

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)

Комп'ютерно-інтегрованих технологій
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: **Розробка автоматизованої системи керування блоком
ультрафіолетових випромінювачів**

Виконав(ла): студент(ка) IV курсу, групи КТ-41
спеціальності 151 – Автоматизація та комп'ютерно-
інтегровані технології
(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Микулик Д.П.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Микитишин А.Г.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Чихіра І.В.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Микитишин А.Г.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

Трембач Р.Б.

(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2023

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота складається з пояснювальної записки та графічної частини.

Об'єм графічної частини кваліфікаційної роботи становить __ слайдів. Об'єм пояснювальної записки складає __ друкованих сторінок формату А4 (210×297), об'єм додатків – __ друкованих сторінок формату А4.

У роботі було розроблено автоматизовану систему керування групою світильників для реалізації проекту керування освітленням певних ділянок будівлі.

Було обрано апаратне обладнання та розглянуто основні алгоритми керування, які забезпечують керування вмиканням світильників, забезпечують стабільність світлового потоку, контролюють функціонування системи озолодження для забезпечення темальної стабільності блоку світильників.

Також було описано та реалізовано алгоритми руху світильників без можливих зіткнень для забезпечення безпеки самої системи.

Проаналізувавши аспекти роботи та розробивши алгоритми було створено керуючу програму для реалізації ефективного процесу керування напрямом та стабільністю світлового потоку при заданій потужності.

Ключові слова: СВІТИЛЬНИК, МІКРОКОНТРОЛЕР, КЕРУЮЧА ПРОГРАМА, АЛГОРИТМ, СВІТЛОВИЙ ПОТІК.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	7
1.1. Параметри контролю.....	8
2. ПРОЄКТНА ЧАСТИНА.....	14
2.1. Апаратне забезпечення системи керування	14
2.2. Розробка програмного забезпечення системи.	18
3 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА.....	27
3.1 Розробка програмного коду для роботи системи керування	27
3.1.1. Основні функції.....	27
3.1.2. Експериментальний режим.	29
3.1.3. Програма руху.	32
3.1.4. Читання/запис реєстрів	34
3.1.5 Автоматичний режим.	36
3.1.6. Ручний режим.....	36
3.1.7. Виявлення зіткнення.....	37
3.1.8. Алгоритм генерації заданого значення.....	43
3.1.9. Відновлення.	47
3.1.10. Допоміжні функції.....	50
3.1.11. Функції безпеки.....	50
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ХОРОНИ ПРАЦІ	57
4.1 Долікарська допомога при шоку.....	57
4.2. Розробка, оформлення кімнати для психологічного розвантаження працівників .	59
ВИСНОВКИ	63
БІБЛІОГРАФІЯ.....	64

ВСТУП

Крок від лабораторного масштабу до повномасштабної демонстрації є вирішальним моментом майже в кожному технічному розвитку. У разі високонавантажених компонентів генерації освітлення і сонячно-хімічних процесів цей етап значно розширений дотепер: Лабораторний масштаб представлений електричним живленням високопотоківих сонячних симуляторів. Вони забезпечують точне контрольоване та відтворюване сонячне випромінювання, однак, на обмеженому рівні потужності сонячного випромінювання. Одна з найбільших таких систем потужністю 20 кВт успішно експлуатується з 2007 року. Зазвичай наступною найбільшою можливістю тестування є дослідницькі платформи на сонячних вежах.

Однак використання природного сонячного світла призводить до обмеженої та залежної від погоди доступності прямого випромінювання. Як наслідок, DLR зараз будує випробувальний комплекс, який має заповнити прогалину в продуктивності та поєднати найкраще з обох аспектів.

Він матиме три незалежно діючі випробувальні камери, які отримуватимуть імітацію сонячного випромінювання потужністю від 300 до 400 кВт. Крім того, доступна сонячна енергія забезпечить дуже високу щільність потоку і, отже, підвищить можливий рівень температури.

1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

У роботі використано в якості об'єкту управління установку для моделювання та дослідження концентрованого сонячного випромінювання із запланованою радіаційною потужністю понад 300 кВт є актуальним для проведення сонячних досліджень. Така система дозволить моделювати штучне сонце. Проте такий об'єкт містить велику групу ультрафіолетових прожекторів для забезпечення світлового потоку, якими необхідно ефективно керувати.

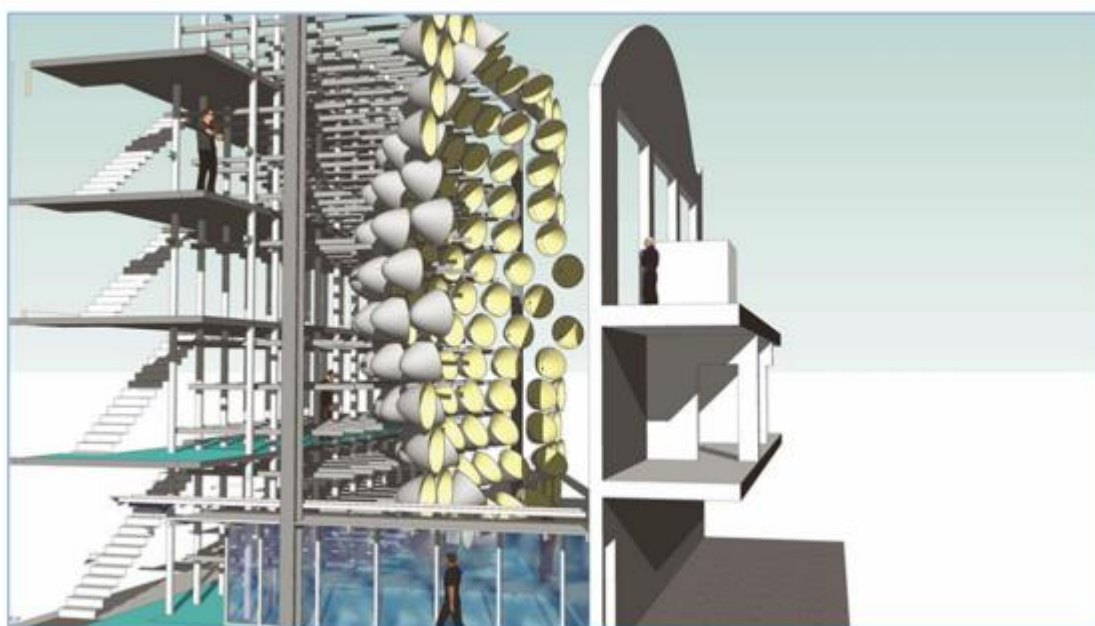


Рисунок 1.1 – Прототип системи реалізації штучного сонця

Робота зосереджена на розробці комп'ютеризованої системи керування для об'єкта моделювання штучного сонця. Після успішної розробки система керування разом із вибраним апаратним забезпеченням може бути впроваджена на об'єкті такого класу.

1.1. Параметри контролю

Об'єкт складається з 149 ідентичних окремих модулів. Термін контрольний параметр тут відноситься до фізичного стану, якого повинні досягти різні частини вузла під час роботи. Кожен із цих модулів оснащено ксеноновою лампою з короткою дугою, яка забезпечує світло зі спектром, подібним до сонячного. Світло від кожного з цих модулів має бути зосереджено на мішені, на якій проводяться інші наукові експерименти, такі як генератор водню, який зараз проектується. Короткодугова ксенонова лампа встановлена всередині еліпсоїдного рефлектора з високоякісним алюмінієвим покриттям. Рефлектор встановлений на механізмі, який забезпечує три осьових руху (одне лінійне і два обертальних, рис. 1.1).

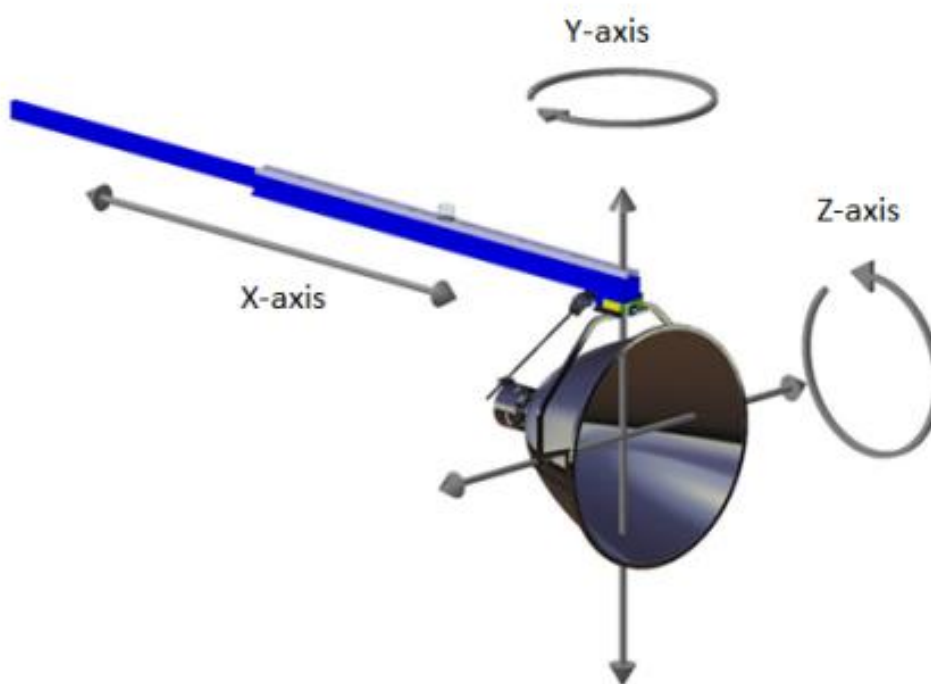


Рисунок 1.1 – Розташування осей рефлектора.

Положення відбивача

Положення відбивача має контролюватися по трьох осях за допомогою спеціальних механізмів.

Вісь X

Телескопічна рука використовується для забезпечення лінійного руху модуля по осі X. Телескопічна рука являє собою зубчасту рейку і зубчасту передачу, що приводиться в дію біполярним кроковим двигуном (2 А, 2 Нм). Потрібний крутний момент для переміщення деталей вагою приблизно 30 кг за допомогою цього механізму становить менше 2 Нм і був розрахований у попередніх дослідженнях [1]. Двигуни підібрані таким чином, щоб забезпечити необхідний крутний момент, необхідний для руху, і не було втрат кроків через динамічні вимоги до крутного моменту.

Вісь Y.

Поворотний стіл використовується для забезпечення обертання навколо осі Y, як показано на рис. 1.2.

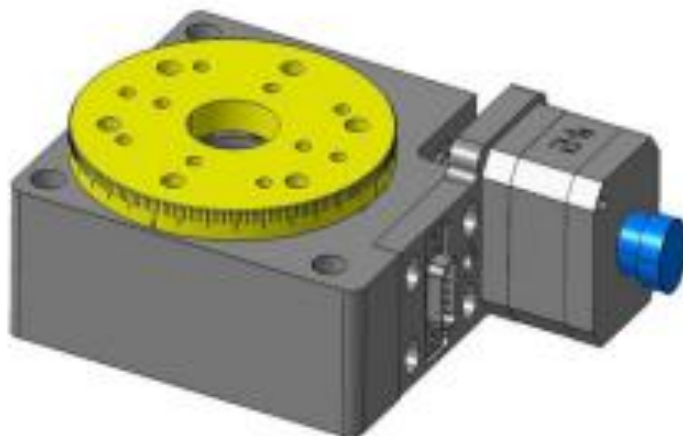


Рисунок 1.2 - Механізм поворотного столу.

Поворотний стіл використовується на кінці телескопічного важеля і є стандартним блоком, що працює від крокового двигуна 0,8 Нм. Поворотний стіл має передавальне число 120:1. Завдяки мікрокроку до 1/8 можна досягти високої точності позиціонування за допомогою цього механізму. Номінальна напруга становить 5,4 В для кожного крокового двигуна.

Вісь Z.

Шпindelь використовується для забезпечення висоти модуля. Шпindelь являє собою різбовий гвинт із кроком 2 мм і діаметром 14 мм, встановлений під кутом 60 градусів до горизонталі, один кінець якого закріплений на телескопічній ручці, а інший вільно обертається всередині гайки, встановленої поблизу центру відбивача, щоб забезпечити ефект нахилу. У вертикальному напрямку шпindelь поєднується з кроковим двигуном тієї ж потужності, що й поворотний стіл (рис 1.4).

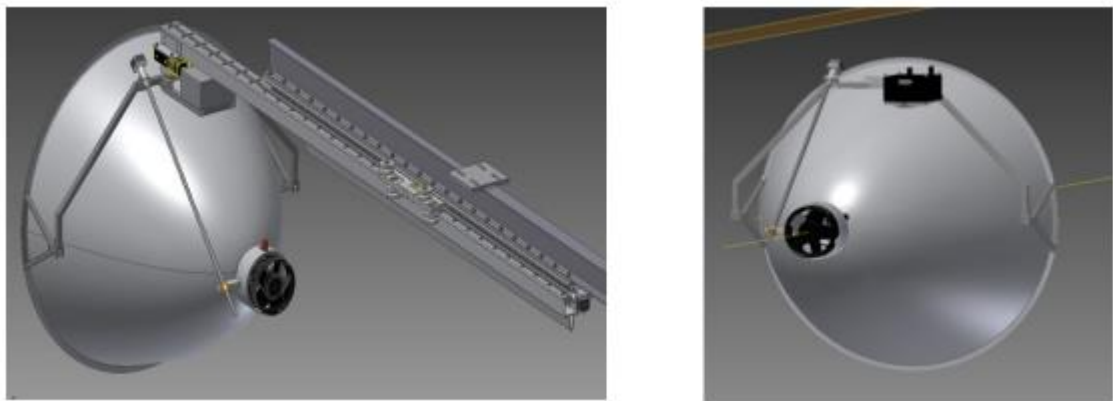


Рисунок 1.4 – рейка для регулювання висоти.

Потужність лампи.

Короткодугові ксенонові лампи належать до класу газорозрядних ламп. Принцип полягає в тому, щоб виробляти світло, пропускаючи електрику через газ ксенон під високим тиском. Довжина дуги, створеної таким чином, становить кілька міліметрів, але з високою щільністю потужності порядку кількох тисяч Вт. Лампа, що використовується в поточній конфігурації, працює при напрузі 40 В постійного струму та 165 Амперах. Для такої високої потужності для кожної такої лампи використовується окремий випрямляч.

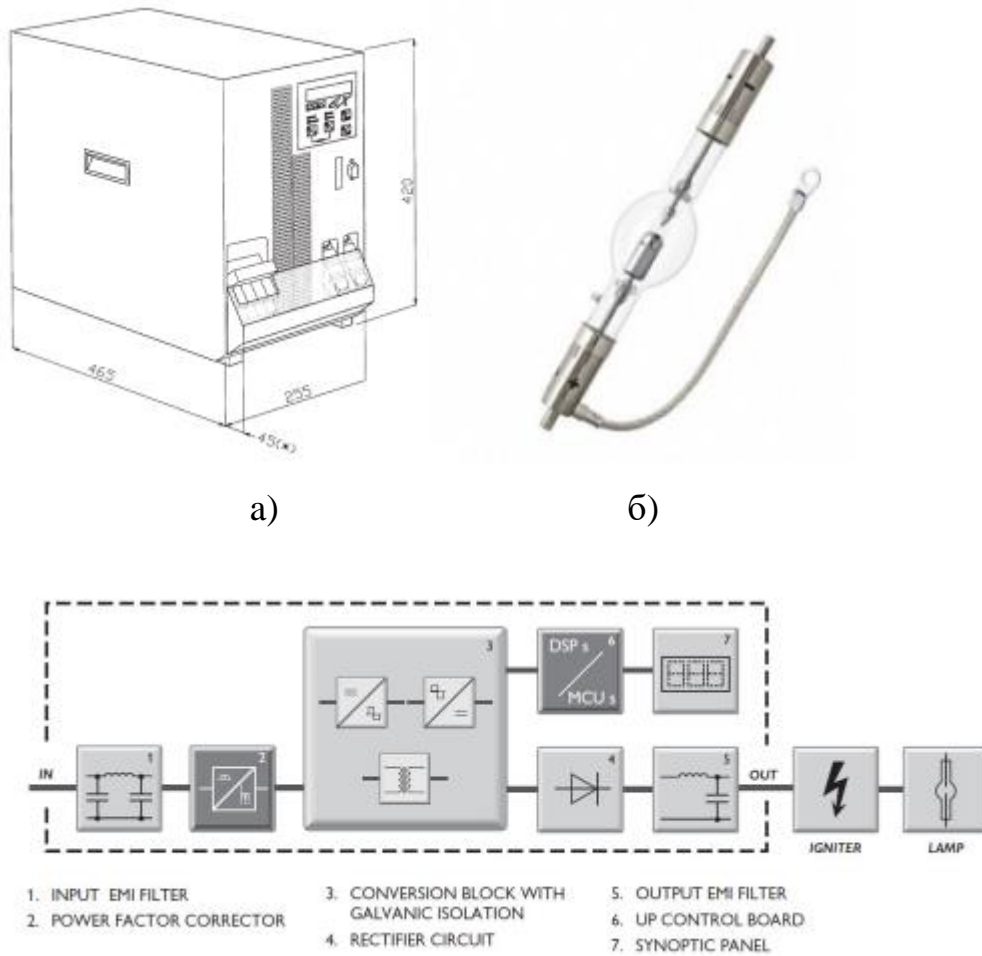


Рисунок 1.5 - Принцип роботи лампи та випрямляча: а) Випрямляч; б) Лампа.

Керування цими випрямлячами може здійснюватися або через аналогові сухі контакти, або за допомогою цифрового інтерфейсу через протокол RS 232. Контроль параметрів випрямляча, і зокрема електричного струму, необхідний для правильної роботи лампи в будь-яких умовах (рис. 1.6).

Охолодження.

Генерація величезного теплового потоку очікується під час експериментів, який потрібно видалити за допомогою відповідної системи тепловідведення. Навантаження на охолодження розподіляється на централізоване охолодження для установки та індивідуальне охолодження для модулів.

Rectifier parameters	Range
Max. output power	10800 Watts
Output current range	80-210 Amperes
Output voltage range	30-58 Volts DC
Communication	RS 232 serial line (vendor's protocol)
Ripple	< 1%
Temperature control	Internal

Рисунок 1.6 – Параметри випрямляча для ламп

Для успішної роботи ламп необхідне індивідуальне охолодження, яке залежить від температури навколишнього середовища. На рис. 1.7 показано важливі робочі параметри, які враховуються при проектуванні:

Lamp operation parameters	Range
Maximum permissible base temperature	230°C
Cooling	Forced cooling / fan
Min. air flow velocity around discharge vessel	6 m/s

Рисунок 1.7 – Параметри джерела випромінювання

Таким чином, вентилятор зі змінною швидкістю встановлюється в основі кожної лампи, щоб забезпечити вищезгадані умови роботи. Швидкість цих вентиляторів регулюється напругою живлення 0-10 Вольт.

Лазери.

Щоб сфокусувати модуль на цільовій стіні, на кожному відбивачі встановлено три лазери, які слід увімкнути або вимкнути у потрібний час. Вони встановлюються таким чином, щоб можна було досягти оптимальної відстані 8 метрів між кожним рефлектором і ціллю для передбаченого теплового потоку. Лазери потребують 2,5 В постійного струму.

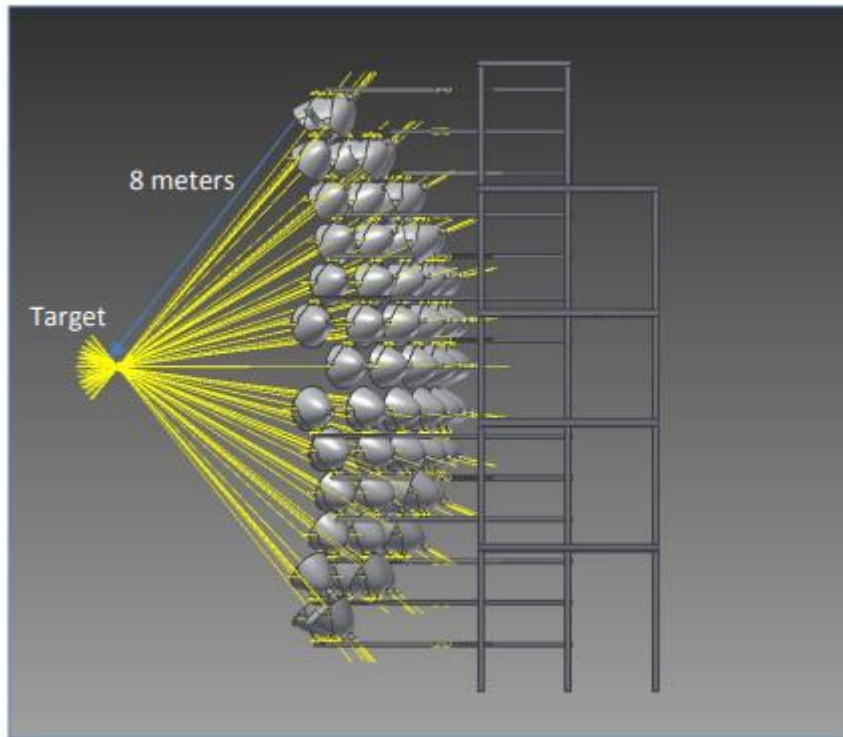


Рисунок 1.8 - Модулі, націлені на ціль на відстані 8 метрів

Сигнали керування.

Для функціонування вищезазначених пристроїв потрібні сигнали керування від цифрового контролера. Ці керуючі сигнали генеруються спеціальною адресною схемою, пов'язаною з центральним контролером шиною управління. У наступних розділах підсумовано цифрові сигнали, необхідні для роботи/зв'язку з цими пристроями.

- Крокові двигуни керуються вихідним сигналом з широтно-імпульсною модуляцією за допомогою плати контролера двигуна.
- Швидкість вентилятора регулюється за допомогою аналогового вихідного сигналу.
- Лазери повинні керуватися цифровим виходом, який можна ввімкнути або вимкнути.
- Випрямлячі, які використовуються для ламп, мають вбудований контролер на основі протоколу RS232.

Існує спеціальний протокол, наданий постачальником для цих пристроїв, для зв'язку з основною шиною.

2. ПРОЄКТНА ЧАСТИНА

2.1. Апаратне забезпечення системи керування

У цьому розділі представлено опис апаратного забезпечення, яке використовується та налаштоване для виконання функцій системи керування.

Промисловий ПК.

Основним використовуваним контролером є промисловий ПК, обчислювальна платформа x86 для промислових застосувань. Промислові ПК пропонують інші функції, ніж споживчі, щодо надійності, сумісності, можливостей розширення та довгострокового постачання. Н

аступні характеристики були ключовими вирішальними факторами при виборі ІРС:

- Більш важка металева конструкція порівняно з типовим офісним ненадійним комп'ютером.
- Форм-фактор корпусу, який передбачає можливість монтажу в навколишньому середовищі (кріплення на стінній панелі з DIN-рейкою);
 - Додаткове охолодження;
 - Утримання та підтримка плати розширення;
 - Покращена фільтрація електромагнітних перешкод;
 - Покращений захист навколишнього середовища, наприклад пилонепроникність;
 - Джерело живлення вищого класу;
 - Контрольований доступ до входу/виводу за допомогою кришки доступу.
- Включення сторожового таймера для автоматично скинути систему у разі блокування програмного забезпечення.

Разом із основним ІРС карти розширення використовуються для надання або розширення функцій, які не надаються материнською платою.

IPC разом із логічною обробкою виконує також керування шиною над платами розширення. Керування шиною — це функція, яка дозволяє пристрою, підключеному до шини, ініціювати транзакції. Після ретельного аналізу потенційних постачальників для проектування було обрано конфігурацію, що поставляється Beckhoff Automation GmbH & Co.

KG. Beckhoff Automation впроваджує відкриті системи автоматизації на основі технології PC Control. Основним контролером, орендованим у виробника, є вбудований ПК, який є модульним IPC, доступним у мініатюрному форматі для монтажу на DIN-рейку. Beckhoff Automation також постачає необхідні компоненти Fieldbus для всіх входів/виходів і сполучників польової шини. Усі контролери Beckhoff Automation програмуються за допомогою TwinCAT відповідно до стандарту програмування IEC 61131-3.

Додаткове апаратне забезпечення

Основна вбудована керована плата та плата розширення додатково потребують наступних електричних компонентів для з'єднання та роботи:

Перемикачі.

Стандарт IEC 61508 визначає, що певні функції машини повинні запускатися за допомогою однієї дії людини за допомогою керуючого пристрою, що керується вручну. При проектуванні було враховано наступне:

- Вимикач аварійної зупинки (E-stop): вимикач аварійної зупинки з системою замка та ключа буде встановлено на об'єкті. Вимикач зупинки має постійно працювати, а програмування виконується таким чином, щоб зупинити машину без створення додаткових небезпек.
- Перемикач живлення: активація системи керування модулем здійснюється через механічний перемикач. Цей вимикач живлення буде встановлено на тій самій панелі, що й головний аварійний вимикач.
- Перемикач технічного обслуговування: вимикач технічного обслуговування слід встановлювати всередині кожного електричного шасі. Після натискання цього перемикача модуль обертатиметься навколо осі

азимута та повертатиметься із нормального робочого положення прямо до платформи, передбаченої для доступу до кожного модуля. Цей перемикач надсилає цифровий вхід до контролера через шину. З боку програмного забезпечення цей сигнал підтверджується, і будь-який подальший вихід на двигуни запобігається, доки користувач не введе перемикач відновлення.

Скидання системи E-stopped вимагатиме звільнення E-Stop, який був спочатку активований. Якщо активовано більше одного E-Stop, усі модулі мають бути звільнені, перш ніж модулі зможуть перезапуститися. Просто скидання E-Stops не перезапустить модулі; ця дія дозволяє лише перезапуск за допомогою звичайних процедур. Крім того, пристрої захисного відключення мають струм відключення не більше 30 мА, що вимагається стандартом для розеток з номінальним струмом до 20 А.

Електричні шини.

Вся електроніка керування розміщена всередині електронного блоку. Буде надано одна така шина на 8 модулів. Кожна шина забезпечена незалежним джерелом живлення 24 В постійного струму.

Для системи живлення будемо використовувати корпуси, призначені для використання всередині приміщень і забезпечення захисту від пилу, потрапляння бруду та крапель неагресивних рідин.

Кабелі та роз'єми.

Кабелі з відповідними роз'ємами, необхідні для з'єднання різних компонентів системи керування, описані тут:

- З'єднання Ethernet за допомогою кабелів Cat 6 для кожного модуля з роз'ємами RJ45. Подальші Ethernet-з'єднання передбачені в головному офісі та експериментальних кімнатах.

- 9-контактні роз'єми D-sub для зв'язку RS 232.

- Для провідників ПЛК потрібні ізольовані провідники різного діаметру. EN 60204-1 стверджує, що ізольовані провідники мають кодування наступними кольорами, представленим на рис. 2.1.

Wire color	Type
Black	AC and DC power circuits
Red	AC control circuits
Blue	DC control circuits
Orange	External voltage source
Light blue	Neutral
Green and yellow	Protective conductor
White	Analog input
Violet	Analog output
Brown	Digital input
Grey	Digital output

Рисунок 2.1 – Кольорове маркування провідників при побудові системи керування.

Джерело живлення.

Імпульсне джерело живлення буде забезпечене в кожній шині, у якому вхід змінного струму безпосередньо випрямляється, а потім фільтрується для отримання стабільної напруги постійного струму. Результуюча напруга постійного струму потім вмикається та вимикається на високій частоті електронною схемою перемикачів, що дозволяє використовувати трансформатори та фільтруючі конденсатори, які набагато менші, легші та дешевші, ніж ті, які є в лінійних джерелах живлення, що працюють на частоті мережі.

Під час вибору джерела живлення було враховано наступні особливості безпеки:

- Вихід буде електрично ізольований від мережі
- Імпульсне джерело живлення регулюється, і щоб підтримувати вихідну напругу постійною, джерело живлення використовує контролер зі зворотним зв'язком, який контролює струм, споживаний навантаженням.
- Включає функції безпеки, такі як обмеження струму або ланцюга напруги, щоб допомогти захистити пристрій і користувача від ураження. У разі виявлення ненормального споживання потужності високого струму імпульсне джерело живлення може вважати, що це пряме коротке замикання, і вимкнеться до того, як буде завдано пошкодження.

- Забезпечують живлення хорошим сигналом для материнської плати.

Відсутність цього сигналу запобігає роботі за наявності ненормальної напруги живлення.

Допоміжні системи керування.

Крім основної системи керування для модулів, додаткові окремі системи будуть надані на заводі різними постачальниками:

- IP-камери для візуалізації в різних положеннях.
- Система HVAC (опалення, вентиляція та кондиціонування повітря) з протоколом постачальника.
- Система керування доступом із протоколом шини постачальника.

Ці системи або будь-яка частина цих систем не повинні працювати з основною системою керування. Модуль системи управління призначений для отримання входів від цієї системи управління. Ці входи визначають безпеку та готовність заводу.

2.2. Розробка програмного забезпечення системи.

Програмне забезпечення написано з урахуванням прототипу, доступного в лабораторії DLR, і є масштабованим для впровадження його на повному об'єкті в майбутньому. Нижче наведено ключові аспекти розробки програмного забезпечення:

Програмування IEC 61131-3 IEC 61131-3 є відкритим міжнародним стандартом і частиною загального IEC 61131 для програмованих логічних контролерів. Для поточного проекту використано STL (Structured Text Language), згаданий у цьому стандарті, і вибрано як основну мову для кодування. Він не залежить від постачальника, і з його допомогою можна виконувати кодування, яке можна багаторазово використовувати.

Основними організаційними одиницями програми в IEC 61131-3 є:

- Функції: написані користувачем або стандартні математичні оператори.

- Функціональні блоки: бібліотеки функцій, що надаються постачальником або третьою стороною. TwinCAT, наданий Beckhoff Automation GmbH & Co. KG, працює під керуванням операційних систем Windows і включає як середовище програмування мовою STL, так і систему виконання.

Він створює чистий програмний програмований логічний контролер (ПЛК) і дозволяє використовувати до чотирьох віртуальних ПЛК, кожен з яких виконує до чотирьох завдань користувача, на одному промисловому ПК. Багато карт польової шини від різних виробників підтримуються в цьому інтегрованому середовищі розробки.

Є можливість працювати з декількома платами польової шини на одному IPC. Архітектура TwinCAT також дозволяє використовувати C і C++ як мову програмування.

Специфікації цілісності безпеки.

Під час серії досліджень було проведено структуроване та систематичне обстеження запропонованої установки з метою виявлення та оцінки проблем, які можуть становити ризики для персоналу чи обладнання або перешкоджати ефективній роботі. Щоб уникнути несприятливих наслідків для безпеки, охорони здоров'я та навколишнього середовища, було визначено всі критичні процеси в системі, яким у разі виникнення будь-якої операційної проблеми може знадобитися перейти в безпечний стан.

Безпечний стан повинен бути досягнутий своєчасно та протягом часу безпеки процесу. Для цього було використано стандарт IEC/EN 62061 (Безпека машин). Він надає вказівки щодо впровадження функціональної безпеки електричних, електронних і програмованих електронних систем керування.

Він також містить вимоги, які застосовуються до проектування системного рівня всіх типів електричних систем керування, пов'язаних із безпекою машин, а також до проектування нескладних підсистем або пристроїв. Оцінка ризику завершується стратегією зменшення ризику, після

якої визначаються специфікації контролю, пов'язані з безпекою. Ці специфікації описано нижче.

Функції безпеки.

Спеціальні функції керування, які виконуються для переведення системи в безпечний стан, з цього моменту називаються функціями безпеки. Вони впроваджуються як частина загальної стратегії зниження ризику, яка спрямована на усунення ймовірності події, визначеної раніше, у сфері охорони здоров'я та праці. Це передбачає збір та аналіз інформації щодо деталей, механізмів і функцій прототипу. Необхідно враховувати всі типи взаємодії людини з модулями та середовищем, в якому модулі працюватимуть.

Для створення відповідних функцій безпеки були складені діаграми причин і наслідків. Наведена нижче діаграма, наприклад, визначає можливі причини травмування людини під час роботи. Програмування програмного забезпечення виконується з метою запобігання або зменшення ймовірності виникнення цих подій.

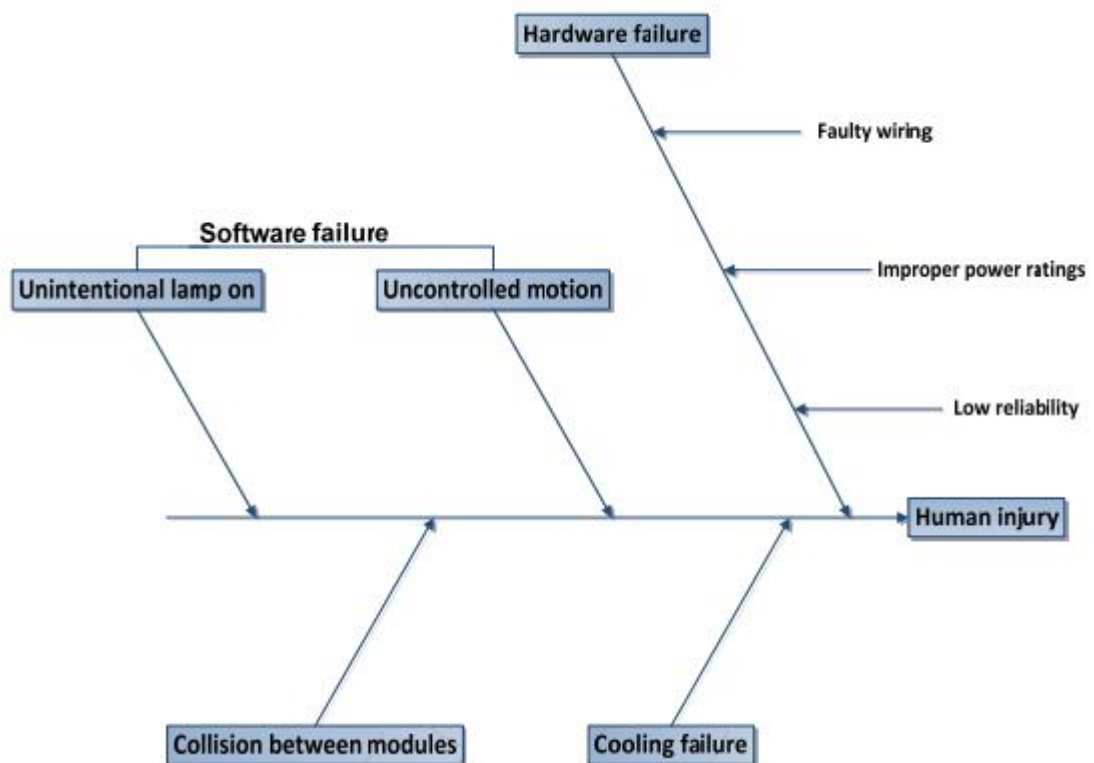


Рисунок 2.2 - Діаграма причин і наслідків.

Збої апаратного забезпечення, такі як несправність електропроводки, неправильна потужність тощо, є людськими помилками, яким слід запобігати під час встановлення. Фактор надійності був уважний до вибору конфігурації обладнання.

Режими збоїв програмного забезпечення були описані в наступних розділах за допомогою діаграм аналізу дерева помилок. Ці діаграми допомагають зрозуміти загальну систему. Повне знання системи дуже важливе для того, щоб не пропустити жодної причини, що ініціює небажану подію. Для небажаних подій, як показано на малюнку вище, усі причини були впорядковані в порядку можливого виникнення, а потім використані для побудови діаграм дерева несправностей.

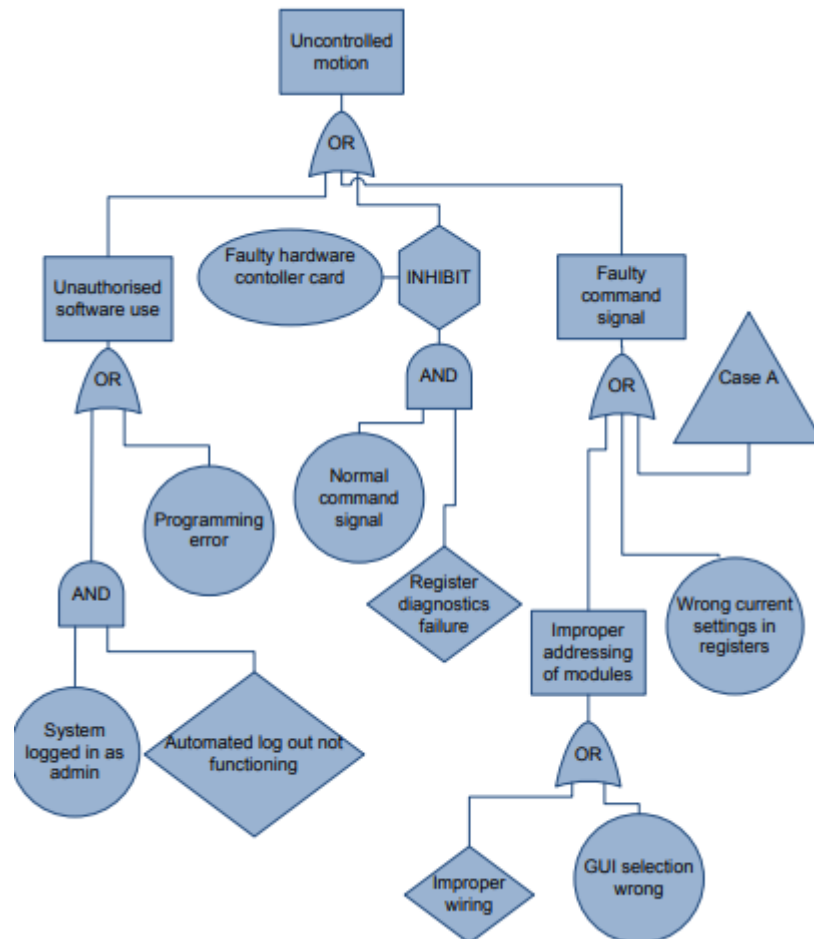


Рисунок 2.3 – Аналіз дерева несправностей (неконтрольований рух-1).

Неконтрольований рух може призвести до постійної часткової втрати працездатності або травм, які можуть призвести до госпіталізації або фінансових втрат через пошкодження обладнання. Щоб запобігти цьому, наведений вище аналіз дерева помилок визначає можливі режими відмови.

Основними видами несправності є несанкціоноване використання програмного забезпечення або неправильний командний сигнал для двигунів. Ці режими запобігають завдяки ретельному програмуванню програмного забезпечення. Додаткові заходи безпеки включають те, що двигуни можна переміщати лише в заданій послідовності, яку неможливо змінити.

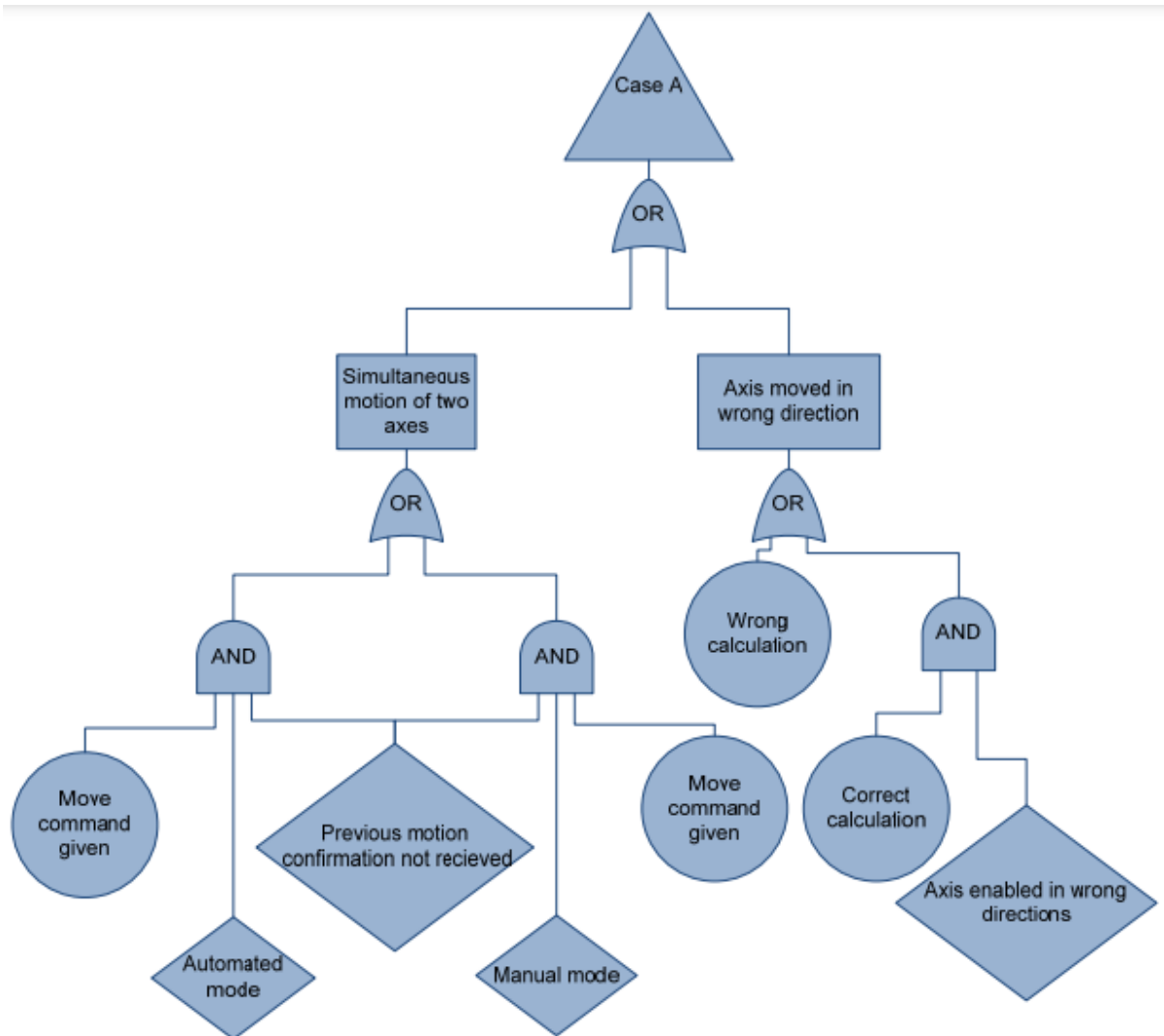


Рисунок 2.4 - Аналіз дерева несправностей (неконтрольований рух-2)

Модуль можна повернути в нульове положення за командою повернення. Більшість обмежень і всі етапи життєвого циклу, включаючи встановлення, введення в експлуатацію, технічне обслуговування, виведення з експлуатації, правильне використання та експлуатацію, а також наслідки розумно передбачуваного неправильного використання або несправності були розглянуті на цьому етапі.

Наведені вище малюнки показують можливу генерацію помилкового сигналу для контролера двигуна через:

- Одночасну команду руху, надану двом різним осям.
- Неправильні обчислення або увімкнення двигуна в неправильному напрямку.
- Неправильне налаштування в реєстрах контрольної картки.

Оскільки оцінка ризику є ітераційним процесом, тому її слід виконувати на різних етапах життєвого циклу машини. Доступна інформація змінюватиметься на останніх етапах життєвого циклу. Оцінка ризику, проведена кінцевим користувачем, матиме доступ до кожної деталі робочого середовища модулів. В ідеалі результат одного такого аналізу буде входом для наступної ітерації.

Ненавмисне увімкнення лампи може варіюватися від незначного пошкодження обладнання до події, що включає неконтрольоване катастрофічне викид енергії, що спричиняє травмування людей.

Наступні режими несправності демонструють, що:

- Лампа вмикається автоматично під час перезавантаження системи.
- Велика затримка системи, що призводить до неправильного командного сигналу.
- Лампа вмикається до того, як модуль повністю встановлено.

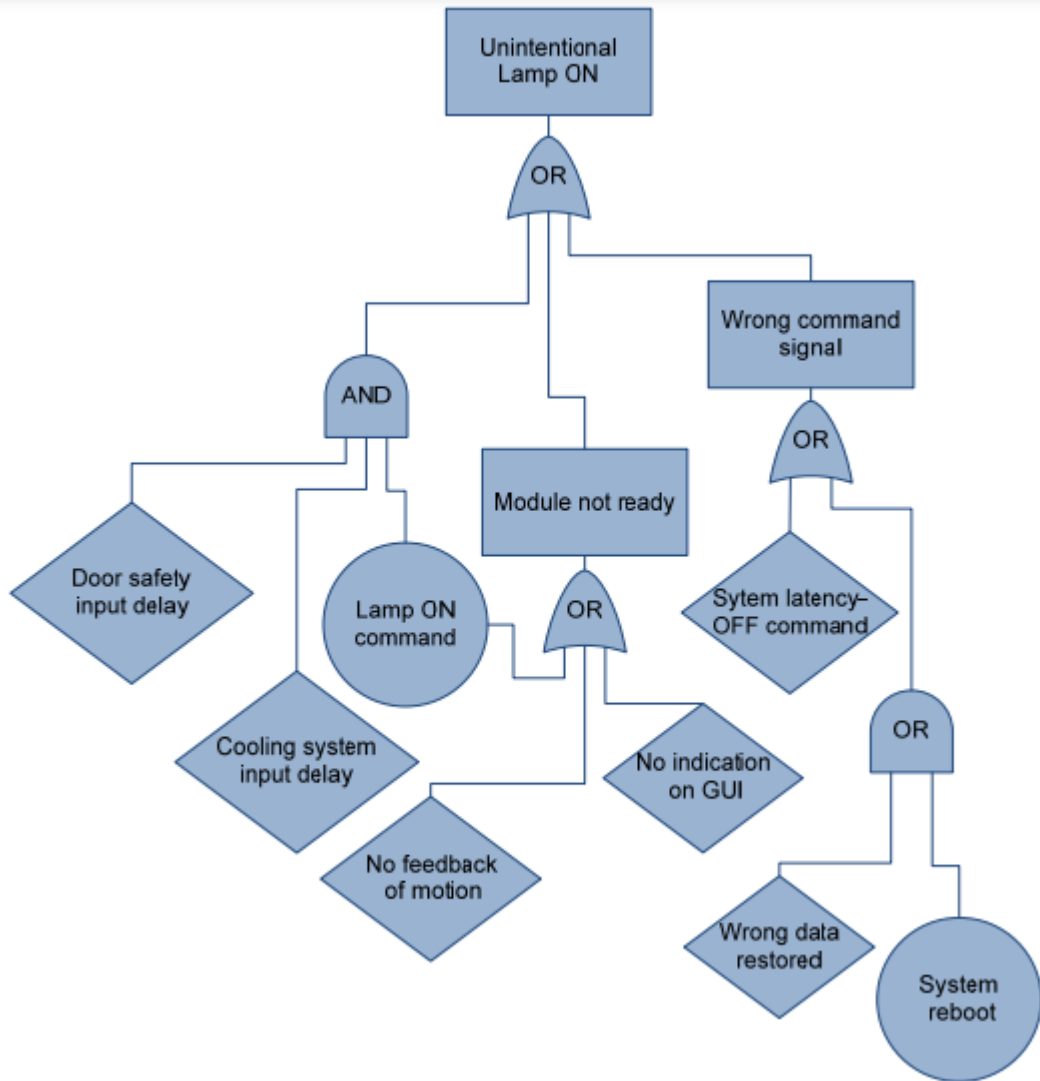


Рисунок 2.5 - Аналіз дерева несправностей (ненавмісне увімкнення лампи).

Ці ситуації було запобігти за допомогою програмування, і, крім того, стандартні користувачі можуть керувати лише лампи, доступ до яких надав адміністратор.

Після натискання кнопки аварійної зупинки на екрані графічного інтерфейсу подається команда вимкнути всі лампи. Однак лампи вимикаються одна за одною із затримкою в 10 секунд, щоб уникнути сильних стрибків струму в ланцюзі.

Стандартному користувачеві надається можливість читати такі параметри, як струм, напруга випрямлячів, на екрані інтерфейсу користувача.

Однак їм не надано права змінювати ці параметри. Параметри можна змінити за допомогою розкривного списку в графічному інтерфейсі користувача.

Адміністратор і користувач обслуговування можуть керувати кожною лампою окремо після активації відповідного модуля. Адміністратор може зробити додаткові налаштування випрямлячів. Це можна зробити зі спадного меню.

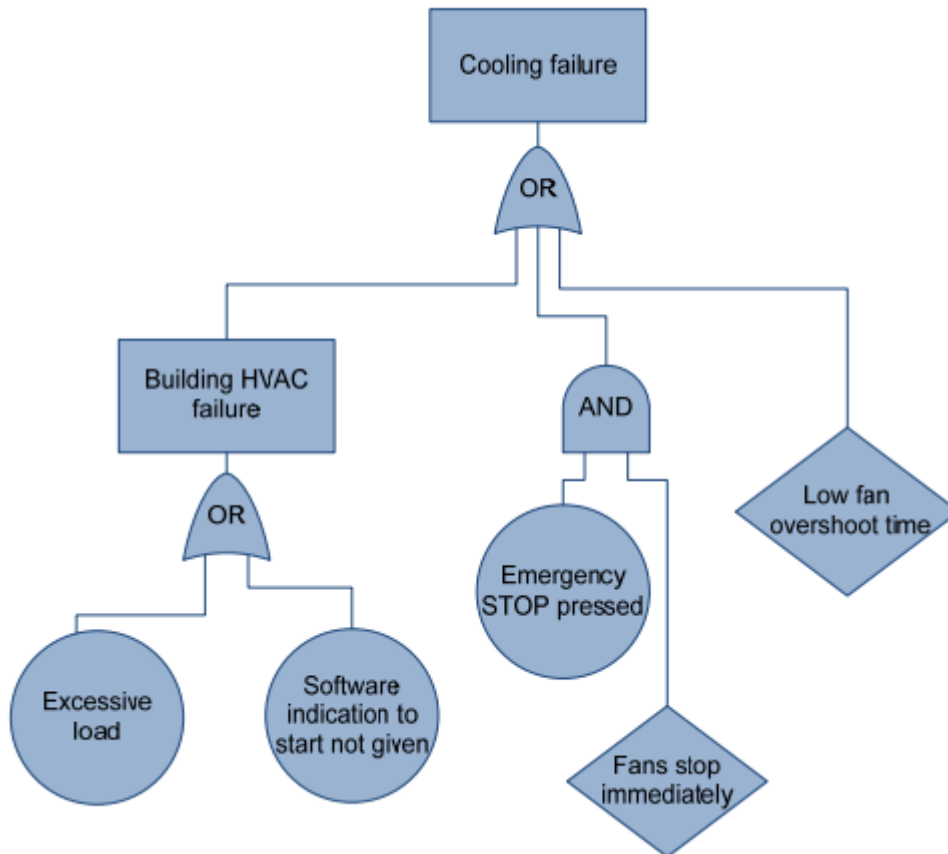


Рисунок 2.6 - Аналіз дерева несправностей (збій охолодження).

Помилка охолодження, як показано на малюнку, означає стан, коли під час процесу роботи або вимкнення система HVAC або вентилятор модулів не працюють. Це може спричинити високі температури, що призведе до виходу з ладу обладнання, а також негативно позначиться на роботі ламп.

Рівень повноти безпеки (SIL)

SIL є вимірюванням продуктивності, необхідної для функції безпеки. SIL визначається на основі ряду кількісних факторів у поєднанні з якісними факторами, такими як процес розробки та управління життєвим циклом

безпеки. У європейських стандартах функціональної безпеки, заснованих на стандарті ІЕС 61508, визначено чотири типи SIL, причому 4 є найбільш надійним і 1 найменш. Електричні та електронні пристрої сертифіковані для використання в програмах функціональної безпеки відповідно до ІЕС 61508, що забезпечує розробку програм докази, необхідні для демонстрації того, що програма, включаючи пристрій, також відповідає вимогам.

Для поточного проекту рівень SIL 3 вважається достатнім для необхідної продуктивності, а обладнання було вибрано від сертифікованого виробника, з рівнем безпеки SIL 3.

PFD (ймовірність відмови за запитом) і RRF (коефіцієнт зниження ризику) роботи з низьким рівнем потреби для різних SIL, як визначено в ІЕС EN 61508 представлені на рис. 2.7.

SIL	PFD	PFD (power)	RRF
1	0.1–0.01	$10^{-1} - 10^{-2}$	10–100
2	0.01–0.001	$10^{-2} - 10^{-3}$	100–1000
3	0.001–0.0001	$10^{-3} - 10^{-4}$	1000–10,000
4	0.0001–0.00001	$10^{-4} - 10^{-5}$	10,000–100,000

Рисунок 2.7 - Класифікація рівнів цілісності безпеки.

3 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1 Розробка програмного коду для роботи системи керування

У наведеному нижче розділі описано необхідну поведінку програмного забезпечення з графічним інтерфейсом користувача та відповідними розділами коду

3.1.1. Основні функції.

Основна функція відноситься до всіх доступних функцій програмного забезпечення, які доступні для користувача. Ці функції стосуються надсилання певних сигналів до плат розширення, підключених до головного контролера, розповсюдженого по об'єкту, для того, щоб працювати з об'єктом у бажаний спосіб. Ці функції також включають обробку вхідних даних від різних датчиків температури, стан від допоміжних систем керування.

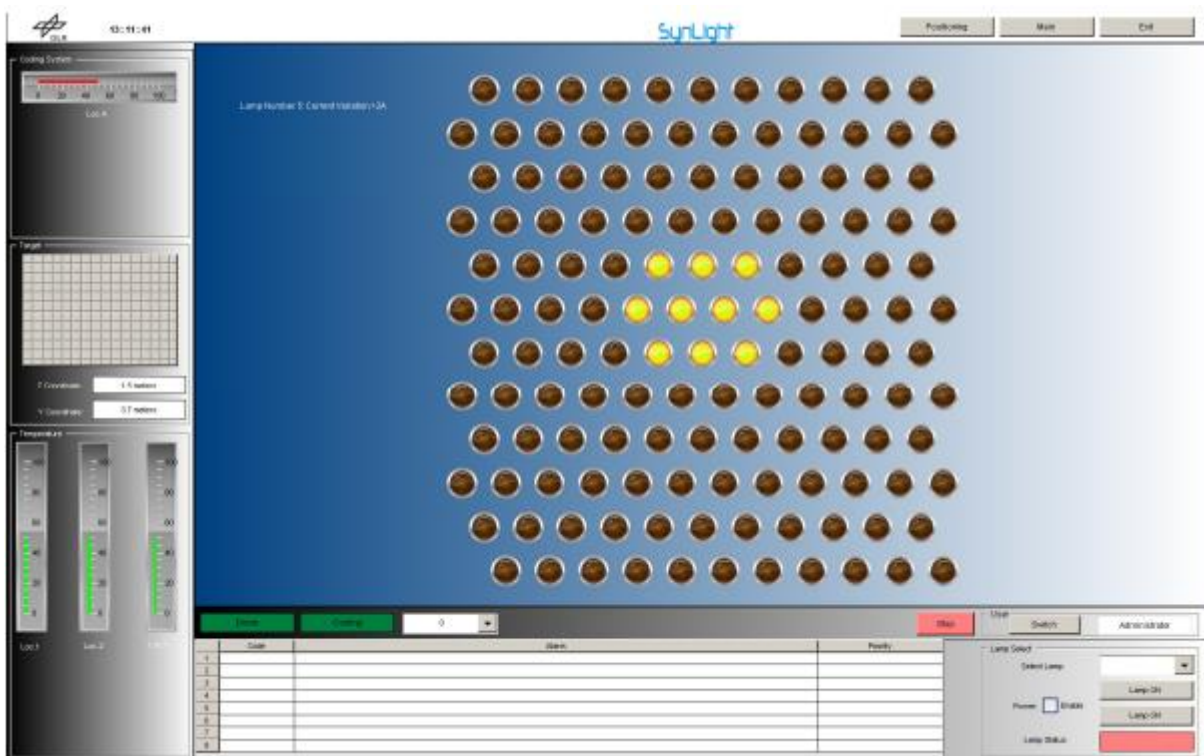


Рисунок 3.1 - Головний екран графічного інтерфейсу користувача.

Ці функції виконуються на одному модулі за раз. Модуль вибирається в наданому користувачеві інтерфейсі. Функція вибору надається таким користувачам: адміністратор і користувач. На рис. 3.2 показано графічну панель керування для ввімкнення та вимкнення живлення лазерів/вентиляторів.

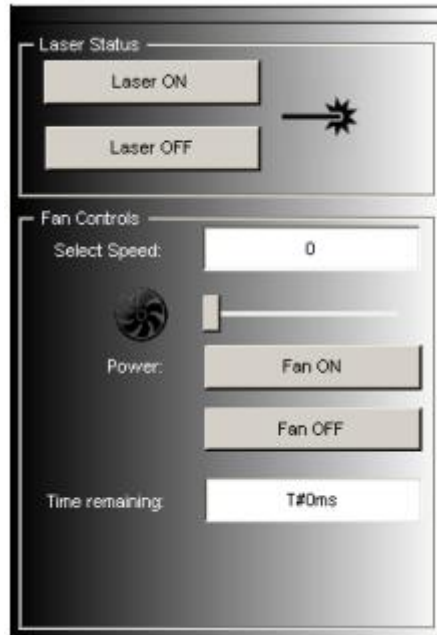


Рисунок 3.2 – Вікно управління вентилятором і лазером.

Як обговорювалося в попередніх розділах, у закладі буде встановлено 149 ксенонових ламп, які живляться через спеціальні випрямлячі. До цих ламп також можна отримати доступ через графічний інтерфейс користувача з панелі керування, як показано на малюнку нижче. Користувач може вибрати лампу зі спадного меню, увімкнути лампу для роботи та за потреби вимкати та вимикати. Зворотній зв'язок від лампи також можна візуалізувати.

3.1.2. Експериментальний режим.

У цьому блоці пояснюється процес оптимізації роботи програми для системи та його кодування. Під час запуску програмного забезпечення користувачеві пропонується ввести ім'я користувача та пароль. Потім ці параметри порівнюються зі збереженими рядковими значеннями в «Основній» програмній процедурі.

Для кожного відповідного випадку функція «Screening» викликається з параметром «OperationMode». Параметр «OperationMode» є екземпляром перерахованого типу даних «Mode», який є списком усіх можливих режимів роботи.

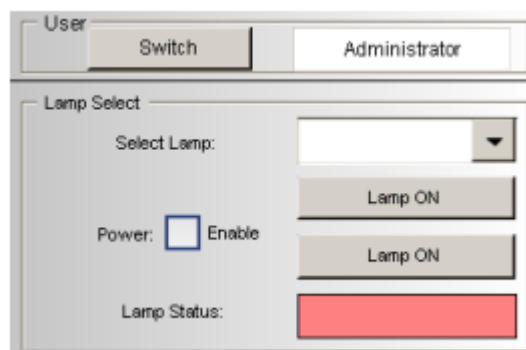


Рисунок 3.3 - Елементи керування лампою

Усередині функції «Скринінг» оцінюється кожен випадок значення «OperationMode» і відповідно встановлюються права користувача. Результатом кожної такої оцінки є встановлення кнопок візуалізації в активований або деактивований стан.

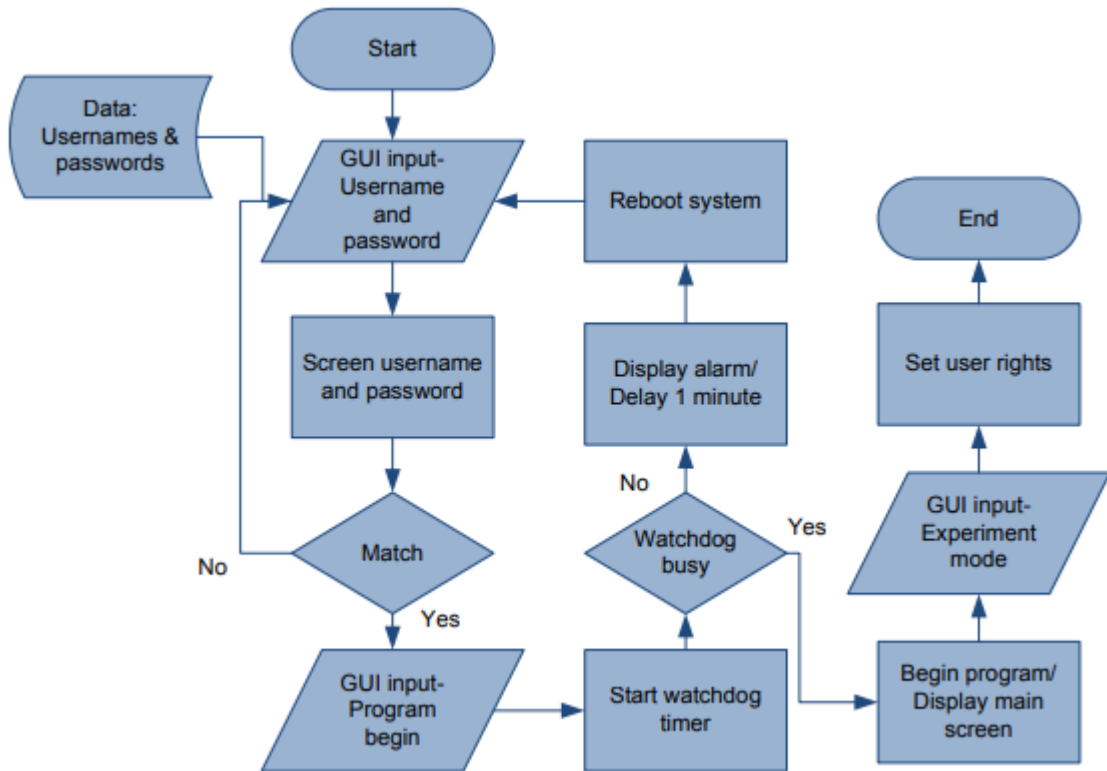


Рисунок 3.4 - Функція перевірки блок-схеми.

Ім'я користувача постійно відображається в інтерфейсі після успішного входу. Це також можна змінити за допомогою кнопки «Змінити користувача» на одній із панелей керування на головному екрані.

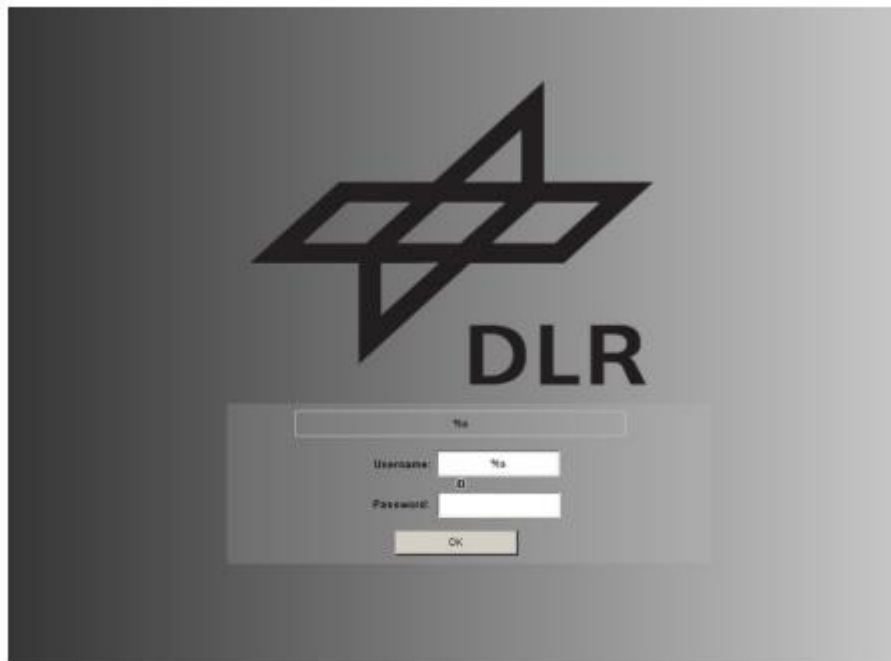


Рисунок 3.5 – Інтерфейс вводу вмені користувача та пароль.

Наступний код (лістинг 3.1) демонструє, як вищезазначений процес програмується в програмному забезпеченні.

Після підтвердження облікових даних користувачеві буде запропоновано підтвердження запуску програми. Після підтвердження програма запускає системний сторожовий таймер. Якщо значення True (нормальний стан апаратного забезпечення контролера) цього сторожового таймера, система переходить у стан «ProgramBegin» (лістинг 3.2).

При помилковому значенні (апаратний збій) сторожового таймера система видає програматору сигнал тривоги. Далі після затримки в 1 хвилину система програмується на самостійне перезавантаження. Програматор має можливість запобігти перезавантаженню системи, примусово установивши вихід сторожового таймера на True (лістинг 3.3.).

```

4
5   prog ( ) ;
6   /// Screening Begin///
7
8   header := 'Please enter your credentials...' ;
9
10  IF username = 'dlr' AND password = 'admin' THEN
11
12     header := 'Credentials verified' ;
13
14     operationmode := Admin ;
15
16     visuglob . UserID := 'Administrator' ;
17
18  END_IF
19
20  IF username = 'dlr' AND password = 'user' THEN
21
22     header := 'Credentials verified' ;
23
24     operationmode := User ;
25
26     visuglob . UserID := 'User' ;
27
28     //visuglob.okbutton2:=TRUE;
29
30  END_IF
31
32  Screening ( operationmode ) ;
33
34  ///Screening End///

```

Лістинг 3.1 – Програма авторизації.

```

1  watchdogtime (
2  tTimeout := T#1S ,
3  bEnable := TRUE ,
4  benabled => programbegin
5  ) ;
6

```

Лістинг 3.2 – Код статусу програми.

```

1  rebootcode (
2  netid := '5.33.178.110.1.1' ,
3  delay := 1 ,
4  start := TRUE ,
5  Tmout := T#3S
6  ) ;
7

```

Лістинг 3.3 – Код встановлення сторожового таймера.

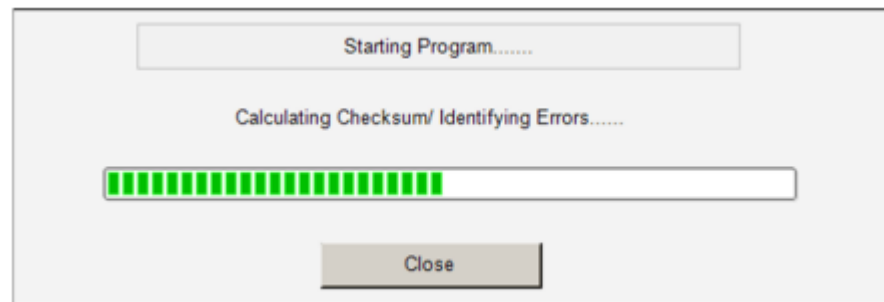


Рисунок 3.6 - Ініціалізація програми графічного інтерфейсу користувача та читання/запис реєстрів.

Наведений вище графічний інтерфейс показує рядок стану, який відображається користувачеві під час ініціалізації апаратного забезпечення (читання/запису реєстрів) або перевірки сторожового таймера.

3.1.3. Програма руху.

Зворотній зв'язок щодо положення двигуна здійснюється візуально за допомогою камер, тому не використовується кодер чи референтний перемикач як такий. Положення модуля контролюється по трьох осях.

Кожна з цих осей має індивідуальний коефіцієнт калібрування на основі механічної конфігурації. Осі переміщуються в певному порядку, щоб

запобігти зіткненню між окремими модулями. Порядок переваги руху вздовж цих осей такий: осьовий - висота - азимут.

Коли модуль потрібно перевести у вихідне положення, схема руху залишається незмінною. У проекті створено функціональний інтерфейс «ITF1» для забезпечення функцій руху системи керування модулем. Для переміщення будь-якої осі генерується контрольний прапор і оновлюється керуючий регістр. Після цього команда переміщення передається до наступної створеної структури даних (лістинг 3.4).

```

STRUCT
    ControlDWord          : DWORD; (Control double word)
    Override              : DWORD; (Velocity override)
    AxisModeRequest       : DWORD;
    AxisModeDWord         : DWORD;
    AxisModeLReal         : LREAL; (optional mode parameter)
    PositionCorrection     : LREAL;
    ExtSetPos              : LREAL; (external position setpoint)
    ExtSetVelo             : LREAL; (external velocity setpoint)
    ExtSetAcc              : LREAL; (external acceleration setpoint)
    ExtSetDirection       : DINT;  (external direction setpoint)
    Reserved1              : DWORD;
    ExtControllerOutput    : LREAL; (external controller output)
    GearRatio1            : LREAL;
    MapState               : BYTE;
    Reserved_HIDDEN       : ARRAY [105..127] OF BYTE;
END_STRUCT

```

Лістинг 3.4 – Структура даних для програмування контролера.

Структура даних, якою циклічно обмінюються між ПЛК і платами контролера двигуна. Ця структура даних розміщується в образі вихідного процесу ПЛК і зв'язується в TwinCAT System Manager. Потім структура даних ADS (специфікація пристрою автоматизації), що містить параметри зв'язку ADS для осі, використовується для зв'язку по шині. Потім дані передаються на контролер двигуна.

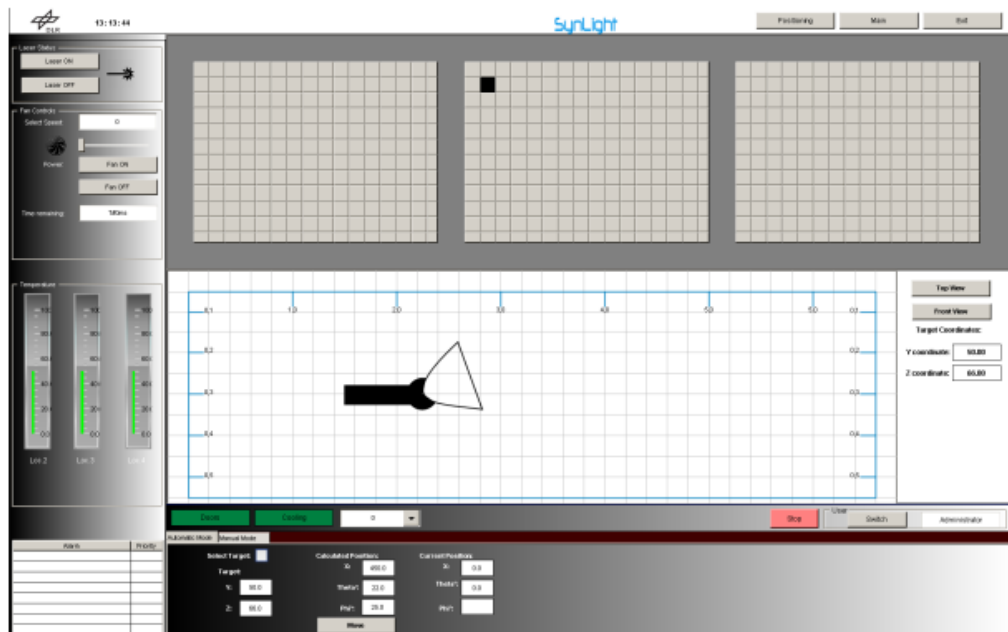


Рисунок 3.7 - Програма GUI-Motion.

3.1.4. Читання/запис реєстрів

У програмі створено наступний блок даних для зв'язку з реєстрами плат контролера двигуна KL2541, які надає Beckhoff:

```

7   RegError : ARRAY [ 1 .. 50 ] OF BOOL ;
8
9   RegErrorID : ARRAY [ 1 .. 50 ] OF UDINT ;
10
11  TrmTyp : ARRAY [ 1 .. 50 ] OF UINT ;
12
13  OutRegNmb : ARRAY [ 1 .. 50 ] OF USINT ;
14
15  OutRegVal : ARRAY [ 1 .. 50 ] OF UINT ;
16
17  InRegNmb : ARRAY [ 1 .. 50 ] OF USINT ;
18
19  InRegVal : ARRAY [ 1 .. 50 ] OF UINT ;
20
21  ReadR : ARRAY [ 1 .. 50 ] OF BOOL ;
22
23  WriteR : ARRAY [ 1 .. 50 ] OF BOOL ;
24
25  ReadWriteRegBusy : BOOL ;

```

Лістинг 3.5 – Масиви реєстрів.

Цей блок даних також потрібен на початку програми керування модулем, щоб налаштувати контролери двигуна на стан отримання, а також налаштувати струм значення відповідно до вимог двигуна, які наразі

становлять 2 Ампера на двигун. Приклад реєстрового зв'язку для зчитування статусу проблеми мікропрограми з реєстру 9 терміналу представлено тут:

Вихідні дані:

- Установлений біт 0,7 вказує на те, що реєстровий зв'язок активний.
- Біт 0,6 не встановлено вказує на читання реєстру.
- Біт від 0,5 до біта 0,0 разом із 00 1001_{bin} вказує на реєстровий номер 9.
- Слово вихідних даних (байт 1 і байт 2) не має функції доступу для читання. Коли значення реєстру потрібно змінити, воно записується у слово вихідних даних.

Byte 0: Control Byte	Byte 1: DataOUT1, high byte	Byte 2: DataOUT1, low byte
0x89 (1000 1001 _{bin})	0xXX	0xXX

Byte 0: Status Byte	Byte 1: DataIN1, high byte	Byte 2: DataIN1, low byte
0x89	0x33	0x41

Пояснення:

- Термінал повертає значення контрольного байта в байті стану як підтвердження.
- Термінал повертає статус проблеми мікропрограми 0x3341 у кодї ASCII у слові вхідних даних (байт 1 і байт 2).

Це слід інтерпретувати як код ASCII. Код ASCII 0x33 позначає шифр 3, а код ASCII 0x41 позначає літеру А.

Тому версія мікропрограми — 3А. Функціональні функції руху розділені на два режими:

3.1.5 Автоматичний режим.

В автоматичному режимі користувачеві пропонується вибрати модуль і точку на цільовій стіні, що відображається в графічному інтерфейсі. Відповідно до вибраної точки, вихідні дані алгоритму генерації заданої точки показуються користувачеві.

При подальшому натисканні кнопки «Перемістити» в графічному інтерфейсі користувача запускається алгоритм виявлення зіткнень. Якщо існує ймовірність зіткнення, користувач отримує сповіщення і рух не виконується. Якщо ні, програма руху передається на основі значень, розрахованих за допомогою алгоритму генерації заданого значення, і рух активується. Користувач може прочитати поточне положення осей X, Theta та Phi у графічному інтерфейсі.



Рисунок 3.8 - Автоматичне керування рухом

3.1.6. Ручний режим.

У ручному режимі користувачеві пропонується ввести бажане положення кожної осі в мм і градусах. У цьому режимі також активується алгоритм виявлення зіткнень. Після натискання кнопки переміщення вісь переміщується в потрібне положення. Користувач може встановити швидкість окремої осі для поточного модуля або отримати глобальні налаштування для кожної осі.



Рисунок 3.9 - Керування рухом вручну.

3.1.7. Виявлення зіткнення.

Функція виявлення зіткнення запобігає зіткненню двох модулів один з одним. Це робиться шляхом збереження позиції кожного модуля в структурі даних. Коли модуль вибрано та надано команду переміщення, напрямку руху оцінюється на основі даних, введених користувачем, або з обчисленої позиції, якщо використовується алгоритм генерації заданої точки. Потім отримується значення положення найближчого сусіднього модуля в цьому напрямку та обчислюється граничний кут θ_L , як показано на малюнку.

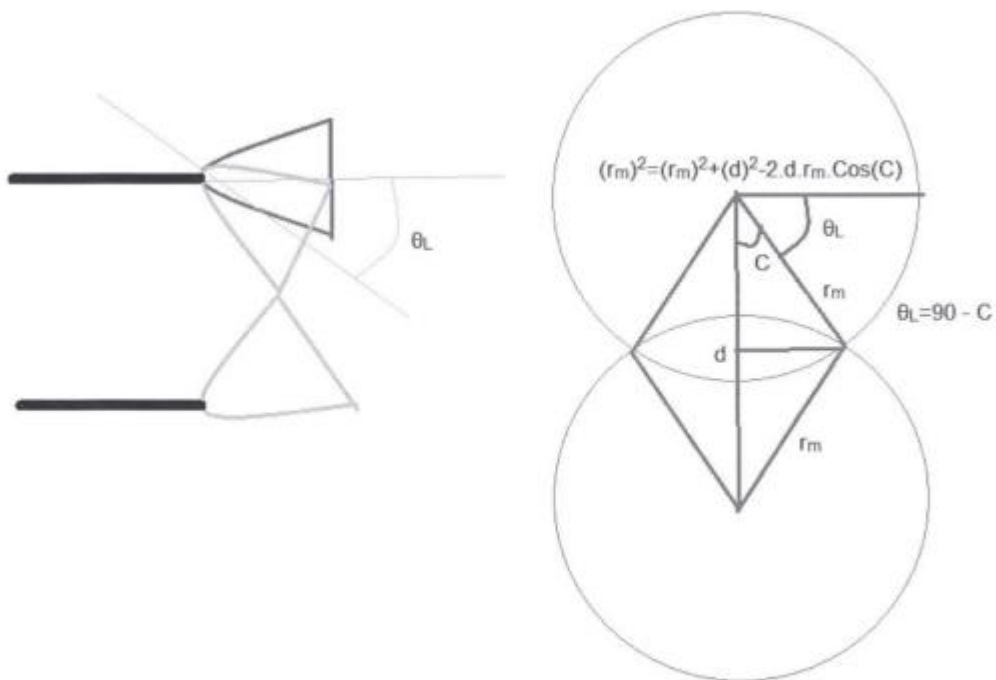


Рисунок 3.10 - Розрахунок граничного кута θ_L .

Щоб обчислити θ_L , потрібна відстань між центрами суміжних модулів у цьому конкретному напрямку. Ця відстань залежить від кінцевої механічної

конфігурації установки. Значення r_m представляє радіус обертання або розмах кожного модуля. Це значення різне для горизонтального та вертикального напрямків.

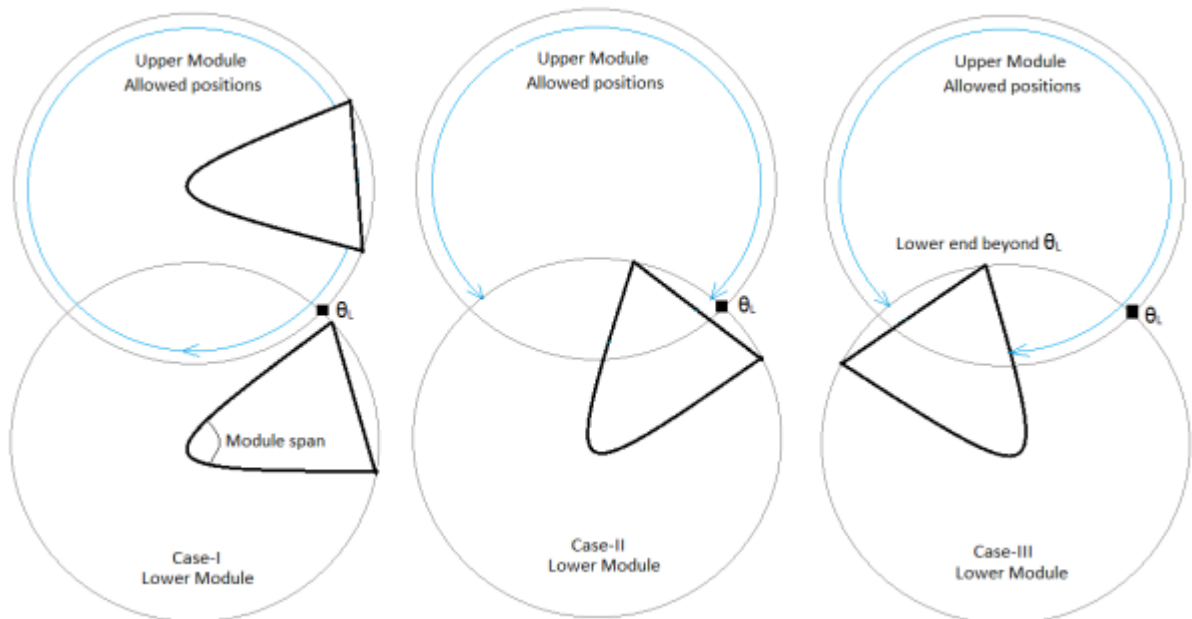


Рисунок 3.11 - Дозволений рух для різних конфігурацій.

З отриманого таким чином значення θ_L обчислюється поріг безпеки. Порогове значення безпеки залежить від положення сусідніх модулів.

Розглянемо два модулі, розташовані вертикально один до одного, і поріг безпеки розраховується таким чином:

Для випадку, коли нижній модуль знаходиться нижче θ_L , як показано на рис. 3.11 нижче. Верхній модуль, який потрібно перемістити, може приймати будь-яке значення, обчислене або введене користувачем, без будь-яких можливих зіткнень.

Для випадку, коли нижній модуль знаходиться вище θ_L , але інший кінець цього модуля не повністю перетнув межу θ_L . Верхній модуль може рухатися лише до точки θ_L , і будь-який подальший рух призведе до зіткнення. Тому користувач отримує сповіщення на інтерфейсі про можливі зіткнення.

У випадку, коли нижній кінець нижнього модуля перетнув значення θ_L , верхній модуль може зайняти позицію далі, ніж θ_L , але на безпечній відстані

від нижнього кінця нижнього модуля. Блок-схема для алгоритму показана на рис. 3.12.

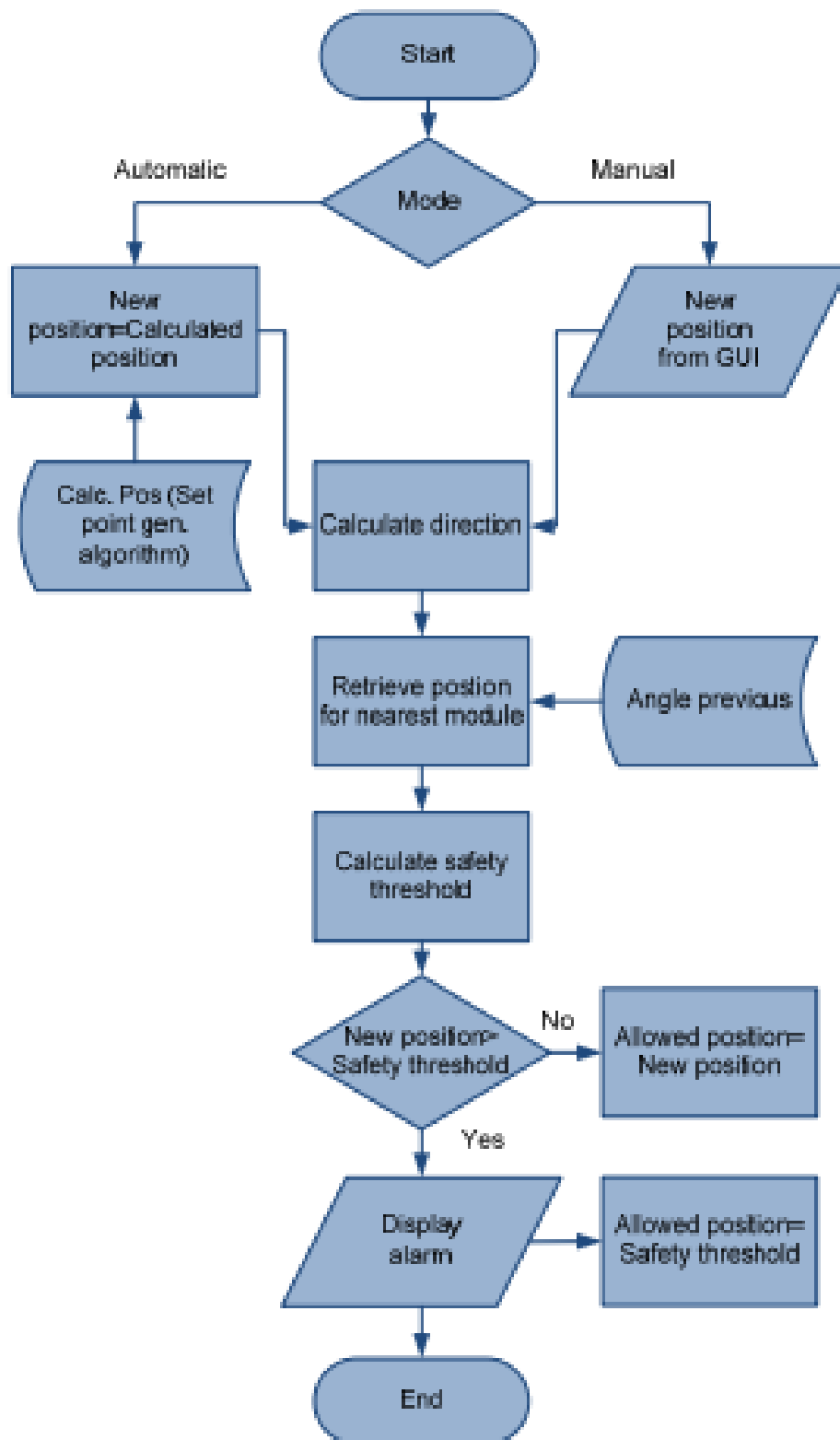


Рисунок 3.12 Блок-схема алгоритму запобігання зіткненням.

Коли програма виявляє можливість зіткнення, у графічному інтерфейсі користувача відображається сповіщення, як показано на малюнку нижче. Користувач може перемикатися, щоб визначити можливі зіткнення на осі Тета та Φ .

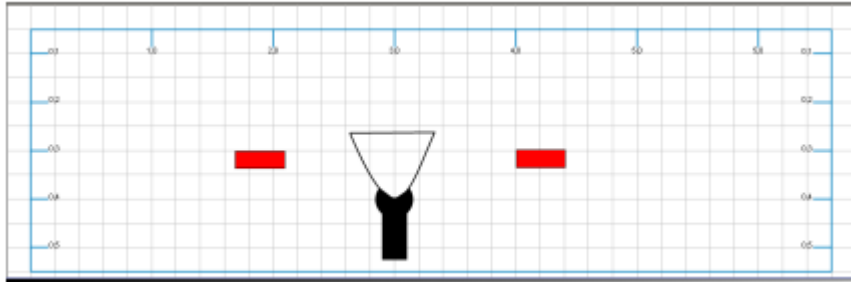


Рисунок 3.13 - Сигналізація про можливість зіткнення.

Кодування для алгоритму представлено у лістингу 3.6.

```

1  PROGRAM prog
2
3  VAR
4
5      alpha : INT ;
6
7      beta : INT ;
8
9      limiter : INT ;
10
11     limiter2 : INT ;
12
13     ycalc : INT ;
14
15     moduleswap2 : int ;
16
17     moduleswap : INT ;
18
19     x : INT ;
20
21     theta : INT ;
22
23     gamma : INT ;
24
25     xcalc : INT ;
26
27     z : INT ;
28
29     y : INT ;
30
31     one : BOOL ;
32
33     two : BOOL ;
34
35     three : BOOL ;
36
37     trig1 : r_trig ;
38
39 END_VAR
40

```

Лістинг 3.6 – Код програми для запобігання зіткненню.


```

1  trigl ( clk := one , q => two ) ;
2
3  IF trigl . q = TRUE
4
5      THEN
6
7      //Moving down
8
9      IF xcalc > 0
10
11         THEN
12
13         // downward facing bottom module
14
15         IF
16
17             alpha > limiter
18
19             THEN
20
21                 x := xcalc ;
22
23             END_IF ;
24
25         //upward approaching bottom module
26
27
28
29         IF alpha <= limiter
30
31             THEN
32
33                 IF alpha < limiter + moduleswap
34
35                     THEN x := xcalc + ( alpha - moduleswap - limiter ) * - 1 ;
36
37                     ELSE
38
39                         x := - 1 * limiter ;
40
41                     END_IF
42
43             END_IF
44
45         // for upward motion of this module
46         ELSE
47
48             limiter2 := - 1 * limiter ;
49
50             moduleswap2 := - 1 * moduleswap ;
51
52         // upward facing upper module
53
54         IF beta < limiter2
55
56             THEN
57
58                 x := xcalc ;
59
60             END_IF
61
62         // downward approaching upper module
63
64         IF beta >= limiter2
65
66             THEN

```

Лістинг 3.6 – Код програми для запобігання зіткненню - продовження.

```

64
65     IF beta > limiter2 + moduleswap2
66
67     THEN x := xcalc + (beta - moduleswap2 - limiter2) * -1;
68
69     ELSE
70
71     x := -1 * limiter2;
72
73     END_IF
74
75     END_IF
76
77 END_IF;
78
79 /////////////////////////////////////////////////// Azimuthal angle//////////////////////////////////////
80
81 //moving Right clockwise
82
83 IF ycalc > 0
84
85     THEN
86 // right facing right module
87
88     IF
89
90     theta > limiter
91
92     THEN
93
94
95         y := ycalc;
96
97     END_IF;
98 //left approaching right module
99
100 IF theta <= limiter
101
102     THEN
103
104     IF theta < limiter + moduleswap
105
106         THEN y := ycalc + (theta - moduleswap - limiter) * -1;
107
108     ELSE
109
110     y := -1 * limiter;
111
112     END_IF
113
114 END_IF
115 // for left motion of this module
116
117 ELSE
118
119     limiter2 := -1 * limiter;
120
121     moduleswap2 := -1 * moduleswap;
122
123 // left facing left module
124
125     IF gamma < limiter2
126
127     THEN

```

Лістинг 3.6 – Код програми для запобігання зіткненню - продовження.

```

128         y := ycalc ;
129
130     END_IF
131
132
133 // right approaching left module
134
135     IF gamma >= limiter2
136
137         THEN
138
139             IF gamma > limiter2 + moduleswap2
140
141                 THEN y := ycalc + ( gamma - moduleswap2 - limiter2 ) * - 1 ;
142
143             ELSE
144
145                 y := - 1 * limiter2 ;
146
147             END_IF
148
149         END_IF
150
151     END_IF ;
152
153 END_IF
154

```

Лістинг 3.6 – Код програми для запобігання зіткненню - продовження.

3.1.8. Алгоритм генерації заданого значення.

Мішень складається з трьох камер розміром 4 м х 4 м кожна. У візуалізації кожна з цих камер представлена масивом кнопок, які можна вибрати. Кожна кнопка має певне збережене значення, яке відповідає певній позиції в цільовій області. Для обчислення цих значень використовується такий код (лістинг 3.7)

```

133     ///coordinates begin///
134     FOR c1 := 1 TO 16 BY 1 DO
135         FOR c2 := 1 TO 12 BY 1 DO
136             targetarray [ c1 , c2 ] . CY := c1 * 25 ;
137             targetarray [ c1 , c2 ] . CZ := c2 * 33 ;
138         END_FOR

```

Лістинг 3.7 – Код обчислення позиції світильника.

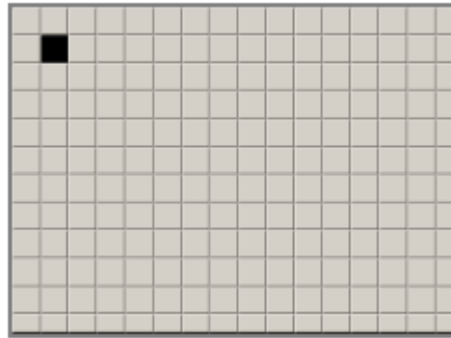


Рисунок 3.14 – Інтерфейс Target wall.

Таким чином, кожна кнопка представляє область розміром 25х33 сантиметри. Більш високого рівня точності націлювання можна досягти, реалізувавши більшу кількість кнопок для вибору в графічному інтерфейсі користувача.

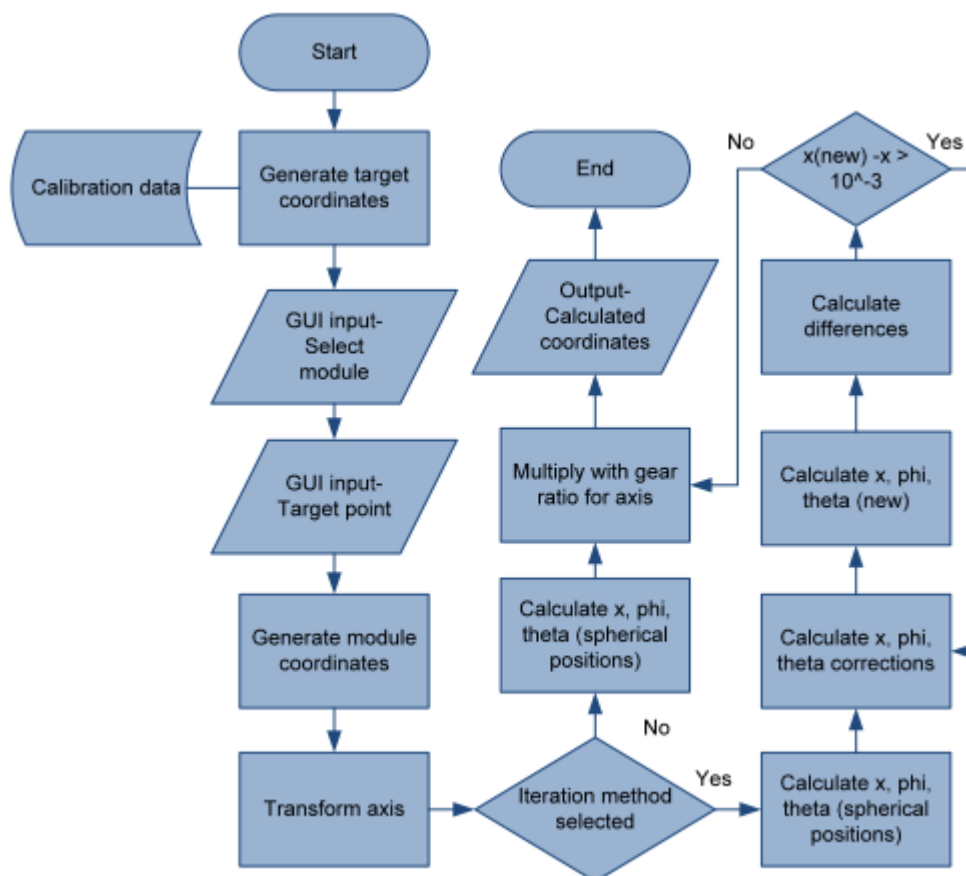


Рисунок 3.15 - Алгоритм генерації заданого значення.

Після вибору цільової точки та модуля, який потрібно перемістити, алгоритм обчислює відносні координати модуля відносно цільової точки.

Коли координати цілі та модуля є під рукою, осі перетворюються в систему відліку модулів, а розрахунок ϕ та θ виконується за допомогою наступного набору формул на основі тригонометричних оцінок:

$$\varphi = \cos^{-1} \left(\frac{Z_{transformed}}{rad} \right) \quad (3.1)$$

$$\theta = \cos^{-1} \left(\frac{x_{transformed}}{rad * \sin \varphi} \right) \quad (3.2)$$

де φ – азимут;

θ – кут підйому;

rad - 8 метрів (оптимальна відстань модуля);

$x_{transformed}$ - положення модуля на осі Z (трансформовані координати);

$z_{transformed}$ - положення модуля на осі Y (трансформовані координати).

Потім значення x , ϕ і θ потрібно помножити на відповідне передавальне число відповідної осі. Передавальне число залежить від кінцевої механічної конструкції. Ітеративний алгоритм: точкою інтересу для оптимального позиціонування є точкове джерело світла, створене всередині рефлектора.

Ця точка інтересу в ідеальному випадку має бути в центрі обертання як у вертикальному, так і в горизонтальному напрямках. Але на практиці будуть існувати деякі кутові, а також лінійні зсуви θ' і φ' , як показано на малюнку. Ці зміщення виникають через проектування, складання або згинання під динамічними навантаженнями.

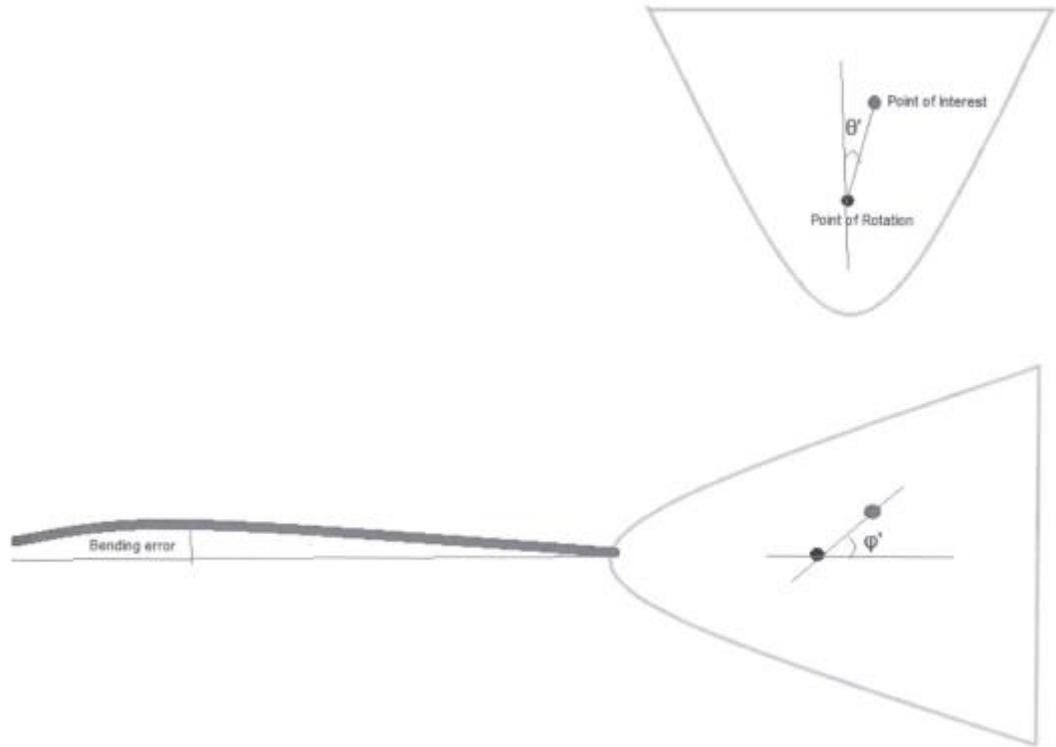


Рисунок 3.16 - Зміщення внаслідок складання.

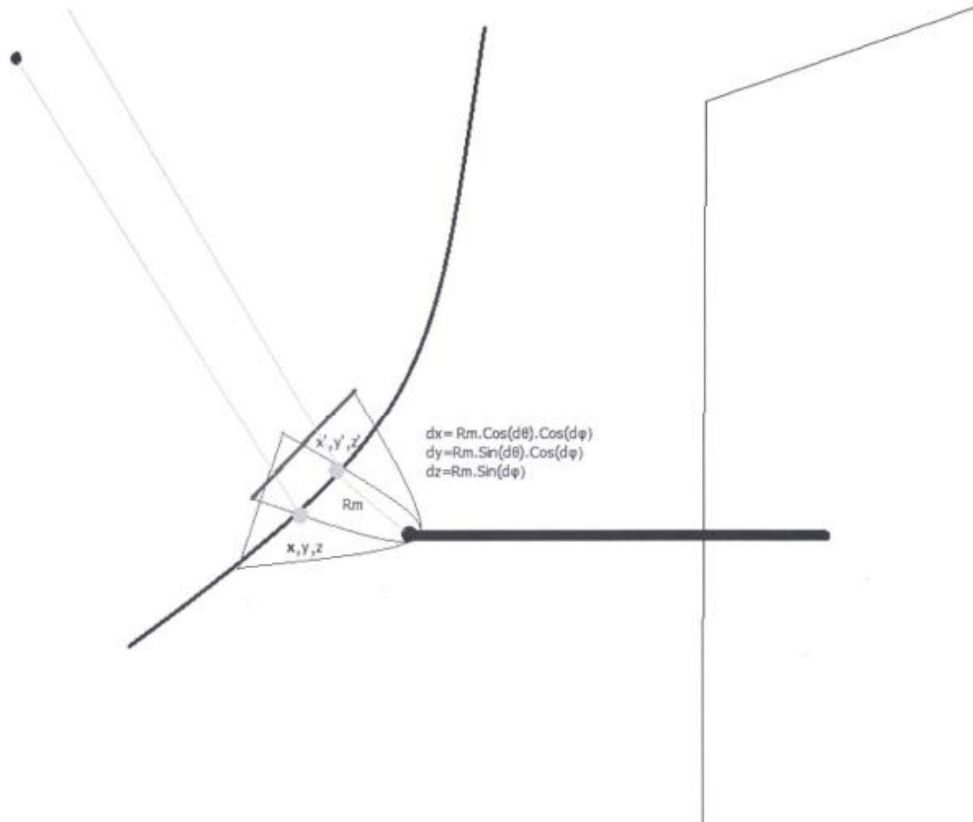


Рисунок 3.17 - Вплив зсувів на позиціонування.

Вплив цих зміщень на фактичне положення об'єкта інтересу представлений наступними формулами:

$$dx = R_m \cos d\theta' \cos d\varphi'$$

$$dy = R_m \sin d\theta' \cos d\varphi'$$

$$dz = R_m \sin d\varphi'$$

де dx, dy, dz : - зміна координат модуля;

R_m - відстань між точкою обертання та точкою інтересу.

Таким чином, значення θ' і φ' потрібно обчислювати за кроками.

І вплив на фактичне положення точки інтересу має зменшуватися на кожному наступному кроці.

Лістинг керуючої програми для реалізації такого алгоритму представлено у лістингу 3.8.

Представлені тут ітераційні алгоритми є моделлю для більш точної реалізації в окремому середовищі, наприклад MATLAB.

В ідеалі ітераційний цикл має бути відокремлений від основного контролера, що реалізує функції безпеки. Це відбувається тому, що у випадку помилки сторінки (збою) ЦП або невизначеного часу обчислення (невизначеного циклу) безпека всієї програми підривається.

3.1.9. Відновлення.

Коли система самостійно перезавантажується після ненавмисного збою живлення під час експерименту, система перевіряє контрольний регістр, який зберігається в пам'яті, і якщо значення перевищує 2^8 . Система встановлює для змінних стану «Power ON» і «ProgramBegin» значення True. Таким чином він обходить час, необхідний для автентифікації користувача. Щоб отримати доступ до графічного інтерфейсу користувача, усе ще потрібно виконати автентифікацію користувача (лістинг 3.9).

```

1  PROGRAM prog_1_2
2
3  VAR_INPUT
4
5      x : LREAL ;
6
7      y : LREAL ;
8
9  END_VAR
10
11 VAR
12
13     thetadash : REAL ;
14
15     phidash : REAL ;
16
17     xnew : REAL ;
18
19     znew : REAL ;
20
21     ynew : REAL ;
22
23     z : LREAL ;
24
25     step2 : BOOL ;
26
27     initiator2 : BOOL ;
28
29     Rad : REAL := 800 ;
30
31     inter1 : REAL ;
32
33     trig : r_trig ;
34
35     thetadash_m : REAL ;
36
37     phidash_M : REAL ;
38
39     test_1 : REAL ;
40
41     xcorrec : REAL ;
42
43     ycorrec : REAL ;
44
45     zcorrec : REAL ;
46
47     trig2 : r_trig ;
48
49     i : INT ;
50
51 END_VAR
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100
101
102
103
104
105
106
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120
121
122
123
124
125
126
127
128
129
130
131
132
133
134
135
136
137
138
139
140
141
142
143
144
145
146
147
148
149
150
151
152
153
154
155
156
157
158
159
160
161
162
163
164
165
166
167
168
169
170
171
172
173
174
175
176
177
178
179
180
181
182
183
184
185
186
187
188
189
190
191
192
193
194
195
196
197
198
199
200
201
202
203
204
205
206
207
208
209
210
211
212
213
214
215
216
217
218
219
220
221
222
223
224
225
226
227
228
229
230
231
232
233
234
235
236
237
238
239
240
241
242
243
244
245
246
247
248
249
250
251
252
253
254
255
256
257
258
259
260
261
262
263
264
265
266
267
268
269
270
271
272
273
274
275
276
277
278
279
280
281
282
283
284
285
286
287
288
289
290
291
292
293
294
295
296
297
298
299
300
301
302
303
304
305
306
307
308
309
310
311
312
313
314
315
316
317
318
319
320
321
322
323
324
325
326
327
328
329
330
331
332
333
334
335
336
337
338
339
340
341
342
343
344
345
346
347
348
349
350
351
352
353
354
355
356
357
358
359
360
361
362
363
364
365
366
367
368
369
370
371
372
373
374
375
376
377
378
379
380
381
382
383
384
385
386
387
388
389
390
391
392
393
394
395
396
397
398
399
400
401
402
403
404
405
406
407
408
409
410
411
412
413
414
415
416
417
418
419
420
421
422
423
424
425
426
427
428
429
430
431
432
433
434
435
436
437
438
439
440
441
442
443
444
445
446
447
448
449
450
451
452
453
454
455
456
457
458
459
460
461
462
463
464
465
466
467
468
469
470
471
472
473
474
475
476
477
478
479
480
481
482
483
484
485
486
487
488
489
490
491
492
493
494
495
496
497
498
499
500
501
502
503
504
505
506
507
508
509
510
511
512
513
514
515
516
517
518
519
520
521
522
523
524
525
526
527
528
529
530
531
532
533
534
535
536
537
538
539
540
541
542
543
544
545
546
547
548
549
550
551
552
553
554
555
556
557
558
559
560
561
562
563
564
565
566
567
568
569
570
571
572
573
574
575
576
577
578
579
580
581
582
583
584
585
586
587
588
589
590
591
592
593
594
595
596
597
598
599
600
601
602
603
604
605
606
607
608
609
610
611
612
613
614
615
616
617
618
619
620
621
622
623
624
625
626
627
628
629
630
631
632
633
634
635
636
637
638
639
640
641
642
643
644
645
646
647
648
649
650
651
652
653
654
655
656
657
658
659
660
661
662
663
664
665
666
667
668
669
670
671
672
673
674
675
676
677
678
679
680
681
682
683
684
685
686
687
688
689
690
691
692
693
694
695
696
697
698
699
700
701
702
703
704
705
706
707
708
709
710
711
712
713
714
715
716
717
718
719
720
721
722
723
724
725
726
727
728
729
730
731
732
733
734
735
736
737
738
739
740
741
742
743
744
745
746
747
748
749
750
751
752
753
754
755
756
757
758
759
760
761
762
763
764
765
766
767
768
769
770
771
772
773
774
775
776
777
778
779
780
781
782
783
784
785
786
787
788
789
790
791
792
793
794
795
796
797
798
799
800
801
802
803
804
805
806
807
808
809
810
811
812
813
814
815
816
817
818
819
820
821
822
823
824
825
826
827
828
829
830
831
832
833
834
835
836
837
838
839
840
841
842
843
844
845
846
847
848
849
850
851
852
853
854
855
856
857
858
859
860
861
862
863
864
865
866
867
868
869
870
871
872
873
874
875
876
877
878
879
880
881
882
883
884
885
886
887
888
889
890
891
892
893
894
895
896
897
898
899
900
901
902
903
904
905
906
907
908
909
910
911
912
913
914
915
916
917
918
919
920
921
922
923
924
925
926
927
928
929
930
931
932
933
934
935
936
937
938
939
940
941
942
943
944
945
946
947
948
949
950
951
952
953
954
955
956
957
958
959
960
961
962
963
964
965
966
967
968
969
970
971
972
973
974
975
976
977
978
979
980
981
982
983
984
985
986
987
988
989
990
991
992
993
994
995
996
997
998
999
1000

```

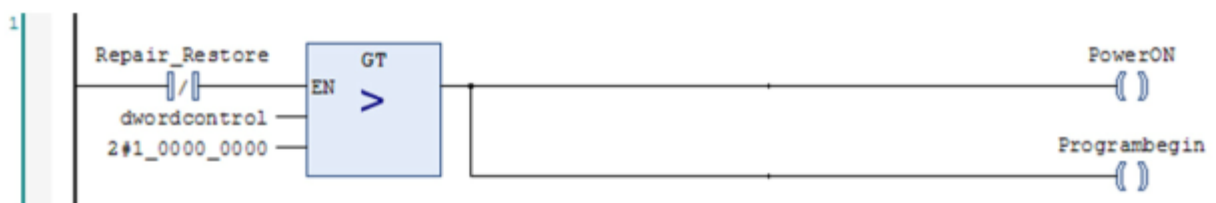
Лістинг 3.8 – Код програми для аналізу зсувів світильників внаслідок складання


```

18
19  IF x > 0 THEN
20
21  //transform axis
22
23  znew := y ;
24
25  xnew := z ;
26
27  ynew := x ;
28
29  //calculate phi and theta
30
31  phidash := ACOS ( ( znew / rad ) ) ;
32
33  phidash_M := phidash * ( 180 / 3.14159 ) ;
34
35  visuglob . CalculatedZ := phidash_m ;
36
37  thetadash := ACOS ( xnew / ( rad * SIN ( phidash ) ) ) ;
38
39  thetadash_m := thetadash * ( 180 / 3.14159 ) ;
40
41  visuglob . Calculatedy := thetadash_m ;
42
43  //test_1:=rad*SIN(thetadash)*SIN(phidash); (should equal z)
44
45  //calculate corrections
46
47  zcorrec := 10 * SIN ( phidash ) * COS ( thetadash ) ;
48
49  xcorrec := 10 * SIN ( phidash ) * SIN ( thetadash ) ;
50
51  ycorrec := 10 * COS ( phidash ) ;
52
53  //update new values
54
55  x := x - xcorrec ;
56
57  y := y - ycorrec ;
58
59  z := z - zcorrec ;
60
61  END_IF
62
63  END_FOR
64
65  END_IF
66

```

Лістинг 3.8 – продовження.



Лістинг 3.9 – Процедура автентифікації користувача

3.1.10. Допоміжні функції.

Допоміжні функції не є критичними для безпосередньої роботи установки, і для доступу до цих функцій потрібні права адміністратора. Наприклад, коли лампа включена, час роботи записується та відображається адміністратору для розрахунку споживання електроенергії, необхідного для розрахунку витрат на експлуатацію. Кількість увімкнених ламп, дані про позиціонування модуля також є важливими параметрами, які реєструються протягом усього експерименту.

3.1.11. Функції безпеки

Функції керування, необхідні для переведення системи в безпечний стан, пояснюються в цьому розділі. Вони були закодовані в програмному забезпеченні як частина загальної стратегії зменшення ризику, згаданої раніше.

Кнопка аварійної зупинки.

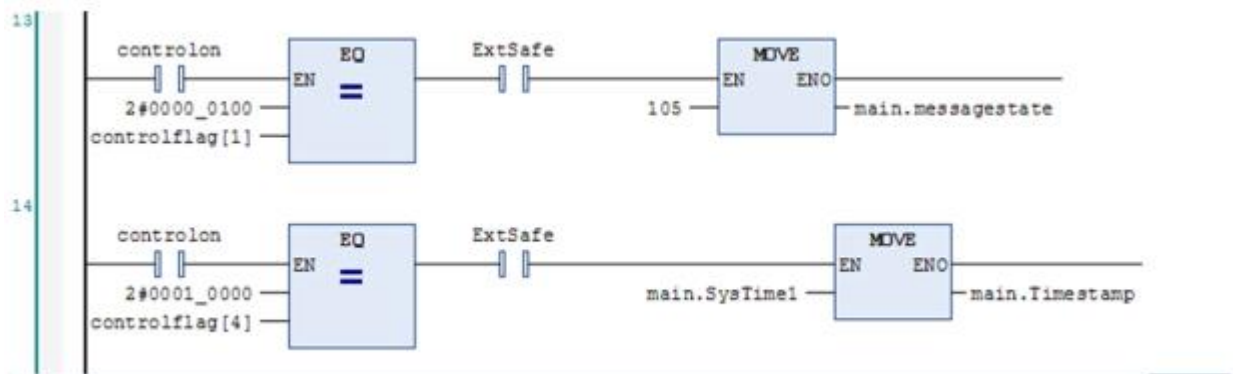
При натисканні аварійної кнопки з боку програмного забезпечення запускається таймер, на виході якого лампи вимикаються одна за одною із затримкою 10 секунд. Однак вентилятори охолодження продовжують працювати ще 30 хвилин.

Системний час.

Структура даних «Денний час» створюється для отримання системного часу для контролера ПЛК. Функція «NT_GetTime» створюється як «UpdateTime», а змінна «Daytime» передається цій функції. Вихід виклику цієї функції зберігається всередині «Daytime». Оскільки ці значення мають форму байтових даних, їх потрібно спочатку перетворити на рядкові типи даних. Є три різні байти, кожен з яких зберігає годину, хвилину та секунду відповідно. Ці байти після перетворення на рядкові значення об'єднуються та передаються в GUI як один рядок.

Журнал нагадувань.

Кожне нагадування запускає певний 8-бітовий прапорець, який потім передається до 32-бітового регістру керування. Під час кожного нагадування змінна «MessageState» змінюється, а в графічному інтерфейсі користувача відображається значення String, яке відповідає нагадування.



Лістиг 3.10 – Реалізація Алармів.

Сигнали тривоги відображаються в графічному інтерфейсі користувача у вигляді таблиці, як показано на малюнку нижче. Для цього в системній пам'яті створено два буфери. Один зберігає рядок нагадування щоразу, коли спрацьовує новий нагадування, а інший буфер використовується для зберігання даних часу для кожного нагадування.

Буфери являють собою одновимірний масив довжиною 8. Функція, яка використовується для переміщення значення String у буфері, називається «Реєстратор». Функція отримує вказівник на попередній рядок нагадування, довжину попереднього рядка нагадування, адресу буфера та довжину буфера. При кожному виклику функції попередній рядок переміщується в буфер на значення пам'яті, що дорівнює довжині рядка та нового рядка розміщується у початковому значенні пам'яті буфера, тобто вказівнику на буфер. Таким чином досягається черга даних «першим прийшов, першим вийшов». Системний час також отримується для кожного екземпляра нагадування та передається до тієї самої функції «реєстратора» та відображається в графічному інтерфейсі вздовж рядка нагадування.

Doors		Cooling	3	Stop
	Code	Alarm	Priority	
1	13:16:23	Door open		
2	13:16:8	Cooling failure		
3				
4				
5				
6				
7				
8				

Рисунок 3.18 - Журнал аварій в інтерфейсі користувача.

```

1  FUNCTION Logger : BOOL
2
3  VAR_INPUT
4
5      cbdata : UDINT ;
6
7      cbbuffer : UDINT ;
8
9      pdata : POINTER TO BYTE ;
10
11     pBuffer : POINTER TO BYTE ;
12
13 END_VAR
14
15 VAR
16
17 END_VAR
18

```

```

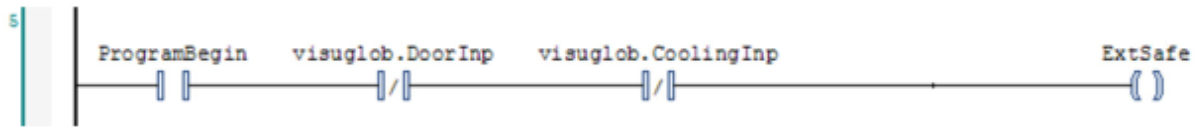
1  fw_memMove (
2
3      pdest := pBuffer + cbdata ,
4
5      psrc := pBuffer ,
6
7      cblen := cbbuffer - cbdata
8  ) ;
9
10 fw_memmove (
11
12     pdest := pBuffer ,
13
14     psrc := pdata ,
15
16     cblen := cbdata
17  ) ;
18

```

Лістинг 3.11 – Код реалізації алармів.

Перша перевірка безпеки.

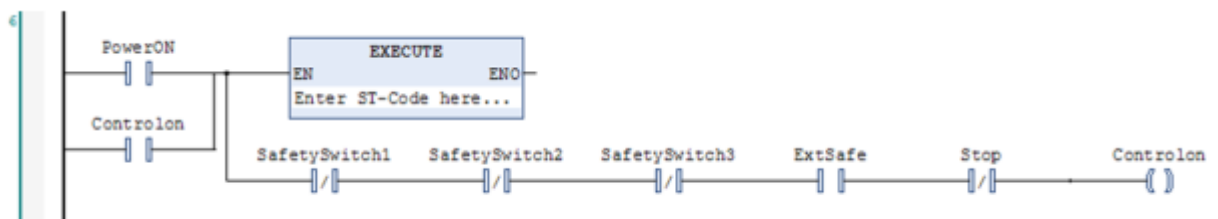
У стані «ProgramBegin» ПЛК перевіряє вхідні дані від інших шинних систем у будівлі, а саме: входи HVAC та керування доступом. Після успішного підтвердження цих введених даних система переходить у зовнішній безпечний стан «ExtSafe».



Лістинг 3.12 – Код реалізації першої перевірки.

Друга перевірка безпеки.

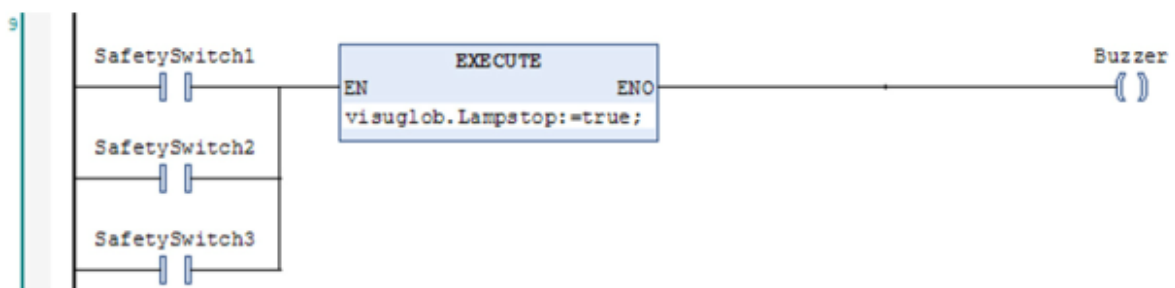
Після 1-ї перевірки безпеки користувач повинен натиснути кнопку ввімкнення, щоб запустити систему керування модулем. Ця модульна система управління запускається тільки тоді, коли всі захисні вимикачі в будівлі знаходяться в замкнутому стані.



Лістинг 3.13 – Код реалізації другої перевірки.

Запобіжні вимикачі.

Коли будь-який із захисних вимикачів натиснуто, програмне забезпечення запускає алгоритм зупинки ламп після послідовних затримок і сигналізує про вихід зумера в будівлі.



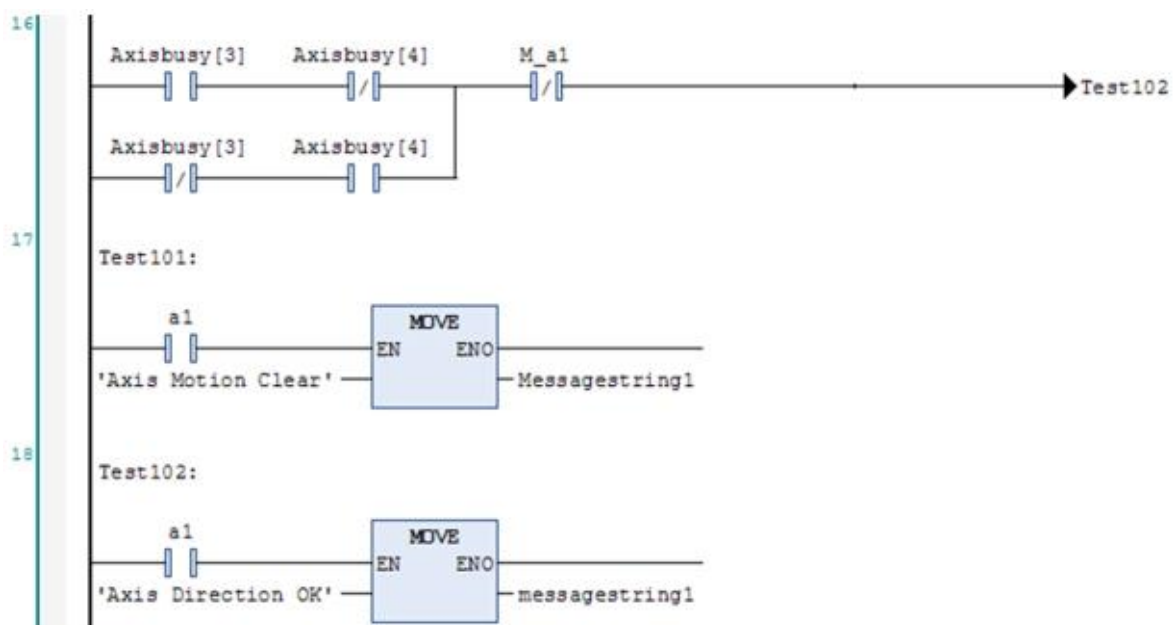
Лістинг 3.14 – Код реалізації запобіжника.

Перевірка послідовності осей.

У цій частині програми «Registering_1» передається вихідний сигнал «Axis.Busy» від контролерів двигунів. Цей вихід передається для осі, яка наразі вибрана, і для осі, якою працювали востаннє. Якщо вихід «Axis.Busy» для обох осей є істинним, тоді генерується тривога.

Перевірка напрямку осі.

У цій частині контролер перевіряє «Позитивне включення подачі» зі значенням «Негативне ввімкнення подачі». Якщо обидва ці параметри правдиві, генерується сигнал тривоги. Ці функції можна отримати наступним чином:



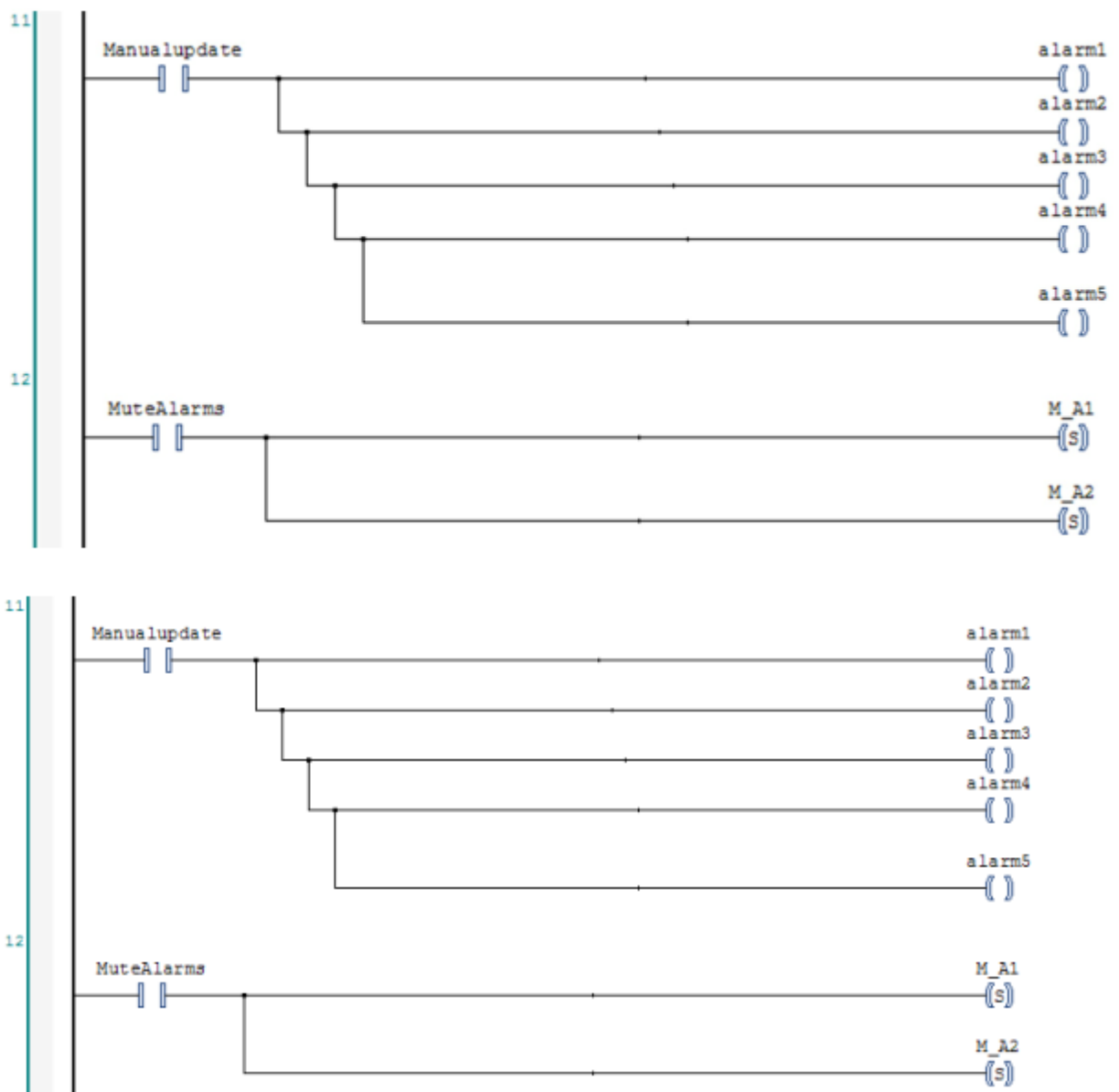
Лістинг 3.15 – Код реалізації перевірки лсей.

Режим відновлення.

Змінна «Repair_Restore», коли встановлено стан `True`, надає програмісту можливість виправлення неполадок у програмному забезпеченні за допомогою програми усунення несправностей «Registering_1», представленої програмісту у вигляді схемної схеми. Програміст може зупинити ПЛК і перевести його в режим конфігурації.

Оновлення/вимкнення сигналів тривоги.

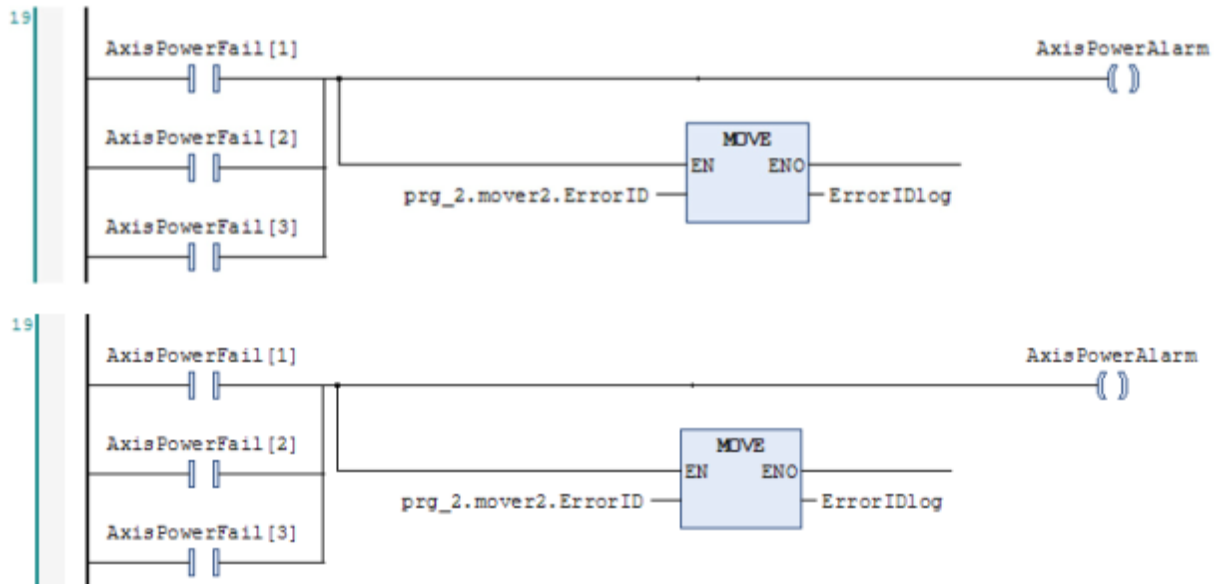
У режимі усунення несправностей сигнали тривоги можуть бути придушені користувачем шляхом графічного перемикання змінної «MuteAlarms» у програмі «Registering_1» у справжній стан. Сигнали також можна оновити, передавши значення True у змінну «ManualUpdate» у програмі.



Лістинг 3.16 – Код реалізації перевірки осей.

Перевірка потужності осі.

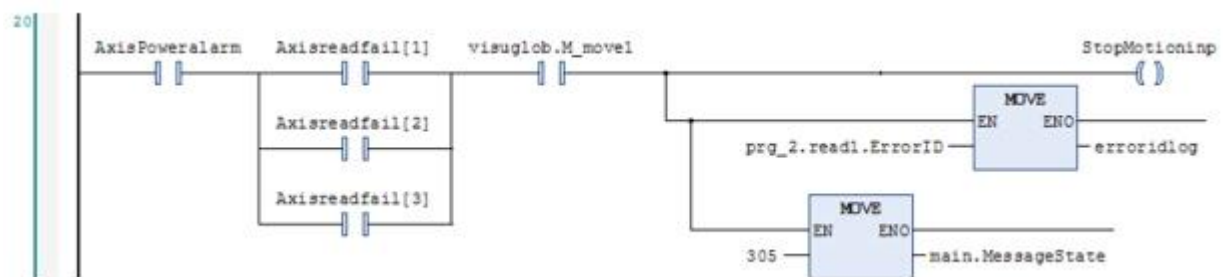
Коли будь-яка з трьох осей у модулі повідомляє про збій живлення, ідентифікатор помилки відображається програмісту, а котушка «AxisPowerAlarm» встановлюється на значення True.



Лістинг 3.17 – Код реалізації перевірки потужності осей.

Перевірка зчитування осі.

Коли вихід помилки функції зчитування руху в основній програмі переходить у стан True для будь-якої з осей у модулі, змінна «Axis read fail» встановлюється на значення True. Якщо також присутній аварійний сигнал потужності осі, тоді для котушки «StopMotionInp» встановлюється значення True, а будь-які інші значення для руху беруться з GUI. Також відображається відповідний ідентифікатор помилки.



Лістинг 3.18 – Код реалізації перевірки зчитування осі.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Долікарська допомога при шоку.

Розглянемо порядок, що визначає механізм надання домедичної допомоги при підозрі на шок не медичними працівниками.

Шок – це стан між життям та смертю; загальний тяжкий розлад життєво важливих функцій організму, спричинений порушенням нервової регуляції життєво важливих процесів; характеризується розладами гемодинаміки, дихання, обміну речовин.

Ознаки шоку у постраждалого:

бліда, холодна і волога шкіра;

слабкість;

непокій;

сухість в роті, відчуття спраги;

часте дихання (більш ніж 20 вдихів за хвилину);

порушення свідомості; непритомність.

Причинами виникнення шоку можуть бути:

зовнішня кровотеча;

внутрішня кровотеча;

травми різного генезу;

опіки;

серцевий напад тощо.

Послідовність дій при наданні домедичної допомоги постраждалим при підозрі на шок не медичними працівниками:

- 1) переконатися у відсутності небезпеки;
- 2) провести огляд постраждалого, визначити наявність свідомості, дихання;
- 3) викликати бригаду екстреної (швидкої) медичної допомоги;

4) якщо у постраждалого відсутнє дихання, розпочати проведення серцево-легеневої реанімації;

5) усунути причину виникнення шокового стану: зупинити кровотечу, іммобілізувати перелом тощо;

б) надати постраждалому протишокове положення:

а) перевести постраждалого в горизонтальне положення;

б) покласти під ноги постраждалого ящик, валик з одягу тощо таким чином, щоб ступні ніг знаходились на рівні його підборіддя;

в) підкласти під голову постраждалого одяг/подушку;

г) вкрити постраждалого термопокривалом/покривалом;

7) забезпечити постійний нагляд за постраждалим до приїзду бригади екстреної (швидкої) медичної допомоги;

8) при погіршенні стану постраждалого до приїзду бригади екстреної (швидкої) медичної допомоги повторно зателефонувати диспетчеру екстреної медичної допомоги.

4.2. Розробка, оформлення кімнати для психологічного розвантаження працівників

Напружений ритм життя шкільних працівників, інтенсифікація їх праці на тлі низької рухової активності породжують відомий дисонанс між вимогами, що пред'являються до інтелекту, емоційній сфері, і порівняно малої фізичним навантаженням. Робота нервової системи в подібному режимі часто веде до підвищеного напрузі, невміння розслабитися, виходити з напруженого стану, знаходити психічну рівновагу. У більшості випадків у людей, схильних "хворобам століття" - неврозів, гіпертонії та ішемічної хвороби серця, - можна фіксувати підвищену м'язову напруженість, втрату навичку довільного розслаблення м'язів. Крім того, інтенсивне навчання деяких предметів викликає необхідність зняття психічної напруги. Все це ставить перед психологічною службою школи нагальну задачу створення кабінету психологічного розвантаження (КПР).

Кабінет психологічного розвантаження в школі працює в п'яти режимах:

1. Психологічна розвантаження співробітників і школярів після напруженої роботи в кінці робочого (навчального) дня або в спеціально відведений для цього час.

2. Психологічний настрій (мобілізація) тих співробітників і школярів, які насилу включаються в напружений ритм роботи на початку робочого дня, навчання навичкам мобілізації в стресі (контрольна, іспит і т.п.).

3. Зняття психологічного навантаження викладачів і школярів відповідно до курсу, призначеним психотерапевтом.

4. Психопрофілактична робота з практично здоровими вчителями та школярами (навчання методам релаксації, медитації, аутогенного тренування, навичкам безконфліктного спілкування, тренінг спілкування і т.д.).

5. Забезпечення процесу інтенсивного навчання, включаючи методи суггестопедии, релаксопедії, гіпнопедії, а також використання кімнати психологічного розвантаження як експериментальної бази для розробки нових методів навчання.

Питання про можливість і необхідність відвідування сеансів психологічного розвантаження вирішується співробітниками психологічної служби на основі даних психодіагностики в залежності від характеру впливу. Для індивідуальної роботи відводиться від 5 до 30 хвилин на одну людину, на групу - 60 хвилин. При наявності в КПП 12-15 місць його пропускна здатність становить 60-80 чоловік у зміну, а курсове лікування можуть отримати одночасно до 200 чоловік, оскільки заняття проводяться два-три рази на тиждень. При проведенні занять інтенсивного навчання пропускна можливість КПП знижується, однак особи, які проходять інтенсивний курс, одночасно випробовують і психопрофілактичний вплив.

До облаштування КПП пред'являються певні технічні вимоги. Кабінет повинен складатися з двох зв'язаних між собою кімнат. Перша кімната є одночасно і робочим кабінетом психологічної служби. Сюди винесена вся апаратура, обслуговуюча сеанси психотерапії і заняття інтенсивного навчання. Крім того, з операторської через спеціальне дзеркальне скло з одного боку можна проводити невиключене спостереження за поведінкою відвідувачів в психотерапевтичному залі. Такий зал обладнується 10-15 м'якими кріслами з високими підголовниками і вмонтованими в них роз'ємами для підключення індивідуальних навушників. Площа залу повинна бути не менше 40 кв. м, стелі повинні бути досить високими, щоб відвідувачі не відчували себе в тісноті і щоб в затемненому залі у них виникало почуття усамітнення.

Інтер'єр кабінету психологічного розвантаження повинен викликати у відвідувачів позитивні емоції, надавати сприятливий вплив на організм людини. Шумоізольовані стіни КПП повинні бути блакитного або світло-зеленого кольору. В якості будівельного матеріалу використовуються

перфопліти або акустична штукатурка, в декоративній обробці застосовуються шкірозамінник, дерматин та інші матеріали, за допомогою яких можна створити затишок, що позитивно впливає на настрій людини.

Психотерапевтичний зал також повинен бути обладнаний автоматичною системою затемнення вікон, екраном, світломузичним пристроєм, акустичними колонками, апаратами для іонізації, зволоження та кондиціонування повітря, великим акваріумом з підсвічуванням і технічними засобами управління станом людини (ТСУС), запропонованими С. М. Зоріна. Будучи головною частиною керованої цветозвукового середовища, ТСУС являє собою поліфункціональну систему для реалізації специфічних аудіовізуальних впливів з метою управління увагою, релаксацією, активізацією, а також для зниження рівня антисуггестивних бар'єрів. У систему ТСУС входить два функціональних блоку:

1. Установка керованого колірною клімату. Вона має вигляд рами з алюмінієвого сплаву П-образного профілю, розташованої по периметру кімнати у стелі. П'ять груп ламп накачування, змонтовані на цій рамі, дозволяють здійснювати управління яскравістю і спектральним складом освітлюваної аудиторії. Всі світильники спрямовані в стелю, щоб забезпечувати м'який, розсіяне світло в залі. Освітлення психотерапевтичного залу може змінюватися як вручну оператором, так і автоматично, за заздалегідь розробленою для кожного виду впливу програмою.

2. Светодінамієская система (СДС). На відміну від установки керованого колірною клімату, що змінює лише яскравість і кольоровість освітлення, СДС дозволяє здійснити на екрані синтез керованих параметрів світлодинамічних символів. Ці символи, змінюючи за бажанням оператора або за заданою програмою свої обриси, колір, яскравість, насиченість, швидкість і спрямованість руху, можуть з'єднуватися в складні, що розвиваються у часі динамічні композиції, що мають багатопланове застосування.

Все управління психотерапевтичним сеансом здійснюється з операторської кімнати, де на стелажах розташовані стереомагнітофони з Мікшерський пультом, діа- та кінопроектори, що забезпечують за допомогою спеціально підібраних слайдів, кінозарісовок і музики емоційно-естетичний вплив на людину.

.

ВИСНОВКИ

У роботі було розроблено автоматизовану систему керування групою світильників для реалізації проєкту керування освітленням певних ділянок будівлі.

Було обрано апаратне обладнання та розглянуто основні алгоритми керування, які забезпечують керування вмиканням світильників, забезпечують стабільність світлового потоку, контролюють функціонування системи озолодження для забезпечення темальної стабільності блоку світильників.

Також було описано та реалізовано алгоритми руху світильників без можливих зіткнень для забезпечення безпеки самої системи.

Проаналізувавши аспекти роботи та розробивши алгоритми було створено керуючу програму для реалізації ефективного процесу керування напрямом та стабільністю світлового потоку при заданій потужності.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Wiegardt Kai, Funken Karl-Heinz, Dibowski Gerd. SynLight – the world’s largest artificial sun, 2016. URL : https://www.researchgate.net/publication/303706834_SynLight_-_the_world's_largest_artificial_sun.
2. Krueger K.R., Davidson J.H., Lipiński W. Design of a New 45kWe High-Flux Solar Simulator for High-Temperature Solar Thermal and Thermochemical Research / Journal of Solar Energy Engineering, 2011. – С. 131-138.
3. Call F., Roeb M., Schmücker M. Ceria Doped with Zirconium and Lanthanide Oxides to Enhance Solar Thermochemical Production of Fuels / Journal of Physical Chemistry, 2015. – С. 6929-6938.
4. Lange M., Roeb M., Sattler C., Pitz-Paal R. T-S Diagram Efficiency Analysis of Two-step Thermochemical Cycles for Solar Water Splitting under Various Process Conditions / Energy, 2014. С. 298-308. URL : https://www.researchgate.net/publication/303706834_SynLight__the_world's_largest_artificial_sun.
5. Li J., Gonzalez-Aguilar J., Pérez-Rábago C. Optical Analysis of a Hexagonal 42kWe High-Flux Solar Simulator / Energy Procedia, 2014. – С. 590-596.
6. Nakakura M., Ohtake M., Matsubara K. Development of a Receiver Evaluation System using 30 kWth Point Concentration Solar Simulator / Energy Procedia, 2015 С. 497-505.
7. А.Г. Микитишин, М.М. Митник, П.Д. Стухляк, В.В. Пасічник Комп’ютерні мережі. Книга 1. [навчальний посібник] (Лист МОНУ №1/11-8052 від 28.05.12р.) - Львів, "Магнолія 2006", 2013. – 256 с.
8. А.Г. Микитишин, М.М. Митник, П.Д. Стухляк, В.В. Пасічник Комп’ютерні мережі. Книга 2. [навчальний посібник] (Лист МОНУ №1/11-11650 від 16.07.12р.) - Львів, "Магнолія 2006", 2014. – 312 с.

9. Микитишин А.Г., Митник, П.Д. Стухляк. Комплексна безпека інформаційних мережевих систем: навчальний посібник – Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2016. – 256 с.
10. Микитишин А.Г., Митник М.М., Стухляк П.Д. Телекомунікаційні системи та мережі : навчальний посібник для студентів спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2017 – 384 с.