

# ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломної роботи

**магістра**

(освітній рівень)

на тему: *Розробка лабораторного навчально-демонстраційного стенду для автоматизованого управління інженерними системами житлового приміщення (комплексна)*

Виконали: студенти 6 курсу, групи КАм-61

спеціальності

151

*Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології*

(шифр і назва спеціальності)

Сліпенко М.В.

Онищук В.М.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Шкодзінський О.К.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Козбур І.Р.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

Стухляк П.Д.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

## **Анотація**

Мета проекту - проектування учбово-демонстраційного стенду в рамках теми «Розробка лабораторного навчально-демонстраційного стенду для автоматизованого управління інженерними системами житлового приміщення»

Засоби розробки - середовище програмування «TwinCAT» компанії «BECKHOFF».

Призначення проекту - підвищення рівня і якості освіти, навчання студентів роботі з промисловими котролерами «BECKHOFF» і у середовищі для їх програмування «TwinCAT», сприяння освоєнню мов стандарту IEC 61131-3, демонстрація можливостей контролерів та автоматики у дії.

Сфера застосування - сфера освіти

## **Annotation**

The project purpose is development of the educational and demonstration stand "Development of laboratory training and demonstration stand for automated control of engineering systems of living quarters"

Development tools – «TwinCAT» from «BECKHOFF».

Project assignment - raising of level and quality of derivation, training of students to operation with industrial «BECKHOFF's» controllers and the software for their programming «TwinCAT», the help in learning of languages of standard IEC 61131-3, demonstration of possibilities of controllers and automation in action.

The area of application of stand is education sphere.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА.....	8
1.1. Загальні поняття та визначення.....	8
1.2. Платформи для побудови систем «розумний дім».....	10
1.3. Концепція «розумного будинку».....	14
1.4. Висновки по розділу 1.....	15
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	17
2.1 Основні функції систем «розумного будинку».....	17
2.1.1. Керування освітленням.....	17
2.1.2. Керування мікрокліматом.....	18
2.1.3. Робота жалюзей.....	19
2.1.4. Охоронно-пожежна сигналізація.....	19
2.1.5. Система відеоспостереження.....	20
2.1.6. Аварійні ситуації.....	20
2.1.7. Управління аудіо- та відеотехнікою.....	20
2.1.8. Присадибна територія.....	20
2.1.9. Ефект присутності.....	21
2.2. Структура програмного забезпечення системи «розумний дім»..	21
2.2.1. Структура підсистеми User Client Application.....	22
2.2.2. Структура підсистеми System Control Server.....	23
2.2.3. Структура підсистеми Hardware Control Facade.....	24
2.3. Апаратна структура системи «розумний дім».....	24
2.4. UML-діаграми.....	25
2.5. Економічний бік питання вибору функцій «розумного дому»...	26
2.6. Висновки по розділу 2.....	27

3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА.....	29
3.1 Вибір датчиків.....	29
3.2. Розрахунок та вибір джерел живлення.....	37
3.3. Розробка принципової схеми САУ інженерними системами.....	38
3.4. Опис конструкції САУ інженерними системами (учбово- демонстраційний стенд).....	42
3.5. Розрахунок надійності.....	49
3.6. Висновки по розділу 3.....	49
4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА.....	50
4.1 Порівняльний аналіз вхідних модулів.....	50
4.2. Порівняльний аналіз вихідних модулів.....	55
4.3. Вибір типу конфігурації процесорного модуля.....	60
4.4. Висновки по розділу 4.....	64
5 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА.....	65
5.1. Методи організації каналів вводу-виводу.....	65
5.2. Структура контролера на основі блоку «BC9120».....	66
5.3. Структура середовища програмування.....	67
5.4. Опис середовища програмування.....	69
5.5. Опис роботи САУ інженерними системами приміщення.....	72
5.6. Програма управління САУ інженерними системами .....	74
5.7. Програма візуалізації САУ інженерними системами.....	78
5.8. Висновки по розділу 5.....	79
6 ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ.....	80
6.1. Складання плану-графіку на розробку.....	80
6.2. Складання кошторису витрат на розробку.....	81
6.2.1 Матеріальні витрати.....	82
6.2.2 Витрати на оплату праці.....	84
6.2.3 Обов'язкові відрахування до позабюджетних фондів.....	86
6.2.4 Амортизація основних фондів.....	86
6.3. Висновок по розділу.....	87

7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	89
7.1. Шкідливі чинники для користувачів системи при роботі з ПЕОМ.....	92
7.2. Аналіз інформаційних технологій з точки зору охорони праці та її оздоровлення.....	97
7.3. Забезпечення пожежної безпеки при експлуатації проєктованого об'єкту.....	99
8. ЕКОЛОГІЯ.....	102
8.1. Актуальність охорони навколишнього середовища.....	102
8.2. Джерела забруднення атмосфери.....	
ВИСНОВКИ.....	109
БІБЛІОГРАФІЯ.....	110
ДОДАТКИ.....	

## ВСТУП

На сьогоднішній день стала досить актуальною проблема розробки, проектування та створення «розумних» будівель. Розумні будівлі допомагають ефективніше і економічніше використовувати енергетичні ресурси (природний газ, електроенергію), воду. Інтелектуальні будівлі роблять життя комфортнішим, безпечнішим, крім того вони слугують підтвердженням статусу особи яка таким володіє.

Автоматика «розумного» будинку виконує безліч різноманітних функцій, таких як управління освітленням, опалюванням, водопостачанням, вентиляцією і кліматом, управління системою безпеки і сигналізації, управління системою візуалізованого та віддаленого керування. Останнім часом стають популярними, так звані, «Мультируми» - системи розподілу відео- і аудіосигналу по приміщенню, які управляються з одного дистанційного пульта. Це лише частина функцій, які може виконувати "розумний" будинок, функціональність його обмежується лише фантазією розробників і фінансовими можливостями замовника, загалом, «розумний» будинок - дороге задоволення і далеко не кожен може дозволити собі мешкати у такому будинку.

У дипломній роботі розробляється учбово-демонстраційний стенд «Система автоматичного управління інженерними системами приміщення», який демонструє частину функціональності «розумного» будинку, а саме: управління освітленням, захистом побутових електропобутових приладів, системою безпеки, а також здійснює моніторинг параметрів довкілля (освітленість, температура, вологість).

Стенд дає можливість керування або безпосередньо з панелі управління, або з віртуальної консолі програми візуалізації.

За умовою завдання, учбово-демонстраційний стенд проектується на основі промислового контролера на основі модуля CPU «BECKHOFF BC9120».

При проектуванні стенду вирішувалися наступні завдання:

Технічна - здійснено проектування структурної і принципової електричної схеми стенду, розроблено конструкцію і компонування стенду, підібрано необхідну елементну базу, проведено розрахунки споживання електричної

енергії та надійності, розроблено програми керування для контролера, а також проведено відлагодження і тестування роботи цих програм.

Економічна – зроблено розрахунок вартості стенду, проведено складання часового плану-графіка робіт.

Основою цього стенду є контролер, який за своєю сутністю є ЕОМ, що спеціалізована під завдання керування промисловими об'єктами. Блоково-модульна конструкція контролера дозволяє створювати систему управління для конкретного об'єкту з мінімальними витратами. Ця конструкція дозволяє мати у своєму складі необхідні резерви апаратних і програмних засобів, що надалі дозволить за необхідності проводити модернізацію стенду. Також така конструкція за допомогою додаткових модулів розширення дозволяє створити розподілену систему з відстанню між контролерами або пристроями сполучення до 100м і загальною протяжністю до 2 км, що важливо як для розробки великої інтелектуальної будівлі, так і взагалі будь-якої розподіленої автоматичної системи. Контролер складається з: центрального процесора, який є основою усього пристрою, для програмування CPU використовується спеціалізоване програмне забезпечення «ВЕСКНОFF» «TwinCAT»; для зв'язку контролера з керованими об'єктами до його складу входять вхідні і вихідні модулі. Вхідні модулі служать для прийняття сигналів від об'єкту керування, у дипломній роботі застосовується два види вхідних модулів - аналогові і дискретні. Аналогові служать для прийняття сигналів у виді струму 4...20 мА, 0...20 мА або напруги 0...10В від аналогових датчиків і введення їх в контролер з 16-ти бітовою роздільною здатністю, у програмі аналоговий сигнал - двійкове слово заданої довжини. Дискретні модулі отримують сигнали від устаткування (датчики, кнопки тощо) у вигляді напруги 24 В DC – «1» чи «0» – 0 В або 12В DC – «1» чи «0» – 0 В. Сигнали вхідного модуля для робочої програми є окремими бітами що мають певну адресу. Вихідні модулі дискретних сигналів призначені для видачі на виконавчі пристрої відповідної напруги для їх роботи згідно роботи програми керування.

У даній дипломній роботі використовувалися три види вихідних модулів. Дискретні вихідні модулі служать для видачі сигналів напругою 24 В DC зі

струмом 30 мА на канал. Релейні виходи служать для безпосереднього підключення пристроїв з великим споживанням енергії, оскільки можуть комутувати напругу  $\sim 230$  В із струмом до 16 А. Вихідні модулі дімери призначені для плавного регулювання потужності, що подається на пристрій, перетворюють 12-ти бітову програмну змінну у потужність, що видається на виході. Сигнали для вихідних модулів у програмі адресуються аналогічно до сигналів із вхідних модулів.

Наукова новизна отриманих результатів: проведено аналіз функцій, що покладаються на систему керування інженерними системами будівлі та обрано найуживаніші для подальшої розробки у вигляді лабораторного стенду; проведено порівняльний аналіз середовищ програмування та від лагодження програм для ПЛК.

Практичне значення отриманих результатів: розроблено технічну документацію для виготовлення лабораторного стенду. Створено відповідне програмне забезпечення. Проведено техніко-економічне обґрунтування та розрахунок затрат на розробку та виготовлення стенду.

Апробація: окремі результати роботи доповідались на VIII-ій науково-технічній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій», Тернопіль, ТНТУ, 27-28 листопада 2019 р.



# 1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

## 1.1. Загальні поняття та визначення

Розумний дім — житловий будинок сучасного типу, організований для зручності проживання мешканців за допомогою високотехнологічних пристроїв. Електронні побутові прилади в розумному будинку можуть бути об'єднані в домашню «Universal Plug'n'Play»-мережу з можливістю виходу у мережі загального користування.

Поняття «розумний дім» було сформульоване Інститутом інтелектуальних будівель (*Intelligent Building Institute*) у Вашингтоні у 1970-х роках і під цим поняттям мала на увазі «Будівля, що забезпечує продуктивне і ефективне використання робочого простору...»[1].

Слід розрізнити поняття «розумний дім» і «системи життєзабезпечення». Окремі системи життєзабезпечення (опалення, освітлення, вентиляції, охорони тощо) оснащуються лише необхідними інтерфейсами керування і контролю. Концепція «Системи інтелектуального управління будівлею» передбачає новий підхід в організації життєзабезпечення будівлі, при якому за рахунок комплексу програмно-апаратних засобів значно зростає ефективність функціонування і надійність управління всіх систем експлуатації і виконавчих пристроїв будівлі.

Основною особливістю інтелектуальної будівлі є об'єднання окремих підсистем різних виробників в єдиний керований комплекс.

Під «розумною будівлею» (англ. *intelligent building*) чи «розумним домом» (англ. *smart house*) слід розуміти систему, яка повинна вміти розпізнавати конкретні ситуації, що виникають у будівлі, та відповідним чином на них реагувати: одна із систем може управляти поведінкою інших за наперед виробленими алгоритмами.

«Розумний дім» у первісному розумінні означає «будівлю, готову до змін» або «адаптивну (гнучка) будівлю», інженерні системи якої здатні забезпечити адаптацію до можливих змін у майбутньому.

Будівлю проектують так, щоб усі її системи керування могли інтегруватися одна з одною з мінімальними витратами, а їх обслуговування було б

організоване оптимальним чином. Проект передбачає обов'язкову можливість нарощувати і видозмінювати конфігурації інстальованих систем.

У подальшому будівлі отримають «штучний інтелект». Тоді обґрунтовано можна буде називати їх інтелектуальними. Системи зможуть відслідковувати роботу і стан всього оснащення будівлі, включаючи огорожувальні конструкції, і самостійно приймати рішення за постійно перемінних умов.

Під терміном «розумний дім» зазвичай мають на увазі інтеграцію у єдину систему керування будівлею перелічених нижче систем:

- \* систему опалення, вентиляції і кондиціонування повітря;
- \* охоронно-пожежну сигналізацію, систему контролю доступу до приміщень, контроль протікань води, пропускань газу;
- \* систему відеоспостереження;
- \* мережі зв'язку (у тому числі телебачення, локальна мережа будівлі, доступ до Інтернету тощо);
- \* систему внутрішнього та зовнішнього освітлення;
- \* систему електроживлення будівлі (блоки автоматичного уведення резерву, промислові джерела безперебійного живлення, дизель-генератори тощо);
- \* механізацію будівлі (відкривання/закривання воріт, шлагбаумів, електропідігрівання ступеней тощо);
- \* управління з одного місця аудіо-, відеотехнікою, домашнім кінотеатром, мультимедією;
- \* телеметрію — віддалене слідкування за системами та основними параметрами;
- \* IP-моніторинг об'єкта — віддалене керування системами через мережу;
- \* GSM-моніторинг — віддалене інформування про інциденти у будинку (квартирі, офісі, об'єкті) та управління системами будинку через мобільний телефон (у деяких системах при цьому можна отримувати голосові інструкції по запланованих керувальних впливах, а також голосові звіти по результатах виконання дій).

На сьогоднішній день технології дозволяють будувати домашню автоматизацію покомпонентно - обрати лише ті функції розумного будинку, у

яких дійсно є потреба. Модульна структура дозволяє створювати системи відносно невисокої вартості, з гарантією 100% використання закладених функцій.

У 1995 році розробники технологій «Java» передбачали одним з основних призначень для цієї технології збільшення інтелекту побутових приладів — наприклад, холодильник сам буде замовляти продукти з магазину. Промислово ця ідея уже почала розвиватись такими компаніями, як «Miele» і «Siemens», які випускають побутову техніку з можливістю її інтеграції у «розумний дім». Правда, ці рішення ґрунтуються на QNX, а не на «Java».

А ось функція вимкнути все світло однією кнопкою, як і можливість вмикати і вимикати його з різних місць, сьогодні активно реалізується майже у всіх проектах домашньої автоматизації.

Розумний будинок як домашня автоматизація розвивається у всьому світі, хоча технології та системи, які використовуються в Україні, розроблені та виготовлені переважно в Європі, США і Китаї. Основна відмінність бачиться скоріше у призначенні та у підходах інсталяторів (інтеграторів).

У Європі проекти автоматизації приватних будинків і квартир переважно готує сам розробник і виробник систем, інсталяторам же відводиться роль фактично звичайних, але кваліфікованих монтажників, що працюють строго за заданою схемою. В Україні інсталятори (інтегратори) займаються також проектуванням систем, вибором обладнання, розробкою програмного забезпечення та обслуговуванням і модернізацією.

## **1.2. Платформи для побудови систем «розумний дім»**

C-Bus (protocol) — протокол для домашньої автоматизації, а також автоматизації будівель, спортивних споруд тощо від компанії «Schneider Electric»[2]. «C-Bus» — це система з розподіленим інтелектом (без центрального процесора), що використовує кабель 5-категорії (Cat.5), довжина якого в одному сегменті може становити 1000 м. Таких сегментів в одну систему можна об'єднувати до 255. У мережі використовується напруга 36 В змінного струму. Протокол «C-Bus» використовується в Австралії, Новій Зеландії, Азії, на Близькому Сході, США, Південній Африці, Великій Британії та інших країнах

Європи. У США «C-Bus» представлений під маркою «SquareD Clipsal». Протокол «C-Bus» було створено компанією «Clipsal Integrated Systems» для використання у системах домашньої автоматизації та системах керування освітленням будівель.

LCN - система автоматизації як для домашньої так і для промислової автоматизації від німецької компанії «ISSENDORFF KG» (Ганновер)[3]. Повністю розподілений інтелект. Як середовище передавання використовується звичайний електричний провідник з перетином жил 1,5 або 2,5 мм<sup>2</sup>. Реалізується керування практично будь-яким обладнанням.

iRidium Mobile — програмний комплекс для керування системами розумний дім з мобільних пристроїв iPhone, iPad, iPod touch та будь-яких пристроїв під управлінням «Windows XP/7», «Windows mobile/Сe»[4] і вище.

LanDrive2 — одна з найдоступніших на сьогоднішній день платформ для побудови шинних розподілених систем керування внутрішнім та вуличним освітленням, силовими навантаженнями, електроприладами, а також такими системами, як опалення, кондиціонування, вентиляція, охоронна сигналізація, контроль доступу та виявлення протікання води[5]. Також можливе управління аудіо- та відеотехнікою, домашніми кінотеатрами, жалюзі, ролетами, шторами, воротами, насосами, двигунами. В основному орієнтована на застосування у складі «розумного будинку», але останнім часом все частіше застосовується в системах обліку і заощадження енергоресурсів, контролю доступу, охоронно-пожежних системах

CAME Home Automation — система домашньої автоматизації з розподіленим інтелектом, яка використовує закритий протокол передачі даних. У ролі шини використовується стандартна скручена пара UTP. Реалізується управління освітленням, домашньою автоматикою, кондиціонуванням, опаленням, інженерною та охоронною сигналізацією, домофоном. Основні мотиви вибору даної системи - низька вартість устаткування, простота монтажу і пуско-налагодження. Система сумісна з будь-якими типами електроустановочних виробів[6].

MyHome SCS – це легко інтегрована система автоматизації. Протокол OpenWebNet, розроблений спеціалістами групи «Legrand», є загальнодоступним, що дозволяє інтегрувати у систему виробу від інших виробників, що використовують власну систему керування[7].

Також у системі «MyHOME» використовується мережевий протокол TCP/IP. За його допомогою можна легко розширити та комбінувати систему, додаючи контроль з планшетів, смартфонів, ПК та інших пристроїв.

UBI (Універсальний шинний інтерфейс) забезпечує комбіновану передачу витою парю (UTP, FTP) сигналів керування розумним будинком, сигналів Ethernet (комп'ютерна мережа, цифрове відеоспостереження, цифрове телебачення і телефонія, Інтернет). Будується на концепції взаємодії відкритих систем на базі міжнародної багаторівневої моделі ISO OSI. В майбутньому усі будівлі стануть інтелектуальними і будуть об'єднуватись між собою і на думку провідних спеціалістів, модель взаємодії відкритих систем OSI ідеально підходить для об'єднання в одне ціле рішень і технологій різних виробників електронного обладнання, чи то електроніка пральної машини, домашнього кінотеатру, системи вентиляції будівлі чи легкового автомобіля. Уже зараз багато виробників (наприклад, «Legrand») обладнання для інженерних мереж інтелектуальних будівель прикладають значні зусилля для уніфікації кабельних систем під різні технології і різне призначення. У зв'язку з цим введено поняття «Оптимальних мереж». У правильно спроектованому інтелектуальному будинку структуровані кабельні системи і устаткування автоматизації будівлі не залежать одне від одного. Кінцевому користувачеві не потрібно піклуватися про те, щоб в конкретному місці була телевізійна розетка або телефонна. Кабельні системи універсальні і уніфіковані. Тобто призначення для розетки можна придумати потім. Також потім можна вибрати і кінцеву реалізацію системи автоматизації (чи то EIB, C-BUS, X-10 чи щось інше). Існують і набувають поширення технології динамічного керованого «перемикача» призначення кінцевих точок підключення (наприклад, розеток). За частки секунди телефонна розетка перетворюється на телевізійну. Користувачу лише залишається переувімкнути

сполучні кабелі в інше кінцеве обладнання (поміняти телефонний патч-корд на телевізійний).

Helvar — для систем керування освітленням використовує протокол DALI і DSI[8].

AMX — система домашньої автоматизації однойменної компанії. Є централізованою системою із закритими протоколами. Із самого початку застосовувались власні шини передавання даних. Нові лінійки обладнання AMX використовують для передачі стандартні протоколи «Ethernet», «Wi-Fi» та «Zigbee». Має шлюзи для спраження з іншими системами (EIB, LON та ін.)[9].

Crestron — протокол керування системами автоматизації і мультимедійними системами. Розроблений компанією «Crestron» (США). Протокол є закритим і є основним конкурентом AMX (США)[10].

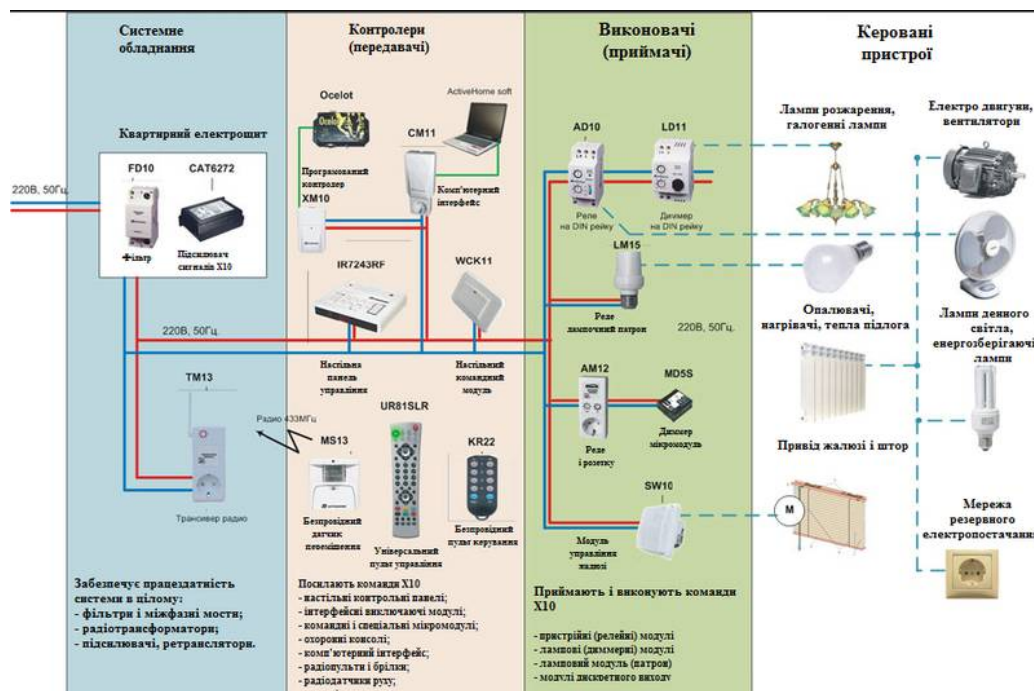


Рисунок 1.1. Приклад побудови «розумного дому» на базі технології X10

X10 — протокол керування електроприладами. Сигнал передається електричними проводами або у радіодіапазоні. Недоліки — низька швидкість передавання інформації і слабка завадозахищеність, існує проблема хибного спрацьовування, відсутній зворотний зв'язок приймача з передавачем, можливими є конфлікти пристроїв X10 різних виробників та несанкціонований доступ до пристроїв X10 через електромережу[11].

Z-wave запатентований безпроводний протокол зв'язку, розроблений для домашньої автоматизації, зокрема для контролю та керування на житлових і комерційних об'єктах. Технологія використовує малопотужні і мініатюрні радіочастотні модулі, які вмонтовуються у побутову електроніку та інші пристрої чи системи, такі як освітлення, опалення, системи контролю доступу, розважальні системи, побутова техніка[12].

LUXOR — система локального керування освітленням та кліматом із закритим протоколом від виробника «Theben AG». Використовується звичайний електричний кабель та електроарматура. Система характеризується низькою вартістю, простотою у монтажі та пусконаладженні. Система є сумісною з будь-якими типами електроустаткування[13].

Smart-BUS G4 — шина і протокол, розроблені американською компанією «Smart Industry Group». Дана система «розумний дім» будується на витій парі, має практично повний функціональний набір і є ідеальною за поєднаннями ціна-якість[14].

ONE-NET - відкритий протокол безпроводної мережі передавання даних, розроблений для задач автоматизації будівель та керування розподіленими об'єктами.

DOMINTELL - централізована система домашньої, офісної і готельної автоматизації. Використовує інтерфейс RS485 для обміну даними між модулями. Має шлюзи Ethernet TCP, UDP, RS232, B&O, DMX (керування світлом). Відкрита система команд керування "Light Protocol"[15].

### **1.3. Концепція «розумного будинку»**

Поняття «розумний дім» означає, що будівля повинна бути спроектована так, що всі сервіси могли б інтегруватися один з одним з мінімальними витратами (з точки зору фінансів, часу і трудомісткості), а їх обслуговування було б організовано оптимальним чином[11].

Існує два різних принципи побудови такого роду систем: централізована (наприклад, ІНС від «Lexe1») і децентралізована на основі інсталяційної шини (EIB, «LonWork», «Crastron» тощо).

Не зважаючи на різні підходи до побудови системи інтелектуальної будівлі, вона повинна відповідати такі положенням:

- створення інтегрованої системи управління будівлею - системи з можливістю забезпечення комплексної роботи всіх інженерних систем будівлі: освітлення, опалення, вентиляції, кондиціонування, водопостачання, контролю доступу та ін.;

- відсутність обслуговуючого персоналу будівлі та передача функцій контролю і прийняття рішень підсистемам інтегрованої системи управління будівлею. У ці підсистеми якраз і закладається так званий «інтелект» будівлі – алгоритм дій у відповідь на зміну параметрів системи за показами мавачів та інші події у тому числі позаштатних ситуацій;

- реалізація механізму екстреного відключення і передачі за необхідності управління людині будь-якою підсистемою інтелектуальної будівлі. Разом з цим людині повинен надаватися зручний і однотипний доступ до управління й відображення стану усіх підсистем і частин «розумного будинку»;

- забезпечення коректної роботи окремих підсистем в разі відмови загальної системи керування чи інших частин системи;

- мінімізація вартості обслуговування та модернізації систем будівлі, що має забезпечуватися застосуванням загальних стандартів у побудові підсистем, автоматичне конфігурування і виявлення нових пристроїв та модулів при їх додаванні до системи;

- наявність в будівлі прокладеного комунікаційного середовища для підключення до неї пристроїв і модулів систем. Поряд з цим можливість використання його як комунікаційного середовища у системі керування.

#### **1.4.Висновки по розділу 1**

В даному розділі розглянуто концепцію, можливості а також особливості існуючих платформ для розробки проектів «розумного будинку».

Системи домашньої автоматизації поділяються на:

- відкриті;
- закриті



Відкриті системи, якими є KNX, «LonWorks», «MODbus», «BACnet», мають ті переваги, що вони пропонують широкий вибір обладнання різних виробників, яке коректно інтегрується в інженерний комплекс будівлі без перехідних пристроїв. Недоліками відкритих систем є висока ціна і вища складність у налаштуванні та обслуговуванні.

Закритими системами є «Domintell», «Clipsall», AMX, «Crastron», «Control-4». Вони застосовуються в тих випадках, коли достатньо вирішити локальну задачу без подальшої модернізації та стикування з автоматикою інших виробників.

Для створення стенду автоматизованого управління інженерними системами житлового будинку слід орієнтуватись на відкриту систему, яка дасть змогу забезпечити лабораторному стенду універсальність та гнучкість при використанні в освітньому процесі.

## 2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 2.1. Основні функції систем «розумного будинку»

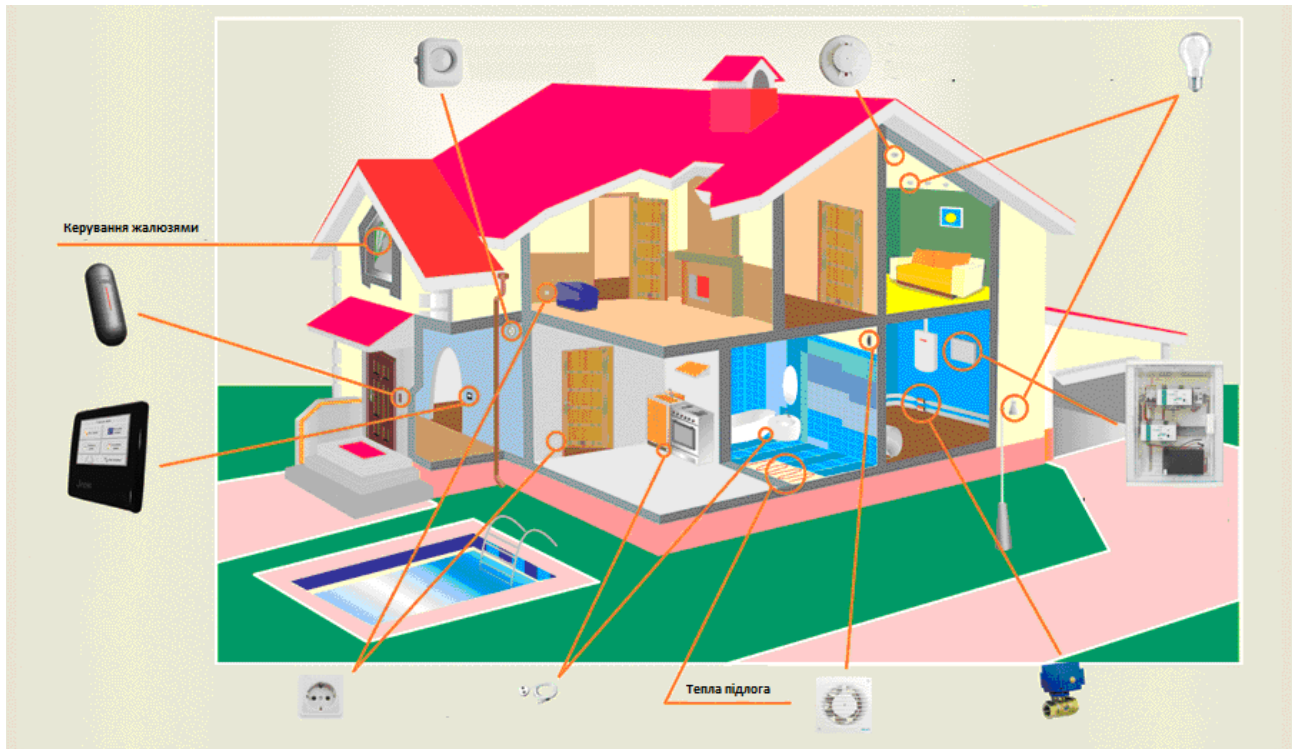


Рисунок 2.1 Структурні складові системи «Розумний дім»

До функцій розумного будинку входять: керування освітленням, керування мікрокліматом, керування жалюзіями, охоронно-пожежна сигналізація, система відеоспостереження, система виявлення аварійних ситуацій та реагування на них, система управління аудіо- та відеотехнікою, система обслуговування присадибної території.

#### 2.1.1. Керування освітленням

Завдяки системі «Розумний дім», можна значно заощадити фінансові кошти. Вона дозволяє контролювати рівень природного освітлення в будинку і на території біля нього. Наприклад, в денний час в похмуру погоду система автоматично буде вмикати освітлення в приміщеннях будинку не на повну потужність. При відході з будинку або вночі, коли всі сплять, вона відключить самостійно відразу всі побутові прилади і освітлення, «не забуде» вимкнути праску або телевізор, коли господарі пішли з дому.

Управління світлом дозволяє користувачеві створювати світлові сценарії з необмеженого числа джерел світла з різною яскравістю, включати їх одночасно або із затримкою, імітуючи, наприклад, ефект «біжучих вогнів».

Використовуючи спеціальні світлові світлорегулятори можна не лише змінювати яскравість, з якою засвічується лампа при увімкненні, а й час, за який ця яскравість буде досягнута.

Функція постійного контролю освітленості призначена в основному для офісних приміщень і дає можливість підтримувати задану користувачем освітленість робочої поверхні незалежно чи світить сонце чи небо приховане хмарами.

Автоматичне увімкнення зовнішнього освітлення залежно від часу доби і присутності людей не лише забезпечить додатковий комфорт, але і відлякує непроханих гостей.

### 2.1.2. Керування мікрокліматом

Зручні настінні термостати, що входять у систему, забезпечать самі повний контроль за мікрокліматом для кожного окремого приміщення. Індивідуально для кожної кімнати з їх допомогою можна задати певний температурний режим. Ці датчики будуть враховувати всі чинники – сезонну температуру, час доби, відриті або закриті вікна, присутні чи відсутні в приміщенні люди.

Система безперервно вимірює температуру індивідуально в кожній кімнаті і підтримує її на заданому користувачем рівні, керуючи безпосередньо керамічними радіаторами або засувками кондиціонерів, а також, за необхідності, автоматично включає або вимикає вентиляцію.

Щоденно система управління мікрокліматом допомагає економити кошти завдяки змінам режимів роботи системи: комфортний режим, нічний режим, режим «нікого немає дома». Зміна режимів відбувається за розкладом або за командами користувача. Достатньо лише один раз задати температуру на дисплеї сенсорної панелі у кімнаті для кожного з режимів.

Система опалення чи кондиціювання виключиться автоматично для збереження енергії, якщо вікна кімнати будуть відкритими для провітрювання (сигнал про це надішле міжрамний контакт).

### 2.1.3. Робота жалюзей

У літній період ламелі жалюзей автоматично повертаються під певним кутом, обмежуючи потрапляння всередину кімнати надлишкового сонячного

світла, не зменшуючи світлового потоку, виходячи з потреб освітлення. Цим вони запобігають перегріванню приміщення і допомагають економити електроенергію, що затрачається на кондиціонування.

#### 2.1.4. Охоронно-пожежна сигналізація

У системі «Розумний Дім» охоронно-пожежна сигналізація працює інтегровано з усіма іншими підсистемами. При виникненні в будинку несанкціонованого проникнення, вона автоматично почне безладно вмикати/вимикати світло, штори будуть закриватися і відкриватися, з акустичних колонок будуть лунати повідомлення, що будинок під охороною. На пульт охорони, на телефонний номер господаря спеціальний пристрій (наприклад, Sensaphone) буде здійснювати дзвінки про спробу проникнення. Система «Розумний Дім» допоможе активувати імітацію присутності господарів у будинку – час від часу буде включатися світло або музика в різних кімнатах, буде чутний голос собаки. Датчики системи «Розумний Дім» дозволять своєчасно виявити пожежу, наявність у повітрі горючих газів. Вони знеструмлять приміщення, перекриють подачу газу, сповістять господаря про характер небезпеки.

«Розумний дім» веде запис усіх подій, що мали місце у ньому за час відсутності господаря: хто і коли приходив, скільки часу перебував у будинку, які підозрілі особи перебували біля будинку. Обличчя і дії фіксуються у пам'яті пристрою.

Непрошених гостей чекають неприємні сюрпризи у вигляді сліпучого світла та звукової сирени. Крім того, про їх проникненні в будинок система повідомить по телефону користувачу та викличе охорону.

#### 2.1.5. Система відеоспостереження.

Система відеоспостереження дозволяє виводити на екран все, що відбувається в кожному приміщенні будинку, на підході (під'їзді) до нього. З відеокамер системи відеоспостереження вся інформація передається на відеореєстратори, а потім, записується на жорсткий диск комп'ютера. Використовувані в ній сучасні відеокамери (наприклад, D-Link Internet Camera) обладнані вбудованими датчиками руху, завдяки яким, можна фіксувати всі

переміщення в будинку. Крім того, використовуючи сенсорну панель, можна управляти цими камерами, змінювати їх роздільну здатність, повертати, переводити в автоматичний режим. З ними можна відстежувати, наприклад, що відбувається в кімнаті маленької дитини з використанням, наприклад, «TeddyCam Baby Monitoring System» – спеціальної системи, що включає в себе дитячу іграшку з інтегрованою в неї камерою, і приймач, який можна підключити до будь-якого телевізора.

#### 2.1.6 Аварійні ситуації.

При виникненні аварійних ситуацій (наприклад, протікань води) система не лише проінформує користувача та відповідну службу, але і вживе необхідних заходів з локалізації аварії (припинить подавання води). За сигналом від встановлених датчиків контролю витoku води, відбудеться перекривання відповідних кранів.

#### 2.1.7. Управління аудіо- та відеотехнікою

Мультирум – інноваційна система зонального (по приміщенню і ділянках будинку) розподілу звуку. Вона дозволяє управляти з єдиного джерела всією аудіо-та відеотехнікою, встановленою в будинку. Система мультирум буде самостійно вмикати звук в тому приміщенні, де знаходяться люди. Вона може бути налаштована так, щоб автоматично зменшувати гучність при телефонних дзвінках або дзвінках у двері. За її допомогою можна по одному з телевізійних каналів спостерігати з камер відео-охорони за всім, що відбувається в будинку. Використовуючи цей елемент системи «Розумний будинок», можна, простим натисканням на сенсорну панель кнопки «розпочати сеанс», автоматично налаштувати домашній кінотеатр, повільно погасити світло, закрити штори, опустити екран і розпочати перегляд кінофільму тощо.

#### 2.1.8. Присадибна територія.

За допомогою системи «Розумний будинок» можна налаштувати автоматичний полив газонів з управлінням через Інтернет, а встановивши датчик дощу, можна не витратити даремно воду. Існує спеціальний пристрій (Wind-Click), що дозволяє оцінювати зміну сили вітру, оповіщаючи про це господаря, відключаючи полив ділянки, закриваючи вікна віконницями.

### 2.1.9. Ефект присутності

У випадку відсутності користувача система може імітувати звичний спосіб життя хазяїв, вмикаючи вечорами світло і музику, чим створювали ефект присутності.

Як підсумок слід зазначити, що система «Розумний дім» є комплексною системою автоматизації житла із застосуванням великого ряду функцій. Система зазвичай передбачає функції керування такими системами як система освітлення, вентиляції, охоронна система, система протипожежної безпеки, система захисту від аварійних ситуацій, система опалення тощо. Система працює завдяки платформам для побудови шинних розподілених систем керування вище переліченими системами, таким як «LanDrive», «LCN», «iRidium Mobile», «BPT», «MyHome SCS», «EIB».

## 2.2 Структура програмного забезпечення системи «розумний дім»

Типова система керування «Розумний дім» зазвичай має клієнт-серверну архітектуру. Вона може бути розділеною на декілька функціональних блоків, що взаємодіють між собою. Вона буде складатись з таких модулів [18]:

- User Client Application – клієнтський додаток для різних платформ («Windows», «Linux», «Mac OS», «iOS», «Android», «Windows Phone»)
- System Control Server – виконує контроль доступу до системи за допомогою механізмів авторизації та розподілу прав доступу до функціоналу системи для облікових записів користувачів. Виконує моніторинг системи, забезпечує планування задач, а також можливість управління системою та забезпечує її відмовостійкість.
- Hardware Control Facade – виконує управління фізичними пристроями системи «розумний дім» (датчики вологості, присутності, температури, пожежної безпеки і т.д).

Модуль User Application взаємодіє з System Control Server також взаємодіють між собою за допомогою REST API по протоколу HTTP за допомогою REST API по протоколу HTTP. System Control Server і Hardware Control Modules

Вони можуть знаходитись як на одному фізичному сервері так і на різних.

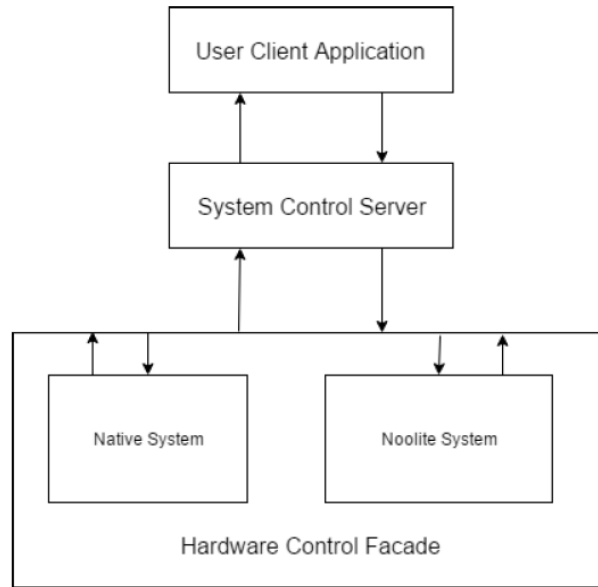


Рисунок 2.2 Структурна схема системи управління «Розумний дім»

### 2.2.1 Структура підсистеми User Client Application

Клієнтський додаток може бути спроектовано з використанням шаблону проектування V.I.P.E.R (View, Interactor, Presenter, Entity та Routing).

- Interactor – компонент, що містить бізнес логіку додатку;
- Presenter – компонент, що містить логіку підготовки даних для відображення і для реакції на введення даних користувачем.
- View – це по суті UI (інтерфейс користувача), який відображає дані, що підготував Presenter і передає введення даних користувачем Presenter`у. View є пасивним компонентом.
- Entity – об’єкти, якими управляє Interactor. Interactor ніколи не передає сутності рівню представлення (Presenter).

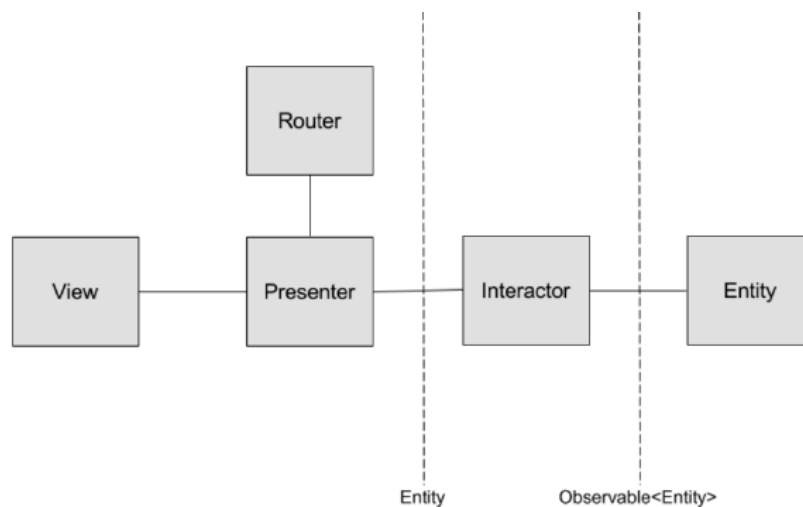


Рисунок 2.3 Структурна схема компонентів User Client Application

### 2.2.2 Структура підсистеми System Control Server

System Control Server містить у собі бізнес-логіку системи «Розумний дім». Дана підсистема є сполучною ланкою між фізичними пристроями «розумного дому» та користувацьким додатком. Вона відповідає за користувача з домом, моніторинг стану систем життєзабезпечення будинку, відмовостійкість системи, та безпеку системи.

System Control Server складається з таких компонентів [18]:

- User Request Engine – модуль, який відповідає за обмін даних з користувацьким додатком (обробка запитів користувацьких додатків та надсилання відповіді користувацькому додатку).
- Security service – модуль, який забезпечує авторизацію користувача у системі «розумний дім».
- Planning service – модуль, який відповідає за планування подій у системі «розумний дім» (ввімкнення/вимкнення опалення, ввімкнення/вимкнення електроприладів у запланований час).
- Operation service – модуль, що містить у собі бізнес логіку для роботи з API фізичних пристроїв системи «Розумний дім».
- Monitoring service – модуль, який веде моніторинг роботи системи і виконує логування станів системи. Також даний модуль відповідає за відмовостійкість системи.

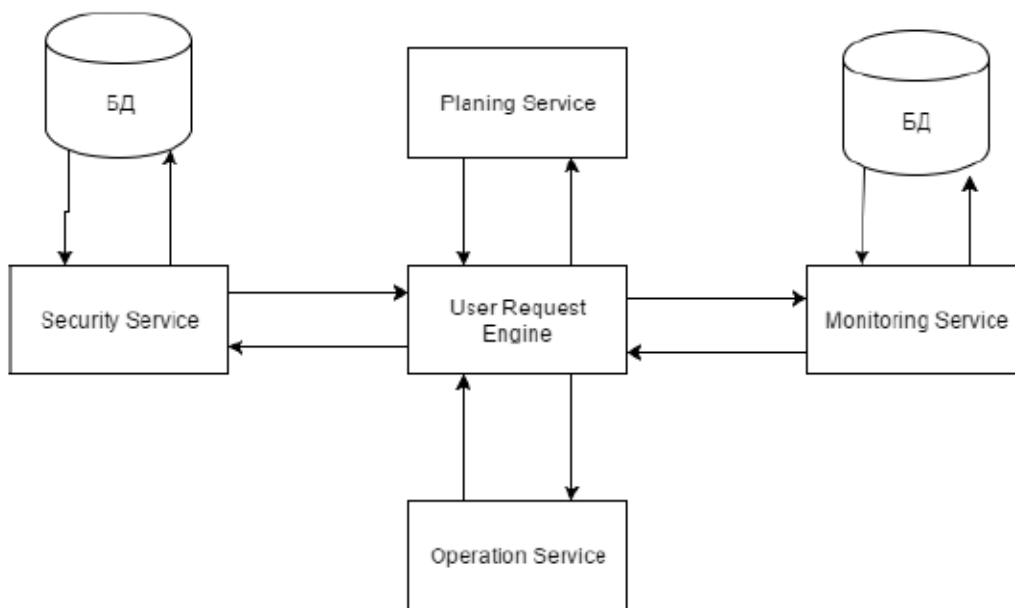


Рисунок 2.4 Структурна схема компонентів System Control Server



### 2.2.3 Структура підсистеми Hardware Control Facade

Hardware Control Facade являє собою фасад за допомогою якого реалізовується інкапсуляція API фізичних пристроїв системи «Розумний дім».

В системі наявні два види систем фізичного обладнання [18]:

- Native system – система фізичних пристроїв для розумного дому, що базується на використанні міні-комп'ютерів (наприклад, «Raspberry Pi») та датчиків, які дозволяють виміряти температуру, вологість повітря, присутність у кімнаті, індикатор диму тощо. Для керування даною системою слід створити API з використанням бібліотеки Pi4J. Вона є обгорткою над низькорівневим API для кожного датчика.

- Noolite system – технологія «розумного будинку», яка дозволяє керувати електроприладами через радіоканал (частота 433,92 МГц). Дана система надає готовий API для роботи з її приладами, потрібно лише адаптувати його до фасаду системи «Розумний дім».

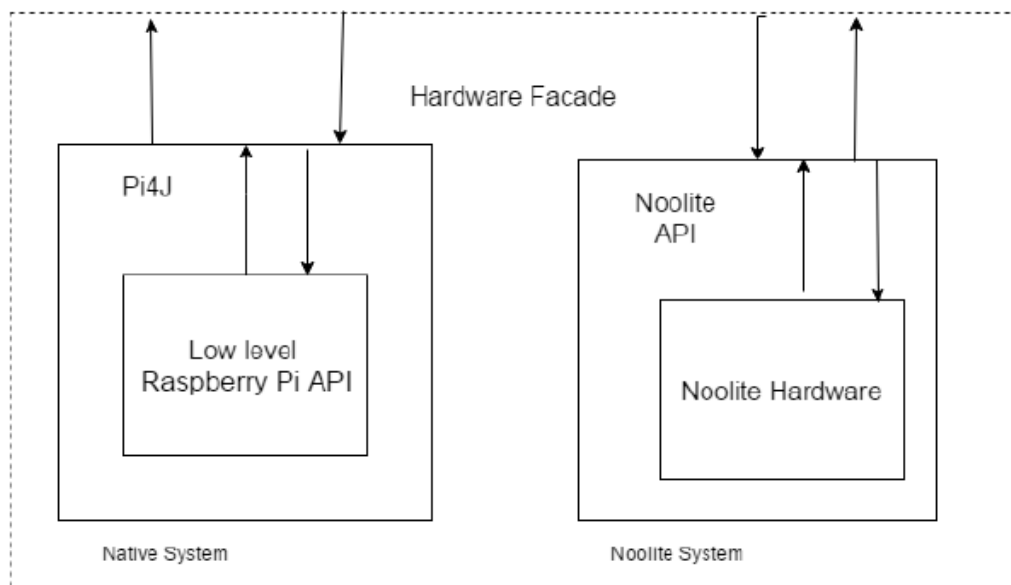


Рисунок 2.5 Структурна схема компонентів Hardware Facade

### 2.3. Апаратна структура системи «розумний дім»

Розроблена система повинна вимірювати значення параметрів (освітлення, температури, вологості, відкриття/закриття тощо), якщо контрольований параметр відхиляється від оптимального (заданого користувачем), то ввімкнеться реле, яке в свою чергу включить систему впливу на цей параметр (освітлення, охолодження/обігріву, сигналізацію тощо). Також система повинна

виконувати голосові команди. Це можна здійснити за допомогою клієнта , веб-сервісу, мікроконтролера. Останній з перелічених буде вмикати та вимикати спеціалізовані реле.

Для нормальної роботи системи данні параметри повинні бути в межах нормованих значень. Для приведення поточних значень параметрів до нормованого проводиться розрахунок управляючого впливу[17].

Реалізація розрахованого впливу здійснюється за допомогою мікроконтролера. Регулювання здійснюється безупинно, або за допомогою сенсорного чи голосового управління. Розроблена структурна схема даної системи зображена на рисунку 2.6.

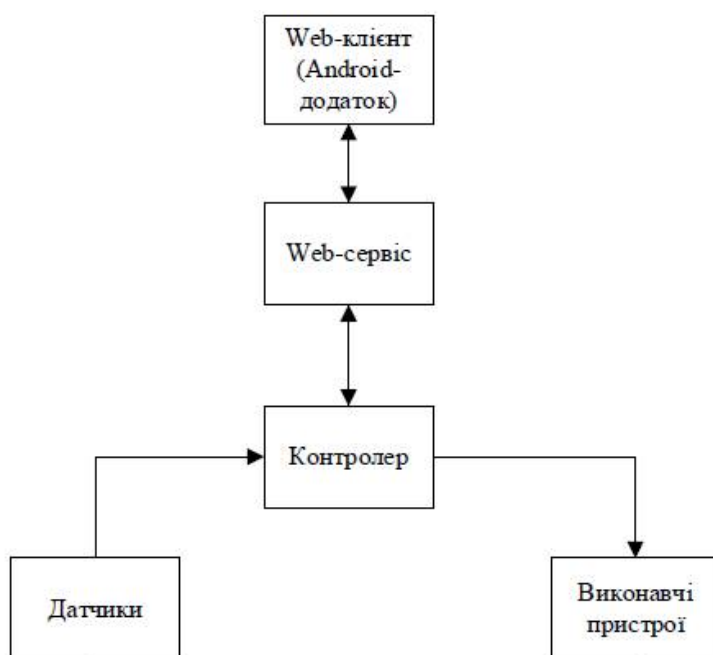


Рисунок 2.6. Апаратно-програмна структурна схема системи

## 2.4. UML-діаграми

Так як в нас система має три окремих рівні, то UML-діаграму роботи, слід розділити на три окремі діаграми (рисунки 2.7–2.9) [19], так як при підтримці програмного забезпечення функціонал має змогу змінюватися, та доповнюватися.

UML-діаграма послідовності – це діаграма, на якій зображена впорядкована у часі взаємодія. Саме на цій діаграмі, описаний цикл взаємодії системи та послідовність виконання функцій трьох рівнів. На рисунку 2.10 подана UML-діаграма послідовності.

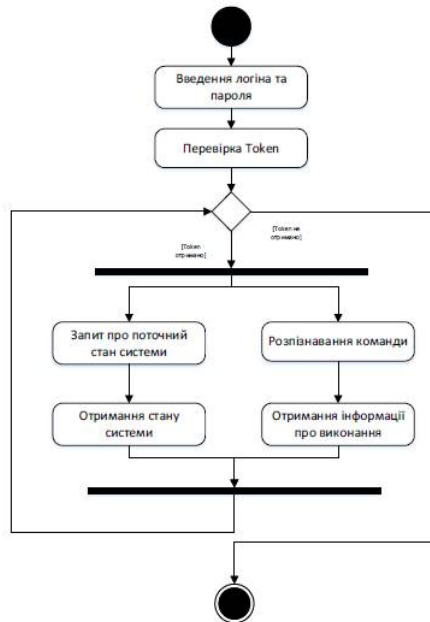


Рисунок 2.7. UML-діаграма роботи веб-клієнта

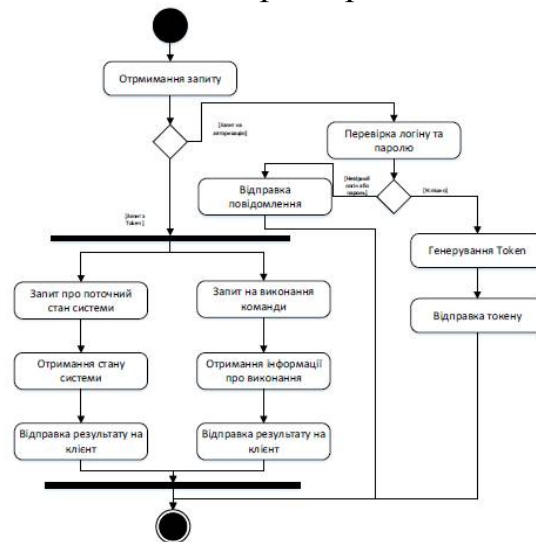


Рисунок 2.8. UML-діаграма роботи веб-сервісу

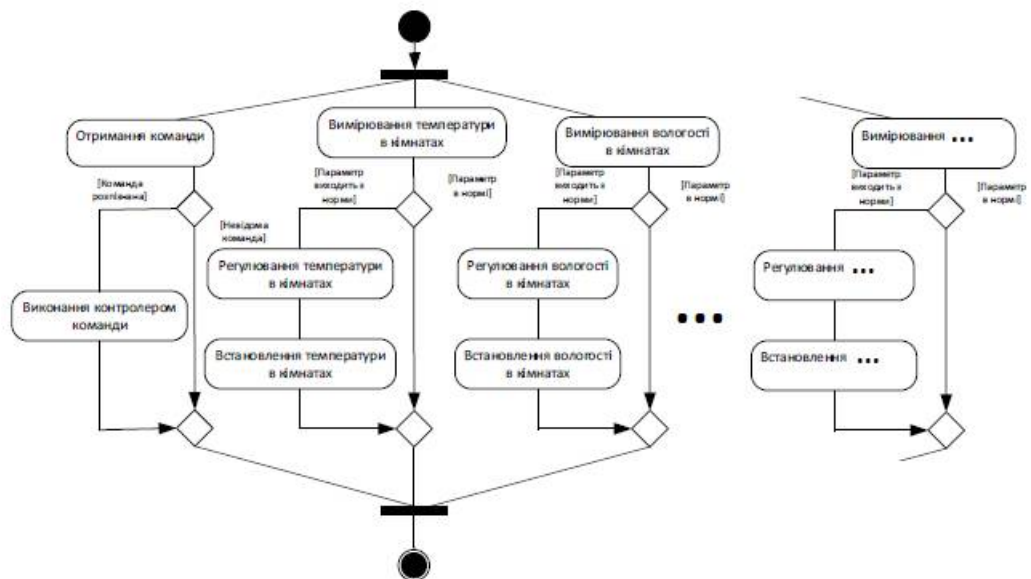


Рисунок 2.9 UML-діаграма роботи контролера

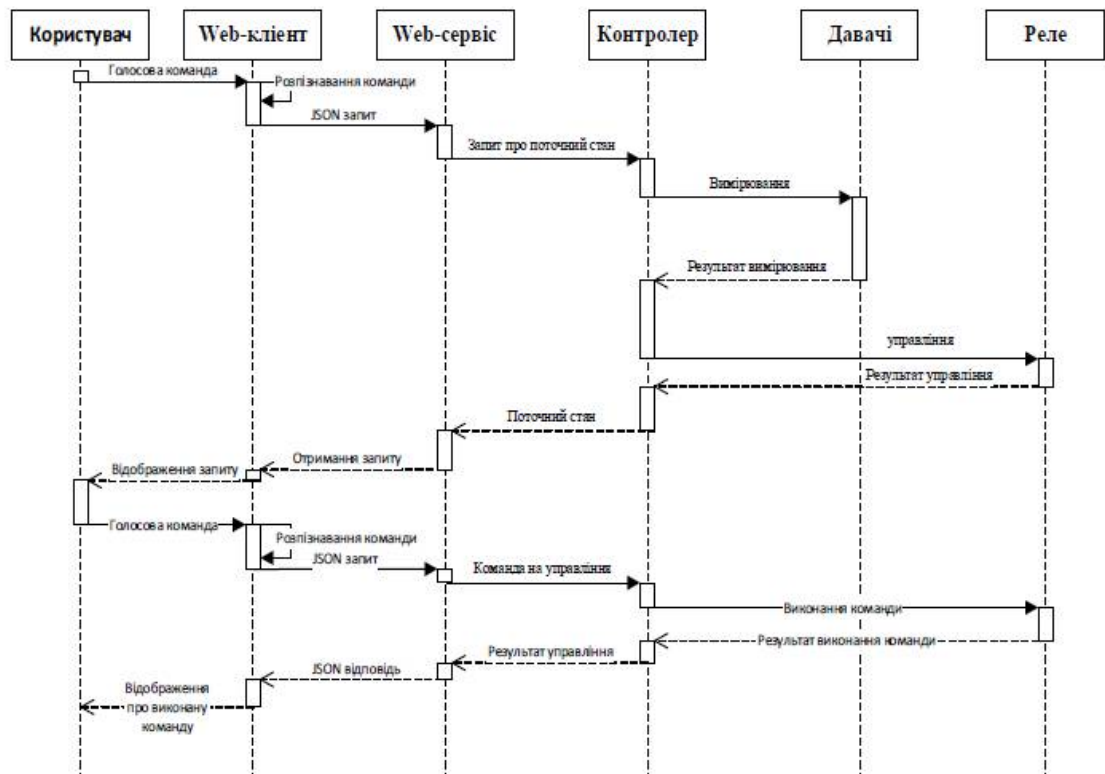


Рисунок 2.10 UML-діаграма послідовності

## 2.5. Економічний бік питання вибору функцій «розумного дому»

В цілому розподіл витрат на систему автоматизації залежно від її функцій виглядає приблизно в такий спосіб [20]:

- 20% — освітлення;
- 15% — клімат;
- 2% — контроль протікання;
- 1% — контроль загоряння;
- 8% — відеоспостереження;
- 5% — рольставні;
- 5% — керування по мережі GSM;
- 7% — розробка проєкту;
- 17% — монтаж;
- 20% — пусконаладжувальні роботи, програмування.

Ці процентні співвідношення можуть змінюватися залежно від важливості тієї або іншої системи для замовника, а також технологій, що використовуються для реалізації проєкту.

Орієнтовна вартість реалізації проекту "Розумний будинок" для однокімнатної квартири становитиме від 2,6 тис. євро; для трикімнатної - від 4,2 тис. євро до 15 тис. євро; для двоповерхового котеджу - від 8,9 тис. євро і більше. Слід додати вартість робіт, яка, за даними деяких компаній, становить 20-40% від вартості устаткування.

Згідно даним статистики із закордонних публікацій, технології розумного дому дають змогу знизити[20]:

- експлуатаційні витрати — до 30%;
- платежі за воду — до 41%;
- платежі за електроенергію — до 30%;
- платежі за тепло — до 50%.

І якщо зараз вигода від застосування інтелектуальних систем керування будинком, якщо до того ж урахувати вартість устаткування, є не настільки очевидною, то згодом вона буде особливо помітною. При експлуатації будинку протягом 40 років основні статті витрат (89%) становлять енергоресурси, водопостачання, ремонт устаткування й оплата праці інженерів[19]. Впровадження інтелектуальних систем, за словами експертів, дозволить скоротити витрати на ремонт устаткування наполовину — за рахунок можливості прогнозувати ступінь спрацювання устаткування й вирішення цієї проблеми на рівні профілактики та обслуговування.

## **2.6. Висновки по розділу 2**

Проведений аналіз основних функцій розумного будинку дозволив систематизувати ці функції та впорядкувати їх у плані важливості, поширеності та вартості реалізації. В результаті проведеного огляду було конкретизовано перелік базових функцій розумного дому, що має увійти до лабораторного стенду а саме: контроль освітленості, контроль температури, контроль витоків води, охоронна система та відео спостереження.

Сформульовано вимоги до структурної організації програмного забезпечення з розбивкою на підсистеми.

### 3. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

#### 3.1. Вибір датчиків

Датчики вибираються відповідно до технічного завданням та наступними критеріями:

- наявність уніфікованих вихідних сигналів 4...20мА;
- доступність ціни;
- компактність розмірів та простота монтажу.

Датчик освітленості має бути придатним для застосування за атмосферних умов, тобто мати водонепроникний міцний корпус, що захищає виконавчі елементи від усіх видів атмосферного впливу, оскільки розміщення датчика передбачається поза приміщенням.

Для детектуванні руху обрано сповіщувач охоронний об'ємний оптико-електронний ІО 409-22 «Астра-9» ЗАТ НТЦ «ТЕКО»

Опис, принцип роботи, характеристики сповіщувача охоронного «Астра-9»

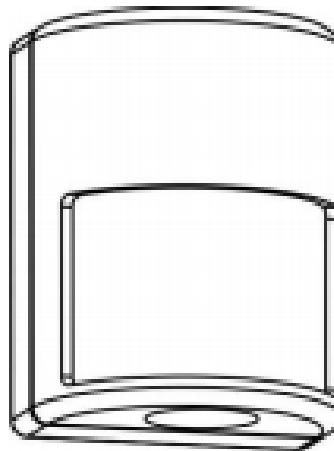


Рисунок 3.1 - Загальний вигляд датчика руху

Сповіщувач призначений для виявлення факту проникнення, у 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.

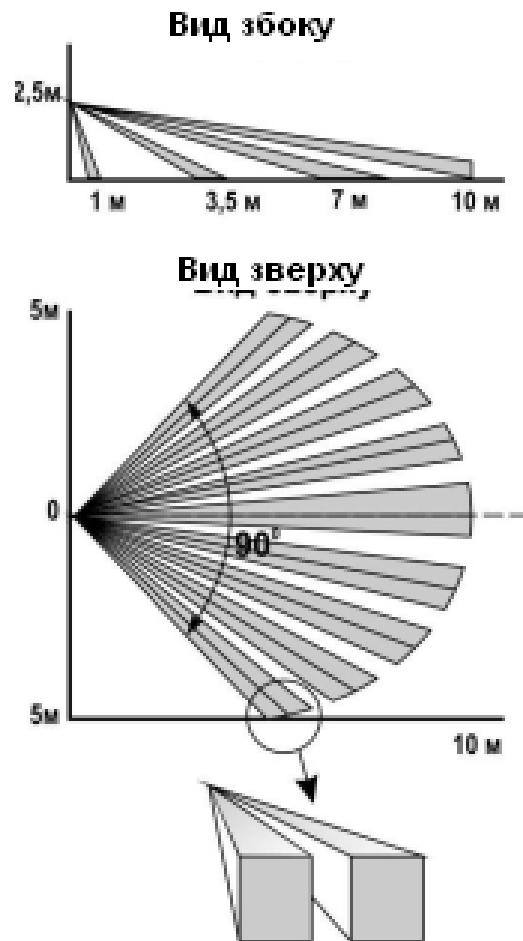


Рисунок 3.2 - Принцип роботи детектора руху

Принцип дії датчика базується на реєстрації змін потоку теплового випромінювання, що виникають при перетині людиною чи іншою істотою зони виявлення, яка складається із зон чутливості. Кожна зона чутливості складається з двох елементарних чутливих зон (рис. 3.2).

Чутливі зони сповіщувача формуються лінзою Френеля і двомайданчиковим піроелектричним приймачем випромінювання. Електричний сигнал з піроелектричного приймача поступає на мікроконтролер, який відповідно до заданого алгоритму роботи формує сповіщення «Тривога» розмиканням вихідного кола оптоелектронного реле.

Розмір зони виявлення змінюється положенням друкованої плати сповіщувача. При дальності виявлення проникнення до 7 м збільшується щільність чутливих зон.

#### *Технічні характеристики*

Технічні параметри оптичного каналу

Дальність виявлення проникнення, м, не менше:

- в нижньому положенні плати ..... 10
- у верхньому положенні плати ..... 7

Розміри зони виявлення при куті огляду в горизонтальній площині 90°, м:

- в нижньому положенні плати ..... 10×10
- у верхньому положенні плати ..... 7×7

Діапазон швидкостей переміщення, що виявляються, м/с ..... від 0,3 до

3,0

Стійкість до зовнішнього засвічення, лк, не менше..... 6500

Рекомендована висота встановлення, м ..... від 2,4 до 2,5

Загальні технічні параметри

Напруга живлення, В ..... від 8 до 15

Струм споживання в черговому режимі і в режимі «Тривога», мА, не більше .....12

Допустимий струм через контакти реле, А, не більше ..... 0,08

Допустима напруга на контактах реле, В, не більше ..... 100

Опір кола, що включається у шлейф сигналізації, у стані чергування, Ом,  
не більше ..... 8

Габаритні розміри, мм, не більше ..... 75×58×46

Маса, кг не більше ..... 0,065

Умови експлуатації

Діапазон температур, °С ..... - 30 до + 50

Відносна вологість повітря, % .....95 при +35 °С, без конденсації вологи

Герконові контакти для стенду обрані такі: Сповідувачі охоронні точкові  
магнітоконтатні ИО 102-29 «ЕСТЕТ»



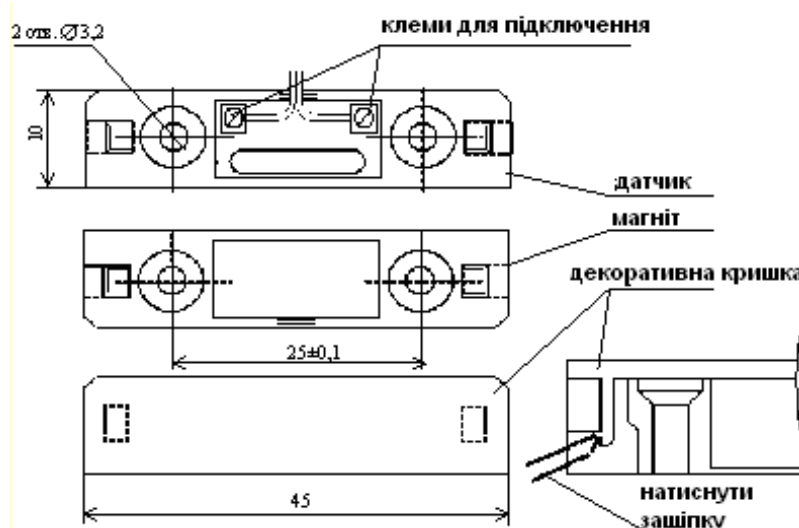


Рисунок 3.3 Кресленик загального виду ІО 102-29 «ЕСТЕТ»

*Технічні характеристики:*

Комутований струм:	від 0,001 до 0,5А
Комутована напруга:	від 0,02 до 72В
(макс. комувана потужність не більш 10 Вт)	
Габаритні розміри:	
датчика	40x13x10
магніта	40x13x10
Маса не більше:	
датчика	0,00,01 кг
магніта	0,00,015 кг
Діапазон температур :	від - 40°C до +50°C
Відносна вологість:	98% при 35°C
Опір замкнутих контактів :	не більше 0,5 Ом

По стійкості до механічних дій виконання сповіщувачів розраховане для категорії розміщення 03 по ГОСТ 251099-83, по стійкості до кліматичних дій виконання сповіщувачів розраховане для категорії розміщення 02 по ГОСТ 251099-83. Ступінь захисту оболонки відповідає виконанню IP20 за ГОСТ 14254-96 (IEC 529-89).

Для визначення освітленості вибрані датчики видимого світла серії ОС100М фірми «Agrosensor».



Рисунок 3.4 - Загальний вигляд датчика видимого світла серії ОС100М фірми «Agrosensor»

Датчики освітленості серії ОС100М є конструктивно закінченими виробами і призначені для контролю рівня освітленості в області спектру видимого світла. Датчики орієнтовані для застосування в рослинництві та інших галузях як в умовах закритого, так і відкритого ґрунту. Конструкція датчиків являється повністю стійкою до конденсації вологи, що дозволяє без обмежень використовувати датчик в приміщеннях з високою вологістю, а також в умовах відкритої атмосфери. У конструкції датчика використаний приладовий полікарбонатний корпус зі вбудованим сферичним фторопластовим розсіювачем, який забезпечує косинусну корекцію. Датчики також можуть використовуватися у складі різних систем управління освітленням при автоматизації будівель, в агропромисловості та інших галузях

*Загальні дані:*

1. Напруга джерела живлення для датчиків з виходом 4...20мА :  $30\text{В} \geq U_{\text{ж}} \geq 9\text{В} + 0,02\text{А} \times R_{\text{н}}$ , де  $R_{\text{н}}$  - опір навантаження струмової петлі
2. Потужність споживання: не більше за 0,6Вт
3. Допустима довжина кабелю для датчиків з виходом 4...20мА : до 500 метрів з 2-х провідною схемою підключення
4. Час виходу на робочий режим після подачі напруги живлення : 500мс.
- 5.

*Функціональні дані каналу вимірювання :*

1. Стандартні діапазони вимірювання: 0...1000 Лк, 0...10000 Лк, 0...50000 Лк
2. Похибка вимірювань при 20°C:  $\pm 4\%$  від діапазону вимірювання
3. Спектральна характеристика: від 420 до 675 нм
4. Температурна залежність: не більше від 0,1% на 1°C
5. Постійна часу по рівню 0,9: менша за 100мс
6. Довготривала стабільність: відхід не більше  $\pm 1\%$  упродовж року
7. Лінійний вихідний сигнал по струму: 4...20мА
8. Середнє напрацювання на відмову (MTBF) : більше 5 років

*Умови довкілля :*

1. Температура при експлуатації: - 40...+65°C
2. Вологість при експлуатації: 0...100% відн. вологості
3. Температура при зберіганні і транспортуванні: - 40...+50°C
4. Вологість при зберіганні й транспортуванні:  $\leq 95\%$  відн. вологості

Для визначення температури повітря вибрані датчики серії TA100 фірми «Agrosensor»



Рисунок 3.5 - Загальний вигляд датчика температури повітря TA100M фірми «Agrosensor»

Датчики температури повітря серії TA100 орієнтовані на застосування у системах клімат-контролю теплиць, камер пророщування, грибних ферм, а також у складі систем автоматизації в різних галузях промисловості при

розміщенні усередині приміщень. Відмітною особливістю датчиків серії ТА100 є конструктивне виконання виносного вимірювального зонду з відкритим платиновим термоелементом «Pt100» з низькою термічною масою, внаслідок чого датчики мають мінімальне значення показника теплової інерції, недосяжне для датчиків з герметичним термозондом. У вибраного датчика ТА100М термозонд розташовується на бічній стороні корпусу і має укорочену довжину - 40мм.

*Загальні дані:*

1. Напруга джерела живлення для датчиків з виходом 4...20 мА :  $30V \geq U_{ж} \geq 9V + 0,02A \times R_n$ , де  $R_n$  - опір навантаження
2. Споживана потужність: не більша за 0,6 Вт
3. Допустима довжина кабелю для датчиків з виходом 4...20 мА: до 500 метрів із 2-провідною схемою підключення

*Функціональні дані каналу вимірювання температури :*

1. Стандартний діапазон перетворення : 0...+50°C
2. Точність вимірювань:  $\pm 0,3^{\circ}C / \pm 0,6 \%$  від більшого поточного значення
3. Стабільність вимірів: відхилення не більше  $\pm 0,15$  (протягом 5 років)
4. Показник теплової інерції: при бл. 10 с у нерухомому повітрі
5. Лінійний вихідний сигнал по струму: 4...20мА  $\equiv$  0...+50°C

*Умови довкілля :*

1. Температура довкілля при експлуатації: - 15...+60°C
2. Вологість при експлуатації 0...100% відн. вологості без конденсації  
вологи
3. Температура при зберіганні і транспортуванні : - 10...+50°C
4. Вологість при зберіганні і транспортуванні :  $\leq 95\%$  відн. вологості

Для визначення вологості повітря обрані датчики серії ТА100 фірми «Agrosensor»



Рисунок 3.6 - Загальний вигляд датчика вологості повітря BA100M фірми «Agrosensor»

Датчики відносної вологості серії BA100M, BA101, BA102 орієнтовані для застосування в системах клімат-контролю теплиць, а також у складі різних систем автоматизації в агропромисловості і суміжних галузях. Датчики можуть застосовуватися як показуючі (для індикації параметрів вологості), контрольні (для регулювання вологості) або граничні (обмеження контрольованого параметра) датчики. У вибраного датчика TA100M зонд розташовується на бічній стороні корпусу і має укорочену довжину - 40мм. Датчик призначений для застосування спільно із захисним корпусом шевронного типу при розміщенні датчика поза приміщеннями або в теплицях в умовах розпилення води.

*Загальні дані:*

1. Напруга джерела живлення для датчиків з виходом 4...20 мА :  $30\text{В} \geq U_{\text{ж}} \geq 9\text{В} + 0,02\text{А} \times R_{\text{н}}$ , де  $R_{\text{н}}$  - опір навантаження
2. Споживана потужність: не більше за 0,6Вт
3. Допустима довжина кабелю для датчиків з виходом 4...20 мА : до 500 метрів з 2-провідною схемою підключення

*Функціональні дані каналу вимірювання вологості :*

1. Діапазон вимірювання : 0 ...100% відн. вологості
2. Точність вимірювань при 25°C:  $\pm 3,5\%$  відн. вологості

3. Температурна залежність:  $\leq 0,14\%$  відн. вологості на  $1^{\circ}\text{C}$
4. Постійна часу по рівню 0,9: при бл. 20 с в рухомому повітрі
5. Допустима швидкість повітря : 20 м/с
6. Лінійний вихідний сигнал по струму: 4...20мА, 0...100% відн.

вологості

*Умови довкілля :*

1. Температура довкілля при експлуатації: - 15...+60°C
2. Вологість при експлуатації 0...100% відн. вологості без конденсації

вологи

3. Температура при зберіганні і транспортуванні : - 10...+50°C
4. Вологість при зберіганні і транспортуванні :  $\leq 95\%$  відн. вологості

### **3.2 Розрахунок та вибір джерела живлення**

Виходячи з технічних характеристик вхідних/вихідних модулів, модуля CPU і датчиків приведених вище, знадобиться 2 блоки живлення з напругою живлення 24В - для модулів вхідних/вихідних модулів, модуля CPU, датчиків освітленості, вологості, температури і 12В - для живлення датчиків руху або один універсальний блок живлення.

Проведемо розрахунок номінальної потужності блоку живлення 24В

Вхідні модулі в сумі споживають  $0,120\text{А} \times 24\text{В} = 4,8 \text{ Вт}$

Вихідні -  $0,320\text{А} \times 24\text{В} = 7,7 \text{ Вт}$

Модуль CPU споживає 42 Вт для живлення шини «К-bus» і 12 Вт для власного живлення.

Разом приблизно 91 Вт, додатково необхідно врахувати запас потужності для наступної модернізації стенду і додавання додаткових модулів і датчиків, оскільки є резервні входи і виходи.

Враховуючи, що ККД блоку живлення 85% виберемо наступний:

Імпульсний блок живлення ABL8REM24050 фірми «Schneider Electric»

Номінальна вхідна напруга: 100...240 В змінного струму. Номінальна вихідна напруга: 24 В постійного струму. Діапазон регулювання вихідної напруги : 24...28,8 В постійного струму. Номінальний струм навантаження : 5 А.

Номінальна потужність: 120 Вт.

Габаритний розмір: 54×120×120 мм.

Спосіб кріплення : DIN -рейка.



Рисунок 3.7 - Вид блока живлення ABL8REM24050 фірми «Schneider Electric»

Проведемо розрахунок номінальної потужності блоку живлення 12В

2-ма датчиками руху споживається потужність  $2 \times 0,012 \text{ A} \times 12 \text{ V} = 0,288 \text{ Вт}$ , але також необхідно врахувати запас потужності для подальшої модернізації.

Для живлення датчиків виберемо аналогічний блок живлення :

Імпульсний блок живлення ABL 7RM1202 фірми «Schneider Electric»

Номінальна вхідна напруга: 100-240 В змінного струму. Номінальна вихідна напруга: 12 В постійного струму. Діапазон регулювання вихідної напруги : 12-12,4 В постійного струму. Номінальний струм навантаження : 1,9 А.

Номінальна потужність: 45 Вт.

Габаритний розмір: 54×120×120 мм.

Спосіб кріплення : DIN-рейка.

### **3.3 Розробка принципової схеми САУ інженерними системами**

Для розробки принципової електричної схеми, виходячи із завдання і вибраної елементної бази, складемо структурну схему стенду, яка матиме вигляд, показаний на рисунку 3.8

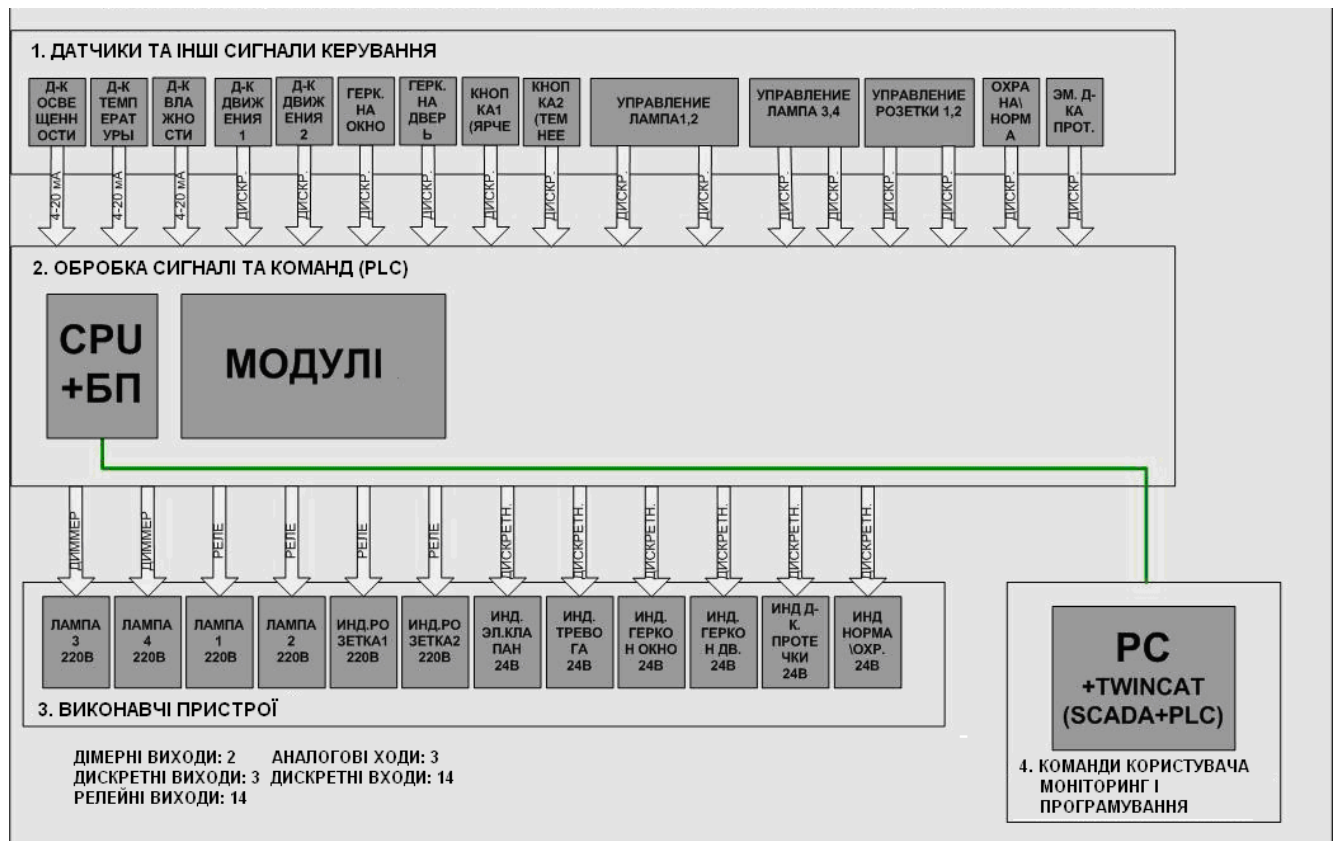


Рисунок 3.8 - Структурна схема стенду

Для розробки принципової схеми САУ ІСП і наступного опису роботи САУ ІСП введемо наступні позначення:

X1 - роз'єднання для шнура живлення (у програмі не використовується);

QF1 - автоматичний вимикач, призначений для захисту автоматики стенду від кидків струму і короткого замикання (у програмі не використовується);

S1 - двопозиційний перемикач з фіксацією положення, призначений для включення\відключення живлення стенду (у програмі не використовується);

SQ1, SQ2 - датчики руху;

SQ3 - геркон на імітації вікна;

SQ4 - геркон на імітації дверей;

SQ5 - датчик освітленості;

SQ6 - датчик температури;

SQ7 - датчик вологості;

HL1 - індикація включення стенду;

HL2 - індикація включення замочного "електроклапана";

HL3 - індикація спрацьовування геркона "вікна";

HL4 - індикація спрацьовування геркона "дверей";



HL5 - індикація спрацьовування "датчика протікання води";

HL6 - індикація режиму роботи стенду "норма\охорона";

HL7 - індикація "тривоги";

HL8 - лампа 1 (освітлення "кімнати 2-го поверху");

HL9 - лампа 2 (освітлення "кімнати 2-го поверху");

HL10 - індикація напруги на "розетка 1";

HL11 - індикація напруги на "розетка 2";

HL12 - лампа 3 (освітлення "кімнати 1-го поверху");

HL13 - лампа 4 (освітлення "кімнати 1-го поверху");

SA1 - трипозиційний перемикач з фіксацією положення, призначений для вибору ламп, регульованих по потужності (HL12, HL12+HL13, HL13);

SB1 - кнопка без фіксації "Яскравіша" (регулюється яскравість ламп, обраних перемикачем SA1);

SB2 - кнопка без фіксації "Темніша" (регулюється яскравість ламп, обраних перемикачем SA1);

SA2 - двопозиційний перемикач з фіксацією положення, призначений для включення\відключення лампи 1 (HL8);

SA3 - двопозиційний перемикач з фіксацією положення, призначений для включення\відключення лампи 2 (HL9);

SA4 - двопозиційний перемикач з фіксацією положення, призначений для включення\відключення індикації напруги на «розетка 1» (HL10);

SA5 - двопозиційний перемикач з фіксацією положення, призначений для включення\відключення індикації напруги на «розетка 2» (HL11);

SA6 - двопозиційний перемикач з фіксацією положення, призначений для вибору режиму роботи стенду;

SA7 - двопозиційний перемикач з фіксацією положення, призначений для емуляції спрацьовування датчика протікання води;

Схема призначена для управління інженерними системами приміщення: освітленням - лампами 1,2 (лампи 2-го поверху, HL8, HL9 - лампи на основі світлодіодів ~220В), лампами 3,4 (лампи 1-го поверху, HL12, HL13 - лампи розжарювання ~220В); захистом побутових приладів - управління розетками 1,2

(представлені на стенді у вигляді індикаторів HL10 і HL11 - лампи ~220В), і електроклапаном (виконаний у вигляді індикатора HL2); системою безпеки - індикатор HL6 «Тривога», - залежно від вхідних сигналів з герконов SQ3, SQ4, вхідних сигналів з датчиків руху SQ1, SQ2, датчика освітленості SQ5, кнопок SB1, що управляють, SB2 і перемикачів SA1, SA2, SA3, режиму роботи стенду перемикач «Норма/Охорона» SA6, сигналу з емулятора датчика протікання SA7, і закладеної програми в контролер.

Схема забезпечує моніторинг додаткових параметрів довкілля : температури і вологості (датчики SQ6 і SQ7 відповідно) і виводить наступну індикацію:

HL1 - індикація включення стенду

HL3 - індикація спрацьовування геркона «вікна»

HL4 - індикація спрацьовування геркона «дверей»

HL5 - індикація спрацьовування «датчика протікання води»

HL6 - індикація режиму роботи стенду «норма\охорона».

Стенд включається перемикачем S1 при цьому напруга ~220В подається на БП1 і БП2 де воно випрямляється і перетворюється в 24В і 12В постійного струму відповідно, і на лампу HL1 «Мережа», яка вбудована в перемикач S1 і виступає в ролі індикатора роботи стенду. Далі з БП1 напруга подається на модуль CPU BC9120 для живлення власних схем модуля (+24В на  $U_p$ , 0В на  $GND_p$ ), а також для живлення шини передачі даних К - bus (+24В на  $U_s$ , 0В на  $GND_s$ ). БП1 має захисне заземлення. Оскільки вхідні модулі KL1408 позитивної полярності, то подаємо +24В від БП1 на живлення герконів SQ3 і SQ4 (нормально розімкнені р - п - р типу), на кнопки SB1 «Яскравіше» і SB2 «Темніше», на трипозиційний перемикач вибору ламп SA1 (лампи 3 і 4), на перемикачі управління лампами SA1 і SA2 (лампи 1 і 2), на перемикачі управління розетками SA4 і SA5, на перемикач режимів роботи стенду «Норма/Охорона» SA6 і на перемикач SA7 - емулятор датчика протікання.

До першого модуля KL1408 підключаються геркони SQ3, SQ4 - входи модуля I3, I4 відповідно, кнопки SB1, SB2 - I5, I6 відповідно, трипозиційний

перемикач SA1 - I7, I8. До другого модуля KL1408 підключаються перемикачі SA2 - SA7 - входи модуля I1 - I6, входи I7, що залишилися, I8 - резерв.

Також напруга +24В від БП1 йде на живлення датчиків SQ5 (датчик освітленості), SQ6 (датчик температури), SQ7 (датчик вологості) - датчики р - n - р типу, які підключаються до входів I1 - I3 модуля введення аналогових сигналів KL3454, вхід I4 залишається резервним.

При спрацьовуванні герконів, при натисненні на кнопки, або при зміні положення перемикачів на відповідні входи подається напруга +24В, що відповідає логічній одиниці, за відсутності сигналів, або рівні напруги - 3.+5В контролер сприймає логічний нуль.

БП2 видає напругу 12В, яке йде на живлення нормально замкнутих датчиків руху SQ1 і SQ2 р - n - р типу, які формують сповіщення розмиканням вихідних ланцюгів оптоелектронних реле, які сполучені з входами першого модуля KL1408 I1 і I2. При спрацьовуванні датчиків руху на відповідні входи подається напруга +12В, що відповідає логічній одиниці, за відсутності сигналів, або рівні напруги - 3.+5В контролер сприймає логічний нуль.

Від БП1 24В подається на живлення вихідного релейного модуля, який комутує ~220В при отриманні сигналу, керування від контролера для живлення ламп 1 (HL8) і 2 (HL9), а також для живлення розеток 1 і 2 (HL10, HL11)

Напруга ~220В безпосередньо подається на модулі димерування KL2751 для живлення лампи 3 (HL12) и 4 (HL13) Модулі KL2751 здійснюють імпульсно-фазове регулювання напруги на своїх виходах, тим самим регулюючи яскравість ламп 3 і 4. Обидва модулі KL2751 заземлено.

Схема забезпечена автоматичним вимикачем QF1 для захисту автоматики стенду від кидків струму і короткого замикання.

### **3.4. Опис конструкції САУ інженерними системами (учбово-демонстраційний стенд)**

#### **3.4.1. Конструкція учбово-демонстраційного стенду**

Стенд представляє собою імітацію двоповерхової будівлі. На панелі управління розташовані наступні органи управління і виконавчі пристрої :

X1 - роз'єм для шнура живлення (220В)

SQ1 - автоматичний вимикач, призначений для захисту автоматики стенду від кидків струму і КЗ

S1 - двопозиційний перемикач з фіксацією положення, призначений для включення\відключення живлення стенду

SQ1, SQ2 - датчики руху

SQ3 - геркон на імітації вікна

SQ4 - геркон на імітації дверей

SQ5 - датчик освітленості

SQ6 - датчик температури

SQ7 - датчик вологості

HL1 - індикація включення стенду

HL2 - індикація включення замикального «електроклапана»

HL3 - індикація спрацьовування геркона «вікна»

HL4 - індикація спрацьовування геркона «дверей»

HL5 - індикація спрацьовування «датчика протікання води»

HL6 - індикація режиму роботи стенду "норма\охорона"

HL7 - індикація «тривоги»

HL8 - лампа 1 (освітлення «кімнати 2-го поверху»)

HL9 - лампа 2 (освітлення «кімнати 2-го поверху»)

HL10 - індикація напруги на «розетка 1»

HL11 - індикація напруги на «розетка 2»

HL12 - лампа 3 (освітлення «кімнати 1-го поверху»)

HL13 - лампа 4 (освітлення «кімнати 1-го поверху»)

SA1 - трипозиційний перемикач з фіксацією положення, призначений для вибору ламп, регульованих по потужності (HL12, HL12+HL13, HL13)

SB1 - кнопка без фіксації «Яскравіше» (регулюється яскравість ламп, обраних перемикачем SA1)

SB2 - кнопка без фіксації «Темніше» (регулюється яскравість ламп, обраних перемикачем SA1)

SA2 - двопозиційний перемикач з фіксацією положення, призначений для включення\відключення лампи 1 (HL8)

SA3 - двопозиційний перемикач з фіксацією положення, призначений для включення\відключення лампи 2 (HL9)

SA4 - двопозиційний перемикач з фіксацією положення, призначений для включення\відключення індикації напруги на «розетка 1» (HL10)

SA5 - двопозиційний перемикач з фіксацією положення, призначений для включення\відключення індикації напруги на «розетка 2» (HL11)

SA6 - двопозиційний перемикач з фіксацією положення, призначений для вибору режиму роботи стенду

SA7 - двопозиційний перемикач з фіксацією положення, призначений для емуляції спрацьовування «датчика протікання води».

Стенд обладнаний чотирма лампами (220В). Дві лампи на основі світлодіодів (HL8, HL9 - лампи «верхнього поверху») і дві лампи розжарювання (HL12, HL13 - лампи «нижнього поверху»). Ці лампи функціонують залежно від програми, закладеної в ПЛК. Також можливе безпосереднє ручне управління, за допомогою органів управління, розташованих на передній панелі стенду.

Стенд обладнаний пристроями імітації розеток, замикального електромагнітного клапана і датчика протікання. Самі розетки і замикальний електромагнітний клапан зображені на передній панелі. Зображенню розетки 1 відповідає індикатор HL10 (включеній розетці відповідає індикатор HL10, що світиться). Зображенню розетки 2 відповідає індикатор HL11 (включеній розетці відповідає індикатор HL11, що світиться). Зображенню електромагнітного клапана відповідає індикатор HL2 (відкритому клапану відповідає індикатор HL2, що світиться). Датчик протікання імітований двопозиційним перемикачем з фіксацією (SA7) зі вбудованим індикатором датчика протікання (якщо SA7 в положенні 1, то спалахує індикатор HL5).

Загальний вигляд передньої панелі стенду показаний на рисунку 3.9

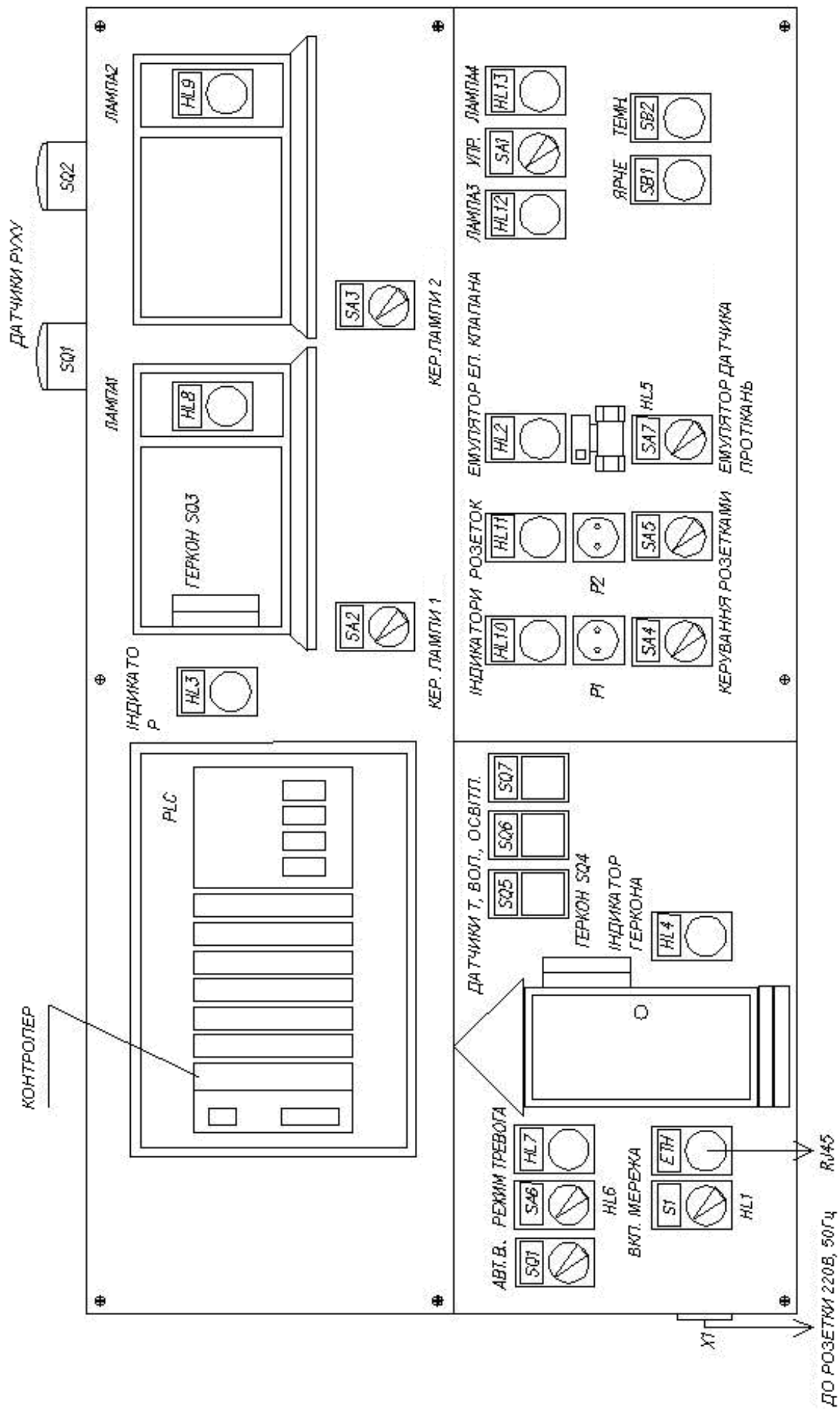


Рисунок 3.9 – Загальний вигляд передньої панелі стенду

### 3.4.2. Складання специфікації

Таблиця 3.1 - Специфікація на конструкцію стенду

Найменування	Кількість	Одиниці вимір.
Переключ. на 2 положення з фікс (зелений.), 1НО, LED 220В, Ø22 XB5AK123M5	1	шт.
Стандартний блок-контакт, АЛЕ 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 з цок. BA9s, 220В DL1CF220	10	шт.
Кнопка без ф. (зел.), 1НО, Ø22 XB5AA31	2	шт.
Перемикач на 3 положення з фіксацією (чорн.), 2НО, Ø22 XB5AJ33	1	шт.
Перемикач на 2 положення з фіксацією (чорн.), 1НО, Ø22 XB5AD21	4	шт.
Переключ. на 2 положення з фікс. (зел.)1НО, 1НЗ, LED 24В, Ø22 XB5AK123B5	1	шт.
Переключ. на 2 положення з фікс. (черв.)1НО, 1НЗ, LED 24В, Ø22 XB5AK124B5	1	шт.
Станд.тримач 30x50 для маркування 18x27 ZBZ33	25	шт.
Маркування 18X27 ZBY5102	30	шт.
Клемні роз'єми AB1RRN435U4	6	шт.

Модуль CPU 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.
Датчик руху, 12В, реле Астра- 9	2	шт.
Геркон ИО102- 29 "Естет"	2	шт.
Датчик освітленості ОС100М	1	шт.
Датчик температури ТА100М	1	шт.
Датчик вологості ВА100М	1	шт.
Кабель комп'ютер-розетка 220В, 3м	1	шт.
Патч-корд UTP 5е жовтий, 3м	1	шт.
Мережевий кабель FTP 5е 4x2	5	м
Клемні роз'єми ЗНИ- 6	5	шт.
Клемні роз'єми ЗНИ- 4PEN	10	шт.
Кабельний короб перфоров. 25x25	4	м
Рейка DIN 125 см	1	шт.
Кабельний хомут 160x2, 5	2	уп.
Кабельні наконечники-гільзи 0,8мм, E7508 (білий)	2	уп.
Кабельні наконечники-гільзи 1мм, E1008 (жовтий)	2	уп.
Кабельні наконечники-гільзи 2x1мм, НГИ2 1,0-10 (ж.)	1	уп.
Наконечники кільцеві лудж. 0,5-1,5, НКИ 1,25-3	1	уп.
Ізоляційна стрічка 0,18x9, чорна	1	шт.
Сигнальний кабель МКЭШ 2x0, 75	10	м
Дріт ПВЗ- 1 (білий)	50	м
Дріт ПВЗ- 1 (чорний)	40	м
Дріт ПВЗ- 1 (ж\з)	20	м



### 3.5. Розрахунок надійності

Для розрахунку надійності потрібна інформація про напрацювання на відмову (чи) частоту відмов усього комплекту деталей, вузлів використаних у системі. У літературі ці дані дуже різняться (іноді, до 10 разів). Тому для розрахунку візьмемо окремі дані які вдалося отримати від фірм і заводів виготівників, а інші за середніми значеннями з вітчизняної літератури.

Розрахунок будемо проводити виходячи з наступного:

- Напрацювання на відмову модуля CPU «BECKHOFF BC9120» становитиме приблизно 5 років, вхідних і вихідних модулів також приблизно 7 років

- Блоків живлення 5 років
- Вибраних датчиків приблизно 10 років
- Вибраних кнопок і перемикачів 30000 спрацьовувань
- У зв'язку, з тим що відмова світлової індикації не приводить до відмови усього стенду, в розрахунок її не беремо. Не беремо до уваги і автоматичний вимикач, оскільки вірогідність перевантажень і короткого замикання є малою.

Частота відмови модуля CPU, вхідних і вихідних модулів:

$$\lambda_{\text{cpu}} = 1/(7 \times 365 \times 24) \approx 1,6 \times 10^{-5} \text{ 1/година}$$

$$\lambda_{\text{вх}} = 3/(7 \times 365 \times 24) \approx 4,9 \times 10^{-5} \text{ 1/година}$$

$$\lambda_{\text{вих}} = 4/(7 \times 365 \times 24) \approx 6,5 \times 10^{-5} \text{ 1/година}$$

$$\lambda_{\text{т}} = 1/(7 \times 365 \times 24) \approx 1,6 \times 10^{-5} \text{ 1/година}$$

$$\text{Разом } \lambda_{\text{к}} = \lambda_{\text{cpu}} + \lambda_{\text{вх}} + \lambda_{\text{вих}} + \lambda_{\text{т}} = 14,7 \times 10^{-5} \text{ 1/година}$$

Частота відмови блоків живлення :

$$\lambda_{\text{бж}} = 2/(5 \times 365 \times 24) \approx 4,5 \times 10^{-5} \text{ 1/година}$$

Частота відмови датчиків

$$\lambda_{\text{д}} = 7/(10 \times 365 \times 24) \approx 8 \times 10^{-5} \text{ 1/година}$$

Для розрахунку частоти відмов органів управління приймемо що стенд включається/вимикається 4 рази за день, а кнопки і перемикачі - 40 разів на день.

$$\lambda_{\text{вк}} = 8/(30000 \times 24) \approx 1,1 \times 10^{-5} \text{ 1/година}$$

$$\lambda_{\text{кн}} = 9 \times 40/(30000 \times 24) \approx 50 \times 10^{-5} \text{ 1/година}$$

Частота відмови стенду буде становити:

$$\lambda_c = \lambda_k + \lambda_{бж} + \lambda_d + \lambda_{вк} + \lambda_{кн} = 78,3 \times 10^{-5} \text{ 1/година}$$

Тоді гарантійне напрацювання на відмову  $T_{гар} = 1 / \lambda_c = 1 / (78,3 \times 10^{-5}) = 1300$  годин.

У зв'язку з тим, що цей стенд виготовляється в одиничному екземплярі, для підвищення надійності слід провести попередню перевірку комплектуючих з метою виявлення бракованих і ненадійних елементів.

При обслуговуванні стенду несправності в модулі CPU, модулях входів/виходів можна виявити по світлодіодній індикації, якою забезпечений кожен модуль. Наявність індикації, а також використання для монтажу апаратури DIN-рейка дозволяє скоротити час на пошук і усунення несправностей. Звичайний час відновлення не перевищує 1 години. У дуже окремих випадках (що вимагають аналізу робочої програми) цей час може становити 2...2,5 години.

### **3.6. Висновки по розділу 3**

У розділі було проведено вибір апаратного забезпечення стенду, зроблено розрахунок і вибір блоків живлення, розроблено структурну схему стенду а також, загальний вигляд його передньої панелі. Проведено розрахунок надійності роботи обладнання.

## **4. НАУКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА**

Сучасний будинок – це велика кількість приладів та пристроїв, починаючи від звичайних ламп освітлення, закінчуючи кліматичними й охоронними системами, складною аудіо/відео апаратурою. Управління всіма цими пристроями роздільно вимагає від господаря будинку постійної уваги і стає важким заняттям. Вирішити цю проблему можна з використанням системи «Розумний будинок», що дозволяє домогтися високого рівня безпеки, комфорту та енергозбереження. У цій інтелектуальній системі всі пристрої об'єднуються в єдиний комплекс, керований спеціальним контролером домашньої автоматизації (наприклад, «Leopard», «Leopard-2» чи «Ocelot»). Він забезпечує керування роботою всіх домашніх приладів, не вимагає великих фінансових витрат, керувати ним можна з будь-якого місця, де б не перебував власник будинку.

### **4.1. Порівняльний аналіз вхідних модулів**

На стенді знаходитимуться наступні органи управління :

- трипозиційний перемикач з фіксацією положення, призначений для вибору ламп, регульованих по потужності;
- кнопка без фіксації «Яскравіше»;
- кнопка без фіксації «Темніше»;
- двопозиційний перемикач з фіксацією положення, призначений для включення\відключення лампи 1;
- двопозиційний перемикач з фіксацією положення, призначений для включення\відключення лампи 2;
- двопозиційний перемикач з фіксацією положення, призначений для включення\відключення індикації відсутності напруги на «розетка 1»;
- двопозиційний перемикач з фіксацією положення, призначений для включення\відключення індикації відсутності напруги на «розетка 2»;
- двопозиційний перемикач з фіксацією положення, призначений для вибору режиму роботи стенду;

- двопозиційний перемикач з фіксацією положення, призначений для емуляції спрацьовування «датчика протікання води».

Виходячи із завдання на проєкт, на стенді мають бути розташовані наступні датчики:

- дискретні - датчики руху (2 штуки), геркони на імітаціях дверей і вікна;
- аналогові - датчики освітленості, температури, вологості

Для підключення датчиків буде потрібно ще 4 дискретних і 3 аналогових вхідних каналів.

Отже, загальна кількість вхідних дискретних каналів 14 і 3 аналогових.

Фірма «BECKHOFF» виробляє 2-, 4-, 8-, 16 - і 32-канальні дискретні вхідні модулі, для стенду застосуємо 2 8-ми канальних дискретних модулі KL1408, оскільки вони забезпечать усю необхідну функціональність і оптимальні за вартістю і доступністю на російському ринку, серед інших аналогічних модулів цієї ж фірми. Додатково залишається 2 дискретних вхідних каналу для можливої майбутньої модернізації стенду.

### Опис і характеристики модуля KL1408

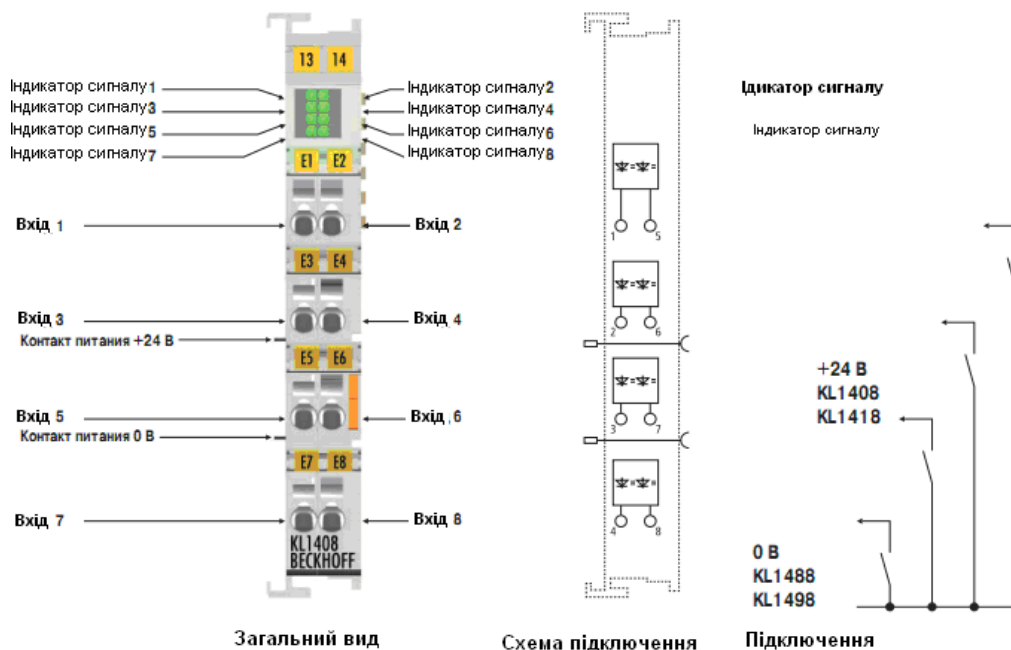


Рисунок 4.1 - Загальний вигляд, схема підключення і виконане підключення модуля KL1408

KL1408 8-канальний модуль вводу дискретних сигналів 24 В постійного струму

Модуль введення KL1408 (позитивної полярності) реєструє двійкові сигнали рівня обробки, що управляють, і передає їх в електрично ізольованій формі на пристрій автоматизації більш високого рівня. Стан восьми контактів модуля відображується за допомогою світлодіодів. Монтовані в шафах управління ці модулі особливо зручні для використання в умовах обмеженого простору. Контакти живлення забезпечують наскрізний контур. Опорна напруга для усіх входів модулів KL1408 становить 0 В.

#### *Технічні характеристики KL1408*

Число входів : 8

Номинальна напруга: 24 В постійного струму (- 15 % /+20 %)

Сигнальна напруга "0": - 3.. 5 В (IEC 61131-2, тип 1)

Сигнальна напруга "1": 11.30 В (IEC 61131-2, тип 1)

Сигнальний струм "0": 0.1,5 мА

Сигнальний струм "1": 2,0...2,5 мА

Вхідний фільтр: 3,0 мс

Вхідний струм: 3 мА ( IEC 61131-2, тип 1)

Споживання струму шини : К - bus 5 мА

Електрична ізоляція: 500 В rms («К-bus» /напруга мережі)

Ширина біта в образі процесу: 8 входів

Конфігурація: Не виконується

Маса: 55 г

Температура при експлуатації/зберіганні: 0°C .. +55°C/-25°C .. +85°C

Відносна вологість: 95 %, без конденсації

Клас захисту / позиції при монтажі: IP 20 / різних

Блокове з'єднання: З усіма модулями KSxxxx Bus Terminals

Для введення аналогових сигналів, фірма «BECKHOFF» виробляє 1-, 2-, 4-, 8-канальні аналогові вхідні модулі, для стенду з тієї ж причини застосуємо 4-х канальний модуль аналогового введення KL3454, 1 вхід якого залишимо в резерві.

## Опис і характеристики модуля KL3454

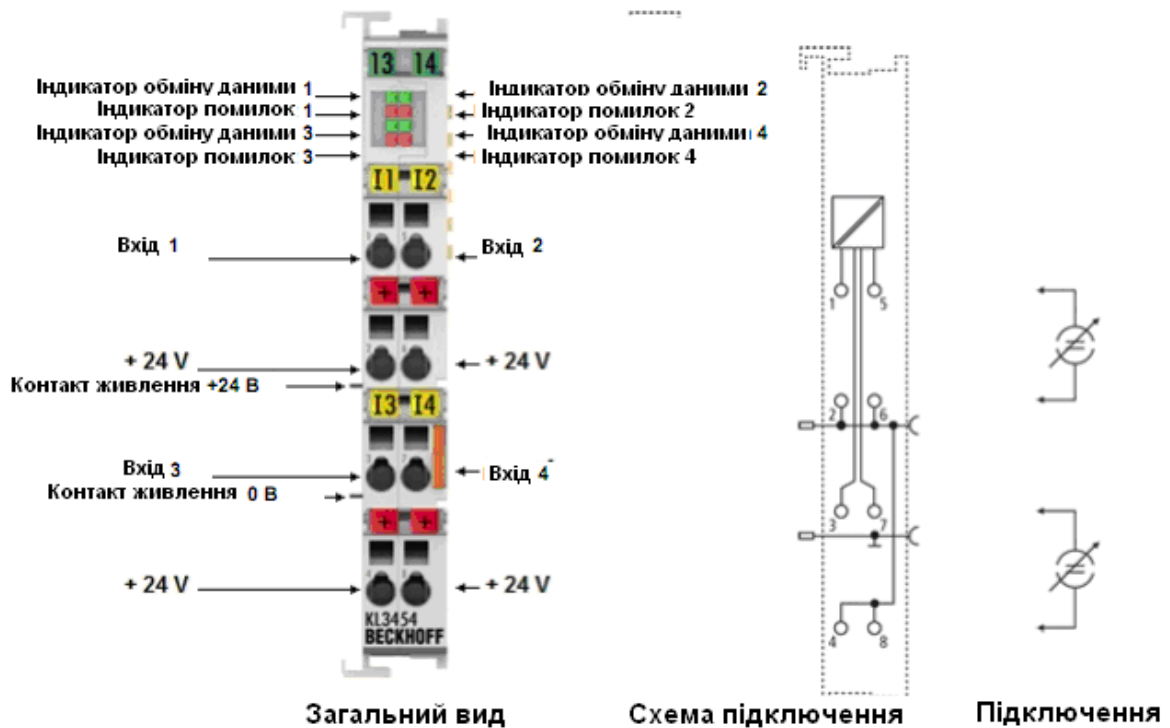


Рисунок 4.2 - Загальний вигляд, схема підключення і підключення модуля KL3454

Аналоговий модуль введення-виведення KL3454 обробляє сигнали в діапазоні від 4 до 20 мА. Аналогові струмові сигнали дискретизують з роздільною здатністю 12 бітів і передаються в електрично ізольованій формі до автоматичних пристроїв високого рівня. У модулі KL3454 чотири входи мають двопровідний вигляд і загальний земляний потенціал. Для забезпечення можливості підключення двопровідних датчиків без використання допоміжної напруги на контакт живлення модуля подається напруга 24 В. Використання технології однопровідного зв'язку забезпечує підключення багатоканальної системи датчиків при мінімальному необхідному просторі. Контакти живлення модуля KL3454 є прохідними. Земляний потенціал для усіх входів відповідає 0 В контакту живлення. Інформація об стан модуля передається на контролер по шині «K-bus». Світлодіодні індикатори «run» сигналізують про процес обміну даними з шинним з'єднувачем, індикатори «error» - про перевантаження або обрив лінії.

### Технічні дані KL3454

К-сть вводів : 4

Живлення: через «K-bus»

Сигнал: 4.20 мА

Внутрішній опір: < 85 Ом

Розрядність: 12 біт

Час перетворення : ~ 2 мс

Похибка вимірювань : < ±0.3 % (від граничного значення шкали )

Допустима імпульсна напруга: 30 В постійного струму

Електрична ізоляція: 500 V<sub>rms</sub> («K-bus»/напруга сигналу)

Споживання струму шини «K-bus»: 85 мА

Бітова ширина в образі процесу: введення: 4 x 16 бітів даних (4 x 8 бітів управління/статусу, по вибору)

Конфігурування: не виконується

Маса 75 г

Температура при експлуатації/зберіганні: 0.+55 °C/-25.+85 °C

Відносна вологість: 95 %, без конденсату

Вібраційна/ударна стійкість: відповідає вимогам EN 60068-2-6/EN 60068-2-27/29

Електромагнітна сумісність: відповідає вимогам EN 61000-6-2/EN 61000-6-4

Клас захисту/позиції при монтажі: IP 20

Блокове з'єднання: з усіма модулями типу «KSxxxx Bus Terminals»

Загальний струм споживаний 2 модулями KL1408 при усіх логічних одиницях становить  $16 \times 0,25 \text{ мА} = 40 \text{ мА}$ , загальний споживаний струм одним модулем KL3454 при максимальних вхідних сигналах становить  $4 \times 20 \text{ мА} = 80 \text{ мА}$ , разом загалом 120 мА.

Споживання струму від шини «K-bus» 2-х модулів KL 1408 становитиме  $2 \times 5 \text{ мА} = 10 \text{ мА}$ , а 1 модуля KL3454 рівне 85 мА, отже усього споживання струму від шини «K-bus» становитиме 95 мА

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

## 4.2. Порівняльний аналіз вихідних модулів

Згідно із завданням на проєкт, учбово-демонстраційний стенду повинен виводити наступну індикацію, :

- індикація спрацьовування геркона «вікна»;
- індикація спрацьовування геркона «дверей»;
- індикація включення замкового «електроклапана»
- індикація спрацьовування «датчика протікання води»;
- індикація режиму роботи стенду «норма\охорона»;
- індикація «тривоги»;
- управляти включенням/виключенням ламп 1 і 2 ~220В (освітлення «кімнати 2-го поверху»), а так само управляти включенням/виключенням розеток 1 і 2 ~220В;
- здійснювати плавне регулювання потужності ламп 3 і 4 (освітлення «кімнати 1-го поверху») ~220В;

Компанія «BESKHOFF» випускає декілька видів дискретних вхідних модулів, але оскільки необхідно виводити індикацію 6 об'єктів і для індикації в стенді використовуватимуться лампи 24В Ø22 XB5AVB3 - 4, струм споживаний якими становитиме  $0,02\text{мА} \times 6 = 0,12\text{А}$ , виходячи з цього, виберемо 8-канальний модуль дискретних вихідних сигналів KL2408 24В постійного струму.

### *Опис і характеристики модуля KL2408*

Модуль KL2408 (позитивне перемикання) забезпечує електрично ізольовану передачу сигналів керування з пристроїв автоматизації на виконавчі пристрої на рівні процесу. Модуль KL2408 захищений від зміни полярності напруги. Струм навантаження проходить через виходи, захищені від перевантаження і короткого замикання. Модуль має вісім каналів з індикаторами, що показують стан сигналів. Ці компактні модулі добре пристосовані для використання в шафах керування.



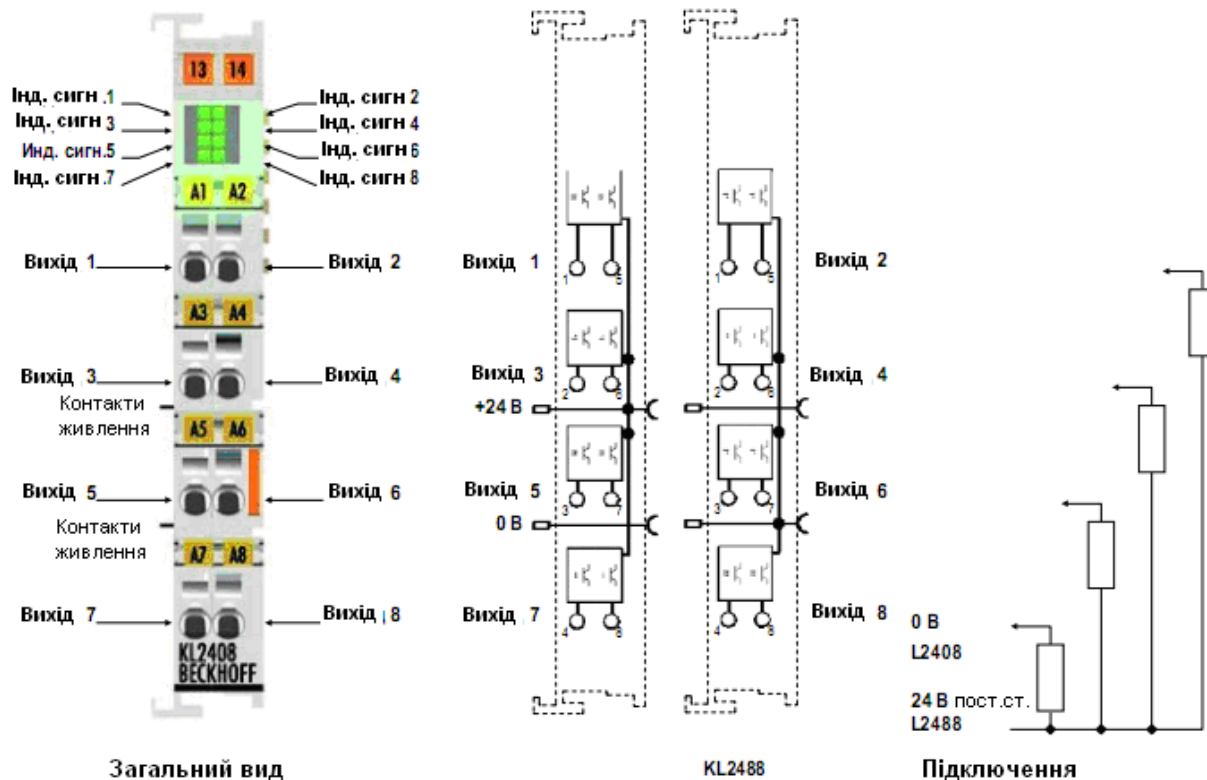


Рисунок 4.3 - Загальний вигляд, схема підключення і підключення модуля KL2408

Технологія з'єднання особливо зручна для несиметричних входів. Усі компоненти використовують ту ж опорну точку, що і KL2408. Контакти живлення мають контур наскрізного пропускання. У моделі KL2408 для виведення сигналів використовується контакт живлення 24 В.

#### Технічні характеристики KL2408

Кількість виходів : 8

Номінальна напруга: 24 В пост. струму (-15 %/+20 %)

Тип навантаження: омичне, індуктивне, лампове

Максимальний вихідний струм (на канал): 0,5 А (захист від КЗ), загальний струм 3А

Споживаний струму від шини «K-bus»: типово 18 мА

Споживання струму від напруги навантаження : типово 60 мА

Захист від зміни полярності: наявна

Електрична ізоляція: 500 В<sub>rms</sub> («K-bus»/напруга мережі)

Ширина біта в образі процесу: 8 виводів

Конфігування: Не використовується

Маса: близько 70 г.

Температура при експлуатації/зберіганні 0 .+55 °С/-25. +85 °С

Відносна вологість: 95 %, без конденсації

Стійкість до вібрації/струсу: відповідає EN 60068-2-6/EN 60068-2-27/29

Стійкість до ЕМ імпульсів/ЕС: відповідає EN 61000-6-2 (EN 50082)/EN 61000-6-4 (EN 50081)

Клас захисту/позиції при монтажі: IP 20

Для управління включенням/виключенням ламп ~220В і для управління включенням/виключенням розеток (на стенді виконана симуляція розеток лампами ~220В) необхідно використовувати релейні вихідні модулі. Фірма BECKHOFF виробляє 2 типи таких модулів - KL2604 і KL2614. Модуль KL2614 допускає як ручне включення/виключення кожного реле, так і автоматичне, а модуль KL2404 - тільки автоматичне. У стенді використовуватимемо простіший і дешевший 4-канальний релейний вихідний модуль KM2604

#### *Опис і характеристики модуля KL2604*

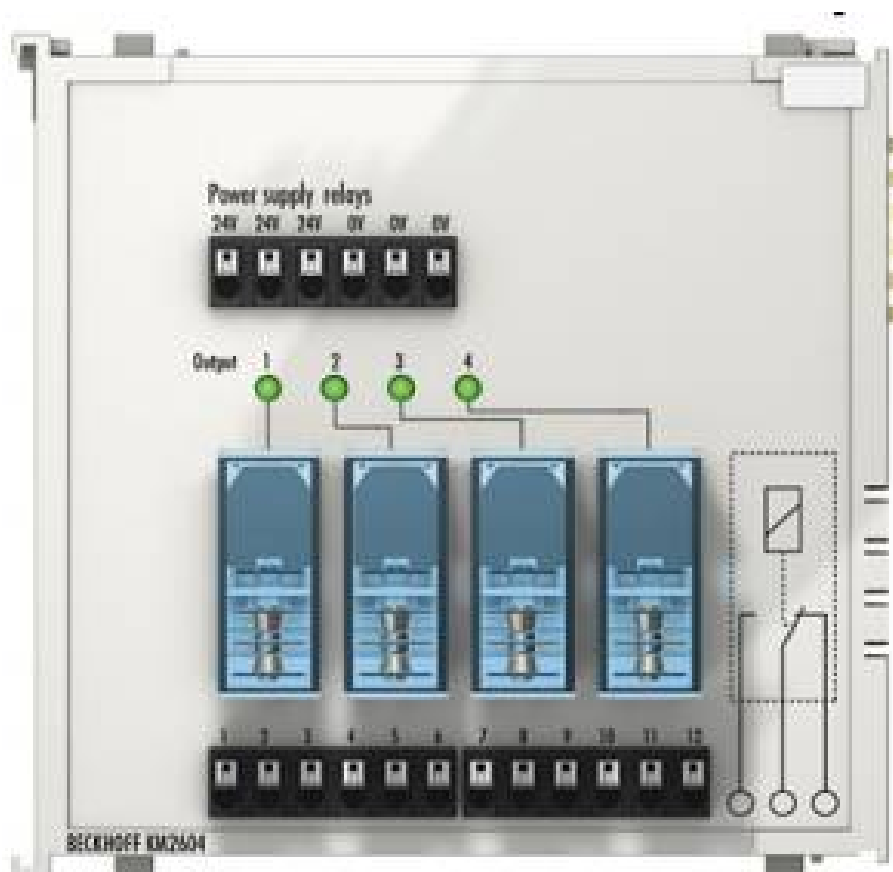


Рисунок 4.4 - Загальний вигляд KM2604

Модуль KM2604 має 4 змінних силових реле. Завдяки високій комутаційній здатності - 16А, 230В змінного струму - модуль дозволяє безпосередньо

підключати пристрої з великим споживанням енергії. Розташовані вище реле легко замінювані.

*Технічні характеристики KM2604*

Кількість виходів: 4 контакти перемикачання

Номинальна перемикачальна напруга: 250 В і 30 В змінного струму

Номинальний струм комутації : 16 А

Мінімальне навантаження комутації : 5 мА (10 В постійного струму)

Електрична ізоляція: 1.5 кВ<sub>rms</sub> («К-bus»/напруга в мережі); номінальний викид напруги 2.5 кВ, категорія перенапруги III

Споживання струму через «К-bus»: 15 мА

Споживання струму при постійній напрузі 24 В: 50 мА на кожне активне реле

Ширина бітів в образі процесу: 4 виходи

Кількість механічних комутаційних циклів (мінімум) : 5 x 10<sup>6</sup>

Кількість електричних комутаційних циклів (мінімум) : 1 x 10<sup>6</sup> (1А змінного струму/250 В постійного струму)

Габарити (ШxВxГ) : 99 x 100 x 62 мм

Конфігурація: без установки адреси, без конфігурації

Маса: близько 250 г

Температура експлуатації/зберігання : 0.+55°C/-25.+85°C

Відносна вологість: 95 %, без конденсації

Стійкість до вібрації/ударів: згідно з нормами EN 60068-2-6/EN 60068-2-27/29

ЕМС захищеність/випромінювання: згідно з нормами EN 61000-6-2/EN 61000-6-4

Клас захисту/розташування при монтажі: IP 20/будь-хто

Додаткове приладдя: ZB2601 реле, 230 В змінного струму, 16 А, котушка 24 В, запасна частина для KM2604

Для плавної зміни потужності ламп ~220В використовується 2 вихідних модулі дімування KL2751

## Опис і характеристики модуля KL2751

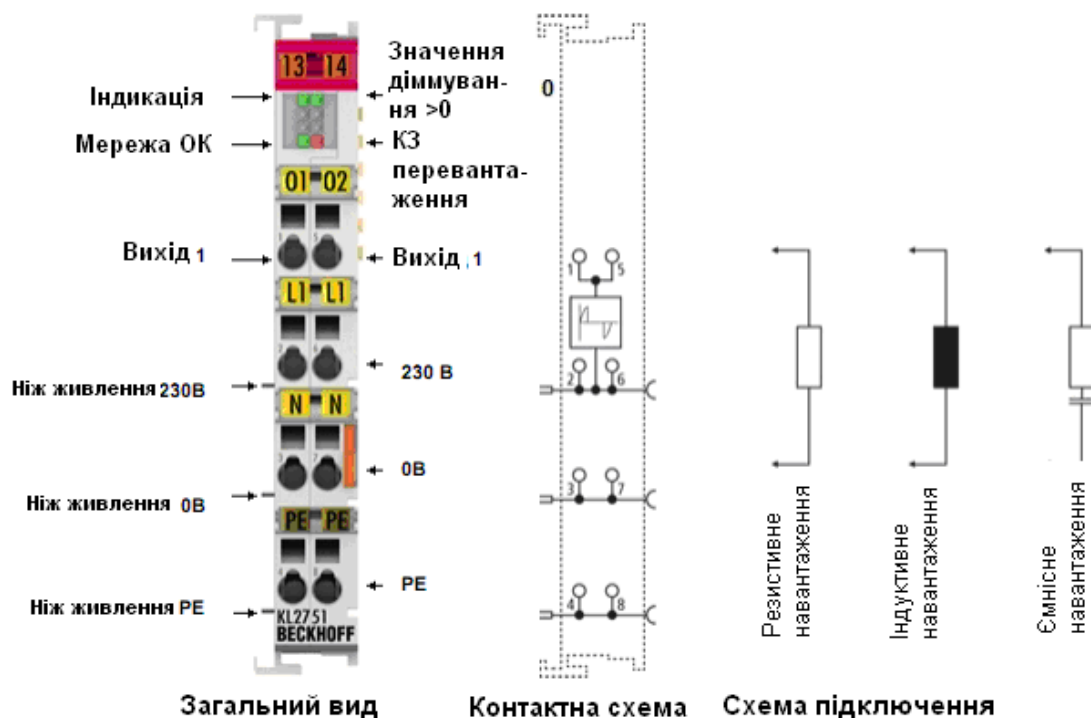


Рисунок 4.5 - Загальний вигляд, схема підключення і контактна схема модуля KL2751

Модуль дімування KL2751 розроблений для безпосереднього підключення різних освітлювальних приладів. Модуль призначений для управління і контролю типовими навантаженнями: лампами розжарювання, індуктивними і електронними баластами. Тип навантаження визначається автоматично. По отримуваних з верхнього рівня автоматизації даних по бажаній мірі освітленості модуль KL2751 обчислює відповідний кут регулювання фази. Вихід модуля має захист від короткого замикання і перевантаження. Модуль KL2751 може управлятися за допомогою інших шин.

### Технічні характеристики KL2751

Напруга мережі : 230 В змінного струму

Номінальна потужність: 300 ВА (Вт)

Номінальний струм: максимально 1.35 А

Тип навантаження: омичне, індуктивне або ємнісне, автоматичне визначення

Тип управління: Імпульсно-фазове регулювання

Чутливість: 1 %

Струм витоку : < 1 мА (стан викл.)

Споживання струму через шину «K-Bus»: 65 мА

Розмір образу: Вихід: 1 x 16-біт-даних (1 x 8-біт-контроль/статус опційно)

Маса: приблизно 60 г

Температура експлуатації/зберігання : 0...+55 °C/-25...+85 °C

Відносна вологість: 95 %, без конденсації

Стійкість до вібрацій / ударів: відповідає EN 60068-2-6/ EN 60068-2-27/29

EMC стійкість/випромінювання: відповідає EN 61000-6-2/EN 61000-6-4

Клас захисту/розташування при монтажі: IP 20 довільне

Штекерне з'єднання: в усіх модулів KSxxxx

Загальний струм споживаний від напруги навантаження 1 модулем KL2408 становить 120мА, 1 модулем KL2604 на кожне активне реле становить 50мА, тобто усього  $4 \times 50 \text{ мА} = 200 \text{ мА}$ . Всього споживаний струм від напруги навантаження усіма вихідними модулями становить 320мА.

Споживання струму через шину «K-Bus» 1 модулем KL2408 становить 18мА, модулем KL2604 15мА, 2-ма модулями KL2751  $2 \times 0,65 \text{ мА} = 130 \text{ мА}$ . Всього споживання струму через шину K-Bus становить 163мА

У адресному просторі контролера (для області периферії) дискретні виходи займають адреси з QX3.0 - QIX3.7 (QX1.3 і QX1.7 входів - резервні дискретні входи), релейні виходи - QX 4.0 - QX4.3, виходи дімування - QW5.4 і QW6.4 (Детальніше адресація буде розглянута Спеціальній частині)

### **4.3 Вибір типу конфігурації процесорного модуля**

Вибір модуля CPU робитимемо виходячи з технічного завдання і вибраних вхідних і вихідних модулів, і, враховуючи те, що конфігурація контролера буде здійснюється за допомогою комп'ютера через протокол «Ethernet». Так само необхідно врахувати, що блок CPU повинен мати запас по максимальному рівню вхідного струму споживаного усіма модулями від шини «K-Bus», який для вибраних модулів становить  $163 \text{ мА} + 95 \text{ мА} = 258 \text{ мА}$ , тобто модуль CPU повинен мати максимально допустимий рівень вхідного струму не менше ніж 258 мА. Має бути достатній обсяг пам'яті для зберігання програми. Усім вище переліченим критеріям задовольняє модуль CPU BC9120

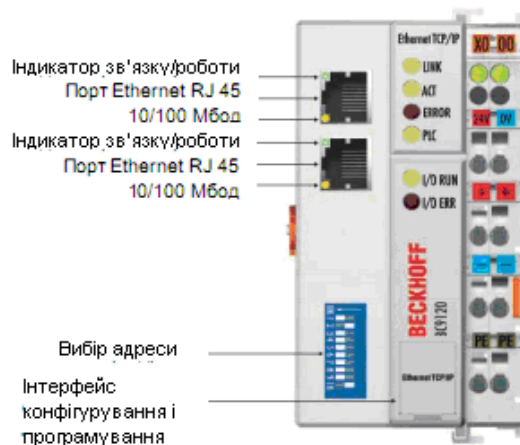


Рисунок 4.6 - Загальний вигляд модуля CPU BC9120

Шинний контролер «Bus Terminal Controller BC9120» є інтерфейсним модулем «Bus Coupler» із вбудованою функцією програмованого логічного контролера (ПЛК) і має інтерфейс промислової шини для підключення по мережі «Ethernet». Завдяки розширенню «К-bus» контролери серії «Ecopony plus» допускають підключення до 255 модулів введення/виводу до кожного пристрою.

Контролери серії BC мають більший обсяг пам'яті і додаткові інтерфейси для інтеграції з периферійними пристроями. Модель BC9120 оснащена додатковим портом RJ 45. Обидва «Ethernet»-порти функціонують як 2-канальні комутатори. Отже, для станцій введення/виводу замість класичної топології «зірка» можна використовувати лінійну топологію. У багатьох випадках це сприяє значному скороченню монтажних робіт і зниженню витрат на кабелі. Максимальна відстань між контролерами / пристроями сполучення становить 100 м. У схемі каскадного включення можливе використання до 20 контролерів BC9120, що дозволяє збільшити довжину лінії зв'язку до 2 км.

Завдяки розширенню «К-bus» можливе підключення до 255-ти модулів вводу/виводу.

Програмування шинного контролера проводиться за допомогою програмних засобів «TwinCAT», що відповідають вимогам ІЕС 61131-3. Для завантаження програми в ПЛК використовується конфігураційний/програмний інтерфейс BC9120. Якщо для програмування використовуються програмні засоби «TwinCAT», завантаження може бути проведене також через «Ethernet».

За умовчанням входи і виходи підключених модулів введення/виводу призначені для під'єднання до міні-ПЛК. Кожен модуль може бути сконфігурований так, щоб відбувався прямий обмін даними через промислову шину з автоматизованими пристроями вищого рівня.

*Характеристики ПЛК ВС912 Ethernet TCP/IP :*

Програмування: «TwinCAT» програмний інтерфейс або «Ethernet»

Програмна пам'ять: 128 кілобайт

Пам'ять для даних: 128 кілобайт

Залишкові дані: 2 кілобайти

Незалежні дані: 1 кілобайт

Система виконання програми: 1 завдання ПЛК

Час циклу ПЛК: при бл. 1 ms на 1,000 інструкцій (без I/O cycle, «K-bus»)

Мови програмування : IEC 61131-3 (IL, LD, FBD, SFC, ST)

Технічні дані ВС9120

Кількість модулів введення-виводу : 64 (255 з «K-bus» розширенням)

Максимальна кількість байтів в образі процесу: 2048 байт (вхід) і 2048 байт (вихід)

Цифрові периферійні сигнали: 2040 входів/виходів

Аналогові периферійні сигнали: 512 входи/виходів

Протокол: «TwinCAT ADS», «Modbus TCP»

Конфігурація: За допомогою KS2000 або «Ethernet»

Швидкість передачі даних: 10/100 Мбод, автоматичне визначення швидкості передачі

Шинний інтерфейс: 2 x RJ 45 (2-канальний перемикач)

Живлення: 24 В постійного струму (- 15 %/+20 %)

Рівень вхідного струму: 70 мА + (загальний струм шини «K-bus»)/4, 500 мА максимум.

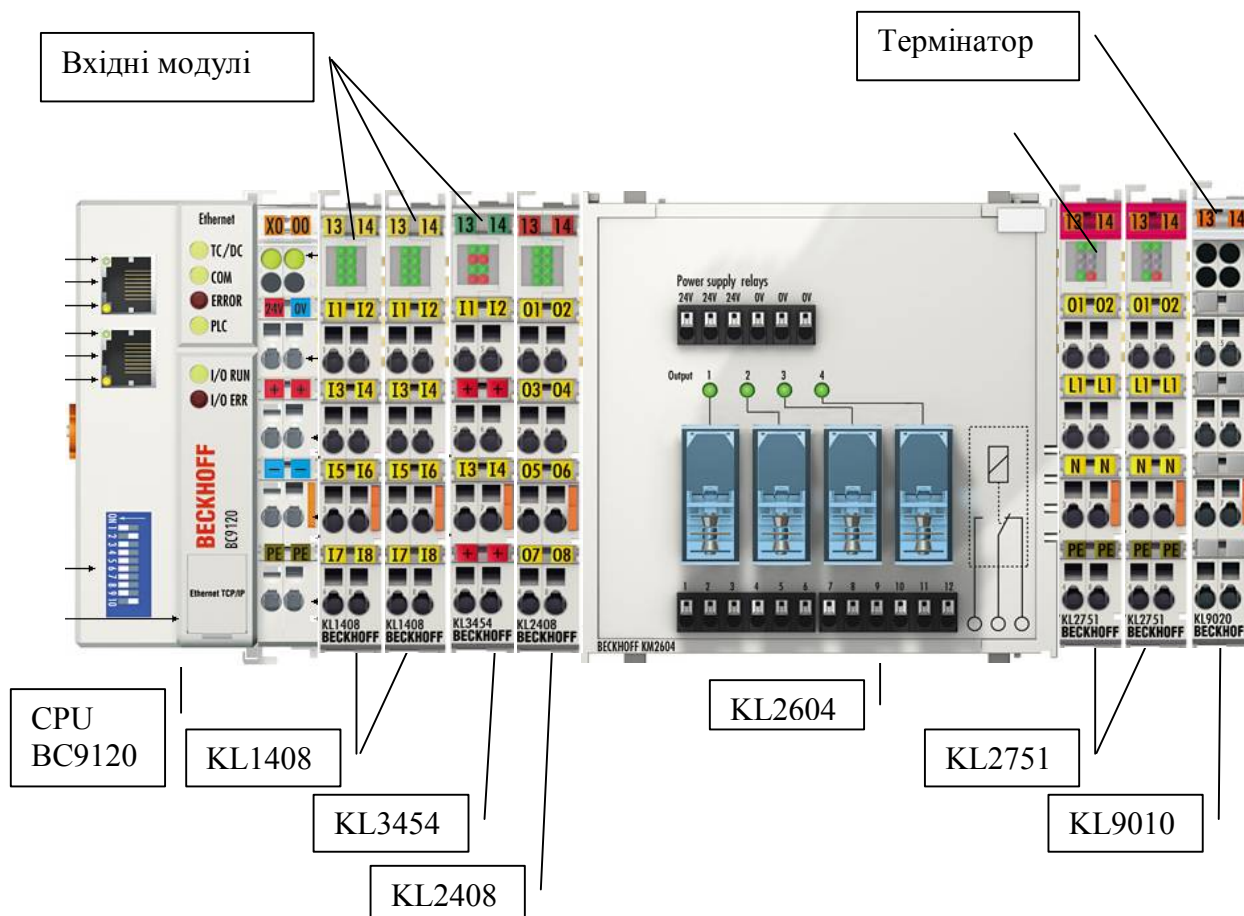


Рисунок 4.7 Компоновка контролера на базі модуля CPU BC9120

Модуль заглушка (модуль, що термінує) KL9010 вимагається для того, щоб здійснювався обмін даними між контролером і модулями введення-виводу. Ніяких інших функцій окрім замикання внутрішньої шини модуль не здійснює.

Початковий струм: 2,5 x постійний струм

Рекомендований запобіжник:  $\leq 10$  А

Струм живлення шини «К-bus»: 1,750 мА

Контакти живлення: 24 В постійного струму, максимум /10 А, максимум

Електрична ізоляція: 500  $V_{rms}$  (контакт живлення/напряга живлення/промислова шина)

Температура при експлуатації / зберіганні: 0...+55 °C/-25...+85 °C

Клас захисту / позиції при монтажі: IP 20

Кожен ряд модулів повинен справа «термінувати» крайовим модулем KL9010 (або іншими типами модулів-заклушок).



#### **4.4. Висновки по розділу 4**

У результаті проведеного порівняльного аналізу існуючих конфігурацій було обрано конкретну конфігурація процесорного модуля програмованого логічного контролера та вхідних і вихідних модулів. Наведено їх технічні характеристики, для використання у подальшому проектуванні стенду.

## **5 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА**

### **5.1. Методи організації каналів вводу-виводу**

На даний час передавання вхідних і вихідних сигналів здійснюється децентралізовано до пристроїв, підключених безпосередньо до промислової шини і централізовано - до програмованих логічних контролерів. Нерідко використовуються специфічні пристрої з фіксованою конфігурацією сигналів входу/виходу, що призводить до необхідності застосування цілих груп однотипних пристроїв.

Цей дорогий спосіб збору сигналів вимагає додаткових витрат на матеріали, монтаж, проектування і документацію, особливо при подальшій модифікації або розширенні системи, лягаючи додатковим навантаженням на обслуговуючий персонал.

Система вводу-виводу від компанії «BESCKHOFF», що складається з електронних модулів, є відкритою і побудованою на концепції незалежної периферії від промислової шини. Головним ведучим електронним модульним блоком є шинний контролер з інтерфейсом промислової шини. Контролер промислової шини дозволяє підключати до 64-х функціональних модулів обробки будь-яких видів сигналів. Модулі, що працюють з різною напругою, можуть налаштовуватися, повністю замінюючи використання механічних блоків. Отже, рівні вхідних і вихідних сигналів налаштовуються так само, як на електронних модулях, незалежно від типу промислової шини.

#### *Стандарт для автоматизації*

Модулі вводу-виводу «BESCKHOFF» забезпечують економічну організацію комутаційних шаф і клемних коробок. 4-провідна технологія підключення дозволяє підключати усі найбільш поширені датчики і виконавчі механізми, що використовують різні види сигналів без використання додаткової комутаційної техніки.

Завдяки цьому значно знижуються витрати на створення систем керування, забезпечується економія місця, матеріалів, робочого часу і грошових коштів. Модулі вводу-виводу «BESCKHOFF» успішно застосовуються в системах промислової автоматизації. Мала маса і розмір, а також легкість встановлення та

підключення роблять модулі «BECKHOFF» незамінними при побудові "нижнього рівня" автоматизації.

Управління каналами вводу-виводу здійснюється по "промисловій шині" через інтерфейсний модуль Bus coupler, який вибирається за типом шини, відповідно до необхідних вимог. Модулі вводу-виводу «BECKHOFF» задіяні і успішно апробовані при автоматизації промислових процесів в самих різних галузях. Використання технології розподіленого вводу-виводу «BECKHOFF» при проектуванні, конструюванні, кабельній разводці, пусконаладженні та експлуатації промислових систем є економічно вигідним.

## **5.2 Структура контролера на основі блоку BC9120**

Контролери на основі блоку CPU BC9120, в принципі як і на основі будь-якого іншого блоку CPU фірми «BECKHOFF», побудовані за модульним принципом.

«Станція» складається з базового контролера промислової шини («Bus Coupler») і до 64 модулів вводу-виводу. Модуль розширення «K-bus» дозволяє підключати до 255 модулів вводу-виводу до одного контролера.

Модулі стикуються один за іншим, в довільній послідовності, утворюючи міцну набірну конструкцію. Електричний контакт здійснюється підключенням до затискачів без подальших маніпуляцій. При цьому кожен модуль може замінюватися окремо. Установка на стандартну DIN-рейку дозволяє надійно фіксувати модулі одного відносно іншого. Разом з горизонтальним розташуванням допускаються будь-які інші способи встановлення.

Клемна панель зі світлодіодними індикаторами статусу і знімні поля для нанесення тексту забезпечують чітку ідентифікацію. Трипровідна технологія, що доповнюється захисним з'єднанням, дозволяє безпосередньо сполучати кабелем датчики і виконавчі механізми.

Контролери промислових шин «BECKHOFF» підтримують такі протоколи як «Lightbus», «PROFIBUS DP/FMS», «Interbus», «CANopen», «DeviceNet», «ControlNet», «Modbus», «Fipio», «SERCOS interface», RS232, RS485, «Ethernet TCP/IP» і USB. Модуль вводу-виводу може бути представлений майстер-

пристроєм промислової шини. Як правило це надзвичайно доцільним для інтегрування підсистем у систему більш високого рівня. Майстер-пристрої доступні для наступних шин: «AS-Interface», «EIB», «LON», «DALI», «e – drive», «LIN» і «EnOcean».

#### *Вільний набір будь-яких сигналів*

Завдяки широкому асортименту, що включає понад 150 різних модулів вводу/виводу, «BESKHOFF» є повнокомплектною системою вводу-виводу на ринку автоматизації. За допомогою компонентів системи модулів введення-виводу користувач може вільно вибрати комбінацію сигналів для кожної станції, уникаючи надмірності числа каналів. Дискретні модулі виконані у вигляді 2-, 4- і 8-канальних пристроїв. Стандартні аналогові входи сигналів  $\pm 10$  В, 0...10 В, 0...20 мА і 4...20 мА розташовуються в стандартному корпусі в 1-, 2-, 4- і 8-канальному варіанті. У стандартному корпусі модуля шириною всього 12 мм надкомпактно зосереджені входи і виходи аналогових сигналів. Завдяки цьому досягається висока щільність системи, що дозволяє економічно використовувати простір для монтажу. Для усіх використовуваних в АСУ форм цифрових і аналогових сигналів, струмів і напруги із стандартним рівнем сигналу, а також для сигналів PT100 і термоелементів є відповідні модулі. Через клемні модулі з послідовним інтерфейсом RS232 C, RS485 або 20 мА TTY можна підключати різні "інтелектуальні" прилади.

### **5.3 Структура середовища програмування**

Програма контролера була розроблена в спеціалізованому програмному середовищі «TwinCAT» компанії «BESKHOFF».

Пакет програмного забезпечення «BESKHOFF TwinCAT» перетворює будь-який сумісний ПК на мультизадачний PLC - систему управління в режимі реального часу. «TwinCAT» є єдиним програмним середовищем для усіх контролерів «BESKHOFF»: від високопродуктивних промислових ПК до вбудованих ПЛК. «TwinCAT» замінює звичні контролери ПЛК надаючи:

- відкрите, ПК сумісне апаратне забезпечення
- інтеграцію програмного забезпечення ПЛК (IEC 61131-3) у середовище «Windows NT/2000/XP NT/XP Embedded, CE»

- середовища програмування і runtime можуть встановлюватися на одному ПК або окремо
- сполучення з усіма найбільш популярними промисловими шинами і інтерфейсами ПК
- сполучення даних з призначеними для користувача інтерфейсами та іншими програмами з використанням відкритих стандартів Microsoft (OPC, OXC, DLL тощо)

#### *Архітектура «TwinCAT»*

«TwinCAT» складається з наступних основних підсистем:

System Control - система управління ліцензією і вибору з чим працювати (де знаходиться цільова платформа);

System Manager - основна частина - конфігурує систему, розподіляє змінні по каналах введення-виводу, готує платформу для програмування.

PLC Control - власне система програмування;

Scope View - система діагностики;

Remote Manager - система віддаленого керування.

Усі додатки «Windows», наприклад, програми візуалізації пакету «Office», можуть звертатися до даних «TwinCAT» за допомогою інтерфейсів «Microsoft» або видавати команди.

TwinCAT PLC працює під ОС «Windows NT/2000/XP/7», включаючи середовище програмної розробки і систему виконання завдань, не вимагаючи додаткових програмних інструментів. Для операційних систем «Windows CE» і вбудованих операційних систем програмованих контролерів серії ВХ і ВС доступний лише «TwinCAT PLC» в режимі run-time. Зміна програм проводиться за допомогою взаємодії через шинну комунікацію з системою виконання програм. Програмування здійснюється:

- локально
- через TCP/IP
- через промислові шини (ВХxxxx і ВСxxxx).

Середовище програмування «TwinCAT» базується на системі програмування «CoDeSys» компанії «3S - Smart Software Solutions».

#### **5.4. Опис середовища програмування**

«CODESYS» - універсальний інструмент розробки прикладних програм для програмованих логічних контролерів на мовах стандарту IEC 61131-3. Цей інструмент виробляється і поширюється заснованою в 1994 році фірмою «3S - Smart Software Solutions» (Кемптен, Німеччина). Назва «CODESYS» є акронімом від «Controller Development System». Версія 1.0 була випущена в 1994 році. Середовище програмування «CODESYS» поширюється без ліцензії і може бути без обмежень встановлена на декількох робочих місцях.

«CODESYS» один з щонайпотужніших інструментів IEC 61131-3 програмування контролерів доступних для операційної системи Windows. Він повноцінно підтримує усі п'ять стандартних мов програмування. «CODESYS» безпосередньо здатний генерувати машинний код для більшості поширених процесорів. «CODESYS» об'єднує потужність висококласних інструментів програмування для мов високого рівня, таких як С або Паскаль з простотою роботи і практичною функціональністю ПЛК систем програмування. Усі компоненти «CODESYS» якісно документовані і мають вбудовану систему допомоги. Документація доступна німецькою, англійською, французькою і російською мовами.

*«CODESYS» має низку особливостей, що виділяють його серед конкуруючих систем, :*

##### *Швидке впровадження*

«CODESYS» має готові рішення для більшості поширених платформ. Простота налаштування не відбивається на швидкодії прикладних проектів, компілятор і система виконання ретельно відпрацьовані.

##### *Ефективні засоби введення*

Функції автоматичного оголошення і форматування, адаптивний асистент введення максимально спрощують роботу. Усі команди мають можливість управління мишею і швидкого введення з клавіатури. Це робить роботу програміста комфортною та ефективною.

##### *Висока продуктивність*

Вбудований компілятор безпосередньо генерує швидкий машинний код. Це забезпечує максимально високу продуктивність прикладних проектів. Сучасні інтелектуальні технології, включаючи «інкрементальний компілятор», дозволяють обробляти проекти, що містять тисячі змінних і сотні програмних компонентів дуже швидко. «CODESYS» забезпечує розробника набором високоефективних інструментальних засобів, включаючи повноцінну емуляцію ПЛК, відладку по кроках, точки зупинки, візуалізацію об'єкту управління, трасування значень змінних, "гаряче" коригування коду.

*«CODESYS V2.3» - компоненти*

Емулятор ПЛК

Імпорт S5/S7 проектів

Редактори для програмування на мовах:

- Список інструкцій (IL)
- Діаграми функціональних блоків (FBD)
- Релейно-контактні схеми (LD)
- Структурований текст (ST)
- Послідовні функціональні схеми (SFC)
- Безперервні функціональні діаграми (CFC)

Генератори коду для:

- Motorola PowerPC
- Motorola 68xxx
- Motorola MC683xx
- Motorola ColdFire
- Intel 8051 і програмно сумісних з ним
- Intel 80186
- Intel 80x86, 80386, 80486, Pentium і сумісних
- ARM (тобто StrongARM, NET+ARM)
- Infineon (Siemens) 80C16x
- Infineon TriCore
- Hitachi SH 2/3/4
- Hitachi H8

- Texas Instruments DSP TMS32028x

DDE і OPC сервери

Елементи візуалізації

Графічний ієрархічний конфігуратор ПЛК

Менеджер бібліотек

Он-лайн функції :

- моніторинг значень змінних
- запис і фіксація значень змінних в ПЛК
- відлагодження проекту (точки зупинки, виконання по кроках і по циклах, контроль стеку викликів)
- гаряча корекція коду, без зупинки ПЛК
- контроль процесу виконання
- графічне трасування

Мови програмування :

- Список інструкцій (IL). Простий машинно-незалежний асемблер.
- Структурований текст (ST) Високорівнева мова 'паскале-подібна'.
- Функціональні блокові діаграми (FBD). Графічна мова опису логічних і аналогових обчислень в дуже простій і виразній формі. «CODESYS» автоматизує складання FBD діаграм самостійно розміщуючи програмні компоненти і з'єднання.
- Релейно-контактні схеми (LD). Графічна мова, що описує логіку роботи програми у формі з'єднання контактів і обмоток реле. Як і в FBD, редактор LD автоматично розміщує і проводить з'єднання компонентів схеми.
- Послідовні функціональні схеми (SFC). Графічна мова, орієнтована на опис взаємозв'язаних станів і дій системи. «CODESYS» підтримує усі без виключення типи дій передбачені стандартом.
- Безперервні функціональні схеми (CFC). Редактор CFC аналогічний до FBD, але на відміну від нього не розділяє діаграму на ланцюги, а оперує з вільно розміщуваними компонентами. Діаграми можуть мати зворотні зв'язки і порядок виконання, що настраюється.



## 5.5. Опис роботи САУ інженерними системами приміщення

Під натисненням кнопки розуміється натиснення кнопки на стенді або однойменної кнопки у програмі візуалізації, аналогічно для перемикачів. Під спрацьовуванням датчика (геркона) розуміється спрацьовування фізичного датчика (геркона) або натиснення кнопки емулятора у програмі візуалізації

### Управління режимами роботи стенду

САУ ІСП забезпечує демонстрацію наступних режимів роботи стенду :

1. Режим «Норма» (SA6 - 0, індикатор HL6 - 0)
2. Режим «Охорона» (SA6 - 1, індикатор HL6 - 1)

### Управління режимами роботи ламп освітлення

#### *Режим «норма»*

#### *Ручне управління:*

Лампа 1 включається/вимикається перемикачем SA2

Лампа 2 включається/вимикається перемикачем SA3

Яскравість ламп 3 і 4 регулюється кнопками SB1 (яскравіше) і SB2 (темніше).

При тривалому натисненні кнопки SB1 (більше 2-х секунд) - потужність ламп збільшуватиметься; при одноразовому швидкому натисненні (менше від 2 с) кнопки SB1 лампи включаються на потужність пропорційну до освітленості; при одноразовому швидкому натисненні (менше від 2 с) кнопки SB2 лампи вимикаються, а при тривалому натисненні (більше за 2 с) - потужність ламп почне плавно зменшуватися.

Якщо після включення ламп користувач не проводить коригування яскравості, то потужність ламп підтримується пропорційно до освітленості. При цьому, за допомогою трипозиційного перемикача можна SA1 можна вибрати яскравість яких ламп регулювати в даний момент (лише лампа 3, лампа 3 і лампа 4, лише лампа 4)

#### *Програмне керування:*

Лампа 1 і лампа 2 включаються при спрацьовуванні датчика руху SQ1 і за умови того, що освітленість досягла нижньої межі (задається користувачем у програмі візуалізації на ПК).

Лампа 3 і лампа 4 включаються при спрацьовуванні датчика руху SQ2 і їх яскравість встановлюється пропорційно до освітленості. Відповідно, чим менша освітленість, тим яскравіше повинні світитись лампи 3 і 4.

#### *Режим «охорона»*

При переведенні САУ в режим «Охорона», імітується присутність людини в "приміщенні". У випадковому порядку на різні проміжки часу включаються лампи 1,2,3,4, за умови того, що освітленість досягла нижньої межі, лампи 3 і 4 включаються на 50% своєї потужності.

#### *Відображення кліматичних параметрів в приміщенні*

На екран персонального комп'ютера виводиться інформація про температуру (SQ6) і вологість (SQ7) в «приміщенні».

#### *Захист побутових приладів в приміщенні*

##### *Режим «норма»*

##### *Ручне управління:*

Розетка 1 вмикається/вимикається перемикачем SA4, за умови, що не спрацював "датчик протікання" (емулятор SA7)

Розетка 2 вмикається/вимикається перемикачем SA5, за умови, що не спрацював "датчик протікання" (емулятор SA7)

##### *Програмне керування:*

Розетка 1 і розетка 2 вимикаються при спрацьовуванні «датчика протікання» (включення SA7). При включенні SA7 спалахує також індикатор «Тривога» (HL7) і "закривається електродіафрагма". Розетки включаються знову лише вручну (з програми візуалізації на ПК), за умови, що SA7 вимкнений. Тоді гасне і HL7.

##### *Режим «охорона»*

При переведенні САУ в режим «Охорона», вимикаються обидві розетки, і "закривається електродіафрагма" (індикатор HL2 гасне). При спрацьовуванні "датчика протікання" (включення SA7) спалахує індикатор «Тривога» (HL7), який відключається тільки вручну з програми візуалізації на ПК.

#### *Охоронна сигналізація в приміщенні*

##### *Режим «норма»*

У режимі «норма» не відбувається ніяких дій з боку програми охоронної сигналізації

#### *Режим «охорона»*

При переведенні САУ в режим «Охорона», ПЛК аналізує стан датчиків руху (SQ1 і SQ2), а також стан герконів (SQ3 і SQ4). При спрацьовуванні будь-якого з цих датчиків включається індикатор «Тривога» (HL7), відключити який можливо тільки з програми візуалізації на ПК. При цьому, коли геркони SQ3 і SQ4 замкнуті («проникнення» немає), то горять відповідні ним індикатори герконів (HL3 і HL4). При спрацьовуванні геркона, відповідний індикатор гасне.

Якщо в режимі «Охорона» спрацює будь-який з датчиків руху або будь-який з герконів або буде включений будь-який їх емулятор, то лампи почнуть блимати, створюючи несприятливі умови для злодіїв, і включиться індикатор «Тривога» (HL7).

### **5.6 Програма управління САУ інженерними системами.**

#### *Оголошення змінних*

VAR {програмні змінні}

HL8\_1, {включення HL8 з генератора випадкових чисел в режимі «охорона»}

HL9\_1, {включення HL9 з генератора випадкових чисел в режимі «охорона»}

HL12, {лампа 3 (освітлення «кімнати 1-го поверху») }

HL13, {лампа 4 (освітлення «кімнати 1-го поверху») }

HL12\_1, {включення HL12 з генератора випадкових чисел в режимі «охорона»}

HL13\_1, {включення HL13 з генератора випадкових чисел в режимі «охорона»}

SQ1, SQ2, {датчики руху (емулятори з візуалізації)}

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

SQ4, { геркона імітації дверей (емулятор з візуалізації)}

SA1\_1, SA1\_2, SA1\_3, SA1\_1\_2, SA1\_2\_2, SA1\_3\_2, {SA1 - трипозиційний перемикач з фіксацією положення, призначений для вибору ламп, регульованих по потужності (HL12, HL12+HL13, HL13), - програмна реалізація}

SB1, {кнопка без фіксації «Яскравіше» (регулюється яскравість ламп, вибраних перемикачем SA1) (емулятор з візуалізації)}

SB2, {кнопка без фіксації «Темніше» (регулюється яскравість ламп, вибраних перемикачем SA1)(емулятор з візуалізації}

SA2, {двопозиційний перемикач з фіксацією положення, призначено для включення/відключення лампи 1 (HL8)(емулятор з візуалізації}

SA3, {двопозиційний перемикач з фіксацією положення, призначений для включення/відключення лампи 2 (HL9)(емулятор з візуалізації}

SA4, {двопозиційний перемикач з фіксацією положення, призначений для включення/відключення індикації напруги на "розетка 1" (HL10)(емулятор з візуалізації}

SA5, {двопозиційний перемикач з фіксацією положення, призначений для включення/відключення індикації напруги на "розетка 2" (HL11(емулятор з візуалізації)}

SA6, {двопозиційний перемикач з фіксацією положення, призначений для вибору режиму роботи стенду НОРМА- 0/ОХОРОНА- 1(емулятор з візуалізації}

SA7, {двопозиційний перемикач з фіксацією положення, призначений для емуляції спрацьовування "датчика протікання води" (емулятор з візуалізації}

SQ1\_2, {збільшення нижньої межі освітленості}

SQ1\_3, {зменшення нижньої межі освітленості}

SQ5\_3, {збільшення освітленості}

SQ5\_4, {зменшення освітленості}

PROG, {програмне управління 0-ВКЛ/1-ВИМКН - кнопка PROG на візуалізації}

VIZU, {управління з віртуальної консолі 0-ВКЛ/1-ВИМКН - кнопка STAND на візуалізації}

SA6S1, {допоміжна змінна - або з кнопки на візуалізації SA6 або з перемикача на стенді SA6S}

SQ1S1, {допоміжна змінна - або з кнопки на візуалізації SQ1 або датчик руху 1}

TR1, {моргання при проникненні}

TR, {проникнення}

x1, {збільшення множника}

x2, {зменшення множника}: BOOL;

SQ5, { датчик освітленості (емулятори з візуалізації) }  
SQCUR1, SQCUR2, {встановлений відсоток потужності ламп HL12, HL13 з візуалізації а режимі норма в %}  
SQCUR3, {потужність ламп НК12, HL13 в при програмному керуванні в % }  
SQ1\_1, {установка нижньої межі освітленості}  
SQ5\_1, {висновок на дисплей освітленості в %}  
SQ5\_2, {100-% з датчика}  
SQ6\_1, {перераховане значення температури}  
SQ7\_1, {перераховане значення вологості}  
x {множник генератора випадкових чисел}: WORD;

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; {датчик руху 1}

SQ2S AT %IX0.4: BOOL; {датчик руху 2}

SQ3S AT %IX0.1: BOOL; {геркон на вікні}

SQ4S AT %IX0.5: BOOL; {геркон на дверях}  
SB1S AT %IX0.2: BOOL; {кнопка яскравіше}  
SB2S AT %IX0.6: BOOL; {кнопка темніше}  
SA1\_1S AT %IX1.3: BOOL:=TRUE; {управління лампою 3}  
SA1\_2S AT %IX1.7: BOOL:=TRUE; {управління лампою 4}  
SA2S AT %IX1.0: BOOL; {управління лампою 1}  
SA3S AT %IX1.4: BOOL; {управління лампою 2}  
SA4S AT %IX1.1: BOOL; {управління розеткою 1}  
SA5S AT %IX1.5: BOOL; {управління розеткою 2}  
SA6S AT %IX1.2: BOOL; {норма/охорона}  
SA7S AT %IX1.6: BOOL; {емулятор датчика протікання}  
SQ5S AT %IB20 : WORD; {датчик освітленості}  
SQ6 AT %IB24 : WORD; {датчик температури}  
SQ7 AT %IB22 : WORD; {датчик вологості}  
END\_VAR

VAR\_OUTPUT {вихідні змінні}  
HL2 AT %QX3.0: BOOL; {індикація включення замкового «електроклапана»}  
HL3 AT %QX3.4: BOOL; {індикація спрацьовування геркона «вікна»}  
HL4 AT %QX3.1: BOOL; {індикація спрацьовування геркона «дверей»}  
HL5 AT %QX3.5: BOOL; {індикація спрацьовування «датчика протікання води»}  
HL6 AT %QX3.2: BOOL; {індикація режиму роботи стенду «норма\охорона»}  
HL7 AT %QX3.6: BOOL; {індикація «тривоги»}  
HL8 AT %QX4.1: BOOL; {лампа 1 (освітлення «кімнати 2-го поверху»)}  
HL9 AT %QX4.4: BOOL; {лампа 2 (освітлення «кімнати 2-го поверху»)}  
HL10 AT %QX4.7: BOOL; {індикація відключення напруги на «розетка 1»}  
HL11 AT %QX4.10: BOOL; {індикація відключення напруги на «розетка 2»}  
SQCUR1S AT %QB50 : WORD; {встановлена потужність лампи 3 в дискретах}  
SQCUR2S AT %QB60 : WORD; {встановлена потужність лампи 4 в дискретах}  
END\_VAR

Програма приведена в додатку.

## 5.7. Програма візуалізації САУ інженерними системами

Усі перемикачі і кнопки управління, що знаходяться на передній панелі, стендом дублюються однойменними кнопками в програмі візуалізації.

У програмі додані кнопки для перемикання виду управління - ручне/програмне - кнопка «PROG» і для перемикання робота зі стенду/робота з програми візуалізації додано кнопку «STAND».



Рисунок 5.1 - Загальний вигляд вікна програми візуалізації.

У програмі візуалізації додані наступні емулятори:

- датчиків руху SQ1 і SQ2, які працюють за логічною функцією «АБО» з фізичними датчиками і не блокуються як, при роботі із стенду, так і при роботі з програми візуалізації.

- емулятори герконів SQ3 і SQ4, які також як працюю за логічною функцією «АБО» з фізичними герконами і теж не блокуються, як при роботі із стенду, так і при роботі з програми візуалізації.
- емулятор датчика освітленості, у вигляді шкали і кнопок "+" і "-", цей емулятор працює тільки з програми візуалізації, при роботі із стенду дані знімаються з фізичного датчика освітленості. А кнопки блокуються.

Для задання часу роботи і інтервалу перерви між включеннями ламп в режимі "Охорона" додана шкала і кнопки "+" і "-"

*У програмі візуалізації виводяться наступні повідомлення:*

«Ручне керування»- при ручному керуванні (кнопка «PORG» відтиснута);

«Програмне керування» (кнопки керування відключені) - при програмному керуванні (кнопка «PORG» натиснута);

«Режим «Норма» - при режимі «Норма» (кнопка SA6 відтиснута);

«Режим «Охорона» (кнопки керування відключені) - при режимі «Охорона» (кнопка SA6 натиснута );

«Візуалізація» - при роботі з програми візуалізації (кнопка «STAND» - відтиснута);

«Працює стенд!» (кнопки керування відключені) - при роботі із стенду (кнопка «STAND» - натиснута);

«Тривога!» - при проникненні в режимі «Охорона» або при протіканні води;

«Проникнення!» - при проникненні в режимі «Охорона»;

«Протікання!» (розетки відключені) - при протіканні води.

Усі елементи програми візуалізації забезпечені спливаючими підказками.

## **5.8. Висновки по розділу 5.**

У розділі проведено обґрунтування та вибір засобів введення, охарактеризовано програмне середовище розробки програмного забезпечення контролера, створено програмне забезпечення ПЛК та створено вікно програми візуалізації



## 6 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

### 6.1 Складання плану-графіка на розробку

План виконання проектування зведений в таблицю 6.1 і представлений у вигляді стрічкового графіка на рисунку 6.1

Таблиця 6.1 - План проведення проектування

п/п	Види робіт	Виконавець	Тривалість виконання, дні
1	Розробка і узгодження завдання на проект	Керівник і дипломник	5
2	Проектування принципової електричної схеми стенду	Керівник і дипломник	15
3	Підбір керівника котроллера, вибір елементів і матеріалів	Керівник і дипломник	5
4	Зборка стенду	Керівник	5
5	Підбір і вивчення матеріалів	Дипломник	25
6	Створення програми, що управляє, для контролера	Дипломник	10
7	Створення програми візуалізації	Дипломник	10
8	Тестування програми візуалізації і програми, що управляє	Дипломник	10
9	Сполучення програми і контролера	Дипломник	2
10	Налаштування і тестування стенду	Дипломник	3
11	Економічна частина	Дипломник	5
12	Безпека і екологічність проекту	Дипломник	5
13	Оформлення графічного матеріалу	Дипломник	5
14	Оформлення звітної документації	Дипломник	15

Загальний час роботи над проектом складає 95 днів, ЕОМ не використовувалася тільки на етапах 1,4,10 - 13 днів. Загальний час використання ЕОМ - 82 дні.



- амортизація основних фондів;
- інші витрати.

Розрахунок кошторису витрат проводитиметься умовно.

### 6.2.1 Матеріальні витрати

До цієї статті відносяться витрати на матеріали і комплектуючі для стенду, а також витрати на інструменти і матеріали, використані при розробці і зборці стенду.

Таблиця 6.2 - Перелік цін на комплектуючі і матеріали для стенду (Ціни з урахуванням ПДВ)

Найменування	Кількість	Одиниці виміру	Ціна	Сума
			Гривні	
Перекл. на 2 положення з фікс (зелений.), 1НО, LED 220В, Ø22 XB5AK123M5	1	шт.	230,4	230,4
Стандартний блок-контакт, АЛЕ ZBE101	5	шт.	30	150
Автомат. вимикач 10А GV2P14	1	шт.	833,8	833,8
Блок живлення 5А ABL8REM24050	1	шт.	1380	1380
Блок живлення 1,9А ABL7RM1202	1	шт.	830,8	3320,8
Лампа 24В (зелена), Ø22 XB5AVB3	3	шт.	66,5	199,5
Лампа 24В (червона), Ø22 XB5AVB4	1	шт.	66,5	66,5
Лампа 220В (біла), Ø22 XB5AVM1	2	шт.	132	264
Лампа 220В (зелена), Ø22 XB5AVM3	2	шт.	112,5	225
Лампа 220В (біла), Ø22 XB5AV61	2	шт.	63	126
Неон. лампа з цок. BA9s, 220В DL1CF220	10	шт.	57	570
Кнопка без ф. (зел.), 1НО, Ø22 XB5AA31	2	шт.	53	106
Перемикач на 3 положення з фіксацією (черн.), 2НО, Ø22 XB5AJ33	1	шт.	129,5	129,5
Перемикач на 2 положення з фіксацією (черн.), 1НО, Ø22 XB5AD21	4	шт.	80,5	322
Перекл. на 2 положення з фікс. (зел.)1НО, 1НЗ, LED 24В, Ø22 XB5AK123B5	1	шт.	240	240
Перекл. на 2 положення з фікс. (кр.)1НО, 1НЗ, LED 24В, Ø22 XB5AK124B5	1	шт.	240	240
Станд. держатель 30x50 для маркування 18x27 ZBZ33	25	шт.	5,5	137,5
Маркування 18X27 ZBY5102	30	шт.	5	130
Клемні роз'єми AB1RRN435U4	6	шт.	18	108

Модуль CPU BC9120	1	шт.	4684	4684
Модуль вхідний дискретний KL1408	2	шт.	615	1230
Модуль вхідний аналоговий KL3454	1	шт.	2105	2105
Модуль вихідний дискретний KL2408	1	шт.	697	697
Модуль вихідний релейний KM2604	1	шт.	1140	1140
Модуль вихідний дімерний KL2751	2	шт.	990	1980
Датчик руху, 12В, реле Астра- 9	2	шт.	123	246
Геркон ИО102- 29 "Естет"	2	шт.	30	60
Датчик освітленості ОС100М	1	шт.	862	862
Датчик температури ТА100М	1	шт.	774	774
Датчик вологості ВА100М	1	шт.	1120,5	1120,5
Кабель комп'ютер-розетка 220В, 3м	1	шт.	25,5	25,5
Патч-корд UTP 5е жовтий, 3м	1	шт.	27	27
Мережевий кабель FTP 5е 4х2	5	м	4	20
Клемні роз'єми ЗНИ- 6	5	шт.	2	10
Клемні роз'єми ЗНИ- 4PEN	10	шт.	6	60
Кабельний короб перфоров. 25х25	4	м	12	48
Рейка DIN 125 см	1	шт.	17,5	17,5
Кабельний хомут 160х2, 5	2	уп.	17,5	35
Кабельні наконечники-гільзи 0,8мм, E7508 (білий)	2	уп.	9	18
Кабельні наконечники-гільзи 1мм, E1008 (жовтий)	2	уп.	13,5	27
Кабельні наконечники-гільзи 2х1мм, НГИ2 1,0-10 (ж.)	1	уп.	16,5	16,5
Наконечники кільцеві лудж. 0,5-1,5, НКИ 1,25-3	1	уп.	17,5	17,5
Ізоляційна стрічка 0,18х9, чорна	1	шт.	6	6
Сигнальний кабель МКЭШ 2х0, 75	10	м	6	60
Дріт ПВЗ- 1 (білий)	50	м	1,5	75
Дріт ПВЗ- 1 (чорний)	40	м	1,5	60
Дріт ПВЗ- 1 (ж\з)	20	м	1,5	30
РАЗОМ (з ПДВ) :				24230,5

Таблиця 6.3 - Перелік цін на інструменти, використаних для зборки стенду (Ціни з урахуванням ПДВ)

Найменування	Кількість	Одиниці виміру	Ціна	Сума
			Гривні	
Плоскогубці	1	шт.	60	60

Кусачки	1	шт.	60	60
Набір викруток	1	шт.	75	75
Ніж канцелярський	1	шт.	12	12
РАЗОМ (з ПДВ) :				207

Таблиця 6.4 - Перелік цін на матеріали, використані при розробці стенду (Ціни з урахуванням ПДВ)

Найменування	Кількість	Одиниці виміру	Ціна	Сума
			Гривні	
Папір для принтера	1	упак.	30	30
Ручка кулькова	1	шт.	5	5
Олівець	2	шт.	2	4
Ватман	3	шт.	2	6
Зошит	1	шт.	5	5
РАЗОМ (з ПДВ) :				50

Всього матеріальні витрати на розробку і складання стенду становили 24487,5 грн.

### 6.2.2 Витрати на оплату праці

У цьому проєкті ця стаття складається з витрат на заробітну плату керівника дипломного проєкту і дипломника.

Дипломник отримує стипендію у розмірі 600 гривень, керівник дипломного проєкту має оклад 3000 гривень.

Виходячи з представлених даних, розрахуємо денну ставку для керівника і розробника по наступній формулі:

$$ЗП_{дн} = \frac{ЗП_{міс}}{N_{міс}},$$

де  $ЗП_{дн}$  - денна ставка;

$ЗП_{міс}$  - місячна ставка;

$N_{міс}$  - число робочих днів в місяці.

Отже, відповідно отримуємо наступні результати:

$$ЗП_{кер} = \frac{3000}{22} = 136,36 \text{ грн.}$$

$$ЗП_{дип} = \frac{600}{22} = 27,27 \text{ грн.}$$

Усі витрати на основну заробітну плату зведені в таблиці 4.5

Таблиця 6.5 - Витрати на основну заробітну плату

п/п	Види робіт	Виконавець	Тривалість виконання, дні	Денна ставка, гривні	Тривалість виконання, дні
1	Розробка і узгодження завдання на проект	Керівник і дипломник	5	27,27+136,36	818,15
2	Проектування принципової електричної схеми стенду	Керівник і дипломник	15	27,27+136,36	2454,45
3	Підбір керівника котроллера, вибір елементів і матеріалів	Керівник і дипломник	5	27,27+136,36	818,15
4	Зборка стенду	Керівник	5	136,36	681,8
5	Підбір і вивчення матеріалів	Дипломник	25	27,27	681,75
6	Створення програми, що управляє, для котроллера	Дипломник	10	27,27	272,7
7	Створення програми візуалізації	Дипломник	10	27,27	272,7
8	Тестування програми візуалізації і програми, що управляє	Дипломник	10	27,27	272,7
9	Сполучення програми і котроллера	Дипломник	2	27,27	54,54
10	Налаштування і тестування стенду	Дипломник	3	27,27	81,81
11	Економічна частина	Дипломник	5	27,27	136,35

12	Безпека і екологічність проекту	Дипломник	5	27,27	136,35
13	Оформлення графічного матеріалу	Дипломник	5	27,27	136,35
14	Оформлення звітної документації	Дипломник	15	27,27	409,05
Разом Фзп					7226,85

### 6.2.3 Обов'язкові відрахування до позабюджетних фондів

Обов'язкові відрахування до позабюджетних фондів - це податок до пенсійного фонду України, фонду соціального страхування і фонду обов'язкового медичного страхування, що призначені для збору засобів на реалізацію права громадян на державне пенсійне і соціальне забезпечення і медичну допомогу.

Ці відрахування визначаються виходячи зі встановлених норм.

Обов'язкове страхування від нещасних випадків рівне 0,2%.

$$O_{об} = 26\% + 0,2\%$$

$$O_{об} = 7226,85 * 0,26 + 7226,85 * 0,002 = 1893,21 \text{ грн.}$$

### 6.2.4 Амортизація основних фондів

Амортизація - процес перенесення по частинах вартості основних фондів у міру їх фізичного або морального зносу на вартість вироблюваного продукту.

У нашому випадку розраховується тільки сума витрат на амортизацію устаткування за час його використання по темі науково-дослідної роботи (НДР). Ця сума враховується в кошторисній вартості НДР і розраховується за формулою:

$$A_{ндр} = \frac{\Phi_n \cdot T_v \cdot A}{\Phi_{еф}}$$

де  $\Phi_n$  - первинна балансова вартість устаткування;

$T_v$  - час використання устаткування при проведенні робіт;

$A$  - норма амортизації;

$\Phi_{ef}$  - річний ефективний фонд часу роботи устаткування, для однозмінної

роботи, він складає 2007 год.

Час роботи на ПЕВМ складає 82 день по 8 годин в день, тобто 656 год.

Амортизаційні відрахування для комп'ютера вартістю в 8 000 гривень складуть:

$$A_{ндp} = \frac{8000 \cdot 656 \cdot 0,12}{2007} = 313,78 \text{ грн.}$$

Загальні прямі витрати складуть наступну суму:

$$Z_{прям} = Z_m + \Phi_{zn} + O_{об} + A_{ндp}$$

$$Z_{прям} = 24487,5 + 7226,85 + 1893,21 + 313,78 = 33921,34 \text{ грн.}$$

#### 4.2.5 Інші витрати

Інші витрати беруться від величини прямих загальних витрат у встановленому розмірі. Для розробки програмного продукту вони складуть 10%:

$$Z_{пр} = 0,1 \cdot 33921,34 = 3392,13 \text{ грн.}$$

### 6.3 Висновок по розділу 6

Усі витрати зведені в таблицю 6.6

Таблиця 6.6 - Загальні витрати на розробку і збірку стенду

№	Найменування статті	Витрати, грн.	Питома вага, %
1	Матеріальні витрати	24487,5	65,36
2	Фонд заробітної плати	7226,85	19,4
3	Обов'язкові відрахування до позабюджетних фондів	1893,21	5,1
4	Амортизаційні відрахування	313,78	0,84
5	Інші витрати	3392,13	9,3
РАЗОМ:		37313,47	100

Собівартість стенду вийшла 37313,47 грн

Цей стенд призначений для освітніх цілей, а не для комерційних, тому розрахунок ціни НДР проводити не будемо.

Цей стенд є прикладом застосування промислових модульних контролерів для автоматизації управління інженерними системами приміщення.



Стенд познайомить студентів з сучасними котролерами фірми BECKHOFF, допоможе освоїти мови програмування стандарту IEC 61131-3, дозволить наочно побачити результати виконання програми.

## 7. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

У дипломній роботі розроблено учбово-демонстраційний стенд системи автоматичного керування інженерними системами будинку на базі контролера ВС9120. Основні роботи велися з використанням спеціалізованого програмного комплексу «ТwinCAT». Упродовж усього періоду роботи над проектом діяльність дипломника була безпосередньо пов'язана з роботою за ПЕОМ.

Наявність комп'ютера має на увазі дію на оператора ПЕОМ небезпечних і шкідливих чинників, наприклад, недостатня освітленість, підвищений рівень шуму, психофізіологічні чинники та ін. Тому в цьому розділі дипломного проекту необхідно розглянути роботу оператора з ПЕОМ з точки зору її безпеки. Зокрема проведемо детальний аналіз небезпечних і шкідливих чинників, діючих на розробника, і розглянемо дотримання правил пожежної безпеки.

Приведемо характеристики даного приміщення :

План приміщення представлений на рисунку 7.1

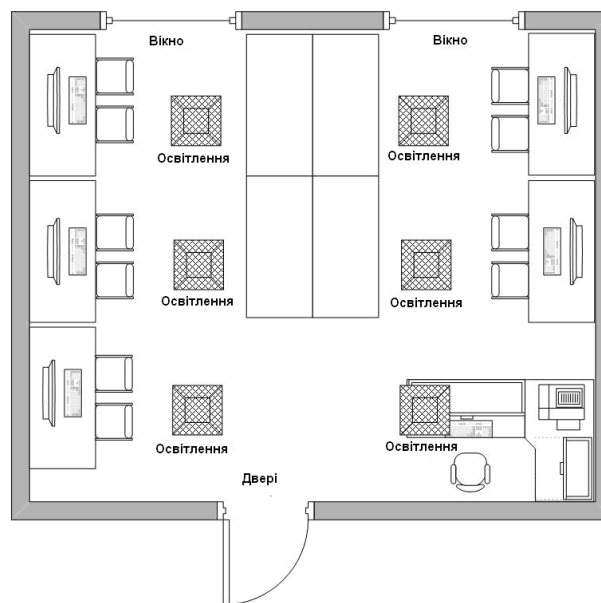


Рисунок 7.1 - План приміщення

Розміри приміщення : довжина 6м, ширина 5м, висота 3м. Загальна площа дорівнює 30 м<sup>2</sup>, об'єм дорівнює 90 м<sup>3</sup>, що СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы», які встановлюють на одного робітника площу приміщення не менше 4,5м<sup>2</sup> при ПЕОМ з рідиннокристалічним монітором (у приміщенні працюватимуть 6 співробітників). ПЕОМ у досліджуваному

приміщенні живляться від однієї з фаз трифазної мережі змінного струму частотою 50 Гц і напругою 380/220 В з глухозаземленою нейтраллю джерела, для цього змонтовано 10 розеток.

Розміри приміщення : довжина 6м, ширина 5м, висота 3м. Загальна площа дорівнює 30 м<sup>2</sup>, об'єм дорівнює 90 м<sup>3</sup>, що СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы», які встановлюють на одного робітника площу приміщення не менше 4,5м<sup>2</sup> при ПЕОМ з рідиннокристалічним монітором (у приміщенні працюватимуть 6 співробітників). ПЕОМ в досліджуваному приміщенні живляться від однієї з фаз трифазної мережі змінного струму частотою 50 Гц і напругою 380/220 В з глухозаземленою нейтраллю джерела, для цього змонтовано 10 розеток.

У приміщенні в течії усього року підтримуються нормальні значення температури, вологості повітря, швидкості руху повітря, зміст пилу в повітрі не більше 1 міліграма/м<sup>3</sup>, що відповідає нормам СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений»..

Згідно з СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки» еквівалентний рівень звуку для творчої роботи складає 50дБА.

Зниження рівня шуму, що проникає ззовні, досягнуте збільшенням звукоізоляції конструкцій, що захищають, ущільненням по периметру притворів вікна і дверей.

Рациональне колірне оформлення приміщення спрямоване на поліпшення санітарно-гігієнічних умов праці, підвищення його продуктивності і безпеки. Стіни оброблені світло-сірими пластиковими панелями на 1 м від рівня підлоги, далі до стелі обклеєні світлими шпалерами. Стеля оброблена навісними панелями білого кольору. Підлога пофарбована світло-коричневою фарбою. Колірне оформлення виконане з урахуванням рекомендацій СН 181-170 «Указания по проектированию цветовой отделки интерьеров производственных зданий промышленных предприятий».

У приміщенні знаходиться два вікна. Для усунення засвічення екрану монітора на віконних отворах розташовані регульовані пристрої типу жалюзі. Вони є матовими і мають світло-сірий колір.

Штучне освітлення в приміщенні здійснюється системою загального рівномірного освітлення. Джерело світла - 6 світильників з дзеркальними параболічними ґратами, укомплектованими електронними пускорегулюючими апаратами, кожен з яких складається з чотирьох ламп денного світла потужністю 20 Вт. Висота підвісу світильників рівна 3м, а відстань між світильниками - 1 м

У приміщенні встановлено 6 комп'ютерів, плоскі монітори з діагоналлю 17 дюймів. Корпус системного блоку, монітор, клавіатура мають матову поверхню чорного кольору і не мають блискучих деталей, здатних створювати відблиски. Допустимі параметри монітора регламентуються СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы».

Столи встановлені в приміщенні має робочу поверхню розмірами 1500 мм на 800 мм, висоту 750 мм. Поверхня столу має матові кольори натуральної деревини. Стільці забезпечує підтримка оптимальної робочої пози з урахуванням зростання користувача, його конструкція забезпечує можливість зміни пози користувача з метою зниження статичної напруги м'язів шийно-плечової області і спини для попередження стомлення.

Організація і устаткування робочого місця відповідає вимогам, приведеним в ГОСТ 50923-96 «Дисплей. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы измерения».

Відповідно до прийнятих норм в цьому приміщенні забезпечується необхідний мікроклімат, мінімальний рівень шуму, створено зручне і правильне з точки зору ергономіки робоче місце, дотримані вимоги технічної естетики і вимоги до ПЕОМ. Для більшої продуктивності праці і меншої стомлюваності рекомендовано проводити перерви в роботі. Що в цілому працює забезпечені комфорт і сприятливі умови праці.

## 7.1 Шкідливі чинники для користувачів системи при роботі з ПЕОМ

В процесі трудової діяльності оператор ПЕОМ стикається з рядом небезпечних і шкідливих чинників. Згідно ГОСТ 12.0.003-74\* «ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» небезпечні і шкідливі виробничі чинники підрозділяються за природою дії на: фізичні, хімічні, психофізіологічні і біологічні.

При роботі з ПЕОМ на розробника в тій або іншій мірі можуть впливати наступні фізичні чинники: підвищений рівень електромагнітного поля, знижена або підвищена вологість і температура повітря, надмірна або недостатня освітленість робочого місця, підвищений рівень шуму, небезпека поразки електричним струмом, перевищення коефіцієнта пульсації освітленості, підвищена відбита блискотність, пожежа.

До хімічних шкідливих чинників відносяться, наприклад, підвищені концентрації шкідливих речовин (формальдегід, фенол, двоокис вуглецю та інші) в повітрі робочої зони, що обумовлено змістом цих речовин в полімерних і синтетичних матеріалах, використовуваних для виготовлення меблів, обробки інтер'єру. Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин у повітрі робочої зони регламентовані ГН 2.2.5.009-94 «Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны».

Психофізіологічні чинники, що впливають на розробника, призводять до фізичних і нервово-психічних перевантажень.

До біологічних небезпечних і шкідливих виробничих чинників відноситься, наприклад, підвищений вміст бактерій і вірусів в повітрі в робочому приміщенні.

Охарактеризуємо основні небезпечні і шкідливі чинники детальніше.

7.1.1 Підвищене значення напруги в електричному колі, яка може впливати на людину

На робочому місці інженера-програміста існує небезпека поразки електричним струмом. При цьому електричний струм виробляє термічну, електролітичну і біологічну дію на організм людини. Дія електричного струму може призводити до місцевих електротравм і електричних ударів. Основними

причинами електротравм при роботі з ПЕОМ являються випадкові дотики людини до токоведущим частин, що знаходяться під напругою, і дотик до металевих нетоковедущим частин (корпусу, елементам), які можуть виявитися під напругою випадково при ушкодженні ізоляції.

Усі приміщення згідно з Правилами улаштування електроустановок (ПУЕ - 07) діляться по ступеню ураження людей електричним струмом на: приміщення без підвищеної небезпеки, приміщення з підвищеною небезпекою і особливо небезпечною. Дане приміщення відноситься до приміщень без підвищеної небезпеки, оскільки в нім відсутні ознаки приміщень з підвищеною небезпекою і особливо небезпечних приміщень.

ПЕВМ на досліджуваному робочому місці живиться від однієї з фаз трифазної мережі змінного струму частотою 50 Гц і напругою 380/220 В з глухозаземленою нейтраллю джерела. У такій мережі відповідно до ГОСТ 12.1.019-79\* ССБТ «Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты» основною мірою захисту від поразки електричним струмом являється застосування подвійної і посиленої ізоляції, захисного занулення. Крім того, слід використовувати мережеві розетки, що мають занулений контакт з глухозаземленою нейтраллю (євророзетки) і єровилки.

Заходи і засоби електробезпеки, що запроваджуються повинні забезпечувати виконання вимог ГОСТ 12.1.038-82\* «Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов», що визначають гранично допустимі рівні напруги дотику і струму, що протікає через тіло людини, які при нормальному (неаварійному) режимі роботи в мережі змінного струму частотою 50 Гц і часу дії не більше 10 хвилин в добу складають  $U_{pd} = 2В$  і  $I_{pd} = 0.3$  мА відповідно. При аварійному режимі побутових приладів і електроустановок напругою до 1000 В з будь-яким режимом нейтралі гранично допустимі значення  $U_{PD}$  і  $I_{PD}$  залежать від часу дії електричного струму і не повинні перевищувати значення, приведених в таблиці 1. Аварійний режим означає, що електроустановка несправна і можуть виникнути небезпечні ситуації, що призводять до електротравм.

Таблиця 7.1 - Залежність УПД і ІПД від часу.

Тривалість дії електричного струму, с	Побутові прилади електроустановки	
	<i>УПД, В</i>	<i>ІПД, мА</i>
0,00,01 - 0,08	220	220
0,1	200	200
0,2	100	100
0,4	55	55
0,6	40	40
0,8	30	30
1,0	25	25
Понад 1,0	12	2

### 7.1.2 Підвищений рівень шуму

Шум на робочому місці може чинити шкідливий вплив на організм людини, тому необхідно приділяти увагу боротьбі з шумом. При тривалій дії шуму у людини знижується гострота слуху, підвищується артеріальний тиск, слабшає увага, погіршується пам'ять.

Для найбільш типових видів трудової діяльності встановлені гранично допустимі рівні звуку. Наприклад, для керівної роботи, наукової діяльності, конструювання і проектування, програмування рівень звуку на робочому місці не повинен перевищувати 50 дБА (СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на робочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки»).

Понизити рівень шуму в приміщеннях з ПЕВМ можна використанням для обробки приміщень звукопоглинальних матеріалів з максимальними коефіцієнтами звукопоглинання в області частот 63-8000 Гц, а також за допомогою послаблення шуму джерела (застосування нових поколінь принтерів, комп'ютерів).

### 7.1.3 Незадовільні умови зорової роботи

Освітлення грає важливу роль для людини, залежно від різного освітлення і поєднання кольорів можна стимулювати підвищення або зниження активності людини. Недостатнє освітлення робочої зони призводить до швидкої стомлюваності, зниження продуктивності праці і захворювань органів зору.

Згідно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы» приміщення з ПЕВМ повинні мати природне і штучне освітлення. Природне освітлення повинне здійснюватися через світлопроєми, орієнтовані переважно на північ і північний схід і забезпечувати коефіцієнт природної освітленості (КЕО) не нижче 1,5%.

Штучне освітлення повинне здійснюватися системою загального рівномірного освітлення, і в приміщенні повинні виконуватися наступні вимоги:

- слід обмежити пряму блискість від джерел освітлення, при цьому яскравість поверхонь (вікна, світильники), що світяться, має бути не більше  $200 \text{ кд/м}^2$  ;
- яскравість відблисків на екрані ПЕВМ не повинна перевищувати  $40 \text{ кд/м}^2$  і яскравість стелі, при застосуванні системи відбитого освітлення, не повинна перевищувати  $200 \text{ кд/м}^2$  ;
- для освітлення приміщень з ПЕВМ слід застосовувати світильники з дзеркальними параболічними ґратами, укомплектованими високочастотними пускорегулюючими апаратами;
- загальне освітлення слід виконувати у вигляді суцільних або переривчастих ліній світильників, розташованих переважно ліворуч, паралельно лінії зору користувачів. Величина освітленості по СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение» складає 300 лк;
- величина коефіцієнта пульсації освітленості не повинна перевищувати 5 %.

Освітлення досліджуваного приміщення і устаткування, що знаходиться в ній, м'яке, без блиску, забарвлення інтер'єру спокійне для візуального сприйняття, усе це створює сприятливі умови праці.

#### 7.1.4. Незадовільні мікрокліматичні параметри

Велике значення має створення в робочій зоні сприятливого мікроклімату. Мікроклімат виробничих приміщень - це клімат внутрішнього середовища цих приміщень, який визначається сукупністю таких параметрів, діючих на організм



людини, як температура, вологість, швидкість руху повітря, атмосферний тиск, інтенсивність випромінювання нагрітих поверхонь.

У цьому робочому приміщенні робота за ПЕВМ є основною і відноситься до категорії робіт 1а (роботи, що проводяться сидячи і що супроводжуються незначною фізичною напругою). Тому згідно СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» для цієї категорії робіт в робочому приміщенні повинні забезпечуватися оптимальні параметри мікроклімату (Таблиця 7.2).

Таблиця 7.2 - Гігієнічні вимоги до мікроклімату виробничих приміщень

Період року	Категорія робіт	Температура повітря, °С, не більш	Відносна вологість,%	Швидкість руху повітря, м/з
холодний	Легка - 1а	22-24 (21-26)	40-60 (75)	0,1
	Легка - 1б	21-23 (20-24)	40-60 (75)	0,1 (0,2)
Теплий	Легка - 1а	23-25 (22-28)	40-60	0,1 (0,2)
	Легка - 1б	22-24 (21-28)	40-60	0,2 (0,1-0,3)

Для підвищення вологості слід застосовувати зволожувачі повітря, що заправляються дистильованою або прокип'яченою водою. Приміщення з ПЕВМ необхідно провітрювати перед початком і після роботи. Хорошим способом підтримки заданих параметрів мікроклімату є кондиціонування повітря, що дозволяє виробляти також очищення повітря від шкідливих речовин і створювати невеликий надлишковий тиск для виключення вступу неочищеного повітря в приміщення з ПЕВМ.

Для створення оптимальних мікрокліматичних умов приміщення слід обладнати системами опалювання, вентиляції і кондиціонування, задовольняючих СНиП 41-01-2003 «Отопление, вентиляция и кондиционирование».

#### 7.1.5 Психофізіологічні перевантаження користувача і їх наслідки

Психофізіологічні чинники, що впливають на користувача, призводять до його фізичних і нервово-психічних перевантажень (розумове перенапруження, перенапруження аналізатором, монотонність праці, емоційні і інформаційні

перевантаження). Характерною при роботі з ПЕВМ являється таке фізичне перевантаження, як тривала статична напруга, м'язів користувача. Воно обумовлене вимушеним тривалим сидінням в одній і тій же робочій позі, часто незручній; необхідністю постійного на-блюдення за екраном (напружуються м'язи шиї, погіршується мозкове кровообращение), набором великої кількості знаків за робочу зміну (це призводить до статичного перенапруження м'язів плечового поясу і рук). При цьому виникає також локальне динамічне перевантаження пальців і кистей рук.

Нервово-психічні перевантаження є наслідком інформаційного взаємодія в системі "Користувач - ПЕОМ". Вони обумовлені незадовільними умовами зорового сприйняття інформації (зображення), несогласованностью параметрів інформаційних технологій з психофізіологічними можливостями людини, необхідністю постійного спостереження за інформаційними символами, швидкого аналізу інформації, що динамічно міняється, прийняття на його основі адекватних рішень і реалізації відповідних кор-ректирующих дій. До основних нервово-психічних перевантажень человека, що працює з ПЕОМ, відносяться: підвищена зорова напруга; умственные і нервово-емоційні перевантаження, тривала концентрація уваги; монотонність праці. Ослабити вплив цих чинників можна дотримуючи правильний режим праці і відпочинку, а також сприятливу дію робитимуть фізкультминутки.

Організація робочого місця повинна відповідати СанПин 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы»

## **7.2 Аналіз інформаційних технологій з точки зору охорони праці та її оздоровлення**

Планування і організація робочого місця повинні ґрунтуватися на обліку антропометричних і психофізіологічних цих людей. Робоче місце повинне відповідати вимогам СанПиН 2.2.2./2.4 1340-03 «Гигиенические требования к ПЭВМ и организации работы» и ГОСТ 50923-96. «Дисплеи. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы измерения».

Рекомендується використовувати робочий стіл, регульований по висоті в межах 680-760 мм. Висота регульованого столу приймається рівною 720 мм. Столешниця виконується розміром 1600x900 мм. Має бути забезпечений простір для ніг заввишки 600 мм, шириною 500 мм і завглибшки 650 мм. Ширина сидіння не має бути менше 400 мм, а глибина - 380 мм.

Органи ручного управління, індикації і клавіатуру слід розташовувати так, щоб операторові не доводилося схрещувати або міняти руки, зручно було прочитувати свідчення індикаторів і користуватися одночасно органами управління. Найбільш часто використовувані і аварійні органи управління і індикації розміщуються в зонах найбільшої доступності і огляду.

Дуже часто використовувані засоби, що вимагають точного і швидкого прочитування, розташовуються в зоні  $\pm 15^\circ$  від нормальної лінії погляду і  $\pm 15^\circ$  від сагітальної площини, часто використовувані засоби, але що вимагають менш точного і швидкого прочитування - в зоні  $\pm 30^\circ$ , рідко використовувані засоби - в зоні  $\pm 60^\circ$ .

Для організації ефективної роботи на ПЕОМ робоче місце розробника обладнане з точки зору виконання гігієнічних і ергономічних вимог, встановлених СанПіН 2.2.2./2.4 1340-03» Гигиенические требования к ПЭВМ и организации работы».

ПЕВМ задовольняє наступним вимогам ГОСТ 50948-2001 «Средства отображения информации индивидуального пользования. Общие эргономические требования и требования безопасности» и ГОСТ 50949-2001 «Средства отображения информации индивидуального пользования. Методы измерения и оценки эргономических параметров и параметров безопасности»:

- екран монітора ПЕВМ розташований на відстані 700 мм від очей розробника;
- клавіатура розташована на відстані 150 мм від краю столу, зверненого до розробника;
- корпус ПЕОМ, клавіатура і інші блоки мають матову поверхню мають матову поверхню з коефіцієнтом віддзеркалення 0,4-0,5 і не мають блискучих деталей, здатних створювати відблиски.

### **7.3 Забезпечення пожежної безпеки при експлуатації проектного об'єкту**

Пожежею називають неконтрольоване горіння в часі і просторі, що завдає матеріального збитку і що створює загрозу життя і здоров'ю людей.

У аналізованому приміщенні займання може статися з наступних причин:

несправне електроустаткування, несправності в електропроводці, електричних розетках і вимикачах;

несправні електроприлади;

перевантаження по струму;

коротке замикання в електропроводці;

відсутність захисту від перенапруження в мережі, від перевантажень по струму;

неправильний вибір номінальних струмів захисту;

відсутність теплового захисту;

недотримання вимог пожежної безпеки, куріння в робочому приміщенні.

У сучасних ПЕОМ щільність розміщення елементів електронних схем дуже велика. У безпосередній близькості один від одного розташовуються різні елементи, сполучні дроти, комутаційні кабелі. При протіканні по них електричного струму виділяється значна кількість теплоти. Усе це може викликати опалення ізоляції сполучних дротів, їх оголення і, як наслідок, коротке замикання.

Для відведення надлишкової теплоти від ПЕОМ служать системи вентиляції і кондиціонування повітря. Проте потужні, розгалужені, постійно діючі системи вентиляції і кондиціонування представляють додаткову пожежну небезпеку, оскільки, з одного боку, вони забезпечують подачу кисню-окисника в усі приміщення, а з іншої - при виникненні пожежі швидко поширюють вогонь і продукти горіння по усіх приміщеннях і пристроях, з якими пов'язані воздуховодами.

Напряга до ПЕОМ подається по силових електричних мережах, які представляють особливу пожежну небезпеку.

Експлуатація ПЕОМ пов'язана з необхідністю проведення обслуговуючих, ремонтних і профілактичних робіт в спеціально обладнаних приміщеннях. При

цьому використовують різні мастильні речовини, легкозаймісті рідини, прокладають тимчасові електропроводки, ведуть пайку і чищення окремих вузлів і деталей. Виникає додаткова пожежна небезпека, що вимагає вживання відповідних заходів пожежної профілактики.

Приміщення з ПЕОМ мають пожежне навантаження у вигляді твердих палих і трудногорючих матеріалів (конструктивні елементи приміщення, підлоги і їх покриття, двері, меблі, папір та ін.).

Для дотримання пожежної безпеки передбачений ряд заходів пожежної профілактики (комплекс заходів, спрямованих на попередження пожежі або зменшення його наслідків). Зокрема передбачені:

- експлуатаційні заходи, що включають своєчасні профілактичні огляди, ремонти і випробування технологічного устаткування і іншої техніки;
- режимні заходи, що забороняють куріння в невстановлених місцях.

У разі виникнення пожежі, необхідно приступити до гасіння його вогнища за допомогою наявних засобів пожежогасіння.

Приміщення повинне задовольняти вимогам по запобіганню і гасінню пожежі ГОСТ 12.1.004-91 «Пожарная безопасность. Общие требования»:

- матеріали, вживані в робочому приміщенні для конструкцій, що захищають, мають бути вогнетривкими;
- двері обладналися в притворах ущільнювачами, щоб не допустити задимлення окремих приміщень.
- у разі виникнення пожежі, система вентиляції повинна автоматично відключитися.

У робочому приміщенні передбачаємо:

- розміщення вуглекислотних вогнегасників. У цьому приміщенні вуглекислотний вогнегасник ОУ-5 (в процесі експлуатації необхідно виконати вимоги ДСТУ 4297:2004. «Пожежна техніка. Технічне обслуговування вогнегасників. Загальні технічні вимоги»

• ), оскільки він призначений для гасіння загорянь в електроустановках під напругою до 1000 В і забезпечують краще збереження матеріальних цінностей;

- як допоміжний засіб гасіння може використовуватися гідрант, розташований в коридорі;
- для безперервного контролю приміщення і усєї будівлі необхідно встановити пожежну сигналізацію. Згідно НПБ 88-2001 «Установки пожаротушения и сигнализации. Нормы и правила проектирования» для цього приміщення з ПЕОМ передбачаємо розміщення сповіщувачів теплового типу ИП103 у кількості восьми штук (з розрахунку 1 датчик на  $4 \text{ м}^2$ ;  $S=30 \text{ м}^2$ );
- знаки позначення місць виходу при евакуації оформлені відповідно до документу Норми пожежної безпеки ДСТУ Б.ДЛ.1-1-2013 «Системи пожежної сигналізації та система оповіщення про пожежу і управління евакуацією людей на об'єкті» ;
- системи сповіщення встановлені відповідно до документу Норми пожежної безпеки «Установки пожаротушения и сигнализации. Нормы и правила проектирования» (НПБ 88-2001);
- має бути план евакуації людей при пожежі (рисунок 7.3)
- 

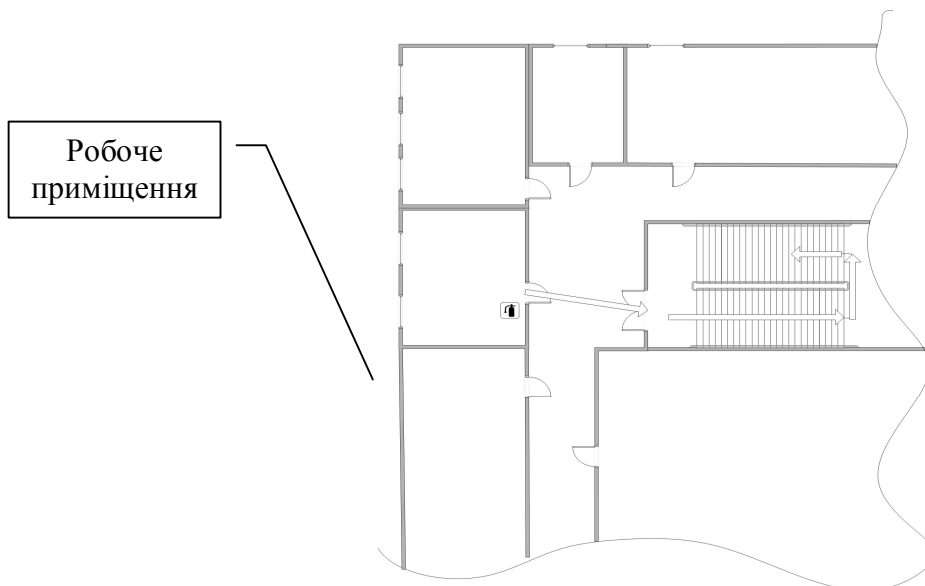


Рисунок 7.3 - План евакуації.

## **8 ЕКОЛОГІЯ**

### **8.1. Актуальність охорони навколишнього середовища**

Охорона навколишнього середовища являє собою систему природничих, виробничо-технічних, економічних та адміністративно-правових заходів, здійснюваних в країні та направлених на збереження і контрольовану зміну навколишнього середовища в інтересах суспільства, що розвивається, забезпечення раціонального використання природних ресурсів.

Об'єктивною реальністю світового розвитку людського суспільства є зростаючий вплив промисловості, транспорту і сільського господарства на природне середовище. Збільшення та накопичення у навколишньому середовищі різних забруднень здатне порушити природні процеси, що склалися в біосфері. Тому питання охорони навколишнього середовища, зменшення обсягів забруднень навколишнього середовища та застосування нових високоефективних заходів та засобів по зменшенню негативного впливу на довкілля в наш час набувають все більшої актуальності.

Згідно "Закону про охорону навколишнього середовища" та "Закону про екологічну експертизу" кожен проект, що розробляється, потрібно проаналізувати з точки зору його негативного впливу на довкілля та здоров'я людини і відшукати шляхи зменшення цього впливу.

### **8.2 Джерела забруднення атмосфери**

Атмосферне повітря забруднюється різними газами, дрібними часточками і рідкими речовинами, які негативно впливають на живі істоти, погіршуючи умови їх існування. Джерела його забруднення можуть бути природними і штучними (антропогенними):



Рис.8.1 Штучні та природні джерела забруднення атмосфери

Природне забруднення атмосфери. У нормі природні джерела забруднення не спричиняють істотних змін повітря. Інтенсивне поширення певного природного джерела забруднення на певній території (викиди попелу і газів вулканами, лісові і степові пожежі) можуть стати серйозною причиною забруднення атмосфери. Так, під час виверження вулкана Кракатау у 1883 р. маса попелу та пилу становила 150 млрд. т, і вони поширилися майже по всій земній кулі. Внаслідок виверження вулкана на Алясці в 1912 р. в атмосферу надійшло понад 20 млрд. т пилу, який тривалий час утримувався в повітрі. Такі катастрофічні явища зумовлюють іноді утворення світлонепроникного екрана навколо Землі, а також зміну її теплового балансу. Проте природні забруднення атмосфери здебільшого не завдають великої шкоди людині, бо відбуваються за певними біологічними законами і регулюються кругообігом речовин, виявляються періодично.

Штучне (антропогенне) забруднення атмосфери. відбувається внаслідок зміни її складу та властивостей під впливом діяльності людини (рис. 4). За будовою та характером впливу на атмосферу штучні джерела забруднення умовно поділяють на технічні (пил цементних заводів, дим і сажа від згоряння вугілля) та хімічні (пило- або газоподібні речовини, які можуть вступати в хімічні реакції).



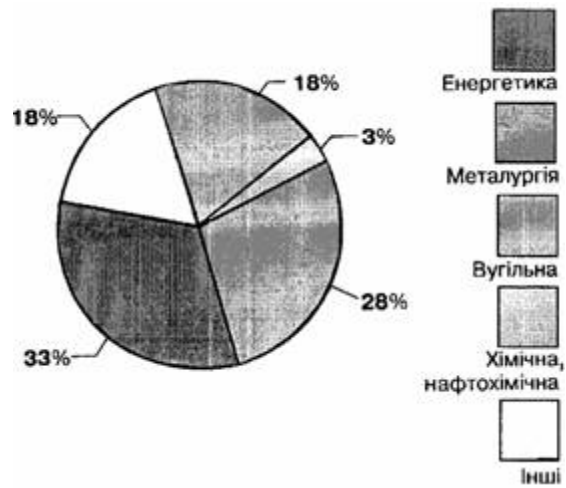


Рис. 8.2. Джерела забруднення атмосфери

За агрегатним станом усі забруднювальні речовини поділяють на тверді, рідкі та газоподібні. Саме газоподібні забрудники становлять 90 % загальної маси речовин, що надходять в атмосферу.

Забруднення атмосфери неоднакове по регіонах. В індустріально розвинених районах воно може бути в тисячу разів більшим за середньопланетарні значення. У світі щороку спалюють понад 10 млрд т органічного палива, переробляють близько 2 млрд рудних і нерудних матеріалів. Лише при спалюванні вугілля і атмосферу щороку потрапляє близько 120 млн т попелу, а разом з іншими видами пилу — до 300 млн т. За приблизними підрахунками, в атмосферу за останні 100 років надійшло 1,5 млн т арсену, 1 млн т нікелю, 900 тис. т чадного газу, 600 тис. т цинку, стільки ж міді.

Серйозної шкоди навколишньому середовищу завдає хімічна промисловість. Особливо небезпечними є сірчисті сполуки, оксиди азоту, хлор та ін. Майже всі забруднювальні речовини можуть вступати між собою в реакції, утворюючи високотоксичні сполуки. У поєднанні з туманом це явище дістало назву фотохімічного смогу.

Значним джерелом забруднення довкілля є підприємства чорної металургії. Вони викидають в атмосферу багато пилу, кіптяви, сажі, важких металів (свинець, кадмій, ртуть, мідь, нікель, цинк, хром). Ці речовини практично стали постійними компонентами повітря промислових центрів. Особливо гостро стоїть проблема забруднення повітря свинцем.

Повітря забруднюють практично всі види сучасного транспорту, кількість якого постійно збільшується у всьому світі (рис. 6.2). Майже всі складові вихлопних газів автомобілів шкідливі для людського організму, а оксиди азоту до того ж беруть активну участь у створенні фотохімічного смогу. Одна вантажівка або один легковик викидає в повітря відповідно 6 м<sup>4</sup> 3 м<sup>3</sup> чадного газу СО. Забруднюється повітря і пилом гуми з покришок автомобілів і літаків (один автомобіль утворює близько 10 кг гумового пилу).

Найбільшу загрозу для людства становить забруднення атмосфери радіоактивними речовинами. Ця проблема вперше виникла в 1945 р. після вибуху двох атомних бомб, скинутих з американських літаків на японські міста Хіросиму й Нагасакі. Природна радіоактивність існує незалежно від діяльності людини.

Живі істоти певною мірою пристосувалися до неї, хоч шкідливість її для них є очевидною.

#### Наслідки забруднення атмосфери

Атмосфера має здатність до самоочищення. Концентрація забруднювальних речовин через розпорошення їх у повітрі, осідання твердих часточок під впливом сили гравітації, випадання різних домішок з опадами (дощ інтенсивністю 1 мм/год за 45 хв вимиває з повітря 28 % часточок пилу діаметром 10 мкм). Проте від величезної кількості забруднювальних речовин, що надходять в атмосферу сьогодні, вона не встигає самоочищатись. Так, при спалюванні за рік 2,1 млрд т кам'яного вугілля і 0,8 млрд т бурого в навколишнє середовище потрапляє 225 тис. т арсену, 225 тис. т германію, 153 тис. т кобальту і, крім того, мільйони тони пилу з металургійних заводів, майже 1/5 частина світового виробництва цементу.

За приблизними підрахунками, маса забруднювальних речовин в атмосфері становить 9-10 мли т. Порівняно з масою земної атмосфери це мізерна величина, однак на висоті 50— 100 м від Землі, де саме концентруються забруднювальні речовини, частка їх є істотною відносно кількості чистого повітря.

Головними екологічними глобальними наслідками забруднення атмосфери є:

- парниковий ефект;
- озонова дірка;
- кислотні дощі;
- смог.

Вплив транспорту на атмосферне повітря. В промислово розвинутих країнах основним джерелом забруднення атмосфери є автотранспорт, парк якого безупинно росте. Якщо в 1900 р. на планеті нараховувалося біля 6 тис. автомобілів, то до 2000 р. чисельність світового парку автомашин досягла 500 млн. одиниць.

Частка автотранспорту в забрудненні атмосфери продуктами згоряння показана в табл.8.1.

Таблиця 8.1 Обсяги викидів продуктів згоряння, млн. т. рік<sup>-1</sup>

Продукти згоряння	Джерела продуктів згоряння продуктів згоряння	
	автомобілі	електростанції, промисловість і т.д.
Оксид вуглецю	59,7	5,2
Вуглеводні й інші органічні речовини	10,9	6,4
Оксиди азоту	5,5	6,5
Сполуки, що містять сірку	1,0	22,4
Макрочастки	1,0	9,8

Викиди автомобільного транспорту істотно залежать від режиму роботи двигуна і якості використовуваного палива. Зразковий склад вихлопних газів автомобілів поданий у табл.8.2.

Таблиця 8.2 Наближений склад (% по обсягу) вихлопних газів автомобілів

Компоненти	Вміст компонентів у вихлопах	
	карбюраторний двигун	дизельний двигун
N <sub>2</sub>	74-77	76-78
O <sub>2</sub>	0,3-8	2-18
H <sub>2</sub> O	3,0 - 5,5	0,5 - 4,0
CO <sub>2</sub>	5,0-12,0	1,0-10,0
CO	5.0 - 10,0	0,01 - 0,5

Оксиди сірки	0-0,8	$2 * 10^{-4} - 0,5$
Вуглеводні	0,2 - 3,0	$1 * 10^{-3} - 0,5$
Альдегіди	0-0,2	$(1 - 9) * 10^{-3}$
Сажа	$0-0,4 \text{ г / м}^{-3}$	$0,01 - 1,1 \text{ г / м}^{-3}$
Бензапірен	$(10-20) * 10^{-6} \text{ г/м}^{-3}$	до $1 * 10^{-5} \text{ г / м}^{-3}$

До токсичних відносять такі компоненти вихлопних газів: оксид вуглецю, оксиди азоту, вуглеводні. Крім того, деякі види палива містять сірку; що обумовлює вміст у вихлопних газах діоксиду сірки.



Рис. 8.3 Заходи з охорони атмосферного повітря

З початку 1930- х років тетраметил- і тетраетил свинець добавляють у якості антидетонатора до переважної більшості бензинів у кількості  $80 \text{ мг} \cdot \text{л}^{-1}$ .

При прямуванні автомобіля від 25 до 75% цього свинцю викидається в атмосферу, осаджується на землю, потрапляє в поверхневі води. Свинець акумулюється в ґрунті і рослинності уздовж автострад (у містах - уздовж вулиць із поживавленим рухом), помітна кількість сполук свинцю утримується в повітрі великих міст. За даними США і Великобританії, до 90% усього свинцю, що утримується в атмосфері, варто віднести за рахунок вихлопних газів. В даний час у ряді країн (Японії й ін.) використання етилованого бензину заборонено. Виходячи із середніх втрат нафтопродуктів на одну автомашину 10 - 11 л в рік, загальний викид нафтопродуктів світовим автомобільним парком обчислюється 2,1-2,2 млн. т у рік, причому велика частина його потрапляє в ґрунти і гідросферу.

Структура заходів по охороні повітря приведена на рис.8.3.

## **Висновки**

У дипломній роботі було виконано наступна види проектних робіт:

- обрана елементна база для стенду. Згідно із завданням стенд спроектований на основі промислового контролера на основі модуля CPU «BECKHOFF BC9120»;
- розроблена принципова схема САУ інженерними системами приміщення
- розроблена програма керування для контролера. Програма написана на мові SFC («Sequential Function Chart») - одній з мов стандарту IEC 61131-3. Програма дає можливість управління або безпосередньо з панелі управління, або з віртуальної консолі програми візуалізації;
- розроблена конструкція стенду;
- проведено розрахунок надійності обладнання;
- оцінена вартість стенду;
- оцінена безпека і екологічність.

У результаті, розроблений вчено-демонстраційний стенд системи автоматичного управління інженерними системами приміщення, який демонструє частину функціональності «розумного» будинку, а саме: управління освітленням, захистом побутових електропобутових приладів, системою безпеки, а також здійснює моніторинг параметрів довкілля (освітленість, температура, вологість).

Учбово-демонстраційний стенд призначений для наступних цілей:

- підвищити рівень і якість технічної освіти;
- навчити студентів працювати з промисловими контролерами «BECKHOFF», а також з програмним забезпеченням «TwinCAT» для їх програмування;
- допомогти освоїти мови програмуванні стандарту IEC 61131-3;
- продемонструвати можливості контролерів і роботу автоматики у дії.

## БІБЛІОГРАФІЯ

1. [https://web.itu.edu.tr/~onaygil/eht614e/IB\\_Definition.pdf](https://web.itu.edu.tr/~onaygil/eht614e/IB_Definition.pdf)
2. <https://www.se.com/ww/en/product-range-presentation/2216-c-bus-home-automation-system/>
3. <https://www.lcn.eu/en/lcn-bus/>
4. <https://iridi.com/>
5. <https://insyte.ru/support/instruktsii-landrive2/>
6. <https://www.came.com/uk/installers/solutions/home-automation>
7. <https://legrand.ru/products/sistemy-domashnego-komforta/>
8. <https://helvar.com/>
9. <https://www.amx.com/en>
10. <https://www.crestron.com/>
11. [http://kbase.x10.com/wiki/Main\\_Page](http://kbase.x10.com/wiki/Main_Page)
12. [https://z-wavealliance.org/about\\_z-wave\\_technology/](https://z-wavealliance.org/about_z-wave_technology/)
13. <https://www.theben.de/en/products-1790-c/>
14. <http://www.smarthomegroup.com/new3/index.php>
15. <https://www.domintell.com/en/>
16. Dickson B. How to prevent your IoT devices from being forced into botnet bondage [Електронний ресурс] / Dickson. – 2015. – Режим доступу до ресурсу: <https://techcrunch.com/2016/08/16/how-to-prevent-your-iot-devices-from-being-forced-into-botnet-slavery/>.
17. Балдин К.В., Уткин В.Б. Информационные системы. – М.: Дашков, 2016. – 395 с.
18. Семенюк В.В. Спосіб організації системи управління «розумний дім» (магістерська дисертація). – К., КПІ, 2019. – 116 с.
19. Підвашецький Д.А. Розробка голосової системи управління "Розумний дім" на базі веб-технологій (магістерська кваліфікаційна робота). Вінниця, ВНТУ, 2017. – 107 с.
20. «Розумний будинок» – економія чи дорога іграшка [Електронний ресурс]. URL: [http://sofit.com.ua/articles/rozumnij\\_budinok\\_ekonom\\_ia\\_chi\\_doroga\\_igrashka](http://sofit.com.ua/articles/rozumnij_budinok_ekonom_ia_chi_doroga_igrashka)

21. Mann William C. The state of the science // Smart technology for aging, disability and independence. – John Wiley and Sons, 7 July 2005. – ISBN 0-471-69694-3.
22. Петров И. В. Программируемые контроллеры. Стандартные языки и приемы прикладного проектирования. - М.: СОЛОН-Пресс. 2004.
- 23.Э. Парр «Программируемые контроллеры. Руководство инженера» перевод с английского. - М.: БИНОМ. 2007 г.
- 24.Руководство пользователя по программированию ПЛК в CoDeSys 2.3 (Русская версия «Smart Software Solutions GmbH»). ПК Пролог. 2006 .
- 25.Справочная система TWINCAT BECKHOFF (Російська версія). BECKHOFF 2010 .
- 26.Каталог «Обзор продукции BECKHOFF» (Російська версія). Москва.2009 .
- 27.Каталог «Блоки питания и трансформаторы Schneider-Electric» (Російська версія). М. 2009 .
- 28.Основні вимоги до оформлення текстової і графічної частин дипломних та курсових проектів. Склад: доц. Куцевич А.В. Тернопіль: Тернопільський державний технічний університет ім. Івана Пулюя, 2005.
- 29.Методичні вказівки по оформленню технічного завдання в курсовому і дипломному проектуванні. Для студентів спеціальностей: 7.092501 – Автоматизація технологічних процесів і виробництв та 7.092502 – Алгоритмічне та програмне забезпечення комп'ютерно-інтегрованих технологій. Склад: доц. Шкодзінський О.К.Тернопіль: Тернопільський приладобудівний інститут ім. Івана Пулюя, 1996
30. Методичні вказівки до курсового проектування з курсу "Проектування автоматизованих виробничих систем". Склад: доц. Шкодзінський О.К. Тернопіль: ТНТУ, 2011.
31. «Астра-9» Руководство по эксплуатации ЗАО НТЦ "ТЕКО". Казань.2008.
- 32.Техническое описание на датчики влажности воздуха серии ВА100/101/102 ЗАО «НТЦ ИИТ» Юбилейный. 2009.
- 33.Техническое описание на датчики температуры воздуха серии ТА100/101/102 ЗАО «НТЦ ИИТ» Юбилейный. 2009.



34. Техническое описание на датчики видимого света серии ОС100М ЗАО «НТЦ ИИТ» Юбилейный. 2009.
35. Проць Я.І., Савків В.Б., Шкодзінський О.К., Ляшук О.Л. Автоматизація виробничих процесів. - Тернопіль: Видавництво ТНТУ, 2011. - 338 с.
36. ГОСТ 12.0.003-74\* «ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»
37. ГОСТ 12.1.038-82\* «Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов»
38. ГОСТ 12.1.004-91 «Пожарная безопасность. Общие требования»
39. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы»
40. СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение»
41. СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений»
42. СНиП 41-01-2003 «Отопление, вентиляция и кондиционирование».
43. ГН 2.2.5.009-94 «Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны».
44. ДСТУ 4297:2004 «Пожежна техніка. Технічне обслуговування вогнегасників. Загальні технічні вимоги.
45. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки»
46. ДСТУ EN 54-14:2005 «Системы пожарной сигнализации Требования по проектированию, монтажа, наладке, эксплуатации и техническому обслуживанию»
47. ДСТУ Б.ДЛ.1-1-2013 «Системи пожежної сигналізації та система оповіщення про пожежу і управління евакуацією людей на об'єкті»