5	Назва таймера

2. Щоб відобразити певний таймер:

- натисніть кнопку «Перейти до». Відобразиться поле «Перейти до:»;
- введіть номер і підтвердіть його клавішею «Enter».

Дисплей переходить до таймера з цим числом як показано на рисунку 2.45 та описано в таблицях 2.47 та 2.48.

Таблиця 2.48 – Кнопки вікна «Таймери»

Кнопка	Опис кнопки
Перейти до	Пошук таймера по його номеру.
Статус	Перемикає вибраний таймер між TRUE і FALSE. Передумова: натиснуто важіль підтвердження.
Значення	Для вибраного таймера можна ввести значення.
Назва	Назву вибраного таймера можна змінити.

Для зміни статусу, значення і назви користувач повинен мати права на групи функцій «Загальна конфігурація».

2.19.12. Відображення інформації про робота та його контролер

Процедура

У головному меню виберіть «Довідка» > «Інформація».

Ця інформація необхідна, наприклад, для звернення по допомогу до служби підтримки клієнтів KUKA. Вкладки містять таку інформацію, що показана в таблиці 2.49.

Таблиця 2.49 – Вкладки інформації про робота

Вкладка	Опис
Інформація	<ul style="list-style-type: none"> • тип контролера робота • версія контролера робота • версія інтерфейсу користувача • версія системи ядра
Робот	<ul style="list-style-type: none"> • тип і конфігурація робота • термін служби. Лічильник робочих годин працює, доки приводи ввімкнено. Крім того, години роботи також можна відобразити за допомогою змінної <i>\$ROBRUNTIME</i>. • кількість осей • список зовнішніх осей • версія машинних даних
Система	<ul style="list-style-type: none"> • ім'я контролера • контрольна назва ПК • версія операційної системи • ємності для зберігання
Опції	Додатково встановлені опції та пакети технологій. Також містить розділ «Коментарі».
Модулі	Імена та версії важливих системних файлів. Кнопка «Експорт» експортує вміст вкладки «Модулі» у файл <i>C:\KRC\ROBOTER\LOG\FILEVERSIONS.TXT</i>
Ліцензії	Відображаються умови ліцензії Kuka та ліцензійні умови використовуваного програмного забезпечення з відкритим кодом.

Для виконання функції експорту користувач повинен мати права на групи функцій «Архів на локальному HDD/SSD».

2.19.13. Відображення та редагування даних робота

Передумова

1. Режим T1 або T2.
2. Не вибрано жодної програми.
3. Для редагування даних користувач повинен мати права на групи функцій «Критичні конфігурації». В разі потреби зберегти дані RDC (Resolver Digital Converter) користувач повинен мати права на групи функцій «Архівувати на USB-накопичувачі».

Resolver Digital Converter це цифрове значення положення осі, яке зчитується з основних датчиків Це абсолютні значення кута обертання кожної осі, на основі яких контролер знає, в якому положенні знаходиться робот у просторі

Процедура

У головному меню виберіть «Запуск» > «Дані робота». Відкриється вікно як на рисунку 2.46 з поясненням в таблицях 2.50 та 2.51.

Таблиця 2.50 – Вікно «Дані робота»

Пункт на рисунку 2.46	Опис пункту
1	Серійний номер
2	Час роботи. Лічильник робочих годин працює, доки приводи ввімкнені. Крім того, години роботи також можна відобразити за допомогою змінної \$ROBRUNTIME.
3	Машинні данні
4	Назва контролера робота. Ім'я можна змінити.
5	Шлях до архівування контролера робота. Тут можна визначити цільовий каталог. Це може бути мережевий або локальний каталог. Якщо тут визначено каталог, він також доступний для імпорту/експорту довгих текстів
6	Якщо для архівування в мережу потрібні ім'я користувача та пароль, їх можна ввести тут. Тоді більше не потрібно вводити їх кожного разу для архівації
7	
8	Це поле відображається, лише якщо прапорець Додати ім'я контролера до імені архіву не активовано. Тут можна визначити ім'я архівного файлу.

Продовження таблиці 2.50

Пункт на рисунку 2.46	Опис пункту
9	<ul style="list-style-type: none"> • прапорець активний: ім'я контролера використовується як ім'я архівного файлу. Якщо ім'я контролера не визначено, використовується архів імен; • прапорець не активний: для файлу архіву можна визначити окрему назву.

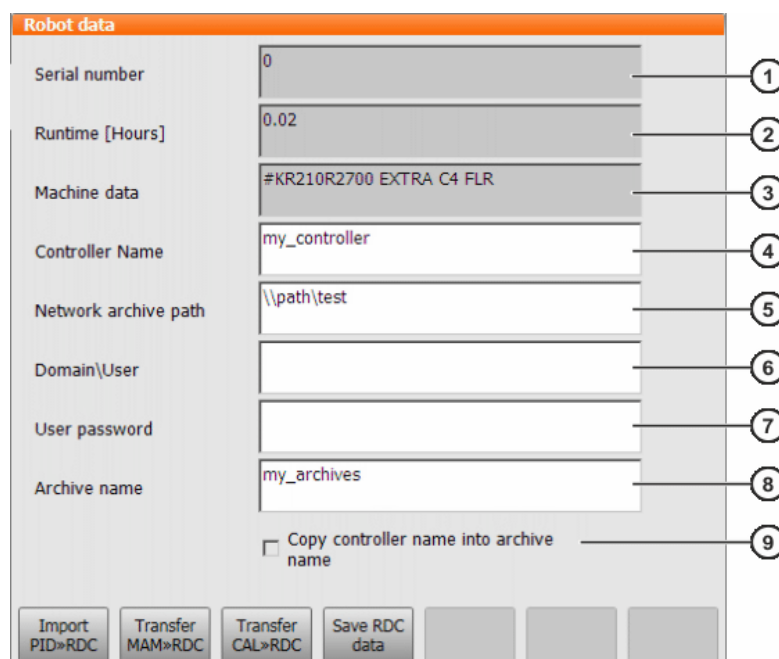


Рисунок 2.46 – Вікно «Дані робота»

Таблиця 2.51 – Кнопки вікна «Дані робота»

Кнопка	Опис
Імпорт PID>>RDC	Актуально лише для позиційно точних роботів: XML-файл із даними для позиційно точного робота можна вручну передати в RDC. Натискання цієї кнопки відображає структуру каталогу. Тут вибирається каталог, що містить файл із поточним серійним номером. Файл можна вибрати та передати в RDC.
Передача MAM>>RDC	Доречно лише для роботів із фіксованими контрольними мітками: файл MAM із даними зсуву міток, що стосуються конкретного робота, можна вручну перенести до RDC. Натискання цієї кнопки відображає структуру каталогу. Тут вибирається каталог, що містить файл із поточним серійним номером. Файл можна вибрати та передати в RDC.
Передача CAL>>RDC	CAL-файл із основними даними EMD можна вручну перенести до RDC. Натискання цієї кнопки відображає структуру каталогу. Тут вибирається каталог, що містить файл із поточним серійним номером. Файл можна вибрати та передати в RDC.

Кнопка	Опис
Збереження RDC даних	З даних на RDC можна тимчасово створити резервну копію в каталозі <i>C:\KRC\Roboter\RDC</i> , натиснувши цю кнопку. Примітка: каталог видаляється, коли контролер робота перезавантажується або дані архівуються. Якщо дані RDC потрібно зберігати постійно, їх резервну копію потрібно створити в іншому місці.

2.19.14 Вимірювання та відображення споживання енергії

Енергоспоживання робота та контролера робота можна відобразити на SmartHMI. Передумовою для цього є те, що використовуваний тип робота має енергетичну модель.

SmartHMI відображає споживання за останні 60 хвилин з моменту останнього холодного запуску. Крім того, користувач має можливість самостійно проводити вимірювання. В основному є два варіанти:

- через smartHMI: у вікні Споживання енергії (рис. 1.47) запуск і зупинка вимірювань;
- в програмі керування роботом (KRL).

Споживання енергії додатковими компонентами контролера робота та іншими контролерами не враховується.

Для значень споживання можна зробити трасування. Для цього доступна попередньо визначена конфігурація *Tracedef_KRC_EnergyCalc*. Дані також можна передати на контролер вищого рівня за допомогою PROFenergy. PROFenergy що є компонентом KUKA.PROFINET (промислової інформаційної мережі).

PROFenergy (PE) – це протокол-додаток для промислових мереж, який дозволяє централізованій системі керувати енергоспоживанням підключених пристроїв, включаючи роботів, під час планових перерв у виробництві (наприклад, обідня перерва, ніч, вихідні).

Його мета це значно знизити витрати на електроенергію, переводячи обладнання в енергоощадні режими, коли воно не використовується для виробництва.

Роботи одного типу в однакових умовах, але з різними версіями системного програмного забезпечення, можуть мати різне споживання енергії.

Причиною цього є те, що енергетична модель адаптована до апаратного забезпечення керування, типового на момент створення програмного забезпечення. Новіші покоління контролерів можуть мати нижче споживання.

Передумова

1. Використаний тип робота має енергетичну модель.

2. Проект налаштовано в WorkVisual (програмне забезпечення для конфігурації, програмування та управління проектами роботизованих комплексів). Не обов'язково мати конфігурацію, яка є специфічною для енергетичної моделі. Однак проект має бути перенесено з WorkVisual на контролер принаймні один раз.

3. В разі потреби розпочати або зупинити через KRL користувач повинен мати права на групи функцій Загальна конфігурація.

Якщо модель енергоспоживання недоступна, поля у вікні «Енергоспоживання» стануть сірими.

Процедура

Початок і зупинка вимірювання у вікні споживання енергії відбувається по наступному алгоритму.

1. У головному меню виберіть «Дисплей» > «Енергоспоживання». Відкриється вікно споживання енергії.

2. Якщо потрібно, установіть прапорець поруч із пунктом «Оновити».

3. Натисніть «Почати вимірювання». Тепер червона крапка праворуч від верхнього рядка вказує на те, що вимірювання триває.

4. Щоб зупинити вимірювання, натисніть «Зупинити вимірювання». Відображається результат.

Початок і зупинка вимірювання через KRL.

1. Почніть вимірювання через

```
$ENERGY_MEASURING.ACTIVE = TRUE
```

(можливо додати в програму або написати через інтерфейс контролера).

Розпочнеться вимірювання.

2. У головному меню виберіть «Дисплей» > «Енергоспоживання». Відкриється вікно споживання енергії. Червона крапка праворуч від верхнього рядка вказує на поточне вимірювання.

3. Якщо потрібно, установіть прапорець поруч із пунктом «Оновити».

4. Зупиніть вимірювання за допомогою

\$ENERGY_MEASURING.ACTIVE = FALSE

Вікно споживання енергії, показано на рисунку 2.47 з описом в таблиці 2.52, також можна відкрити незалежно від вимірювання. У верхньому рядку завжди вказується результат активного або останнього вимірювання.

Властивості вимірювання

1. Розпочате вимірювання виконується, доки його не буде зупинено. Це не залежить від того, відкрито чи закрито вікно споживання енергії.

2. Вимірювання, розпочате за допомогою KRL, можна зупинити за допомогою KRL або за допомогою кнопки Зупинити вимірювання.

3. Вимірювання, розпочате за допомогою кнопки «Почати вимірювання», можна зупинити лише за допомогою кнопки «Зупинити вимірювання», доки вікно споживання енергії залишається відкритим. Якщо зроблено спробу зупинити вимірювання через KRL, контролер робота відображає таке повідомлення: *Вимірювання енергії зараз неможливо зупинити.*

Таблиця 2.52 – Вікно «Енергоспоживання»

Пункт на рисунку 2.47	Опис пункту
1	Результати вимірювань, розпочатих користувачем. Відображаються останні 3 результати. Останній результат відображається у верхньому рядку. Якщо вимірювання в даний момент активне, це позначається червоною крапкою праворуч від лінії.
2	Споживання енергії за останні 60 хвилин після останнього холодного запуску
3	Пуск вимірювання. Почати вимірювання неможливо, якщо вимірювання наразі активне.
4	Зупинка активного вимірювання.
5	<ul style="list-style-type: none"> • прапорець активний: під час виконання вимірювання відображення результатів постійно оновлюється; • прапорець не активний: під час вимірювання відображається останнє оновлене значення. Результат не відображається, доки вимірювання не буде зупинене.

Після того, як вікно енергоспоживання знову закрито, вимірювання також можна зупинити через KRL. Це запобігає постійному блокуванню вимі-

рювань через KRL під час вимірювання, розпочатого у вікні споживання енергії.

4. Неможливо розпочати вимірювання, коли воно вже активне. У цьому випадку контролер робота відображає таке повідомлення: *Вимірювання енергії вже активне*. Активне вимірювання потрібно спочатку припинити.

2.19.14.1. Запуск і зупинка вимірювання споживання

Користувач може використовувати *\$ENERGY_MEASURING* для вимірювання споживання енергії роботом і контролером робота. Він може починати та зупиняти вимірювання та зчитувати результати.

Споживання енергії додатковими компонентами контролера робота та іншими контролерами не реєструється.

Тип даних: *Energy_Measuring_Struc*. Це структура даних що призначена для збору та зберігання інформації про енергоспоживання робота. Ця структура дозволяє програмно фіксувати, скільки електроенергії споживав робот до, під час та після переходу в енергоощадний режим.

Данні у *Energy_Measuring_Struc*

У таблиці 2.53 описані компоненти, з яких складаються данні у *Energy_Measuring_Struc*. Компоненти *REAL* захищені від запису і не можуть бути змінені користувачем.

Таблиця 2.53 – Значення змінної *\$ENERGY_MEASURING*

Елемент	Опис елементу
Активний	<ul style="list-style-type: none">• true: почати вимірювання;• false (за замовчуванням): зупинити вимірювання. Вимірювання, розпочате через smartHMI у вікні споживання енергії, не можна зупинити через KRL, доки вікно споживання енергії залишається відкритим. Якщо зроблено спробу зупинити вимірювання через KRL, контролер робота відображає таке повідомлення: <i>Вимірювання енергії зараз неможливо зупинити</i> . Після того, як вікно енергоспоживання знову закрито, вимірювання також можна зупинити через KRL. Це запобігає постійному блокуванню вимірювань через KRL під час вимірювання, розпочатого у вікні споживання енергії.

Продовження таблиці 2.53

Елемент	Опис елементу
Заблокований	<ul style="list-style-type: none"> • true: запуск вимірювання через вікно споживання енергії заборонено. Натискання кнопки «Почати вимірювання» викликає таке повідомлення: Вимірювання енергії зараз неможливо розпочати. Натискання «Зупинити вимірювання» або вихід з вікна «Енергоспоживання» автоматично знову встановлює значення FALSE для змінної; • false (за замовчуванням): можливий запуск вимірювання через вікно споживання енергії.
Час	Тривалість вимірювання (с) Також відображається на SmartHMI у вікні споживання енергії в розділі Споживання енергії разом з останніми 3 вимірюваннями > Час [с] (верхній рядок)
Енергія	Споживання енергії протягом періоду вимірювання (кВт·год) Також відображається на SmartHMI у вікні «Енергоспоживання» в розділі «Енергоспоживання останніх 3 вимірювань» > «Енергоспоживання [кВт·год]» (верхній рядок)
Втрачена енергія	Енергія, вироблена під час процесу гальмування, яка не могла зберігатися в проміжному контурі та була перетворена на тепло через гальмівний опір (кВт·год)

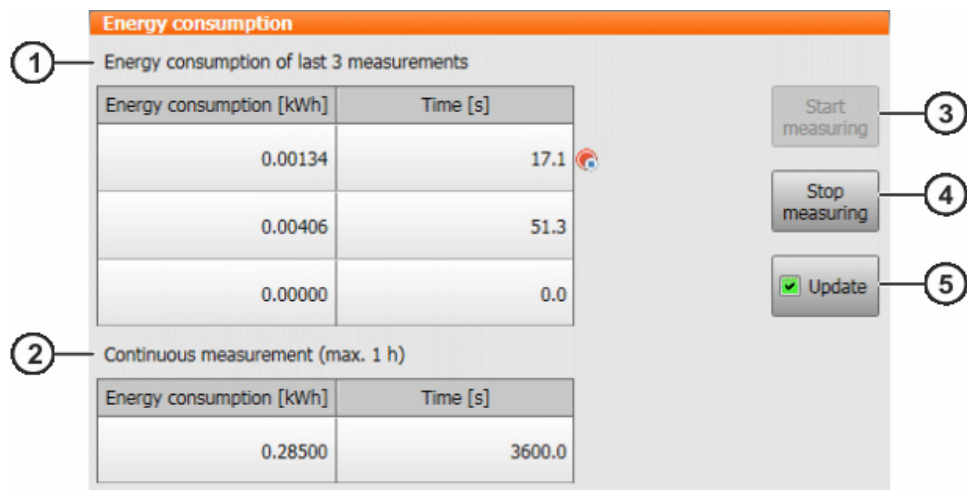


Рисунок 2.47 – Вікно «Енергоспоживання»

2.19.14.2. Енергетична модель яка доступна для робота

$\$ENERGYMODULE$ вказує, чи доступна для цього робота енергетична модель і в якій мірі.

Стан $\$ENERGYMODULE$ стосується, наприклад, запитів, надісланих до служби підтримки KUKA.

Тип даних: *Energy_Module_Struc*. Це структура даних, яка використовується для конфігурації та керування параметрами енергозбереження окремого модуля або всієї системи

Данні *Energy_Module_Struc*

Данні *Energy_Module_Struc* описані в таблиці 2.54. Компоненти захищені від запису.

Таблиця 2.54 – Значення змінної *\$ENERGYMODULE*

Елемент	Опис елементу
Завантажений	<ul style="list-style-type: none">• true: енергетична модель доступна для цього робота. Це означає, що для цього робота можна визначити споживання, включаючи зовнішні осі.• false: енергетична модель недоступна для цього робота.
Розрахункові осі	Тип: <i>INT</i> Масив бітів вказує наскільки точно можна визначити відповідне споживання енергії для кожної осі. Біт 1 ... 6: вісь робота <i>A1 ... A6</i> Біт 7 ... 12: зовнішня вісь <i>E1 ... E6</i> Якщо біт $n = 0$: споживання можна визначити точно для цієї осі. Якщо біт $n = 1$: споживання можна визначити приблизно для цієї осі або не враховувати.

Додаткову інформацію про точність відповідної осі можна прочитати з *\$ENERGY_CONFIG_STATE*. Це системна змінна відображає поточний стан конфігурації енергозбереження контролера. Вона показує, чи правильно налаштована та активована технологія енергозабезпечення, і в якому режимі готова працювати система.

Біт $n = 1$ означає те саме, що й

\$ENERGY_CONFIG_STATE[n] == #APPROXIMATED

або

#IGNORED.

2.19.14.3. Статус енергетичної моделі для кожної осі

Статус енергетичної моделі визначається командою

\$ENERGY_CONFIG_STATE[вісь] = стан

Тип даних: *Energy_Config_State_T*

\$ENERGY_CONFIG_STATE надає статус енергетичної моделі для кожної осі; іншими словами, ступінь, до якого можна визначити споживання для осі.

Тип даних *Energy_Config_State_T*

Energy_Config_State_T — це спеціальний тип даних, який використовується для роботи з енергетичними конфігураціями або станами, що підтри-

мують управління енергоефективністю чи спеціальними функціями, пов'язаними з енергоспоживанням.

Таблиця 2.55 – Значення змінної *\$ENERGY_CONFIG_STATE*

Елемент	Опис елементу
Вісь	Номер осі. Тип: INT <ul style="list-style-type: none"> • 1...6: вісь робота <i>A1 ... A6</i> • 7...12: зовнішня вісь <i>E1 ... E6</i>
Статус	Тип: <i>ENUM Energy_Config_State_T</i> <ul style="list-style-type: none"> • #OK: можна визначити споживання цієї осі. Або цієї осі немає. • #IRELEVANT: вісь не має значення для визначення споживання, оскільки вона моделюється. • #APPROXIMATED: споживання приблизне для осі та визначено менш точно. • #IGNORED: актуально лише у випадку симуляції. Оскільки певні параметри моделі для моделювання недоступні для осі, споживання неможливо визначити.

Розшифровка даних *\$ENERGY_CONFIG_STATE* дана в таблиці 2.55. Компонент захищений від запису.

2.19.14.4. Споживання енергії за останні 60 хвилин

\$ENERGY_PERIOD вказує на споживання енергії роботом і контролером робота протягом останніх 60 хвилин після останнього холодного запуску. Споживання енергії додатковими компонентами контролера робота та іншими контролерами не реєструється.

Тип даних: *Energy_Data_Struct*.

Данні *Energy_Data_Struct*

Компоненти захищені від запису і описаний в таблиці 2.56.

Таблиця 2.56 – Значення змінної *\$ENERGY_PERIOD*

Елемент	Опис
Час	Тривалість вимірювання (с) Максимум: 3600 с. Вимірювання починається з останнього холодного запуску. Якщо холодний запуск відбувся більше 60 хвилин тому, вимірювання завжди охоплює останні 60 хвилин. Також відображається на SmartHMI у вікні «Енергоспоживання» в розділі «Безперервне вимірювання (макс. 1 год) > Час [с]»
Енергія	Споживання енергії протягом періоду вимірювання (кВт·год). Також відображається на SmartHMI у вікні «Енергоспоживання» в розділі «Безперервне вимірювання (макс. 1 год)» > «Енергоспоживання [кВт·год]»
Втрачена енергія	Енергія, вироблена під час процесу гальмування, яка не могла зберігатися в проміжному контурі та була перетворена на тепло через гальмівний опір (кВт·год)

2.19.14.5 Споживання енергії з моменту останнього холодного запуску

\$ENERGY_TOTAL вказує на енергоспоживання робота та контролера робота з моменту останнього холодного запуску. Споживання енергії додатковими компонентами контролера робота та іншими контролерами не реєструється.

Тип даних: *Energy_Data_Struct*

Данні *Energy_Data_Struct*

Компоненти захищені від запису і описаний в таблиці 2.57.

Таблиця 2.57 – Значення змінної *\$ENERGY_TOTAL*

Елемент	Опис елементу
Час	Тривалість вимірювання (с). Відповідає часу, який минув після останнього холодного запуску.
Енергія	Споживання енергії протягом періоду вимірювання (кВт·год)
Втрачена енергія	Енергія, вироблена під час процесу гальмування, яка не могла зберігатися в проміжному контурі та була перетворена на тепло через гальмівний резистор (кВт·год)
Інфо[]	Для <i>\$ENERGY_TOTAL</i> завжди без значення

2.19.14.6. Споживання енергії між мітками часу

\$ENERGY_INTERIM відображає споживання енергії роботом і контролером робота за час між двома останніми викликами функції *INTERIMENERGY()*.

Початкове значення *\$ENERGY_INTERIM* у випадку холодного запуску дорівнює 0. Споживання енергії додатковими компонентами контролера робота та іншими контролерами не реєструється.

Тип даних: *Energy_Data_Struct*

Дані *Energy_Data_Struct*

Компоненти захищені від запису і описані в таблиці 2.58. Виняток: *info[]* можна встановити за допомогою функції *INTERIMENERGY()*.

Таблиця 2.58 – Значення змінної *\$ENERGY_INTERIM*

Елемент	Опис
Час	Тривалість вимірювання в секундах. Відповідає часу, що минув між двома останніми викликами функції <i>INTERIMENERGY()</i> .
Енергія	Споживання енергії протягом періоду вимірювання, кВт·год

Продовження таблиці 2.58

Елемент	Опис
Втрачена енергія	Енергія, вироблена під час процесу гальмування, яка не могла зберігатися в проміжному контурі та була перетворена на тепло через гальмівний опір, кВт·год
Інфо[]	Рядок, який було передано під час останнього виклику функції <i>INTERIMENERGY()</i>

2.19.14.7. Встановлення позначки часу

для вимірювання споживання енергії

Функція *INTERIMENERGY* встановлює позначку часу. Значення споживання енергії записуються в *\$ENERGY_INTERIM* за допомогою виклику функції. Коли *\$ENERGY_INTERIM* зчитується, ви отримуєте значення, що виникають між передостанньою та останньою викликом.

Значення з попередніх інтервалів виклика перезаписуються. Якщо ці значення потрібно зберегти, користувач повинен переконатися, що вони записуються в змінні спеціального призначення перед кожним викликом нової функції.

Синтаксис

result = *INTERIMENERGY* (*string*)

Сам синтаксис описаний в таблиці 2.59.

Таблиця 2.59 – Пояснення синтаксису *INTERIMENERGY*

Елемент	Опис елементу
Результат	Тип: INT. Змінна для значення, що повертається: • 1: функцію викликано успішно; • <>1: помилка.
Рядок	Тип: CHAR. Тип передачі: параметр IN. Будь-який рядок. Служить додатковою інформацією про виклик відповідної функції.

Приклад виміру енергії у програмі KRL

У цьому прикладі виклики функцій позначено як «*nr_1*», «*nr_2*», тощо за допомогою рядка параметрів.

1 ...

2 *my_result* = *interimenergy* ("*nr_1*")

3 ...

4 $my_result = interimenergy("nr_2")$

5 ...

6 $my_result = interimenergy("nr_3")$

7 ...

Зчитування $\$ENERGY_INTERIM$

Коли $\$ENERGY_INTERIM$ зчитується, ви отримуєте значення, що виникають між передостанньою та останньою позначкою, як показано на рисунку 2.48 і описано в таблиці 2.60.

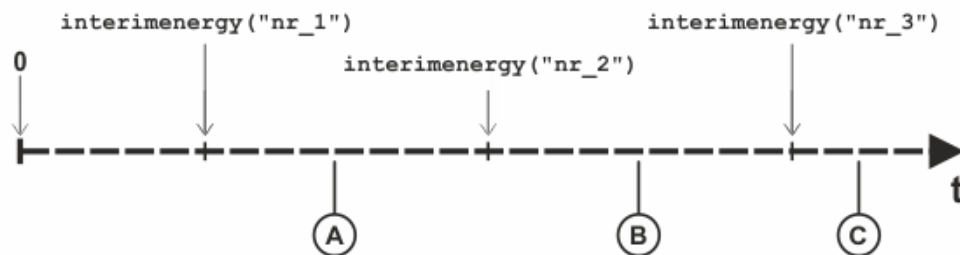


Рисунок 2.48 – Хронологічна послідовність

Таблиця 2.60 – Пояснення синтаксису $INTERIMENERGY$

Елемент на рисунку 2.48	Опис елементу
0	Холодний старт
Зчитування $\$ENERGY_INTERIM$	
A	Зчитування між «nr_1» і «nr_2» відображає таке споживання: від холодного запуску до «nr_1»
B	Зчитування між «nr_2» і «nr_3» відображає таке споживання: від «nr_1» до «nr_2»
C	Зчитування після «nr_3» (і до потенційного «nr_4») відображає таке споживання: від «nr_2» до «nr_3»

$\$ENERGY_INTERIM$ також відображає інші значення: тривалість періоду вимірювання, рядок із останнього виконаного виклику функції, незбережена енергія.

2.20 Автоматичне оновлення мікропрограми для апаратних компонентів

Якщо апаратний компонент KUKA було додано до системи або замінено, системне програмне забезпечення перевіряє, чи має це обладнання застаріле програмне забезпечення. Крім того, перевіряється вбудоване програмне забезпечення наявного обладнання, якщо системне програмне забезпечення було оновлено.

Мікропрограма для апаратних компонентів (прошивка) – це вбудоване програмне забезпечення, яке знаходиться безпосередньо в апаратних модулях і забезпечує їх базову роботу, комунікацію та функціональність.

Якщо системне програмне забезпечення виявляє застарілу мікропрограму, воно готує оновлення та відображає таке повідомлення, що показано на рисунку 2.49:

Автоматичне оновлення мікропрограми розпочнеться через {зворотний відлік} секунд.

Лічильник починається з 60 секунди. Під час роботи лічильника користувач має можливість перервати процес і запустити його вручну пізніше.

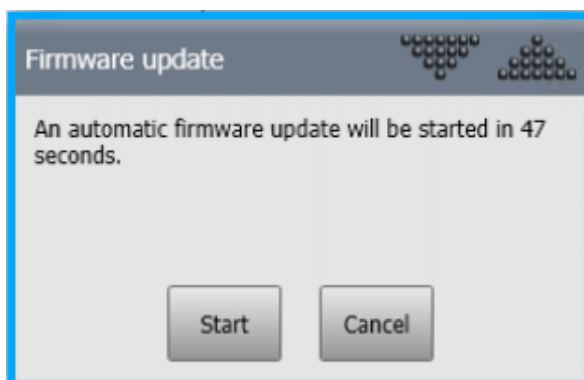


Рисунок 2.49 – Повідомлення зворотного відліку часу

Особливості виявлення прошивки.

1. Виявлення активне, якщо вибрано T1 і не вибрано жодної програми. Якщо ці попередні умови виконуються, мікропрограмне забезпечення виявляється, щойно апаратне забезпечення стане присутнім в системі. Для процесу виявлення не потрібно перезавантажуватися.

2. Системне програмне забезпечення має актуальну мікропрограму для апаратних компонентів KUKA. Воно використовується для оновлення апаратного забезпечення. Підключення до мережі не потрібне.

3. Якщо доступне нове мікропрограмне забезпечення для кількох апаратних компонентів, то усі вони оновлюються одночасно. Неможливо оновити компоненти окремо.

4. Під час оновлення smartPAD не можна вводити дані користувача. Оновлення кожного апаратного компонента може тривати до 2 хвилин.

5. Після оновлення можна виконати автоматичне перезавантаження. Але це залежить від конкретної ситуації.

Несправність/збій живлення

Оновлення не може пошкодити апаратний компонент, навіть якщо воно виходить з ладу, наприклад через збій живлення. Невдале оновлення можна виправити, виконавши його знову.

Якщо під час оновлення стався збій живлення, і тому не вдалося повністю завантажити мікропрограму, контролер робота повідомляє про це у вигляді повідомлень про помилку. Користувач може знову розпочати оновлення у вікні диспетчера мікропрограми/обладнання. Після цього контролер робота виконує холодний перезапуск.

2.20.1 Негайний запуск оновлення

Не вимикайте контролер робота під час оновлення.

Процедура

1. Натисніть «Пуск» у вікні з повідомленням зворотного відліку. Або зачекайте, доки не закінчиться другий лічильник. Після цього оновлення почнеться автоматично.

2. Перегляньте вікно повідомлень: у ньому відображається інформація про стан оновлення.

Після успішного завершення оновлення для кожного компонента відображається таке повідомлення:

{назва компонента} успішно оновлено до версії {версія прошивки у форматі 1.1.0-1}.

3. Після оновлення можна виконати автоматичне перезавантаження. Це залежить від конкретної ситуації.

2.20.2 Початок оновлення пізніше (вручну)

Не вимикайте контролер робота під час оновлення.

Передумова

Ви повинні знаходитись у групі користувачів «Адміністратор».

Процедура

1. Натисніть «Скасувати» у вікні з повідомленням зворотного відліку. Цей крок можливий для всіх груп користувачів.

2. Коли настане слушна нагода виберіть у головному меню «Запуск» > «Сервіс» > «Менеджер мікропрограми/апаратного забезпечення». Відкриється вікно «Firmware / Hardware Manager». Застарілі апаратні компоненти позначаються доступним оновленням.

3. Натисніть «Оновити все». Починається оновлення.

4. Перегляньте вікно повідомлень: у ньому відображається інформація про стан оновлення.

Після успішного завершення оновлення для кожного компонента відображається таке повідомлення:

{Назва компонента} успішно оновлено до версії {версія прошивки у форматі 1.1.0-1}.

5. Після оновлення можна виконати автоматичне перезавантаження. Це залежить від конкретної ситуації.

2.20.3 Вікно «Менеджер програмного забезпечення / обладнання».

Вікно диспетчера прошивки/апаратного забезпечення (рисунок 2.50) містить список пристроїв EtherCAT. Для кожного пристрою вказується, чи є поточна мікропрограма чи доступне оновлення.

У розгорнутому списку записи відображають інформацію про пристрої. Це артикул, серійний номер, версія обладнання, версія прошивки. Якщо для одного або кількох пристроїв відображається «*Оновлення доступне*», оновлення можна розпочати вручну за допомогою «Оновити все». Це можливо лише для групи користувачів «Адміністратор».

2.21 Відображення стану батареї

Якщо напруга живлення вимикається (через головний вимикач) або у разі збою живлення, контролер робота підтримується акумулятором і вимикається контрольованим способом (без втрати даних). Заряд акумулятора

може відобразитися користувачу. Користувач також може передати його на ПЛК. Заряд акумулятора відображається за допомогою системної змінної $\$AC-CU_STATE$.

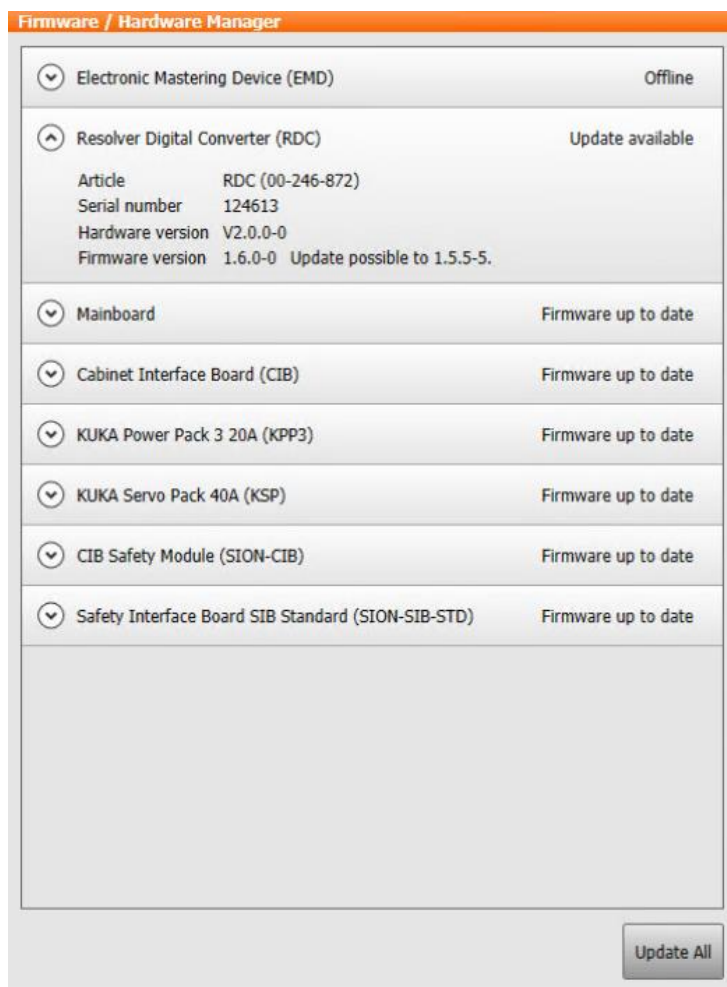


Рисунок 2.50 – Вікно «Диспетчер прошивки / апаратного забезпечення».

Стан можна лише відобразити, але не змінювати.

Характеристика зарядного струму контролюється при кожному завантаженні контролера робота. Додатковий тест акумулятора проводиться циклічно. Стан, на який вказує $\$ACCU_STATE$, виводиться з інформації щодо струму заряджання та перевірки акумулятора.

У наступній таблиці 2.61 вказано можливі стани $\$ACCU_STATE$. Користувач повинен налаштувати інформацію для ПЛК самостійно.

Інформацію про заміну батареї в конкретній моделі можна знайти в додаткових документах з експлуатації контролера робота.

Таблиця 2.61 – Значення змінної \$ACCU_STATE

Стан	Значення	Дії, які вимагає користувач	Інформація для PLC	Повідомлення
#CHARGE OK	Зарядний струм зменшився відповідно до вимог після завантаження та/або акумулятор виявився у робочому стані під час тесту акумулятора	Не замінюйте акумулятор	Відключення напруги живлення в порядку	Без повідомлень
#CHARGE OK LOW	Зарядний струм зменшився відповідно до вимог після завантаження та/або акумулятор виявився у робочому стані під час тесту акумулятора. Однак після максимального часу заряджання акумулятор не повністю заряджений	Замініть акумулятор	Відключення напруги живлення в порядку	Попередження про заряд батареї - повна зарядка неможлива
#CHARGE UNKNOWN	Акумулятор заряджається. Або акумулятор ще не перевірявся після завантаження контролера. Або зарядний струм ще недостатньо впав	Не замінюйте акумулятор	Відключення напруги живлення може спричинити помилки в режимі глибокого сну	Без повідомлень
#CHARGE TEST NOK	Результат тесту батареї негативний	Замініть акумулятор	Відключення напруги живлення може спричинити помилки в режимі глибокого сну	Акумулятор несправний - тест навантаження не вдався
#CHARGE NOK	Тест батареї неможливий. Акумулятор не повністю заряджений після максимального часу заряджання	Замініть акумулятор	Відключення напруги живлення може викликати помилки у випадку гарячого старту	Акумулятор несправний - надійне резервне живлення не може бути гарантовано
#CHARGE OFF	Немає батареї або батарея несправна	Замініть акумулятор	Відключення напруги живлення може викликати помилки у випадку гарячого старту	Акумулятор несправний - резервне живлення неможливе

Окрім візуальної шкали, система надає детальнішу інформацію при натисканні на відповідну іконку, де можна побачити точний відсоток заряду та

поточний статус (заряджання або розряджання). Належний стан батареї гарантує, що у разі раптового зникнення напруги в мережі, операційна система робота зможе коректно завершити всі процеси та зберегти поточні координати осей. Регулярний моніторинг цього показника є обов'язковою частиною технічного обслуговування, оскільки справний акумулятор дозволяє уникнути тривалих простоїв через необхідність відновлення конфігурації системи.

Контрольні питання до лекції 4

1. Як відобразити фактичне положення робота та ключові елементи декартового вигляду вікна (X, Y, Z, A, B, C, статус, інструмент, база, режим інтерполяції), з урахуванням обмежень для відображення інструменту/бази?

2. Які особливості вигляду "Залежно від осі" у вікні "Фактичне положення", включаючи відображення осей A1-A6, символів типів осей, графічного представлення діапазону та додаткових опцій?

3. Як виконати процедуру відображення цифрових входів/виходів, включаючи елементи вікна? Опишіть функції кнопок в цьому вікні: -100, +100, "Перейти до", "Значення", "Ім'я".

4. Як відобразити аналогові входи/виходи? Які їх відмінності від цифрових?

5. Яка структура відображення входів/виходів для зовнішньої автоматики (статус, тип, ім'я сигналу, номер)?

6. Які існують стани змінної \$ACCU_STATE для відображення стану батареї?

ЛЕКЦІЯ 5

План лекції

Налаштування промислового робота. Перше увімкнення контролера з кінематичною системою. Зміна пароля для системи Windows. Зміна конфігурації даних машини. Запобігання несподіваного запуску периферійних пристроїв. Безпечна робота декілька роботів. Сигнал підтвердження після аварійної зупинки. Увімкнення/вимкнення безпечного декартового моніторингу. Рух робота без контролера безпеки вищого рівня. Перевірка активації моделі робота з високою точністю позиціонування. Активація режиму палетування.

3. НАЛАШТУВАННЯ ПРОМИСЛОВОГО РОБОТА

3.1. Захист системи Windows

Рекомендується наступні заходи для захисту системи Windows. Змініть пароль за умовчанням та скористайтесь порадами з таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Захист системи Windows

Функція	Опис функції
Використання KUKA.NonAdmin	Додаткові функції для захисту системи Windows від небажаного доступу
Використання KUKA.CPS або KUKA.Ikarus	KUKA.CPS: додаткові функції для захисту системи Windows від несанкціонованого доступу, захисту від шкідливого програмного забезпечення
	KUKA.Ikarus: додаткові функції для захисту від шкідливого програмного забезпечення

3.2. Перше увімкнення контролера з кінематичною системою

Увімкнення контролера з кінематичною системою – це спеціальна процедура запуску контролера, під час якої система автоматично активує та ініціалізує кінематичну систему, тобто безпосередньо рухи робота. Звичайне увімкнення контролера запускає тільки базове програмне забезпечення контролера, але кінематична система залишається вимкненою.

Коли контролер робота з підключеною кінематичною системою вмикається вперше, обов'язково слід дотримуватися наступної процедури [3]. Ця процедура не є заміною для повного початкового запуску системи робота.

За відсутності функціонального захисного обладнання та засобів безпеки робот-система може спричинити тілесні ушкодження або матеріальні збитки. Якщо захисне обладнання або засоби захисту демонтовано або дезактивовано, робототехнічна система не може працювати. Використання режиму запуску вимикає всі зовнішні засоби захисту. Це може призвести до смерті, серйозних травм або пошкодження майна.

У небезпечній зоні маніпулятора, коли він знаходиться в режимі запуску, не повинно бути людей.

Процедура

1. Увімкніть контролер робота.
2. Виберіть режим T1.
3. Поверніть перемикач режимів (рисунок 3.1) у робоче положення (символ: відкритий замок).

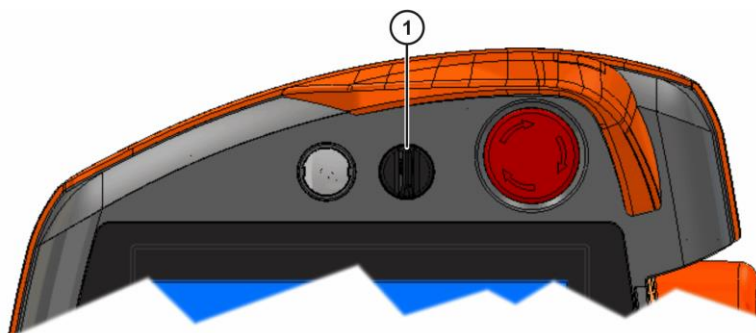


Рисунок 3.1 – Перемикач режимів [3]

4. Відобразиться такий запит: «Невідповідність пам'яті RDC і контролера. Що помінялось?» (рисунок 3.2). Натисніть кнопку «Robot» для підтвердження.

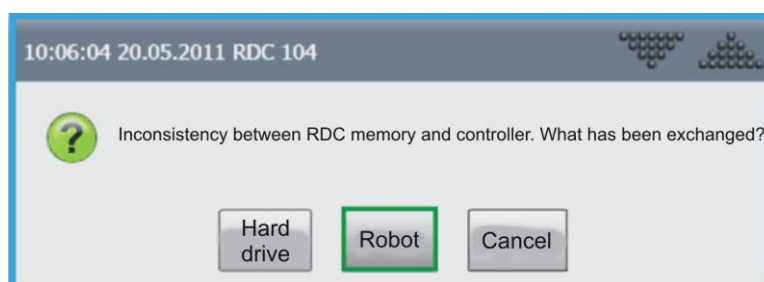


Рисунок 3.2 – Невідповідність пам'яті RDC і контролера

5. Відобразиться таке повідомлення: «Конфігурацію мережі відновлено». Натисніть кнопку «ОК» для підтвердження.

6. Підтвердьте у вікні повідомлень усі повідомлення, які можна підтвердити, натиснувши кнопку «Підтвердити всі» (рисунок 3.3, таблиця 3.2).

Таблиця 3.2 – Значення елементів вікна повідомлення

№	Опис
1	Кнопка головного меню
2	Вікно повідомлення
3	Кнопка Підтвердити усе

7. Наступні повідомлення не можуть бути підтверджені:

- KSS15068 – помилка контрольної суми конфігурації безпеки;
- KSS12017 – безпека оператора не підтверджена;
- KSS00404 – зупинка безпеки.

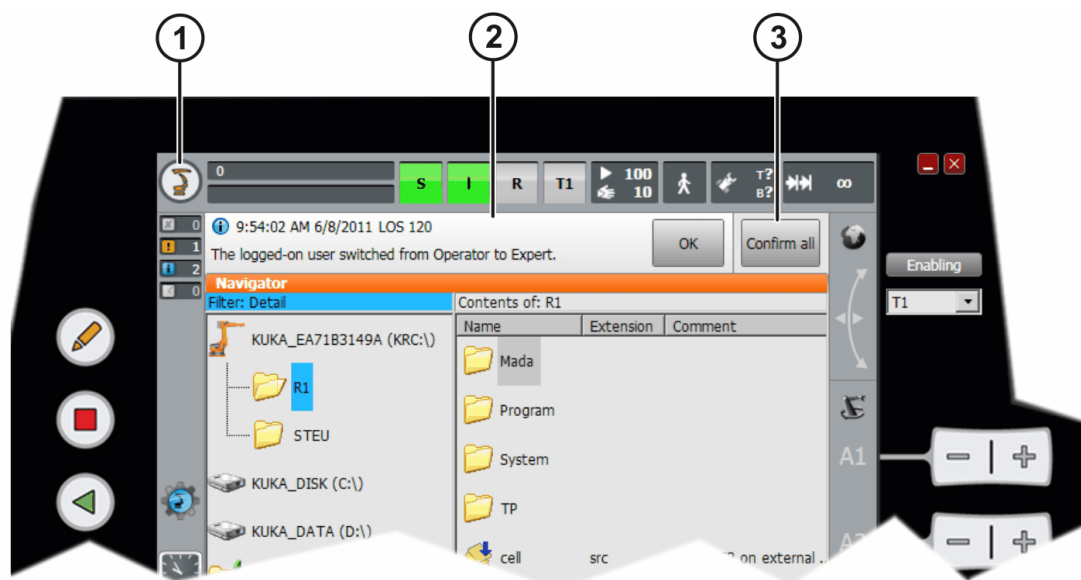


Рисунок 3.3 – Вікно повідомлень

Щоб дозволити їх підтвердження, конфігурація безпеки робота (RDC) і контролера робота має бути синхронізована: натисніть клавішу головного меню та виберіть послідовність меню «Конфігурація» > «Група користувачів». Потім натисніть «Увійти».

8. Виберіть групу користувачів «Safety Recovery». Якщо використовується KUKA.SafeOperation, виберіть групу користувачів «Safety Maintenance».

9. Введіть пароль (за замовчуванням: kuka) і підтвердьте, натиснувши «Login».

10. Підтвердьте повідомлення KSS15068 і KSS00404:

- натисніть клавішу головного меню та виберіть послідовність меню «Конфігурація» > «Конфігурація безпеки»;
- огляд можливих причин помилок відображається у вікні Майстра усунення несправностей (рисунок 3.4);
- виберіть наступний запис у списку: *Робот або пам'ять RDC запускаються вперше*;
- рекомендації щодо виправних дій відображаються під вибраним записом;
- виберіть такий запис: *Якщо ви бажаєте негайно активувати конфігурацію безпеки, активуйте її*;
- натисніть кнопку «Активувати зараз». Відкриється вікно конфігурації безпеки. Відобразиться вкладка «Загальні». Залежно від версії системного програмного забезпечення вкладка «Загальні» може відрізнятися від зображеної на рисунку 3.5.

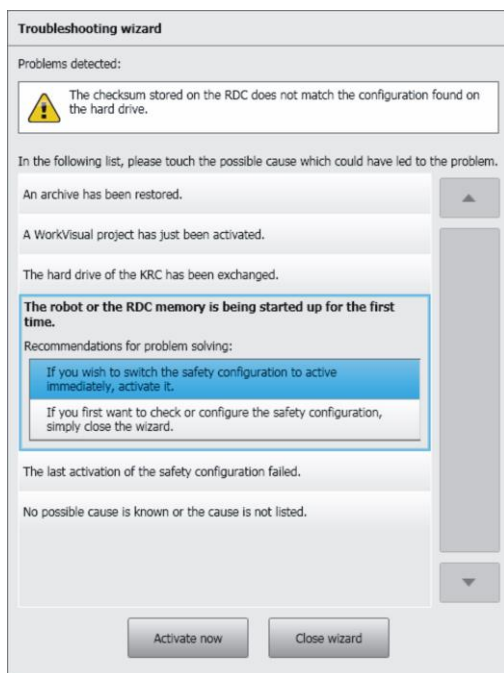


Рисунок 3.4 – Майстер усунення несправностей

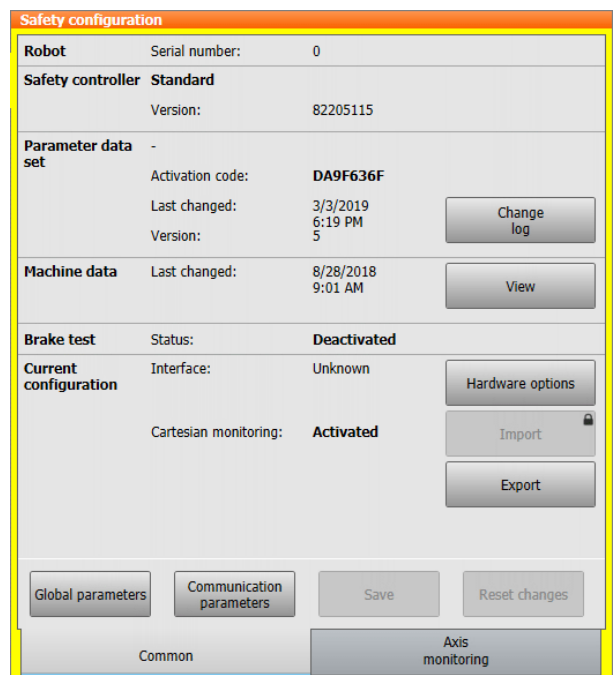



Рисунок 3.5 – Вкладка «Загальні»

- закрийте вікно конфігурації безпеки за допомогою значка  «Закрити»;
- відобразиться таке повідомлення: *Зміни успішно збережені*. Натисніть кнопку «ОК» для підтвердження.

11. Привести робота в робочий стан (тут виділяють 2 випадки):

- якщо робот уже має повністю налаштований і дротовий інтерфейс безпеки: *підтвердьте повідомлення I2017*;

- інакше перемістіть робота в режим запуску. У випадку інтерфейсу безпеки на основі загальної шини (ProfiSAFE/CIP Safety/FSoE) перемикання в режим запуску можливо лише за відсутності підключення до неї. Натисніть клавішу головного меню та виберіть послідовність меню «Запуск» > «Сервіс» > «Режим запуску».

Контролер робота готовий до роботи. Можна здійснити повний початковий запуск.

3.3 Зміна пароля для системи Windows

Під час запуску Windows користувач автоматично входить до системи з такими даними:

- ім'я користувача: *KukaUser* (має права адміністратора за умовчанням);
- пароль: *68kuka1secpw59*.

Пароль можна змінити за допомогою описаної тут процедури. Для пароля немає обмежень, напр. з точки зору довжини або складності.

Якщо змінений пароль втрачено, доступ до системи Windows більше неможливий – навіть для виробника робота.

Передумова

Користувач повинен мати права адміністратора.

Процедура

1. Відкрийте меню Пуск Windows і виберіть «Виконати...».
2. Введіть команду *cmd* у полі «Відкрити» та підтвердіть її натисканням клавіші «Enter». Відкриється вікно команд.

3. Введіть таку команду:

```
c:\krc\util\krcuserpw\changepwd.exe /u=kukauser /  
op=OLD_PW /p=NEW_PW /cp
```

Тут введіть поточний пароль замість *OLD_PW* і бажаний новий пароль замість *NEW_PW*. Опис параметрів вказано в таблиці 3.3.

4. Підтвердьте, натиснувши клавішу «Enter».

Пароль змінено. Повідомлення про підтвердження не буде. Зміна набуває чинності негайно.

Таблиця 3.3 – Значення параметрів при зміні паролю

Параметр	Опис
/u= ...	Ім'я користувача
/op= ...	Поточний пароль. Враховуються верхній і нижній регістри.
/p= ...	Новий пароль. Враховуються верхній і нижній регістри.
/cp	Команда «Змінити пароль».

Зміна реєструється у файл:

C:\KRC\ROBOTER\LOG_ChangePwd.log

Помилки також вказані у файлі відкритим текстом. Тут також реєструються зміни пароля через WorkVisual.

3.3.1. Зміна пароля: повернення значень

Командний рядок повертає значення, які можна перевірити в *MS DOS* через *ERRORLEVELS* по параметрам, що описані в таблиці 3.4. Повертається значення «0», якщо пароль було успішно змінено.

Таблиця 3.4 – Значення, що повертаються у разі помилок (цілі додатні числа)

Код помилки	Опис помилки
ERR_OPENFILE	0x0001 Помилка відкриття файлу КЕС
ERR_ARGMISMATCH	0x0002 Параметр /u або /s не вказано
ERR_ADDUSERTOGROUP	0x0004 Користувача не можна додати до групи
ERR_USERNAME_EMPTY	0x0008 Для «Змінити пароль» не вказано ім'я користувача
ERR_PASSWORD_EMPTY	0x0010 Для «Змінити пароль» не вказано новий пароль
ERR_READINGUSER_KUKA-CONFIG	0x0020 Користувач VxWorks не може бути прочитаний з <i>kuka.config*</i> для команди «Змінити пароль»
ERR_READINGPASSWORD_KUKA-CONFIG	0x0040 Пароль VxWorks не можна прочитати з <i>kuka.config*</i> для команди «Змінити пароль»
ERR_EXTRACTINGINFO_STARTKRCKES	0x0080 Наступні дані не можна прочитати з <i>StartKrc.kes</i> по шляху <i>C:\KRC</i> для команди «Змінити пароль»: ім'я користувача, домен і пароль користувача КЕС
ERR_WRITETARGETPASSWORD	0x0100 Змінений пароль не можна записати в <i>kuka.config*</i> для команди «Змінити пароль»
ERR_OPENSOURCEKECFILE	0x0200 Під час створення файлу КЕС неможливо прочитати вміст наявного файлу КЕС
ERR_SETSTARTUSER	0x0400 Автоматичний вхід користувача не можна

Продовження таблиці 3.4

		налаштувати для команди «Змінити пароль»
ERR_GETSTARTUSER	0x0800	Початкового користувача не можна визначити з файлу <i>StartUser.bin</i> для команди «Змінити пароль». Шлях <i>StartUser.bin</i> : <ul style="list-style-type: none"> • системне програмне забезпечення від 8.3 до 8.5: <i>C:\Windows\System32</i> • системне програмне забезпечення 8.6 або вище: <i>C:\Windows\SysWOW64</i>
ERR_COMMANDINPUTFILEACCESSERROR	0x1000	Немає файлу відповідей із параметрами зміни пароля або до нього немає доступу
ERR_WRONG_NONADMINPACKAGE	0x2000	Встановлена версія NonAdmin не підходить для зміни пароля
ERR_WRONG_CPCPACKAGE	0x4000	Встановлена версія CPC не підходить для зміни пароля

Шлях до файлу *kuka.config*:

C:\KRC\ROBOTER\Config\System\Common\VxWin

Значення, що повертаються у випадку помилок описані в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Значення, що повертаються у випадку помилок (від'ємні числа)

Код		Опис
ERROR_ACCESS_DENIED	-5	Користувач не має прав доступу
ERROR_INVALID_PASSWORD	-86	Користувач ввів недійсний пароль
ERROR_INVALID_PARAMETER	-87	Недійсний параметр
NERR_InvalidComputer	-2351	Недійсне ім'я комп'ютера
NERR_NotPrimary	-2226	Операція дозволена лише на основному контролері домену
NERR_UserNotFound	-2221	Ім'я користувача не знайдено
NERR_PasswordTooShort	-2245	Пароль занадто короткий

Повернуті значення надходять із методу *NetUserchangePassword*. З міркувань повноти тут також указано значення, що повертаються, які не стосуються контролера робота, напр. *NERR_PasswordTooShort*. Для контролера робота не існує обмежень щодо пароля, напр. з точки зору довжини або складності.

3.4. Майстер запуску

Запуск можна здійснити за допомогою майстра запуску. Це допоможе користувачеві виконати основні кроки запуску.

Майстер запуску – це спеціальний режим запуску контролера, яка використовується під час першого ввімкнення, після заміни апаратури.

тного забезпечення, відновлення після серйозної помилки або при повному перезавантаженні системи. Він покроково проводить оператора через весь процес ініціалізації контролера та кінематичної системи. Він допомагає правильно налаштувати та активувати систему, щоб уникнути помилок конфігурації.

Передумова

1. Не вибрано жодної програми.
2. Режим роботи T1.

Процедура

У головному меню виберіть «Запуск» > «Майстер запуску».

3.5. Зміна конфігурації даних машини

Машинні дані промислового робота налаштовані в WorkVisual. За необхідності конфігурацію даних машини можна змінити.

Машинні дані промислового робота – це набір критичних системних параметрів, які описують фізичні та механічні характеристики конкретного робота. До них входять який саме робот встановлений, які в нього осі, передатні числа, обмеження рухів, динамічні характеристики тощо. Без правильних машинних даних робот не зможе коректно рухатися, розраховувати траєкторії та забезпечувати безпеку.

У випадку стандартного 6-осьового робота без зовнішніх осей можна редагувати, наприклад, машинні дані наступних груп параметрів:

- програмні кінцеві вимикачі (всі осі);
- параметри контролера (всі осі);
- параметри розігріву.

Інші дані машини, напр. параметр клітинки «Базова точка» лише відображається і не може бути змінений.

Інформація про окремі дані машини та параметри розігріву індивідуальна для кожної моделі робота.

Передумова

- Користувач повинен мати права на групу функцій «Загальна конфігурація»;
- режим T1 або T2;
- не вибрано жодної програми.

Процедура

1. У головному меню виберіть «Конфігурація» > «Конфігурація машини».
2. За потреби змініть дані машини та натисніть «Зберегти».
3. Дайте відповідь «Так» на запит підтвердження. Інтерпретатори подачі автоматично скасовуються, поки дані зберігаються, а потім знову вибираються.

3.6. Визначення параметрів обладнання

Передумова

- Група користувачів «Safety Maintenance Technician» або вище
- Режим T1 або T2

Процедура

1. У головному меню виберіть «Конфігурація» > «Конфігурація безпеки».
 2. Натисніть «Параметри обладнання».
 3. Змініть параметри апаратного забезпечення та натисніть «Зберегти».
- Після внесення змін до конфігурації безпеки необхідно перевірити значення для функцій моніторингу безпечної осі.

Можливі значення параметрів обладнання описані в таблиці 3.6. В кожну групу входить багато параметрів.

Таблиця 3.6 – Значення параметрів обладнання

Параметр	Опис
Інтерфейс користувача	<p>Виберіть який інтерфейс буде використано:</p> <ul style="list-style-type: none"> • автоматичний; • SIB з виходом режиму роботи або Disrete з виходом режиму роботи (відображається лише один із цих двох записів. Який запис відображається, залежить від версії контролера). <p>Хоча це поле відображається для певних варіантів контролера, воно неактивне та не має жодного ефекту. Впливають варіанти: (V)KR C4</p>

Продовження таблиці 3.6

Параметр	Опис
	<p><i>compact, (V)KR C4 smallsize, (V)KR C4 smallsize-2</i>. Поле все одно не діє для цих варіантів, навіть якщо налаштування було змінено. Це може бути, наприклад, якщо раніше був обраний інший варіант контролера.</p>
<p>Вхідний сигнал для периферійного контактора (US2)</p>	<p>Вимкнено: периферійний контактор не використовується (за умовчанням) За допомогою зовнішнього ПЛК: Периферійний контактор перемикається зовнішнім ПЛК через вхід «US2». За KRC: периферійний контактор перемикається, якщо виконуються такі умови:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Жодне повідомлення безпеки оператора не активне. • Немає активних повідомлень E2/E7 (тільки для VSS). • Приводи ввімкнено. • Присутній сигнал дозволу руху. <p>Треба враховувати наступне:</p> <ul style="list-style-type: none"> • для контролерів роботів із периферійними контакторами та опцією «UL» необхідно вибрати параметр Bu KRC; • для контролерів роботів без периферійних контакторів це поле виділено сірим кольором і не діє. <p>Можливі варіанти: <i>(V)KR C4 compact, KR C5 micro</i> <i>\$CRIT_PERI_ACK_REQ</i> може впливати на поведінку периферійного контактора US2. Системна змінна <i>\$US2_VOLTAGE_ON</i> вказує на стан периферійної напруги US2:</p> <ul style="list-style-type: none"> • true: напруга включена; • false: напруга вимкнена.
<p>Підтвердження безпеки оператора</p>	<p>Якщо сигнал «Безпека оператора» втрачено та знову встановлено в автоматичному режимі, перед продовженням роботи його необхідно підтвердити.</p> <ul style="list-style-type: none"> • за допомогою кнопки підтвердження: підтвердження надається, наприклад, кнопкою підтвердження (розташованою поза коміркою). Підтвердження передається диспетчеру безпеки. Контролер безпеки знову вмикає автоматичну роботу лише після підтвердження; • зовнішній блок: підтвердження надається системним ПЛК.

3.7. Запобігання несподіваного запуску периферійних пристроїв

3.7.1. Поведінка з додатковим увімкненням та без нього

Поведінка за замовчуванням (без додаткового увімкнення)

Якщо в промисловій комірці є периферійний пристрій (наприклад, фрезерний верстат), який керується через ПЛК, пристрій можна запустити в ре-

жимах T1 і T2, просто натиснувши перемикач увімкнення. У такому випадку робот або зовнішня вісь ще не можуть запуснитися.

Запобігти такому несподіваному запуску периферійного пристрою можна, налаштувавши додатковий сигнал розблокування.

Описаний запуск простим використанням перемикача дозволу неприпустимий відповідно до чинних стандартів, якщо в результаті існує ймовірність пошкодження майна або травми периферійним пристроєм.

Поведінка з додатковим увімкненням

Якщо налаштовано додаткове увімкнення, поведінка системи така:

- якщо присутній периферійний пристрій, контролер робота відображає повідомлення M_3303 після натискання перемикача увімкнення: *Підтвердіть або натисніть клавішу Пуск, щоб увімкнути важливе периферійне обладнання;*

- периферійний пристрій запускається лише після підтвердження повідомлення або натискання клавіші запуску («Почати вперед» або «Почати назад»).

Поки повідомлення активне, робота можна переміщати в T1 за допомогою клавіш «Jog» без запуску периферійного пристрою.

3.7.2. Налаштування додаткового включення

Передумова

\$machine.dat потрібно відредагувати для конфігурації. Це можна зробити на контролері робота або у WorkVisual.

Якщо файл *\$machine.dat* потрібно редагувати на контролері робота то користувачу потрібно мати права на групу функцій «Критичні зміни програми KRL».

Процедура

Зробіть налаштування у файлі *\$machine.dat*.

1. Відкрийте файл *\$machine.dat* по шляху *KRC:\STEU\Mada*.
2. Призначте *SIGNAL \$CRIT_PERI_ACK_REQ* або *\$IN[1025]*, або іншому входу.

- *\$IN[1025]*: додаткове ввімкнення постійно активне, оскільки *\$IN[1025]* постійно *TRUE*;
- інший вхід: за допомогою цього входу додаткове ввімкнення може бути активним або неактивним.

3. Призначте *SIGNAL \$CRIT_PERI_ACK* для виходу.

Цей крок необхідний лише в таких випадках:

– якщо на контролері робота встановлено вхідний сигнал для периферійного контактора (US2). Фактично це коли зовнішній PLC встановлюється на контролер робота;

– або якщо ПЛК перемикає периферійне обладнання за допомогою іншого механізму (тобто без використання US2).

\$CRIT_PERI_ACK інформує ПЛК через цей вихід, чи є сигнал дозволу для запуску периферійного пристрою.

4. Закрийте файл *\$machine.dat*. У відповідь на запит підтвердження, чи потрібно зберегти зміни, натисніть «Так».

Налаштування ПЛК:

Налаштуйте ПЛК таким чином, щоб він міг правильно оцінювати вихідні дані контролера робота, якому призначено *SIGNAL \$CRIT_PERI_ACK*.

Налаштування RoboTeam

RoboTeam — це технологія, яка дозволяє декільком роботам, підключеним до одного контролера, працювати синхронно над спільною задачею, використовуючи спільну систему координат і маючи змогу безпечно взаємодіяти в реальному часі.

Конфігурація *\$CRIT_PERI_ACK_REQ* має бути однаковою для всіх учасників RoboTeam. І одночасно *\$CRIT_PERI_ACK_REQ* має одночасно мати значення *TRUE* для всіх учасників RoboTeam.

Якщо *\$CRIT_PERI_ACK_REQ* має значення *TRUE* для всіх учасників, застосовується таке:

- повідомлення *M_3303* одночасно генерується або видаляється з усіх контролерів у RoboTeam;
- якщо користувач підтверджує повідомлення *M_3303* на одному контролері, воно автоматично підтверджується для всіх інших учасників;

- вихідний сигнал *\$CRIT_PERI_ACK* (якщо використовується) поводитьься однаково у всіх учасників.

Для різних учасників *\$CRIT_PERI_ACK* можна розподілити на різні виходи.

3.7.3. Безпечна робота декілька роботів

SIGNAL \$CRIT_PERI_ACK – це сигнал підтвердження, який оператор або зовнішня система безпеки повинен надіслати роботу після критичного спрацьовування безпеки (наприклад, відкриття захисних дверей, активації аварійного зупину), щоб дозволити повторний запуск робота.

Якщо для запуску периферійних пристроїв потрібно використовувати додаткове ввімкнення, *SIGNAL \$CRIT_PERI_ACK* потрібно налаштувати в таких випадках:

- якщо на контролері робота встановлено вхідний сигнал для периферійного контактора (US2). Фактично це коли зовнішній PLC встановлюється на контролер робота;
- або якщо ПЛК перемикає периферійне обладнання за допомогою іншого механізму (тобто без використання US2).

Властивості:

- *SIGNAL \$CRIT_PERI_ACK* реалізований як цифровий вихід і може бути призначений будь-якому *\$OUT[]*;
- *\$CRIT_PERI_ACK* інформує ПЛК через призначений вихід, чи є сигнал дозволу для запуску периферійного пристрою;
- *\$CRIT_PERI_ACK* захищено від запису.

За замовчуванням у *KRC:\STEU\Mada\machine.dat* записано:

SIGNAL \$CRIT_PERI_ACK FALSE

Приклад: для того, щоб *SIGNAL \$CRIT_PERI_ACK*, статуси якого описано в таблиці 3.7, було виділено на *\$OUT[66]* треба написати:

SIGNAL \$CRIT_PERI_ACK \$OUT[66]

Таблиця 3.7 – Можливі статуси *\$CRIT_PERI_ACK*

Статус	Опис
False (по замовченню)	Немає сигналу дозволу для запуску периферійного пристрою.
True	Є сигнал дозволу

3.7.4. Сигнал підтвердження після аварійної зупинки

SIGNAL \$CRIT_PERI_ACK_REQ — це вихідний сигнал системи безпеки, який інформує оператора або зовнішню систему про те, що виникла критична ситуація і необхідне підтвердження (*\$CRIT_PERI_ACK*) для продовження роботи.

SIGNAL \$CRIT_PERI_ACK_REQ реалізований як цифровий вхід і може бути призначений будь-якому *\$IN[]*.

\$CRIT_PERI_ACK_REQ встановлює активну або неактивну функцію «додаткове ввімкнення».

\$CRIT_PERI_ACK_REQ захищено від запису.

Таблиця 3.8 – Можливі статуси *\$CRIT_PERI_ACK_REQ*

Статус	Опис статусу
FALSE (по замовченню)	Система безпеки не вимагає підтвердження в даний момент. Це означає, що перемикач US2 можливе лише натисканням перемикача ввімкнення. Статус <i>\$CRIT_PERI_ACK</i> , якщо <i>\$CRIT_PERI_ACK_REQ == FALSE</i> : <ul style="list-style-type: none"> • T1/T2: false; • KSS AUT/AUT EXT: true. • VSS EXT: true; • недійсний режим роботи: false
TRUE	Система безпеки активно вимагає підтвердження для продовження роботи. Можливі статуси <i>\$CRIT_PERI_ACK</i> , якщо <i>\$CRIT_PERI_ACK_REQ == TRUE</i> : <ul style="list-style-type: none"> • T1/T2: якщо було натиснуто перемикач увімкнення та контролер безпеки подає сигнал увімкнення руху, генерується повідомлення <i>M_3303</i>. <i>\$CRIT_PERI_ACK</i> залишається False. Після підтвердження повідомлення <i>M_3303</i> або натискання «Пуск» <i>\$CRIT_PERI_ACK</i> переходить у значення True. Якщо контролер безпеки подає сигнал дозволу руху, <i>\$CRIT_PERI_ACK</i> знову стає False. Ця поведінка також стосується режиму запуску; • KSS AUT/AUT EXT: true. • VSS EXT: true; • Недійсний режим роботи: False

За замовчуванням у *KRC:\STEU\Mada\\$machine.dat* записано:

```
SIGNAL $CRIT_PERI_ACK_REQ $IN[1026]
```

У налаштуванні за замовчуванням функція «додаткове ввімкнення» постійно неактивна, оскільки *\$IN[1026]* постійно має значення *FALSE*.

Приклад: щоб *SIGNAL \$CRIT_PERI_ACK_REQ* було перенесено на *\$IN[66]* треба написати:

```
SIGNAL $CRIT_PERI_ACK_REQ $IN[66]
```

Якщо потрібно, щоб «додаткове ввімкнення» було постійно активним, *SIGNAL \$CRIT_PERI_ACK_REQ* має бути призначено *\$IN[1025]*. *\$IN[1025]* має постійний статус *True*. Можливі статуси приведені в таблиці 3.8.

Повідомлення *M_3303* генерується лише в комбінації *\$CRIT_PERI_ACK_REQ == TRUE* з режимом T1 або T2. Він ніколи не генерується в інших комбінаціях. Якщо повідомлення активне під час переходу на іншу комбінацію, контролер робота видаляє повідомлення.

Увімкнення дистанційного режиму PE

Дистанційний режим (Peripheral Extension Mode, PE Mode) – це режим, в якому траєкторія руху робота задається не програмою KRL, а зовнішнім джерелом (найчастіше ПЛК) через поле введення/виведення (I/O) або промислову мережу. Робот виконує роль "віддаленого приводу" для зовнішньої системи керування.

Існує декілька варіантів дистанційного керування, що описані в таблиці 3.9.

Якщо *\$CRIT_PERI_ACK_REQ == TRUE*, вихід системи «Peri enabled» (PE) стає True за таких умов:

- *\$CRIT_PERI_ACK == TRUE*
- і одночасно всі подальші умови для ввімкнення «Peri enabled» (PE)

виконуються.

Таблиця 3.9 – Периферійний контактор (US2)

Вхідний сигнал для периферійного контактора (US2)	Дія, якщо $\$CRIT_PERI_ACK_REQ == TRUE$
Деактивовано	Периферійний контактор US2 неактивний. У цьому випадку $\$CRIT_PERI_ACK_REQ$ і US2 не впливають один на одного. Оскільки $\$CRIT_PERI_ACK_REQ == TRUE$, повідомлення M_3303 генерується, якщо попередні умови виконуються. $\$CRIT_PERI_ACK$ може використовуватися ПЛК як критерій для перемикання периферійного обладнання за допомогою іншого механізму (тобто без US2).
Через зовнішній ПЛК	Периферійний контактор US2 вмикається, якщо ПЛК встановлює для входу «US2» значення True. $\$CRIT_PERI_ACK$ може використовуватися ПЛК як критерій для перемикання периферійного контактора US2.
Від KRC (контролер робота)	Периферійний контактор US2 вмикається за таких умов: <ul style="list-style-type: none"> • $\\$CRIT_PERI_ACK == TRUE$ • і одночасно всі подальші умови для ввімкнення периферійного контактора US2 виконано.

3.8. Зміна ідентифікатора безпеки пристрою PROFINET

Якщо кілька контролерів роботів працюють з одним головним ПЛК PROFIsafe, кожен пристрій PROFINET повинен мати унікальний ідентифікатор безпеки. Ідентифікатор за умовчанням завжди дорівнює 7.

Передумова

- Користувач має бути в групі користувачів «Відновлення безпеки» або вище;
- Режим T1 або T2.

Якщо на контролері робота встановлено опцію безпеки, напр. KUKA.SafeOperation, можуть застосовуватися інші попередні умови. Інформацію можна знайти в документації до опцій безпеки.

Процедура

1. У головному меню виберіть «Конфігурація» > «Конфігурація безпеки».
2. Натисніть «Параметри зв'язку».
3. У стовпці «Новий ідентифікатор безпеки» натисніть ідентифікатор, який потрібно змінити, і змініть ідентифікатор.

4. Натисніть «Застосувати ідентифікатори безпеки».

5. Відобразиться запит на підтвердження, чи потрібно зберегти зміни.

Підтвердьте запит, натиснувши «Так».

6. Відобразиться повідомлення про те, що зміни збережено. Підтвердьте повідомлення кнопкою «ОК».

Цю процедуру можна використовувати лише для збереження змін ідентифікатора безпеки. Якщо інші незбережені зміни були зроблені деінде в конфігурації безпеки, вони не зберігаються тут.

Якщо наразі зроблено спробу закрити конфігурацію безпеки, буде згенеровано запит із запитанням, чи бажаєте ви відхилити зміни чи скасувати дію. Щоб зберегти зміни, виконайте такі дії:

1. Скасувати дію.

2. У конфігурації безпеки натисніть «Зберегти». (Якщо кнопка «Зберегти» недоступна, спочатку поверніться на рівень назад, натиснувши «Назад».)

3. Відобразиться запит на підтвердження, чи потрібно зберегти всі зміни. Підтвердьте запит, натиснувши «Так».

4. Відобразиться повідомлення про те, що зміни збережено. Підтвердьте повідомлення кнопкою «ОК».

Усі зміни в конфігурації безпеки збережено. Після внесення змін до конфігурації безпеки необхідно перевірити значення для функцій моніторингу безпечної осі.

3.9. Увімкнення/вимкнення безпечного декартового моніторингу

Прапорець декартового моніторингу стосується всіх функцій декартової безпеки, включаючи безпечний декартовий моніторинг у режимі T1. Прапорець присутній завжди, незалежно від того, використовується опція безпеки чи ні.

Завжди існує основне, небезпечне обмеження швидкості в режимі T1 що менше або дорівнює 250 мм/с, а також безпечний контроль швидкості по осі. На них не впливає налаштування декартового моніторингу.

Безпечний декартовий моніторинг дозволяє визначати та безпечно контролювати моніторингові зони у тривимірному просторі. Система постійно порівнює поточне положення безпечної точки інструменту з заданими зонами і реагує відповідно до конфігурації. Безпечний декартовий моніторинг стосується усіх кінематичних систем включно з зовнішніми.

Як правило, налаштування безпечного декартового моніторингу не можна змінювати на контролері. Причина в тому, що проекти WorkVisual майже завжди мають лише одне можливе налаштування: або активний, або неактивний. Їх можна передати на контролер робота, лише якщо налаштування правильні.

Налаштування безпечного декартового моніторингу можна змінити на контролері робота в таких випадках:

- якщо використовуються імітовані осі, активний моніторинг можна дезактивувати. Це єдиний випадок, коли користувач може вирішити, чи використовувати кінематичну систему з моніторингом чи без нього;
- якщо контролер робота вказує через повідомлення, що моніторинг неможливий.

Якщо використовуються імітовані осі та моніторинг активний у WorkVisual, під час тестування на контролері робота можна лише спочатку визначити, чи можна переміщати кінематичну систему. І це неможливо визначити раніше в WorkVisual. Якщо кінематичну систему неможливо перемістити, генерується повідомлення, яке вказує, що декартовий моніторинг неможливий.

Щоб керувати кінематичною системою, для якої безпечний декартовий моніторинг неможливий, цей контроль можна дезактивувати. Перед дезактивацією необхідно провести оцінку ризику. Невиконання цього може призвести до смерті людей або важких травм.

Передумова

1. Користувач повинен входити у групу користувачів «Технічне обслуговування безпеки» або вище.
2. Режим T1 або T2.

3. Не вибрано жодної програми.

Процедура

1. У головному меню виберіть «Конфігурація» > «Конфігурація безпеки». Відкриється вікно конфігурації безпеки.

2. На вкладці «Загальні» натисніть «Загальні параметри».

3. Зніміть позначку біля декартового моніторингу і натисніть «Зберегти».

4. Дайте відповідь «Так» на запит підтвердження. Контролер переналаштований.

5. Після завершення повторної конфігурації з'явиться таке повідомлення: *Зміни успішно збережено*. Підтвердьте повідомлення кнопкою «ОК».

3.10. Рух робота без контролера безпеки вищого рівня

Щоб рухати робота без контролера безпеки вищого рівня, спочатку потрібно активувати режим запуску. Потім робота можна рухати в режимі T1.

При цьому зовнішні засоби захисту вимкнені в режимі запуску. Дотримуйтесь інструкцій з техніки безпеки щодо режиму запуску.

Контролер робота автоматично вимикає режим запуску в таких випадках:

- якщо протягом 30 хвилин після активації оператор не вжив жодних дій;
- якщо smartPAD переведено в пасивний режим або від'єднано від контролера робота;
- якщо використовується інтерфейс безпеки Ethernet: коли встановлено з'єднання з контролером безпеки вищого рівня. Якщо використовується дискретний інтерфейс безпеки, режим запуску не залежить від входів на дискретних інтерфейсах безпеки.

При активації режиму запуску всі виходи автоматично встановлюються в стан «логічний нуль».

Якщо контролер робота має периферійний контактор (US2) і якщо конфігурація безпеки вказує на його перемикання відповідно до дозволу руху, то

це також стосується режиму запуску. Це означає, що якщо активовано рух, напруга US2 вмикається – навіть у режимі запуску.

Максимальна кількість циклів перемикання периферійних контакторів становить 175 разів на добу.

У режимі запуску система перемикається на таке моделювання вхідного зображення:

- сигнал зовнішньої аварійної зупинки не активний;
- захисні двері відчинені;
- немає запитів на безпечну зупинку 1;
- немає запитів на безпечну зупинку 2;
- запитів на безпечну зупинку роботи не було;
- E2/E22 закрито (тільки для варіанту VSS).

Якщо використовується SafeOperation або SafeRangeMonitoring, режим запуску також впливає на інші сигнали.

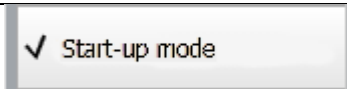

Передумова

1. Режим T1.
2. Сигнали E2/E22/E7 не активуються через USB-накопичувач або модифікований інтерфейс (у випадку VSS).
3. Використовується локальний smartPAD (у випадку RoboTeam).
4. Якщо використовується інтерфейс безпеки Ethernet: немає підключення до контролера безпеки вищого рівня

Процедура

У головному меню виберіть «Запуск» > «Сервіс» > «Режим запуску». З'явиться вибір, що показано в таблиці 3.10.

Таблиця 3.10 – Режими запуску

Меню	Опис
	Активний режим запуску. Дотик до пункту меню дезактивує режим.
	Режим запуску не активний. Дотик до пункту меню активує режим.

3.11. Перевірка активації моделі робота з високою точністю

позиціонування

Якщо використовується робот з високою точністю позиціонування, необхідно перевірити, чи активовано саме така модель робота.

У випадку роботів з високою точністю позиціонування ті відхилення положення, що виникають внаслідок допусків заготовки та пружних ефектів окремих роботів, компенсуються. Робот з високою точністю позиціонування позиціонує запрограмовану нульову точку інструмента у будь-якому місці декартового робочого простору в межах допусків.

Параметри моделі робота з високою точністю позиціонування визначаються на калібрувальному стенді та постійно зберігаються у роботі (RDC).

Модель робота з позиційно точною точністю дійсна лише для робота в заводських налаштуваннях. Після переобладнання або модернізації робота, наприклад, з подовжувачем руки або новим ступенем вільності, робота необхідно повторно відкалібрувати.

Робот з високою точністю позиціонування має такі функції:

- підвищена точність позиціонування, приблизно в 10 разів;
- підвищена точність руху по траєкторії.

Передумовою для підвищення точності позиціонування та траєкторії є правильне введення даних навантаження в контролер робота.

- спрощене передавання програм, якщо робота замінено (без повторного навчання);
- спрощене передавання програм після офлайн-програмування за допомогою WorkVisual (без повторного навчання).

Процедура

1. У головному меню виберіть «Довідка» > «Інформація».
2. Перевірте на вкладці «Робот», чи активовано модель робота з високою точністю позиціонування (специфікація «Робот з високою точністю позиціонування»).

3.12. Активація режиму палетування

Режим актуальний лише для роботів-палетувачів з 6 осями.

Коли режим палетування активований, контролер змінює поведінку осей A4 і A5 таким чином, щоб:

- фланець робота завжди дивився вниз (орієнтація інструменту стабільна вертикально вниз);*
- осі A4 і A5 працюють як пара;*
- A4 часто фіксується біля 0°, а вертикальне переміщення та орієнтація забезпечуються спільною роботою осей A3 та A5.*

У випадку роботів-палетувальників з 6 осями режим палетування за замовчуванням деактивовано та має бути активований. Коли режим палетування активний, вісь A4 заблоковано на 0°, а монтажний фланець паралельний підлозі.

Передумова

1. Робот юстирований.
2. На роботі немає навантаження. Тобто немає встановленого інструмента, заготовки або додаткового вантажу.

Процедура

Активуйте режим палетування в програмі наступним чином:

```
$PAL_MODE = TRUE
```

Альтернативна процедура

1. Встановіть `$PAL_MODE` на True за допомогою змінної індикації.
2. Відображається наступне повідомлення: *Режим палетування: Перемістіть вісь A4 [напрямок] у позицію*. Перемістіть A4 у напрямку, зазначеному в повідомленні (плюс або мінус).
3. Після того, як вісь A4 досягне свого положення (0°), відображається наступне повідомлення: *Режим палетування: Перемістіть вісь A5 [напрямок] у позицію*. Перемістіть A5 у напрямку, зазначеному в повідомленні (плюс або мінус). Після того, як A5 досягне свого положення (90°), повідомлення зникає.

Мітки *A4* та *A5* поруч із клавішами переміщення тепер зникають. Ці осі більше не можна переміщувати цими клавішами.

Після кожного холодного перезапуску контролера робота, *\$PAL_MODE* автоматично встановлюється на *False*. Тому рекомендується інтегрувати строку *\$PAL_MODE = TRUE* в розділ ініціалізації всіх програм для робота-паллетизатора.

У випадку роботів з активним режимом палетування, визначення корисного навантаження за допомогою *KUKA.LoadDataDetermination* неможливе.

У випадку роботів з активним режимом палетування, визначення корисного навантаження за допомогою *KUKA.LoadDataDetermination* не повинно виконуватися. Це може призвести до травм або пошкодження майна.

Якщо режим палетування активний, робота неможливо керувати з пульта. Якщо керувати все ж таки потрібно, виконайте такі дії.

1. Зніміть усі вантажі з робота.
2. Встановіть *\$PAL_MODE* на *False* за допомогою змінної індикації.
3. Змінійте положення робота або виконуйте інші дії.
4. Встановіть *\$PAL_MODE* на *True*. (Необов'язково, якщо *\$PAL_MODE = TRUE* знаходиться в розділі ініціалізації всіх програм для робота-паллетизатора)
5. Перемістіть робота в положення для палетування.
6. Знову прикріпіть усі вантажі до робота.

Контрольні питання до лекції 5

1. Які рекомендовані заходи для захисту системи *Windows* на контролері робота та чому важливо змінити пароль за умовчанням?

2. Яка процедура першого увімкнення контролера робота з кінематичною системою, включаючи ключові кроки від увімкнення до синхронізації конфігурації безпеки, заходи безпеки?

3. Як використовується майстер запуску для початкового налаштування робота: які передумови, процедура виклику та його роль у виконанні основних кроків запуску?

4. Які умови та процедура активації режиму запуску для руху робота без контролера безпеки вищого рівня, включаючи автоматичне вимикання режиму?

5. Яка процедура перевірки активації моделі робота з високою точністю позиціонування, її переваги?

6. Як увімкнути режим палетування для 6-осьових роботів?

ЛЕКЦІЯ 6

План лекції

Юстировка. Методи юстирування. Переміщення осей у положення перед юстируванням за допомогою міток юстирування або за допомогою зонда.

3.13. Юстировка

Під час юстировки контролер прив'язує фізичне положення кожної осі до внутрішньої математичної моделі робота. Це необхідно, щоб контролер точно знав, де знаходяться осі в просторі.

Кожен робот має бути юстирований в випадках, що описані в таблиці 3.11. Тільки після того, як робот був юстирований, він може переміщуватися в запрограмовані позиції та переміщуватися за допомогою декартових координат. Під час юстирований механічне положення та електронне положення робота вирівнюються між собою. Для цього робот переміщується у визначене механічне положення, положення юстировки, як показано на рисунку 3.6. Потім значення енкодерів для кожної осі зберігається.

Таблиця 3.11 – Випадки необхідності юстирування робота

Ситуація	Коментарі
Під час введення в експлуатацію	
Після технічного обслуговування, під час якого робот втрачає контроль над положенням своїх механізмів, наприклад, заміна двигуна або RDC	Процедура відрізняється від процедури початкового юстування
Коли робота було переміщено без контролера робота (наприклад, за допомогою пристрою для розблокування)	
Після заміни редуктора	Перед виконанням нової процедури

Продовження таблиці 3.11

Ситуація	Коментарі
Після удару з упором на швидкості понад 250 мм/с	юстирування необхідно спочатку видалити старі дані юстирування. Дані юстирування видаляються шляхом ручного роз'юстування осей.
Після зіткнення	

Положення юстирування схоже, але не ідентичне, для всіх роботів. Точні положення можуть відрізнятися навіть між окремими роботами одного типу.

3.13.1. Методи юстирування

Методи юстирування, які можна використовувати для робота, залежать від типу калібрувального патрона, яким він оснащений. Типи відрізняються розміром захисних ковпачків, що описано в таблиці 3.12.



Рис. 3.6. Позиція юстирування – приблизне положення

SEMD та/або MEMD містяться в комплекті для юстирування. Існує кілька варіантів комплекту для юстирування, один з яких показано на рисунку 5.7.

Тонший кабель — це сигнальний кабель. Він з'єднує SEMD або MEMD з блоком юстирування. Товстіший кабель – це кабель EtherCAT. Він підключений до блоку юстирування та до робота через роз'єм X32.

Таблиця 3.12 – Юстирування в залежності від калібрувального патрону

Тип калібрувального патрона	Методи юстирування
Калібр-картридж для SEMD (стандартний електронний пристрій для юстирування) Захисний ковпачок з різьбленням M20 мілкого шагу	Юстирування за допомогою калібр-картриджу, типу SEMD
	Юстирування за допомогою циферблатного індикатора
	Юстирування референсів. Тільки для юстирування після певних робіт з технічного обслуговування
Калібр-картридж для MEMD (мікроелектронний пристрій для юстирування) Захисний ковпачок з різьбленням M8 мілкого шагу	Юстирування за допомогою калібр-картриджу, типу MEMD Для осі A6 у певних випадках: юстирування по відмітки



Рисунок 5.7 – Комплект для юстирування з SEMD та MEMD.

1 – Блок юстирування. 2 – Викрутка для MEMD. 3 – MEMD. 4 – SEMD. 5 – Кабелі.

Залишайте сигнальний кабель підключеним до блоку юстирування та відключайте його якомога рідше. Можливість підключення роз'єму датчика M8 обмежена. Часте підключення/відключення може призвести до пошкодження роз'єму.

У випадку калібр-картриджів, до яких сигнальний кабель не підключено постійно, завжди накручуйте пристрій до калібрувального картриджа без сигнального кабелю. Тільки після цього можна підключити кабель до пристрою. В іншому випадку кабель може бути пошкоджений. Аналогічно, під час зняття пристрою сигнальний кабель завжди потрібно спочатку зняти з нього. Тільки після цього можна зняти пристрій з калібрувального картриджа.

Після юстирування від'єднайте кабель EtherCAT від роз'єму X32. Невиконання цієї вимоги може призвести до виникнення перешкод або втрати сигналів.

3.13.2. Переміщення осей у положення перед юстируванням за допомогою міток юстирування

Осі необхідно переміщувати у відповідне положення перед кожною операцією юстируванням. Для цього кожен вісь переміщують так, щоб позначки юстирування збігалися між собою (рисунок 3.8).

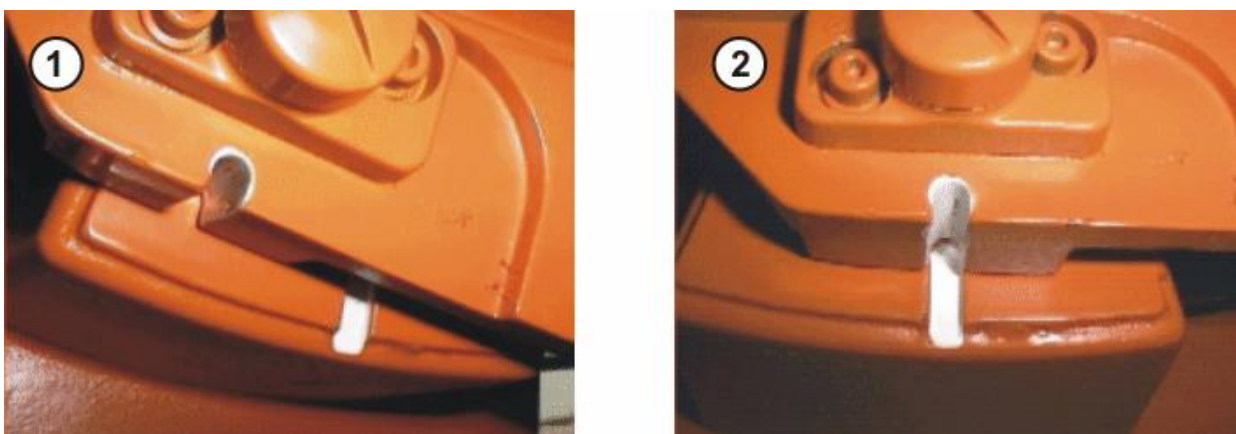


Рисунок 3.8 – Переміщення осі в положення перед юстируванням
1 – попереднє положення; 2 – правильне положення перед юстируванням.

У деяких випадках неможливо вирівняти осі за допомогою позначок юстирування, наприклад, тому що позначки більше не розпізнаються через забруднення. В таких випадках осі також можна вирівняти за допомогою зонда замість позначок юстирування.

На наступному малюнку 3.9 показано, де на роботі розташовані позначки юстирування. Залежно від конкретної моделі робота, їх положення можуть дещо відрізнятися від зображених на малюнку.

Передумова

1. Права користувача: функціональна група «Рух за допомогою клавіш ручного переміщення».
2. Режим T1.

Перш ніж осі A4 та A6 будуть переміщені в перед'юстувальне положення, переконайтеся, що система електроживлення (якщо є) знаходиться в правильному положенні а не повернута на 360°.

Процедура

1. Виберіть «Осі» як систему відліку для клавіш ручного руху.

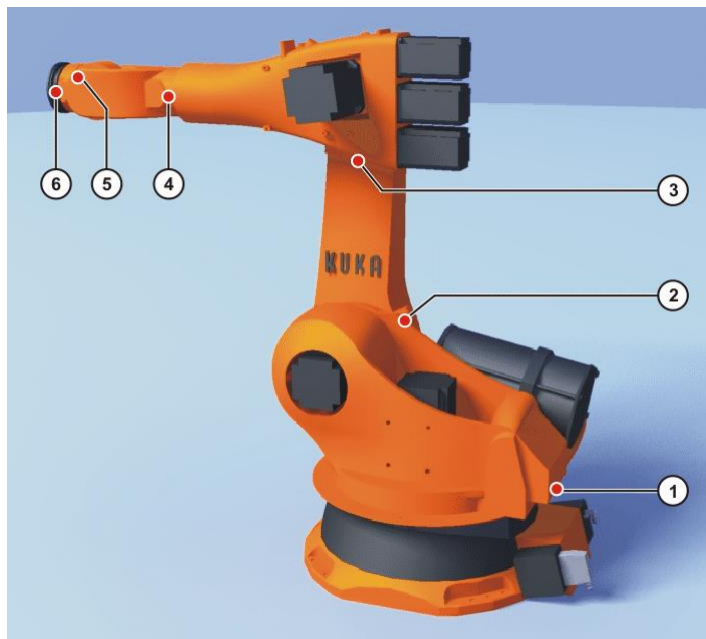


Рисунок 3.9 – Позначки юстирування на роботіві. Номери відповідають номерам осей.

2. Натисніть і утримуйте важіль підтвердження. Осі від A1 до A6 відображаються поруч із клавішами руху вручну.
3. Натисніть клавішу руху вручну зі знаком плюс або мінус, щоб перемістити вісь у позитивному або негативному напрямку.
4. Перемістіть кожну вісь, починаючи з A1 і рухаючись вгору, так, щоб позначки керування збігалися (виняток робиться для роботів, у котрих вісь A6 налаштовується за допомогою позначки).

3.13.3. Переміщення осей у перед'юстувальне положення за допомогою зонда

Осі необхідно переміщувати у перед'юстувальне положення перед кожною операцією юстування. Зазвичай це робиться за допомогою міток юстування.

Однак іноді це неможливо, наприклад, тому що мітки більше не розпізнаються через забруднення. Осі також можна юстувати за допомогою зонда замість міток юстування. Світлодіод на smartНМІ вказує на досягнення положення перед юстування.

Передумова

1. Права користувача для наступних функціональних груп: «юстування» і «Рух за допомогою клавіш руху вручну».

2. Режим T1.

3. Програма не вибрана.

4. Користувач знає приблизне положення осей перед юстуванням.

Перш ніж перемістити A4 та A6 у положення перед юстуванням, переконайтеся, що система електроживлення (якщо є) знаходиться у правильному положенні та не повернута на 360°.

Процедура

1. Перемістіть робота в положення, в якому осі близькі до свого положення перед юстуванням. Згодом має бути можливість перемістити їх у мінусовому напрямку до перед'юстувальне положення.

2. У головному меню виберіть «Пуск» > «Master» > «EMD» > «З корекцією навантаження». Залежно від методу вирівнювання осей, тепер вибрано опцію «First mastering» або «Teach offset» або «With offset».

3. Продовжуйте виконувати інструкції відповідної процедури юстування, доки зонд не буде підключено до осі A1 та через блок юстуванням через роз'єм X32.

Після цього не продовжуйте виконувати опис процедури юстування, тобто не натискайте «Master», «Learn» або «Check».

4. На smartНМІ відображається світлодіод EMD у розділі юстування. Тепер він має бути червоним. Уважно стежите за цим світлодіодом.

5. Пересуньте робота в мінусовому напрямку. Як тільки світлодіод переключиться з червоного на зелений, зупиніть робота. Вісь A1 тепер знаходиться в перед'юстированому положенні. Осі, зазначені поруч зі світлодіодами, не зникають одна за одною звичайним чином. Це не відбувається до фактично юстування. Поки що не юстуйте вісь. Фактичну операцію юстування

не можна виконувати, доки всі осі не будуть у перед'юстированому положенні. Якщо цього не дотримуватися, правильне юстування не може бути досягнуто.

6. Вийміть зонд з калібрувального картриджа, як описано в процедурі юстування, та закрийте захисний ковпачок.

7. Перемістіть решту осей у перед'юстироване положення таким самим чином у порядку зростання (виняток робиться для роботів, для яких вісь А6 юстується за допомогою міток).

8. Закрийте вікно, що містить світлодіоди юстування.

9. Від'єднайте кабель EtherCAT від роз'єму X32 та блоку юстування.

Залиште сигнальний кабель підключеним до блоку юстування та від'єднайте його якомога рідше.

Контрольні питання до лекції 6

1. Які випадки вимагають юстирування робота та що відбувається під час процесу юстирування? Опишіть вирівнювання механічного та електронного положення, положення юстировки.

2. Які методи юстирування доступні залежно від типу калібрувального патрона, включаючи особливості SEMD та MEMD, комплект для юстирування та рекомендації щодо підключення кабелів?

3. Яка процедура переміщення осей у положення перед юстируванням за допомогою міток юстирування, включаючи передумови, вибір системи відліку та послідовність переміщення осей від А1?

4. У яких ситуаціях використовується переміщення осей за допомогою зонда замість міток юстирування?

5. Які особливості переміщення решти осей (від А2 до А6) у перед'юстироване положення за допомогою зонда, включаючи послідовність, моніторинг світлодіодів та від'єднання кабелів?

6. Які заходи безпеки та рекомендації необхідно дотримуватись щодо поводження з кабелями під час юстирування?

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ДО 1 ЧАСТИНИ КУРСУ

1. Вкажіть основні функції програми KUKA.Sim Pro.
2. Які саме об'єкти можна створити для моделювання в програмі KUKA.Sim Pro?
3. Що таке інструмент робота?
4. Які базові рухи може виконувати робот?
5. З якою метою змінюють базове положення?
6. Для чого на пульті керування роботом потрібен Важіль підтвердження?
7. Чи може працювати робот без пульта керування?
8. Які бувають типи запуску KSS?
9. Для чого потрібно вимикати приводи робота?
10. Для чого потрібні групи користувачів?
11. Опишіть для яких випадків застосовуються режими роботи T1, T2, AUT та AUT EXT?
12. Які бувають системи координат робота?
13. Які існують два варіанти переміщення робота вручну?
14. Для чого існує можливість зміни позиції КСР?
15. З якою метою застосовують функцію «Рух назад»?
16. Для яких завдань використовують цифрові і аналогові входи/виходи на контролері робота?
17. Чи реєструє контролер робота споживання енергії додатковими компонентами?
18. Для чого в контролері потрібен «Майстер запуску»?
19. Для чого потрібен ідентифікатор безпеки при роботі з головним ПЛК?
20. Чи існує обмеження швидкості робота в режимі T1?
21. В якому режимі можна рухати робота без контролера безпеки вищого рівня?
22. Чим відрізняється конструкція моделей роботів з високою точністю позиціонування від роботів зі стандартною точністю?
23. Яка вісь не використовується в режимі «Палетування»?
24. Для чого необхідна юстировка робота?

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Верба І., Даниленко О., Самойленко О. Навчальний посібник „Обладнання автоматизованого виробництва“ „Сучасні тенденції розвитку систем автоматизації“ для поглибленого вивчення дисципліни : Навч. посіб. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. 260 с. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/31516>.
2. Павленко І.І., Мажара В.А. Роботизовані технологічні комплекси: Навчальний посібник. Кіровоград: КНТУ, 2010. – 392 с.
3. Kuka System Software. Operating and Programming Instructions for System Integrators. Kuka Deutschland GmbH, 2019. 697 p.
4. Configuration of Kinematic Systems. Kuka Deutschland GmbH, 2013. 115 p.
5. Programming Messages. Kuka Roboter GmbH, 2011. 39 p.
6. Raatz A. Simulation einer Montagezelle. Garbsen : Institut für Montagetechnik, 2021. 37 p.
7. Поліщук Л. Верстатні комплекси. проектування роботів та маніпуляторів. частина 1 : навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2018. 132 с.
8. Цвіркун Л., Грулер Г. Робототехніка та мехатроніка : навч. посіб. Дніпро : НГУ, 2017. 224 с.
9. Кошель С., Ковальов Ю., Манойленко О. Проектування промислових роботів та маніпуляторів. Київ : Центр навч. літ., 2019. 256 с.
10. Кузнєцов Ю., Придальний Б. Проектування цільових механізмів маніпулювання верстатів нового покоління : навчальний посібник для студентів машинобудівних спеціальностей вищих навчальних закладів. Луцьк, Вежа-Друк, 2014. 425 с.
11. Springer Handbook of Robotics. 2nd ed. Springer, 2016. 2227 p.
12. KUKA Sim Pro 3.0 Help Reference guide. Version: 12. KUKA Deutschland GmbH. 2016.
13. KUKA.Sim getting started guide for release versions 4.1, 4.3. KUKA Deutschland GmbH.

Електронне мережеве навчальне видання

Медведєв Вадим Вячеславович

Лашина Юлія Вікторівна

Сапон Сергій Петрович

ВЕРСТАТИ ТА ОБЛАДНАННЯ З ЧПК. КУРС ЛЕКЦІЙ. ЧАСТИНА 1

ПРОГРАМУВАННЯ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЯ ПРОМИСЛОВИХ РОБОТІВ

Реєстр. № НП 25/26-335. Обсяг 5,1 авт. арк.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
проспект Берестейський, 37, м. Київ, 03056
<https://kpi.ua>

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру видавців, виготовлювачів
і розповсюджувачів видавничої продукції ДК № 5354 від 25.05.2017 р.