

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Сумський державний університет

Класичний фаховий коледж

(повна назва інституту/факультету)

(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»

(підпис)

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

20__ р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня бакалавр

(бакалавр / магістр)

зі спеціальності 171Електроніка

(код та назва)

освітньо-професійної програми Електронні інформаційні системи

(освітньо-професійної / освітньо-наукової)

(назва програми)

на тему: Автоматизовані системи на основі промислових логічних контролерів

Здобувача групи ЕІз-91к

(шифр групи)

Морміля Юрія Анатолійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

(підпис)

Юрій Морміль

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ здобувача)

Керівник викладач, к.ф.-м.н., доцент, Іван Бурик

(посада, науковий ступінь, вчене звання, ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

Консультант¹⁾

(посада, науковий ступінь, вчене звання ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

АНОТАЦІЯ

Обґрунтуванням актуальності теми є зростання індустріалізації та потреби в автоматизованих системах з програмованими логічними контролерами (ПЛК).

Мета роботи полягає в аналізі автоматизованих систем з ПЛК, вивчені принципів їх функціонування, архітектури, робочих характеристик та застосування.

Відповідно до мети, вирішувалися такі задачі:

- вивчення компонентів ПЛК, організації інформаційних каналів та програмного забезпечення, зокрема програмування та конфігурування ПЛК для управління світлофорним об'єктом;
- дослідження останніх тенденцій в розвитку автоматизованих систем з ПЛК, зокрема використання мережі Інтернет речей (IoT), хмарних технологій та штучного інтелекту.

При виконанні роботи використовувалися програмування у середовищі U90 Ladder та ПЛК Unitronics M90.

Об'єктом дослідження кваліфікаційної роботи є організація інформаційних каналів в автоматизованих системах з ПЛК.

Предмет досліджень передача програмних змінних між програмами ПЛК та системи управління, їх відправка на пристрої відображення інформації, сучасні технології та стандарти, перспективи розвитку.

На підставі проведеного аналізу запропоновано перспективи розвитку автоматизованих систем з ПЛК. Визначено потенційні напрямки досліджень та вдосконалень, включаючи розширення можливостей взаємодії з іншими системами, забезпечення кібербезпеки та використання передових технологій для оптимізації промислових процесів.

Робота викладена на 37 сторінках, у тому числі включає 14 рисунків, 1 таблиця, список цитованої літератури із 32 джерел.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: автоматизовані системи, промислові логічні контролери, програмування, світлофорний об'єкт

ЗМІСТ

	С.
ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1 ПРИНЦИПИ РОБОТИ ПРОМИСЛОВИХ ЛОГІЧНИХ КОНТРОЛЕРІВ.....	5
1.1. Архітектура та характеристики.....	5
1.2. Введення/виведення (I/O) та програмування... ..	9
1.3. Застосування автоматизованих систем з ПЛК	10
РОЗДІЛ 2 МЕТОДИКА І ТЕХНІКА ЕКСПЕРИМЕНТУ.....	14
2.1. Узагальнена структура ПЛК.....	
2.2. Управління світлофорним об'єктом за допомогою Unitronics M90	16
2.2.1. Послідовність роботи з налагодження проекту.....	16
2.2.2. Програмування в середовищі U90 Ladder.....	21
РОЗДІЛ 3 РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ.....	24
3.1. Сучасні технології та стандарти в автоматизованих системах.....	24
3.1.1. Індустріальний Інтернет речей (ІІоТ).....	24
3.1.2. Протоколи зв'язку.....	25
3.1.3. Системи збору та аналізу даних.....	26
3.2. Перспективи розвитку автоматизованих систем з ПЛК.....	29
3.2.1. Інтелектуалізація та штучний інтелект.....	29
3.2.2. Оптимізація процесів та енергоефективність.....	30
3.2.3. Кібербезпека.....	31
ВИСНОВКИ.....	33
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	34
ДОДАТОК А. СЛАЙДИ ПРЕЗЕНТАЦІЇ ДО РОБОТИ.....	37

ВСТУП

Автоматизація є ключовим фактором в розвитку промисловості, забезпечуючи ефективність, точність та безпеку виробничих процесів. Промислові логічні контролери (ПЛК) (англ. programmable logic controller (PLC)) зарекомендували себе як надійні та гнучкі засоби автоматизації. Їх використання дозволяє здійснювати контроль над різними елементами промислового обладнання, виконувати складні логічні операції та забезпечувати зв'язок з іншими системами.

У цій роботі досліджується використання ПЛК в автоматизованих системах. Вони слугують ключовим компонентом в сучасних промислових процесах, забезпечуючи надійну та ефективну автоматизацію. В роботі розглядаються принципи роботи ПЛК, їх характеристики та основні переваги у порівнянні з іншими системами автоматизації. Основна увага приділяється програмуванню та застосуванню в різних промислових галузях. Розглядаються переваги, які надають такі системи, зокрема зменшення трудомісткості, підвищення ефективності та якості виробництва, зниження ризику помилок та покращення безпеки промислових процесів. Дослідження включає огляд сучасних технологій, стандартів та протоколів, які допомагають забезпечити інтеграцію ПЛК в складні автоматизовані системи.

Проаналізовано можливості та виклики, що виникають у зв'язку зі зростанням комплексності та інтеграцією автоматизованих систем. На підставі проведеного аналізу запропоновано перспективи розвитку автоматизованих систем з ПЛК. Окрема увага приділена застосуванню автоматизованих систем на основі ПЛК в різних галузях промисловості, включаючи виробництво, системи опалення, енергетику та інші [1-6].

РОЗДІЛ 1

ПРИНЦИП РОБОТИ ПРОМИСЛОВИХ ЛОГІЧНИХ КОНТРОЛЕРІВ

1.1. Архітектура та характеристики

Промислові логічні контролери – електронні пристрої, які використовуються для автоматизації технологічних процесів таких як, керування конвеєрною лінією, насосами на станціях водопостачання, верстатами з числовим програмним керуванням тощо. По суті, це апаратно-програмна система реального часу – комп'ютер, призначений для запуску операційної системи реального часу і прикладних програм, що реалізують потрібні алгоритми. Основною його відмінністю від комп'ютерів загального призначення є значна кількість пристроїв вводу-виводу для давачів та виконавчих пристроїв, а також можливість надійної роботи при несприятливих умовах: широкий діапазон температур, висока вологість, сильні електромагнітні завади, вібрації тощо.

ПЛК мають ряд особливостей, що відрізняють їх від інших електронних пристроїв, які застосовуються на виробництві:

- на відміну від мікроконтролера (однокристального комп'ютера) – мікросхеми, призначеної для управління електронними пристроями – ПЛК є самостійним пристроєм, а не окремою мікросхемою.
- на відміну від комп'ютерів, орієнтованих на прийняття рішень і управління оператором, ПЛК орієнтовані на роботу з машинами через розгалужену систему вводу-виводу для введення сигналів датчиків і виведення сигналів на виконавчі механізми;
- на відміну від вбудованих систем ПЛК виготовляються як самостійні виробни, відокремлені від керованого за його допомоги обладнання.

Використання ПЛК дозволяє підвищити ефективність, надійність та автоматизацію виробничих процесів, знизити витрати та спростити управління. Ці переваги роблять ПЛК популярними інструментами у сфері промислової автоматизації.

Типовий ПЛК – це електронний блок з певним набором виходів і входів для підключення виконавчих механізмів, датчиків, тощо. На рис.1.1 наведено структуру схему його роботи .



Рис.1.1. Структурна схема системи моделювання роботи ПЛК [6]

ПЛК мають типову трьохшарову архітектуру, яка включає наступні компоненти:

1. Апаратне забезпечення (Hardware Layer) [1-8]:

- центральний процесор (CPU) виконує обчислення та керування всіма операціями ПЛК;

- введення/виведення (I/O) забезпечує зв'язок між зовнішніми сенсорами та кнопками (введення) та виконавчими пристроями (виведення).
- засоби зв'язку дозволяють з'єднувати ПЛК з іншими пристроями або мережами.

2. Програмного забезпечення (Software Layer):

- операційна система ПЛК забезпечує основні функції керування, планування та виконання програм на ПЛК.
- мови програмування надають можливість розробки логічних алгоритмів та керуючих програм для ПЛК;
- редактор програм дозволяє розробляти, змінювати та завантажувати програми на ПЛК

3. Шар користувачького інтерфейсу (User Interface Layer):

- моніторинг та керування забезпечує інтерфейс для спостереження, налагодження та керування ПЛК.
- візуалізація відображає стан системи, дані процесу та іншу інформацію за допомогою графіки та тексту.
- комунікація з оператором дозволяє взаємодіяти з ПЛК, вводити команди та отримувати відповіді.

ПЛК відзначаються високою надійністю та стійкістю. Вони призначені для використання у важких промислових умовах, де можуть виникати вібрації, пил, волога та інші небезпеки для електронного обладнання. ПЛК мають міцну конструкцію та захисні властивості, що дозволяють їм працювати надійно й безперебійно навіть у важких умовах. В табл.1.1 наведені типові характеристики ПЛК.

ПЛК забезпечують гнучкість та можливість розширення функціональності системи автоматизації. Вони підтримують різноманітні модулі введення/виведення (I/O), які можуть бути додані або замінені в залежності від потреб конкретного застосування. Це дозволяє зручно налаштовувати систему під потреби виробничого процесу та вносити зміни в майбутньому без необхідності заміни всього обладнання.

Характеристики ПЛК [7]

Назва	Призначення
Кількість входів - виходів	Визначають максимальну можливу кількість контрольованих давачів і керованих механізмів, які можуть бути підключені до ПЛК
Швидкодія ПЛК	Характеризує тривалість циклу однократного обслуговування усіх входів-виходів
Об'єм пам'яті	Визначає можливості даного ПЛК у частині створення прикладного програмного забезпечення
Типи пам'яті	ППЗП типу PROM для збереження базової (незмінної) частини керуючих програм
	ОЗП з підживленням на акумуляторах – на етапах налагодження і коректування програмного забезпечення, а також для збереження оперативної інформації,
	ППЗП типу REPR0M як основна пам'ять для збереження керуючих програм
Номенклатура пропонувананих модулів вводу-вивод	Характеризує можливості адаптації ПЛК різних фірм до умов промислового використання в частині номенклатури й величин живлячих напруг і комутуючих струмів органів керування, давачів і виконавчих механізмів
Оснащеність стандартними інтерфейсами	Характеризує пристосованість ПЛК до використання його в системах керування з можливістю дистанційного вводу і коректування програм та даних
Типи мов і технологія програмування	Характеризують ступінь складності освоєння прикладного програмного забезпечення і зручність вводу і коректування записаних у пам'ять керуючих програм

Промислові логічні контролери застосовуються у багатьох галузях, включаючи виробництво, автоматизацію будівель, енергетику, хімічну промисловість, машинобудування та багато інших. Вони можуть бути використані для контролю різноманітних процесів, включаючи керування машинами, системами безпеки, системами освітлення, температурного регулювання, контролю якості та багатьма іншими завданнями [9].

ПЛК мають спеціальні середовища програмування, які спрощують процес розробки керуючих програм. Найпоширенішими мовами програмування для ПЛК є ладдерна діаграма, функціональний блок, структурований текст тощо. Ці мови є легкими для розуміння та використання і дозволяють інженерам швидко розробляти та змінювати програми. Крім того, ПЛК мають можливості налагодження, які спрощують виявлення та усунення помилок в програмах. ПЛК призначений для роботи в режимі реального часу в умовах промислового середовища і має бути доступний для програмування неспеціалістом у галузі інформатики [10].

1.2. Введення/виведення інформації та програмування

Введення/виведення є важливою складовою частиною промислового логічного контролера. Введення включає збір інформації з датчиків та інших зовнішніх пристроїв, а виведення - керування виконавчими пристроями, такими як мотори, клапани, насоси тощо. Для забезпечення зв'язку між ПЛК і зовнішніми пристроями використовуються різні типи сигналів, такі як цифрові, аналогові, ПШМ (пульсово-широтні модуляції) тощо. Введення/виведення може бути локальним (підключення пристроїв безпосередньо до ПЛК) або віддаленим (підключення пристроїв через мережу, наприклад, Ethernet).

Існує кілька мов програмування, які використовуються для розробки програм для промислових логічних контролерів :

- ладдерна діаграма (Ladder Diagram) – графічна мова програмування, яка моделює електричні ланцюжки за допомогою контактів, реле, таймерів, логічних операцій та інших елементів.
- функціональний блок (Function Block Diagram) – мова програмування базується на функційних блоках, які представляють логічні або арифметичні операції, а також вхідні та вихідні змінні.
- структурований текст (Structured Text) – текстова мова програмування, яка використовує структуровані команди, оператори та функції, подібні до мови Pascal або C.

Схема функціонального блоку (Sequential Function Chart): Ця мова програмування базується на графічних діаграмах, які моделюють послідовність станів та переходів між ними.

Ці мови програмування надають інженерам можливість розробки логічних алгоритмів та керуючих програм для ПЛК залежно від вимог конкретної системи автоматизації.

1.3. Використання ПЛК для автоматизації систем

ПЛК є засобами системної інтеграції і складовою частиною (рис.1.2) базового програмного забезпечення сучасної автоматизованої системи управління технологічними процесами (АСУ ТП). Загальна схема автоматизованої системи на основі ПЛК може включати наступні основні компоненти [6-15]:

- промисловий логічний контролер – центральний елемент системи, який відповідає за керування всіма процесами. Він отримує сигнали від датчиків, здійснює обробку даних та приймає рішення щодо керування пристроями в системі;
- введення/виведення (I/O) – модулі відповідають за збір вхідних сигналів (від датчиків, кнопок тощо) і відправку вихідних сигналів (до виконавчих пристроїв, механізмів тощо), вони забезпечують зв'язок між зовнішнім світом і ПЛК;

- датчики вимірюють фізичні параметри, такі як температура, тиск, рівень, швидкість тощо, і перетворюють їх у електричні сигнали, які передаються до ПЛК;
- виконавчі пристрої контролюють фізичні процеси або механізми в системі, наприклад, це можуть бути електродвигуни, клапани, насоси, мотори тощо, ПЛК відправляє сигнали до цих пристроїв для їх керування;
- комунікаційна мережа – інфраструктура, яка забезпечує передачу даних між ПЛК, датчиками, виконавчими пристроями та іншими компонентами системи, використовуються протоколи зв'язку, такі як Ethernet, Modbus, Profibus і т.д.
- програмне забезпечення використовується для програмування і налагодження ПЛК, це дозволяє інженерам створювати логіку керування, налаштовувати параметри системи та відстежувати її роботу.

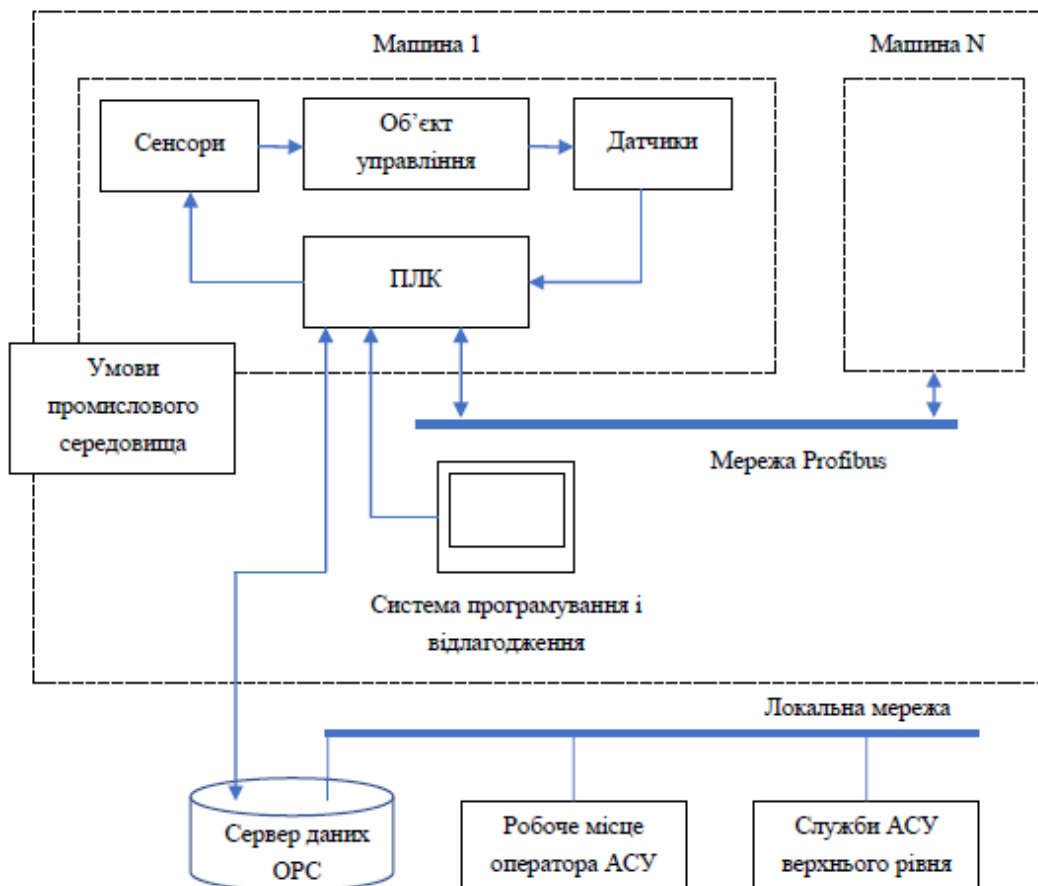


Рис. 1.2. Схема автоматизованої системи з ПЛК [6]

ПЛК знайшли широке застосування в системах опалення, де вони виконують функції автоматичного керування, моніторингу та регулювання температурного режиму. Одним з основних застосувань ПЛК в системах опалення є керування теплогенеруючим обладнанням, таким як котли, насоси, клапани та інші виконавчі пристрої. ПЛК отримує інформацію з датчиків, які вимірюють температуру повітря, температуру води, рівень палива і т.д. За допомогою програмно заданих алгоритмів, ПЛК приймає рішення щодо роботи обладнання і керує його робочими параметрами. Наприклад, ПЛК може включати і вимикати котел в залежності від потреби в опаленні, регулювати температуру води, контролювати тиск і температуру повітря в системі. Крім того, ПЛК забезпечують моніторинг системи опалення (рис.1.3). Вони можуть виявляти несправності, такі як витoki води, перегрів котла, блокування клапанів і т.д. При виявленні таких проблем, ПЛК може виконати певні дії, наприклад, вимкнути обладнання і відправити сигнал тривоги.

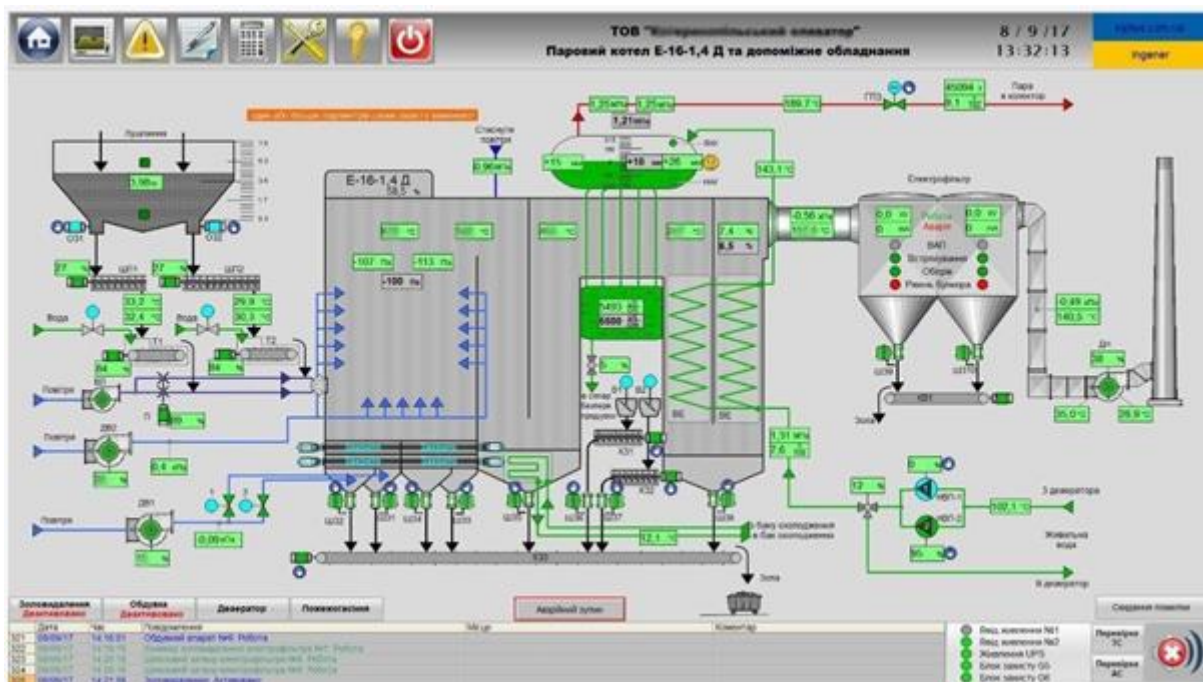


Рис.1.3. Застосування ПЛК в автоматичній системі опалення [11]

Крім автоматичного керування та моніторингу, ПЛК можуть також забезпечувати інтеграцію з іншими системами. Наприклад, вони можуть бути підк-

лючені до системи "розумний дім" для централізованого керування опаленням разом з іншими пристроями, або взаємодіяти з системами енергозбереження для оптимізації споживання енергії. Застосування ПЛК в системах опалення дозволяє автоматизувати процеси керування, покращити ефективність роботи системи та забезпечити комфортні умови для користувачів.

ПЛК використовуються для реалізації автоматизованих систем контролю якості виробництва. Вони можуть контролювати параметри якості виробів, виконувати вимірювання, відстежувати процеси виготовлення та аналізувати дані для забезпечення високої якості продукції. Використання ПЛК дозволяє здійснювати автоматичну сортування, відбір та контроль виробів згідно з встановленими стандартами якості.

ПЛК широко використовуються для автоматизації виробничих ліній. Вони забезпечують контроль та керування різними процесами виробництва, такими як рух конвеєрів, регулювання швидкості машин, керування роботами, координація роботи різних пристроїв тощо. Використання ПЛК дозволяє підвищити продуктивність, забезпечити постійну якість виробів та знизити витрати на виробництво.

ПЛК використовуються для керування та моніторингу електропостачання в промислових об'єктах. Вони контролюють роботу електричних систем, автоматично включаючи та виключаючи пристрої, забезпечуючи оптимальний режим роботи та захист від перевантажень або збоїв в електромережі. ПЛК дозволяють ефективно управляти споживанням енергії та забезпечити безперебійну роботу систем електропостачання.

ПЛК є ключовими компонентами для інтеграції різних систем автоматизації. Вони можуть взаємодіяти з іншими пристроями та системами, такими як датчики, актуатори, сенсори, промислові мережі, системи візуалізації та керування. Це дозволяє створювати повністю автоматизовані системи, які інтегрують різні аспекти виробничого процесу та забезпечують зручне та ефективне керування.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИКА І ТЕХНІКА ЕКСПЕРИМЕНТУ

2.1. Структурна схема ПЛК

Узагальнена структура програмованого логічного контролера (ПЛК) складається з наступних основних компонентів [6-11]:

- вхідних модулів, які призначені для зчитування сигналів з датчиків або інших пристроїв і перетворення їх на цифрові сигнали, які можуть бути оброблені контролером; це можуть бути модулі для зчитування аналогових, цифрових сигналів, модулі зв'язку тощо;
- центрального процесора або мікроконтролера, які є головними обчислювальними пристроями ПЛК; він виконує програму, яка задає логіку керування і оброблює вхідні сигнали, робить розрахунки та визначає вихідні сигнали; цей процесор також відповідає за комунікацію з іншими модулями ПЛК та зовнішніми пристроями;
- вбудованої пам'яті для зберігання програми керування, дані, конфігурацію та іншу інформацію; це може бути оперативна пам'ять (RAM) для тимчасового зберігання даних під час виконання програми, або постійна пам'ять (ROM або флеш-пам'ять) для зберігання програми та інших постійних даних.
- вихідні модулів відповідають за надання сигналів керування виконавчим пристроям, таким як мотори, клапани, реле, світлодіоди тощо; вони приймають сигнали від центрального процесора та перетворюють їх на потрібні фізичні сигнали;
- комунікаційних модулів, які дозволяють ПЛК взаємодіяти з іншими пристроями, мережами або системами; вони можуть підтримувати різні протоколи зв'язку, такі як Ethernet, RS-232, RS-485, Profibus, Modbus тощо, для передачі даних та керування;
- різних інтерфейсів, таких як клавіатура, дисплей, USB-порти, SD-картки тощо, які дозволяють операторам взаємодіяти з контролером, налаштовувати його параметри, підлагоджувати програму тощо.

Всі ці компоненти співпрацюють разом, створюючи функціональну систему ПЛК (рис.2.1), яка може виконувати програмно задану логіку керування і забезпечувати автоматизацію процесів у промисловому середовищі.

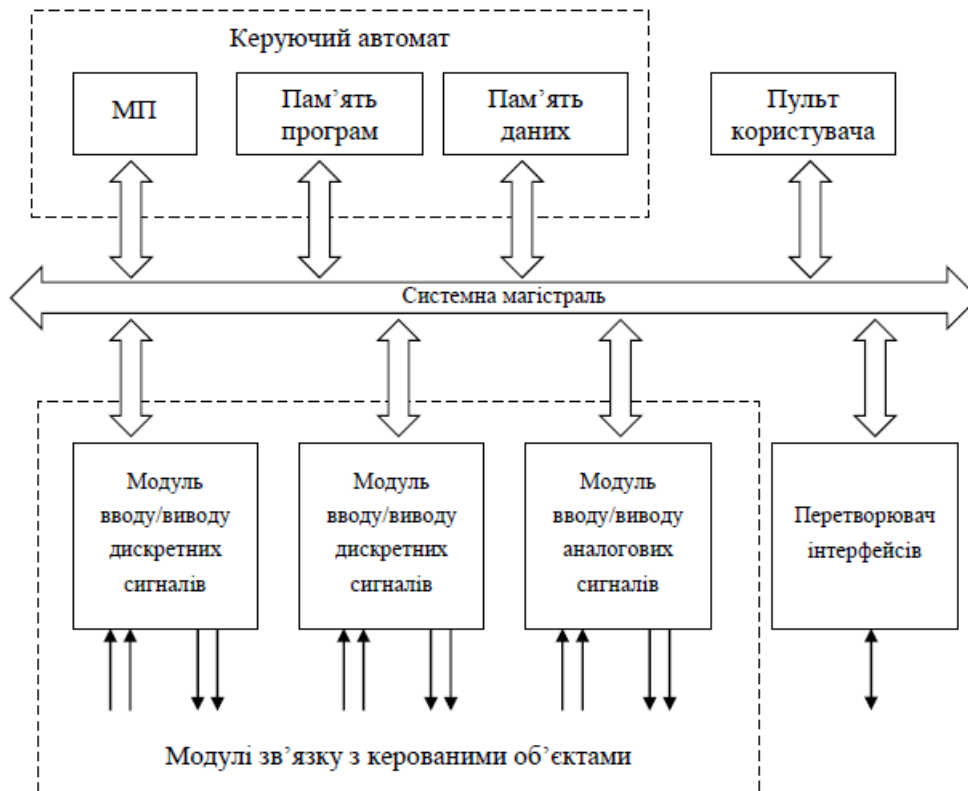


Рис.2.1. Структурна схема ПЛК [6]

Основною особливістю функціонування ПЛК є його циклічна робота, яка здійснюється за допомогою процесора. Це процес, в якому пристрій постійно виконує послідовність дій для зчитування вхідних сигналів, обробки програми і керування вихідними пристроями згідно з логікою програми [7].

ПЛК перевіряє стан вхідних сигналів, таких як датчики, кнопки або сигнали з інших пристроїв, для отримання поточного стану системи. Він виконує програму, яка зазвичай складається з набору логічних і арифметичних операцій, умовних переходів і керуючих команд. Це дозволяє пристрою приймати рішення на основі вхідних сигналів і внутрішнього стану програми.

Залежно від результату виконання програми, ПЛК керує вихідними пристроями, такими як клапани, мотори, світлодіоди або інші пристрої. Це забезпечує вплив на фізичні процеси або системи, які контролюються ПЛК.

Після керування вихідними пристроями ПЛК знову зчитує вхідні сигнали і оновлює внутрішній стан програми. Це дозволяє пристрою адаптуватись до змін у системі і забезпечує постійну циклічну роботу.

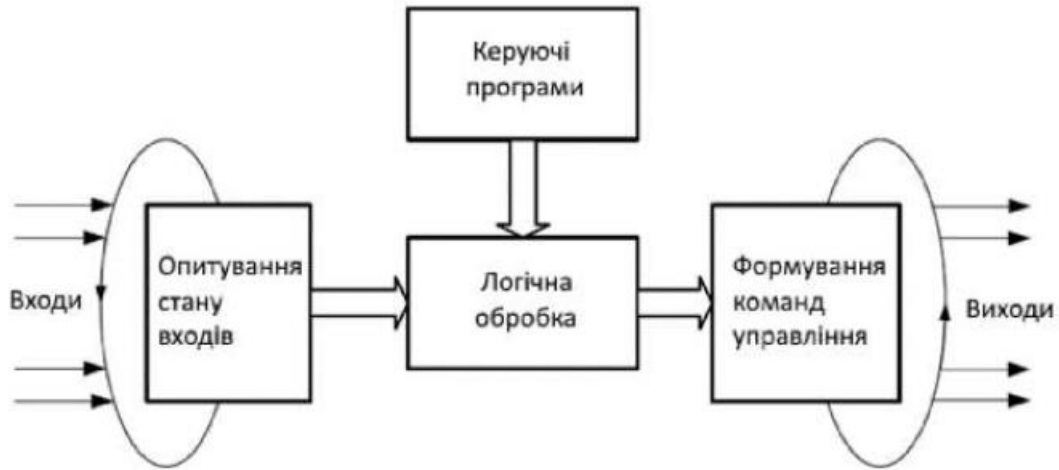


Рис.2.2. Принцип циклічної роботи ПЛК [6]

Циклічна робота ПЛК зазвичай повторюється з високою швидкістю, що дозволяє забезпечувати стабільну і надійну роботу системи керування.

2.2. Управління світлофорним об'єктом за допомогою Unitronics M90

Серія ПЛК Unitronics M90 має 8 різних модифікацій, що відрізняються за I/O. Є цифрові входи та виходи, а також лічильники та релейні виходи. До контролера M90 можна підключити до 8 модулів I/O (до 64 сигналів I/O). Корпус M90 розрахований на панельний монтаж відповідно до норм DIN. Функція промислової шини забезпечує з'єднання до 64 контролерів M90 через шину CAN. Ця мережа управляється комп'ютером через інтерфейс RS-232. Для цього є DDE-сервер обміну даними.

2.2.1. Послідовність роботи з налагодження проекту

Налагодження проекту (Debug mode) в ПЛК Unitronics M90 включає

наступні етапи:

- підключити M90 до ПК за допомогою кабелю зв'язку.
- завантажити програму в M90.
- натиснути значок “Окуляри” на панелі інструментів (рис.2.3а);
- якщо немає помилок у програмі, то у верхній частині вікна з'явиться напис Online (рис.2.3б);
- при роботі в мережі M90 з'являється ID номер (рис.2.3в).



Рис.2.3. Налаштування проекту в ПЛК Unitronics M90 [15]: а – завантаження програми; б – діагностика помилок; в – діагностика роботи в мережі

Після цього на ПК відображується віртуальна модель контролера (повна з активними кнопками або тільки екран контролера), яка є інтерактивною копією самого контролера (рис.2.4).

Властивості проекту (Project Properties) включають:

- загальну інформацію, включаючи захист із використанням пароля;
- історію;
- статистику

Для входу у властивості проекту необхідно:

- у меню Project натисніть Properties.
- вибрати розділи, клацаючи закладки Project properties:
- General information
- History

- Statistics

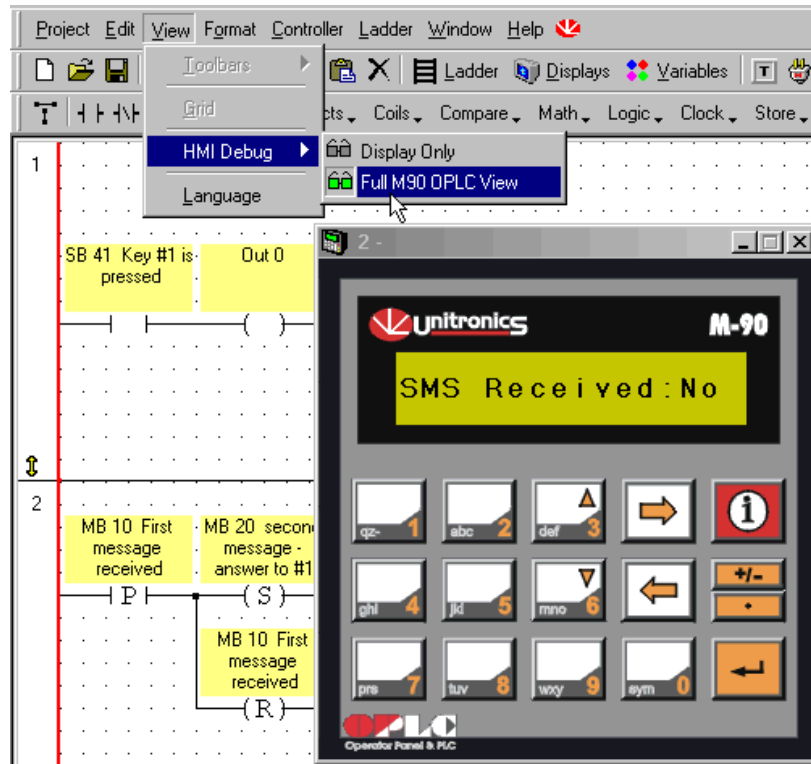


Рис.2.4. Віртуальна модель контролера Unitronics M90 [15]

У полі General вводиться інформація про розробника програми та коментарі до програмного продукту.

У поле History вводиться інформація про час створення та модифікації програми.

При вході на закладку поля Statistics (рис.2.5), автоматично відбувається сканування програми та виводиться інформація:

- розмір програми;
- кількість використовуваних НМІ змінних;
- кількість використовуваних дисплеїв.

Кнопка Set Logo Pic дозволяє імпортувати емблему вашої компанії у ваш проект. Тобто при виведенні на друк проекту, нагорі кожної сторінки буде надруковано емблему вашої компанії.

Після редагування проекту або під час завантаження відредагованої частини

можливе введення пароля. Поле Password можна встановити пароль на програму. Ведення пароля запобігатиме викачування програми з M90 та її редагування.

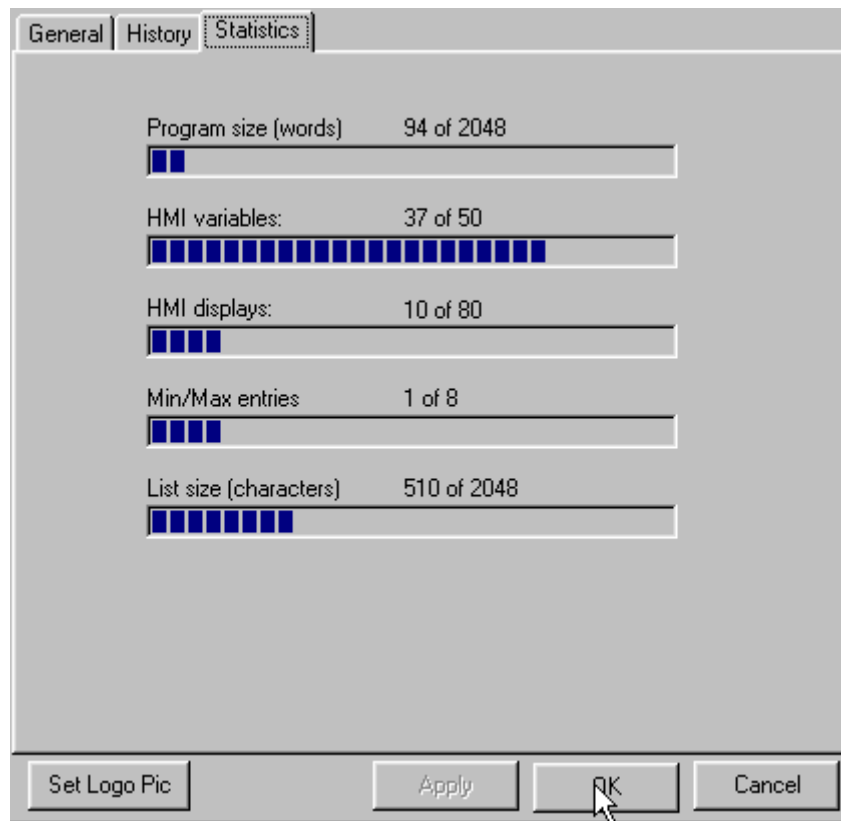


Рис.2.5. Сканування програми в полі Statistics для ПЛК Unitronics M90 [15]

Послідовність встановлення пароля в ПЛК M90:

- зайти у меню Project/Properties;
- встановити прапор у полі Password Protection (рис.2.6);
- ввести пароль (максимум 4 цифри);
- натиснути значок Download на панелі інструментів, відкриється вікно завантаження і у верхньому лівому куті значок ключа буде червоним (рис.2.7).
- натиснути на Set All. Усі секції автоматично виділяються як показано на рис.2.7;
- натиснути ОК, щоб завантажити проект.

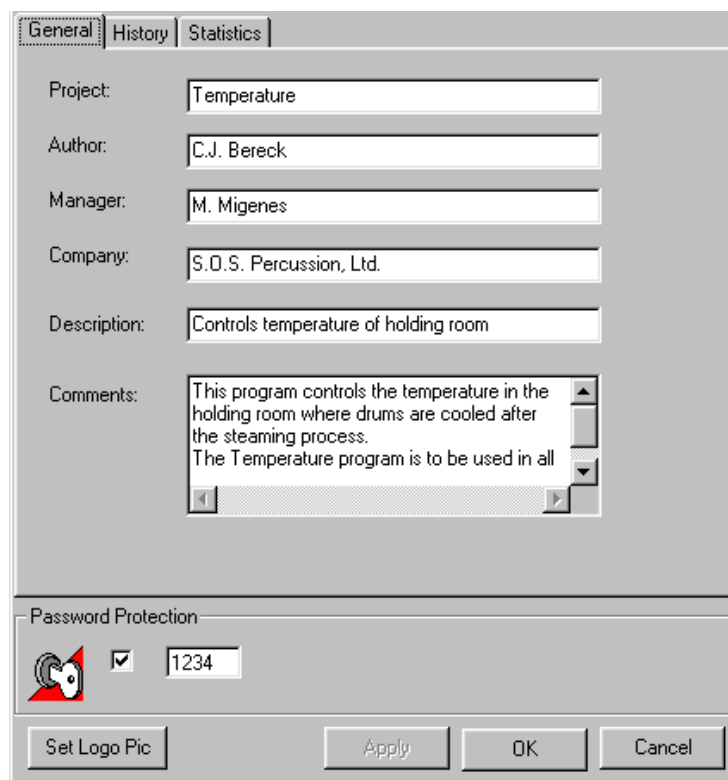


Рис.2.6. Встановлення пароля в ПЛК Unitronics M90 [15]

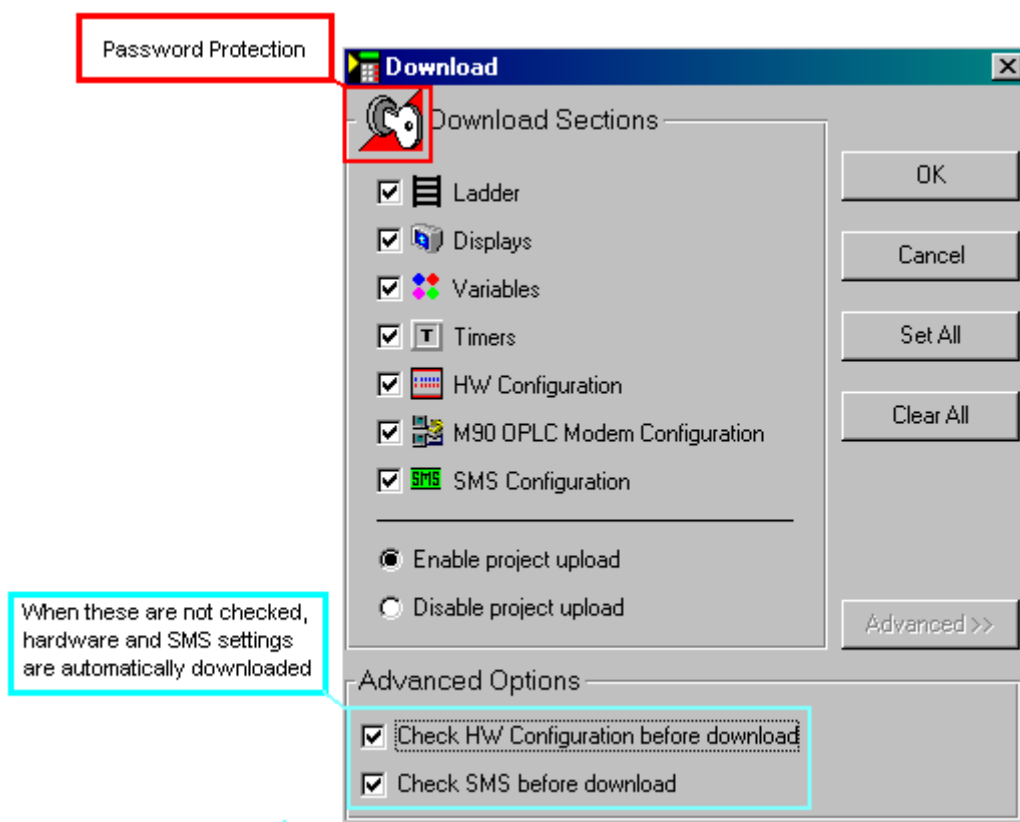


Рис.2.7. Зовнішній вигляд меню для завантаження проектів в ПЛК Unitronics M90 [15]

ПЛК M90 має інформаційний режим, який дозволяє відображати та редагувати деякі системні дані, та виконувати деякі попередньо встановлені дії. У цьому режимі системні дані відображаються на екрані M90 та можуть редагуватися через M90 клавіатуру.

В інформаційний режим можна перейти будь-коли. Перегляд та редагування системних даних не зачіпає програму M90.

Щоб перейти до інформаційного режиму, натисніть клавішу «і» протягом кількох секунд.

Список нижче показує категорії інформації, до яких є доступ. Використовуючи інформаційний режим, можна переглянути:

- стан Введення – виведення;
- аналогові вхідні сигнали (робочий діапазон і поточне значення);
- значення лічильника;
- стан MB та SB;
- поточні значення MI та SI;
- таймери: поточне значення таймера, попередньо встановлене значення та стан таймера;
- ID номер M90;
- RS232 параметри;
- час та дата;
- інформація про систему

У цьому режимі можна зупинити роботу програми, перезапустити її або скинути MB та MI. Повний опис режиму Information включено - M90 (User Guide) [16].

2.2.2. Програмування в середовищі U90 Ladder

Контролер M90 програмується на ПК, використовуючи U90 Ladder, що складається з 3 редакторів:

- редактор Ladder (редактор багатоланкових схем);

- редактор дисплеїв (редактор HMI);
- редактор змінних (редактор HMI).

На екрані контролера можна відобразити наступне: біти, цілі числа, таймери, час,

Кожен із вище перерахованих редакторів має своє вікно для програмування. Між цими редакторами можна легко перемикатися через стандартні кнопки на панелі Ladder або в проектному навігаторі (Project Navigator).

Редактор Ladder використовується для створення мереж багатоланкової схеми, що формують основу програми (рис.2.8). Мережі багатоланкової схеми складаються з контактів, котушок та функціональних блоків. Струм у мережах тече зліва направо.

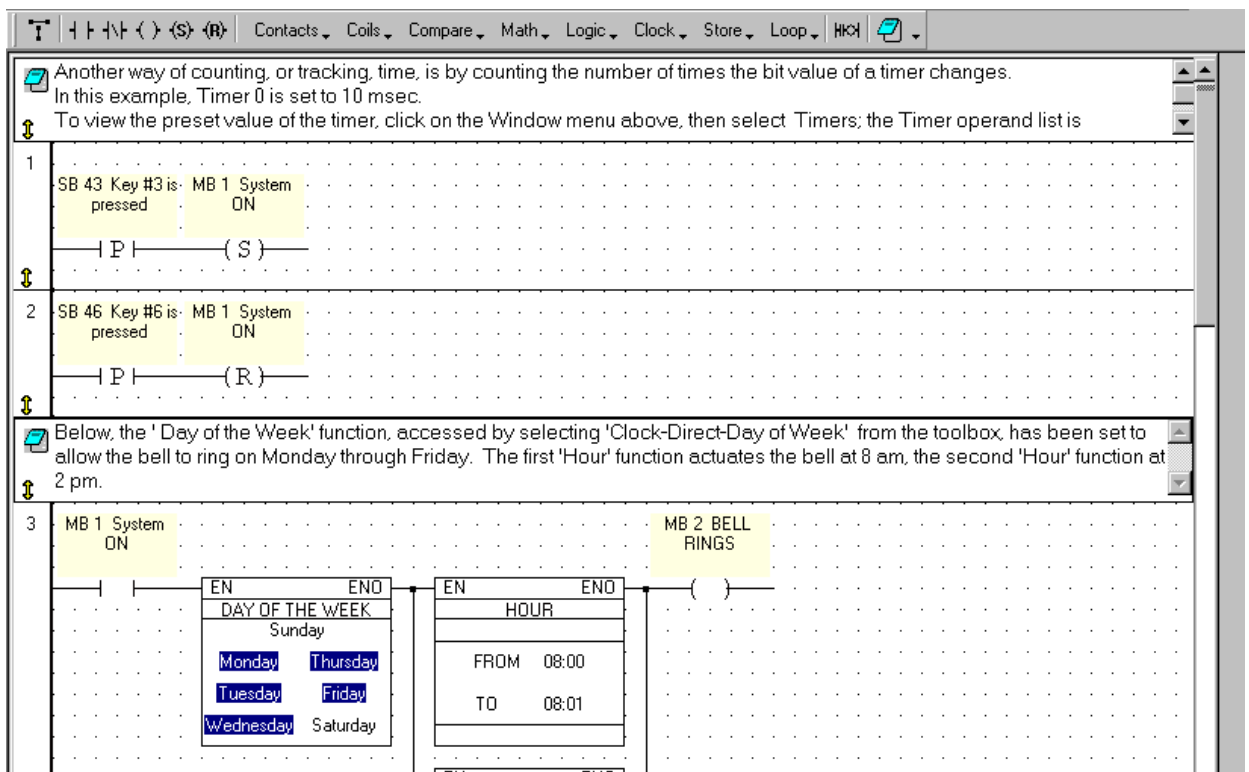


Рис. 2.8. Приклад створення програми ПЛК в редакторі U90 Ladder [15]

Редактор дисплеїв використовується для:

- створення текстових дисплеїв (можна створити до 80 дисплеїв + 120 змінних списку = 200);

- прив'язки тексту дисплея до змінних (variable) (можна створити до 50 змінних).

В даній роботі розглянуто приклад програмного коду для управління світлофорним об'єктом (рис.2.9). Він був генерований в редакторі U90 Ladder. За допомогою стандартних операторів котушок та таймерів було створено та підлагоджено циклічну роботу системи управління світлофором.

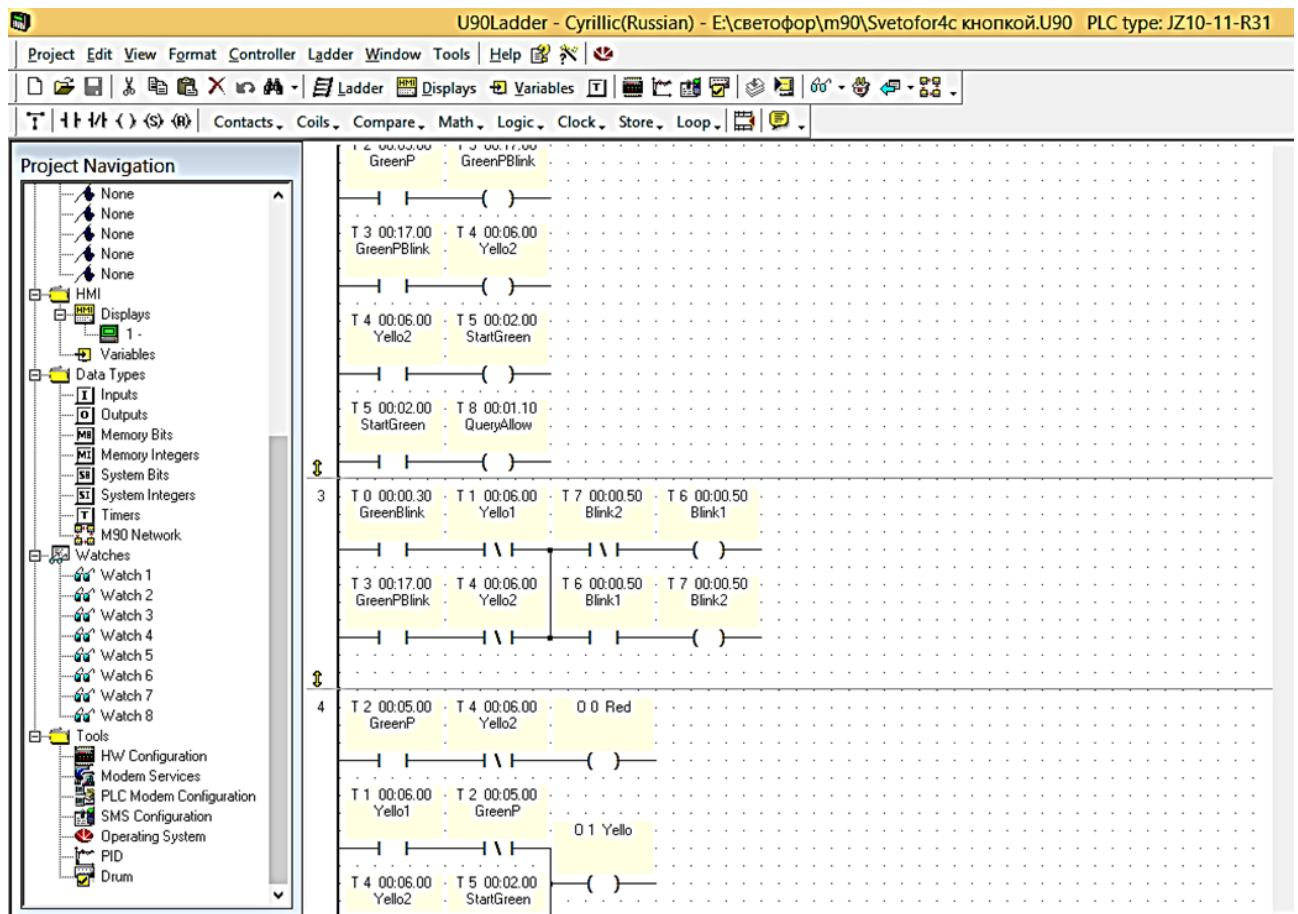


Рис. 2.9. Приклад програмного коду для світлофорного об'єкту

Слід відмітити, що автоматизовані системи з ПЛК Unitronics M90 та інших серій та відповідне програмне забезпечення було розроблено та успішно використовуються вже більше 15 років для управління різними світлофорними об'єктами.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

3.1. Сучасні технології та стандарти в автоматизованих системах

Автоматизовані системи на основі ПЛК є важливим елементом сучасної промисловості. Вони забезпечують надійну та ефективну автоматизацію виробничих процесів і мають широкий спектр застосувань у різних галузях. Використання сучасних технологій та стандартів дозволяє покращити інтеграцію ПЛК в складні автоматизовані системи. Проте, розвиток цього напрямку також стикається з викликами, такими як кібербезпека та оптимізація процесів. Дослідження в даній роботі показує, що цей напрямок має великий потенціал для подальшого розвитку промислової автоматизації [18-32].

3.1.1. Індустріальний Інтернет речей (ІІоТ)

Індустріальний Інтернет речей (ІІоТ) є сучасною технологією, яка використовується в автоматизованих системах для збору, обробки та аналізу даних з промислових пристроїв і обладнання. ІІоТ дозволяє забезпечити зв'язок між різними компонентами системи, а також зовнішніми обліковими записами, що дозволяє використовувати аналітику даних для оптимізації процесів, прогнозування витрат та покращення прийняття рішень [23].

ІІоТ є перспективною технологією, яка поєднує промислові системи з інтернет-зв'язком та аналітичні функції. Використання ІІоТ у поєднанні з промисловими логічними контролерами (ПЛК) відкриває широкі можливості для покращення ефективності та управління виробничими процесами.

Завдяки ІІоТ та ПЛК стає можливим збір, обробка та аналіз великого обсягу даних з промислових пристроїв та обладнання в режимі реального часу. Це дозволяє здійснювати моніторинг, діагностику та прогнозування стану обладнання, що забезпечує підвищення надійності та уникнення аварійних ситуацій.

Застосування ПоТ з ПЛК дозволяє створити розподілені мережі зв'язку та управління, що забезпечують зв'язок між промисловими пристроями, системами контролю та обробки даних. Це дає змогу здійснювати централізоване керування та моніторинг децентралізованими системами, забезпечуючи гнучкість та швидку реакцію на зміни.

ПЛК виступають як центральні вузли у системі ПоТ, що здійснюють збір, передачу та обробку даних. Вони забезпечують підтримку різноманітних комунікаційних протоколів та можуть інтегруватись з іншими системами управління, базами даних та хмарними платформами.

Застосування ПоТ з ПЛК дозволяє досягти багатьох переваг, включаючи:

- оптимізацію виробничих процесів шляхом збору та аналізу даних про продуктивність, якість та споживання ресурсів;
- покращення управління та планування обслуговування обладнання шляхом виявлення несправностей, прогнозування технічного стану та оптимізації ремонтних робіт;
- забезпечення безпеки промислових процесів шляхом надійного контролю та виявлення небезпечних ситуацій;
- підвищення ефективності та зниження витрат шляхом автоматизації та оптимізації роботи систем;
- розширення можливостей моніторингу та управління виробничими процесами на віддаленій основі.

Отже, використання ПоТ з ПЛК дозволяє покращити ефективність, надійність та безпеку промислових систем, що є важливим чинником в сучасній промисловості. Ця комбінація технологій відкриває нові можливості для оптимізації виробничих процесів та досягнення конкурентних переваг.

3.1.2. Протоколи зв'язку

Протоколи зв'язку є стандартами, що визначають спосіб передачі даних між різними пристроями та системами. В автоматизованих системах викори-

стовуються різні протоколи зв'язку, такі як OPC (OLE for Process Control), Modbus, Profibus, Ethernet/IP та інші. Ці протоколи дозволяють передавати дані між пристроями, обмінюватися інформацією про стан обладнання та виконувати керуючі команди, що сприяє інтеграції різних компонентів автоматизованої системи [24].

OPC (OLE for Process Control) є стандартом для обміну даними в промислових автоматизованих системах. Він надає стандартизований інтерфейс для зв'язку між різними пристроями і програмними засобами, дозволяючи зчитувати та записувати дані між ПЛК і системою управління.

Modbus є протоколом передачі даних, який широко використовується для зв'язку між ПЛК та іншими пристроями в автоматизованих системах. Він працює на основі майстер-слуга архітектури, де майстер (наприклад, ПЛК) запитує дані у слуги (інші пристрої) та отримує відповіді.

Profibus є промисловим протоколом зв'язку, який використовується для передачі даних між промисловими пристроями, включаючи ПЛК, датчики, приводи тощо. Він підтримує як передачу даних в режимі реального часу, так і передачу конфігураційних та діагностичних даних.

Ethernet/IP є промисловим протоколом, який використовує стандартний Ethernet для зв'язку між пристроями в автоматизованих системах. Він підтримує передачу даних в режимі реального часу і забезпечує широкі можливості зв'язку між ПЛК та іншими пристроями.

Це лише кілька прикладів протоколів зв'язку, які використовуються в системах з ПЛК. Вибір конкретного протоколу залежить від потреб і характеристик конкретної системи автоматизації.

3.1.3. Системи збору та аналізу даних

У сучасних автоматизованих системах використовуються спеціалізовані системи збору та аналізу даних. Ці системи забезпечують збір даних з різних джерел, включаючи датчики, ПЛК, бази даних тощо. Вони дозволяють

аналізувати ці дані, використовуючи методи машинного навчання, статистичний аналіз та інші техніки, щоб виявити тенденції, прогнозувати відмови обладнання, оптимізувати процеси та приймати рішення на основі даних.

Системи збору та аналізу даних для промислових логічних контролерів (ПЛК) грають важливу роль у забезпеченні збору, моніторингу та аналізу даних, отриманих з ПЛК та пов'язаних пристроїв. Ці системи дозволяють збирати дані з різних джерел, включаючи сенсори, актуатори та інші пристрої, і використовувати їх для виявлення трендів, аналізу стану системи та прийняття рішень.

Збір даних включає збір даних з ПЛК та інших пристроїв, що залучені до системи. Дані можуть бути зчитані напряму з ПЛК або передані за допомогою протоколів зв'язку, таких як OPC, Modbus або Profibus. Збирання даних може відбуватися в реальному часі або за певним графіком, залежно від потреб системи [24].

Зібрані дані зберігаються в базі даних або спеціальному сховищі даних. Це дозволяє зберігати історичні дані для подальшого аналізу, порівняння та виявлення трендів. Збереження даних також може включати резервне копіювання та відновлення для забезпечення безпеки даних.

Візуалізація даних дозволяє візуально представляти зібрані дані за допомогою графіків, діаграм, таблиць та інших графічних елементів. Це допомагає операторам та інженерам швидко сприймати інформацію про стан системи та виявляти аномалії або проблеми.

Аналітика даних використовує алгоритми та методи аналізу даних для виявлення корисних залежностей, трендів та аномалій. Він може включати статистичний аналіз, машинне навчання, прогнозування та інші методи для розуміння стану системи та прогнозування майбутніх подій.

Системи збору та аналізу даних можуть надсилати автоматичні повідомлення та сповіщення операторам або відповідальним особам в разі виявлення проблем, відхилень або критичних станів. Це дозволяє оперативно реагувати на проблеми та приймати відповідні заходи.

Застосування систем збору та аналізу даних для ПЛК можуть включати моніторинг та контроль промислових процесів, оптимізацію виробничих процесів, виявлення несправностей та прогнозування обслуговування, аналіз енергоефективності та багато інших сфер застосування.

Слід розділяти поняття "середовище розробки" та "середовище виконання" для ПЛК (рис.3.1). Середовище виконання – це програмне забезпечення, яке виконується в контролері. Середовище виконання базується на операційній системі, яка вже знаходиться ("прошита") в загрузчику ПЛК, і приймає участь в усіх операціях контролера. Тому навіть якщо ПЛК не запрограмований або знаходиться в режимі Stop (зупинка), операційна система функціонує, і забезпечує діагностику ПЛК та діалог з ним через комунікаційні порти вводу/виводу. У режимі RUN (робота) середовище виконує програму користувача (ПРК), яка є частиною виконавчого проекту, і створюється в середовищі. Як приклад UNITY PRO - це програмне середовище конфігурування, програмування, налагодження та діагностики промислових контролерів Schneider Electric: Modicon M340, TSX Premium (включно Atrium) та Quantum [20].

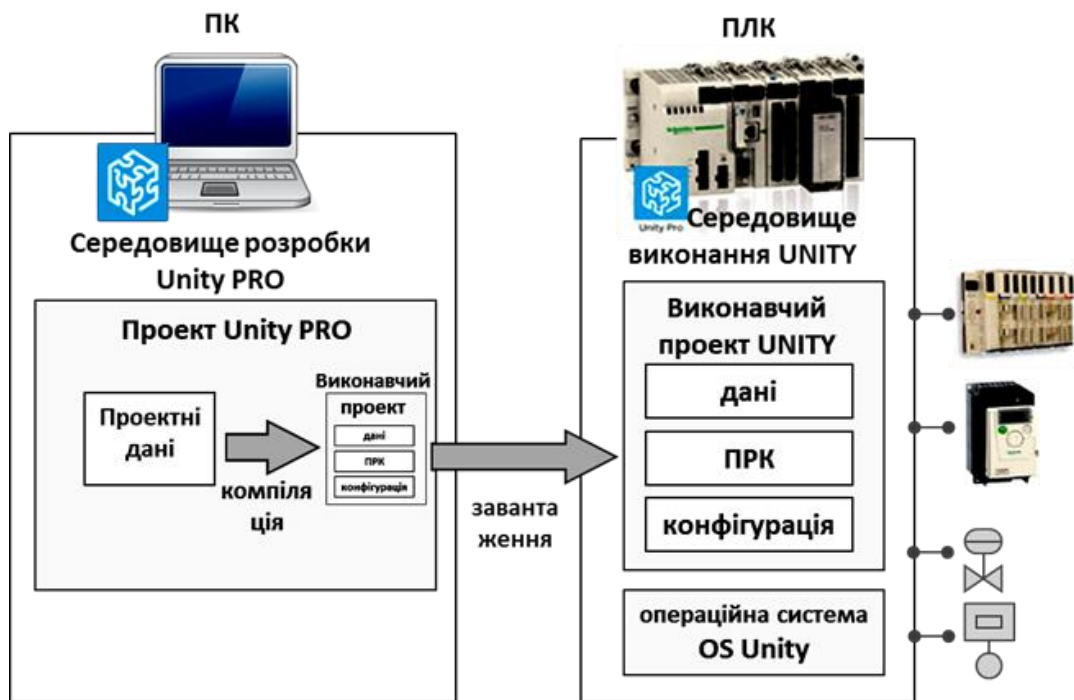


Рис. 3.1. Середовище виконання UNITY PRO [19]

В цілому, системи збору та аналізу даних допомагають вдосконалювати ефективність, безпеку та надійність систем на основі промислових логічних контролерів, сприяючи прийняттю обґрунтованих рішень та покращенню виробничих процесів.

3.2. Перспективи розвитку автоматизованих систем з ПЛК

3.2.1. Інтелектуалізація та штучний інтелект

З розвитком технологій штучного інтелекту, автоматизовані системи на основі промислових логічних контролерів будуть все більше інтелектуалізованими. Штучний інтелект (ШІ) може використовуватись для аналізу даних, прийняття рішень, прогнозування та оптимізації процесів. Він може допомогти прогнозувати несправності та пропонувати рішення для поліпшення продуктивності та якості [24-26].

Як приклад розглянемо автоматизовану систему управління АМАХ-5580 [6], яка об'єднує оригінальний промисловий комп'ютер і архітектуру ПЛК (рис.3.2).

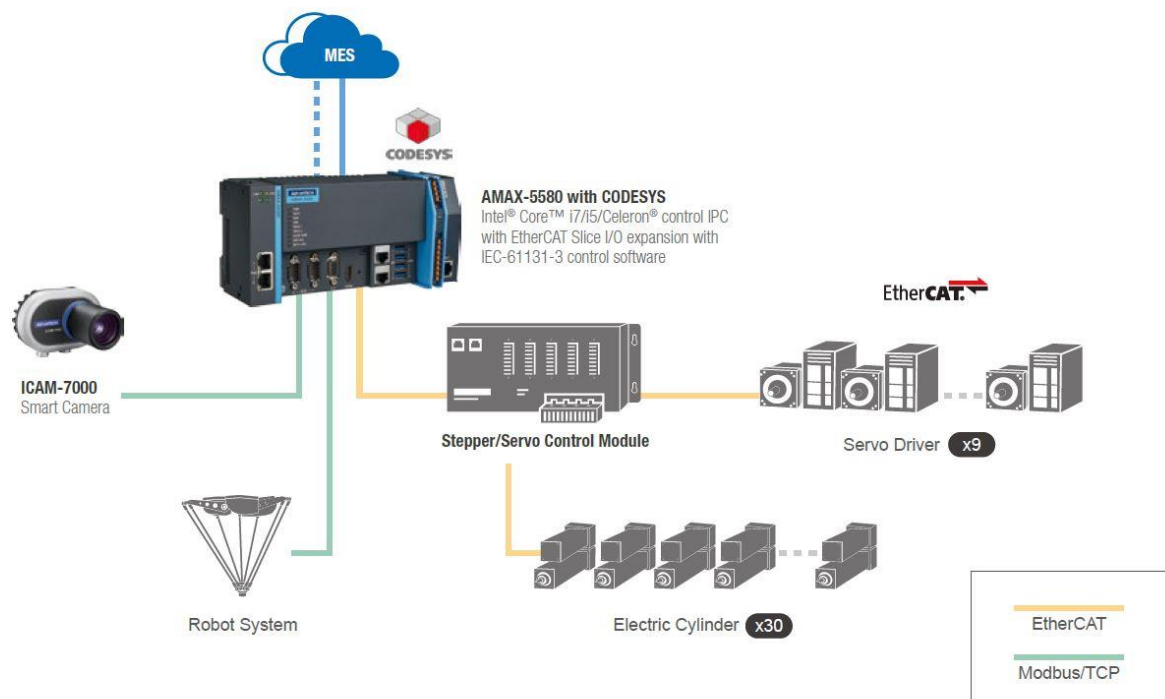


Рис.3.2. Інтелектуалізована система управління АМАХ-5580 [24]

В даному випадку Advantech PAC AMAX-5580 використовує функції розділеного ядра і підсистеми для оснащення одного контролера операційною системою Windows і ядром CODESYS SoftPLC. Вбудований процесор Intel I7 найвищого класу може обробляти багатоосьове керування рухом. Кількість осей управління переміщенням може досягати 128. Це означає зниження витрат і підвищення стабільності. Поряд з цим здійснюється керування десятками тисяч точок вводу/виводу в ядрі CODESYS PLC. Це дає можливість підключати системи управління сторонніх роботів, одночасно керуючи машинним зором MES і базою даних в Windows [25].

ПЛК можуть використовувати алгоритми машинного навчання для аналізу даних, виявлення закономірностей та автоматичного вдосконалення своєї роботи на основі накопиченої інформації. ШІ в ПЛК дозволяє наступне [26]:

- виявити та аналізувати аномалії, прогнозуванні відмов, оптимізації процесів та прийнятті рішень на основі великих обсягів даних;
- навчити ПЛК розпізнавати об'єкти, символи або шаблони на основі відео- або зображення з камер або інших датчиків;
- забезпечувати ПЛК здатність адаптуватися до змінних умов та оптимізувати свою роботу для досягнення максимальної ефективності;,,
- покращувати способи комунікації між ПЛК та іншими системами, включаючи людей, шляхом розумного оброблення мови, голосових команд або інших інтерфейсів.

Застосування ШІ для ПЛК може сприяти автоматизації та оптимізації виробничих процесів, зниженню витрат, покращенню якості продукції та забезпеченню більш гнучкого та ефективного управління.

3.2.2. Оптимізація процесів та енергоефективність

Автоматизовані системи на основі ПЛК постійно вдосконалюються для оптимізації процесів у виробничих лініях. Вони можуть враховувати різні параметри та умови, щоб забезпечити оптимальну продуктивність та ефектив-

ність. Це включає оптимізацію використання ресурсів, мінімізацію відходів, планування розкладів та вирішення проблем, пов'язаних з процесами виробництва [27].

Важливо ретельно розробляти логіку програмування ПЛК, використовуючи ефективні алгоритми та оптимальні послідовності операцій. Це може включати уникнення зайвих переключень контактів, використання багатофункціональних інструкцій та оптимізацію послідовності виконання операцій [28].

Встановлення системи моніторингу, яка дозволяє збирати дані про роботу ПЛК, може допомогти виявити потенційні області для оптимізації. Аналіз цих даних дозволяє виявити неефективність, простої та можливі способи покращення продуктивності та енергоефективності.

Вибір енергоефективних пристроїв, таких як датчики, мотори, насоси та інші компоненти, може сприяти зниженню споживання енергії ПЛК. Крім того, використання енергозберігаючих технологій, наприклад, регулювання швидкості моторів або розумне керування енергією, може забезпечити оптимізацію енергоефективності. Регулярне технічне обслуговування ПЛК, включаючи очищення, перевірку з'єднань та виявлення можливих проблем, може допомогти уникнути втрати продуктивності та забезпечити ефективну роботу. При програмуванні ПЛК важливо враховувати оптимальні умови роботи, такі як режими навантаження, часи спокою, пікові навантаження тощо. Це дозволяє налаштувати ПЛК таким чином, щоб він використовував енергію максимально ефективно, при цьому забезпечуючи потрібну продуктивність.

Загальною метою оптимізації процесів та енергоефективності ПЛК є досягнення максимальної продуктивності та ефективності за мінімального споживання енергії.

3.2.3. Кібербезпека

З підвищенням зв'язку та підключення автоматизованих систем до мережі Інтернет, кібербезпека стає критично важливою. Розвиток автоматизованих си-

стем повинен враховувати заходи забезпечення кібербезпеки, включаючи захист від несанкціонованого доступу, виявлення та відповідь на кібератаки, шифрування даних та забезпечення цілісності системи. Розвиток стандартів та практик кібербезпеки стає необхідним для забезпечення безпеки та захисту автоматизованих систем [29-32].

Кібербезпека в системах з ПЛК є критично важливим аспектом, оскільки порушення безпеки може призвести до серйозних наслідків, включаючи втрату контролю над процесом, пошкодження обладнання, виток конфіденційної інформації та потенційно небезпечні ситуації [30].

Основні аспекти кібербезпеки в системах з ПЛК включають [32]:

- забезпечення фізичної безпеки ПЛК, включаючи обмежений фізичний доступ до обладнання та запобігання фізичному втручанню.
- захист мережевого зв'язку та комунікаційних протоколів, включаючи застосування шифрування, аутентифікацію, авторизацію та контроль доступу.
- становлення заходів для виявлення та запобігання вторгнення, вірусів, шкідливого програмного забезпечення та інших загроз безпеці.
- розробка політик безпеки, контроль доступу та обмеження привілеїв персоналу, що має доступ до системи.
- злодбабезпечення постійного моніторингу стану системи, виявлення аномалій та інцидентів безпеки, а також аналіз та реагування на потенційні загрози.
- розробка планів відновлення після кібератак або інших інцидентів безпеки, що включають резервне копіювання даних та відновлення роботи системи.

Правильна реалізація заходів кібербезпеки в системах з ПЛК є важливою для забезпечення безпеки промислових процесів. Це вимагає постійного оновлення та удосконалення заходів безпеки з урахуванням нових загроз та ризиків. Організації повинні приділяти належну увагу кібербезпеці та використовувати найкращі практики для захисту своїх систем з ПЛК від потенційних загроз.

ВИСНОВКИ

1. Автоматизовані системи на основі промислових логічних контролерів (ПЛК) є ефективними засобами для управління та контролю промисловими процесами. Вони забезпечують швидку відповідь на змінні умови та можливість програмного керування різними виконавчими пристроями.

2. ПЛК забезпечують циклічну обробку управляючої програми, що дозволяє забезпечити постійне оновлення стану входів та виходів системи. Це забезпечує надійну та точну роботу автоматизованої системи.

3. Основною перевагою використання ПЛК є їх гнучкість та легкість програмування. Вони можуть бути налаштовані та перепрограмовані для різних завдань без необхідності фізичної зміни апаратного обладнання.

4. ПЛК забезпечують високу надійність та безпеку роботи системи, оскільки вони можуть бути програмовані для автоматичної діагностики та виявлення несправностей. Це дозволяє оперативно реагувати на проблеми та забезпечувати безперебійну роботу системи.

5. Застосування ПЛК широко поширене в різних галузях, включаючи виробництво, енергетику, автомобільну промисловість, хімічну та фармацевтичну галузі. Вони дозволяють підвищити продуктивність, знизити витрати та покращити якість виробництва.

6. Для успішного впровадження автоматизованих систем на основі ПЛК необхідно правильно планувати та проектувати систему, враховуючи специфіку конкретного виробництва та потреби користувача. Важливо забезпечити належне навчання персоналу та провести необхідні тести та перевірки перед впровадженням.

Отже, використання промислових логічних контролерів у автоматизованих системах є перспективним та вигідним рішенням для підвищення ефективності та надійності промислових процесів. Правильне проектування, програмування та належне впровадження системи є ключовими факторами успіху.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Machine learning in industrial control system (ICS) security: Current landscape, opportunities and challenges / A.M. Koay, R.K.L. Ko, H. Hetteema, K. Radke // *J. Intell. Inf. Syst.* – 2022. – V.1–P. 29.
2. Programmable logic controllers based systems (PLC-BS): Vulnerabilities and threats / Serhane, A.; Raad, M.; Raad, R.; Susilo, W. // *SN Appl. Sci.* 2019. – V. 1. – P. 924.
3. Cybersecurity of industrial cyber-physical systems: A review / Kayan, H.; Nunes, M.; Rana, O.; Burnap, P.; Perera, C. // *ACM Comput. Surv. (CSUR)*. – 2022. – V.54. – P. 1–35.
4. SCADA Vulnerabilities and Attacks: A Review of the State-of-the-Art and Open Issues / M. Alanazi, A. Mahmood, M.J.M.Chowdhury // *Comput. Secur.* – 2023. – V.125. – P.103028.
5. On PLC network security / Ghaleb, A.; Zhioua, S.; Almulhem, A. // *Int. J. Crit. Infrastruct. Prot.* – 2018. – V. 22. – P. 62–69.
6. Невлюдов І.Ш. Технологія програмування промислових контролерів в інтегрованому середовищі CODESYS: Навчальний посібник / І.Ш. Невлюдов, С.П. Новоселов, О.В. Сичова. –Харків: ХНУРЕ, 2019 . – 264 с.
7. Куцик А.С. Автоматизовані системи керування на програмованих логічних контролерах: Навчальний посібник / А.С. Куцик, В.О. Місюренко - Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2011. - 200 с.
8. Ситник В.Ф. Основи інформаційних систем: Навч. посібник. – Вид. 2- ге, перероб. і доп./ В.Ф. Ситник, Т.А. Писаревська, Н.В. Єрьоміна, О.С. Краєва; За ред. В. Ф. Ситника. — К.: КНЕУ, 2001. — 420 с.
9. Черевко О.І. Автоматизація виробничих процесів: підручник / Черевко О.І., Кіптела Л.В., Михайлов В.М. та ін.. – Харків: ХДУХТ, 2014. – 186 с.
10. Автоматизація виробничих процесів: навч. посіб. / Б. М. Гончаренко, С. І. Осадчий, Л. Г. Віхрова [та ін.]. - Кіровоград: Лисенко В.Ф., 2016. - 352 с.
11. Галкін П. В. Програмування ПЛК в CODESYS: навчальний посібник /

П.В. Галкін, І.І. Ключник. — Харків: ФОП Панов А. М., 2019. - 92 с.

12. Пупена О. М., Ельперін І. В., Луцька Н. М., Ладанюк А. П. Промислові мережі та інтеграційні технології в автоматизованих системах. Навчальний посібник. — К.: Ліра-К, 2011. — 500с.

13. On PLC network security / Asem Ghaleb, Sami Zhioua, Ahmad Almulhem // Int. J. Critical Infrastr. Prot. –2018. – V. 22. – P. 62-69.

14. The 2015 Ukraine Blackout: Implications for False Data Injection Attacks / G. Liang, S. R. Weller, J. Zhao, F. Luo, Z. Y. Dong // IEEE Transactions on Power Systems. – 2017. – V. 32, №4. –P. 3317-3318.

15. <https://www.unitronicsplc.com/> - Unitronics, 14.05.2023 р.

16. <https://www.amci.com/industrial-automation-resources/plc-automation-tutorials/what-plc/c> Advanced micro controls inc, дата доступу: 14.05.2023 р.

17. <https://www.automationworld.com/control/article/22724233/industrial-controller-technologies> Automation world, дата доступу: 15.05.2023 р.

18. <https://www.mobileautomation.com.au/plc-industrial-application/> PLC: Industrial Applications of Programmable Logic Controller, дата доступу: 15.05.2023 р.

19. https://moodle.znu.edu.ua/pluginfile.php/673566/mod_resource/content/1/UNITY%20PRO%20FastStart%20UA.pdf – Unity Pro – швидкий старт, дата доступу: 14.05.2023 р.

20. <https://www.eaton.com/us/en-us/products/controls-drives-automation-sensors/programable-logic-controllers.html> - Eaton Powering Business Worldwide, дата доступу: 16.05.2023 р.

21. <https://tis-eg.com/en/what-is-the-plc/> - Technical company for industrial system, дата доступу: 16.05.2023 р.

22. A review on the applications of programmable logic controllers (PLCs) / Ephrem Ryan Alphonsus , Mohammad Omar Abdullah // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2016. – V.60. –P.1185-1205.

23. The cybersecurity landscape in industrial control systems / S. McLaughlin, C. Konstantinou, X. Wang, L. Davi, A.R. Sadeghi, M. Maniatakos, R. Karri // Proc.

IEEE. – 2016. – V. 104. – P. 1039–1057.

24. <https://www.proxis.ua/uk/solution/inspection-solution-integrates-motion-control/>- Інспекційне рішення для контролю управління, машинного зору і MES, Advanced micro controls inc, дата доступу: 14.05.2023 р.
25. A survey of intrusion detection on industrial control systems/ Y. Hu, A. Yang, , H. Li, Y. Sun, L. Sun // Int. J. Distrib. Sens. Netw. – 2018. – V. 14, 1550147718794615.
26. Extending the cyber-attack landscape for SCADA-based critical infratrcture. // N.R. Rodofile, K. Radke, E. Foo / Int. J. Crit. Infrastruct. Prot. – 2019. –V.25. –P. 14-35.
27. Security challenges in control network protocols: A survey. / A. Volkova, M. Niedermeier, R. Basmadjian, H. de Meer // IEEE Commun. Surv. Tutor. – 2018. – V. 21. – P. 619–639.
28. Review of PLC security issues in industrial control system / X. Pan, Z. Wang, Y. J. Sun // Cybersecur. – 2020. –V.2 . – P.69.
29. Cybersecurity for control systems: A process-aware perspective. Khorrami, F./ Krishnamurthy, P.; Karri, R. // IEEE Des. Test. –2016. – V. 33. –P. 75–83.
30. Cybersecurity for industrial control systems: A survey / D. Bhamare, M. Zolanvari, A. Erbad, R. Jain, K. Khan, N. Meskin // Comput. Secur. – 2020. – V.89. – P. 101677.
31. Attacks on industrial control logic and formal verification-based defenses / R. Sun, A. Mera, L. Lu, D. Choffnes // In Proceedings of the 2021 IEEE European Symposium on Security and Privacy (EuroS&P), Vienna, Austria, 6–10 September 2021. – P. 385–402.
32. On SCADA PLC and Fieldbus Cyber-Security / C.C. Davidson; T. Andel, M. Yampolskiy, J.T. McDonald, B. Glisson, T. Thomas // In Proceedings of the 13th International Conference on Cyber Warfare and Security, Washington, DC, USA, 8–9 March, 2018, – P. 140-149.

СЛАЙДИ ПРЕЗЕНТАЦІЇ ДО РОБОТИ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Класичний фаховий коледж

Кваліфікаційна робота бакалавра

**АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ НА ОСНОВІ
ПРОМИСЛОВИХ ЛОГІЧНИХ КОНТРОЛЕРІВ**

Студентка гр. ЕП₃-91_к

Ю.А.Морміль

Конотоп 2023

ВСТУП

Обґрунтуванням актуальності теми є зростання індустріалізації та потреби в автоматизованих системах з програмованими логічними контролерами (ПЛК).

Мета роботи полягає в аналізі автоматизованих систем з ПЛК, вивчені принципів їх функціонування, архітектури, робочих характеристик та застосування.

Відповідно до мети, вирішуються такі задачі:

- вивчення компонентів ПЛК, організації інформаційних каналів та програмного забезпечення, зокрема програмування та конфігурування ПЛК для управління світлофорним об'єктом;
- дослідження останніх тенденцій в розвитку автоматизованих систем з ПЛК, зокрема використання мережі Інтернет речей (IoT), хмарних технологій та штучного інтелекту.

При виконанні роботи використовувалися програмування у середовищі U90 Ladder та ПЛК Unitronics M90.

Об'єктом дослідження кваліфікаційної роботи є організація інформаційних каналів в автоматизованих системах з ПЛК.

Предмет досліджень передача програмних змінних між програмами ПЛК та системи управління, їх відправка на пристрої відображення інформації, сучасні технології та стандарти, перспективи розвитку.

На підставі проведеного аналізу запропоновано перспективи розвитку автоматизованих систем з ПЛК. Визначено потенційні напрямки досліджень та вдосконалень, включаючи розширення можливостей взаємодії з іншими системами, забезпечення кібербезпеки та використання передових технологій для оптимізації промислових процесів.

1.1. ПРИНЦИП РОБОТИ ПРОМИСЛОВИХ ЛОГІЧНИХ КОНТРОЛЕРІВ

3



Рис.1.1. Структурна схема системи моделювання роботи ПЛК

Таблиця 1.1
Характеристики ПЛК

Назва	Приміщення
Кількість входів-виходів	Визначають максимальну можливу кількість контрольованих датчиків і керуєвих механізмів, які можуть бути підключені до ПЛК
Швидкодія ПЛК	Характеризує тривалість часу однократного обслуговування всіх входів-виходів
Об'єм пам'яті	Визначає можливості даного ПЛК у частині створення прикладного програмного забезпечення
Типи пам'яті	ПЛІЗП типу PROM для збереження базової (незмінної) частини керуючих програм ОЗП з підключенням на акумулятор – на етапах налагодження і коректування програмного забезпечення, а також для збереження оперативної інформації. ПЛІЗП типу EPROM як основна пам'ять для збереження керуючих програм
Номенклатура промислових модулів вводу-виводу	Характеризує можливість адаптації ПЛК різних форм до умов промислового використання в частині номенклатури й величин з'являючих напруг і комутуючих струмів органів керування, датчиків і виконавчих механізмів
Освоєність стандартними інтерфейсами	Характеризує пристосованість ПЛК до використання його в системах керування з можливістю дистанційного вводу і коректування програм та даних
Типи мов і технології програмування	Характеризують ступінь складності освоєння прикладного програмного забезпечення і зручність вводу і коректування записаних у пам'ять керуючих програм

1.2. ВИКОРИСТАННЯ ПЛК ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ СИСТЕМ

4

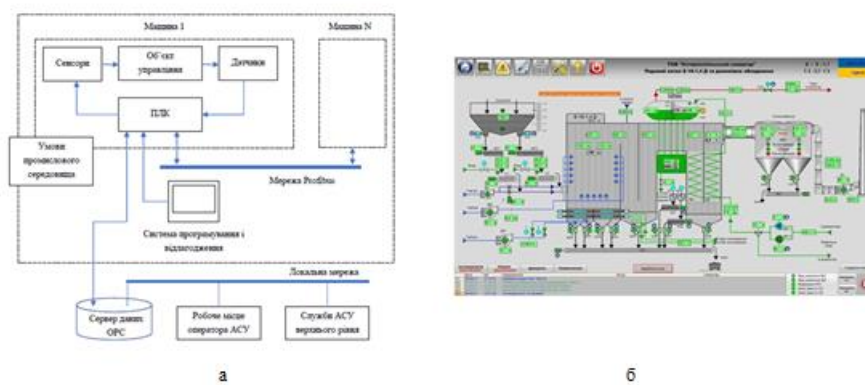


Рис. 1.2. Схема автоматизованої системи з ПЛК (а) та приклад інтерфейсу для системи опалення (б)

2.1. МЕТОДИКА І ТЕХНІКА ЕКСПЕРИМЕНТУ

6

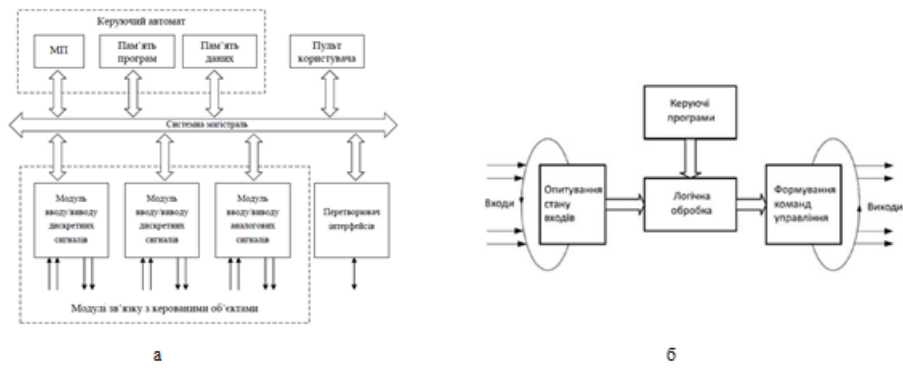


Рис.2.1. Структурна схема ПЛК (а) та принцип його циклічної роботи (б)

2.2. УПРАВЛІННЯ СВІТЛОФОРНИМ ОБ'ЄКТОМ ЗА ДОПОМОГОЮ UNITRONICS M90 7

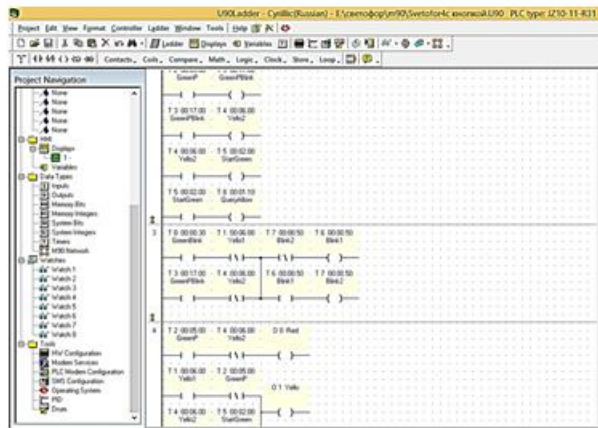


Рис. 2.2. Фрагмент програмного коду для світлофорного об'єкту

3. РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

7

Сучасні технології та стандарти в автоматизованих системах з ПЛК:

- **індустріальний Інтернет речей (IIoT)** дозволяє забезпечити зв'язок між різними компонентами системи, а також зовнішніми обліковими записами, що дозволяє використовувати аналітику даних для оптимізації процесів, прогнозування витрат та покращення прийняття рішень;
- **протоколи зв'язку (OPC, Modbus, Profibus тощо)** є стандартами, що визначають спосіб передачі даних між різними пристроями та системами. В автоматизованих системах використовуються різні протоколи зв'язку, такі як OPC (OLE for Process Control), Modbus, Profibus, Ethernet/IP та інші. Ці протоколи дозволяють передавати дані між пристроями, обмінюватися інформацією про стан обладнання та виконувати керуючі команди, що сприяє інтеграції різних компонентів автоматизованої системи.
- **системи збору та аналізу даних** забезпечують збір даних з різних джерел, включаючи датчики, PLC, бази даних тощо. Вони дозволяють аналізувати ці дані, використовуючи методи машинного навчання, статистичний аналіз та інші техніки, щоб виявити тенденції, прогнозувати відмови обладнання, оптимізувати процеси та приймати рішення на основі даних.
- **інтелектуалізація та штучний інтелект** може використовуватись для аналізу даних, прийняття рішень, прогнозування та оптимізації процесів;
- **оптимізація процесів та енергоефективність** – оптимізація використання ресурсів, мінімізація відходів, планування розкладів та вирішення проблем, пов'язаних з процесами виробництва;
- **кібербезпека** стає критично важливою. Розвиток автоматизованих систем повинен враховувати заходи забезпечення кібербезпеки, включаючи захист від несанкціонованого доступу, виявлення та відповідь на кібератаки, шифрування даних та забезпечення цілісності системи. Розвиток стандартів та практик кібербезпеки стає необхідним для забезпечення безпеки та захисту автоматизованих систем.

3.2. ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ З ПЛК

8

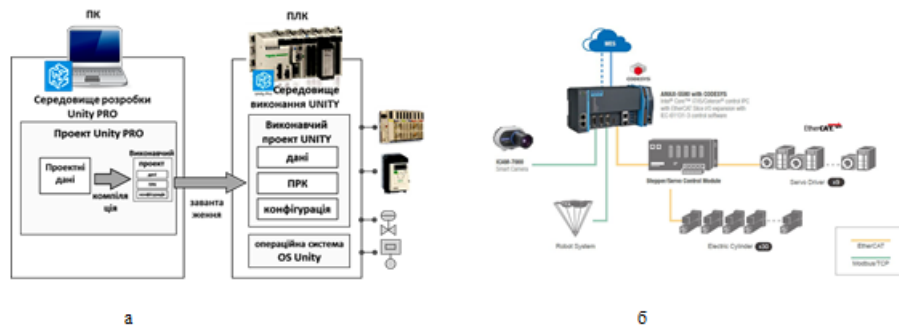


Рис. 3.1. Середовище виконання UNITY PRO (а) та інтелектуалізована система управління AMAX-5580 (б)

ВИСНОВКИ

9

1. Автоматизовані системи на основі промислових логічних контролерів (ПЛК) є ефективними засобами для управління та контролю промисловими процесами. Вони забезпечують швидку відповідь на зміни умови та можливість програмного керування різними виконавчими пристроями.
2. ПЛК забезпечують циклічну обробку управлючої програми, що дозволяє забезпечити постійне оновлення стану вхідів та виходів системи. Це забезпечує надійну та точну роботу автоматизованої системи.
3. Основною перевагою використання ПЛК є їх гнучкість та легкість програмування. Вони можуть бути налаштовані та перепрограмовані для різних завдань без необхідності фізичної зміни апаратного обладнання.
4. ПЛК забезпечують високу надійність та безпеку роботи системи, оскільки вони можуть бути програмовані для автоматичної діагностики та виявлення несправностей. Це дозволяє оперативно реагувати на проблеми та забезпечувати безперебійну роботу системи.
5. Застосування ПЛК широко поширене в різних галузях, включаючи виробництво, енергетику, автомобільну промисловість, хімічну та фармацевтичну галузі. Вони дозволяють підвищити продуктивність, знизити витрати та покращити якість виробництва.
6. Для успішного впровадження автоматизованих систем на основі ПЛК необхідно правильно планувати та проектувати систему, враховуючи специфіку конкретного виробництва та потреби користувача. Важливо забезпечити належне навчання персоналу та провести необхідні тести та перевірки перед впровадженням.