

Хмельницький національний університет  
Факультет інформаційних технологій  
Кафедра автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

магістр

Освітній рівень

Метод керування інженерними системами приміщення

Назва теми

КВРАКІТ.2021065.01.03.ПЗ

Галузь знань 15 «Автоматизація та приладобудування»

Шифр, назва

Спеціальність 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Шифр, назва

Освітня програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Назва

Виконав:


студент II курсу, група АКІТм-21-1

  
Підпис

Дмитро МЕЛЬНИК

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ


Керівник

  
Підпис, дата

Павло МАЙДАН

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Нормоконтролер

  
Підпис, дата

Людмила КОРЕЦЬКА

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

До захисту допускаю:  
зав. кафедри автоматизації  
та комп'ютерно-інтегрованих  
технологій

  
Підпис, дата

Валерій МАРТИНЮК

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

«08» грудень 2022 р.

Хмельницький 2022

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інформаційних технологій

Кафедра Автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій і телекомунікацій

Світній рівень Магістр

Навчальний модуль 15 Автоматизація та приладобудування

Спеціальність Автоматизація та комп'ютерно інтегровані технології

Світня програма «Автоматизація та комп'ютерно інтегровані технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри Мартинюк. В. В.

“ 1 ” 07 2022 р.

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІНУ РОБОТУ МАГІСТРА**

Мельнику Дмитру Володимировичу

Тема роботи Метод керування інженерними системами приміщення

Виконавець роботи Майдан Павло Сергійович, к.т.н., доцент

Затверджено наказом ректора університету від 1.07.2022р. №53

Строк подання студентом роботи на кафедру 1.12.2022р.

Вихідні дані до роботи (характеристика об'єкта, умов дослідження та ін.)

Тема роботи розробка системи автоматичного керування інженерними

системами приміщень

Об'єкт дослідження система автоматичного керування інженерними

системами приміщень

Вміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Суп. Проблематика розробки системи керування інженерними системами

приміщення. Моделювання системи керування інженерними системами





приміщення. Розробка візуалізації стану системи автоматичного керування

інженерними системами приміщень. Висновки.

Завдання отримав \_\_\_\_\_

Науковий керівник \_\_\_\_\_

Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Антиплагіат	Федула М.В. к.т.н., доцент		
Нормоконтроль	Корецька Л.О. к.т.н., доцент		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів (розділів) кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1	Вступ	10.09.2022	виконано
2	Проблематика розробки системи керування інженерними системами приміщення	25.09.2022	виконано
3	Моделювання системи керування інженерними системами приміщення	15.10.2022	виконано
4	Розробка візуалізації стану системи автоматичного керування інженерними системами приміщень	10.11.2022	виконано
5	Висновки	15.11.2022	виконано
6	Оформлення пояснювальної записки до КРМ	20.11.2022	виконано
7	Оформлення презентаційних матеріалів	1.12.2022	виконано

Студент

  
Підпис

Мельник Д.В.

Прізвище, ініціали

Керівник роботи

  
Підпис

Майдан П.С.

Прізвище, ініціали

## Зміст

	с.
ВСТУП	3
1 ПРОБЛЕМАТИКА РОЗРОБКИ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ІНЖЕНЕРНИМИ СИСТЕМАМИ ПРИМІЩЕННЯ	7
1.1 Техніко-економічне обґрунтування проєкту, що розробляється	7
1.2 Підбір елементної бази системи керування інженерними системами приміщення	9
1.3 Висновки до першого розділу	37
2 МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ІНЖЕНЕРНИМИ СИСТЕМАМИ ПРИМІЩЕННЯ	38
2.1 Розробка принципової схеми САК інженерними системами приміщення (ІСП)	38
2.2 Розробка програми керування САК ІСП	44
2.3 Висновки до другого розділу	52
3 РОЗРОБКА ВІЗУАЛІЗАЦІЇ СТАНУ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ІНЖЕНЕРНИМИ СИСТЕМАМИ ПРИМІЩЕНЬ	53
3.1 Опис роботи розробленої САК ІСП	53
3.2 Розробка програми САК ІСП	56
3.3 Програма візуалізації САК ІСП	70
3.4 Конструкція проєкту САК ІСП	73
3.5 Висновки до третього розділу	76
ВИСНОВКИ	77
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	79
ДОДАТКИ	82

## ВСТУП

**Актуальність теми.** На сучасному етапі розвитку дуже актуальною є проблема розроблення, проектування та створення «розумних» будівель. «Розумні» будівлі допомагають ефективніше та економічніше застосовувати енергетичні ресурси (електроенергія чи газ), воду. Так звані, «інтелектуальні» будівлі роблять життя власників комфортнішим, безпечнішим, крім того зараз мати такі «розумні» будинки – престижно [1, 2, 3].

Автоматика так званого «розумного» будинку виконує безліч різноманітних функцій, наприклад, керування опаленням, водопостачанням, освітленням, вентиляцією та кліматом, керування системою сигналізації та безпеки, керування системою віддаленого та візуалізованого керування будинку. Широкого застосування набувають, «мультируми» - системи для розподілу відео- чи аудіо-сигналу по приміщенню, якими можливо керувати з одного дистанційного пульта. Це лише мала частина функцій, які може виконувати, так званий, «розумний» будинок, функціональність якого може обмежуватись лише фантазією розробників та, відповідно, фінансовими можливостями власника, загалом відомо, що «розумний» будинок - дороге задоволення [2, 3].

**Метою роботи** є розробка проєкту «Метод керування інженерними системами приміщення», для керування освітленням, системою безпеки, захистом електропобутових приладів, а також здійснює моніторинг параметрів навколишнього середовища (таких як температура, освітленість, вологість).

Для досягнення цієї мети необхідно розв'язати такі **завдання**:

- проектування структурної та принципової електричних схем проєкту;
- розробка конструкції та компонування структури проєкту;
- підбір необхідної елементної бази для проєкту;
- розрахунок споживання електричної енергії елементами проєкту;
- розрахунок надійності та розробка керівної програми для ПЛК.

**Об'єктом дослідження** є процеси керування інженерними системами приміщень в проєкті «розумний» будинок.

**Предметом дослідження** є методи та алгоритми керування інженерними системами приміщень в проєкті «розумний» будинок.

#### **Методи досліджень.**

Використовувались основні положення загальної теорії систем, системного аналізу (ієрархічності, декомпозиції та ін.), теорії моделювання процесів. Внаслідок проведення моделювання процесу та розроблення методів контролю витoku води використано теоретико-множинні підходи, алгебру систем, апарат модельно-орієнтованих підходів, методи концептуального моделювання, принципи побудови баз знань та формування логічного висновку, евристичні оцінки.

#### **Наукова новизна отриманих результатів:**

Вперше створено метод контролю витoku води в проєкті «Метод керування інженерними системами приміщення» для підвищення захищеності приміщень із використанням програмного моделювання для перевірки працездатності запропонованого рішення щодо захисту проєкту «Метод керування інженерними системами приміщення».

**Практична значимість отриманих результатів:** полягає в збільшенні енергоефективності використання інженерних систем приміщень для квартир, будинків, приміщень державного значення, що допоможе в результаті заощадити кошти та ефективно застосовувати енергоносії.

**Апробація результатів дослідження:** участь у науково-практичній конференції здобувачів вищої освіти та молодих учених «Технічна творчість» в м. Хмельницькому, робота отримала схвальні відгуки і тому за результатами було надруковано тези в збірнику наукових праць «Технічна творчість».

Дипломна робота складається із вступу, трьох розділів, висновків до кожного розділу, висновків, списку використаних джерел, 2 додатків. Загальний обсяг роботи складає 80 сторінок комп'ютерного тексту, у тому числі: 29 рисунків та 0 таблиць, список використаних джерел вміщує 26 найменувань.

У вступі

Охарактеризовано сучасний стан проблема розробки, проєктування та

створення так званих «розумних» будівель. «Розумні» будівлі допомагають ефективніше та економічніше застосовувати енергетичні ресурси (електроенергія чи газ), воду. Описано мету роботи, предмет та об'єкт досліджень, наукову новизну та практичну значимість отриманих результатів.

У першому розділі

Згідно із поставленим технічним завданням описано розробку проєкту на основі ПЛК, який базується на модулі CPU фірми BECKHOFF BC9120. Підібрано необхідні модулі керування: модуль введення KL1408, аналоговий модуль введення-виведення типу KL3454, модуль дискретних вихідних сигналів типу KL2408, модуль типу KM2604, модуль диммування типу KL2751 та модуль CPU типу BC9120, крім того підібрано необхідні датчики такі як: для детектування руху обрано сповіщувач охоронний об'ємний оптико-електронний типу ІО 409-22 «Астра-9», геркони - сповіщувачі охоронні точкові з магнітними контактами ІО 102-29 «ЕСТЕТ», для визначення освітленості обрано датчик видимого світла фірми «Agrosensor» серії ОС100М, для контролювання температури повітря обрано датчик фірми «Agrosensor» серії ТА100, для відносної вологості фірми «Agrosensor» типу ВА100М, підібрано джерело живлення - імпульсний блок живлення фірми Schneider Electric ABL8REM24050

У другому розділі

Описано розробку структурної схеми проєкту «Метод керування інженерними системами приміщення», а на її основі запропоновано та створено принципову електричну схему САК інженерними системами приміщення для «розумного» будинку.

Описано розробку програми керування системою автоматичного керування інженерними системами нашого проєкту «Метод керування

інженерними системами приміщення» на основі використання середовища програмування CoDeSys .

У третьому розділі

Описано створення програми керування САК інженерними системами приміщень. Програма написана на CFC - одній з мов стандарту MEK 61131-3. Програма надає можливість керування або безпосередньо з панелі керування, або з віртуальної консолі програми візуалізації. Розписано візуалізацію САК інженерними системами приміщень та загальну конструкцію проєкту «Метод керування інженерними системами приміщення».

Описано розробку проєкту «Метод керування інженерними системами приміщення», що демонструє частину функціональності «розумного» будинку, а саме: керування освітленням, системою безпеки та захистом побутових електропобутових приладів, а також здійснює моніторинг параметрів навколишнього середовища (температура, вологість та освітленість).

У загальних висновках

Наведено отримані результати роботи по проєкту «Метод керування інженерними системами приміщення».

# РОЗДІЛ 1

## ПРОБЛЕМАТИКА РОЗРОБКИ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ІНЖЕНЕРНИМИ СИСТЕМАМИ ПРИМІЩЕННЯ

У кваліфікаційній роботі розробляється проєкт «Метод керування інженерними системами приміщення», що демонструє частину функціональності, так званого, «розумного» будинку, а конкретно: керування освітленням, системою безпеки, захистом електро побутових приладів, а також здійснює моніторинг параметрів навколишнього середовища (таких як температура, освітленість, вологість).

Проєкт повинен давати можливість керування або безпосередньо із панелі керування, або із спеціалізованої віртуальної консолі програми візуалізації.

Проєкт розробляється на основі програмованого логічного контролера (ПЛК) на базі модуля CPU WESKHOFF WS9120 [4, 5]. Під час проєктування вирішували наступні завдання:

- проєктування структурної та принципової електричних схем, розробка конструкції та компоновання, підбір необхідної елементної бази, розрахунок споживання електричної енергії, розрахунок надійності та розробка керівної програми для ПЛК, а також налаштування та тестування роботи створеної програми.

### **1.1 Техніко-економічне обґрунтування проєкту, що розробляється**

Основою такого проєкту є ПЛК, спеціалізований під завдання керування промисловими об'єктами. Блочно-модульна конструкція дасть нам змогу створити систему керування для конкретного об'єкта із мінімальними витратами. Така конструкція дасть можливість мати у своєму складі потрібні резерви апаратних чи програмних засобів, що в подальшому залишить нам можливість виконати модернізацію проєкту за потреби.

Також дана структура проєкту за допомогою додаткових модулів

розширення дасть нам можливість створити розподілену систему керування із відстанню між розташуванням ПЛК або пристроями сполучення до 100 м та загальною відстанню до 2 км, що важливо як для створення великої «інтелектуальної» будівлі, або взагалі для будь-якої розподіленої автоматичної системи.

Контролер, в свою чергу, складається із: центрального процесора, який є базою для всього пристрою, для програмування CPU застосовується спеціалізоване програмне забезпечення BECKHOFF TwinCAT; для зв'язку контролера із об'єктами керування застосовуються вхідні та вихідні модулі. Вхідні модулі використовуються для прийому сигналів від об'єкта керування, у проєкті будуть використовуватись два види вхідних модулів - аналогові та дискретні. Аналогові застосовуються для прийому сигналів у наступному вигляді: або – струм в діапазоні 4-20мА чи 0-20мА або напруга в діапазоні 0-10 В від аналогових давачів та ввід їх у контролер із 16-бітною роздільною здатністю, відповідно у програмі аналоговий сигнал буде відображатись як двійкове слово заданої довжини [4, 5].

Дискретні модулі будуть отримувати сигнали з обладнання (кнопки, давачі тощо) у вигляді постійної напруги 24В – логічна «1» та «0» - логічний нуль або постійної напруги 12В – логічна «1». Сигнали із вхідного модуля для робочої програми є окремими бітами, що матимуть певну власну адресу. Вихідні модулі дискретних сигналів призначені для видачі на виконавчі пристрої відповідної напруги для роботи відповідно до програми роботи.

У даному проєкті будуть використовуватись 3 види вихідних модулів. Дискретні вихідні модулі застосовуються для видачі постійної напруги 24 В на струм 30мА на кожен канал, що використовується. Релейні виходи застосовуються для безпосереднього під'єднання пристроїв із великим споживанням енергії, оскільки можуть комутувати змінну напругу приблизно в 230 В зі струмом в 16А . Вихідні модулі димери використовують для плавного регулювання потужності, що подається на пристрій, та перетворюють 12-ти бітову програмну змінну в потужність, що видається на підключений вихід.

Сигнали для вихідних модулів у програмі, що розробляється, адресуються аналогічно сигналам із вхідних модулів.

Розробка виконується із декількох причин.

1. У зв'язку з появою на ринку нових ПЛК, а отже і нових програмних продуктів для роботи із ними, виникла потреба в навчанні кваліфікованих фахівців для роботи з новими ПЛК та відповідно із новими програмами.

2. У зв'язку зі зростаючою популярністю та актуальністю «розумних» будинків та так званих, «інтелектуальних» будівель.

Розробка проекту, в свою чергу, переслідує декілька цілей:

- продемонструвати можливості ПЛК та роботу автоматики загалом;
- допомогти засвоїти мови програмування зі стандарту МЕК 61131-3;
- навчити здобувачів працювати із ПЛК BECKHOFF, а також із програмним забезпеченням для роботи з ними TwinCAT [4, 5];
- підвищити якість освіти.

Ретельний підбір елементної бази та вибір блочно-модульного ПЛК як бази для проекту дасть нам можливість створити його із необхідним програмно-апаратним запасом та при мінімальних фінансових затратах.

## **1.2 Підбір елементної бази системи керування інженерними системами приміщення**

### 1.2.1 Підбір вхідних модулів

В розроблюваному проєкті повинні бути встановлені наступні органи керування:

- не фіксована кнопка «Яскравіше»;
- не фіксована кнопка «Темніше»;
- перемикач трипозиційний із можливістю фіксації положення, використовується для вибору ламп, які можливо регулювати за потужністю;
- перемикач двопозиційний із можливістю фіксації положення, використовується для ввімкнення/вимкнення «лампи №1»;

- перемикач двопозиційний із можливістю фіксації положення, використовується для ввімкнення/вимкнення «лампи №2»;

- перемикач двопозиційний із можливістю фіксації положення, використовується для ввімкнення/вимкнення індикації відсутності напруги на «розетці №1»;

- перемикач двопозиційний із можливістю фіксації положення, використовується для ввімкнення/вимкнення індикації відсутності напруги на «розетці №2»;

- перемикач двопозиційний із можливістю фіксації положення, використовується для вибору режиму роботи створеного проекту;

- перемикач двопозиційний із можливістю фіксації положення, використовується для моделювання вмикання «давача протікання води».

Виходячи із завдання на проєкт, повинні бути змонтовані наступні давачі:

- дискретні - давачі руху (2 штуки), геркони на імітаціях дверей та вікон;
- аналогові - давачі температури, освітленості, вологості.

Для під'єднання давачів необхідно використати ще 4 дискретних та 3 аналогових вхідних канали. Тобто, загальна кількість вхідних дискретних каналів стає рівною 14, а аналогових - 3.

Фірма WESKHOFF виробляє 2-, 4-, 8-, 16- та 32-канальні дискретні вхідні модулі, для проєкту використаємо два дискретних модулі KL1408 (рис. 1.1) із вісьмома каналами, які здатні забезпечити усю потрібну функціональність та є оптимальними за вартістю та доступністю на ринку, серед інших аналогічних модулів. В нас ще залишаються 2 дискретних вхідних канали, які можливо буде використати в майбутній модернізації проєкту [6, 7].

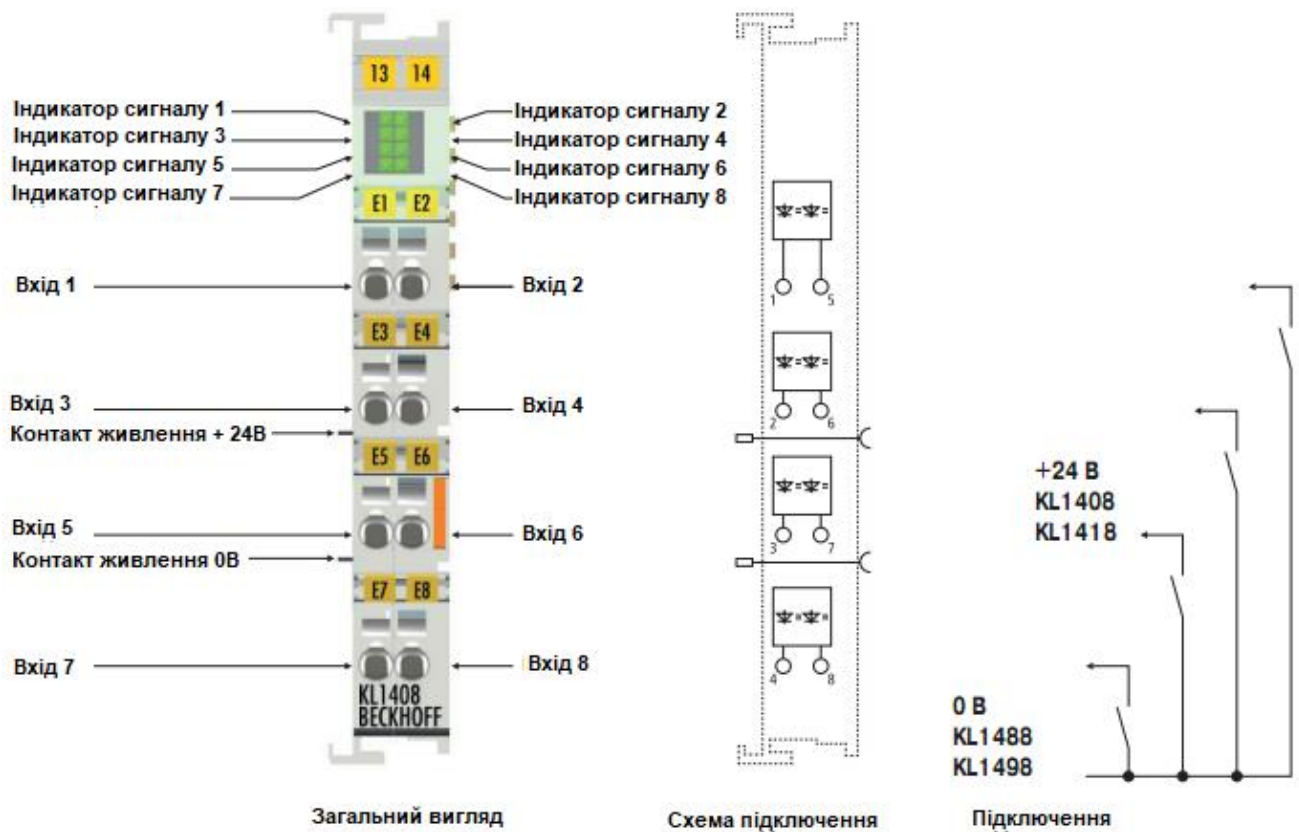


Рисунок 1.1 – Загальний вигляд, схема підключення та підключення модуля KL1408

Модуль введення KL1408 (із позитивною полярністю) реєструє двійкові сигнали керування на рівні обробки та передає їх в електрично ізольованій формі на пристрій автоматизації вищого рівня. Стан усіх восьми контактів модуля відображається за допомогою застосування світлодіодів. Якщо такі модулі монтувати у шафах керування то вони є особливо зручними для застосування в умовах обмеженого простору. Контакти живлення забезпечують наскрізний контур, відповідно опорна напруга для всіх входів становить 0 В.

Технічні характеристики модуля введення KL1408 [7]:

- число входів: 8;
- номінальна напруга: 24 В постійного струму (відхилення від мінус 15% до +20%);
- сигнальна напруга при логічному нулю «0»: від мінус 3 до +5 В постійного струму (IEC 61131-2, тип 1);

- сигнальна напруга при логічній «1»: від 11 до 30 В постійного струму (ІЕС 61131-2, тип 1);

- сигнальний струм при логічному «0»: від 0 до 1,5 мА;

- сигнальний струм при логічній «1»: від 2,0 до 2,5 мА;

- вхідний фільтр: 3,0 мс;

- вхідний струм: 3 мА (ІЕС 61131-2, тип 1);

Споживання струму шини: K-bus 5 мА;

- електрична ізоляція: 500 В rms (K-bus /напругу мережі);

- ширина біта в процесі: 8 входів;

- можливість конфігурування: Не виконується;

- температура під час експлуатації від 0°C до +55°C;

- температура під час зберігання: від мінус 25°C до +85°C;

- загальна вага: 55 г;

- відносна вологість навколишнього середовища: 95 %, без конденсації;

- клас захисту: IP 20;

- можливість блокового з'єднання: з усіма модулями KSxxxx Bus Terminals.

Фірма BECKHOFF виготовляє 1-, 2-, 4- та 8-канальні аналогові вхідні модулі для введення аналогових сигналів, для проєкту ми використаємо 4-х канальний модуль аналогового введення KL3454, 1 вхід якого залишимо в резерві для подальшої модернізації проєкту (рис. 1.2) [7].

Аналоговий модуль введення-виведення типу KL3454 виконує обробку сигналів в діапазоні від 4 до 20 мА. Аналогові струмові сигнали дискретизуються із максимальною роздільною здатністю 12 біт та будуть передаватись в електрично ізольованій формі до автоматичних пристроїв на вищій рівень. У модулі типу KL3454 чотири входи виконані у двопровідному виконанні та загальний потенціал «землю». Для забезпечення можливості під'єднання двопровідних давачів без застосування допоміжної напруги на контакт живлення модуля повинна подаватись напруга 24В постійного струму. Застосування технології зв'язку по одному проводу, забезпечить під'єднання багатоканальної системи давачів при мінімальному необхідному просторі. Контакти живлення

модуля типу KL3454 є прохідними [7, 8].

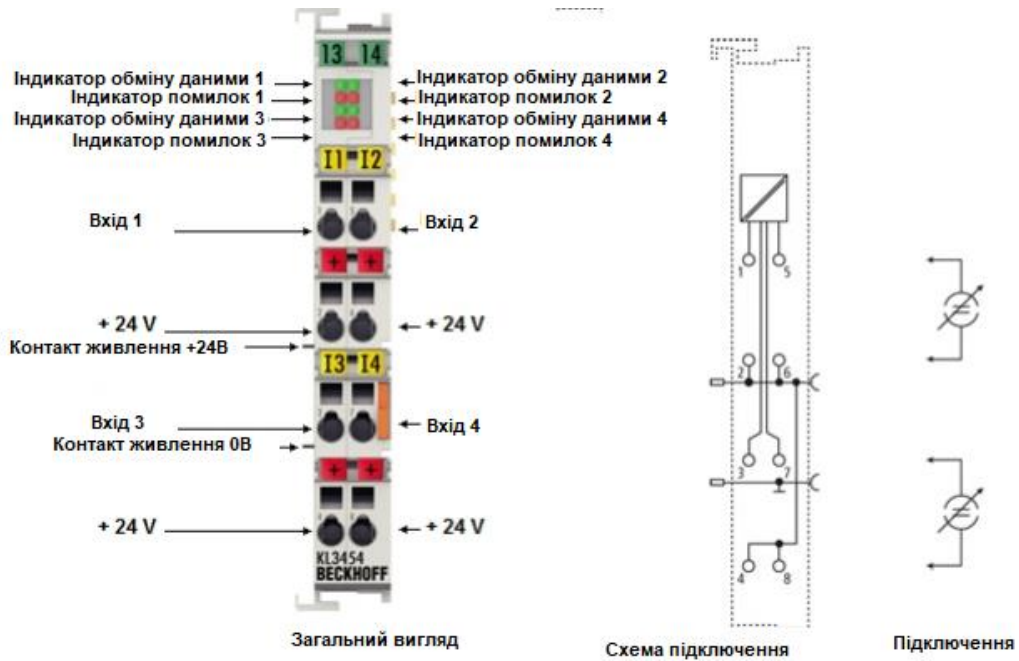


Рисунок 1.2 - Загальний вигляд, схема підключення та підключення модуля KL3454

Потенціал «землі» для всіх входів відповідає 0В на контакті живлення. Інформація про реальний стан аналогового модуля KL3454 передається на контролер по шині K-bus. Світлодіодні індикатори типу «error» сигналізуватимуть про перевантаження або обрив лінії, індикатори типу «run» - про процес обміну даними з шинним з'єднувачем.

Технічні дані модуля типу KL3454 [7]:

- кількість вводів: 4;
- діапазон сигналів: від 4 до 20 мА;
- час на перетворення: приблизно 2 мс;
- внутрішній опір: менше 85 Ом;
- роздільна здатність: 12 біт;
- підключення живлення: через K-bus;
- похибка вимірювань: менше  $\pm 0,3\%$  (залежить від граничного значення шкали);
- допустима імпульсна напруга: 30 В постійного струму;
- електрична ізоляція: 500 В rms (K-bus/напруга сигналу);

- споживання струму шини K-bus: 85 мА;
- бітова ширина: введення: 4x16 біт даних (або 4x8 біт керування/статусу, за вибором);
- можливість конфігурування: не виконується;
- загальна вага 75 г;
- температура під час експлуатації: від 0 до +55 °С;
- температура під час зберігання: від мінус 25 до +85 °С;
- відносна вологість навколишнього середовища: 95 %;
- вібро та ударостійкість: повністю відповідає вимогам стандартів EN 60068-2-6 та стандарту EN 60068-2-27/29;
- електромагнітна сумісність: повністю відповідає вимогам стандартів EN 61000-6-2 та стандарту EN 61000-6-4;
- клас захисту: IP 20;
- можливість блокове з'єднання: з усіма модулями KSxxxx Bus Terminals.

Загальний струм, який споживають два модулі типу KL1408 за всіх логічних одиниць, становить  $16 \cdot 0,25 = 40\text{мА}$ , загальний струм, який споживає один модуль типу KL3454 за максимальних вхідних сигналів, становить  $4 \cdot 20 = 80\text{мА}$ , разом загалом 120мА [7].

Споживання струму від шини типу K-bus двох модулів типу KL1408 становитиме  $2 \cdot 5 = 10\text{мА}$ , а одного модуля типу KL3454 дорівнює 85мА, отже, загальне споживання струму від шини типу K-bus становитиме 95мА [7].

В адресному просторі контролера (для області периферії) дискретні входи займають адреси з IX0.0-IX1.7 (IX0.0 та IX1.7 входи - резервні дискретні входи), аналогові - IW2.0-IW2.2 (IW2.3- резервний аналоговий вхід).

### 1.2.2 Підбір вихідних модулів

Згідно із завданням на проєкт повинна виводитись наступна індикація:

- керування ввімкненням/вимкненням розеток №1 та №2 220В змінного струму;

- керування ввімкненням/вимкненням ламп №1 та №2 220В змінного струму (освітлення «кімнати 2-го поверху»),
- плавного регулювання потужності ламп №3 та №4 (освітлення «кімнати 1-го поверху») 220В змінного струму;
- спрацьовування геркона «вікна»;
- ввімкнення запірною «електроклапана»;
- спрацьовування геркона «двері»;
- режиму роботи «норма/охорона»;
- спрацьовування «давача протікання води»;
- «тривога».

Фірма виробник ВЕСКНОFF виготовляє кілька видів дискретних вхідних модулів, але оскільки необхідно виводити індикацію з 6 об'єктів, а для індикації в проєкті будемо застосовувати лампи на 24В, діаметром 22 мм, типу ХВ5АVB3-4, струм, що споживається, становитиме  $0,02 \cdot 6 = 0,12\text{мА}$ , обираємо 8-канальний модуль дискретних вихідних сигналів типу KL2408 на 24В постійного струму [9].

Модуль типу KL2408 (рис. 1.3) (позитивне перемикання) повинен забезпечити електрично ізольоване передавання сигналів керування із пристроїв автоматизації на виконавчі пристрої на рівні процесу. Модуль типу KL2408 повністю захищено від зміни полярності напруги. Струм навантаження проходить через виходи, які захищені від короткого замикання та перевантаження. Модуль оснащено вісьмома каналами із індикаторами, що відображають стан сигналів тому такі компактні модулі добре пристосовані для застосування в шафах керування [9].

Технологія з'єднання особливо зручна при використанні несиметричних входів. Усі компоненти використовують ту саму опорну точку, що й модуль типу KL2408. Контакти живлення мають контур наскрізного пропускання тому у моделі типу KL2408 для виведення сигналів використовується контакт живлення 24 В постійного струму.

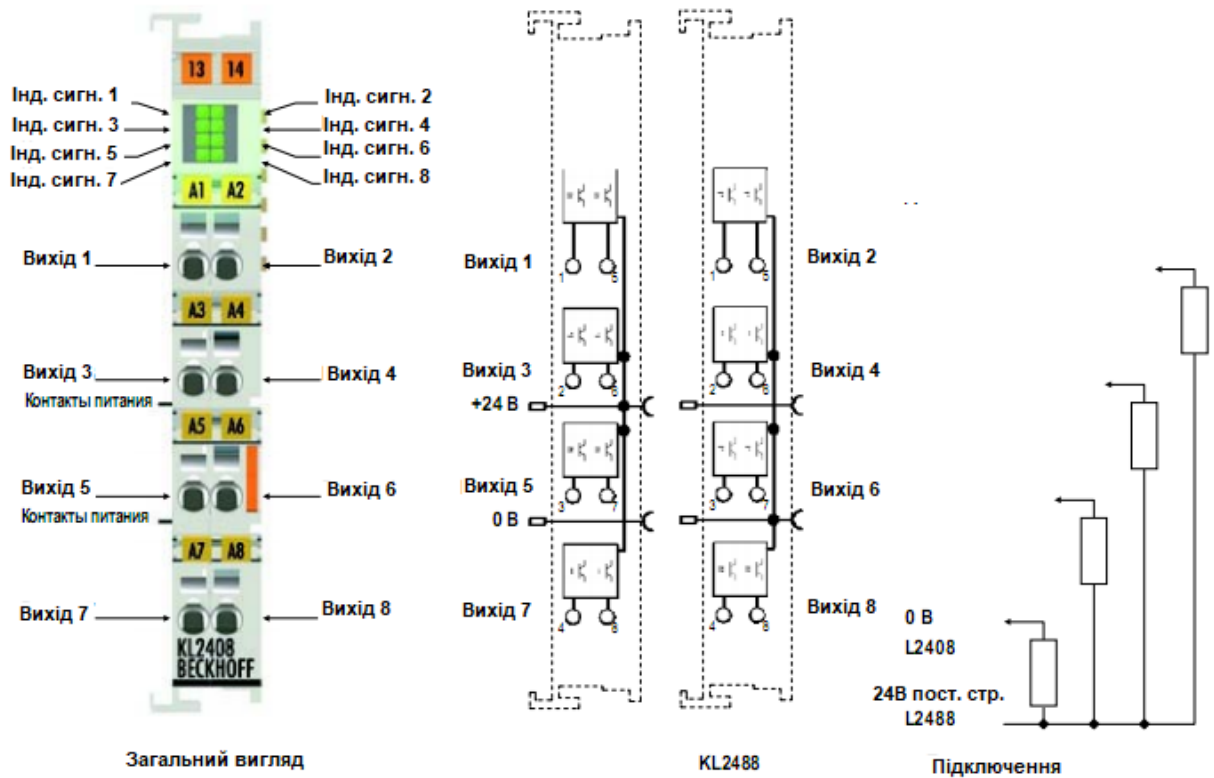


Рисунок 1.3 - Загальний вигляд, схема підключення та підключення модуля KL2408

Технічні характеристики модуля типу KL2408 [9]:

- кількість виходів: 8;
- тип навантаження: лампове, індуктивне, омичне;
- номінальна напруга: 24 В постійного струму (відхилення від мінус 15% до +20%);
- максимальний вихідний струм (на кожен канал): 0,5 А (захист від короткого замикання), загальний струм не більше 3А;
- споживання струму від напруги навантаження: не більше 60 мА;
- споживаний струму від шини типу К-bus: не більше 18 мА;
- наявність захисту від зміни полярності: є захист;
- електрична ізоляція: 500 В rms (К-bus/напруга мережі);
- ширина біта: 8 виводів;
- наявність конфігурування: не застосовується;

- загальна вага: приблизно 70 г;
- температура під час зберігання: від мінус 25 до +85 °С;
- температура під час експлуатації: від 0 до +55 °С;
- відносна вологість навколишнього середовища: 95 %;
- вібро- та ударостійкість: відповідає стандарту EN 60068-2-6 та стандарту EN 60068-2-27/29;
- стійкість до електромагнітних імпульсів та ЕС: відповідає стандарту EN 61000-6-2 (EN 50082) та стандарту EN 61000-6-4 (EN 50081);
- клас захисту: IP 20.

Для керування ввімкненням/вимкненням розеток (в проєкті виконано симуляцію розеток лампами напругою 220В змінного струму) та для керування ввімкненням/вимкненням ламп напругою 220В змінного струму необхідно застосувати релейні вихідні модулі. Фірма BECKHOFF виготовляє 2 типи таких модулів – тип KL2604 та тип KL2614 [10, 11]. Модуль типу KL2614 допускає як ручне ввімкнення/вимкнення кожного реле, так і в автоматичному режимі, а модуль типу KL2404 - лише автоматичне [11]. У проєкті також будемо застосовувати простіший за виконанням та дешевший 4-канальний релейний вихідний модуль KM2604 (рис. 1.4) [12, 13].

Модуль типу KM2604 оснащено чотирма змінними силовими реле. Через достатньо високу комутаційну здатність - 16А, напругу 230В змінного струму - модуль дає змогу безпосередньо підключати пристрої із великим споживанням енергії. Через розташування зверху реле є легко замінними.

Технічні характеристики модуля типу KM2604 [13]:

- кількість виходів: 4 контакти, із здатністю перемикавання;
- номінальна напруга перемикавання: 30 В та 250В змінного струму;
- номінальний струм комутації: 16 А;
- мінімальне навантаження комутації: 5 мА (при напрузі 10 В постійного струму);

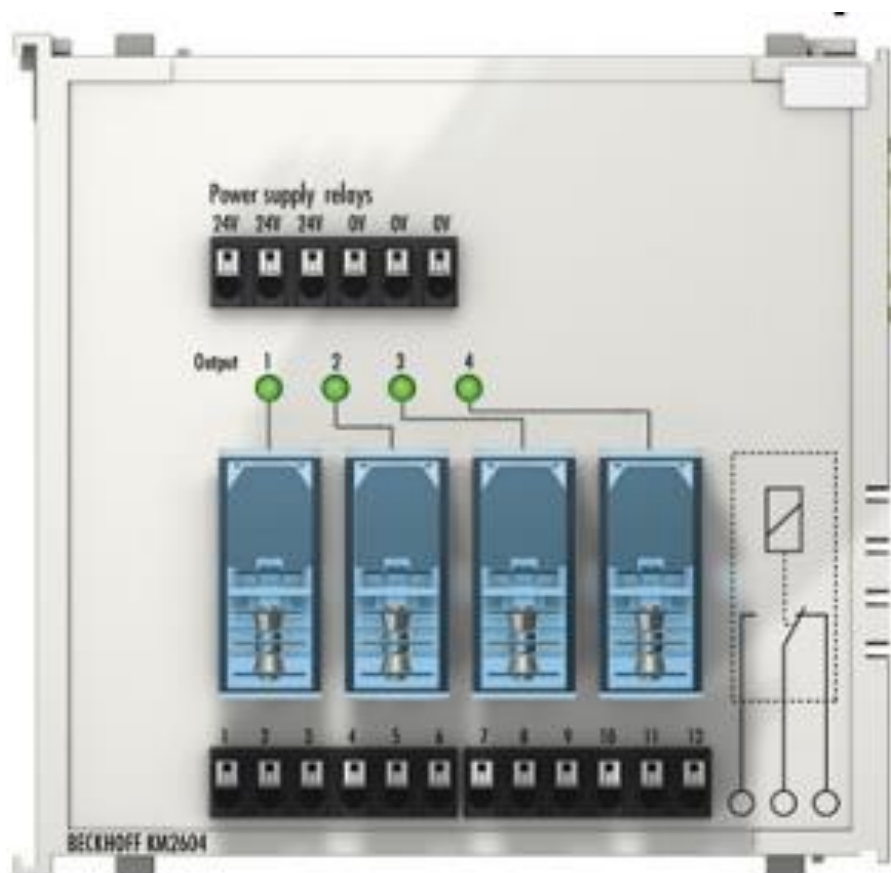


Рисунок 1.4 – Загальний вигляд модуля типу KM2604

- електрична ізоляція: 1,5 кVrms (K-bus/напруга в мережі);
- номінальний викид напруги 2,5 кV, категорія перенапруги III;
- споживання струму через шину K-bus: 15 мА;
- споживання струму за постійної напруги 24 В: не більше 50 мА на кожне активне реле;
- ширина бітів: 4 виходи;
- кількість механічних комутаційних циклів: 5x10<sup>6</sup> хв;
- кількість електричних комутаційних циклів: 1x10<sup>6</sup> хв (1 А змінного струму на напругу 250 В постійного струму);
- загальні габарити: 99x100x62 мм ;
- можливість конфігурування: без конфігурування, без встановлення адреси;
- загальна вага: 250 г;
- температура експлуатації: від 0 до +55°C;

- температура зберігання: від мінус 25 до +85°C;
- відносна вологість навколишнього середовища: 95 %;
- EMC захищеність та випромінювання: згідно з стандартом EN 61000-6-2 та стандартом EN 61000-6-4;
- вібро- та ударостійкість: згідно зі стандартом EN 60068-2-6 та стандартом EN 60068-2-27/29;
- клас захисту: IP 20.

Додаткове устаткування для модуля:

ZB2601 реле, напруга 230 В змінного струму, струм - 16 А, котушка 24 В, запасна частина для модуля типу KM2604.

Для плавної зміни потужності ламп напругою 220В змінного струму будемо застосовувати 2 вихідні модулі диммування KL2751 (рис. 1.5) [14].

Модуль диммування типу KL2751 створено безпосереднього для під'єднання різних приладів для освітлення. Модуль типу KL2751 створено для керування та контролю типових навантажень: індуктивних та електронних баластів та, відповідно, ламп розжарювання, тип навантаження буде визначається автоматично. За отриманими із верхнього рівня автоматизації даними щодо бажаного ступеня освітленості модуль типу KL2751 обраховує відповідний кут для урегулювання фази. Вихід даного модуля має захист від короткого замикання та всіх перевантаження. Модуль KL2751 може бути керованим за допомогою використання інших шин [14].

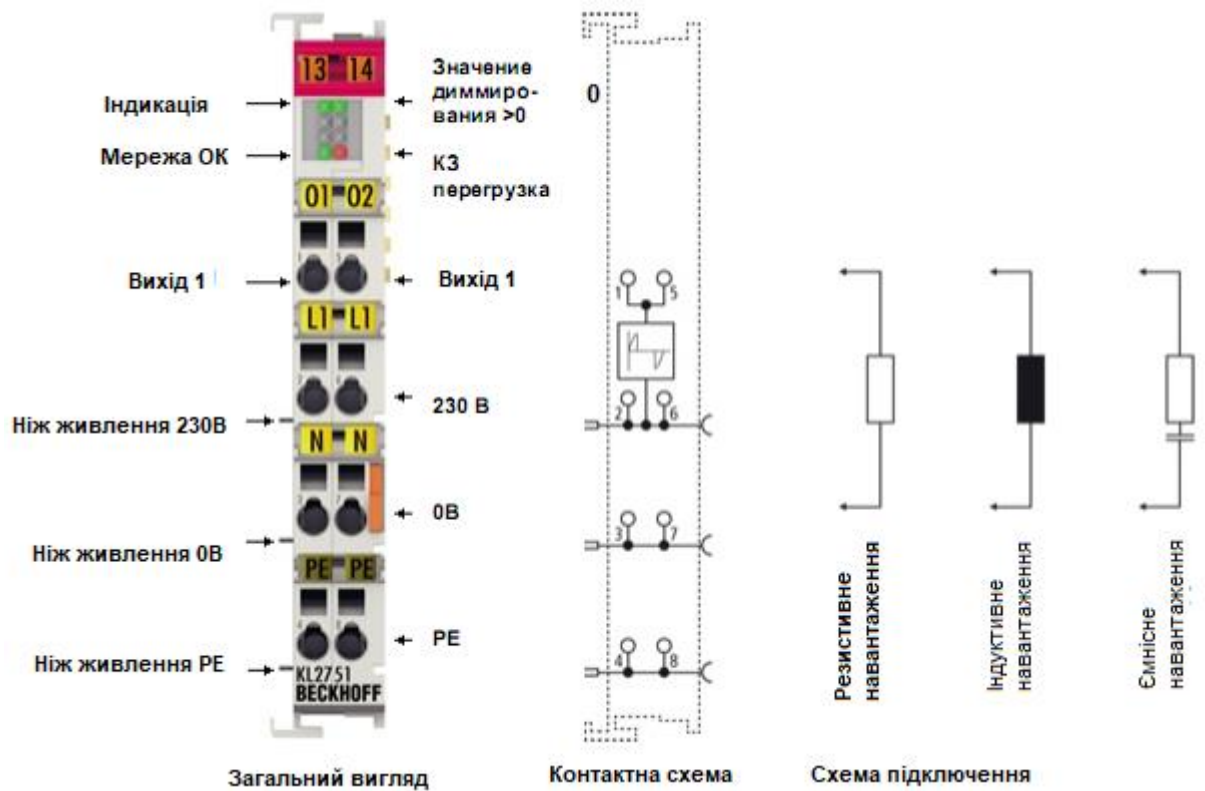


Рисунок 1.5 - Загальний вигляд, схема підключення та підключення модуля KL2751

Технічні характеристики модуля типу KL2751 [14]:

- напруга мережі: 230 В змінного струму;
- номінальна потужність: 300 Вт (приблизно 300 ВА);
- номінальний струм: не більше 1,35 А;
- тип навантаження: автоматично визначається, індуктивне, омичне або ємнісне;
- використовуваний тип керування: імпульсно-фазове регулювання;
- розрешення: 1 %;
- електрична ізоляція: 500 кVrms (К-Bus/напруга шини), напруга 3,750 В змінного струму за одну хвилину;
- струм витоку: менше 1 мА (в вимкненому стані);
- споживання струму через шину К-Bus: не більше 65 мА;
- розмір образу: вихід: 1x16 біт-даних (1x8 біт-контроль/статус опціонально);

- загальна вага: близько 60 г;
- температура експлуатації: від 0 до +55 °С;
- температура зберігання: від мінус 25 до +85 °С;
- відносна вологість навколишнього середовища: 95 %;
- вібро та ударостійкість: відповідає стандарту EN 60068-2-6 та стандарту EN 60068-2-27/29;
- стійкість до випромінення та електромагнітного імпульсу: відповідає стандарту EN 61000-6-2 та стандарту EN 61000-6-4;
- клас захисту: IP 20;
- тип з'єднання: у всіх модулів KSxxxx.

Загальний струм, що споживається від напруги навантаження одним модулем типу KL2408 становить 120мА, одним модулем типу KL2604 на кожне активне реле складає 50мА, тобто всього  $4 \times 50 = 200$ мА. Відповідно, усього споживаний струм від напруги навантаження всіма вихідними модулями складатиме 320мА [11, 13].

Споживання струму через шину типу K-Bus одним модулем типу KL2408 складає 18мА, модулем типу KL2604 15мА, двома модулями типу KL2715  $2 \times 65 = 130$ мА. Тобто загальне споживання струму через шину типу K-Bus розрахунково становить 163мА [11, 13, 14].

В просторі адрес ПЛК (для області периферії) дискретні виходи будуть використовувати адреси із QX3.0-QX3.7 (QX1.3 та QX1.7 входи - зарезервовані дискретні входи), релейні виходи - QX4.0-QX4.3, виходи диммування - QW5.4 та QW6.4.

### 1.2.3 Підбір необхідного центрального процесора

Вибір модуля CPU будемо виконувати, базуючись на технічному завданні та обраних вхідних і вихідних модулів, так і, з огляду на те, що налаштуванням ПЛК здійснюватиметься за допомогою ЕОМ через протокол Ethernet. Крім того, необхідно буде враховувати, що блок CPU повинен мати запас по максимальному рівню вхідного струму, споживаного всіма модулями від шини типу К-Bus, який для обраних раніше модулів буде становити  $163 + 95 = 258\text{mA}$ , тобто модуль CPU повинен мати максимально допустимий рівень вхідного струму не нижче ніж  $258\text{mA}$ . Крім того, в модуля CPU повинен бути достатній обсяг пам'яті для зберігання необхідних програми. Усім перерахованим вище критеріям повністю відповідає модуль CPU типу BC9120 (рис. 1.6) [4, 5].

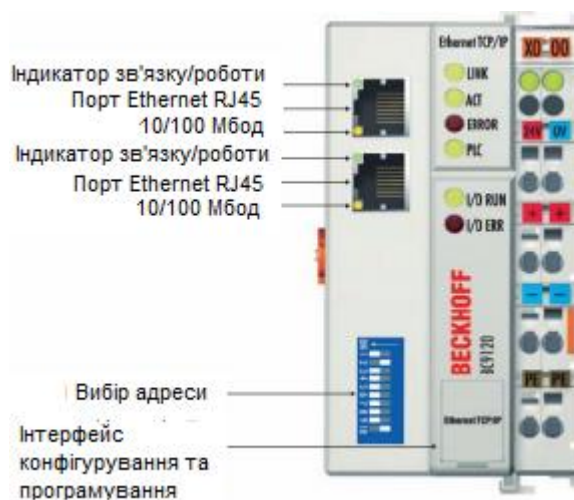


Рисунок 1.6 - Загальний вигляд модуля CPU типу BC9120

Bus Terminal Controller або шинний контролер типу BC9120 є спеціалізованим інтерфейсним модулем Bus Coupler із вбудованою функцією ПЛК і оснащено відповідним інтерфейсом промислової шини для під'єднання через мережу Ethernet. Завдяки розширенню К-bus контролери серії «Economy plus» дозволяють підключити до 255 модулів вводу/виводу до кожного пристрою, що використовується.

Контролери серії BC оснащені більшим обсягом пам'яті та додатковими інтерфейсами для інтеграції з периферійними пристроями. Відповідно модель типу BC9120 оснащено додатковим портом RJ45, крім того, обидва Ethernet-

порти можуть функціонувати як 2-канальні комутатори. Таким чином, для станцій вводу/виводу замість використання класичної топології «зірка» можна застосовувати лінійну топологію. У більшості випадках така топологія сприяє значному скороченню монтажних робіт та, відповідно, зниженню витрат на кабелі. Максимальна відстань між контролерами/пристроями сполучення може досягати 100 м. У схемі при каскадному включенні можливе застосування до 20 контролерів типу VC9120, що в свою чергу, дає можливість продовжити довжину лінії зв'язку до 2 км. Завдяки розширенню K-bus можливе під'єднання до 255 модулів введення/виведення до модуля [4, 5].

Програмування Bus Terminal Controller виконується за допомогою застосування програмних засобів TwinCAT, що повністю відповідають вимогам стандарту IEC 61131-3. Для завантаження програми в ПЛК використовується конфігураційний або програмний інтерфейс модуля VC9120. Якщо ж для програмування застосувати програмні засоби TwinCAT, завантаження може бути виконано через підключення Ethernet.

За замовчуванням всі входи та виходи під'єднаних модулів вводу/виводу призначені також і для під'єднання до міні-ПЛК. Кожен модуль може бути налаштований таким чином, щоб виконувався прямий обмін даними через застосування промислової шини з автоматизованими пристроями вищого рівня.

Характеристики ПЛК типу VC9120 Ethernet TCP/IP:

- можливість програмування: із застосуванням Ethernet або програмного інтерфейсу TwinCAT;
- загальна пам'ять для даних: 128 кілобайт;
- загальна програмна пам'ять: 128 кілобайт;
- енергонезалежні дані: не менше 1 кілобайт;
- залишкові дані: не більше 2 кілобайти;
- час виконання циклу ПЛК: приблизно 1 мс для 1000 інструкцій (без циклу вводу/виводу, K-bus);
- система виконання програми: одне завдання для ПЛК;
- використовувані мови програмування: згідно стандарту IEC 61131-3 (

IL, LD, FBD, SFC, ST).

Технічні дані модуля BC9120 [4, 5]:

- кількість модулів введення-виведення для підключення: 64 (255 із використанням K-bus розширенням);
- максимальна кількість байт в образі процесу: 2048 байт (на вхід) та 2048 байт (на вихід);
- аналогові периферійні сигнали: 512 входів/виходів;
- цифрові периферійні сигнали: 2040 входів/виходів;
- протокол підключення: TwinCAT ADS, Modbus TCP;

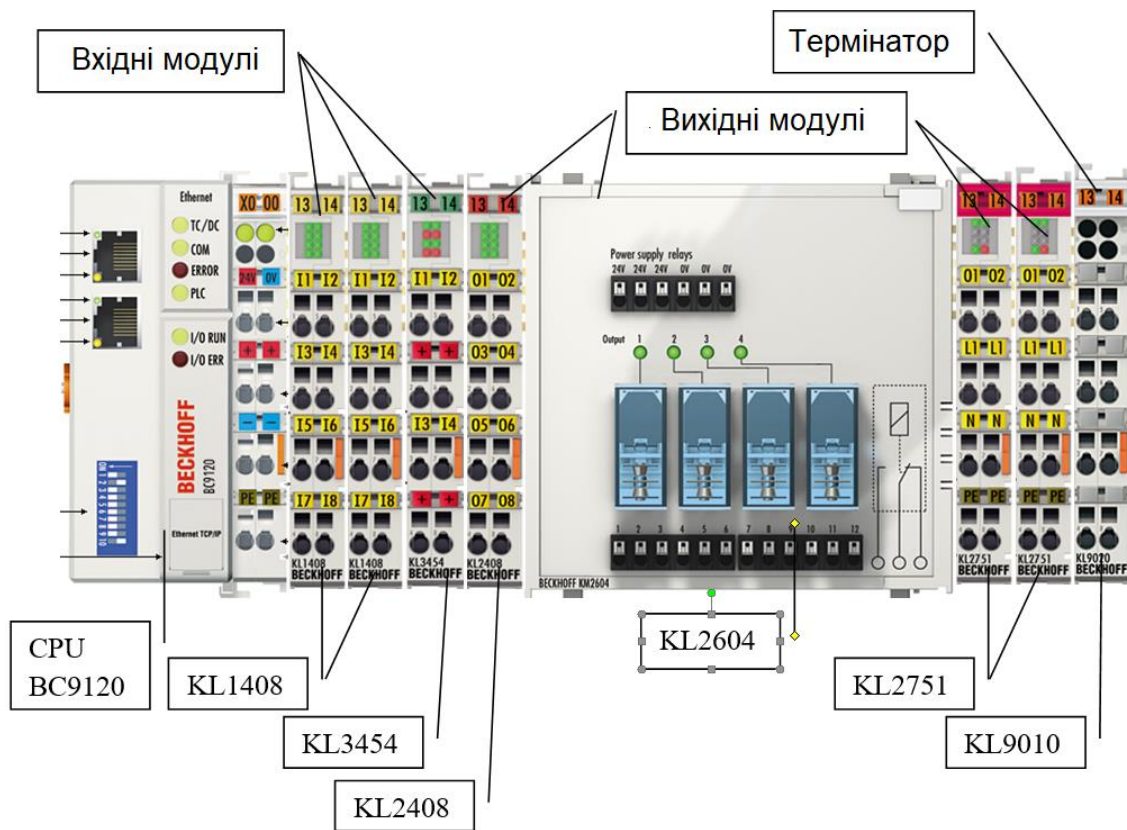


Рисунок 1.7 - Компонування ПЛК на основі модуля CPU типу BC9120

- можливість конфігурування: за допомогою KS2000 або Ethernet ;
  - швидкість передачі даних: автоматичне визначення швидкості передачі, максимальне 10/100 Мбод;
  - шинний інтерфейс підключення: 2xRJ45 (2-канальний перемикач);
  - живлення модуля : 24 В постійного струму (відхилення від мінус 15% до +20%);
  - максимальний рівень вхідного струму: 70 мА + (загальний струм шини K-bus)/4500 мА.
  - номінальний початковий струм: не більше ніж в два з половиною рази більший за постійний струм;
  - рекомендований запобіжник: не більше 10 А;
  - максимальний струм живлення для шини K-bus: 1,750 мА;
  - контакти живлення: максимум 24 В постійного струму/максимум 10 А.
  - електрична ізоляція: 500 Vrms;
  - температура під час зберігання: від мінус 25 до +85 °С;
  - температура під час експлуатації: від 0 до +55 °С;
- Клас захисту: IP 20.

Кожен ряд модулів повинен бути праворуч «термінований» кінцевим модулем типу KL9010 (або іншими типами модулів-заглушок).

Модуль заглушка (модуль, що термінує) типу KL9010 застосовується для того, щоб здійснювався обмін даними між ПЛК та модулями введення-виведення. Жодних інших функцій, крім замикання внутрішньої шини, модуль не виконує [15].

#### 1.2.4 Підбір необхідних датчиків

Датчики обираються відповідно до технічного завдання та наступними критеріями:

- компактні розміри;
- наявність уніфікованих вихідних сигналів 4-20мА ;
- доступна ціна;

Давачі освітленості повинні бути придатними для використання за атмосферних умов навколишнього середовища, тобто бути оснащеними водонепроникним міцним корпусом, що захищатиме виконавчі елементи від усіх видів впливу атмосфери, оскільки розміщення давачів передбачається за технічним завданням поза приміщенням.

Для детектування руху обрано сповіщувач охоронний об'ємний оптико-електронний типу Ю 409-22 «Астра-9» (рис. 1.8).

Опис, принцип роботи, характеристики «Астра-9» [16].

Сповіщувач призначений для виявлення проникнення в простір закритого приміщення, що охороняється, і формування сповіщення про тривогу шляхом розмикання вихідних контактів сигнального реле. Електроживлення сповіщувача здійснюється від будь-якого джерела постійного струму з номінальною напругою 12 В з амплітудою пульсації не більше 0,1 В.

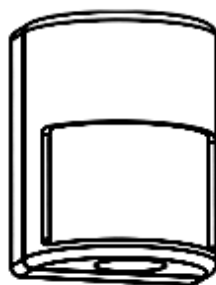


Рисунок 1.8 – Загальний вигляд Ю 409-22 «Астра-9»

Принцип роботи Ю 409-22 «Астра-9» ґрунтується на реєстрації змін потоку теплового випромінювання, що виникають під час перетину організмом зони виявлення, яка поділяється на чутливі зони. Кожна чутлива зона складається з двох елементарних чутливих зон (рис. 1.9).

Чутливі зони сповіщувача Ю 409-22 «Астра-9» сформовані за допомогою лінзи Френеля та двоплощинного піроелектричного приймача випромінювання. Електричний сигнал отримуваний із піроелектричного приймача надходить на мікроконтролер, який відповідно до заданого алгоритму роботи буде формувати сповіщення «Тривога» за допомогою розмикання вихідного кола оптоелектронного реле. Розмір зони виявлення можливо регулювати за

допомогою положення друкованої плати сповіщувача. Якщо збільшити дальність виявлення проникнення більше 7 м то, відповідно, збільшується щільність чутливих зон.

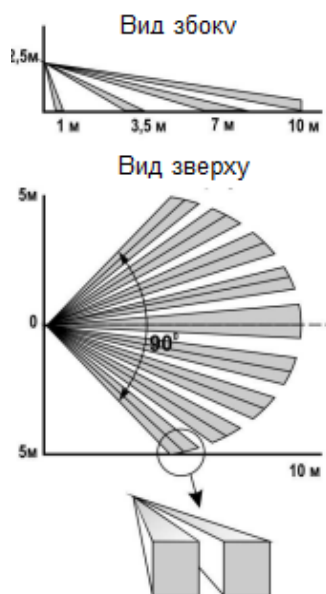


Рисунок 1.9 – Принцип роботи ІО 409-22 «Астра-9»

Технічні характеристики ІО 409-22 «Астра-9» [16]:

Технічні параметри оптичного каналу:

- розміри зони виявлення якщо кут огляду в горизонтальній площині рівний 90°:

- у нижньому положенні плати - 10x10 м;
- у верхньому положенні плати - 7x7 м.
- дальність виявлення проникнення, не менше:
- у нижньому положенні плати – 10 м;
- у верхньому положенні плати – 7 м.
- стійкість до засвічення зовні, не менше - 6500 лк;
- діапазон виявлених швидкостей переміщення - від 0,3 до 3,0 м/с;
- рекомендована висота встановлення - від 2,4 до 2,5 м.

Загальні технічні параметри:

- напруга живлення - від 8 до 15 В постійного струму;
- допустиме значення напруги на контактах реле, не більше - 100 В;

- допустиме значення струму через контакти реле, не більше - 0,08 А;
- струм споживання в черговому режимі та в режимі «Тривога», не більше - 12 мА;
- опір ланцюга, що включається в шлейф сигналізації, в черговому стані, не більше - 8 Ом;
- маса, не більше - 0,065 кг;
- загальні габаритні розміри, не більше - 75x58x46 мм.

Умови експлуатації:

- діапазон температур, від мінус 30° до + 50°С;
- відносна вологість навколишнього середовища – 95% при +35°С.

Геркони для проекту обираємо наступні: Сповіщувачі охоронні точкові з магнітними контактами ІО 102-29 «ЕСТЕТ» (рис. 1.10) [17].

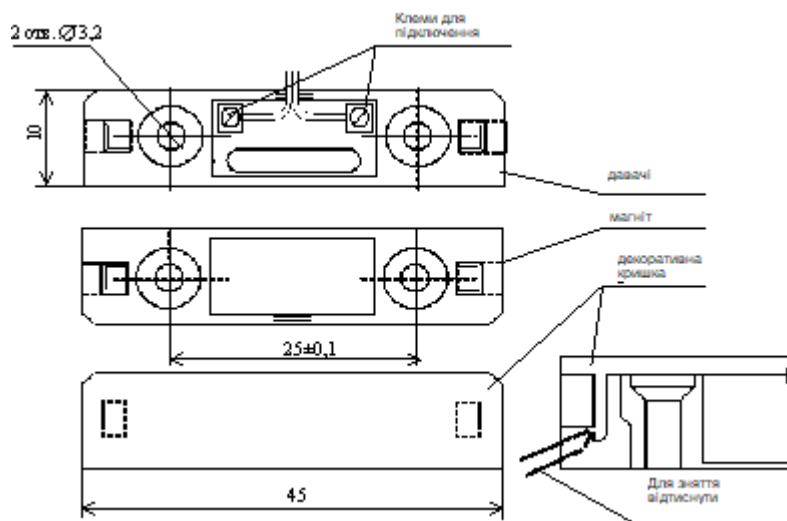


Рисунок 1.10 – Загальний вигляд ІО 102-29 «ЕСТЕТ»

Технічні характеристики ІО 102-29 «ЕСТЕТ» [17]:

- струм комутації від 0,001 до 0,5 А
- напруга комутації від 0,02 до 72 В
- габаритні розміри:
 

давача	40x13x10
магніту	40x13x10
- загальна вага, не більше:

давача	0,01 кг
магніту	0,015 кг
- діапазон температур використання -	від мінус 40° до +50°C
- відносна вологість навколишнього середовища -	98% при 35°C
- загальний опір замкнутих контактів, не більше -	0,5 Ом

Загально відомо, що виконання сповіщувачів за стійкістю до кліматичних впливів виконання сповіщувачів розраховане для категорії розміщення 02 за ОСТ 251099-83, за стійкістю до механічних впливів - для категорії розміщення 03 за ОСТ 251099-83. Ступінь захисту оболонки відповідає стандарту IP20 за ГОСТ 14254-96.

Для визначення освітленості обрано давачі видимого світла фірми «Agrosensor» серії ОС100М (рис. 1.11) [18].

Давачі освітленості фірми «Agrosensor» серії ОС100М є конструктивно готовими виробами та призначені для виконання контролю рівня освітленості саме на ділянці спектра видимого світла. Відомо, що такі давачі орієнтовані для застосування як в умовах закритого, так і відкритого ґрунту в рослинництві. Конструкція давачів є повністю стійкою до конденсації вологи, що дає можливість використовувати датчик у приміщеннях із високою вологістю без обмежень, а також, з легкістю, в умовах відкритої атмосфери.

У конструкції давача застосовано спеціальний полікарбонатний корпус із вбудованим сферичним фторопластовим розсіювачем, що дозволить виконувати косинусну корекцію. Давачі також можуть застосовуватись як частина більш складної системи керування освітленням під час автоматизації будівель, наприклад, в агропромисловості чи інших галузях.



Рисунок 1.11 - Загальний вигляд давача видимого світла « Agrosensor »  
серії ОС100М

Технічні характеристики давача видимого світла « Agrosensor » серії ОС100М [18]:

- споживана потужність: не більше ніж 0,6 Вт;
- максимальна довжина кабелю для давачів із виходом 4-20мА: до 500 метрів із двох дротовою схемою підключення;
- напруга джерела живлення для давачів із виходом 4-20мА:  $30\text{В} \geq U_{\text{пит}} \geq 9\text{В} + 0,02\text{А} \cdot R_n$ , де  $R_n$  - опір навантаження петлі струму;
- час виходу на робочий режим після подання напруги живлення: 500мс.

Функціональні дані каналу вимірювання давача видимого світла « Agrosensor » серії ОС100М [18]:

- похибка вимірювань при температурі навколишнього середовища 20°C:  $\pm 4\%$  від діапазону вимірювання;
- стандартні діапазони вимірювання: від 0 до 1000 Лк, від 0 до 10000 Лк, від 0 до 50000 Лк;
- загальна спектральна характеристика: від 420 до 675 нм;
- лінійний вихідний сигнал за струмом в діапазоні: 4-20мА;
- постійна часу за рівнем 0,9: нижче 100мс;

- температурна залежність: не перевищує 0,1% на 1°C;
- довготривала стабільність: відхилення не перевищує  $\pm 1\%$  протягом року;
- величина середнього напрацювання на відмову (MTBF): більше 5 років.

Умови навколишнього середовища для використання датчика освітленості:

- температура під час експлуатації датчика в діапазоні: від мінус 40° до +65°C;
- вологість під час експлуатації датчика: від 0 до 100% відносної вологості;
- температура під час транспортування та зберігання датчика в діапазоні: від мінус 40° до +50°C;
- вологість під час транспортування та зберігання датчика: не повинна перевищувати 95% відносної вологості.

Для контролювання температури повітря обрано датчикі фірми «Agrosensor» серії TA100 (рис. 1.12) [18].

Датчикі температури повітря фірми «Agrosensor» серія TA100 орієнтовані для застосування в системах клімат-контролю камер пророщування, грибних ферм, теплиць, а також у складі більш складних систем автоматизації в різних галузях промисловості під час розташування всередині приміщень. Головною особливістю датчиків фірми «Agrosensor» серія TA100 є конструктивне виконання виносного вимірювального зонда з відкритим термоелементом із платини Pt100 з порівняно низькою термічною масою, внаслідок чого датчикі володіють мінімальним значенням показника теплової інерції, що є недосяжним показником для датчиків із герметичним термозондом.

У обраного датчика фірми «Agrosensor» TA100M термозонд розташовується на бічній стороні корпусу та має дещо меншу довжину – 40 мм.



Рисунок 1.12 - Загальний вигляд давача температури повітря фірми « Agrosensor » серія TA100M

Технічні характеристики давача температури фірми « Agrosensor » TA100M [18]:

- споживана потужність: не більше ніж 0,6 Вт;
- напруга джерела живлення для давачів із виходом 4-20мА:  $30\text{В} \geq U_{\text{ном}} \geq 9\text{В} + 0,02\text{А} \cdot R_n$ , де  $R_n$  - опір навантаження;
- максимальна довжина кабелю для давачів з виходом 4-20мА: до 500 метрів при схемі підключення з використанням двох дротів;

Функціональні дані каналу вимірювання температури за допомогою давача фірми « Agrosensor » TA100M [18]:

- стабільність вимірювань: відхилення не перевищує  $\pm 0,15^\circ\text{C}$  протягом 5 років експлуатації;
- стандартний діапазон перетворення температури: від  $0^\circ$  до  $+50^\circ\text{C}$ ;
- показник теплової інерції: приблизно 10 с. при нерухомому навколишньому повітрі;
- загальна точність вимірювань:  $\pm 0,3^\circ\text{C}$  або  $\pm 0,6\%$  від поточного значення;
- лінійний вихідний сигнал за струмом:  $4\text{-}20\text{мА} \equiv 0\text{...}+50^\circ\text{C}$ ;

Умови навколишнього середовища для використання давача температури:

- температура навколишнього середовища під час експлуатації: від мінус

15° до +60°C;

- температура під час транспортування та зберігання: від мінус 10° до +50°C;

- вологість навколишнього середовища під час експлуатації давача в діапазоні 0...100% відносної вологості без конденсації вологи;

- вологість під час транспортування та зберігання: не повинна перевищувати 95% відносної вологості.

Давачі відносної вологості фірми «Agrosensor» (рис. 1.13) серії ВА100М, ВА101, ВА102 спроектовані для застосування в системах клімат-контролю теплиць, а також у складі більш серйозних систем автоматизації в агропромисловості або суміжних галузях.



Рисунок 1.13 - Загальний вигляд давачів вологості повітря фірми «Agrosensor» типу ВА100М

Давачі можуть застосовуватися в якості індикаторів (для відображення параметрів вологості), контрольних (для регулювання вологості) або граничних (обмеження контролюваного параметра) давачів. У вибраного давача ТА100М оснащений зонд розташований на бічній поверхні корпусу і є трохи укороченим - 40мм. Давач призначений для використання разом із захисним корпусом шевронного типу під час розташування давача ззовні приміщення або в теплицях з можливістю розпилення води [18].

Технічні характеристики «Agrosensor» типу ВА100М [18]:

- максимальна споживана потужність: не більше ніж 0,6 Вт;
  - напруга джерела живлення для датчиків вологості із виходом 4-20мА:  $30\text{В} \geq U_{\text{min}} \geq 9\text{В} + 0,02\text{А} \cdot R_n$ , де  $R_n$  - опір навантаження;
  - допустима довжина кабелю для датчиків вологості з виходом 4-20мА: до 500 метрів при схемі підключення двома дротами;
- Функціональні дані каналу вимірювання вологості за допомогою датчика:
- діапазон вимірювання: від 0 до 100% відносної вологості;
  - температурна залежність: не більше 0,14% відносної вологості на кожен 1°C;
  - постійна часу за рівнем 0,9: приблизно 20сек при русі повітря;
  - точність вимірювань при температурі навколишнього середовища 25°C:  $\pm 3,5\%$  відносної вологості;
  - допустима швидкість повітря: близько 20 м/сек;
  - лінійний вихідний сигнал за струмом з датчика: 4-20мА  $\equiv$  0...100% відносної вологості

Умови навколишнього середовища для використання датчика вологості:

- вологість під час експлуатації датчика 0...100% відносної вологості без конденсації води;
- температура навколишнього середовища під час експлуатації датчика в діапазоні: від мінус 15° до +60°C;
- температура під час транспортування та зберігання в діапазоні: від мінус 10° до +50°C;
- вологість під час транспортування та зберігання: не повинна перевищувати 95% відносної вологості.

### 1.2.5 Підбір джерела живлення для проекту

З огляду на технічні характеристики вхідних/вихідних модулів, модуля CPU та датчиків, обраних вище, для нашого проекту необхідно два блоки

живлення з постійною напругою 24В - для датчиків освітленості, вологості, температури, модуля CPU та модулів вхідних/вихідних сигналів, та 12В постійного струму - для живлення датчиків руху або в якості альтернативи один універсальний блок живлення.

Виконаємо розрахунок номінальної потужності блока живлення на 24В постійного струму:

Вхідні модулі в сумі споживають  $0,120 \cdot 24 = 4,8$ Вт;

Вихідні -  $0,320 \cdot 24 = 7,7$ Вт.

Модулю CPU необхідно 42 Вт потужності для живлення шини типу K-bus і 12 Вт потужності для власного живлення.

Разом отримуємо приблизно 91 Вт необхідної потужності, додатково необхідно також врахувати запас потужності для подальшої модернізації проєкту та додавання додаткових модулів і датчиків, оскільки в конструкції передбачено резервні входи та виходи.

З огляду на те, що ККД блока живлення не перевищує 85%, обираємо наступний блок - імпульсний блок живлення фірми Schneider Electric ABL8REM24050 (рис. 1.14) [19].

Технічні характеристики:

- номінальна вихідна напруга: 24 В постійного струму;
- діапазон регулювання вихідної напруги: від 24 до 28,8 В постійного струму;
- номінальна вхідна напруга в діапазоні: від 100 до 240 В змінного струму;
- номінальний (паспортний) струм навантаження: 5 А;
- номінальна (паспортна) потужність: 120 Вт;
- спосіб установки: DIN-рейка;
- габаритний розмір: 54x120x120 мм [19].



Рисунок 1.14 – Загальний вигляд блоку живлення фірми Schneider Electric ABL8REM24050

Виконаємо розрахунок номінальної потужності блоку живлення 12В:

Два датчі руху споживають сумарну потужність  $0,0120 \cdot 12 = 0,288 \text{ Вт}$ , але також необхідно врахувати певний запас потужності для подальшої модернізації нашого проєкту.

Для живлення датчів ми виберемо аналогічний блок живлення - імпульсний блок живлення фірми Schneider Electric ABL7RM1202, з наступними технічними характеристиками:

- номінальний (паспортний) струм навантаження: 1,9 А;
- номінальна (паспортна) потужність: 45 Вт;
- номінальна (паспортна) вихідна напруга: 12 В постійного струму;
- діапазон регулювання вихідної напруги: від 12 до 12,4 В постійного струму;

- номінальна (паспортна) вхідна напруга в діапазоні: від 100 до 240 В змінного струму;
- загальні габаритний розмір: 54x120x120мм;
- спосіб установки: DIN-рейка [19].

### **1.3 Висновки до першого розділу**

Підібрано елементну базу для нашого проекту. Згідно із технічним завданням створено проєкт на основі ПЛК, який базується на модулі CPU фірми BECKHOFF BC9120. Підібрано необхідні модулі керування: модуль введення KL1408, аналоговий модуль введення-виведення типу KL3454, модуль дискретних вихідних сигналів типу KL2408, модуль типу KM2604, модуль диммування типу KL2751 та модуль CPU типу BC9120, крім того підібрано необхідні датчики такі як: для детектування руху обрано сповіщувач охоронний об'ємний оптико-електронний типу IO 409-22 «Астра-9», геркони - сповіщувачі охоронні точкові з магнітними контактами IO 102-29 «ЕСТЕТ», для визначення освітленості обрано датчик видимого світла фірми «Agrosensor» серії OC100M, для контролювання температури повітря обрано датчик фірми «Agrosensor» серії TA100, для відносної вологості фірми «Agrosensor» типу BA100M, підібрано джерела живлення - імпульсний блок живлення фірми Schneider Electric ABL8REM24050.

## РОЗДІЛ 2

### МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ІНЖЕНЕРНИМИ СИСТЕМАМИ ПРИМІЩЕННЯ

#### 2.1 Розробка принципової схеми САК інженерними системами приміщення (ІСП)

Для розробки принципової електричної схеми, виходячи із завдання та обраної елементної бази, спочатку створимо структурну схему проєкту, яка матиме наступний вигляд, наведений на рисунку 2.1.

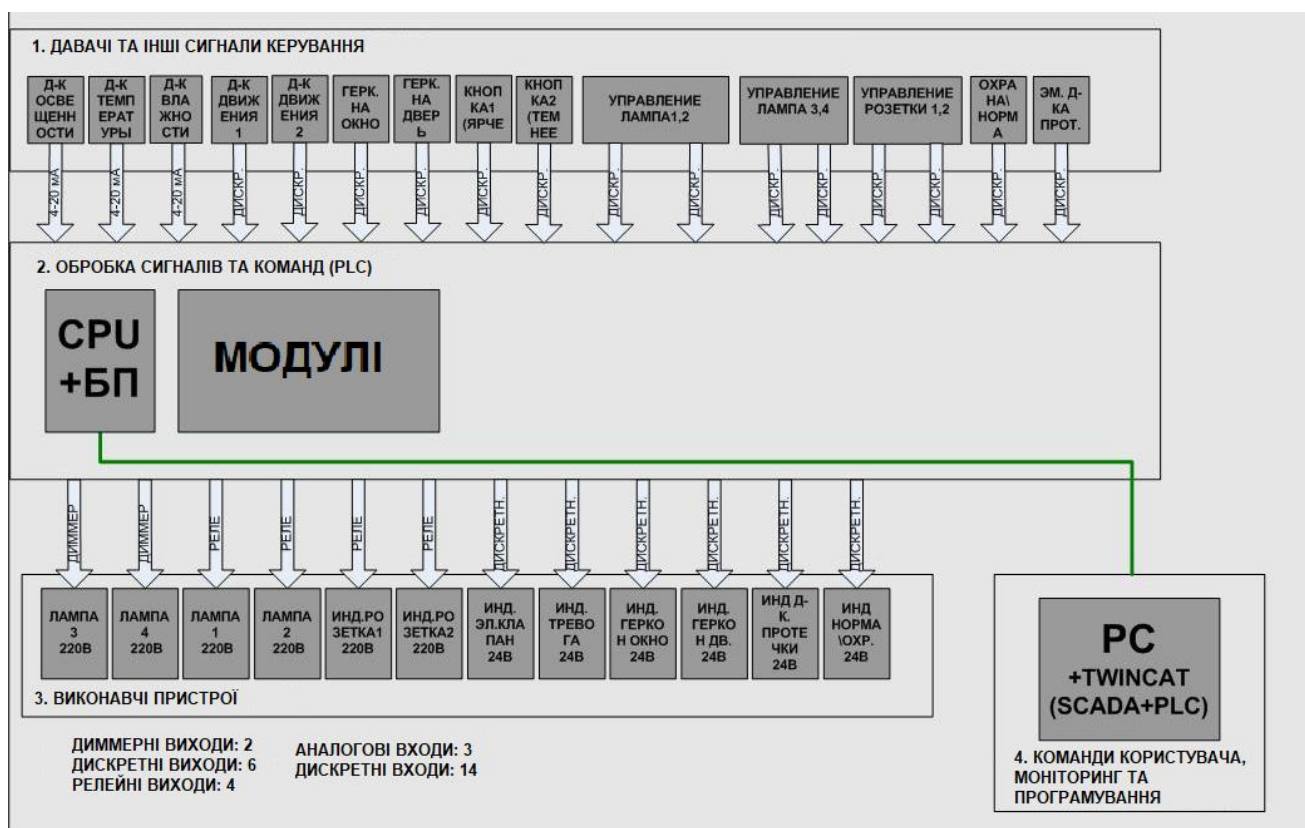


Рисунок 2.1 - Структурна схема створюваного проєкту

Для розробки принципової схеми проєкту САК ІСП та подальшого опису роботи САК ІСП введемо наступні позначення елементів [20-23]:

QF1 - вимикач автоматичний, призначений для захисту автоматики проєкту від стрибків струму та короткого замикання (у програмі не буде використовуватись);

S1 - перемикач двопозиційний із можливістю фіксації положення, призначений для ввімкнення/вимкнення живлення проєкту (у програмі не буде застосовуватись);

X1 - рознім для шнура живлення (220В) (у програмі не буде застосовуватись);

SQ1, SQ2 - давачі руху;

SQ3 – геркон, що використовується як моделювання роботи вікна;

SQ4 – геркон, що застосовується як моделювання роботи дверей;

SQ5 - давач освітленості;

SQ6 - давач температури;

SQ7 - давач вологості;

HL1 – лампа для відображення ввімкнення проєкту;

HL2 – лампа для відображення ввімкнення запірного «електроклапана»;

HL3 – лампа для відображення спрацьовування геркона SQ3;

HL4 – лампа для відображення спрацьовування геркона SQ4;

HL5 – лампа для відображення спрацьовування «давача протікання води»;

HL6 – лампа для відображення режиму роботи проєкту в станах «нормально/охорона»;

HL7 – лампа для відображення режиму роботи проєкту в стані «тривоги»;

HL8 - лампа №1 (моделювання освітлення «кімнати другого поверху»);

HL9 - лампа №2 (моделювання освітлення «кімнати другого поверху»);

HL10 – лампа для відображення наявності напруги на «розетка №1»;

HL11 – лампа для відображення наявності напруги на «розетка №2»;

HL12 - лампа №3 (моделювання освітлення «кімнати першого поверху»);

HL13 - лампа №4 (моделювання освітлення «кімнати першого поверху»);

SA1 - перемикач трипозиційний із можливістю фіксації положення, призначений для вибору ламп, що регулюються по потужності ( HL12,HL12+HL13,HL13 );

SB1 - кнопка без можливості фіксації положення «Яскравіше»

(регулюється яскравість ламп, включених за допомогою перемикача SA1);

SB2 - кнопка без можливості фіксації положення «Темніше» (регулюється яскравість ламп, включених за допомогою перемикача SA1);

SA2 - перемикач двопозиційний із можливістю фіксації положення, призначений для ввімкнення/вимкнення HL8;

SA3 - перемикач двопозиційний із можливістю фіксації положення, призначений для ввімкнення/вимкнення HL9;

SA4 - перемикач двопозиційний із можливістю фіксації положення, призначений для ввімкнення/вимкнення HL10;

SA5 - перемикач двопозиційний із можливістю фіксації положення, призначений для ввімкнення/вимкнення HL11;

SA6 - перемикач двопозиційний з можливістю фіксації положення, призначений для вибору режиму роботи всього проєкту;

SA7 - перемикач двопозиційний із можливістю фіксації положення, призначений для моделювання спрацьовування «давача протікання води»;

Схема (рис. 2.2) призначена для керування ІСП: освітленням за допомогою ламп 1 та 2 (лампи другого поверху або HL8, HL9 - лампи на основі світлодіодів 220 В змінного струму), ламп 3 та 4 (лампи першого поверху або HL12, HL13 - лампи розжарювання 220 В, змінного струму); захист побутових приладів - керування розетками 1 та 2 (представлені в проєкті у вигляді індикаторів HL10 та HL11 - лампи розжарювання 220 В змінного струму) та електроклапан (виконаний у вигляді індикатора HL2); система безпеки - індикатор HL6 «Тривога» - залежатиме від вхідних сигналів із герконів SQ3, SQ4, вхідних сигналів із давачів руху SQ1, SQ2, давача освітленості SQ5, кнопок керування SB1, SB2 та перемикачів SA1, SA2, SA3, режиму роботи нашого проєкту, перемикача «Нормально/Охорона» SA6, сигналу з моделювання давача протікання SA7, і завантаженої програми в ПЛК.

PLC

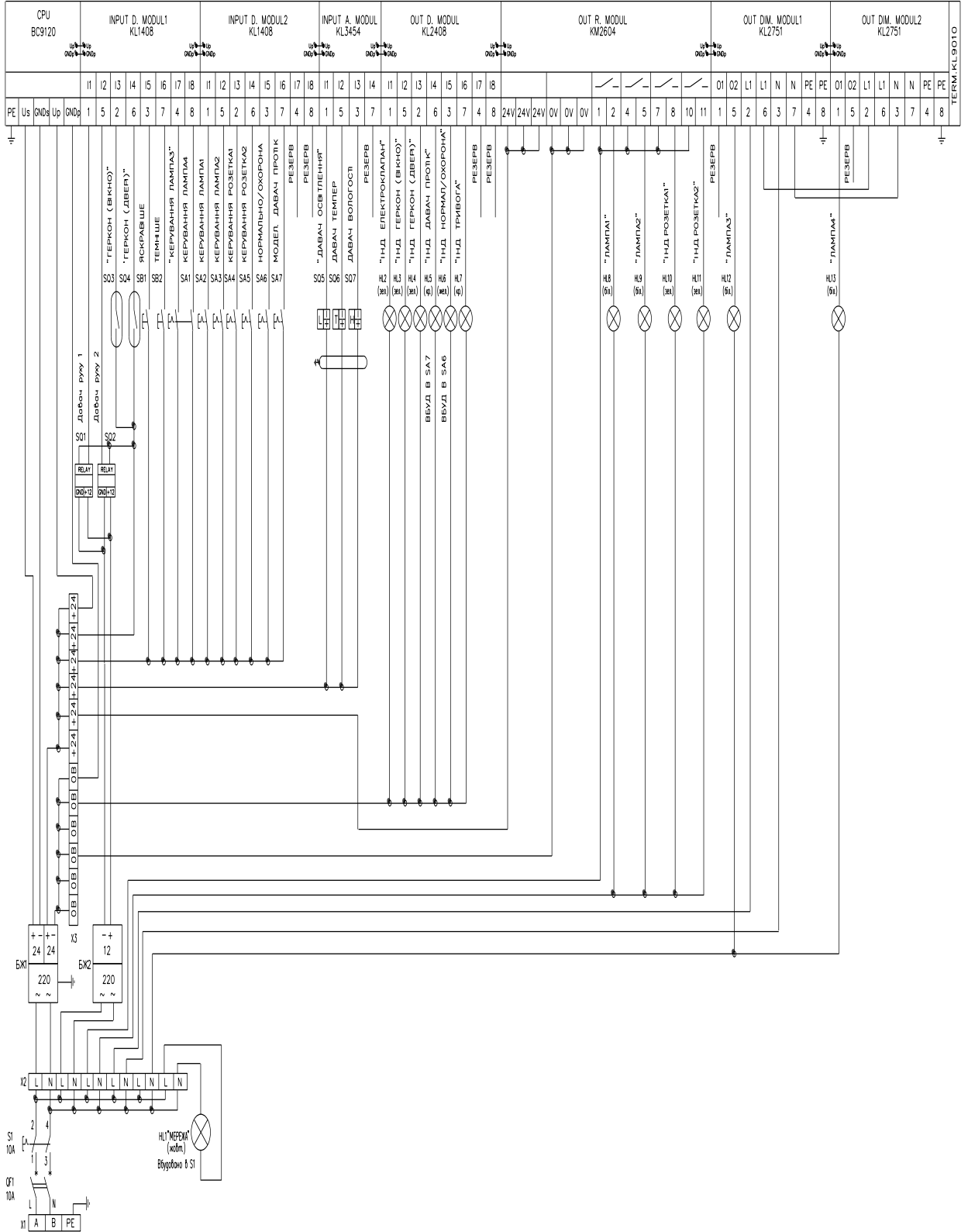


Рисунок 2.2 - Принципова електрична схема проєкту

Схема забезпечує моніторинг додаткових параметрів навколишнього середовища: вологості та температури (давачі SQ6, SQ7) та виводить наступне

відображення:

HL3 - відображення спрацьовування геркона «вікна»,

HL1 - відображення ввімкнення всього проєкту,

HL5 - відображення моделювання ввімкнення «давача протікання води»,

HL4 - відображення спрацьовування геркона «двері»,

HL6 - відображення режиму роботи проєкту «нормально/охорона».

Проєкт запускається за допомогою перемикача S1, при цьому напруга 220В, змінного струму, подається на блоки живлення (БЖ1 та БЖ2), де вона випрямляється та перетворюється на напруги в 24В та 12В, відповідно, постійного струму, та на HL1 «Мережа», яка вбудована в сам перемикач S1 та застосовується для відображення роботи всього проєкту. Далі з БЖ1 напруга подається на модуль CPU типу BC9120 для живлення власних схем модуля CPU (+24В на  $U_p$ , 0В на  $GND_p$ ), а також для живлення шини передачі даних типу K-bus (+24В на  $U_s$ , 0В на  $GND_s$ ). БЖ1 оснащено захисним заземленням. Оскільки вхідні модулі типу KL1408 позитивної полярності, то подаємо додатні 24В від БЖ1 на живлення герконів SQ3 та SQ4 (р-п-р типу, нормально розімкнуті), на кнопки SB1 «Яскравіше» та SB2 «Темніше», на перемикач трипозиційний вибору ламп SA1 (лампи 3 та 4), на перемикачі керування лампами SA1 та SA2 (лампи 1 та 2), на перемикачі керування розетками SA4 та SA5, на перемикач режимів роботи всього проєкту «Нормально/Охорона» SA6 та на перемикач SA7 - моделювання давача протікання води.

До першого модуля KL1408 підключаються геркони SQ3 та SQ4 - входи модуля I3 та I4 відповідно, кнопки SB1 та SB2 - I5 та I6 відповідно, перемикач трипозиційний SA1 - I7 та I8. До другого модуля типу KL1408 підключаються перемикачі SA2 - SA7 - входи модуля I1-I6, входи I7 та I8, що залишилися будуть використані в якості резерву при подальшій модернізації проєкту.

Також напруга +24В від першого блоку живлення надходить на живлення давачів SQ5 (або давач освітленості), SQ6 (давач температури), SQ7 (давач вологості) - давачі р-п-р типу, які підключаються до входів I1-I3 модуля

введення аналогових сигналів KL3454, вхід I4 залишається резервним для подальшої модернізації нашого проєкту.

У випадку зміни положення перемикачів або натискання на кнопки, або спрацьовування герконів на відповідні входи подається напруга +24В постійного струму, що відповідає рівню логічної одиниці, у разі відсутності сигналів або рівня напруги в діапазоні від мінус 3 до +5В ПЛК сприймає сигнал як логічний нуль.

Другий блок живлення перетворює вхідну напругу до рівня 12В постійного струму, яка йде на живлення нормально замкнутих давачів руху SQ1 та SQ2 р-п-р типу, що формують сигнал керування розмиканням вихідних кіл оптоелектронних реле, які з'єднані з входами першого модуля KL1408 I1 та I2. У разі спрацьовування давачів руху SQ1 та SQ2 на відповідні входи буде подано напругу +12В постійного струму, рівень якої відповідає логічній одиниці, за відсутності сигналів або рівня напруги в діапазоні від мінус 3 до +5В ПЛК буде отримувати сигнал як логічний нуль.

Від першого блоку живлення 24В постійного струму подається на живлення вихідного релейного модуля, який комутує 220В змінного струму при отриманні керуючого сигналу від ПЛК для живлення HL8 та HL9, а також для живлення HL10 та HL11.

Напруга 220В змінного струму безпосередньо подається на модулі диммування KL2751 для живлення ламп HL12 та HL13. Модулі KL2751 виконують імпульсно-фазове регулювання напруги на своїх виходах, тим самим регулюючи яскравість ламп HL12 та HL13, звичайно обидва модулі KL2751 заземлені. В схемі передбачено вимикач автоматичний QF1 для захисту автоматики проєкту від стрибків струму та короткого замикання [20-23].

## **2.2 Розробка програми керування САК ІСП**

На сучасному етапі розвитку розведення вхідних та вихідних сигналів виконується децентралізовано до пристроїв, під'єднаних безпосередньо до

промислової шини та, відповідно, централізовано до ПЛК. Нерідко застосовуються специфічні пристрої з фіксованою конфігурацією сигналів входів/виходів, що призводить до необхідності використання цілих груп однотипних пристроїв [25].

Цей досить дорогий спосіб збору сигналів, що вимагає додаткових витрат на проектування, матеріали, монтаж та, відповідно, документацію, особливо в разі подальшої модифікації або модернізації системи, лягаючи додатковим тягарем на плечі обслуговуючого персоналу.

Система, що використовується, для введення-виведення BECKHOFF, складається із набору електронних модулів, є відкритою та створеною на концепції незалежної периферії від промислової шини. Головним провідним електронним модульним блоком, відповідно, є шинний контролер з інтерфейсом промислової шини.

Контролер промислової шини має можливість до під'єднання 64 функціональних модулів обробки будь-яких типів сигналів. Модулі, що працюють із різними рівнями напругами, можуть налаштовуватися, повністю замінюючи застосування механічних блоків. Таким чином, рівні входних та вихідних сигналів будуть налаштовуватись аналогічно, як на електронних модулях, незалежно від типу промислової шини [20, 22].

Стандарт для автоматизації [25].

Модулі введення-виведення типу BECKHOFF повинні забезпечити економічну організацію комутаційних шаф та, відповідно, і клемних коробок. Чотирьох дротова технологія під'єднання дозволяє під'єднувати всі найпоширеніші давачі та виконавчі механізми, що можуть застосовувати різні типи сигналів без використання додаткової техніки для комутації. Завдяки такій технології значно знижуються витрати на створення САК, забезпечується економія місця, матеріалів, робочого часу та, звичайно, грошових коштів. Модулі введення-виведення типу BECKHOFF успішно застосовуються в САК промисловості через малу вагу та невеликі габаритні розміри, а також легкість монтажу та під'єднання роблять модулі типу BECKHOFF незамінними під час

побудови так званого «нижнього рівня» автоматизації.

Керування каналами введення-виведення здійснюється за допомогою «промислової шини» через спеціалізований інтерфейсний модуль Bus coupler, який обирають відповідно до типу шини, згідно вказаних необхідних вимог із технічного завдання. Модулі введення-виведення BECKHOFF задіяні й успішно випробувані під час автоматизації десятків промислових процесів у найрізноманітніших галузях. З вище наведеного стає зрозуміло, що застосування технології розподіленого введення-виведення BECKHOFF під час проєктування, конструювання, кабельної розводки, пуско-налагодження та експлуатації промислових систем є економічно та технічно доцільним [23].

### 2.2.1 Структура контролера на основі модуля BC9120

Контролери, що базуються на блоку CPU BC9120, у принципі як і на основі будь-якого іншого блоку CPU фірми BECKHOFF, побудовані за модульним принципом [4, 5, 24].

Створений проєкт повинен складатися із базового контролера Bus Coupler та не більше як 64 модулів введення-виведення. Модуль розширення K-bus дає змогу під'єднувати до 255 модулів введення-виведення до одного ПЛК.

Модулі можуть стикуватись один з одним, у довільній послідовності, утворюючи міцну конструкцію, що складається. Електричний контакт здійснюється з'єднанням до клацання без будь-яких подальших маніпуляцій. Крім того кожен модуль може замінюватися або зніматись окремо, так як встановлення на стандартну DIN-рейку дає змогу надійно фіксувати модулі відносно один одного. Поряд із стандартним горизонтальним складання модулів в схему допускаються будь-які інші способи встановлення.

Клемна панель зі світлодіодними індикаторами статусу та знімні поля для нанесення тексту забезпечують легку та чітку ідентифікацію модулів. Технологія із використанням трьох проводів, що доповнюється захисним з'єднанням, дає змогу безпосередньо з'єднувати кабелем давачі та виконавчі механізми.

Контролери промислових шин BECKHOFF підтримують наступні

протоколи з'єднання: PROFIBUS DP/FMS, Modbus, Lightbus, RS232, CANopen, Interbus, ControlNet, DeviceNet, RS485, Fipio, SERCOS interface, Ethernet TCP/IP та, звичайно, USB. Модуль введення-виведення може бути представлений головним пристроєм промислової шини. Як правило таке підключення застосовується при інтегруванні підсистем у систему вищого рівня. Майстер-пристрої доступні для наступних типів шин: AS-Interface, LON, DALI, EIB, e-drive, LIN та EnOcean [24].

Вільний вибір будь-яких типів сигналів [24].

Завдяки достатньо широкому асортименту, що охоплює понад 150 різних модулів введення-виведення, BECKHOFF є доволі всеосяжною системою введення-виведення на сучасному ринку автоматизації. За допомогою використання компонентів системи модулів введення-виведення розробник може вільно вибирати комбінацію сигналів для кожної станції, уникаючи надмірної кількості каналів. Дискретні модулі виконані у вигляді двох-, чотирьох- та восьми-канальних пристроїв. Стандартні аналогові входи сигналів  $\pm 10\text{В}$ , від 0 до 10В, від 0 до 20 мА та від 4 до 20 мА встановлено в стандартному корпусі в одно-, двох, чотирьох- та восьми-канальному варіанті. У стандартному базовому корпусі модуля завширшки лише 12 мм досить компактно розташовано входи та виходи для аналогових сигналів. Завдяки цьому досягається досить висока щільність системи, що в свою чергу дасть змогу економічно використовувати простір під обладнання. Для всіх використовуваних в автоматизованих системах керування (АСК) форм аналогових та цифрових сигналів, напруги та струму із їх стандартним рівнем сигналу, а також для сигналів PT100 та термоелементів є відповідні модулі. Через клемні модулі із послідовним інтерфейсом RC232C, RS485 або 20 мА ТТУ можна підключати різні, навіть, «інтелектуальні» прилади.

### 2.2.2 Структура середовища програмування

Програму ПЛК було створено в спеціалізованому програмному середовищі фірми BECKHOFF - TwinCAT [25].

Пакет програмного забезпечення фірми BECKHOFF - TwinCAT перетворює будь-яку сумісну ЕОМ на PLC-систему керування в режимі реального часу, яка може виконувати одночасно безліч задач. TwinCAT є єдиним програмним середовищем для всіх контролерів фірми BECKHOFF: від високопродуктивних промислових ЕОМ до вбудованих міні ПЛК. TwinCAT замінює звичні стандартні ПЛК контролери, пропонуючи:

- відкрите, ЕОМ сумісне апаратне забезпечення;
- середовища програмування та runtime можуть бути встановлені на одній ЕОМ або окремо;
- інтеграція програмного забезпечення ПЛК (стандарт ІЕС 61131-3) у середовище Windows;
- сполучення даних з призначеними для розробника інтерфейсами та іншими програмами з використанням відкритих стандартів Microsoft;
- можливість приєднання до усіх найпопулярніших промислових шин та інтерфейсів ЕОМ.

Архітектура TwinCAT складається з таких основних підсистем [25]:

- System Control - система керування ліцензією та вибору з чим працювати (де знаходиться цільова платформа);
- PLC Control - власне система, що використовується для програмування;
- System Manager - основна частина – використовується для налаштування системи, розподіляє перемінні по каналах введення-виведення, готує платформу для програмування;
- Scope View – система, що використовується для діагностики;
- Remote Manager – система, що застосовується для віддаленого керування.

Усі додатки Windows, такі як, наприклад, програми візуалізації пакету Microsoft Office, можуть звертатися до даних в TwinCAT через застосування інтерфейсів Microsoft або видавати їм команди.

TwinCAT PLC працює з операційною системою Windows, включно із середовищем програмного розробки та системою виконання поставлених завдань, не потребуючи додаткових програмних інструментів. Для операційних

систем Windows та вбудованих операційних систем ПЛК серій VX і VC доступний тільки варіант використання TwinCAT PLC в режимі run-time. Зміна програм може бути виконана лише за допомогою взаємодії через шинну комунікацію із системою виконання створених програм [25].

Програмування виконується з використанням:

- локальної мережі;
- через TCP/IP-протоколи;
- через промислові шини (типів VXxxxxxx і VCxxxx).

Загалом середовище програмування TwinCAT засновано на системі програмування CoDeSys від компанії 3S-Smart Software Solutions.

### 2.2.3 Опис мови програмування CoDeSys

CoDeSys – достатньо універсальний інструмент для розробки прикладних програм для ПЛК на мовах стандарту IEC 61131-3. Цей інструмент створюється та поширюється заснованою в 1994 року фірмою 3S-Smart Software Solutions. Назва походить від Controller Development System. Першу версію було випущено в 1994 році. Середовище програмування CoDeSys вільно поширюється без ліцензії і може бути без будь-яких обмежень встановлене на декілька робочих місцях [20-23].

CoDeSys один із найпотужніших інструментів стандарту IEC 61131-3 програмування контролерів доступних для операційної системи Windows. Так як середовище повноцінно підтримує всі п'ять базових мов програмування, то дозволяє безпосередньо генерувати машинний код для більшості широко поширених процесорів. CoDeSys об'єднує міць високочасних інструментів програмування для мов високого рівня, як-от С або Турбо Паскаль, з практичною функціональністю та простотою роботи на ПЛК системах програмування. Усі компоненти CoDeSys якісно документовані та оснащені вбудованою системою допомоги, яка доступна німецькою, англійською, французькою мовами [23].

CoDeSys має цілий ряд особливостей, що виділяють його серед усіх

конкуруючих систем [22]:

- швидке впровадження – тобто, є готові рішення для більшості найпоширеніших платформ. Простота налаштування ніяк не позначається на швидкодії прикладних проєктів, система виконання та компілятор детально відпрацьовані.

- висока продуктивність - вбудований компілятор може безпосередньо генерувати швидкий машинний код, що в свою чергу забезпечить максимально високу продуктивність прикладних проєктів. Сучасні інтелектуальні технології, такі як «інкрементальний компілятор», дозволяють опрацьовувати проєкти, що містять тисячі перемінних та сотні програмних компонентів з високою швидкістю. CoDeSys забезпечує розробника проєкту набором високоефективних інструментальних засобів, навіть повноцінною емуляцією ПЛК, покрокове налагодження, точки зупинки, візуалізацією об'єкта керування, трасуванням значень перемінних, так званим «гарячим» коригуванням коду.

- ефективні засоби введення - функції автоматичного оголошення перемінних та форматування, здатний до адаптації Асистент введення максимально полегшують роботу розробнику. Усі команди мають можливість швидкого введення з клавіатури та можливість керування мишею, що в свою чергу робить роботу розробника комфортною та ефективною.

CoDeSys – компоненти середовища [20]:

- емулятор ПЛК;
- можливість імпорту S5/S7 проєктів;
- редактори для програмування мовами:
- список інструкцій або відповідно до стандарту - IL ;
- діаграми функціональних блоків або - FBD ;
- безперервні функціональні діаграми або - CFC ;
- релейно-контактні схеми або - LD ;
- послідовні функціональні схеми або - SFC ;
- структурований текст або - ST .
- використання генераторів коду для:

- Motorola PowerPC, 68xxx, MC683xx, ColdFire;
- Texas Instruments DSP TMS32028x;
- Intel 8051 і програмно сумісні з ним, 80186, 80x86, 80386, 80486, 80x86, Pentium і сумісні з ними;
- Infineon (Siemens) 80C16x, TriCore;
- ARM (тобто StrongARM, NET+ARM);
- Hitachi SH 2/3/4, H8.
- застосування елементів візуалізації;
- використання OPC та DDE серверів;
- наявність менеджера бібліотек;
- наявність графічного ієрархічного ПЛК конфігуратору;
- можливі он-лайн функції:
- моніторинг значень перемінних;
- запис та фіксація значень перемінних у ПЛК;
- графічне трасування перемінних;
- налаштування проєкту (точки зупинки, контроль стека викликів, покрокове виконання чи за циклами);
- контроль процесу виконання;
- можливість гарячої корекції коду, без зупинки ПЛК.
- мови програмування, що використовується в CoDeSys [21, 22]:
- ST - структурований текст – високорівнева, так звана, «Паскаль подібна» мова;
- IL - список інструкцій - найпростіший машинно-незалежний асемблер;
- LD - релейно-контактні схеми - графічна мова, що описує логіку роботи програми у формі з'єднання контактів та обмоток реле. Вбудований редактор LD автоматично розміщує та виконує з'єднання компонентів схеми;
- FBD - функціональні блокові діаграми - графічна мова опису аналогових та логічних обчислень. CoDeSys автоматизує складання FBD діаграм, самостійно пропонуючи програмні компоненти та з'єднання;
- SFC - безперервні функціональні схеми – редактор для мови SFC

аналогічний редактору для мови FBD, але, на відміну від нього, не поділяє діаграму на ланцюги, а оперує із компонентами, які вільно розміщуються. Діаграми можуть мати зворотні зв'язки та налаштований порядок виконання;

- SFC - послідовні функціональні схеми - графічна мова, орієнтована на опис взаємопов'язаних станів та дій системи. CoDeSys підтримує всі без винятку типи дій, описані в стандарті [20].

Вбудована візуалізація. В CoDeSys є можливість створити будь-яке довільне візуальне відображення. Атрибутами (розмір, положення, колір тощо) графічних об'єктів керують значення перемінних проєкту.

Графічне трасування – надасть можливість наочно відстежувати зміни значень перемінних у часі. Одночасно можна контролювати до 20 перемінних та, навіть, синхронізувати запуск трасування з певною подією [21].

Загальні офф-лайн функції [22]. Інтерфейс середовища програмування CoDeSys є достатньо типовий для інтегрованих систем програмування ЕОМ та інших додатків, що функціонують під Windows. У цьому режимі не потрібно з'єднувати ПЛК із ЕОМ, тому такий режим і носить назву офф-лайн, на відміну від режиму он-лайн для налаштування.

### **2.3 Висновки до другого розділу**

Згідно технічного завдання створено структурну схему проєкту «Метод керування інженерними системами приміщення», а на її основі розроблено принципову електричну схему САК інженерними системами приміщення.

Розроблено програму керування системою автоматичного керування інженерними системами нашого проєкту «Метод керування інженерними системами приміщення» на основі середовища програмування CoDeSys.



## РОЗДІЛ 3

# РОЗРОБКА ВІЗУАЛІЗАЦІЇ СТАНУ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ІНЖЕНЕРНИМИ СИСТЕМАМИ ПРИМІЩЕНЬ

### 3.1 Опис роботи розробленої САК ІСП

Під натисканням кнопки розуміється або фізичне натискання кнопки або однойменної кнопки в програмі візуалізації, аналогічно для кожного із перемикачів. Під спрацьовуванням давача (геркона) розуміється спрацьовування фізичного давача (геркона) або натискання кнопки моделювання в створеній програмі візуалізації.

Керування режимами роботи проєкту:

САК ІСП забезпечує демонстрацію наступних режимів роботи:

1. Режим «Нормально» (SA6 - 0 або логічний нуль, індикатор HL6 - 0 );
2. Режим «Охорона» (SA6 - 1 або логічна одиниця, індикатор HL6 - 1).

Керування режимами роботи ламп освітлення в режимі «нормально»:

- програмне керування проєктом:

Лампи №1 та №2 вмикаються в разі спрацьовування давача руху SQ1 та за умови того, що освітленість досягла нижньої границі (задається розробником у програмі візуалізації на ЕОМ). Лампи №3 та №4 вмикають у разі спрацьовування давача руху SQ2, а яскравість ламп регулюють пропорційно освітленості. Відповідно, чим нижче освітленість, тим яскравіше повинні горіти лампи №3 та №4.

- ручне керування проєктом:

Лампа №1 вмикається/вимикається перемикачем SA2, відповідно лампа №2 вмикається/вимикається перемикачем SA3. Яскравість ламп №3 та №4 регулюється за допомогою кнопок SB1 (або Яскравіше) та SB2 (або Темніше). У разі досить тривалого натискання кнопки SB1 (більше як дві секунди) - потужність лампи буде зростати; у разі одноразового швидкого натискання

(менш ніж дві секунди) кнопки SB1 лампи вмикаються на потужність, що є прямо пропорційною освітленості; у разі одноразового швидкого натискання (менш ніж дві секунди) кнопки SB2 лампи вимикаються, а в разі тривалого натискання (більш як дві секунди) - потужність лампи почне повільно знижуватись. Якщо після вмикання ламп розробник не виконає налаштування яскравості, то потужність ламп підтримується пропорційною освітленості. Водночас за допомогою перемикача трипозиційного SA1 можливо виконати вибір яскравості яких саме ламп регулювати в даний момент (лише лампа №3, лампи №3 та №4, лише лампа №4).

Керування режимами роботи ламп освітлення в режимі «охорона»:

Під час переведення САК в режим «Охорона», моделюється ситуація з присутністю людини в «приміщенні». У випадковому порядку на різні проміжки часу будуть вмикатись лампи №1-4, за умови того, що освітленість досягла нижньої границі, лампи №3 та №4 вмикаються лише на 50% своєї потужності.

Відображення кліматичних параметрів у приміщенні:

На екран проєкту виводиться інформація про температуру (давач SQ6) та вологість (давач SQ7) в «приміщенні».

Захист побутових приладів, що розташовані у приміщенні в режимі «нормально»:

- ручне керування проєктом:

Розетка №1 вмикається/вимикається за допомогою перемикача SA4, за умови, що не спрацював «давач протікання води» (моделювання з використанням SA7). Розетка №2 вмикається/вимикається - перемикач SA5, за умови, що не спрацював «давач протікання води» (моделювання з використанням SA7).

- програмне керування проєктом:

Розетки №1 та №2 вимикаються у разі спрацьовування «давача протікання води» (замикання SA7). Під час замикання SA7 також загоряється індикатор «Тривога» (HL7) та якби «закривається електроклапан». Розетки вмикаються знову лише в ручному режимі (з програми візуалізації для ПК), за умови, що SA7

вимкнено, тоді вимикається і HL7.

Захист побутових приладів, що розташовані у приміщенні в режимі «охорона»:

Під час переведення САК в режим роботи «Охорона», вмикаються обидві розетки, та якби «закривається електроклапан» (індикатор HL2 вимикається). У разі спрацьовування «давача протікання води» (увімкнення SA7) вмикається індикатор «Тривога» (або HL7), який вимикається тільки в ручному режимі з програми візуалізації на ЕОМ.

Робота охоронної сигналізації в приміщенні в режимі «нормально»:

У режимі «норма» не виконується жодних дій програмою охоронної сигналізації.

Робота охоронної сигналізації в приміщенні в режимі «охорона»:

Під час переведення САК в режим «Охорона», ПЛК аналізує стан давачів руху (SQ1 та SQ2), а також реальний стан герконів (SQ3 та SQ4). У разі отримання сигналу з будь-якого з цих давачів вмикається індикатор «Тривога» (HL7), вимкнути який можливо тільки в ручному режимі з програми візуалізації на ЕОМ. При цьому, коли геркони SQ3 та SQ4 замкнуті (тобто «проникнення» немає), то вмикаються відповідні їм індикатори герконів (HL3 та HL4), у разі спрацьовування будь-якого геркона, відповідний індикатор вимикається.

Якщо в режимі «Охорона» спрацює будь-який з давачів руху SQ1 та SQ2 або будь-який з герконів SQ3 та SQ4, або буде увімкнено будь-яке їх моделювання, то лампи будуть мерехтіти, створюючи несприятливі умови для грабіжників, і вмикається індикатор «Тривога» (HL7).

### 3.2 Розробка програми САК ІСП

Оголошення перемінних [22, 23].

VAR {програмні перемінні}

SQ1, SQ2, {давачі руху (моделювання з візуалізації)}

SQ3, {геркон на імітації вікна (моделювання з візуалізації)}

SQ4, {геркон імітації дверей (моделювання з візуалізації)}

HL8\_1, {у режимі «охорона» вмикання HL8 з генератора випадкових чисел}

HL9\_1, {у режимі «охорона» вмикання HL9 з генератора випадкових чисел}

HL12, {лампа №3 (освітлення «кімнати першого поверху»)}

HL12\_1, {у режимі «охорона» увімкнення HL12 з генератора випадкових чисел}

HL13, {лампа №4 (освітлення «кімнати першого поверху»)}

HL13\_1, {у режимі «охорона» увімкнення HL13 з генератора випадкових чисел}

SA1\_1, SA1\_2, SA1\_3, SA1\_1\_2, SA1\_2\_2, SA1\_3\_2 {SA1 - перемикач три-позиційний з можливістю фіксації положення, призначений для вибору ламп, що регулюються за потужністю (HL12, HL12+HL13, HL13) - програмна реалізація}

SA3, перемикач двопозиційний з можливістю фіксації положення, призначений для увімкнення/вимкнення HL9 (емулятор з візуалізації)}

SA2, {перемикач двопозиційний із можливістю фіксації положення, призначений для увімкнення/вимкнення HL8 (моделювання із візуалізації)}

SA5, {перемикач двопозиційний із можливістю фіксації положення, призначений для увімкнення/вимкнення індикації напруги HL11 (моделювання із візуалізації)}

SA4, {перемикач двопозиційний з можливістю фіксації положення,

призначений для увімкнення/вимкнення індикації напруги HL10 (моделювання з візуалізацією)}

SA7, { перемикач двопозиційний з можливістю фіксації положення, призначений для моделювання спрацьовування «давача протікання води» (моделювання з візуалізацією)}

SA6, {перемикач двопозиційний з можливістю фіксації положення, призначений для вибору режиму роботи проєкту Нормально-0/Охорона-1 (моделювання з візуалізацією)}

SB1, {кнопка «Яскравіше» без можливості фіксації (регулюється яскравість ламп, обраних перемикачем SA1) (моделювання з візуалізацією)}

SB2, {кнопка «Темніше» без можливості фіксації (регулюється яскравість ламп, обраних перемикачем SA1) (моделювання з візуалізацією)}

SQ1\_2, {додавання нижньої границі освітленості}

SQ1\_3, {зменшення нижньої границі освітленості}

SQ5\_3, {збільшення освітленості}

SQ5\_4, {зменшення освітленості}

PROG, {програмне керування, логічний нуль, 0 - Вкл/логічна одиниця, 1- Викл - кнопка PROG на візуалізації}

VIZU, {керування з віртуальної консолі, логічний нуль - Вкл/логічна одиниця - Викл - кнопка STAND на візуалізації}

SA6S1, {допоміжна перемінна - або з кнопки на візуалізації SA6, або за допомогою перемикача SA6S }

SQ1S1, {допоміжна перемінна - або з кнопки на візуалізації SQ1, або давач руху 1}

TR1, {миготіння при проникненні в приміщення}

TR, {проникнення в приміщення}

x1, {збільшення множника}

x2 {зменшення множника}: BOOL ;

SQ5, {давач освітленості (моделювання з візуалізацією)}

SQCUR1, SQCUR2, {встановлений відсоток потужності ламп HL12, HL13  
з візуалізації а режимі «Нормально» в %}

SQCUR3, {потужність ламп HL12, HL13 у разі програмного керування  
проектом у % }

SQ1\_1, {встановлення нижньої границі освітленості}

SQ5\_1, {виведення на дисплей освітленості в %}

SQ5\_2, {сто відсоткове освітлення з давача}

SQ6\_1, {перераховане значення температури}

SQ7\_1, {перераховане значення вологості}

x {множник генератора випадкових чисел}: WORD;

Програма керування САК ІСП:

t: TIME := T#100ms;

t2: TIME := T#2s;

TON1, TON2, TON5, TON6, TON7, TON8, TON9, TON10, TON11, TON12,  
TON13: TON;

TOF1, TOF2, TOF3: TOF;

TP1: TP;

R\_TRIG1, R\_TRIG2, R\_TRIG6, R\_TRIG8, R\_TRIG10,  
R\_TRIG11, R\_TRIG13, R\_TRIG14: R\_TRIG;

CTUD1, CTUD3, CTUD4, CTUD5: CTUD;

CTU1: CTU;

RS1, RS2, RS3, RS10: RS;

F\_TRIG1, F\_TRIG5, F\_TRIG7: F\_TRIG;

random1: random;

END\_VAR

VAR\_INPUT {вхідні змінні}

SQ1S AT %IX0.0:BOOL; {давач руху 1}

SQ3S AT %IX0.1:BOOL ; {геркон на вікні}  
SQ2S AT %IX0.4:BOOL ; {давач руху 2}  
SQ4S AT %IX0.5:BOOL ; {геркон на дверях}  
SB1S AT %IX0.2:BOOL ; {кнопка керування яскравіше}  
SB2S AT %IX0.6:BOOL ; {кнопка керування темніше}  
SA1\_1S AT %IX1.3:BOOL:=TRUE ; {керування лампою №3}  
SA1\_2S AT %IX1.7:BOOL:=TRUE ; {керування лампою №4}  
SA2S AT %IX1.0:BOOL ; {керування лампою №1}  
SA3S AT %IX1.4:BOOL ; {керування лампою №2}  
SA4S AT %IX1.1:BOOL ; {керування розеткою №1}  
SA5S AT %IX1.5:BOOL ; {керування розеткою №2}  
SA6S AT %IX1.2:BOOL ; {нормально/охорона}  
SA7S AT %IX1.6:BOOL ; {модельовання роботи давача протікання води}  
SQ5S AT %IB20:WORD ; {давач освітленості}  
SQ6S AT %IB24:WORD ; {давач температури}  
SQ7S AT %IB22:WORD ; {давач вологості}  
END\_VAR  
VAR\_OUTPUT {вихідні перемінні}  
HL2 AT %QX3.0:BOOL ; {індикація вмикання запірного «електро-  
клапана»}  
HL3 AT %QX3.4:BOOL ; {індикація спрацьовування геркона «вікна»}  
HL4 AT %QX3.1:BOOL ; {індикація спрацьовування геркона «двері»}  
HL5 AT %QX3.5:BOOL ; {індикація модельовання роботи «давача  
протікання води»}  
HL6 AT %QX3.2:BOOL ; {індикація режиму роботи проєкту  
«нормально/охорона»}  
HL7 AT %QX3.6:BOOL ; {індикація режиму роботи «тривоги»}  
HL8 AT %QX4.1:BOOL ; {лампа №1 (освітлення для «кімнати другого

поверху»})

HL9 AT %QX4.4:BOOL ;{лампа №2 (освітлення для «кімнати другого поверху»)}

HL10 AT %QX4.7:BOOL ;{індикація вимкнення напруги на розетка №1 }

HL11 AT %QX4.10:BOOL ;{індикація вимкнення напруги на розетка №2 }

SQCUR1S AT %QB50:WORD ;{встановлена дискретна потужність лампи №3 }

SQCUR2S AT %QB60:WORD ;{встановлена дискретна потужність лампи №4 }

END\_VAR

Програму наведено на рисунках рис. 3.1 – 3.12 [20-23].

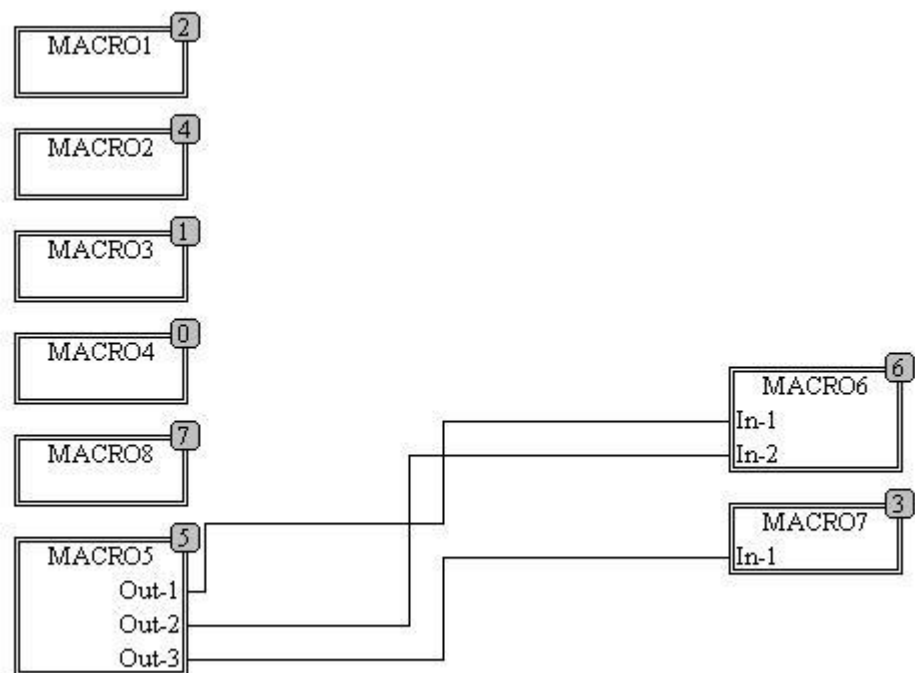


Рисунок 3.1 – Загальний вигляд програми







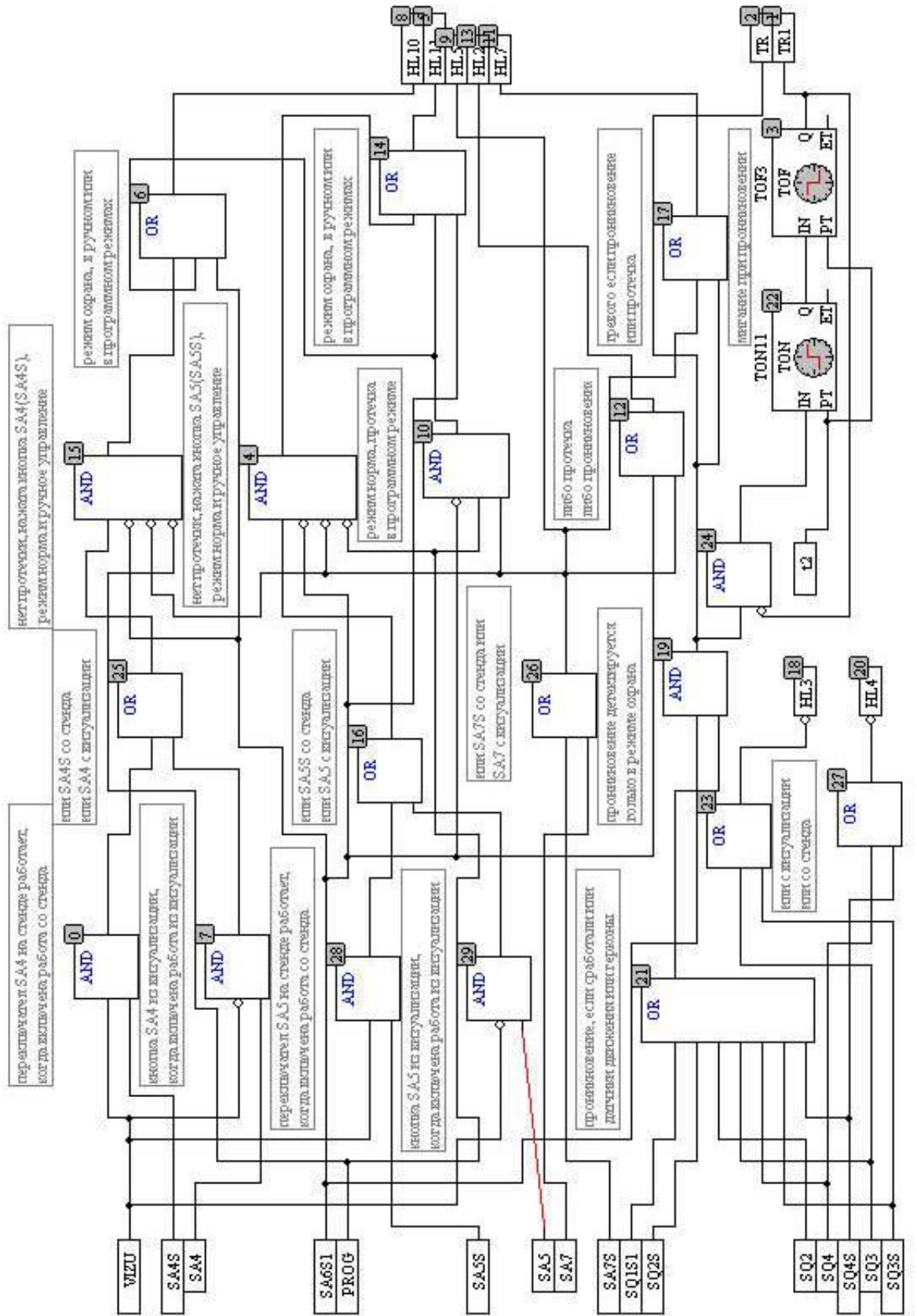


Рисунок 3.5 – Загальний вигляд програми MACRO3



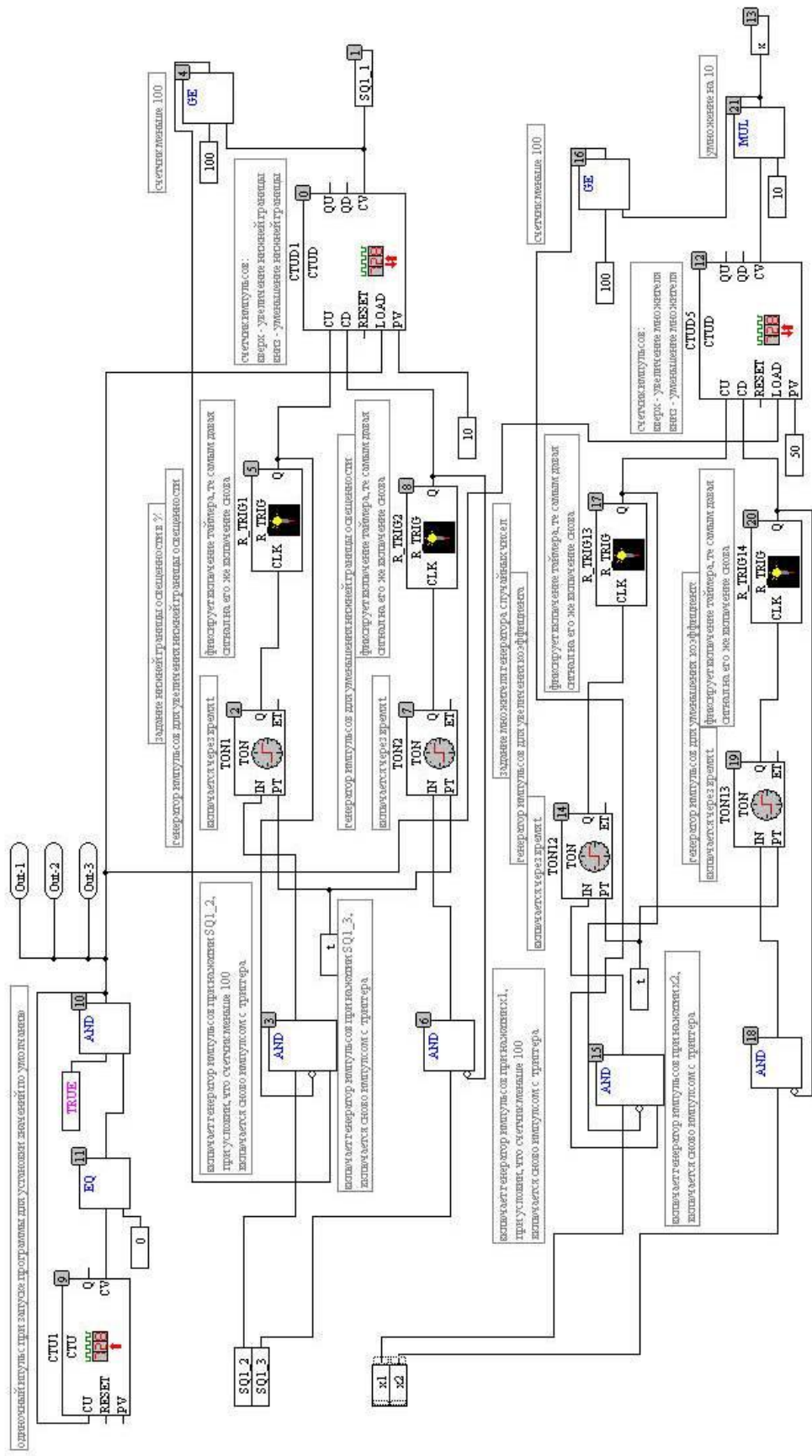


Рисунок 3.7 - Загальний вигляд програми MACRO5



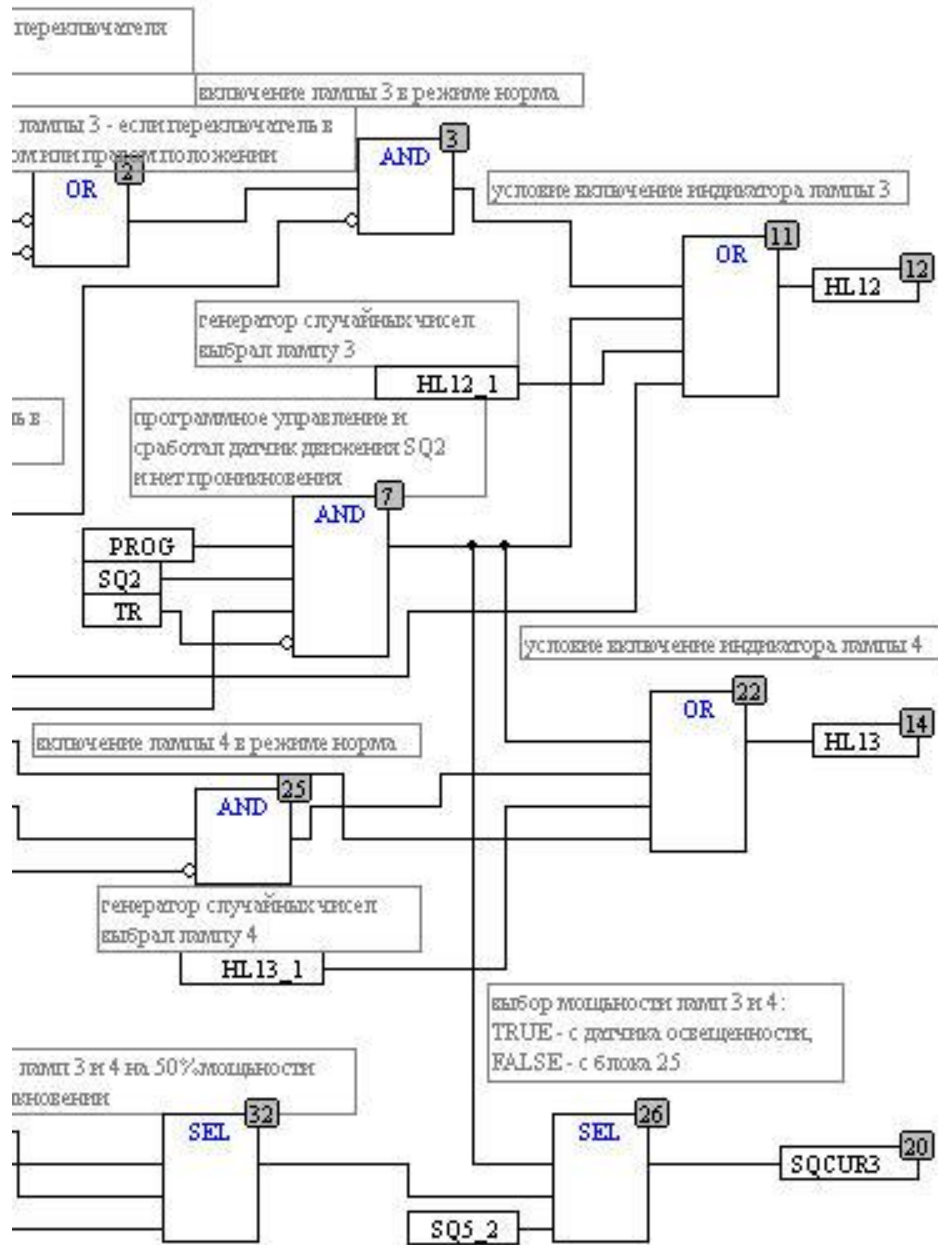


Рисунок 3.9 - Загальний вигляд програми MACRO6 (II половина)

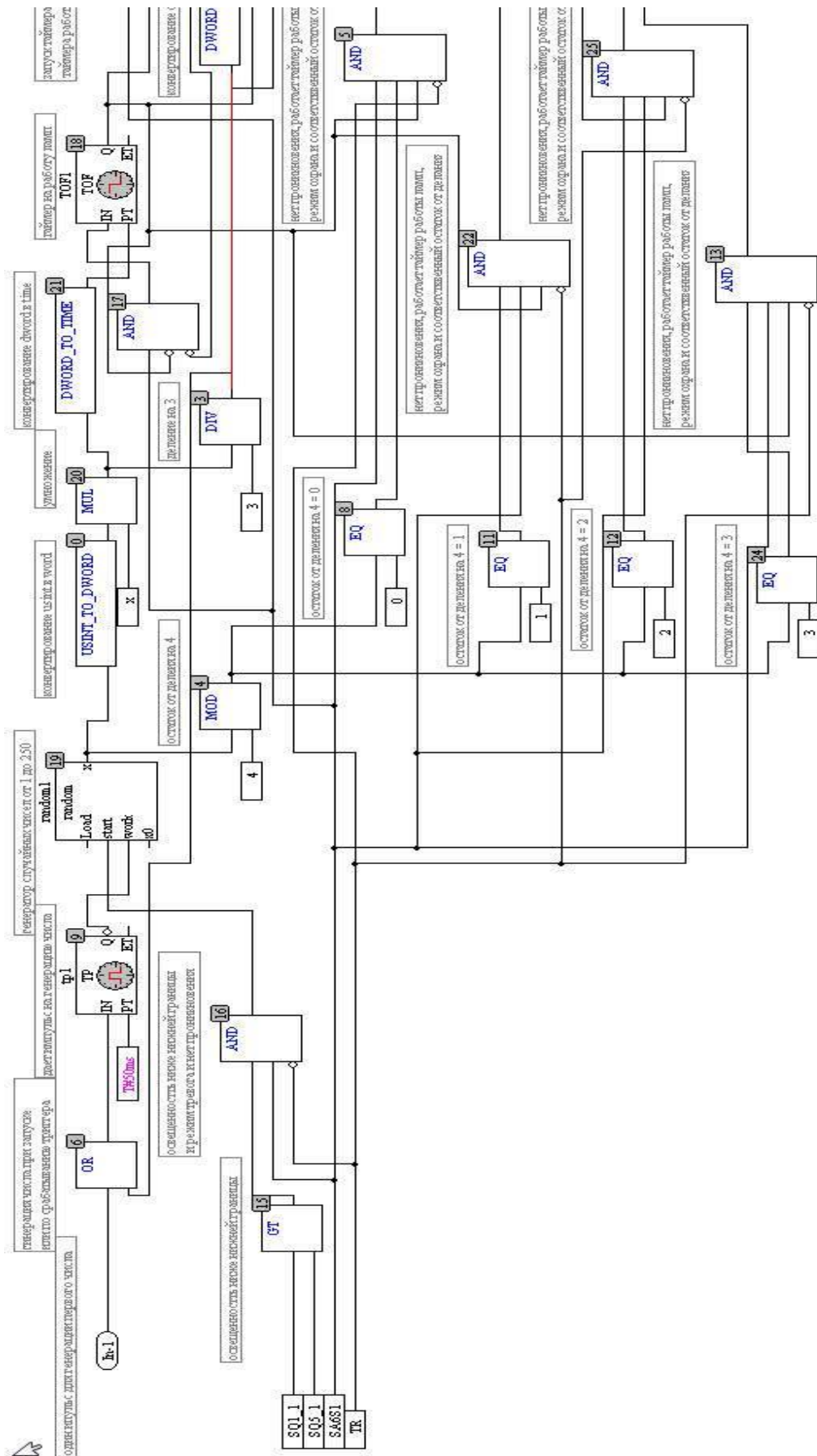


Рисунок 3.10 - Загальний вигляд програми MACRO7 (І половина)

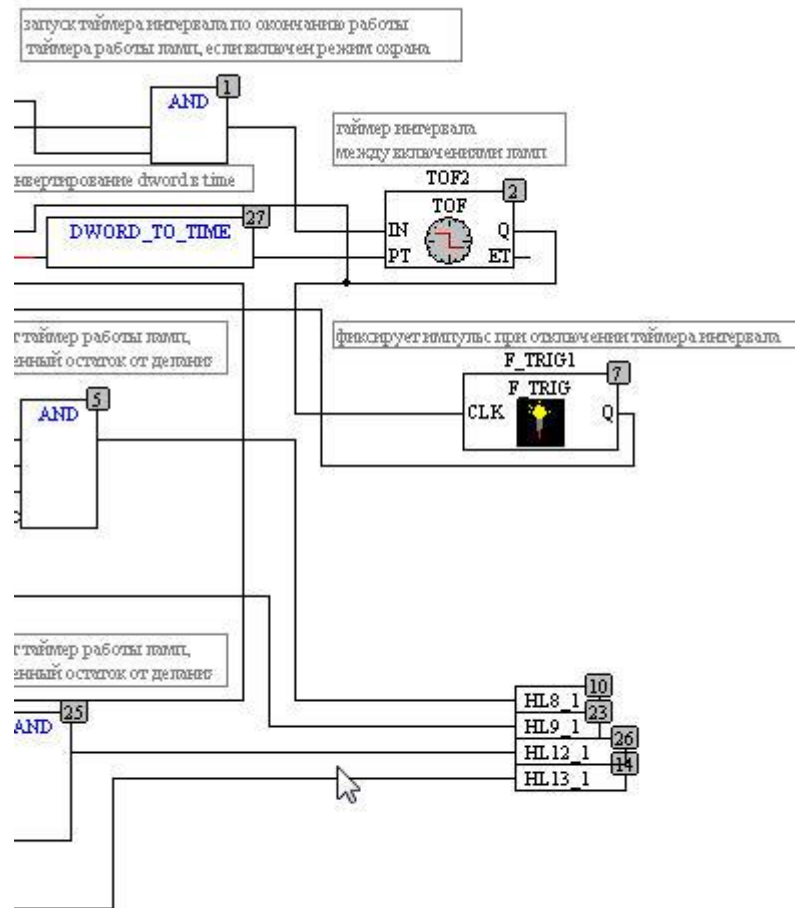


Рисунок 3.11 - Загальний вигляд програми MACRO7 (II половина)

### 3.3 Програма візуалізації САК ІСП

Усі перемикачі та кнопки, що розташовані на передній панелі керування проектом, повинні бути продубльовано однойменними кнопками в програмі візуалізації.

У програмі додано кнопки для перемикання виду керування - ручне/програмна - кнопка PROG і для перемикання робота з проекту/робота з програми візуалізації додано кнопку STAND (рис. 3.13).

У програмі візуалізації використовуються наступні моделювання [22, 23]:

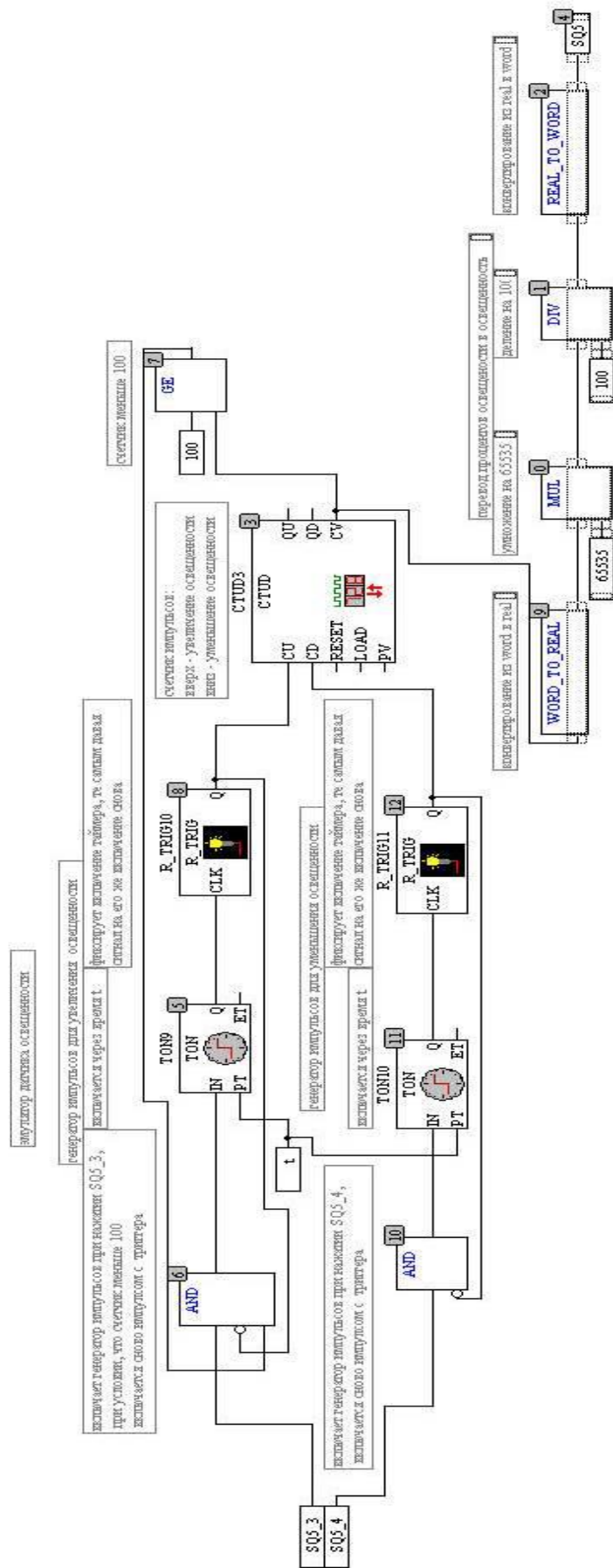


Рисунок 3.12 - Загальний вигляд програми MACRO8



Рисунок 3.13 – Загальний вигляд програми візуалізації

- датчиків руху SQ1 та SQ2, які працюють за схемою АБО з фізичними датчиками і не можуть блокуватись як під час роботи із програми візуалізації, так і під час роботи з проєкту.

- моделювання роботи герконів SQ3 та SQ4, які також працюють за схемою АБО з фізичними герконами і теж не можуть блокуватись як під час роботи із програми візуалізації, так і під час роботи з проєкту.

- моделювання роботи датчика освітленості, у вигляді шкали та кнопок «->» та «+», це моделювання працює тільки із програми візуалізації, під час роботи проєкту дані будуть зніматись із фізичного датчика освітленості, відповідно кнопки будуть блокуватись.

Для завдання часу роботи та інтервалу перерви між вмиканням ламп у режимі «Охорона» додано шкалу і кнопки «->» та «+».

- У програмі візуалізації виводяться наступні повідомлення:
- при ручному керуванні (кнопка «PROG» не натиснута);
  - при програмному керуванні (кнопка «PROG» натиснута);
  - при режимі роботи «Нормально» (кнопка SA6 не натиснута);
  - при режимі роботи «Охорона» (кнопка SA6 натиснута);
  - при роботі із програми візуалізації (кнопка «STAND» - не натиснута);
  - при роботі з проєкту (кнопка «STAND» - натиснута);
  - при проникненні в приміщення в режимі роботи «Охорона» або при протіканні води;
  - при проникненні в приміщення в режимі роботи «Охорона»;
  - при протіканні води.

Всі елементи програми візуалізації оснащено спливаючими підказками.

### **3.4 Конструкція проєкту САК ІСП**

Проєкт представляє собою моделювання будівлі з двох поверхів. На панелі керування повинні бути розташовані наступні виконавчі пристрої та органи керування:

Розроблений проєкт необхідно обладнати чотирма лампами (220В, змінного струму). Дві лампи на основі світлодіодів (HL8, HL9 - так звані лампи «верхнього поверху») та дві лампи розжарювання (HL12, HL13 - так звані лампи «нижнього поверху»). Ці лампи будуть працювати в залежності від програми, завантаженої в ПЛК (або програмне керування). Також можливе використання ручного керування, за допомогою органів керування, які розташовані на передній панелі проєкту.

Проєкт оснащений пристроями імітації роботи розеток, електромагнітного запірною клапана та давача протікання води. Самі розетки та електромагнітний запірний клапан зображені на передній панелі. Зображенню розетки №1 відповідає індикатор HL10 (включеній розетці №1 повністю відповідає

індикатор HL10, що ввімкнений). Зображенню розетки №2 відповідає індикатор HL11 (включеній розетці №2 відповідає індикатор HL11, що ввімкнений). Зображенню електромагнітного запірного клапана відповідає індикатор HL2 (відкритому електромагнітному запірному клапану відповідає індикатор HL2, що ввімкнений). Давач протікання води змодельовано за допомогою перемикача двопозиційного із можливістю фіксації положення (SA7) із вбудованим індикатором давача протікання води (HL5) (якщо SA7 знаходиться у положенні 1, то вмикається індикатор HL5).

Специфікація із розробленого проєкту наведена в додатку Б.

Розрахунок надійності проєкту [26].

Для розрахунку надійності проєкту необхідно знати напрацювання на відмову (або) частоти відмов усього комплексу деталей, вузлів, що використовуються в проєкті. У літературних джерелах ці дані дуже відрізняються (іноді в десятки разів). Тому для розрахунку ми візьмемо одні дані, які вдалося отримати від заводів та фірм виробників, а інші за середніми значеннями з літературних джерел.

Розрахунок будемо виконувати виходячи з наступних припущень:

- напрацювання на відмову модуля CPU фірми BECKHOFF типу BC9120 становить приблизно 5 років згідно даних виробника, вхідних та вихідних модулів приблизно 7 років;

- напрацювання на відмову для блоків живлення приймаємо 5 років;

- напрацювання на відмову давачів приймаємо - 10 років;

- напрацювання на відмову кнопок та перемикачів – до 30000 спрацьовувань;

- у зв'язку з тим, що відмова світлової індикації не призводить до відмови всього проєкту, її в розрахунок не приймаємо. Не приймаємо в розрахунок і вимикач автоматичний, оскільки ймовірність перевантажень та коротких замикань низька.

Частота відмови модуля CPU, вхідних і вихідних модулів

$$\lambda_{CPU} = \frac{1}{(7 \cdot 365 \cdot 24)} = 1,6 \cdot 10^{-5} \left( \frac{1}{\text{ГОД}} \right);$$

$$\lambda_{BX} = \frac{3}{(7 \cdot 365 \cdot 24)} = 4,9 \cdot 10^{-5} \left( \frac{1}{\text{ГОД}} \right);$$

$$\lambda_{ВИХ} = \frac{4}{(7 \cdot 365 \cdot 24)} = 6,5 \cdot 10^{-5} \left( \frac{1}{\text{ГОД}} \right);$$

$$\lambda_T = \frac{1}{(7 \cdot 365 \cdot 24)} = 1,6 \cdot 10^{-5} \left( \frac{1}{\text{ГОД}} \right)$$

Сумарно:

$$\lambda_k = \lambda_{CPU} + \lambda_{BX} + \lambda_{ВИХ} + \lambda_T = 14,7 \cdot 10^{-5} \left( \frac{1}{\text{ГОД}} \right).$$

Частота відмов блоків живлення:

$$\lambda_{БЖ} = \frac{2}{(5 \cdot 365 \cdot 24)} = 4,5 \cdot 10^{-5} \left( \frac{1}{\text{ГОД}} \right).$$

Частота відмови давачів:

$$\lambda_D = \frac{7}{(10 \cdot 365 \cdot 24)} = 8 \cdot 10^{-5} \left( \frac{1}{\text{ГОД}} \right).$$

Для розрахунку частоти відмов органів керування приймемо, що наш проєкт вмикається/вимикається 4 рази на день, а перемикачі та кнопки по 40 разів на день.

$$\lambda_{BM/ВІМ} = \frac{8}{(30000 \cdot 24)} = 1,1 \cdot 10^{-5} \left( \frac{1}{\text{год}} \right);$$

$$\lambda_{кн} = \frac{9 \cdot 40}{(30000 \cdot 24)} = 50 \cdot 10^{-5} \left( \frac{1}{\text{год}} \right).$$

Частота відмови нашого проєкту:

$$\lambda_{np} = \lambda_{к} + \lambda_{БЖ} + \lambda_{Д} + \lambda_{BM/ВІМ} + \lambda_{кн} = 78,3 \cdot 10^{-5} \left( \frac{1}{\text{год}} \right).$$

Під час обслуговування нашого проєкту несправності в модулі CPU, модулях входів/виходів можна побачити завдяки світлодіодній індикації, яка вбудована в кожен модуль. Наявність світлодіодної індикації, а також використання для монтажу необхідної апаратури DIN-рейки дасть нам змогу скоротити час на пошук та усунення несправностей. Зазвичай час відновлення роботи не перевищує одну годину.

### 3.5 Висновки до третього розділу

Створено програму керування САК інженерними системами приміщень. Програма написана на CFC - одній з мов стандарту МЕК 61131-3. Програма надає можливість керування або безпосередньо з панелі керування, або з віртуальної консолі програми візуалізації. Розписано візуалізацію САК інженерними системами приміщень та загальну конструкцію проєкту.

Розроблено проєкт, що демонструє частину функціональності «розумного» будинку, а саме: керування освітленням, системою безпеки та захистом побутових електропобутових приладів, а також здійснює моніторинг параметрів навколишнього середовища (температура, вологість та освітленість).

## ВИСНОВКИ

Підібрано елементну базу для нашого проекту. Згідно із технічним завданням створено проєкт на основі ПЛК, який базується на модулі CPU фірми BECKHOFF BC9120. Підібрано необхідні модулі керування: модуль введення KL1408, аналоговий модуль введення-виведення типу KL3454, модуль дискретних вихідних сигналів типу KL2408, модуль типу KM2604, модуль диммування типу KL2751 та модуль CPU типу BC9120, крім того підібрано необхідні датчики такі як: для детектування руху обрано сповіщувач охоронний об'ємний оптико-електронний типу ІО 409-22 «Астра-9», геркони - сповіщувачі охоронні точкові з магнітними контактами ІО 102-29 «ЕСТЕТ», для визначення освітленості обрано датчики видимого світла фірми «Agrosensor» серії ОС100М, для контролювання температури повітря обрано датчики фірми «Agrosensor» серії ТА100, для відносної вологості фірми «Agrosensor» типу ВА100М, підібрано джерела живлення - імпульсний блок живлення фірми Schneider Electric ABL8REM24050.

Згідно технічного завдання створено структурну схему проєкту, а на її основі розроблено принципову електричну схему САК інженерними системами приміщення.

Розроблено програму керування системою автоматичного керування інженерними системами нашого проєкту на основі мови програмування CoDeSys.

Створено програму керування САК інженерними системами приміщень. Програма написана на CFC - одній з мов стандарту MEK 61131-3. Програма надає можливість керування або безпосередньо з панелі керування, або з віртуальної консолі програми візуалізації. Розписано візуалізацію САК інженерними системами приміщень та загальну конструкцію проєкту.

Розроблено проєкт, що демонструє частину функціональності «розумного» будинку, а саме: керування освітленням, системою безпеки та

захистом побутових електропобутових приладів, а також здійснює моніторинг параметрів навколишнього середовища (температура, вологість та освітленість).

Апробацію роботи виконано на науково-практичній конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених в м. Хмельницькому, робота отримала схвальні відгуки і тому за результатами було надруковано тези в збірнику наукових праць «Технічна творчість».

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Розумний будинок – Режим доступу:  
[https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%BE%D0%B7%D1%83%D0%BC%D0%BD%D0%B8%D0%B9\\_%D0%B4%D1%96%D0%BC](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%BE%D0%B7%D1%83%D0%BC%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%B4%D1%96%D0%BC)
2. M. Domb «Smart Home Systems Based on Internet of Things» - 2018 – 117с.
3. Котунова., Д. Г. Огляд DIY елементів для систем «Smart Home» / Д. Г. Котунова, О. М. Павловський // XIII Науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Погляд у майбутнє приладобудування», 13-14 травня 2020 р., м. Київ, Україна : збірник праць конференції. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – С. 35–38.
4. BC9120. Ethernet TCP/IP Economy plus Bus Terminal Controller - Режим доступу:  
<https://www.beckhoff.com/en-en/products/i-o/bus-terminals/bcxxxx-bxxxxx-controller/bc9120.html>
5. BC9020, BC9050 and BC9120. Bus Terminal Controller for Ethernet. Documentation | EN. - 2022-03-15 - Version: 2.4.0. – 155 p.
6. KL1408 | Bus Terminal, 8-channel digital input, 24 V DC, 3 ms, 1-wire connection – Режим доступу:  
<https://www.beckhoff.com/en-en/products/i-o/bus-terminals/kl1xxx-digital-input/kl1408.html>
7. KL1xxx and KS1xxx, Digital input terminals, 24 V DC. Documentation | EN - 2021-05-07 | Version: 1.1.0 – 55 p.
8. KL344x/KS344x, KL345x/KS345x. Four and eight channel analog input terminals. Documentation | EN. - 2021-06-16 | Version: 3.3.0. – 63 p.
9. Data sheet for KL2408, KL2488, Version 1.4 – 2 p.
10. KM2604, KM2614 | Four channel relay modules - Режим доступу:  
<https://infosys.beckhoff.com/english.php?content=../content/1033/km2604/index.html&id=>
11. KL2xxx and KS2xxx. Digital output terminals, 24 V DC. Documentation |

EN - 07.05.2021 | Version: 3.1.0 – 45 p.

12. Documentation. KM2604, KM2614 | Four channel relay modules - Режим доступу:

<https://infosys.beckhoff.com/english.php?content=../content/1033/km2604/index.html&id=>

13. KM2604 and KM2614. Four channel relay modules. Documentation | EN - 2022-09-13 | Version: 2.2.0 – 21 p.

14. KL2751/KS2751, KL2761/KS2761. Single channel universal dimmer terminals. Documentation | EN. - 2022-01-31 | Version: 3.3.0. – 60 p.

15. Datasheet for KL9010, Version 1.2 – 2 p.

16. Сповідувач охоронний об'ємний оптико-електронний Теко Астра-9 (ІО 409-22) – Режим доступу:

<https://www.teko.biz/catalog/223/566/>

17. Сповідувач охоронний точковий Магніто-Контакт ІО 102-29 "Естет-сейф" – Режим доступу:

<http://elab.com.ua/item/izveshhatel-oxrannyj-tochechnyj-magnito-kontakt-io-102-29-estet-sejf/>

18. ТМ Sensor Україна - Режим доступу:

<https://www.sensor.ua/>

19. Modicon Power Supply. Power supply for industrial use, rail mounting. Schneider Electric. Catalog | June 2020. – 31 p.

20. Галкін П. В., Ключник І. І. Програмування ПЛК в CODESYS : навчальний посібник. Харків : ФОП Панов А. М., 2019. - 92 с. ISBN 978-617-7722-62-4.

21. Birgit Vogel-Heuser Automation and Embedded Systems: Effizienzsteigerung Im Engineering, Kassel: Kassel university press GmbH, 2009. – 123 p.

22. Hugh J. Automating Manufacturing Systems with PLCs, GNU Free Documentation, 2008. – 868 p.

23. Hanssen H. Dag. Programmable Logic Controllers: A Practical Approach to

IES 61131-3 using CoDeSys, Wiley, 2015. – 408 p.

24. Пупена О. М. Промислові мережі та інтеграційні технології в автоматизованих системах : навчальний посібник / О. М. Пупена, І. В. Ельперін, Н. М. Луцька, А.П. Ладанюк. – К.: Ліра, 2011. – 552 с.

25. TF5200 | TwinCAT 3 CNC. Programming manual. Manual | EN. - 11/11/2022 | Version: 1.229. – 746 p.

26. Основи надійності літальних апаратів [Текст]: навч. посіб. О. М. Нечипоренко. – К.: НТУУ “КПІ», 2010. – 240 с. ISBN978-966-622-360-2

Додатки

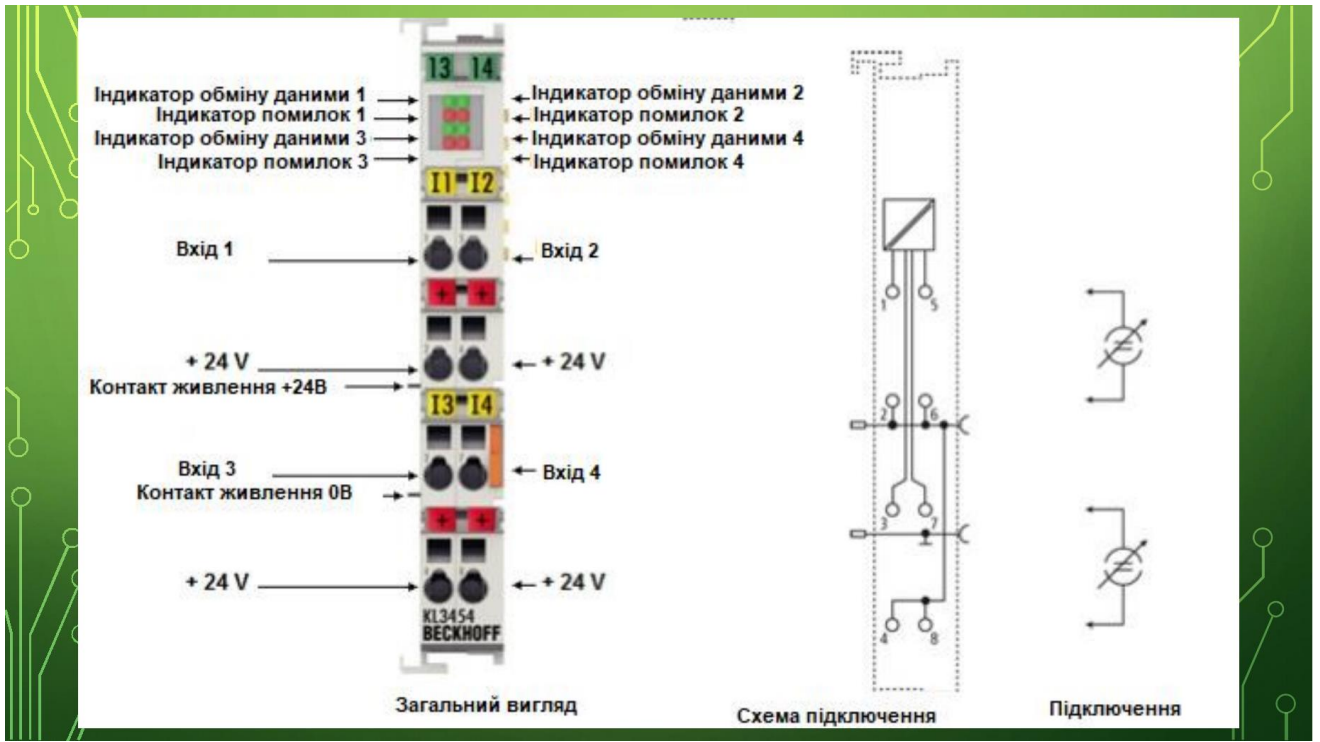
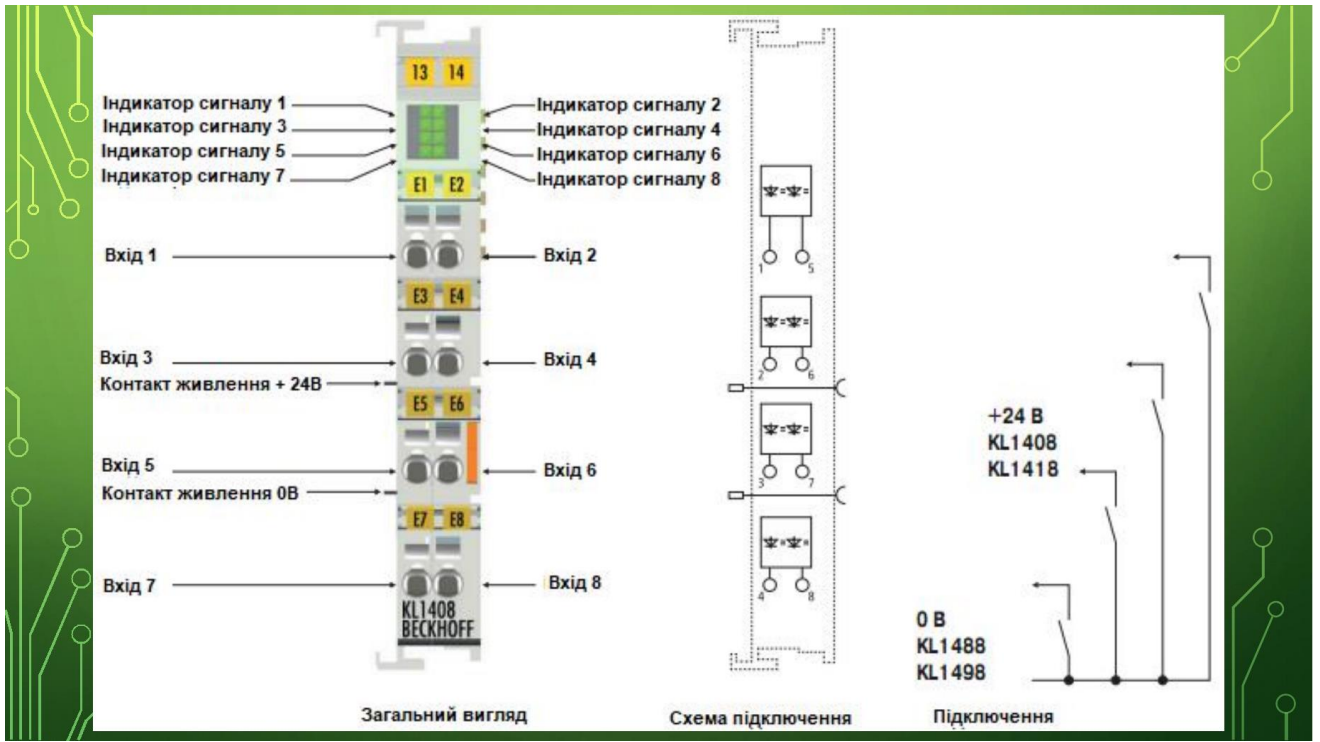
# МЕТОД КЕРУВАННЯ ІНЖЕНЕРНИМИ СИСТЕМАМИ ПРИМІЩЕННЯ

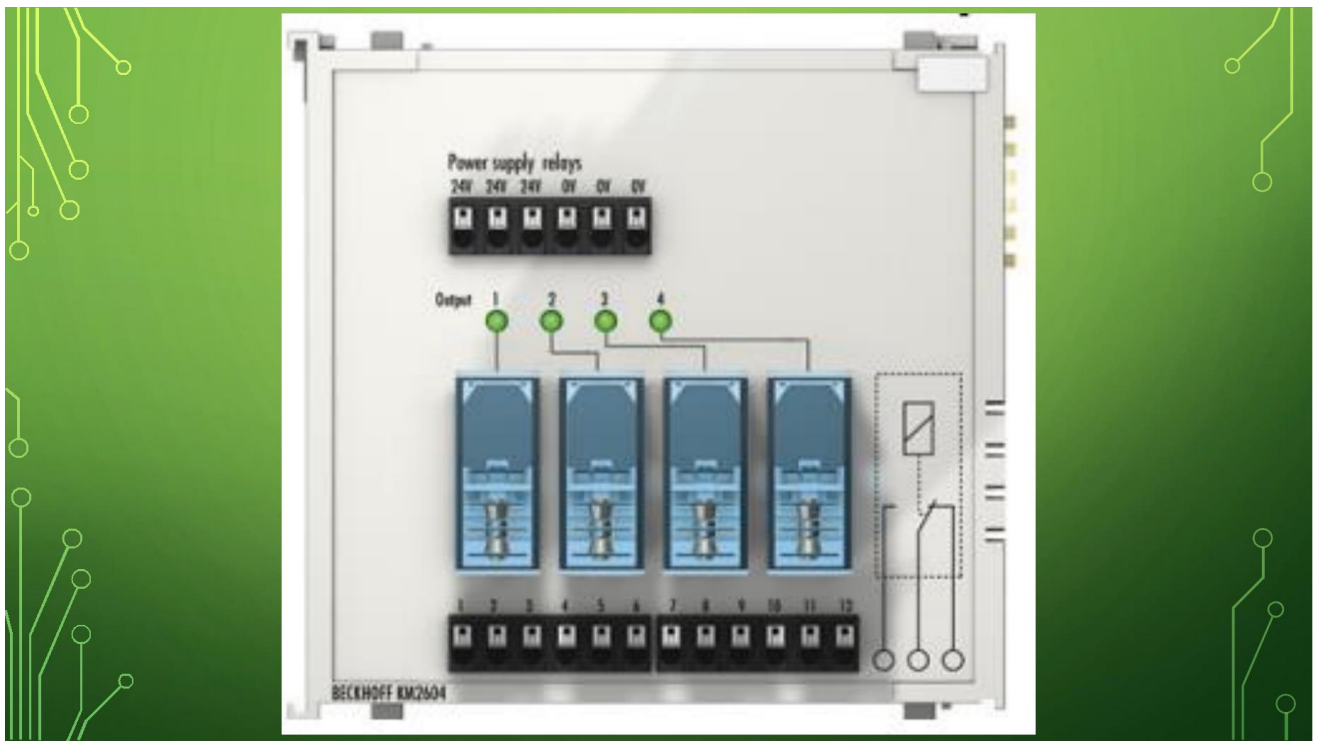
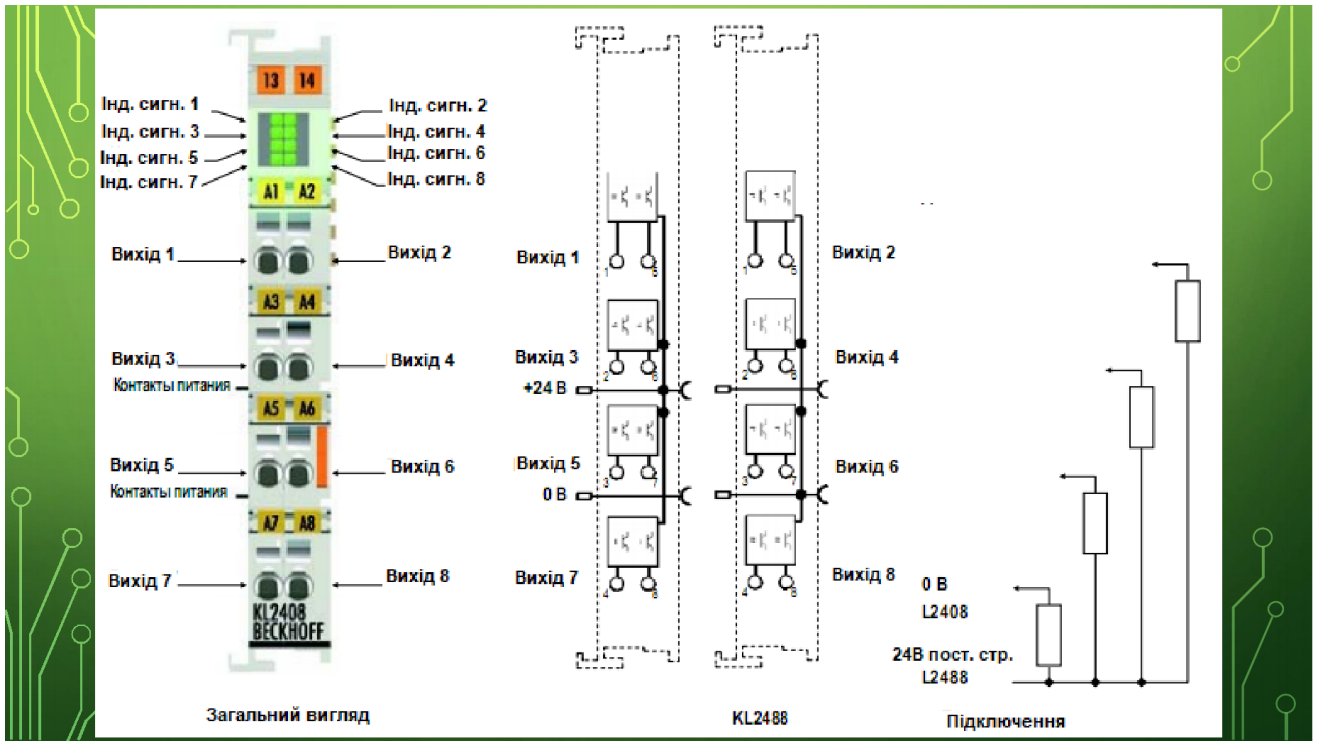
КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

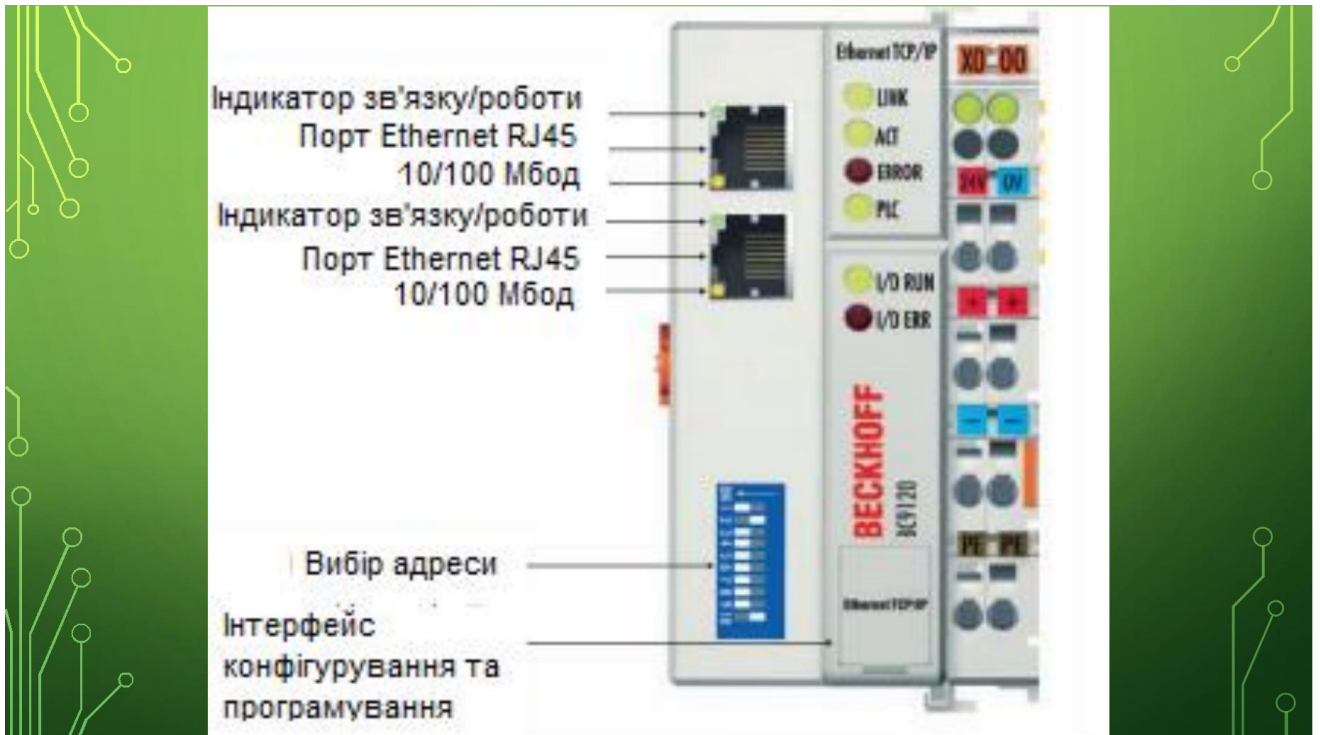
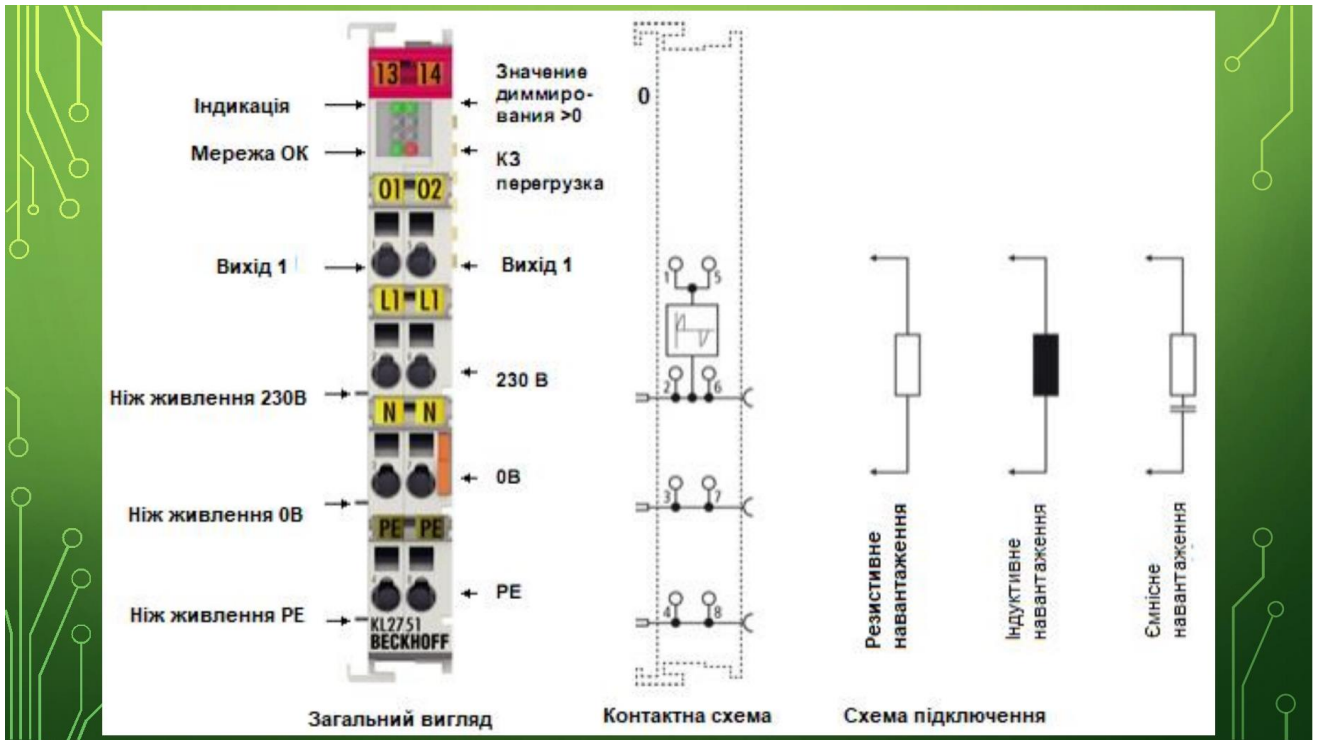
## АКТУАЛЬНІСТЬ

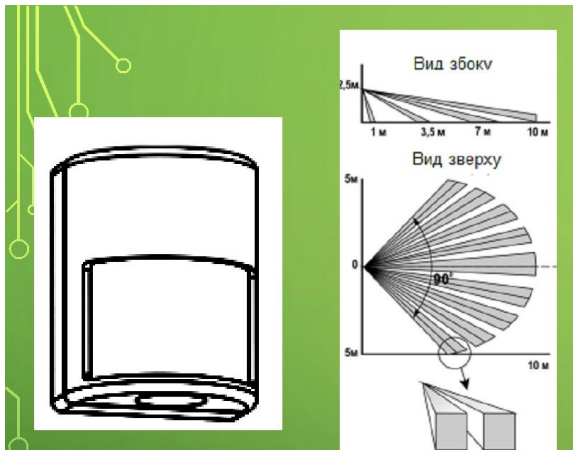
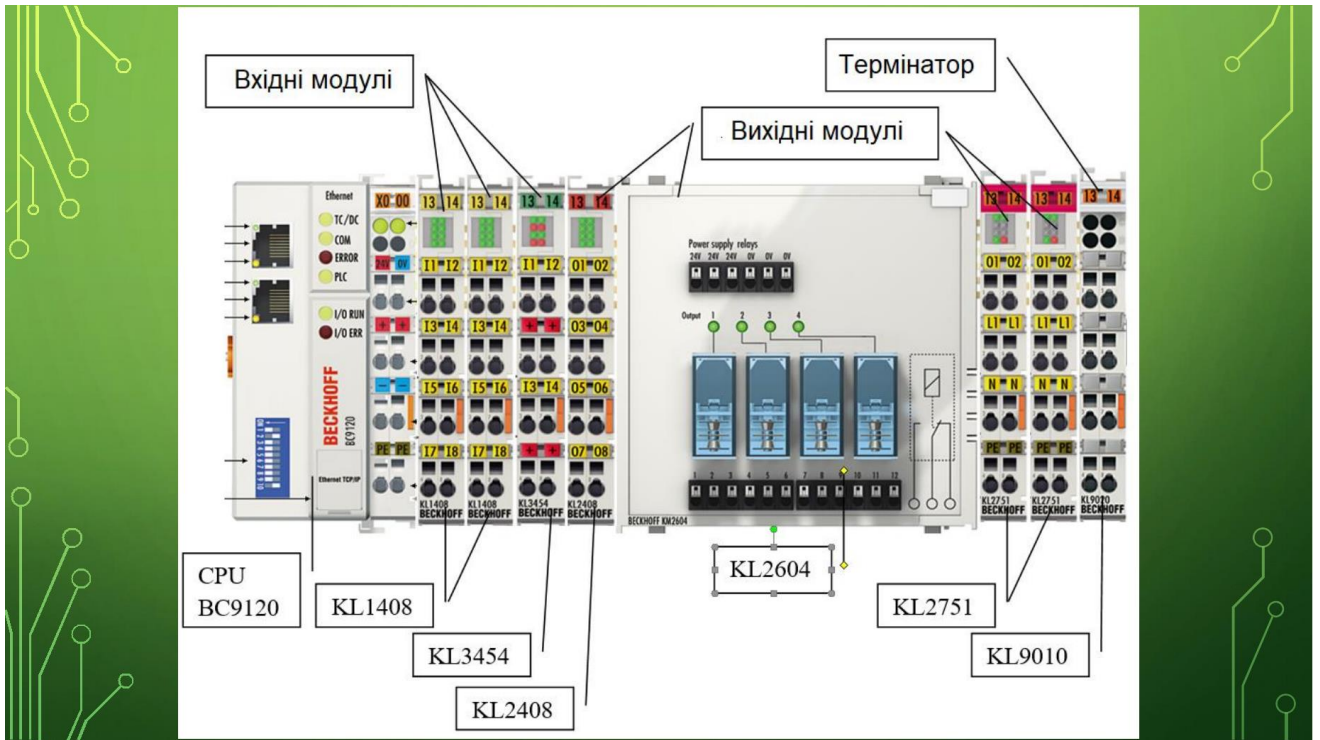
На сучасному етапі розвитку дуже актуальною є проблема розроблення, проектування та створення «розумних» будівель. «Розумні» будівлі допомагають ефективніше та економічніше застосовувати енергетичні ресурси (електроенергія чи газ), воду. Так звані, «інтелектуальні» будівлі роблять життя власників комфортнішим, безпечнішим, крім того зараз мати такі «розумні» будинки – престижно.

Автоматика так званого «розумного» будинку виконує безліч різноманітних функцій, наприклад, керування опаленням, водопостачанням, освітленням, вентиляцією та кліматом, керування системою сигналізації та безпеки, керування системою віддаленого та візуалізованого керування будинку.

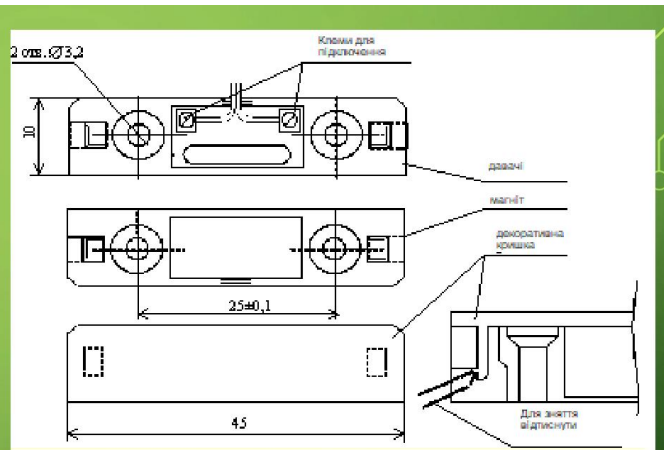








Загальний вигляд IO 409-22 «Астра-9» та його принцип роботи



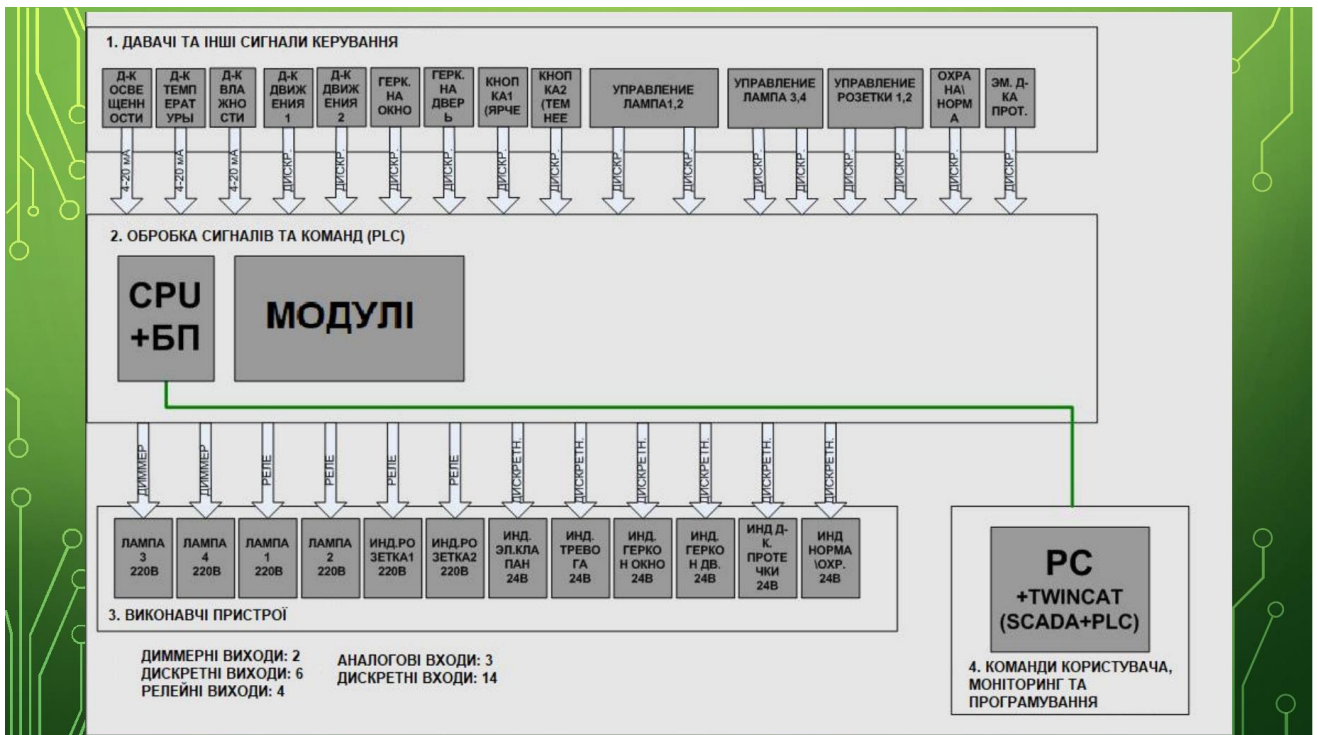
Загальний вигляд IO 102-29 «ЕСТЕТ»

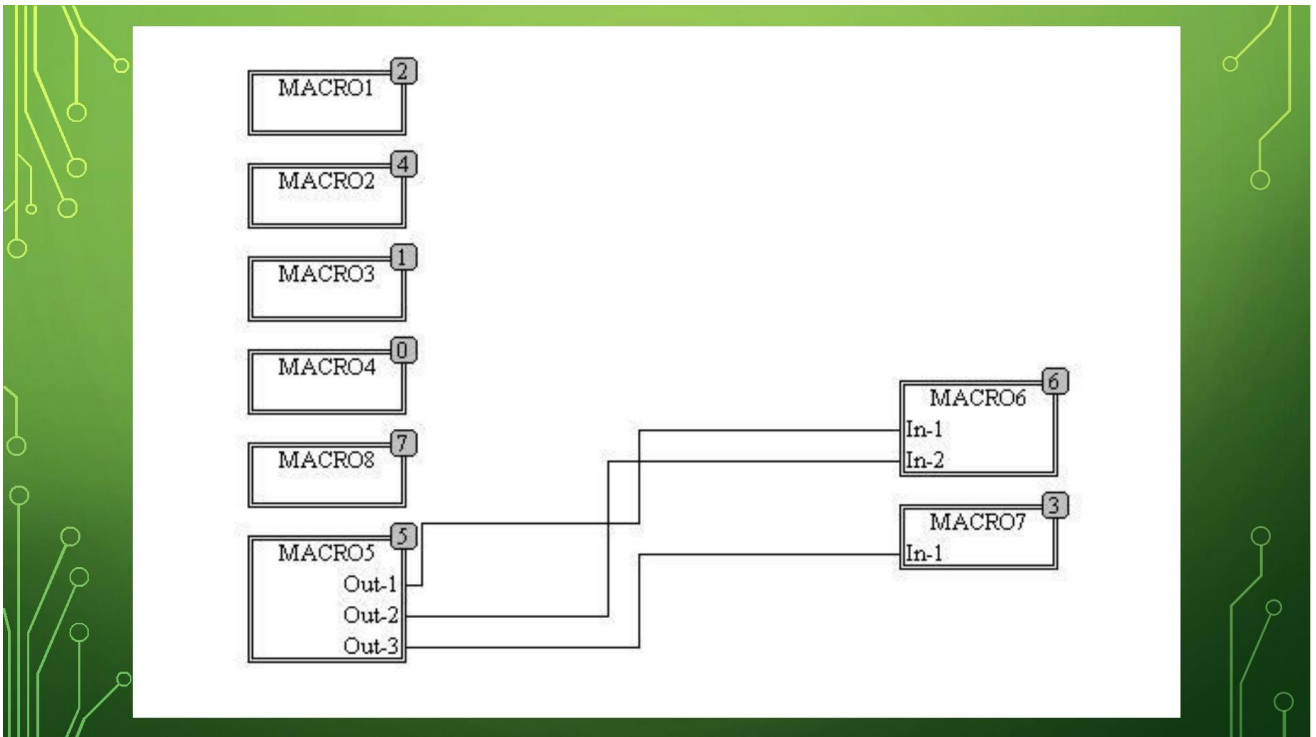
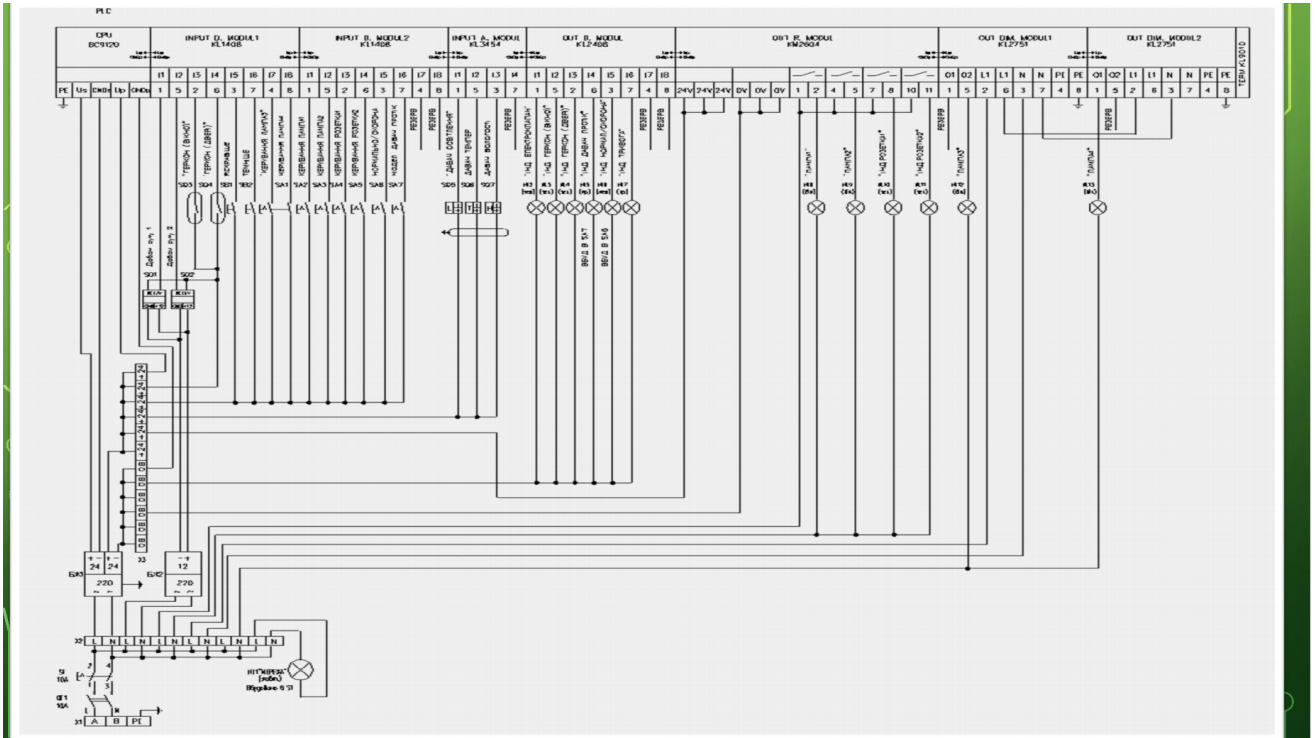


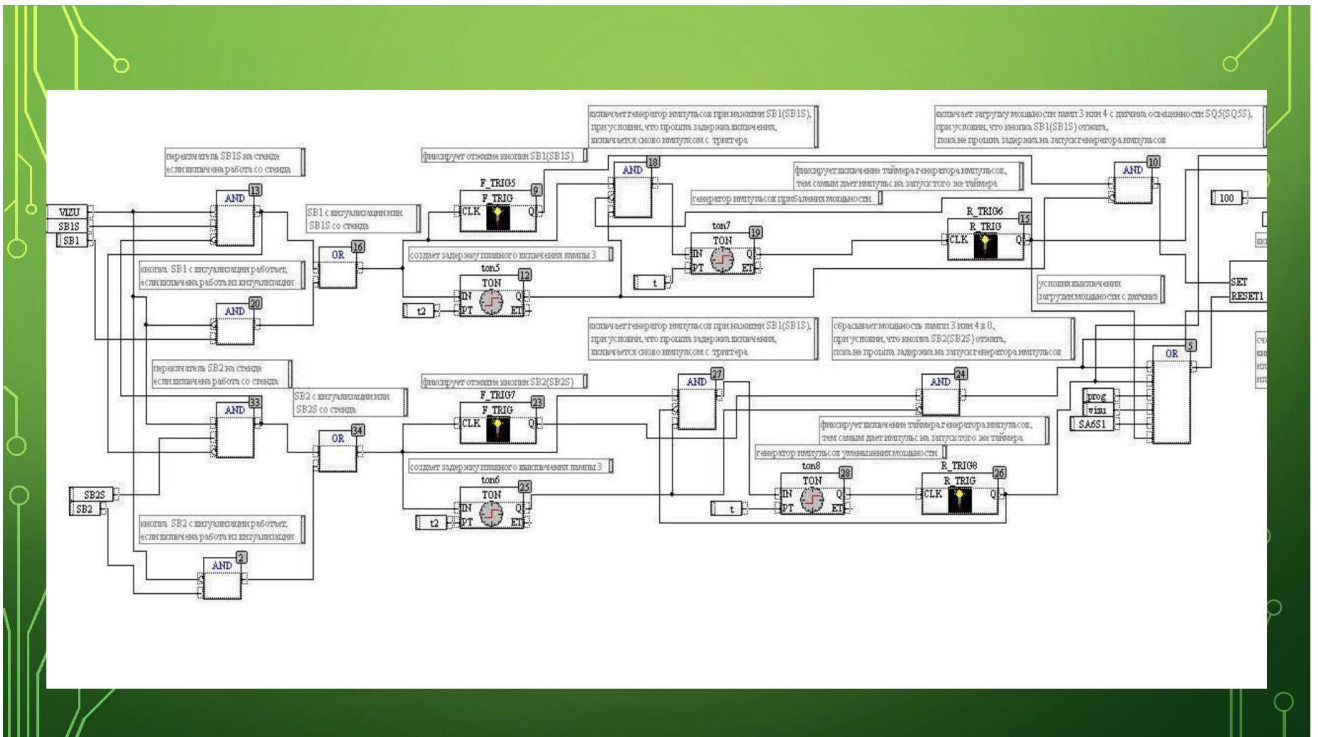
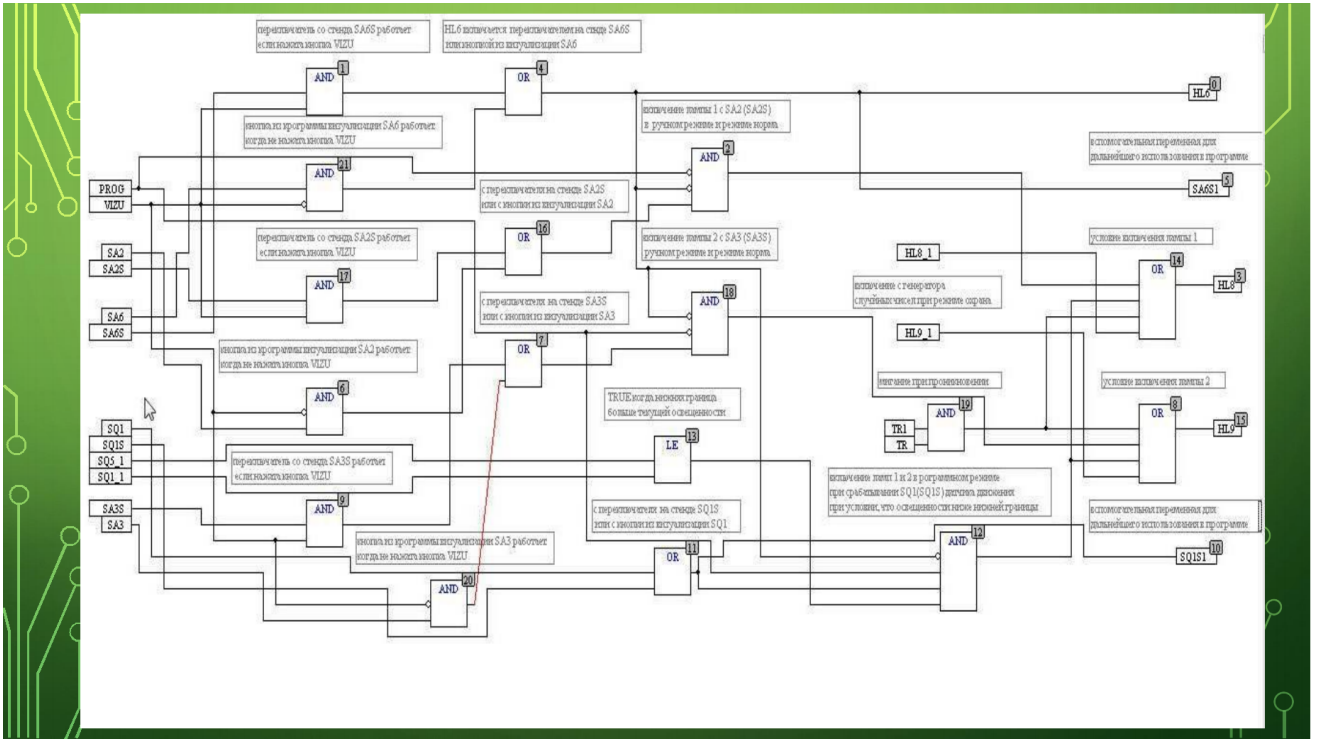
Загальний вигляд давача видимого світла «Agrosensor» серії OC100M



Загальний вигляд давача температури повітря фірми «Agrosensor» серія TA100M

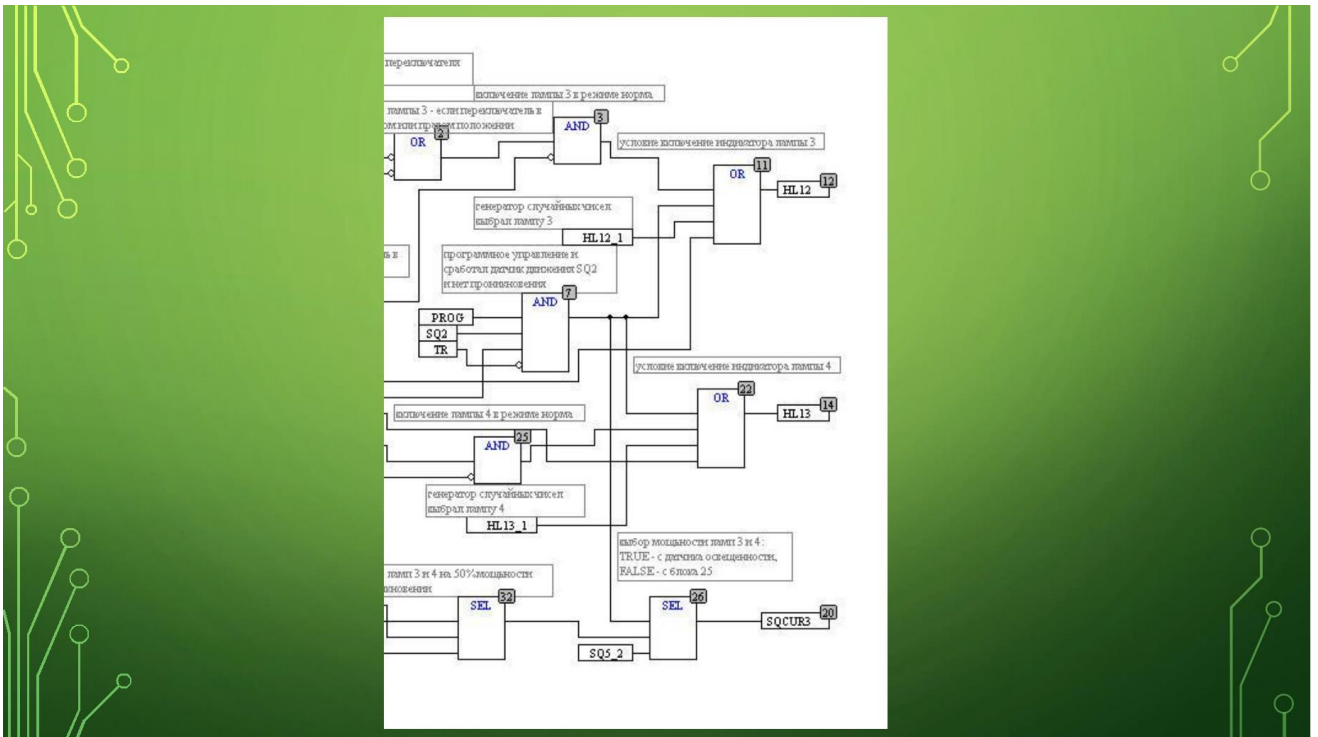
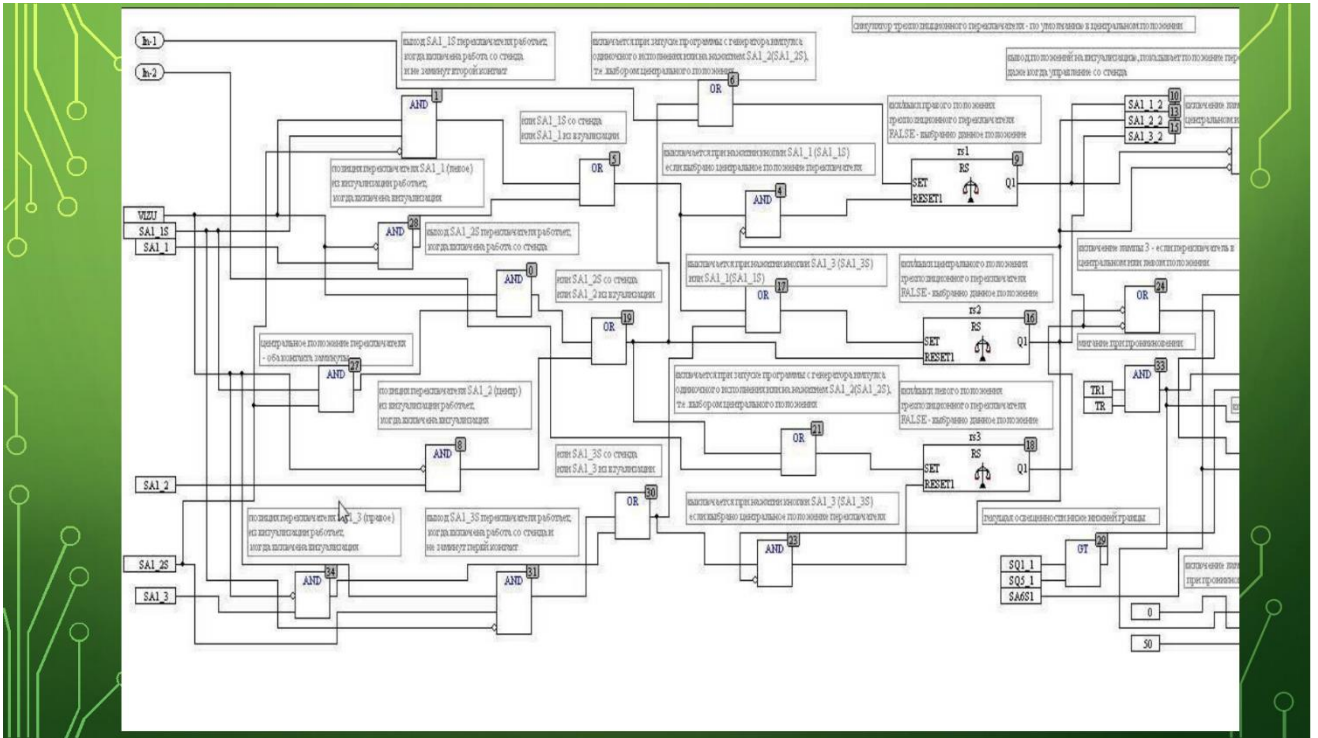


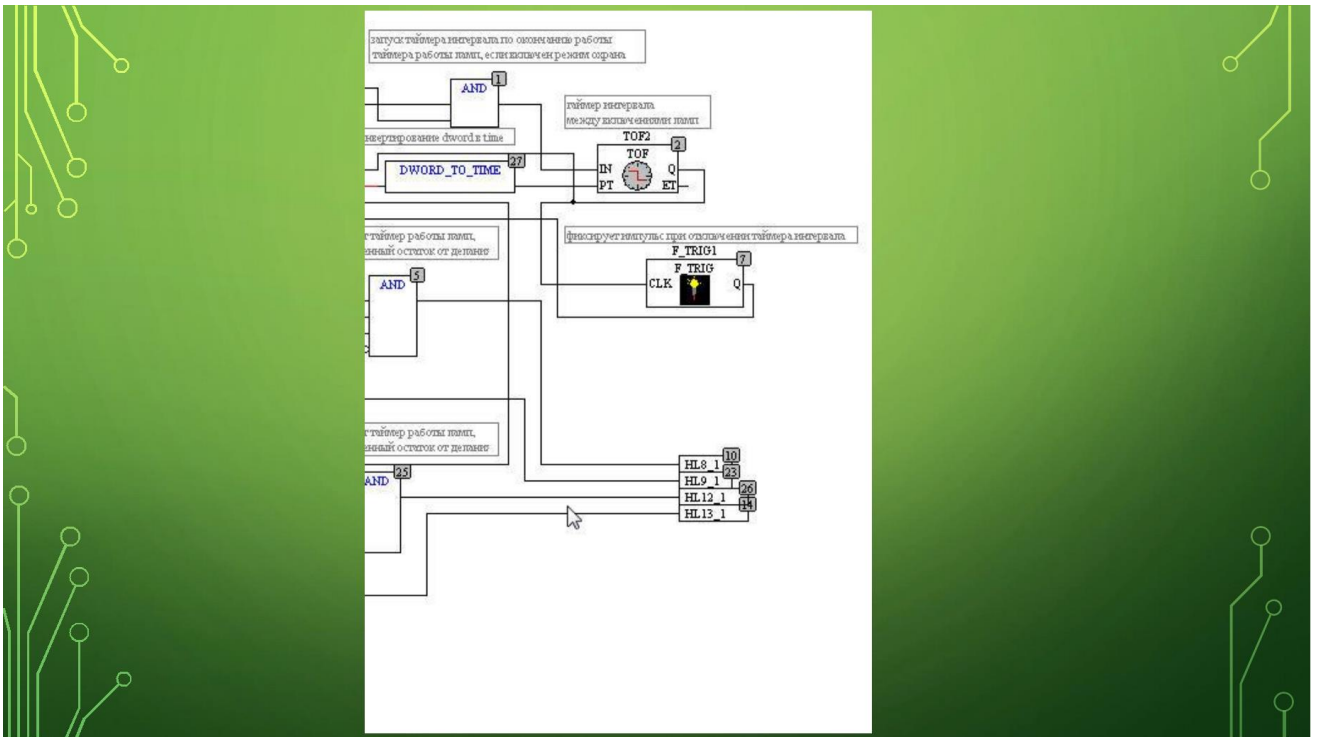
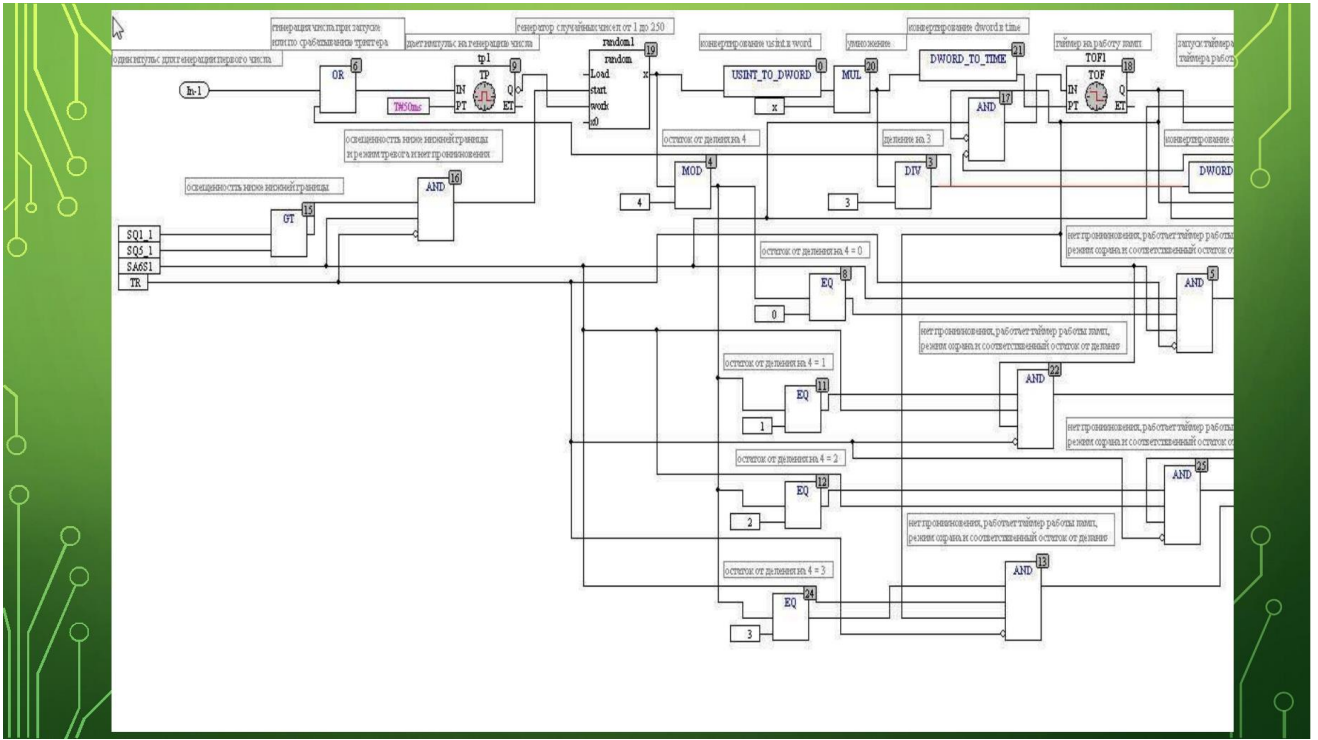


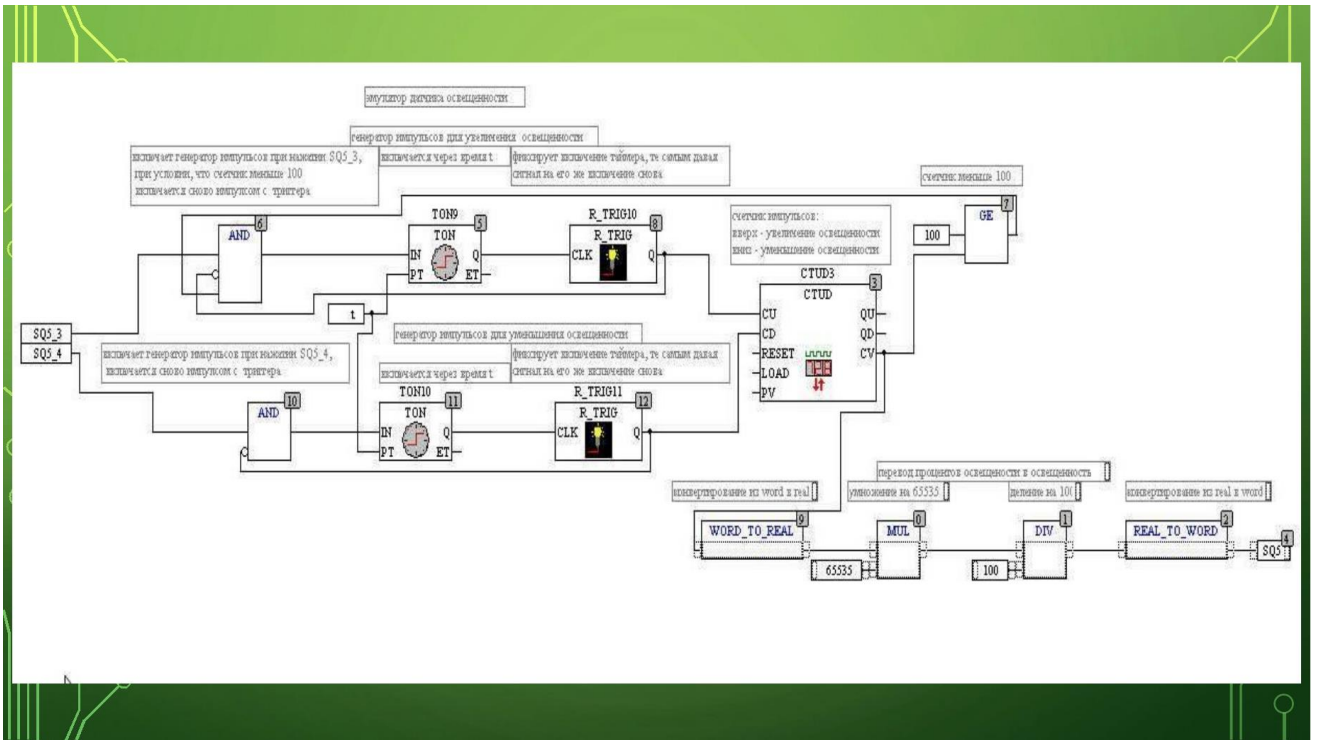












## Додаток Б

Таблиця Б.1 – Специфікація на конструкцію розробленого проекту

Назва	Кількість	Одиниці вимірювання
Перемикач двохпозиційний з фікс. (зелена), 1НО, LED 220В, Ø22 XB5AK123M5	1	шт.
Стандартний блок-контакт, НО ZBE101	5	шт.
Автомат. вимикач 10А GV2P14	1	шт.
Блок живлення 5А ABL8REM24050	1	шт.
Блок живлення 1,9А ABL7RM1202	1	шт.
Лампа 24В (зелена), Ø22 XB5AVB3	3	шт.
Лампа 24В (червона), Ø22 XB5AVB4	1	шт.
Лампа 220В (біла), Ø22 XB5AVM1	2	шт.
Лампа 220В (зелена), Ø22 XB5AVM3	2	шт.
Лампа 220В (біла), Ø22 XB5AV61	2	шт.
Неон. лампа BA9s, 220В DL1CF220	10	шт.
Кнопка без ф. (зелена), 1НО, Ø22 XB5AA31	2	шт.
Перемикач на 3 положення з фіксацією (чорна), 2НО, Ø22 XB5AJ33	1	шт.
Перемикач на 2 положення з фіксацією (чорна), 1НО, Ø22 XB5AD21	4	шт.
Перем. на 2 положення з фікс. (зелена), 1НО,1НЗ, LED 24В, Ø22 XB5AK123B5	1	шт.
Перем. на 2 положення з фікс. (червона), 1НО,1НЗ, LED 24В, Ø22 XB5AK124B5	1	шт.
Стандартний тримач 30x50 для маркування 18x27 ZBZ33	25	шт.
Маркування 18X27 ZBY5102	30	шт.
Клемні розніми AB1RRN435U4	6	шт.
Модуль CPU типу BC9120	1	шт.
Модуль вхідний дискретний KL1408	2	шт.
Модуль вхідний аналоговий KL3454	1	шт.
Модуль вихідний дискретний KL2408	1	шт.

Модуль вихідний релейний KM2604	1	шт.
Модуль вихідний димерний KL2751	2	шт.
Давач руху, 12В, реле Астра-9	2	шт.
Геркон Ю102-29 «Естет»	2	шт.
Давач освітленості ОС100М	1	шт.
Давач температури ТА100М	1	шт.
Давач вологості ВА100М	1	шт.
Кабель комп'ютер-розетка 220В, 3м	1	шт.
Патч-корд UTP 5е жовтий, 3м	1	шт.
Мережевий кабель FTP 5е 4х2	5	м
Клемні розніми ЗНИ-6	5	шт.
Клемні розніми ЗНИ-4PEN	10	шт.
Кабельний короб перфорований 25х25	4	м
Рейка DIN 125 см	1	шт.
Кабельний хомут 160х2,5	2	уп.
Кабельні наконечники-гільзи 0,8мм, E7508 (білі)	2	уп.
Кабельні наконечники-гільзи 1мм, E1008 (жовті)	2	уп.
Кабельні наконечники-гільзи 2х1мм,НГІ2 1,0-10 (жовті)	1	уп.
Наконечники кільцеві луж. 0,5-1,5, НКІ 1,25-3	1	уп.
Ізоляційна лента 0,18х9, чорна	1	шт.
Сигнальний кабель МКЭШ 2х0,75	10	м
Провід ПВЗ-1 (білий)	50	м
Провід ПВЗ-1 (чорний)	40	м
Провід ПВЗ-1 (жовто-зелений)	20	м

## Додаток В

УДК 681.5 Системи автоматизованого проектування та комп'ютерного моделювання

### **СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ІНЖЕНЕРНИМИ СИСТЕМАМИ ПРИМІЩЕННЯ**

Мельник Д.В.,  
Майдан П.С.

*Хмельницький національний університет*

Автоматика так званого «розумного» будинку виконує безліч різноманітних функцій, наприклад, керування опаленням, водопостачанням, освітленням, вентиляцією та кліматом, керування системою сигналізації та безпеки, керування системою віддаленого та візуалізованого керування будинку. Широкого застосування набувають, «мультируми» - системи для розподілу відео- чи аудіо-сигналу по приміщенню, якими можливо керувати з одного дистанційного пульта. Це лише мала частина функцій, які може виконувати, так званий, «розумний» будинок, функціональність якого може обмежуватись лише фантазією розробників та, відповідно, фінансовими можливостями власника, загалом відомо, що «розумний» будинок - дороге задоволення [1].

Розробляється проект «Система автоматичного керування інженерними системами приміщення», що демонструє частину функціональності, так званого, «розумного» будинку, а конкретно: керування освітленням, системою безпеки, захистом електропобутових приладів, а також здійснює моніторинг параметрів навколишнього середовища (таких як температура, освітленість, вологість).

Проект повинен давати можливість керування або безпосередньо із панелі керування, або із спеціалізованої віртуальної консолі програми візуалізації.

Проект розробляється на основі програмованого логічного контролера (ПЛК) на базі модуля CPU BECKHOFF BC9120 [2, 3]. Під час проектування вирішували наступні завдання:

- проектування структурної та принципової електричних схем, розробка конструкції та компоновання, підбір необхідної елементної бази, розрахунок споживання електричної енергії, розрахунок надійності та розробка керівної програми для ПЛК, а також налаштування та тестування роботи створеної програми.

Основною такого проекту є ПЛК, спеціалізований під завдання керування промисловими об'єктами. Блочно-модульна конструкція дасть нам змогу створити систему керування для конкретного об'єкта із мінімальними витратами. Така конструкція дасть можливість мати у своєму складі потрібні резерви апаратних чи програмних засобів, що в подальшому залишить нам можливість виконати модернізацію проекту за потреби.

Також дана структура проекту за допомогою додаткових модулів розширення дасть нам можливість створити розподілену систему керування із відстанню між розташуванням ПЛК або пристроями сполучення до 100 м та загальною відстанню до 2 км, що важливо як для створення великої «інтелектуальної» будівлі, або взагалі для будь-якої розподіленої автоматичної системи.

Контролер, в свою чергу, складається із: центрального процесора, який є базою для всього пристрою, для програмування CPU застосовується спеціалізоване програмне забезпечення BECKHOFF TwinCAT; для зв'язку контролера із об'єктами керування застосовуються вхідні та вихідні модулі. Вхідні модулі використовуються для прийому сигналів від об'єкта керування, у проекті будуть використовуватись два види вхідних модулів - аналогові та дискретні. Аналогові застосовуються для прийому сигналів у наступному вигляді: або – струм в діапазоні 4-20 мА чи 0-20 мА або напруга в діапазоні 0-10 В від аналогових давачів та ввід їх у контролер із 16-бітною роздільною здатністю, відповідно у програмі аналоговий сигнал буде відображатись як двійкове слово заданої довжини [3, 4].

Дискретні модулі будуть отримувати сигнали з обладнання (кнопки, давачі тощо) у вигляді постійної напруги 24 В – логічна «1» та «0» - логічний нуль або постійної напруги 12 В – логічна «1». Сигнали із вхідного модуля для робочої програми є окремими бітами, що матимуть певну власну адресу. Вихідні модулі дискретних сигналів призначені для видачі на виконавчі пристрої відповідної напруги для роботи відповідно до програми роботи.

У даному проєкті будуть використовуватись 3 види вихідних модулів. Дискретні вихідні модулі застосовуються для видачі постійної напруги 24 В на струм 30 мА на кожен канал, що використовується. Релейні виходи застосовуються для безпосереднього під'єднання пристроїв із великим споживанням енергії, оскільки можуть комутувати змінну напругу приблизно в 230 В зі струмом в 16 А. Вихідні модулі диммери використовують для плавного регулювання потужності, що подається на пристрій, та перетворюють 12-ти бітову програмну змінну в потужність, що видається на підключений вихід. Сигнали для вихідних модулів у програмі, що розробляється, адресуються аналогічно сигналам із вхідних модулів.

Розробка виконується із декількох причин.

1. У зв'язку з появою на ринку нових ПЛК, а отже і нових програмних продуктів для роботи із ними, виникла потреба в навчанні кваліфікованих фахівців для роботи з новими ПЛК та відповідно із новими програмами.

2. У зв'язку зі зростаючою популярністю та актуальністю «розумних» будинків та так званих, «інтелектуальних» будівель.

Розробка проєкту, в свою чергу, переслідує декілька цілей:

- продемонструвати можливості ПЛК та роботу автоматики загалом;
- допомогти засвоїти мови програмування зі стандарту MEK 61131-3;
- навчити здобувачів працювати із ПЛК BECKHOFF, а також із програмним забезпеченням для роботи з ними TwinCAT [3, 4];
- підвищити якість освіти.

Ретельний підбір елементної бази та вибір блочно-модульного ПЛК як бази для проєкту дасть нам можливість створити його із необхідним програмно-апаратним запасом та при мінімальних фінансових затратах.

Наступним кроком буде написання програму керування системами автоматичного керування інженерними системами приміщень. Програма повинна бути написана на SFC - одній з мов стандарту MEK 61131-3. Програма надасть можливість керування інженерними системами приміщень або безпосередньо із панелі керування, або із віртуальної консолі програми візуалізації.

Крім того створюваний проєкт, повинен демонструвати частину функціональності «розумного» будинку, а саме: керування освітленням, системою безпеки та захистом побутових електропобутових приладів, а також здійснювати моніторинг параметрів навколишнього середовища (температура, вологість та освітленість).

#### Перелік посилань

1. Кращі системи «Розумний будинок» по виробниках 2022 року. ТОП 5 надійних та якісних систем «Розумний будинок» рейтингу – Режим доступу: <https://vencon.ua/ua/articles/rejting-sistem-umnyy-dom-po-proizvoditelyam>
2. BC9120 | Ethernet TCP/IP Economy plus Bus Terminal Controller - Режим доступу: <https://www.beckhoff.com/en-en/products/i-o/bus-terminals/bcxxx-bxxxx-controller/bc9120.html>
3. BC9120 BECKHOFF - Режим доступу: <https://plc-trade.com/mpn/bc9120/>
4. TwinCAT automation software - Режим доступу: <https://www.beckhoff.com/en-en/products/automation/twincat/>

## Anti-Plagiarism v-15.257

Максимальне співпадіння з одним документом 0.0%

Словники перевірки: en\_US, ru\_RU, ua\_UA. Помилки в документах: 13%

ID: 109314 Назва: МКР Метод керування інженерними системами приміщення Додано в БД: 2022-12-10 Автора: Мельник Д. В. Керівники: Майдан П.С., к.т.н., доцент Консультанти: Опоненти:	Документ		Сумарний збіг по Базі Даних	
	Символи	Лексеми	Символи	Лексеми
	81665	793	1174 (1%)	12 (2%)

### Джерело плагіату

ID	Опис	Наявність плагіату в документі	
		Символи	Лексеми



Ім'я користувача:  
Кафедра АКІТІТК

ID перевірки:  
1013236940

Дата перевірки:  
08.12.2022 09:58:51 EET

Тип перевірки:  
Doc vs Internet

Дата звіту:  
08.12.2022 10:04:53 EET

ID користувача:  
100005862

Назва документа: Мельник антиплагіат

Кількість сторінок: 78 Кількість слів: 12224 Кількість символів: 87404 Розмір файлу: 4.85 MB ID файлу: 1012996663

Виявлено модифікації тексту (можуть впливати на відсоток схожості)

**8.38%**  
**Схожість**

Найбільша схожість: 8.12% з Інтернет-джерелом ([http://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/11b/29745/1/Diplom\\_Onyschuk\\_Slip](http://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/11b/29745/1/Diplom_Onyschuk_Slip)).

8.38% Джерела з Інтернету

69

Сторінка 80

Пошук збігів з Бібліотекою не проводився

**3.93% Цитат**

Цитати

4

Сторінка 81

Не знайдено жодних посилань

**0%**  
**Вилучень**

Немає вилучених джерел

**Модифікації**

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Замінені символи

27

Підозріле форматування

12  
сторінок

РІШЕННЯ КАФЕДРИ

**АВТОМАТИЗАЦІЇ, КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ**

ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Підтверджуємо ознайомлення з результатом звіту подібності щодо роботи, генерованого системою виявлення текстових збігів/ідентичності/схожості:

Назва: Метод керування інженерними системами приміщення

Автор: Мельник Дмитро Володимирович

Спеціальність: **151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології**

Освітня програма: Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Науковий керівник: **к.т.н, доц. Майдан Павло Сергійович**

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом (далі – зазначаються підстави віднесення запозичень до правомірних). Робота приймається до захисту.	<b><u>Відповідає</u></b>
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи (далі – зазначаються детальні та аргументовані підстави віднесення запозичень до правомірних). Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована. Відкоригований варіант має бути поданий на кафедру за 2 дні до захисту, разом із заявою щодо самостійності виконання письмової роботи та ідентичності друкованої та електронної версії роботи	
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. В зв'язку з цим мета роботи та поставлені завдання не були досягнені. Робота може бути допущена до захисту (наступного року) після того як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	
5	Інше:	

Підтвердження: Запозичення у розмірі 8,38%, виявлені в роботі відповідають тексту стандартних бланків та списку літератури, решта запозичень є випадковими, або на них є посилання, тому ці запозичення не є плагіатом, бо вони не стосуються наукової новизни і практичної значущості роботи.

09.12.2022 р.

Науковий керівник роботи:

Зав. каф. АКІТіТК



Майдан П.С.

Мартинюк В.В.

**Рецензія**  
**опонента на кваліфікаційну роботу магістра виконану за темою «Метод**  
**керування інженерними системами приміщення»**  
**студента групи АКІТм-21-1 Мельника Дмитра Володимировича**

У кваліфікаційній роботі магістра студента Мельника Д.В. проведено проектування та розробку систем автоматичного керування (САК) інженерними системами приміщень (ІСП) на базі модуля фірми BECKHOFF BC9120.

В результаті проведено аналітичного огляду було підібрано необхідну елементну базу для проекту. А саме, підібрано необхідні керуючі модулі: модуль введення KL1408, аналоговий модуль введення-виведення KL3454, модуль дискретних вихідних сигналів KL2408, модуль КМ2604, модуль диммування KL2751 та модуль CPU BC9120, підібрано необхідні давачі сигналів для автоматизації системи: для детектування руху обрано сповіщувач охоронний об'ємний оптико-електронний ІО 409-22 «Астра-9», геркони - сповіщувачі охоронні точкові з магнітними контактами ІО 102-29 «ЕСТЕТ», для визначення освітленості обрано давачі видимого світла фірми «Agrosensor» серії ОС100М, для контролювання температури повітря обрано давачі серії - ТА100, для відносної вологості - ВА100М, крім того підібрано джерела живлення для проекту - імпульсний блок живлення фірми Schneider Electric ABL8REM24050.

Було розроблено структурну схему проекту, а на її основі створено принципову електричну схему САК ІСП. Розроблено програму керування САК ІСП на основі мови програмування CoDeSys. Програма написана на CFC - одній з мов стандарту MEK 61131-3. Програма надає можливість керування або безпосередньо з панелі керування, або з віртуальної консолі програми візуалізації. Розписано візуалізацію САК ІСП та загальну конструкцію проекту.

Розроблено проєкт, що демонструє частину функціональності «розумного» будинку, а саме: керування освітленням, системою безпеки та захистом побутових електропобутових приладів, а також здійснює моніторинг параметрів навколишнього середовища (температура, вологість та освітленість).

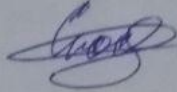
В цілому кваліфікаційна робота магістра «Метод керування інженерними системами приміщення» виконано на високому технічному рівні, вона має

безперечну актуальність в області сучасних технологій автоматизації, а студент Мельник Д.В. заслуговує оцінку «добре».

**Опонент:**

канд. техн. наук, доц.

кафедри будівництва та цивільної безпеки



Юлія Соколан

Завідувачу кафедри АКІТ  
д-ру техн.наук, проф. Мартинюку В.В.

Мельника Дмитра Володимировича  
ПІБ здобувача вищої освіти

ФІТ, 2 курсу, групи АКІТм-21-1

### ЗАЯВА

З правилами чинного Положення «Про дотримання академічної доброчесності в Хмельницькому національному університеті» від 26.09.2022 (зі змінами від 26.11.2022), згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений (а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на наявність плагіату ознайомлений(а) та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (Unicheck та Anti-Plagiarism) та використання роботи для виявлення плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота для перевірки університетом надається в друкованому та електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

05.12.2022

дата

  
\_\_\_\_\_

підпис