

Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра комп'ютерних систем управління
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на тему:

«Розробка і дослідження системи автоматизації живлення «Розумного житла» на сонячних панелях»

Виконав: магістр 2 курсу, групи 2АКІТ-22м
спеціальності 151- Автоматизація та
комп'ютерно- інтегровані технології»
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Назар РИБАЛКО
(ім'я ПРІЗВИЩЕ)



Керівник: к.т.н., професор каф. КСУ

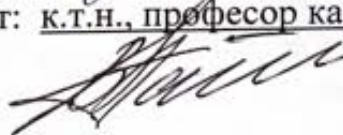
Микола БИКОВ
(ім'я ПРІЗВИЩЕ)



«01» грудня 2023 р.

Опонент: к.т.н., професор каф. АІТ

Володимир ПАПІНОВ
(ім'я ПРІЗВИЩЕ)



«05» грудня 2023 р.

Допущено до захисту
Т.в.о. зав. кафедри КСУ
Марія ЮХИМЧУК
(прізвище та ініціали)



«07» грудня 2023 року

Вінницький національний технічний університет
 Факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації
 Кафедра комп'ютерних систем управління
 Рівень вищої освіти II-й (магістерський)
 Галузь знань – 15 Автоматика та приладобудування
 Спеціальність - 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
 Освітньо-професійна програма - Інтелектуальні комп'ютерні системи

ЗАТВЕРДЖУЮ

Т.в.о. зав. кафедри КСУ

Марія ЮХИМЧУК

«09» жовтня 2023 року

ЗАВДАННЯ

НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Рибалку Назару Едуардовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Розробка і дослідження системи автоматизації живлення «Розумного житла» на сонячних панелях»

керівник роботи Биков Микола Максимович, к. т. н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ВНТУ від «18» вересня 2023 року № 247

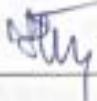

2. Строк подання студентом роботи «1» грудня 2023 року

3. Вихідні дані до роботи: об'єкт автоматизації – система живлення розумного будинку з використанням сонячних батарей; контрольовані параметри – наявність напруги живлення від електромережі; кути повороту платформи по горизонталі і вертикалі; цифрові пристрої обробки інформації – ПЛК і мікроконтролер; регулятор руху – кроковий двигун; середовища моделювання – Visual Studio 2020, TIA Portal, Atmel Studio 7; Proteus VSM.

4. Зміст текстової частини: Анотація; Вступ; Аналіз об'єкта автоматизації і техніко-економічне обґрунтування доцільності розробки; Розробка схем автоматизованої системи управління; Розробка алгоритмів управління і програмного забезпечення; Машинний експеримент; Економічна частина.

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) 1. Схема алгоритму управління – 1 аркуш; 2. Схема взаємодії програм – 1 аркуш; 3. Схема системи структурна – 1 аркуш; 4. Схема принципова електрична системи – 1 аркуш; 5. Схема системи функціональна; 6. UML-діаграма діяльності – 1 аркуш.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ змістової частини роботи	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 4	Буреннікова Н.В. д.е.н., пофесор кафедри ЕПВМ		

7. Дата видачі завдання “ 09 ” жовтня 2023 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Багатоваріантний аналіз методів машинного навчання, обґрунтування доцільності розробки	28.09.2023 р.	
2	Розрбка технічного завдання, аналіз і вибір обладнання	15. 10.2023 р.	
	Розробка структурної, функціональної і принципової схем системи	25. 10.2023 р.	
3	Розробка алгоритмів функціонування системи	29. 10.2023 р.	
4	Розробка програмного забезпечення системи	10.11.2023 р.	
5	Тестування програмного забезпечення	20.11.2023 р.	
6	Оформлення пояснювальної записки і графічного матеріалу	20. 11.2023 р.	
7	Апробація результатів дослідження	14.11.2023 р.	
8	Публікації	14.11.2023 р.	
9	Графічні матеріали: Розробка схем алгоритмів Розробка плакатів демонстраційних Розробка UML-діаграм	05.11.2023 р. 10.11.2023 р. 12.11.2023 р.	
10	Остаточний захист	19.12.2023 р.	

Студент

Керівник роботи



Назар РИБАЛКО

Микола БИКОВ

АНОТАЦІЯ

УДК 681.142.2 (075.5)

Рибалко Н. Е. Розробка і дослідження системи автоматизації живлення «Розумного житла» на сонячних панелях. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 151 – автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології, освітня програма – інтелектуальні комп'ютерні системи. Вінниця: ВНТУ, 2023. 122 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 51 назв; рис.: 32; табл. 12.

В даній магістерській кваліфікаційній роботі вирішена задача підвищення ефективності функціонування приміщення «Розумний будинок» шляхом вибору його оптимальної структури і розробки недорогої підсистеми автоматизованого управління енергоживленням від сонячних батарей.

В роботі показана актуальність проблеми розробки недорогих підсистем автоматизації окремих функцій «Розумного будинку», проведено аналіз об'єкта автоматизації у вигляді сучасного житла, розглянуто роль і місце підсистеми автоматизації енергоживлення в системі управління його функціональними частинами. Розроблені схеми системи автоматизації живлення від сонячних батарей з допомогою контролера і крокових двигунів.

У розділі програмного забезпечення обґрунтовано вибір програмного середовища для розробки підсистеми автоматизації енергоживлення розумного житла. Розроблено програмне забезпечення мовою CіAVR, проведено тестування на адекватність його роботи, яке підтвердило адекватність розроблених методів і програмного забезпечення.

Графічна частина містить 12 плакатів і креслень з ілюстрацією результатів роботи.

Ключові слова: автоматизована система управління житлом, «Розумний будинок», сонячні батареї, мікроконтролер, кроковий двигун.

ANNOTATION

UDC 681.142.2 (075.5)

Rybalko N. E. Development and research of the "Smart Housing" power automation system on solar panels. Master's thesis on specialty 151 - automation and computer-integrated technologies, educational program - intelligent computer systems. Vinnytsia: VNTU, 2023. 122 p.

In Ukrainian speech Bibliography: 51 titles; Fig.: 32; table 12.

In this master's qualification work, the task of increasing the efficiency of the operation of the "Smart House" premises by choosing its optimal structure and developing an inexpensive subsystem of automated power supply management from solar batteries is solved.

The work shows the relevance of the problem of developing low-cost automation subsystems of individual functions of the "Smart House", an analysis of the automation object in the form of modern housing is carried out, the role and place of the energy supply automation subsystem in the management system of its functional parts is considered. Schemes of the automation system of power supply from solar batteries with the help of a controller and stepper motors have been developed.

In the software section, the choice of the software environment for the development of the smart home power supply automation subsystem is justified. Software in the CiAVR language was developed, testing was conducted for the adequacy of its work, which confirmed the adequacy of the developed methods and software.

The graphic part contains 12 posters and drawings illustrating the results of the work.

Keywords: automated home control system, "Smart House", solar batteries, microcontroller, stepper motor.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1 ВАРІАНТНИЙ АНАЛІЗ ОБ’ЄКТА АВТОМАТИЗАЦІЇ І ТЕХНІКО- ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ РОЗРОБКИ	11
1.1 Суть технічної проблеми, що виникла на даному етапі розвитку..	11
1.2 Аналіз сучасних технічних рішень для автоматизованої системи управління житлом	14
1.3 Вибір типу обладнання для системи автоматизації живлення розумного будинку на сонячних панелях	23
1.4 Постановка задач	27
2 РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ЖИТЛА «РОЗУМНИЙ БУДИНОК».....	28
2.1 Загальні вимоги до системи «Розумний будинок».....	28
2.2 Розробка узагальненої структурної схеми системи АСУ житлом	31
2.3 Розробка схем підсистеми управління енергоживленням від сонячних панелей.....	35
2.4 Висновки до розділу.....	59
3 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.....	60
3.1 Розробка алгоритму керування перемиканням живлення розумного будинку на різні джерела енергії	60
3.2 Розробка програми керування енергоживленням житла	61
3.3 Розробка алгоритму роботи системи позиціонування сонячних панелей.....	66
3.4 Опис програмного середовища Atmel Studio	67
3.5 Розробка програми керування сонячними батареями.....	69
3.5 Висновки до розділу	71
4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	72
4.1 Проведення комерційного та технологічного аудиту науково- технічної розробки.....	72

4.2 Розрахунок узагальненого коефіцієнта якості розробки.....	73
4.3 Розрахунок витрат на проведення науково-дослідної роботи....	74
4.4 Розрахунок економічної ефективності науково-технічної розробки при її можливій комерціалізації потенційним інвестором.	85
4.5 Висновки до розділу.....	89
ВИСНОВКИ.....	91
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	
ДОДАТКИ	
ДОДАТОК А (обов'язковий). Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень.....	110
ДОДАТОК Б (обов'язковий). Технічне завдання	101
ДОДАТОК В (довідниковий). Лістинги програм.....	104
ДОДАТОК Г (обов'язковий). Ілюстративна частина	105

ВСТУП

Актуальність проблеми. Історія виникнення систем автоматизації житла починається з 70-тих років 20 століття. Такі системи почали називати «Розумним житлом», яке з часом отримало таке визначення: «Будівля, що забезпечує продуктивне, ефективне й економне використання робочого простору завдяки оптимізації його чотирьох основних елементів: структури, систем, служб і керування, а також взаємин між ними» [1]. Скорочена назва такої системи – АСУЖ.

Системи АСУЖ «Розумний дім» ґрунтуються на сучасних інформаційних технологіях і досягненнях в засобах автоматизації і дозволяють контролювати параметри житла на відстані і здійснювати контроль за його функціонуванням. В сучасних умовах нестабільності забезпечення житла централізованою електроенергією на порядку денному стоїть задача забезпечення нею будівель шляхом використання альтернативних джерел, таких, наприклад, як сонячні панелі, поєднаних з джерелом безперервного живлення ДБЖ. Оскільки така задача продиктована міжнародною ситуацією вперше, то її вирішення ще не було зроблено фірмами-виробниками систем «Smart Home». Тому розробка і дослідження системи автоматизації живлення «Розумного житла» на сонячних панелях є **актуальною темою** для дослідження.

Останніми роками в низці проведених досліджень було показано незмінну тенденцію зростання частки затрат на збільшення обсягу інженерних систем та систем автоматизації в загальному кошторисі будівельних об'єктів. На сьогодні еволюція цієї тенденції призвела, з одного боку, до якісної зміни ролі і місця автоматизованих систем управління будівлями, а з іншого боку, і організаційно-технічних рішень з автоматизації та управління будівлями та концепції взаємозв'язку інженерного устаткування об'єктів.

Метою даної роботи є підвищення ефективності функціонування АСУЖ «Розумний дім» шляхом розробки системи автоматизованого управління енергоживленням від сонячних батарей.

Об'єктом дослідження є процес автоматизації управління енергоживленням мікропроцесорною системою у розумному будинку.

Предметом дослідження є методи і засоби для автоматизованого контролю і управління енергопостачання сучасного житла.

Поставленої мети під час виконання магістерської роботи можна досягти вирішенням таких задач:

- Проаналізувати існуючі системи і зробити їх порівняльний аналіз;
- Визначити параметри системи автоматизації управління енергоживленням, що підлягають контролю і управлінню;
- Провести вибір обладнання для системи автоматизації АСУЖ;
- Розробити структурну схему АСУЖ і схеми підсистеми автоматизації управління енергоживленням;
- Розробити алгоритмічне і програмне забезпечення підсистеми автоматизації;
- Провести тестування роботи системи і зробити висновки.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконана згідно плану науково-дослідної роботи кафедри КСУ.

Методи дослідження. У процесі дослідження застосовувалися: теорія автоматичного управління; теорія системного аналізу; теорія алгоритмів; комп'ютерне моделювання для аналізу та перевірки достовірності отриманих теоретичних положень.

Наукова новизна одержаних результатів.

Удосконалено процес автоматизації управління енергоживленням розумного житла, який, на відміну від наявних, більш ефективно забезпечує електроенергією прилади і техніку житла за рахунок поєднання процесів автоматизації живлення від сонячних панелей з контролем наявності напруги і підключенням ДБЖ в разі її відсутності.

Практична цінність дослідження полягає в тому, що розроблені методи, засоби і програмне забезпечення дозволяють підвищити надійність забезпечення розумного житла електроенергією.

Впровадження. Результати магістерської кваліфікаційної роботи використовуються в наукових дослідженнях і навчальному процесі кафедри КСУ.

Достовірність результатів магістерської кваліфікаційної роботи підтверджується коректним застосуванням технічних засобів і теоретичних положень під час проектування, строгістю постановки задач, порівнянням результатів, отриманих за допомогою розроблених у роботі методів, з відомими та збіжністю результатів машинного експерименту з результатами, що отримані під час впровадження розроблених програмних і апаратних засобів.

Особистий внесок здобувача. Більшість результатів отримано автором самостійно.

Апробація результатів роботи. Основні положення й результати досліджень доповідалися й обговорювалися на Міжнародній науково-практичній Інтернет конференції студентів, аспірантів та молодих науковців ВНТУ «Молодь в науці» (2023).

Публікації: За результатами конференції опубліковані тези: М.М. Биков, Н.Е. Рибалко. Система автоматизації енергоживлення «Розумного будинку» на сонячних панелях. – [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2024/author/submission/19555>

1 ВАРІАНТНИЙ АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЗАЦІЇ І ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ РОЗРОБКИ

1.1 Суть технічної проблеми, що виникла на даному етапі розвитку

Завдяки розвитку Інтернету речей (IoT) та віддалених технологій управління в останні роки спостерігається зростаючий інтерес до розумних будинків або "Smart Homes" [1,2,3,4]. Багато людей намагаються оптимізувати своє житло таким чином, аби їм не доводилось виконувати багато дій для комфортного життя, для чого надають своїм помешканням функції «розумності». Вони роблять розумний будинок приміщенням, яке оснащено системами для забезпечення автоматичного виконання дій, необхідних для підтримання його в оптимально комфортному для людини стані. Розумні будинки дозволяють власникам віддалено керувати різними аспектами свого дому, такими як освітлення, температура, безпека та багато інших, за допомогою смартфонів, планшетів або голосових асистентів [5,6]. (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Основні компоненти АСУЖ «Розумний будинок»

Розумний будинок може бути обладнаний системами безпеки, такими як камери спостереження, сенсори відкриття та вибухозахист. Ці системи

можуть надсилати сповіщення власникам у разі виявлення потенційно небезпечних ситуацій. Розумний будинок також може забезпечити різні розважальні можливості. Аудіо- та відеосистеми можуть бути інтегровані з іншими пристроями, щоб створити комфортне середовище для розваги та релаксації. З комерційної точки зору «Розумний будинок» також може збільшити вартість нерухомості власників, оскільки споживачі все більше оцінюють можливості смарт-технологій та безпеки [7,8].

Однією з головних переваг розумного будинку є можливість ефективно керувати енергоспоживанням. Термостати, освітлення та інші системи можуть автоматично регулювати споживану енергію, що допомагає зменшити рахунки за комунальні послуги [9,10,11]. Оскільки реалії сучасного життя, пов'язані з воєнними діями, роблять системи централізованого живлення нестабільними, то для усунення цієї проблеми сучасні розумне житло потрібно забезпечувати альтернативними джерелами живлення, такими, наприклад, як системи живлення на сонячних панелях. Під час цього виникає потреба в розв'язанні таких задач:

- Задача автоматизації управління сонячними панелями для підвищення їх енерговіддачі;

- Задача автоматизації перемикання живлення «Розумного будинку» з централізованої електромережі на альтернативне джерело живлення.

На сьогодні проблемами розробки і автоматизації систем розумного жила займаються декілька десятків провідних компаній у цій галузі. Серед них найбільш відомими є такі [7]:

- Підрозділ Google Nest компанії Google, який спеціалізується спеціалізований на розробці розумних пристроїв для дому, таких як термостати, камери, датчики тощо;

- Amazon Alexa, який розробляє розумні пристрої та платформу голосового керування для "Розумного житла" під брендом Alexa;

- Apple HomeKit, який пропонує платформу для підключення і керування розумними пристроями через пристрої, які працюють на iOS, iPadOS і macOS;
- Samsung SmartThings, який розробив платформу для проектування і керування розумними пристроями в будинку;
- Підрозділ Philips Hue фірми Philips, що спеціалізується на розумному освітленні для дому та пропонує серію продуктів Hue;
- Підрозділ Nest Labs, придбаний Google, спеціалізується на розробці розумних термостатів та інших рішень для енергоефективного опалення і охолодження будинків;
- Фірма Ecobee, яка відома своїми розумними термостатами;
- Підрозділ Ring, який на сьогодні перебуває в складі компанії Amazon і спеціалізується на розробці систем безпеки для дому, включаючи відеодзвінки та камери.

На разі існують багато інших компаній, які також розробляють різноманітні розумні пристрої для дому і платформи для їх керування. Цей ринок постійно зростає, і нові гравці можуть з'являтися з часом [12]. В Україні серійного виробництва технологій «Розумний будинок на нинішній час не існує, а розробки названих вище зарубіжних компаній і фірм для вітчизняного споживача є дороговартісними, тому технічна проблема побудови недорогої системи автоматизації живлення «розумного будинку», яка виникла на сьогодні на даному етапі розвитку техніки, є досить нагальною. Для розв'язання даної проблеми в даній магістерській кваліфікаційній роботі ставляться наступні задачі:

- провести аналіз наявних систем автоматизації АСУЖ «Розумний будинок»;
- провести аналіз ефективності застосування різних альтернативних джерел енергії для розумного житла;
- на основі проведеного аналізу вибрати оптимальний на сьогодні варіант енергоживлення розумного будинку;

- розробити структуру системи автоматизації живлення розумного будинку для вибраного варіанту енергопостачання.

1.2 Аналіз сучасних технічних рішень для автоматизованої системи управління житлом

1.2.1 Основні концепції побудови систем автоматизації житла

Найбільш часто використовують два методи побудови систем АСУ розумним житлом. Перший з них базується на програмованих логічних контролерах (ПЛК) [13], а другий використовує віддалений комп'ютер, який називається сервером [14]. В обох цих методах також потрібен комп'ютер для зберігання записів аудіо- та відеофайлів з камер спостереження, протоколів різних подій, звітів про стани системи і іншої інформації [15, 16, 17].

До основних складових елементів, що утворюють одну велику систему «Розумного будинку» входять:

- Виконавчі пристрої, до яких відносяться механізми, які виконують такі дії, як увімкнення чи вимкнення світла, опалення і різних приладів, відкривають вікна та двері. Вони також можуть виконувати прибирання житла, поливання кімнатних рослин, доставку предметів, тобто робити все те, що на сьогодні власники житла роблять самі.
- Сенсори і датчики. Прилади, які контролюють параметри регульованих процесів у будинку та передають їх значення в центральний орган управління. Ними можуть бути різні датчики, що вимірюють вологість і температуру повітря, сенсори руху, шуму тощо.
- Електродроти і шини, що з'єднують всю систему в єдине ціле.
- Електронний центр, який є головним органом, який керує всією системою в цілому [18].

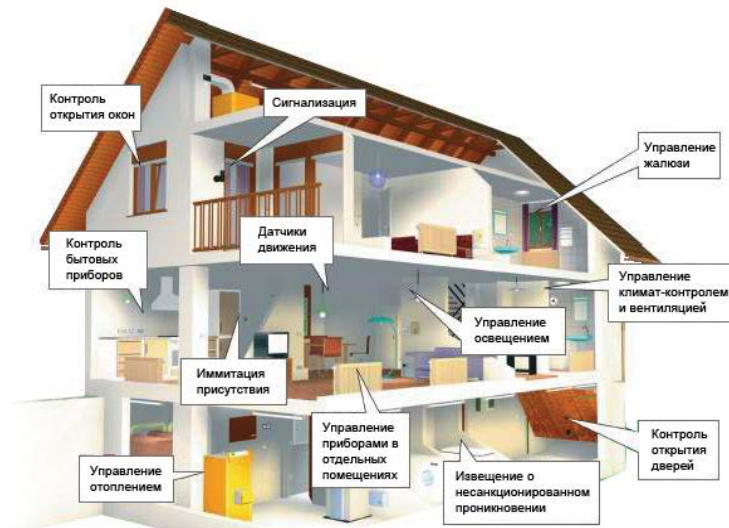


Рисунок 1.2 – Приклад схеми розташування сервісного обладнання в системі «розумний дім»

«Інтелектуальне» управління відноситься до набору стандартів, які об'єднують різні технічні засоби в єдину систему. Пропоновані на ринку системи повинні бути відкритими, підтримувати більшість сучасних протоколів зв'язку та компонуватися з засобами інших виробників [19].

1.2.2 Аналіз сучасних методів енергоживлення розумного житла

Метою магістерської роботи є розробка автоматизованої системи електропостачання «Розумного будинку», що буде використовувати одне із найбільш ефективних альтернативних сучасних джерел енергії. Для цього потрібно проаналізувати існуючі способи енергоживлення, обґрунтувати вибір одного з них, а також обґрунтувати використовувані в ньому пристрої і обладнання.

Сьогодні питання енергозабезпечення є дуже актуальним, оскільки енергоресурси є вичерпними. За період історії існування людства було винайдено багато методів використання енергоресурсів [20,21] для вирішення цієї проблеми, які можна класифікувати так, як показано на рисунку 1.3.

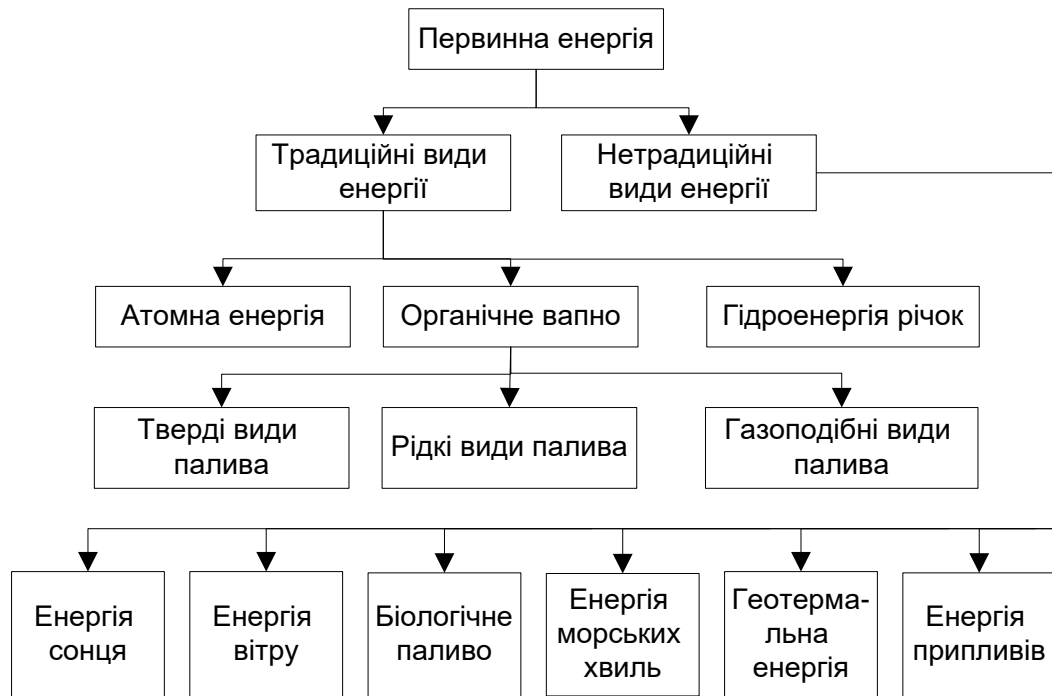


Рисунок 1.3 - Класифікація сучасних джерел енергії

Проведемо аналіз характеристик вказаних на схемі енергоресурсів і принципів їх використання для забезпечення енергоживлення.

Енергія Сонця є на сьогодні найбільш поширеною на Землі і в Сонячній системі, яка породила існування багатьох інших джерел енергії. Усі джерела енергії, які були перед цим згадані, такі як вугілля, природний газ чи нафта, тим чи іншим способом використовують енергію Сонця. Їх можна вважати законсервованою сонячною енергією. Існує вона в цих видах палива з давніх давен: рослини, що виростили на Землі росли під дією сонячного світла і тепла, енергію Сонця в собі накопичували, яка потім шляхом тривалих природних процесів перетворилися на паливо, що використовується сьогодні. Щороку Сонце дає можливість людству отримувати мільярди тонні деревини і зерна. Сонця, також підтримує кругообіг води на Землі, надаючи енергію річкам і гірським водоспадам.

У всіх наведених випадках сонячну енергію використовують опосередковано, з допомогою багатьох проміжних перетворень. На протязі трьох днів Сонце віддає Землі стільки енергії, скільки її містять всі розвідані корисні копалини, а на протязі одного року – 170 мільярдів джоулів. Більша

частина даної енергії розсіюється або поглинається атмосферою, особливо в хмарах, а тільки її третина досягає земної поверхні. Але навіть така величина отриманої Землею енергії в 1600 разів більше тієї, яку разом надають всі інші джерела. Тільки сонячна енергія, що падає на поверхню одного озера, відповідає потужності великої електростанції [23, 24, 25]. Тому доцільно б виключити всі поміжні перетворення і використати спосіб безпосереднього перетворювати світлового і теплового випромінювання Сонця, в електричну енергію.

Для перетворення сонячних променів в електричну енергію людство наразі має дві можливості в своєму розпорядженні. Перша - це використання сонячної енергії як джерело тепла для вироблення електроенергії стандартними способами за допомогою турбогенераторів. Друга - безпосереднє перетворення сонячної енергії в електричну за допомогою сонячних фотоелементів. Сонячну енергію використовують також після її концентрації за допомогою дзеркал – для плавлення речовин, дистиляції води, нагріву, опалювання і т.д.

Оскільки енергія сонячного випромінювання розподіляється по великій площі (по іншому, має малу щільність), всяка установка для безпосереднього використання сонячної енергії повинна мати пристрій, що збирає (колектор) з достатньою площею поверхні.

Простий пристрій такого типу є колектором, що представляє собою чорну пластину, добре ізольовану знизу. Він покритий склом або пластиком, що пропускає світло, проте не пропускає теплове випромінювання. У просторі між склом і плитою найчастіше поміщають чорні трубки, через які пропускають повітря або воду чи масло, або ртуть, тощо. Сонячне випромінювання, що проникає скрізь скло чи пластик в колектор, поглинається там чорними трубками і пластиною та нагріває у трубках робочу речовину. Теплове випромінювання не може залишити колектор, тому він має температуру значно вищу (на 200–500°C) температури навколишнього повітря. Це так званий парниковий ефект. Для прикладу,

звичайні садові теплиці насправді є простими колекторами сонячної радіації. При віддалені від тропічної широти горизонтальний колектор стає менш ефективним, а повернути його за Сонцем досить складно і дорого. Тому такі колектори зазвичай встановлюють під визначеним оптимальним кутом до півдня.

Дорожчим і складнішим колектором є увігнуте дзеркало. Випромінювання, що на нього потрапляє, воно зосереджує в невеликому об'ємі біля деякої геометричної точки, що називається фокусом. Відбивна поверхня дзеркала виготовлена з металізованого пластику або складається з багатьох маленьких плоских дзеркал, прикріплених до великої параболічної основи. Завдяки спеціальним механізмам колектори такого типу постійно повертаються до Сонця, це дозволяє їм зібрати якомога більше сонячного випромінювання. В робочому просторі дзеркальних колекторів температура досягає 3000°C і вище.

Сонячна енергетика є одним із найбільш матеріаломістких видів виробництва енергії.

На думку експертів, найбільш привабливою ідеєю перетворення сонячної енергії є використання фотоефекту в напівпровідниках. Але, якщо для прикладу розглянути сонячну електростанцію на напівпровідниках поблизу екватора, здатною до вироблення 500 МВт/год, то вона містить декілька мільйонів фотоелементів. Зрозуміло, що окупність такої величезної кількості напівпровідникових елементів буде досягатись тільки тоді, коли їх виробництво є дешевим. Ефективність сонячних електростанцій в інших районах Землі була б низькою через нестабільні атмосферні умови, слабку інтенсивність сонячної радіації, яка тут сильніше поглинається атмосферою навіть у сонячні дні, а також коливань, викликаних чергуванням ночі і дня.

Не зважаючи на це, сонячні фотоелементи вже сьогодні стали достатньо дешевими, і знаходять широке застосування. Вони на практиці виявилися незамінними джерелами електроенергії в ракетах, автоматичних міжпланетних станціях та супутниках, а на Землі — насамперед для

живлення телефонних мереж у неелектрифікованих районах або для невеликих споживачів струму (електробритви та запальнички, радіоапаратура тощо).

Енергія вітру. При використанні цієї енергії виникає серйозна проблема надлишку енергії у вітряну погоду і її нестача в періоди безвітря. Виникає проблема ефективного накопичування і збереження про запас енергії вітру. Простий спосіб її вирішення полягає в тому, що від вітряка рухається насос, він наповнює водою розташований на висоті резервуар. У безвітряну погоду вода, витікаючи з нього, приводить в дію водяну турбіну, підключену до генератора змінного або постійного струму. Існують також інші проекти і розробки: від застосування звичайних акумуляторних батарей до розкручування гігантських маховиків або нагнітання стислого повітря в підземні печери, або ж до виробництва водню в якості палива. Останній спосіб виявляється особливо перспективним. При його застосування електричний струм розкладає воду на водень і кисень. Водень зручно зберігати в зрідженому стані і у міру потреби спалювати в котлах теплових електростанцій.

Атомна енергія. Під час вивчення розпаду атомних ядер з'ясувалося, що вага кожного ядра менша за суму мас його протонів і нейтронів. Це впливає з того, що при поєднанні протонів і нейтронів у ядрі виділяється багато енергії. Зменшення маси ядер на 1 г еквівалентне кількості теплової енергії, яка б виділилася при спалюванні 300 вагонів кам'яного вугілля. Тому науковці і дослідники доклали багато зусиль, щоб знайти спосіб, який дозволив би заставити атомне ядро звільнити приховану в ньому величезну енергію.

Ядерні реактори, що використовують теплові нейтрони, різняться між собою в основному двома ознаками: які речовини використовуються як уповільнювач нейтронів і які використовуються як теплоносій, за допомогою якого відбувається відведення тепла від активної зони реактора.

Без сумнівів, на разі атомна енергетика зайняла міцне місце в

енергетичному балансі людства. Вона, безумовно, продовжуватиме розвиватися і в майбутньому, неодмінно забезпечуючи людей такою необхідною енергією. Однак будуть потрібні додаткові заходи для забезпечення надійності АЕС, їхньої безаварійної роботи, і вчені та інженери зможуть знайти необхідні рішення.

Гідроенергія річок. Запаси на Землі енергії води є колосальними і уже багато тисячоліть послугують людству. Водой покрито близько трьох чвертей поверхні планети. Світовий океан служить величезним акумулятором енергії, який поглинає велику частину тієї, що надходить від Сонця. Він формує приливи і відливи та океанські течії великої потужності. Могутні річки, що несуть величезні маси води в моря і океани, володіють великим запасом гідроенергії. У пошуках енергії люди раніш за все навчилися використовувати енергію річок.

Примітивна водяна турбіна була першою машиною, в якій людина використовувала водяну енергію як перше джерело енергії. Уже понад 2000 років тому на Близькому Сході використовували водяне колесо у вигляді валу з лопатками. Воно працювало як перший механізований млин для зерна. Споруджувалися такі турбіни тільки в гірських районах, де є великий перепад і сильний натиск річки чи струмка. На повільних потоках водяні колеса з горизонтально розміщеними лопатками малоефективні.

На сучасній гідроелектростанції водяна маса з великою швидкістю прямує на лопаті турбін. Вода з греблі надходить через захисну сітку і регульований затвор по сталевому трубопроводу до турбіни, над якою встановлений генератор. За допомогою турбіни механічна енергія води передається генератору і перетворюється в ньому в електричну енергію. Після виконання роботи вода надходить у річку тунелем, який поступово розширюється і втрачає при цьому швидкість.

Гідроелектростанції можна класифікувати за різними ознаками. Зазвичай основною з них є потужність. За цією ознакою їх поділяють на дрібні з потужністю до 0,2 Мват, малі – до 2 Мвт, середні – до 20 Мвт та

великі – понад 20 Мвт. За ознакою напору розрізняють низьконапірні з висотою понад 100 м. Висота дамби деяких потужних гідроелектростанцій становить 240 м, що дозволяє їх зосереджувати перед турбінами енергію води шляхом підняття її рівня і накопичення.

Застосування машини у вигляді турбіни дозволяє легко і просто змінювати поступальну ходу на обертальну. Такий же принцип часто застосовують і в машинах, що зовні відрізняються від водяного колеса, наприклад, в парових турбінах на лопатки діє пара.

На разі людство використовує лише невелику частину гідроенергетичного потенціалу природи. Величезні потоки води, які щорічно утворюються в результаті циклічної сезонної зміни клімату в різних регіонах Землі, течуть невикористаними в моря, від чого втрачається колосальна кількість енергії, яку людство могло б отримати додатково.

Гідроелектростанціям властиві такі переваги, як наявність постійно поновлюваного самою природою запасу енергії, відсутність негативного впливу на екологію зовнішнього середовища, простота експлуатації.

Головним недоліком гідроенергетики в цьому випадку є великі капітальні затрати, пов'язані з необхідністю спорудження дамб та інвестицій в виготовлення складного обладнання. Щоб привести в обертання могутні гідротурбіни, потрібно накопичити за дамбою величезні дамб. Щоб спорудити дамбу для потужної турбіни треба вкласти дуже велику кількість будівельних матеріалів. Цей недолік і обмежує використання енергії річок для реалізації системи енергопостачання в нашому випадку.

Енергія морських течій. На механічну і електричну енергію за допомогою турбін, занурених у воду, можна перетворювати величезні запаси кінетичної енергії морських течій, накопичені в океанах і морях. На разі в багатьох країнах, зокрема в Англії, проводяться інтенсивні роботи з використання енергії морських хвиль. Це пов'язано з тим, що Британські острови мають берегову лінію значної довжини, багатьох місцях на протязі якої протягом тривалого часу море залишається бурхливим.

Серед газоподібних видів палива на сьогодні найбільше поширення отримує воднева енергетика. Водневе паливо на сьогодні набуває особливої популярності в автомобільних двигунах як альтернатива бензиновому, дизельному і електротязі. Водень є синтетичним паливом і його можна отримувати шляхом каталізу з природного газу, вугілля, нафти або шляхом розкладання води. Однак використання його для виробництва електроенергії обмежене через великі потреби в ньому інших галузей: одна половина його кількості витрачається в металургії для гідрогенізації вугілля і інших палив та на виробництво аміаку і добрив, а інша половина на вилучення сірки з газоподібного палива. Тому в сучасній промисловості водень залишається в більшій мірі хімічною сировиною, ніж енергетичною.

Таблиця 1.1 - Недоліки та переваги альтернативних джерел енергії

Джерело енергії	Переваги	Недоліки
Нафта	Висока технологічність. Простота застосування.	Обмежена доступність. Непоновлюваність. Забруднення навколишнього середовища.
Сонце	Поновлюваність. Доступність. Екологічна чистота.	Нестабільність. Дороговизна сонячних батарей.
Вітер	Поновлюваність.	Шум. Великі площі, що займають вітрові електростанції.
Біомаса	Доступність. Простота застосування.	Необхідність транспортування. Споживання води у виробництві.

Аналіз наведених в табл.1.1 недоліків і переваг альтернативних джерел енергії показує, що найбільш перспективним джерелом енергії для розумного будинку є сонячна енергія.

В якості перетворювачів сонячної енергії в електричну зазвичай служать сонячні елементи у вигляді панелей фотоелементів, які з'єднуються разом, утворюючи сонячні батареї [12].

1.3. Вибір типу обладнання для системи автоматизації живлення розумного будинку на сонячних панелях

1.3.1 Аналіз проблем, що виникають при побудові системи автоматизації енергоживлення на сонячних панелях

Автоматизація системи живлення на сонячних панелях може зробити будинок більш енергоефективним та допомогти в економії грошей та ресурсів. Важливо докладати зусиль для вирішення технічних і функціональних проблем, які можуть виникнути, і вибирати найкращі технологічні рішення для конкретної ситуації.

Під час проектування системи автоматизації живлення "розумного будинку" на сонячних панелях потрібно враховувати низку викликів та проблем, які вимагають ретельного аналізу та розв'язання:

- Недостатність сонячної енергії, яка полягає в тому, що споживана енергія розумним будинком енергія, особливо в нічний час або в періоди поганої погоди, перевищує енергію, вироблену сонячними батареями. Це може призводити до нестабільного живлення системи. Для вирішення даної проблеми необхідно мати в складі системи автоматизації альтернативне джерело енергії у вигляді акумуляторної батареї для зберігання сонячної енергії, яка може допомогти згладити коливання в живленні. Важливо також ефективно керувати споживанням енергії і вимикати пристрої, що не використовуються.

- Необхідність управління споживачами енергії: для ефективного управління системою живлення потрібна автоматизація, яка може вимикати або регулювати пристрої в залежності від доступної сонячної енергії. Проте це може викликати збої в роботі пристроїв. Використання розумних пристроїв і систем управління енергоспоживанням дозволяє регулювати споживану енергію в реальному часі. Також можливо встановити пріоритети для живлення певних пристроїв, таких як системи опалення, освітлення або системи безпеки.

- Наявність технічних проблем, що проявляється в тому, що сонячні панелі та системи живлення можуть піддаватися таким явищам, як засліплення панелей, обриви в електричних колах тощо. Виявляти та вирішувати ці технічні проблеми можна за рахунок періодичної технічної підтримки та моніторингу. Знову ж таки, важливо мати резервні реверсивні джерела у вигляді акумуляторних батарей і інвертора постійної напруги в змінну напругу живлення 220 Вольт.

– Потреба в зберіганні сонячної енергії для її використання в нічний час або в погану погоду також є вартісним та складним завданням. Встановлення батарей для зберіганні сонячної енергії може допомогти вирішити цю проблему. Також важливо правильно розміщувати панелі та обладнання для максимізації збору енергії.

- Необхідність капіталовкладення: Системи енергоживлення на сонячних панелях та їх автоматизація можуть бути дорогими для користувача. Але враховуючи довгострокові вигоди від зменшення витрат на енергію, вартість інвестиції може виправдовуватися. Крім того, доступні гранти та програми фінансування можуть допомогти знизити вказані затрати.

1.3.2 Вибір типу обладнання для системи автоматизації

Для забезпечення безперебійного енергоживлення «Розумного будинку» його підсистема автоматизації повинна забезпечувати перемикання живлення з загальної електромережі на автономне джерело електроенергії. Проведений в попередньому розділі аналіз автономних джерел електроенергії показав переваги використання сонячної енергії у вигляді сонячних батарей, підключених до джерела безперебійного живлення (ДБЖ), що зазвичай складається з акумуляторної батареї та інвертора постійного струму в змінний струм заданої потужності з частотою 50 Гц при напрузі 220 В. Таким чином робимо висновок, що в склад обладнання підсистеми автоматизації енергоживленням розумного житла повинні

входити ДБЖ зі схемою контролю і перемикання живлення з загальної електромережі на автономне джерело у вигляді сонячних панелей, та схема управління установкою слідування сонячних панелей за сонцем. Установка слідування за сонцем - це пристрій для орієнтування панелі сонячних батарей на сонце для підвищення продуктивності сонячних елементів. Від такої системи потрібна висока точність для того, щоб сонячні промені падали на сонячні панелі під оптимальним кутом [26].

Існують два основних типи механізмів повороту для сонячних модулів: одновісний і двовісний, які зображено на рис. 1.4. Одновісний обертає сонячний модуль навколо однієї центральної осі, що є зручним для великих електростанцій. Двовісний механізм дозволяє більш гнучко відслідковувати рух сонця, керуючи як азимутом, так і кутом нахилу сонця над горизонтом.

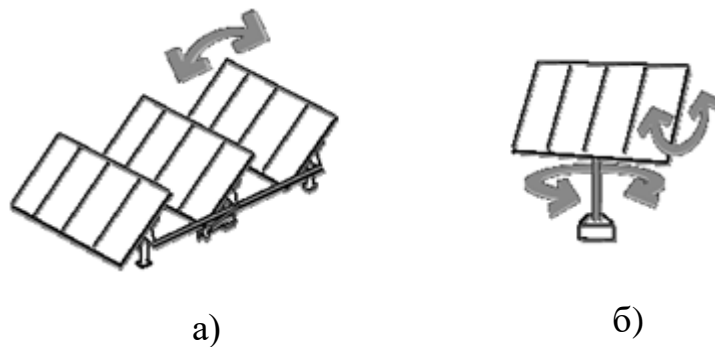


Рисунок 1.4 – Приклади установки сонячних панелей: а) – одновісна; б) – двовісна

Пристрої, які мають систему відстеження сонця, також можуть варіюватися за типом і видом використовуваних датчиків, принципами роботи систем управління та конструктивними особливостями. Наприклад, система відстеження сонця для сонячних батарей 01ARX1, зображена на рис. 1.5, складається з фотодетектора, блоку управління (див. рис. 1.6) та GPS-приймача [27, 28]. Ця система може працювати з одним приводом (для обертання по одній осі) або з двома приводами (для обертання по двох осях) для повороту сонячної панелі батарей услід за рухом сонця.

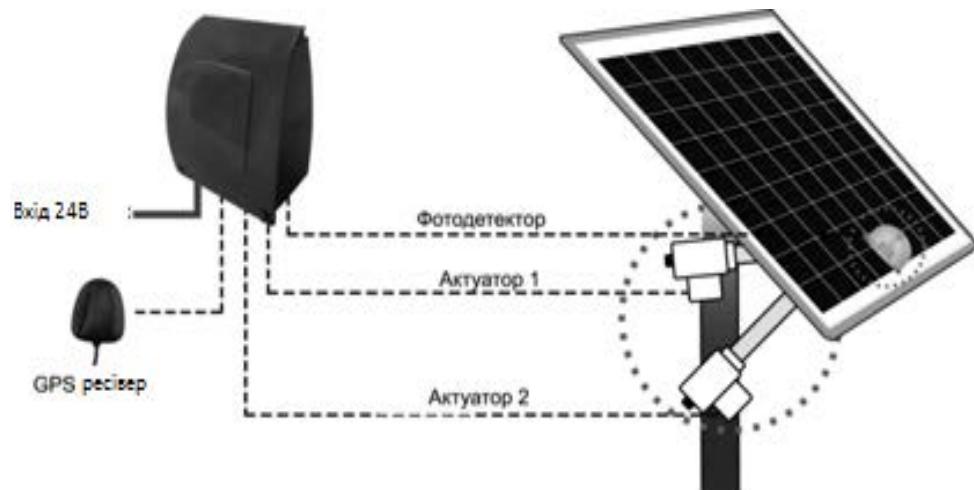


Рисунок 1.5 – Схематичний устрій системи орієнтації сонячної панелі 01ARX1 на сонце

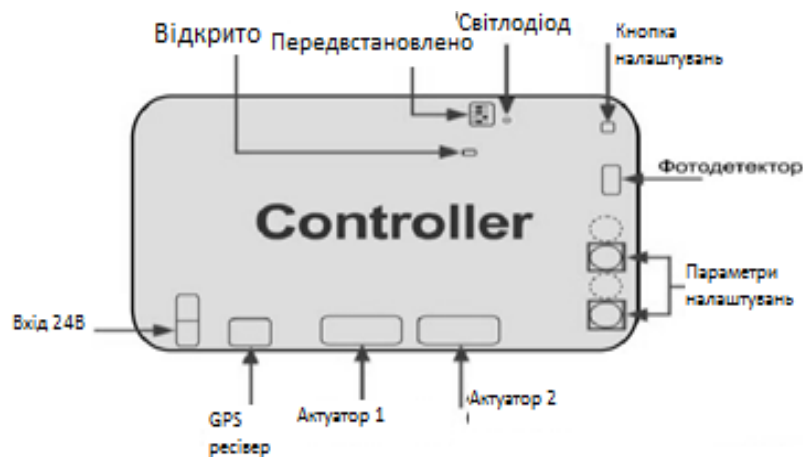


Рисунок 1.6 – Контролер системи орієнтації сонячної панелі

Горизонтальні одновісні системи стеження зазвичай застосовуються у сонячних електростанціях та проектах великого масштабу. Їх комбінація вдосконаленої енергоефективності, низької вартості і простоти монтажу призводить до значної економії. Такі системи також дуже ефективні весною і влітку, коли сонце знаходиться високо на небі.

Вертикальні одновісні системи обертання працюють лише навколо вертикальної осі, де панелі закріплені вертикально під фіксованим, регульованим або відстежуваним кутом нахилу. Такі системи із фіксованим або (сезонним) регулюванням кута нахилу підходять для високих широт, де верхня точка сонячної траєкторії розташована не дуже високо, що призводить до тривалих літніх днів і довгого руху сонця. Для стандартних

широт, на яких знаходиться Україна, такі умови відсутні, тому оптимально використовувати системи, які слідкують за сонцем тільки навколо горизонтальної осі. Отже, обрана у нашій роботі конфігурація панелей буде горизонтальною та одновісною.

1.4 Постановка задач

Проведений аналіз альтернативних джерел енергії для живлення «Розумного будинку» показав, що найбільш ефективним для даних цілей є живлення від сонячних батарей.

Проведений аналіз проблем, що виникають при побудові системи автоматизації енергоживлення «Розумного будинку» на сонячних панелях, дозволив встановити задачі, які необхідно розв'язати для їх вирішення:

- Розробити структурну схему автоматизованої системи управління житлом і показати роль і місце підсистеми автоматизації управління енергоживленням розумного будинку;
- Обґрунтувати вибір типу обладнання для підсистем автоматизації об'єктами розумного житла;
- Розробити структурну схему підсистеми автоматизації енергоживленням розумного будинку і вибрати обладнання для її реалізації;
- Розробити електричні схеми підсистеми автоматизації енергоживлення;
- Розробити алгоритмічне і програмне забезпечення для автоматизації управління підсистемою енергоживлення розумного житла.

2 РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ЖИТЛА «РОЗУМНИЙ БУДИНОК»

2.1 Загальні вимоги до системи «Розумний будинок»

У "Розумному будинку" або офісі існує комплексна система управління, що інтегрує опалення, освітлення, електроживлення (за наявності автономних джерел), вентиляцію, кондиціонування, контроль протікання води та газу, охоронно-пожежну сигналізацію, системи відеоспостереження, контроль доступу та мережу зв'язку, включаючи телефонну та локальну мережі (за наявності). Керування механічними пристроями, такими як ворота та шлагбауми, відбувається з загального пульта, а усередині будівлі - аудіо-, відеотехнікою, системою домашнього кінотеатру та іншими пристроями [4].

Система домашньої автоматизації має важливу особливість, яку слід враховувати: вона повинна мати гнучкість в алгоритмах та можливість адаптуватися до змінних потреб власника будинку у взаємодії з різними підсистемами. Основна концепція "розумного будинку" полягає в тому, що система управління та її інженерні підсистеми мають базуватися на блоках. Це означає, що кожна підсистема має можливість працювати самостійно, регулюючи свою роботу та функціонуючи незалежно від центрального управління, відокремлюючи пристрої від центрального контролю.

Важливою особливістю системи домашньої автоматизації, яку слід передбачити, є можливість забезпечення алгоритмічної гнучкості та здатність адаптуватися до мінливих потреб власника будинку щодо взаємодії з підсистемами будинку. Головна аксіома «розумного будинку» полягає в тому, що система управління та її інженерні підсистеми повинні будуватися на блочній основі. Це означає, що кожна підсистема повинна мати можливість функціонувати автономно, регулюючи та підтримуючи її роботу, від'єднуючи обладнання від центрального управління.

Щоб розібратися, з яких основних частин складається система автоматизації "розумного будинку", розглянемо структуру інтегрованої АСУБ Domintell від ТЕХНОЛАЙН, представлену на рис. 2.1 (www.technoline.zp.ua). Ця структура відображає комп'ютерно-інтегровану ієрархічну систему автоматизації, що складається з чотирьох рівнів: верхнього рівня адміністрування і програмування, рівня моніторингу роботи системи, рівня датчиків та рівня виконавчих пристроїв.

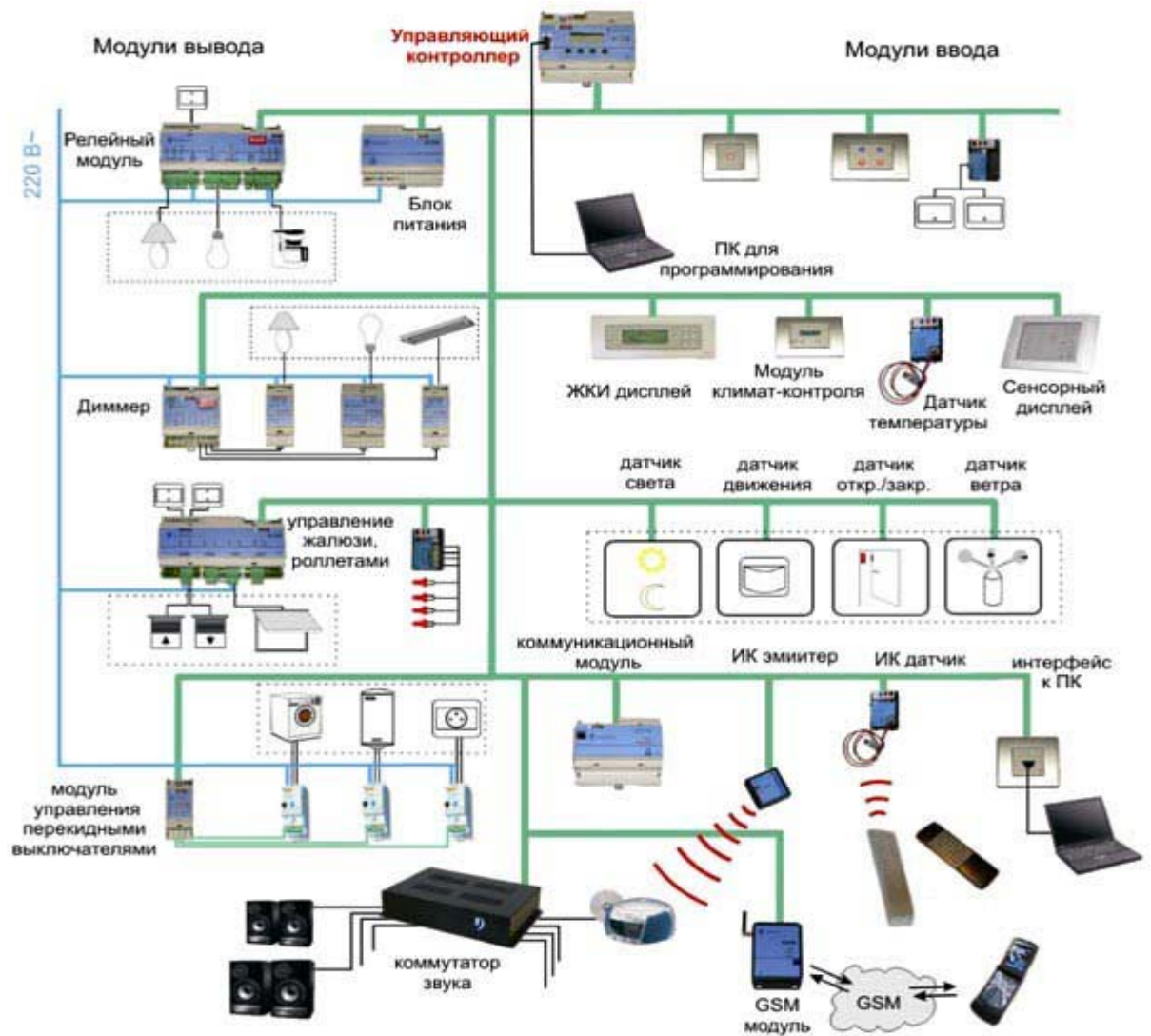


Рисунок 2.1 – Основні частини системи автоматизації “розумного будинку” фірми Технолайн

Основні підсистеми включають управління мікрокліматом приміщення, реалізацію освітлення та контроль клімату. Управління освітленням є

ключовою частиною системи "розумний дім", яка забезпечує не лише комфорт у квартирі чи будинку, а й дозволяє значно зменшити витрати електроенергії.

Центральний контролер за допомогою настінних панелей, сенсорних екранів та інших пристроїв може керувати освітленням у різних зонах або кімнатах, створюючи світлові сцени для кожного приміщення. Система зберігає різноманітні налаштування освітлення, дозволяючи вибирати потрібний варіант для вмикання світла у різних частинах будинку або кімнати. Під час перегляду фільму у домашньому кінотеатрі, за допомогою панелі керування можна освітити всю кімнату або тільки певні зони, плавно регулюючи яскравість світла або вимикаючи його за необхідності.

Підсистема управління кліматом представляє собою складний елемент системи життєзабезпечення будинку. Вона включає такі компоненти як опалення, кондиціонування, вентиляція та систему теплої підлоги. Для уникнення конфліктів між кондиціонуванням та вентиляцією, необхідна єдина система, яка керує усіма компонентами, забезпечуючи комфортний мікроклімат у будинку.

Ця система дозволяє регулювати температуру в будь-якій кімнаті через настінні панелі або переносні пульти управління. Кожне приміщення може мати свої індивідуальні налаштування, такі як температура, вологість та обмін повітрям. Відповідно до температури на вулиці та вибору власника, система вмикає опалювальні прилади, такі як радіатори, підігрів підлоги, вентилятори чи кондиціонери у режимі опалення [10].

Також у системі клімат-контролю можна створювати сценарії. Наприклад, коли приходять гості, активується відповідний сценарій, і вентиляція та кондиціонування починають працювати з більшою потужністю, забезпечуючи більший обмін свіжим повітрям та комфортне охолодження [10].

Підсистеми безпеки на сьогодні встановлюється практично в кожному сучасному будинку чи в салоні. До устаткування, яке відповідає за безпеку

житла, відносяться датчики спостереження по периметру житла, камери відеоспостереження, сирени, тощо. Для автоматизації їх роботи в розумному житлі встановлюються підсистеми, які дозволяють керувати цим устаткуванням [34].

Підсистема охоронної і пожежної сигналізації слідкує за тим, щоб не було будь-якого порушення кордону сторонніми особами. В її функції входить негайне повідомлення власника у випадку появи сторонніх об'єктів, а у випадку крадіжки – служби безпеки. Об'єднавши її з системою відео спостереження можна фіксувати на відео всі події, що відбуваються.

Інтегрована підсистема управління охоронно-пожежної сигналізації дозволяє також під'єднати до вказаної мережі сенсори пожежної безпеки, розміщені у всіх кімнатах житла. Вона не тільки сповіщає власника житла про небезпечні події, але й відключає також газ та електроенергію і автоматично сповіщає про них пожежників на їхній пульт сигналізації. Дана система захисту та безпеки зазвичай будується шляхом об'єднання в одне ціле системами безпеки і протипожежного захисту.

Система аварійного сповіщення у головному складається з датчиків для виявлення витoku води та газу. Якщо датчик зафіксує витік, він негайно повідомляє центральний контролер. Цей контролер в свою чергу припиняє подачу електроенергії або води в місці витoku. Такий захист повідомляє власника про ситуацію і, за необхідності, викликає екстрені служби для надання допомоги.

2.2 Розробка узагальненої структурної схеми системи АСУ житлом

Існують два підходи до створення системи "розумного будинку": децентралізований, який базується на використанні багатьох малопотужних контролерів (таких як EIB, LonWorks), та централізований, де застосовуються один або декілька потужних контролерів (таких як AMX, Crestron). Однією з ключових відмінностей між ними є метод підключення пристроїв. У

децентралізованій системі пристрої підключаються безпосередньо до шини, що потребує спеціальних інтерфейсів і може обмежити функціональність, збільшуючи вартість обладнання. У централізованій системі пристрої з'єднуються з контролерами, які обмінюються між собою даними.

Стандарт EIB (European Installation Bus або Європейська інсталяційна шина) був розроблений асоціацією EIBA з метою автоматизації контролю за житловими приміщеннями та невеликими об'єктами. Основні виробники пристроїв для EIB це компанії ABB, Berker, Gira, Jung, Merten, Siemens. Один двожильний кабель, який є шиною EIB, сполучає всі електричні пристрої будівлі, дозволяючи їм обмінюватися сигналами, що називаються "телеграмами". Це надає системі високу гнучкість та надійність. Проте, серед недоліків цієї технології можна виділити відсутність засобів візуалізації та високі витрати при створенні автоматизації для великих об'єктів.

Наступний стандарт LonWorks, який отримав підтримку від EIBG (European Intelligent Building Group), включає компанії TAC, Andover Controls, Honeywell, Johnson Controls та інші. Однією з переваг цього стандарту є можливість створення мереж за принципами вільної топології. Крім того, він використовує протокол LonTalk, що дає змогу структурувати сегменти мережі за допомогою різних фізичних носіїв.

На відміну від LonWorks, обладнання компанії AMX (особливо обладнання, а не сам стандарт, оскільки AMX не є шинною технологією) відноситься до централізованих систем. Пристрої підключаються до цієї системи через різноманітні фізичні інтерфейси (наприклад, RS232, 422, 485 або IR, Serial) за допомогою реалізації логічних протоколів. Це дозволяє будувати системи управління, використовуючи як прості підсистеми, так і складне обладнання.

Системи, що базуються на технологіях EIB і LONWORKS, мають обмежені можливості у керуванні аудіо- та відеосистемами, у порівнянні з AMX, яка має всі необхідні засоби для цього. AMX пропонує широкий спектр сенсорних панелей: від рідкокристалічних текстових і монохромних

графічних до кольорових графічних мультимедійних безпроводних панелей управління. Це надає користувачеві повноцінну можливість взаємодії з системою — управління та контроль. Однією з ключових переваг технології AMX є її можливість інтеграції з мережами LONWORKS, EIB і іншими виробниками, що компенсує недоліки у їх взаємодії [9].

Табл. 2.1 містить основні технічні характеристики обладнання для АСУЖ на цих платформах.

Таблиця 2.1 – Технічні характеристика устаткування АСУЖ різних платформ

Плат-форми	Сумісність з ін. платформами	Підтримуване середовище передачі даних	Швидкість передачі даних	Фізичні інтерфейси.	Призначені для користувача інтерфейси
AMX	EIB, X10, LonWorks	Скручена пара, Ethernet, Wi-Fi (радіоканал), RS-232-422,-485	від 625 кбіт/с до 100 Мбіт/с	Реле, ГІК 0-10В, RS232, RS422, RS485, DMX512, Ethernet	Кнопкові пульти, вільнопрограмовані графічні кольорові сенсорні панелі (дротяні і безпроводні)
X10	немає	Мережа 220В Скручена пара	4800 біт/с	Реле, ГІК 0-10В	Кнопкові пульти, напередвстановлені монохромні сенсорні текстові панелі
Lon Works	немає	Скручена пара Радіоканал Коаксіальний кабель Оптоволокно Силова мережа Ethernet	від 78 кбіт/с до 1,25 Мбіт/с	Реле 0-10В	- " -
EIB	немає	Скручена пара Силова мережа Радіоканал ІК канал	9600 біт/с	Реле, ГІК 0-10В	- " -

Схема структурна розробленої АСУЖ представлена на рис. 2.2 і відповідає раніше встановленим вимогам, що включають:

- Розширюваність з плином часу функціональних можливостей шляхом блочного нарощування;

- Управління будинковими системами через Інтернет, GSM зв'язок з використанням ПК, touch-панелей, телефонів, Ipad;
- Можливість використання як готового обладнання від фірм-розробників систем АСУЖ, так і створення власних блоків на недорогих мікроконтролерах;
- Сумісність обладнання від різних виробників для використання в системі.

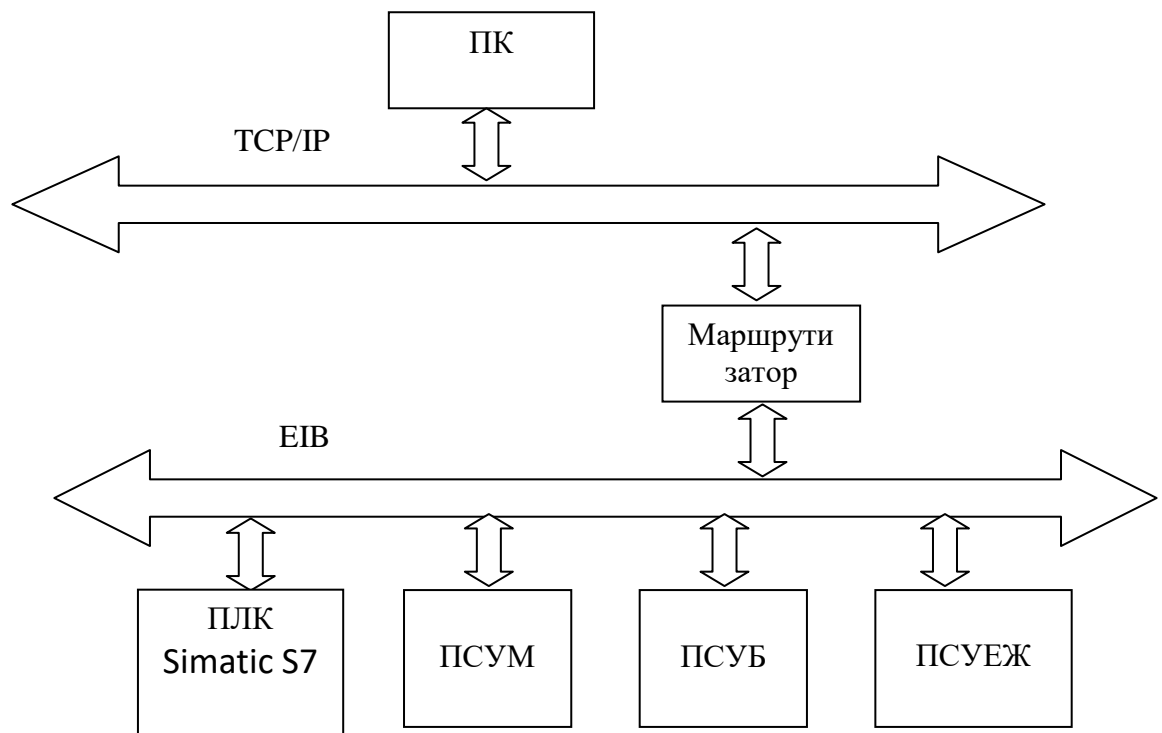


Рисунок 2.2 – Структурна схема АСУЖ

До складу АСУЖ відносяться:

- ПК або аналогічний засіб керування, що підключений до домашньої мережі Інтернет;
- Маршрутизатор, відповідальний за комутацію та маршрутизацію пакетів у системі мереж АСУЖ;
- Програмований логічний контролер (ПЛК) Simatic S7-1200 для автоматизації управління обладнанням; вибір даного типу контролера обумовлений його сумісністю з різними платформами та виробниками обладнання;

- Підсистема управління мікрокліматом (ПСУМ);
- Підсистема управління безпекою (ПСУБ);
- Підсистема управління енергозабезпеченням (ПСУЕЖ).

Метою даної магістерської кваліфікаційної роботи є розробка підсистеми автоматизації енергоживлення розумного будинку. Для досягнення поставленої мети потрібно розробити структуру підсистеми, вибрати обладнання для її реалізацій, розробити електричні схеми системи та алгоритми і програмне забезпечення її роботи.

2.3 Розробка схем підсистеми управління енергоживленням від сонячних панелей

2.3.1 Розробка структурної схеми підсистеми автоматизації енергоживлення

Як показав аналіз шляхів вирішення проблем, що виникають при побудові системи автоматизації енергоживлення на сонячних панелях, проведений в розділі 1.3.1 магістерської роботи, її структурний склад потрібно побудувати таким чином, як показано на рис. 2.3.

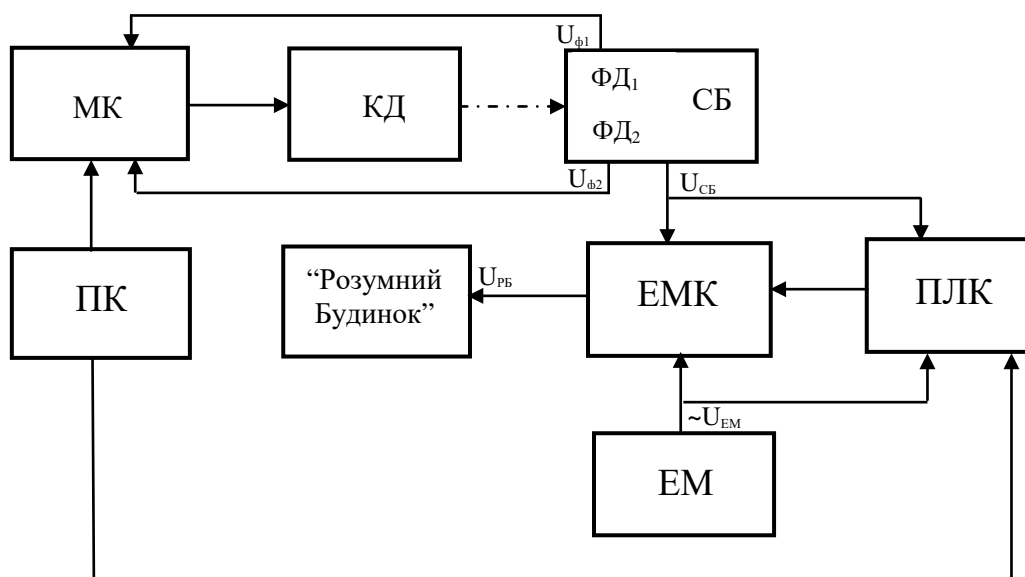


Рисунок 2.3 – Структурна схема ПСУЕЖ розумного житла

До складу підсистеми входять такі пристрої:

- ПК – персональний комп'ютер як засіб керування і програмування роботи усього обладнання АСУЖ, в тому числі, і обладнання підсистеми енергоживлення;
- мікроконтролер МК для управління кроковим двигуном платформи орієнтації сонячних панелей на Сонце;
- кроковий двигун КД для обертання платформи з метою орієнтації сонячної батареї на Сонце;
- СБ – сонячна батарея, утворена об'єднанням сонячних панелей;
- ФД₁ і ФД₂ – фотодатчики, розташовані на верхній і нижній частині сонячної батареї відповідно зі струмами $U_{\phi 1}$ і $U_{\phi 2}$ для індикації поточного значення фотоструму на цих сторонах;
- ЕМ – загальна електромережа;
- ЕМК- електромагнітний контактор для перемикання енергоживлення з електромережі на
- ПЛК – програмований логічний контролер, однією з функцій якого є перемикання енергоживлення з електромережі на сонячні батареї чи навпаки.

З аналізу проблем автоматизації, що виникають під час використання енергоживлення розумного будинку з використанням автономного джерела на сонячних батареях, проведеного в розділі 1.3.1, перемикання енергоживлення з СБ на ЕМ і навпаки, повинно здійснюватися за таким алгоритмом:

1 – якщо значення напруг електричного струму $U_{СБ}$ і $\sim U_{ЕМ}$ мають достатню величину ($U_{СБ}="1"$ і $\sim U_{ЕМ}="1"$) на виходах СБ і ЕМ відповідно, то живлення приладів «Розумного будинку» за командою ПЛК, який контролює відповідні значення напруг, перемикається електромагнітним контактором ЕМК для економії споживаної від загальної електромережі електроенергії на вихід джерела безперебійного живлення ДБЖ, підключеного до виходу сонячної станції:

$$U_{РБ} = U_{СБ} \wedge \sim U_{ЕМ}. \quad (2.1)$$

2 – Якщо значення напруги на виході СБ недостатнє, $U_{CB}="0"$, (наприклад, в нічну пору доби або через пошкодження СБ), а напруга на виході ЕМ має необхідне значення ($\sim U_{EM}="1"$), то ПЛК перемикає живлення будинку за допомогою ЕМК на загальну електромережу ЕМ:

$$U_{PB} = \bar{U}_{CB} \wedge \sim U_{EM} . \quad (2.2)$$

3 - Якщо значення напруги на виході ЕМ недостатнє, $U_{EM}="0"$, (наприклад, через аварію на електромережі), а напруга на виході СБ має необхідне значення ($\sim U_{CB}="1"$), то ПЛК перемикає живлення будинку за допомогою ЕМК на вихід джерела безперебійного живлення ДБЖ:

$$U_{PB} = U_{CB} \wedge \sim \bar{U}_{CB} . \quad (2.3)$$

4 - Якщо значення напруги на виході ЕМ недостатнє, $U_{EM}="0"$, (наприклад, через аварію на електромережі), і значення напруги на виході СБ теж недостатнє, $U_{CB}="0"$, (наприклад, в нічну пору доби або через пошкодження СБ), то ПЛК перемикає живлення будинку за допомогою ЕМК на вихід джерела безперебійного живлення ДБЖ:

$$U_{PB} = \bar{U}_{CB} \wedge \sim \bar{U}_{CB} . \quad (2.4)$$

Логічні рівняння (2.1) – (2.4) будуть використані для програмування функції ПЛК керування перемиканням живлення розумного будинку на альтернативні джерела енергоживлення.

2.3.2 Вибір устаткування для реалізації підсистеми автоматизації енергоживлення АСУЖ

Для забезпечення зв'язку між компонентами АСУЖ та обробки даних було обрано програмований логічний контролер Siemens S7-1200. Цей вибір

обґрунтований його високою надійністю та можливістю швидкої обробки даних у реальному часі

Модульні контролери з родини SIMATIC S7 вирізняються своїми характеристиками та можливістю взаємодії в системах автоматизації для малих і середніх проектів. Здатність працювати в реальному часі як у простих, так і в складних системах управління, використовуючи різноманітні стандарти зв'язку, наявність зрозумілого та зручного інтерфейсу, а також обширний набір функцій і роз'ємів роблять контролери SIMATIC S7 дуже популярними та затребуваними для вдосконалення систем.

Незаперечними перевагами програмованих логічних контролерів типу SIMATIC S7 перед аналогами є невеликий розмір, висока продуктивність та простота монтажу і налагодження [29].

Щоб виявити переваги та недоліки мікроконтролерів цієї серії, наведемо їх порівняльні характеристики :

1 – ПЛК Siemens S7-200 програмується за допомогою пакета програм MicroWin і складається з двох несумісних моделей S7-210 і S7-220. У S7-200 є кілька недоліків, таких як відсутність емулятора, підтримки кирилиці на панелі ТД200 та деяких інших необхідних функцій. Незважаючи на це, багато програмістів вважають цей контролер найкращим серед існуючих, хоча інтерфейс вважається не досить вдалим. Зараз ця серія контролерів фірмою Siemens не виробляється..

2- ПЛК лінійки Siemens S7-300 і S7-400 програмуються в однаковому програмному середовищі Simatic Step7 Manager. Для багатьох завдань обидва ці типи контролерів можуть бути надмірними. S7-400 є потужнішим аналогом S7-300, але при оновленні на нову версію вимагає додаткові ліцензії, що може розглядатися як недолік. Обидва контролери також мають проблеми з несумісністю версій та високою вартістю навчання, яку установили промислові компанії. Серед переваг S7-400 можна відзначити його гнучкість та надійність платформи, доступну документацію та

можливість інтеграції з безліччю протоколів і інтерфейсів із іншими системами.

3. ПЛК Siemens S7-1200 є новішим перспективним контролером, який програмується за допомогою ПЗ TIA Portal v11-v15. Цей контролер визнано оптимальним для систем малої автоматизації.

Узагальнюючи порівняння лінійок контролерів, можна виокремити, такі спільні недоліки, як:

- Обмежена підтримка власних закритих протоколів, що ускладнює підключення стороннього обладнання.

- Несумісність між лінійками, що призводить до серйозних матеріальних витрат.

- Великі розміри протоколів та величезна кількість надлишкових даних, що впливає на швидкість обміну, надійність та стійкість.

Безперечними переваги є перспективність і розвиток останніх лінійок контролерів S7-1200, -1500 і S7-1700.

Для використання в нашій магістерській роботі було вибрано **ПЛК тип Simatic S7-1214 C**. Його зображення наведено на рис. 2.4.



Рисунок 2.4 – ПЛК фірми Siemens типу SIMATIC S7-1214 C

Він частіше всього використовуються для керування роботою таких технологічних об'єктів:

- металообробних, пакувальних, друкарських і текстильних установок;
- складського господарства та конвеєрних стрічок;
- опріснювальних та очисних агрегатів;
- освітлювальних та розподільчих установок;
- систем клімату та морозильних комплексів;
- протипожежних та охоронних систем;
- ескалаторних підйомників та насосних станцій;
- систем автоматизації розумного житла.

Для побудови підсистеми автоматизації процесу позиціонування сонячної батареї на Сонце в роботі було обрано з огляду на оптимальність співвідношення технічних показників продуктивність-вартість-швидкодія **мікроконтролер типу AT90S2313** фірми Atmel, який належить до сімейства 8-бітних контролерів AVR.

Він виконує наступні основні функції:

- Читання та дешифрація команд з пам'яті програм;
- Зчитування даних із пам'яті програм та регістрів адаптера зовнішнього пристрою (ПК);
- Обробка запитів та команд від адаптера для обслуговування зовнішніх пристроїв;
- Обробка та запис даних в основну пам'яті і регістри адаптера пристрою;
- Генерація сигналів управління виконавчими механізмами. В нашому випадку кроковим двигуном для обертання сонячних панелей [30, 31, 32].

В роботі з огляду на характеристики поворотної платформи енергоустановки в якості двигуна обрано поширений **кроковий двигун** типу ДШМ-200-2.

Драйвер крокового двигуна вирішує дві головні задачі: генерування необхідних за часовими параметрами послідовностей сигналів та забезпечення потрібного струму в обмотках КД.

Іноді ці функції виконуються різними мікросхемами в інтегральній реалізації. Наприклад, комплект мікросхем L297 і L298 від фірми SGS-Thomson. Мікросхема L297 відповідає за логіку генерації послідовностей, а L298 є потужним подвійним Н-мостом. Типові електричні принципові схеми включення даних мікросхем представлені на рис. 2.5.

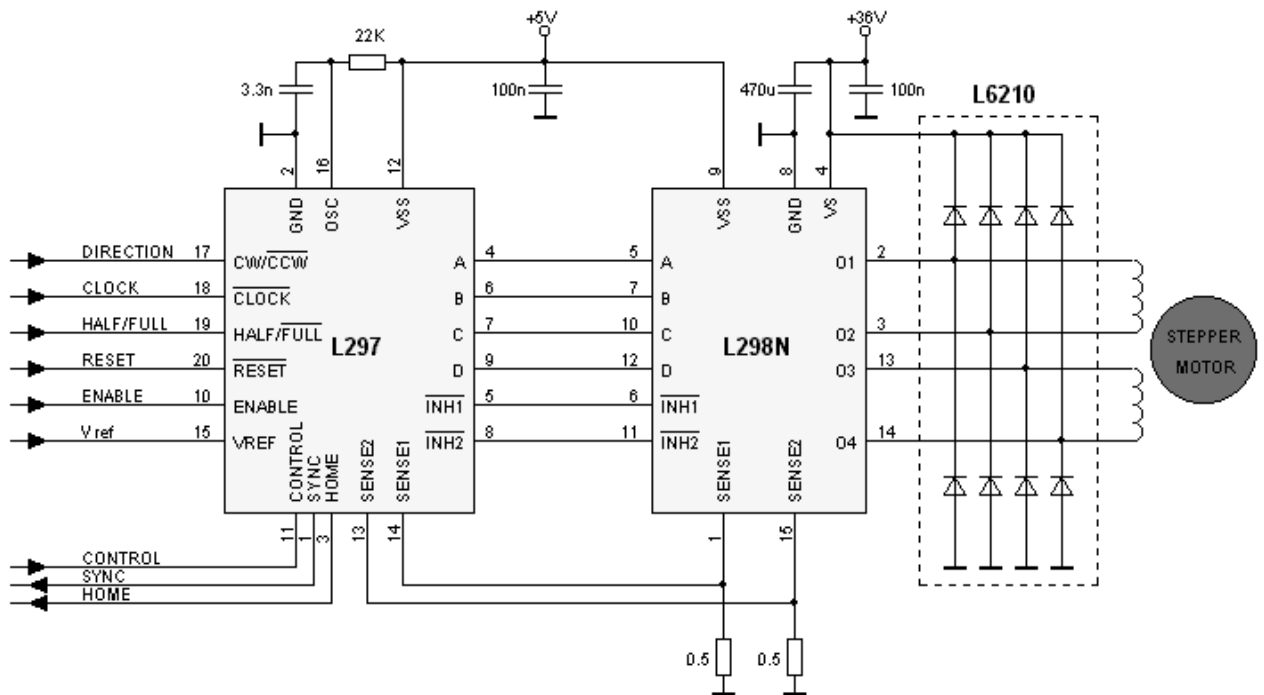


Рисунок 2.5 - Електрична схема включення мікросхем L297 і L298N

У світі термінології існує деяка плутанина, особливо щодо подібних мікросхем. Термін "драйвер" часто використовується для опису багатьох мікросхем, навіть якщо їх функції відрізняються. Іноді мікросхеми логіки називають "трансляторами". У цьому проекті будемо використовувати такі терміни: "контролер" - мікросхема, що відповідає за генерацію часових послідовностей; "драйвер" - потужна схема живлення обмоток двигуна. Проте терміни "драйвер" і "контролер" також можуть позначати самостійний пристрій управління кроковим двигуном.

Для забезпечення необхідної потужності енергоживлення пристроїв «Розумного будинку» в разі аварійних відключень для побудови сонячної батареї було обрано дві **сонячних панелі типу Trina Solar TSM-DE19 540M** потужністю 540 Вт [42]. Ця модель є покращеною версією попередньої моделі Vertex даного виробника, за рахунок чого користувач сонячної електростанції може заощадити на кількості панелей. ККД таких панелей збільшено до 21,2%. Температурний коефіцієнт потужності в ній знижений до -0,34%/С, що є одним з головних покращень. Цей показник дозволяє фотомодулю працювати краще за високих температур порівняно з конкурентними модулями. У неї число струмознімальних доріжок дорівнює 10.

Основні технічні характеристики:

Потужність: 540 Вт;

ККД: 21,2%;

Струм при максимальній потужності: 17,35 А;

Напруга при максимальній потужності: 31,2В;

Струм короткого замикання: 18,41 А;

Напруга холостого ходу: 37,5 В;

Кількість елементів: 110;

Мінімальна робоча температура: -40 °С;

Максимальна робоча температура: 85 °С;

Ступінь захисту: IP68;

Гарантійний термін: 10 років;

Вага: 28,6 кг;

Ширина: 1096 мм;

Довжина: 2384 мм;

Товщина: 35 мм;

Виробник: Trina Solar.

Сонячна панель Trina Solar TSM-DE19 540M може використовуватися для створення сонячних електростанцій будь-якого масштабу як приватного,

так і комерційного використання. Зовнішній вигляд сонячної аелі показаний на рис. 2.6.



Рисунок 2.6 – Сонячна панель Trina Solar TSM-DE19 540M

Для побудови **джерела безперебійного живлення (ДБЖ)** для розумного будинку обрано сумісний з сонячними панелями Trina Solar інвертор постійного струму в змінний типу Must 1000W PV18-1012VPM (YT28906) [43]. Це багатофункціональний інвертор, який поєднує функції автономного інвертора, сонячного зарядного пристрою та зарядного пристрою для акумуляторних батарей. Він здатний забезпечувати безперебійне живлення і економію електроенергії, і здатний до підключення сонячних батарей потужністю до 3 кВт.

Інвертор має номінальну потужність 1 кВт та оснащений РК-дисплеєм для налаштування параметрів роботи, включаючи режими роботи, струм

заряду та напругу заряду. Вбудований контролер заряду сонячної батареї MPPT 60A підтримує максимальну напругу холостого ходу PV масиву до 450 В. Інвертор має захист від перевантаження, короткого замикання та глибокого розрядження, функцію холодного старту та підтримує моніторинг USB, RS485 та віддалений моніторинг. Він також сумісний із генератором.

Максимальна напруга холостого ходу фотоелектричної батареї може досягати 360 В, а напруга MPPT становить 150-430 В. Це дозволяє користувачам використати сонячну енергію в повній мірі, оскільки система раніше виходить у робочий режим.

Виробник надає приблизний розрахунок безперебійного часу роботи інвертора з акумуляторною батареєю (АКБ):

- 1 АКБ 200 Ач з навантаженням 100 Вт – 19,1 години;
- 200 Вт - 9,3 години;
- 400 Вт - 4,4 години;
- 800 Вт - 2,2 години;
- 1,6 кВт - 1,5 години.

Зовнішній вигляд інвертора Must 1000W PV18-1012VPM показано на рис. 2.7.



Рисунок 2.7 – Зовнішній вид інвертора Must 1000W PV18-1012VPM

Узагальнена умовна схем підключення окремих пристроїв розумного будинку з використанням вказаного інвертора наведена на рис. 2.8.

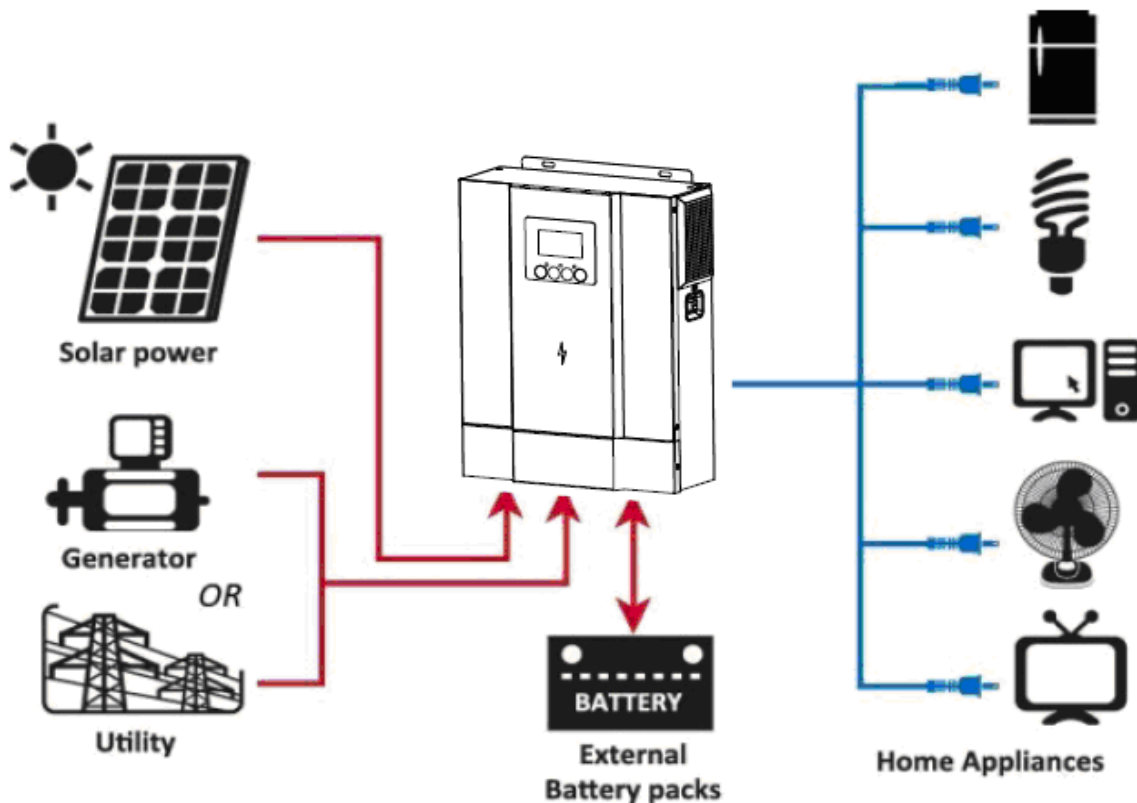


Рисунок 2.8 – Схема гібридної системи енергоживлення розумного житла з використанням інвертора Must 1000W PV18-1012VPM [43]

2.3.3 Розробка структурної схеми підсистеми управління енергоустановкою

Дослідження, проведені в роботах [44, 45] показали, що ефективність вироблення електроенергії сонячними батареями сильно залежить від відхилення кута падіння променів на панелю від перепедиккулярного. Це чітко видно з графіків, наведених в цих роботах (рис. 2.9 і 2.10). Вони показують, що добові відносні втрати електроенергії в батареях, встановлених під стаціонарним кутом, досягають від 37% до 48% в літню пору, і 20-80% у зиму [44]. Ці дані свідчать про високу ефективність установки автоматичної системи позиціювання сонячної енергоустановки на Сонце.

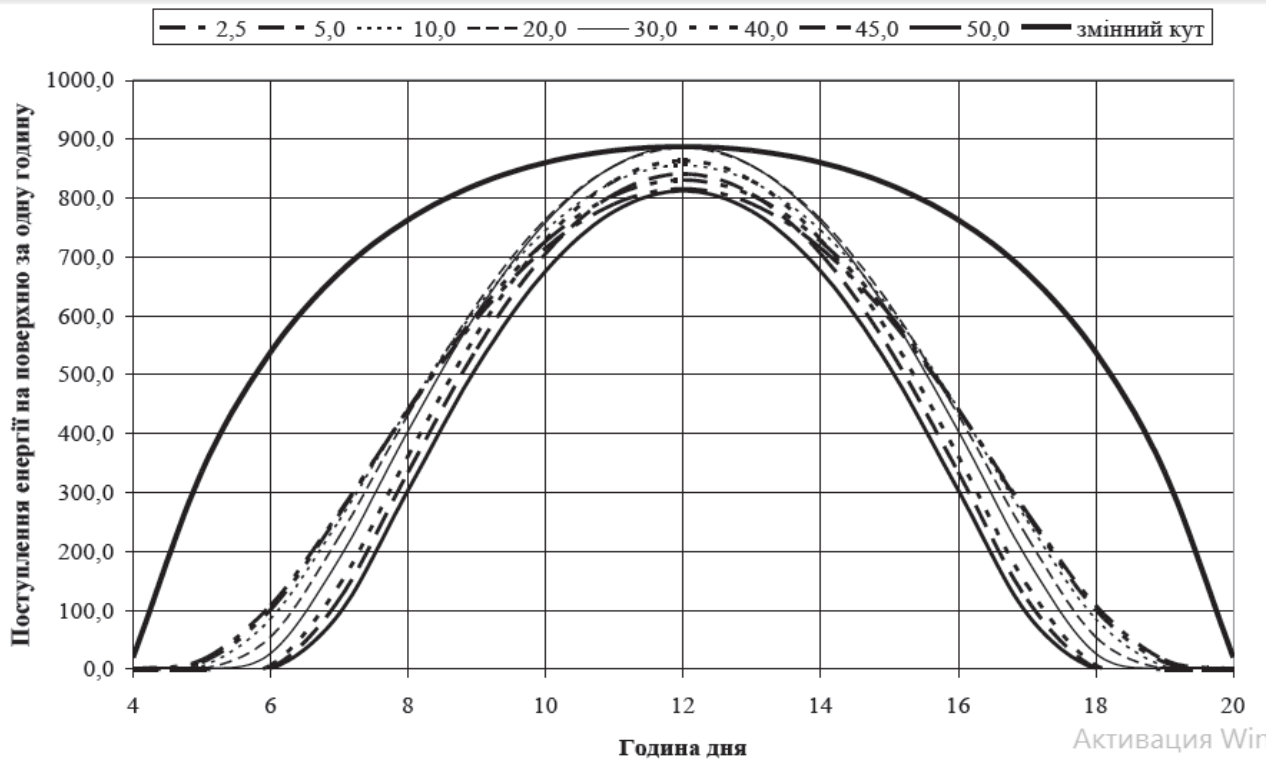


Рисунок 2.9 - Залежність надходження сонячної енергії на сонячну панель при наявності системи позиціонування до горизонту та при стаціонарному монтажі під фіксованим кутом [44]

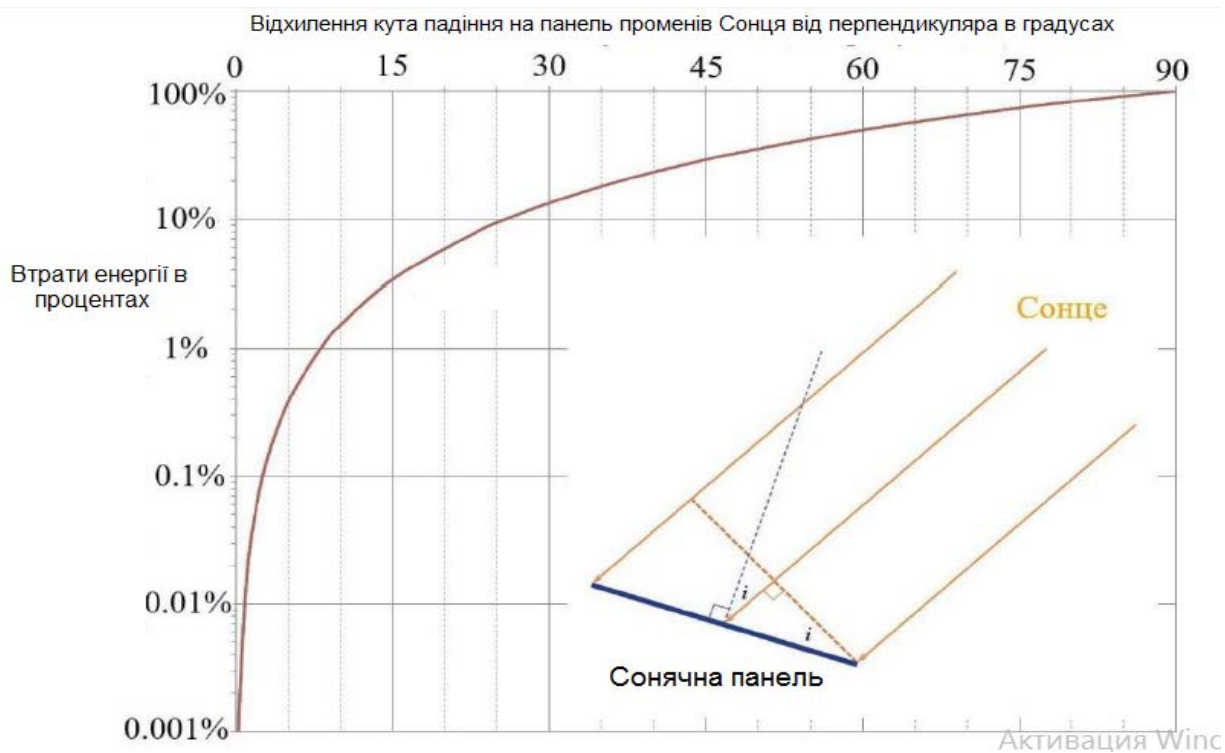


Рисунок 2.10 - Графік втрат електроенергії в залежності від відхилення кута падіння сонячних променів від перпендикулярного [45]

Для реалізації задачі розробки структурної схеми системи автоматичного позиціонування на Сонце енергоустановки на сонячних батареях попередньо розробимо її модельний макет, використавши програмну оболонку КОМПАС – 10.

Отримана модель поворотної панелі та електродвигуна представлена на рис. 2.11 і 2.12.

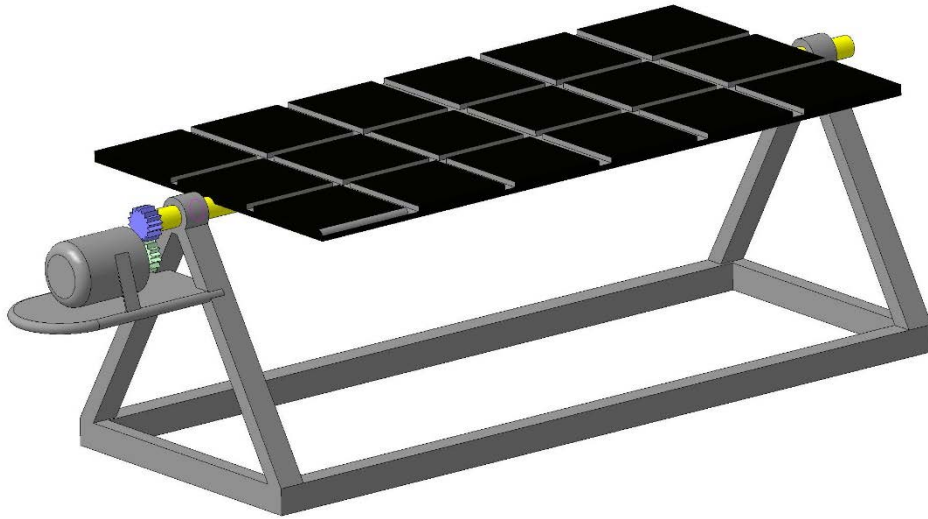


Рисунок 2.11 - Макет системи позиціонування в 3D вигляді

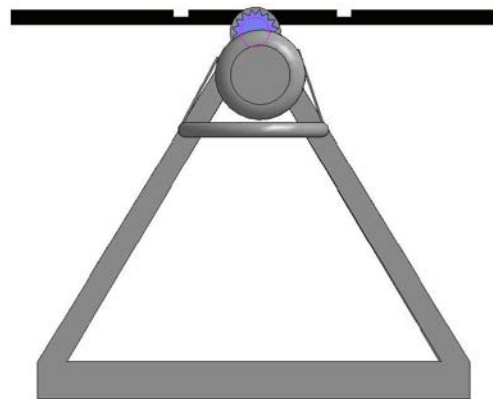


Рисунок 2.12 - Вид макета збоку

На рисунках 2.11 – 2.12 зображено модельний макет поворотної системи для обертання сонячної батареї відповідно до кута падіння сонця. Основними компонентами даної системи є платформа, створена з "П"-образної труби з двома жорстко закріпленими підшипниками у вершині, де

розміщена ось обертання для панелей з сонячними батареями. Також створено спеціальну платформу для розміщення та закріплення крокового двигуна, який має зубчасту передачу, аналогічну тій, що розміщена на осі обертання і відповідає за рух.

На наступному етапі була створена повна 3D модель системи автоматичного позиціонування енергоустановки на Сонце, з урахуванням пристроїв керування. Вона повинна включати в себе механічну частину у вигляді поворотної панелі та електродвигуна, та керуючу частину у складі персонального комп'ютера і мікроконтролера. Розроблену модель зображено на рис. 2.13.

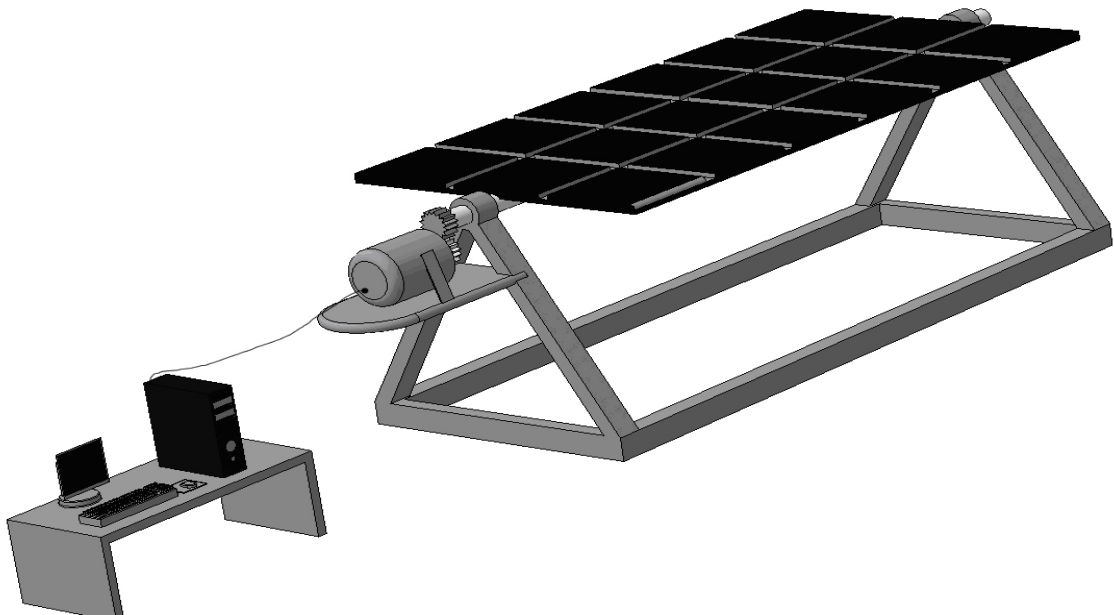


Рисунок 2.13 – 3D модель підсистеми автоматизованого управління сонячними панелями

Структурна схема системи автоматизованого позиціонування сонячних панелей на Сонце, яка відповідає розробленій моделі, показана на рис. 2.14.

У схему входять такі блоки:

– два фотодатчики, які підключені до аналогових входів мікроконтролера і призначені для перетворення світлового потоку в сигнал електричної напруги;

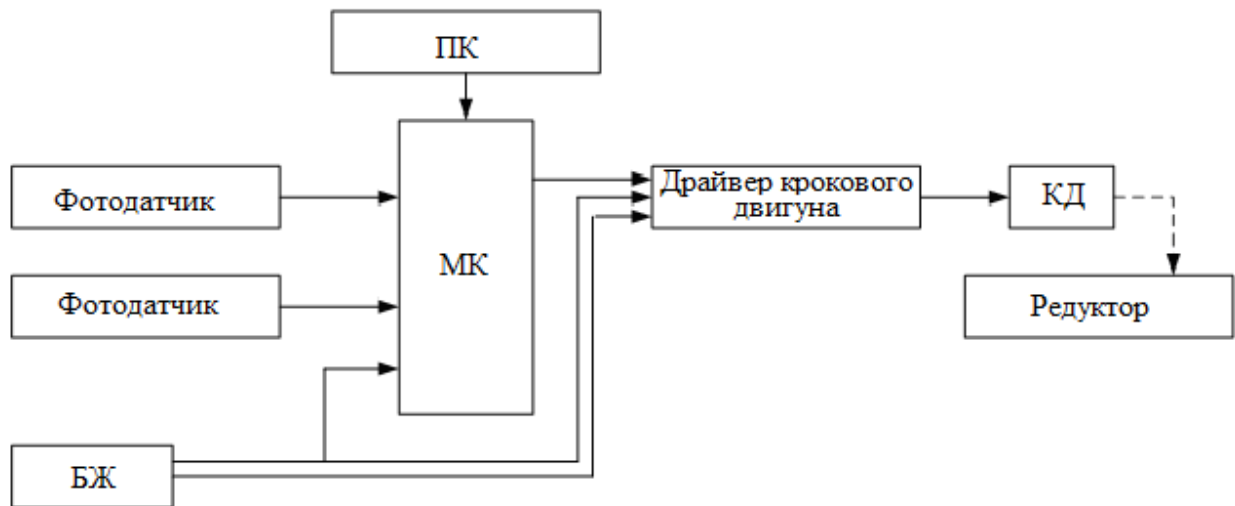


Рисунок 2.14 – Структурна схема автоматизованої системи позиціонування енергоустановки

- мікроконтролер МК, який здійснює автоматизоване управління пристроями позиціонування платформи з сонячними панелями, обробкою подій і команд управління драйвера КД, записаних в флеш-пам'ять з ПК;
- Персональний комп'ютер ПК, призначений для програмування мікроконтролера;
- блок живлення БЖ;
- драйвер крокового двигуна, що крок обертання і швидкість крокового двигуна;
- кроковий двигун КД, який здійснює через редуктар обертання платформи з сонячною батареєю.

Функціональна електрична схема позиціонування енергоустановки на Сонцем наведена на рисунку 2.15.

На схемі прийняті такі позначення:

- БЖ – блок живлення;
- МК – мікроконтролер;
- ДКД – драйвер крокового двигуна,
- КД – кроковий двигун,.

Мікроконтролер МК є основним керуючим елементом системи позиціонування сонячної батареї і виконує наступні функції:

- зчитування інформації з фотодатчиків про орієнтацію платформи з сонячною батареєю;
- формування сигналу управління для драйвера крокового двигуна;

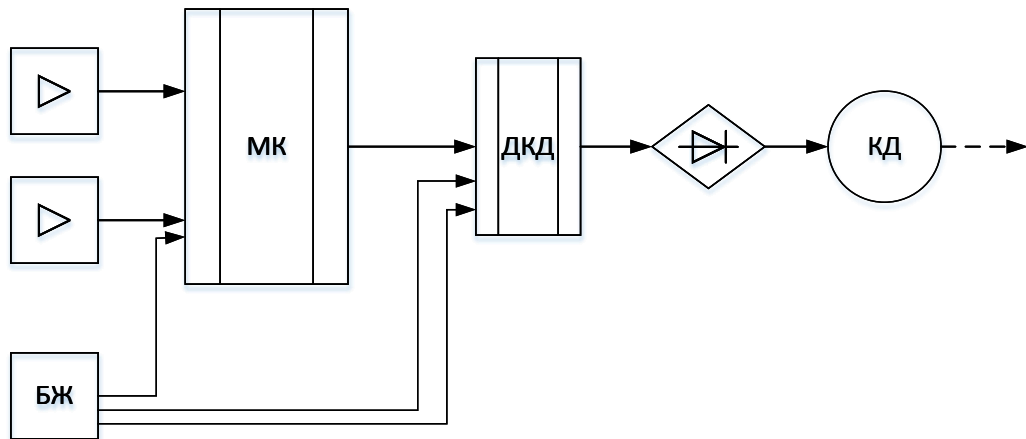


Рисунок 2.15 – Функціональна електрична схема установки позиціонування платформи з сонячними панелями

2.3.4 Розробка електричної принципової схеми системи автоматизації процесу позиціонування енергоустановки

На сьогодні існує декілька варіантів систем стеження за сонцем, призначених для підвищення продуктивності сонячних енергоустановок. Розглянемо тільки кілька основних.

Перша з них для визначення положення панелі відносно сонця використовує фотосенсори освітлення, що дозволяє позиціонувати панелі під оптимальним кутом до сонця [46]. Електрична принципова схема цього пристрою побудована на основі мікросхеми LM339, що містить чотири аналогових компаратора в загальному корпусі, і інтегральну мікросхему зведеного Н-моста L293D. Вона забезпечує силове керування двома моторами. В якості датчиків освітлення задіяні 4 фоторезистори. Вони визначають положення сонячної панелі відносно променів сонця і спільно з

компаратором LM339 формують сигнали керування для драйвера моторів L293D.

Два фоторезистори закріплені в панелі по осі X, а два інших - по осі Y. Це дає можливість реалізувати позиціонування в двовісній системі. Резистори налаштовують систему так, що якщо промені падають перпендикулярно до сонячної панелі, то двигуни зупиняються, а на виходах компараторів присутня низька напруга. Алгоритм роботи схеми дуже простий. Розглянемо його роботу для переміщення по осі X.

У випадку отримання другим фоторезистором більшої кількості світла ніж першим, то на виході другого компаратора A2 виникає більша напруга, що заставляє двигун починати повертатися з одного боку в інший і повертати сонячну панель. Якщо перший фоторезистор отримує світла більше, ніж другий, то його опір зменшується порівняно з опором другого фоторезистора, що зменшує напругу на входах компараторів. На виході другого компаратора з'являється високий рівень напруги і двигун починає обертатися в протилежний бік. Про тому ж принципу працює позиціонування по осі Y.

Перевагою даної електричної схеми є відсутність в потребі точних моделей фотодатчиків. Суттєвий її недолік в залежності ефективності роботи системи від ретельного налаштування програмного забезпечення.

Ще один варіант електричної схеми керування трекером побудований на операційному підсилювачі LM1458, транзисторному мості BD139 - BD140, фото резисторах LDR, резисторах і діодах 1N4004 (рис. 2.16).

З наведеної електричної принципової схеми видно, що двигун M починає діяти при різних значеннях напруги на виходах підсилювачів IC1a і IC1b. Транзистори працюють в схемі в парі, комутуючи по діагоналі напруги на входах двигуна, змушуючи його повертатися назад або вперед.

Двигун під час зупинки через присутність обертового моменту продовжує обертатися, генеруючи внаслідок цього деякий час потужність., що може вивести з ладу транзисторний міст.

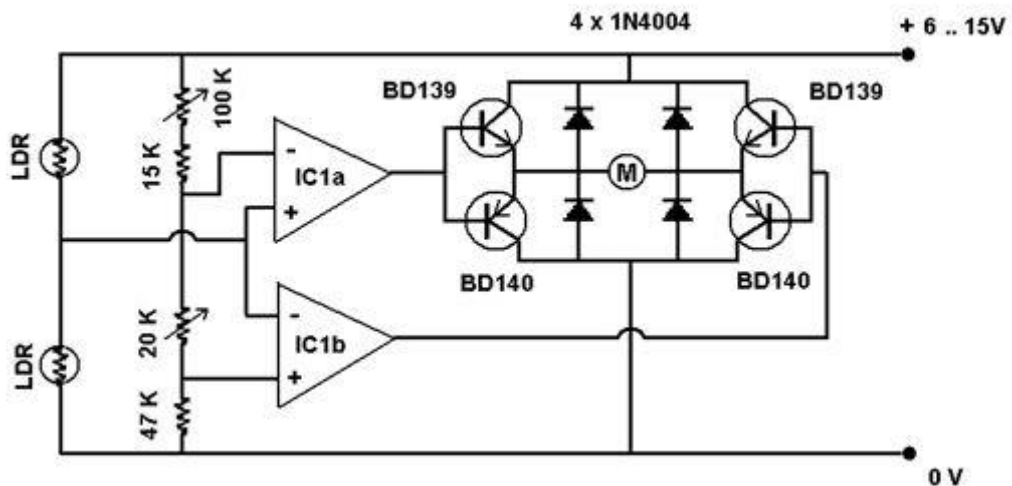


Рисунок 2.16 – Електрична схеми управління кроковим двигуном на операційних підсилювачах і транзисторному мості [48]

Тому для захисту транзисторного моста використовуються 4 діоди [48]. В звичайному режимі схема завжди порівнює показання від фотодатчиків LDR. До моменту, поки вони однакові, на виходах операційних підсилювачів зберігається баланс. В момент, коли якщо значення починають відрізнятися, баланс на виходах ОП порушується, в результаті чого вони активують двигун та позиціонують трекер у потрібне положення відносно сонця за певним алгоритмом.

Такий алгоритм роботи реалізується протягом усього дня шляхом постійного порівняння значень напруги на фото резисторах. Описаний варіант схеми дає приріст у порівнянні з стаціонарними системами в 20–30% у вироблені електроенергії, проте при хмарній погоді працює досить неякісно. Як видно, дана система позиціонування розроблена для одновісної системи обертання.

Під час розробки нашого варіанту були враховані розроблені структурна і функціональна схеми, представлені на рис. 2.14 і 2.15 відповідно, а також ідеї, закладені в розглянутих схемах інших розробників.

Останнім часом часто в електричних схемах спостерігається тенденція об'єднувати контролер і драйвер в одній мікросхемі. На практиці в багатьох випадках спеціалізовані мікросхеми не застосовують. Наприклад, всі функції

контролера можна реалізувати програмно, а драйвер реалізувати з використанням набору дискретних транзисторів. Однак при цьому мікроконтроллер буде сильно завантажений, а схема драйвера може вийде громіздкою. Незважаючи на це, в деяких випадках таке рішення буде економічно вигідним. Для управління обмотками уніполярного двигуна достатньо використати найпростіший драйвер. Для цього підійдуть найпростіші ключі, за які можуть бути використані польові та біполярні транзистори. Потужні МОП-транзистори, керовані логічним рівнем, такі як IRLZ34, IRLZ44, IRL540 є досить ефективними. У них опір у відкритому стані менш 0.1 Ом і допустимий струм близько 30А. Ці транзистори мають вітчизняні аналоги КП723Г, КП727В та КП746Г відповідно. Існують також спеціальні мікросхеми, які містять всередині кілька потужних транзисторних ключів. За приклад можна вказати мікросхему ULN2003 фірми Allegro (вітчизняний аналог К1109КТ23), що містить сім ключів з максимальним струмом 0.5 А. Схема принципова однієї комірки даної мікросхеми показана на рис. 2.17.

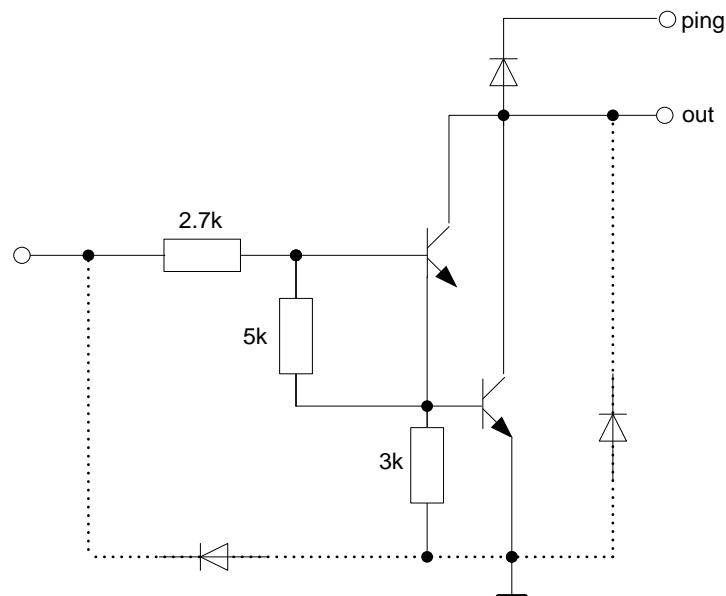


Рисунок 2.17 - Схема принципова однієї ячейки мікросхеми ULN2003

Подібні мікросхеми випускаються багатьма виробниками. Потрібно відзначити, що вони придатні не тільки для живлення обмоток крокових двигунів, але й для живлення будь-яких інших навантажень. Крім простих мікросхем драйверів існують і більш складні мікросхеми, які мають вбудований контролер, широтно-імпульсного регулювання струму і навіть ЦАП для мікрокрокового режиму.

Частину ключового стабілізатора струму можуть становити як прості ключі, так і H-мости. Схема управління ключами може бути виконана на дискретних компонентах або у вигляді спеціалізованої мікросхеми. Достатньо популярною мікросхемою, що реалізує PWM-стабілізацію струму, є мікросхема типу L297 фірми SGS-Thomson. Разом з мікросхемою мостового драйвера L293 або L298 вони утворюють закінчену систему управління для крокового двигуна, яка була зображена на рис. 2.5.

Мікросхема L297 дозволяє значно розвантажити керуючий мікроконтролер, якому при її використанні залишається тільки надати тактову частоту CLOCK (частоту повторення кроків) та декілька статичних сигналів, а саме: DIRECTION – сигнал напрямку обертання (сигнал внутрішньо синхронізований); HALF/FULL – сигнал напівкрокового/повнокрокового режиму; RESET – сигнал скиду фаз в початковий стан (ABCD = 0101), ENABLE – сигнал дозволу роботи мікросхеми, V_{ref} - опорна напруга, що задає пікову величину струму в PWM-регулюванні. Також потрібно кілька додаткових сигналів:

Сигнал CONTROL, який задає режим роботи ШІМ-регулятора, при низькому рівні якого PWM-регулювання здійснюється за виходами INH1, INH2, а при високому - за виходами ABCD;

SYNC – вихідний сигнал внутрішнього тактового генератора PWM, Він який використовується для синхронізації роботи кількох мікросхем. Також може бути використаний як вхід тактування від зовнішнього генератора.

HOME - сигнал початкового стану (ABCD = 0101), що використовується для синхронізації перемикачів режимів HALF/FULL. В

залежності від моменту переходу в повнокроковий режим мікросхема може працювати в режимі з однією включеною фазою або з двома включеними фазами.

Є також багато інших мікросхем, які реалізують ключове регулювання. Для деяких характерні ті чи інші особливості. Наприклад, драйвер LMD18T245 фірми National Semiconductor не вимагає використання зовнішнього датчика струму, оскільки він реалізований в схемі на основі однієї комірки ключового МОН-транзистора. Низка інших мікросхем призначена спеціально для роботи в мікрокроковому режимі. За приклад можна назвати мікросхему A3955 фірми Allegro. Вона має вбудований трьохбітний нелінійний ЦАП для формування струму, фаза якого змінюється по синусоїдальному закону.

Вибір типу драйвера для максимального обертового моменту і потужності, яку може забезпечити на валу кроковий двигун, залежить від розмірів двигуна, умов охолодження, режиму роботи (відношення робота/пауза) та від параметрів обмоток двигуна. Тип драйвера, що застосовується, сильно впливає на потужність двигуна на валу. Драйвер з імпульсною стабілізацією струму забезпечує вигоду у моменті на деяких швидкостях у 5-6 разів у порівнянні з живленням обмоток номінальною напругою за однієї і тієї ж потужності, що розсіюється. Також при цьому розширюється діапазон допустимих швидкостей. Технологія приводів на основі крокових двигунів постійно розвивається. Напрямок розвитку орієнтований на одержання найбільшого моменту на валу при мінімальних габаритах двигуна, широких швидкісних можливостей, високого ККД і поліпшеної точності. Важливою ланкою цієї технології є застосування мікрокрокового режиму.

Час розробки приводу на основі крокового двигуна на практиці теж має важливе значення, оскільки розробка спеціалізованої конструкції для всякого конкретного випадку вимагає значних часових затрат. З цієї точки зору краще застосовувати універсальні схеми управління на основі PWM стабілізації струму, незважаючи на їх більш високу вартість. Досить

практичним прикладом контролера крокового двигуна є використання в ньому мікроконтролера сімейства AVR. Незважаючи на те, що в даний час існує велика кількість спеціалізованих мікросхем для керування кроковими двигунами, в окремих випадках можна обійтися і без них. В тому випадку, коли не пред'являються дуже жорсткі вимоги, керування кроковим двигуном можна реалізувати повністю програмно. При цьому вартість такого контролера виходить дуже низькою.

Електрична принципова схема контролера крокового двигуна системи позиціонування енергоустановки на сонячних панелях, розроблена в магістерській роботі, представлена рис. 2.18.

Розроблений в роботі контролер призначений для управління уніполярним кроковим двигуном із середнім струмом споживання кожною обмоткою до 2.5А. Також його можна використовувати і для управління менш потужними двигунами, наприклад тими, що застосовувалися для позиціонування головок в 5-дюймових дисководах. При цьому схему можна спростити, відмовившись від паралельного включення ключових транзисторів і від ключової стабілізації струму, оскільки для малопотужних двигунів достатньо простого L/R-живлення [47, 48, 49].

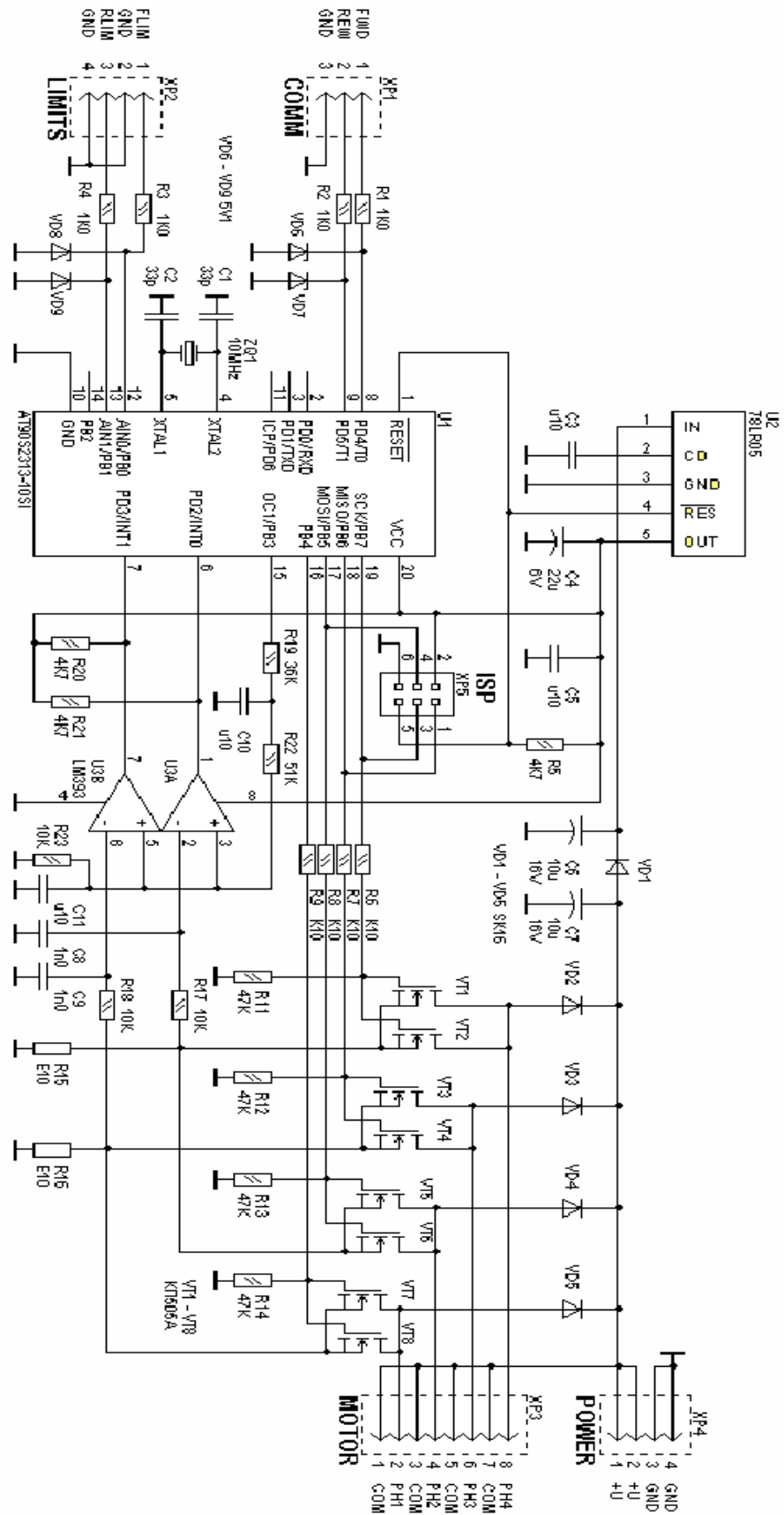


Рисунок 2.18 - Схема електрична принципова контролера крокового двигуна

Для розробки електричної схеми контролера крокового двигуна було використано обраний в розділі 2.3.2 мікроконтролер типу AT90S2313 сімейства AVR.

Пропонований контролер призначений для управління уніполярним кроковим двигуном і може використовуватися з поширеними кроковими двигунами типу ДШМ-200-1, -2, -3.

Основою пристрою (рис. 2.18) є мікроконтролер U1 типу AT90S2313 фірми Atmel. Сигнали управління обмотками двигуна формуються програмно на виходах портів PB4 - PB7. Комутацію кожної з обмоток здійснюють два польових транзистора типу КП505А, включених паралельно (всього 8 транзисторів VT1 - VT8). Дані транзистори випускаються в корпусі TO-92 і здатні комутувати струм до 1.4А. Опір каналу транзистора становить близько 0.3 Ом. В схемі між затворами і витокami транзисторів включені резистори R11 - R14, необхідні для того, щоб транзистори залишалися закритими під час дії сигналу скиду мікроконтролера (порти в цей час перебувають у високоімпедансному стані). Для обмеження струму перезарядки ємності затворів встановлені резистори R6 - R9. Розроблений контролер не призначений для забезпечення високих швидкісних характеристик, тому для нього є характерним повільний спад струму фаз, що забезпечується використанням діодів VD2 - VD5 для шунтування обмоток двигуна. Для підключення крокового двигуна використовується восьмиконтактний роз'єм ХРЗ, який дозволяє підключити двигун, що має два окремих виводи з кожної обмотки (що характерно для нашого двигуна ДШМ-200). Якщо в двигунах використано внутрішнє з'єднання обмоток, то один або два загальних контакти роз'єму будуть не задіяні.

Також даний розроблений контролер може бути використаний для управління двигуном з великим середнім струмом фаз, що забезпечує можливість його використання і для інших застосувань. Для цього достатньо замінити транзистори VT1 - VT8 і діоди VD2 - VD5 на більш

потужні. Паралельне включення транзисторів в цьому випадку можна не використовувати

Найбільше в цьому випадку підходять придатними є МОН-транзистори, що керуються логічним рівнем, зокрема, КП723Г, КП727В та їм подібні. Стабілізація струму здійснюється за допомогою PWM, що теж програмно реалізована. Для цього використовуються два датчики струму R15 і R16. Сигнали, зняті з датчиків струму, через ФНЧ R17C8 і R18C9 надходять на входи компараторів U3A і U3B. ФНЧ запобігають помилковій спрацьовуванню компараторів внаслідок дії перешкод. На другий вхід кожного компаратора має бути подана опорне напругу, яка і визначає піковий струм в обмотках двигуна. Дана напруга формується в мікроконтролері вбудованим таймером, який працює в режимі генерації восьмибітної PWM. Фільтрацію сигналу PWM здійснює ФНЧ R19C10R22C11 на двох ланках, а резистори R19, R22 і R23 утворюють дільник, що масштабує регулювання струмів фаз. Максимальний піковий струм, що відповідає коду 255, у даному випадку обраний рівним 5.11А, що відповідає напрузі 0.511В на датчиках струму. З урахуванням того, що постійна складова на виході PWM, змінюється від 0 до 5В, потрібний коефіцієнт поділу дорівнює приблизно 9.7. Виходи компараторів з'єднані з входами переривань INT0 і INT1 мікроконтролера.

Для керування роботою крокового двигуна використовують два логічних входи FWD (вперед) і REW (назад), що підключені до гнізда XP1. За умови подання НИЗЬКОГО логічного рівня на один із входів, двигун починає працювати на заданій мінімальній швидкості і потім поступово розганяється з заданим постійним прискоренням. Розгін завершується тоді, коли двигун набирає задану робочу швидкість. Коли подається команда зміни напрямку обертання, то двигун гальмується з тим же прискоренням, після чого здійснює реверс та знову розганяється.

Окрім вказаних командних входів використовується ще два входи для кінцевих вимикачів, що під'єднані до гнізда XP2. Вважається, що кінцевий

вимикач спрацював, коли на відповідному вході з'являється НИЗЬКИЙ логічний рівень. Обертання в даному напрямку при цьому заборонено. Якщо кінцевий вимикач спрацює під час обертання двигуна, то він переходить до гальмування з заданим прискоренням, після чого зупиняється. Для захисту командних входів і входів кінцевих вимикачів від перенапруг використовуються ланцюжки R1VD6, R2VD7, R3VD8 і R4VD9, що складаються з резистора і стабілітрона. Для формування живлення мікроконтролера використовується мікросхема стабілізатора 78LR05, яка також виконує функції монітора живлення. За умови зниженні напруги живлення нижче встановленого порогу вона формує для мікроконтролера сигнал «скиду». На стабілізатор живлення подається через діод VD1, який разом з конденсатором С6 зменшує пульсації, викликані комутацією потужного навантаження, яке утворює кроковий двигун. На плату живлення подається через 4-контактний роз'єм ХР4, контакти якого задубльовані.

2.4 Висновки до розділу

В даному розділі розглянуто загальні вимоги до побудови системи автоматизації розумного житла, на основі досвіду розробок відомих фірм – розробників розроблена узагальнена структурна схема АСУЖ, розроблена структурна схема підсистеми управління енергоживленням розумного житла і обґрунтовано вибір обладнання для її реалізації. Також розроблено 3D моделі макета поворотної системи для обертання сонячної батареї відповідно до кута падіння сонця і електричні схеми системи автоматизації позиціонування сонячних панелей, необхідної для підвищення продуктивності енергоустановки.

3 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

3.1 Розробка алгоритму керування перемиканням живлення розумного будинку на різні джерела енергії

Для програмування функції ПЛК керування перемиканням живлення розумного будинку на альтернативні джерела енергоживлення – загальну електромережу чи енергоустановку на сонячних батареях, здійснюється згідно алгоритму, описаному логічними рівняннями в розділі 2.3.1. Схема алгоритму має вигляд, зображений на рис. 3.1.

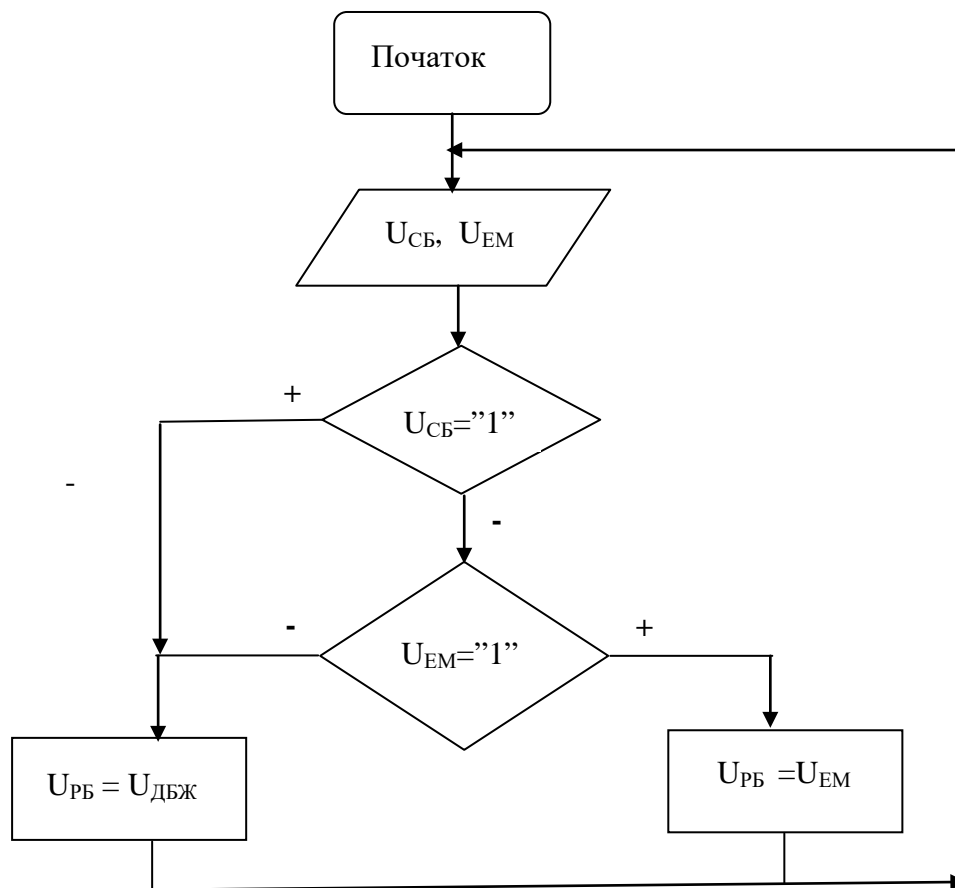


Рисунок 3.1 – Схема алгоритму керування енергоживленням розумного будинку

Алгоритм описує принцип перемикання енергоживлення «Розумного будинку», який відповідає системі логічних рівнянь (2.1) – (2.4), описаних в розділі 2.3.1, тобто перемикання живлення розумного житла за допомогою

електромагнітного контактора, підключеного до виходу ПЛК, відбувається в одному випадку, коли не працює автономне джерело електроенергії на сонячній батареї:

$$U_{PB} = \bar{U}_{CB} \wedge \sim U_{EM}.$$

У всіх інших випадках ПЛК подає на вхід електромагнітного контактора нульову напругу, він виключається і підключає на вхід живлення будинку вихід ДБЖ, підключеного до енергоустановки на сонячних батареях.

3.2 Розробка програми керування енергоживленням житла

3.2.1 Вибір програмного середовища

Оскільки для автоматизації всієї підсистем АСУЖ вибрано ПЛК Simatic S7 1214 C, то середовищем програмування всіх проектів на ньому є пакет програм TIA Portal фірми Siemens. Створення проектів в ньому передбачає наявність складових частин, представлених на рис. 3.2.

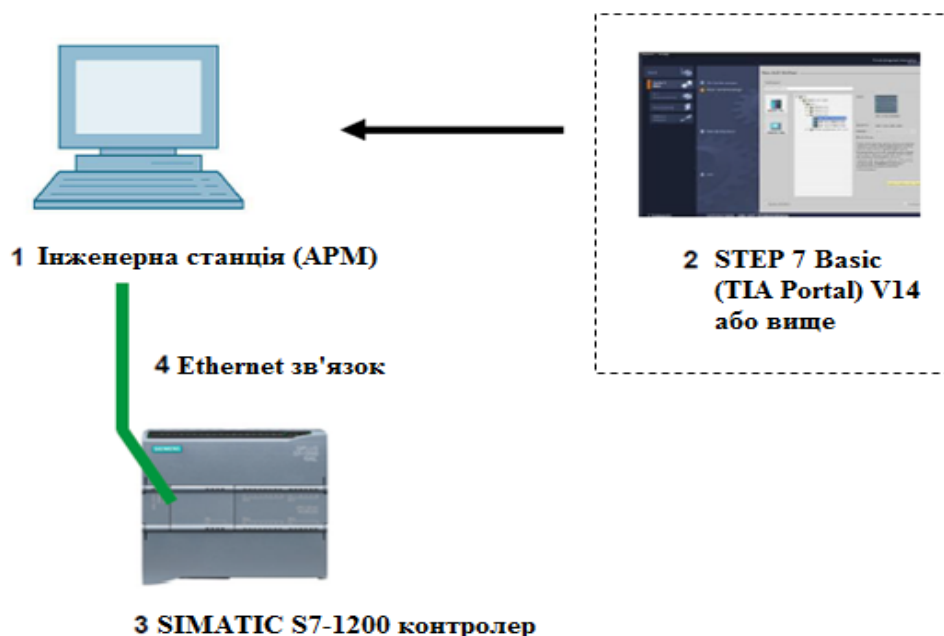


Рисунок 3.2 – Схема апаратних і програмних ресурсів для розробки проектів в середовищі TIA Portal

TIA Portal (Totally Integrated Automation Portal) – інтегроване програмне середовище розробки проектів автоматизації систем управління технологічними і бізнес процесами виробництв, розроблене компанією Siemens AG. В TIA Portal об'єднано три основні програмні пакети і пакет симулятора:

- Simatic Step 7 Basic для програмування контролерів серій S7-300, S7-400, S7-1200, S7-1500;
- Simatic WinCC для розробки людино-машинного інтерфейсу (програмування сенсорних панелей та SCADA-систем);
- Sinamics StartDrive для програмування перетворювачів частоти Sinamics під час автоматизації управління електроприводами;
- Simatic PLCSIM для симуляції роботи ПЛК з метою відлагодження програм на етапі розробки проекту автоматизації.

Програмне забезпечення STEP 7 Basic (TIA Portal V14) - це інструмент програмування для наступних систем автоматизації:

- SIMATIC S7-1200/1500.
- HMI панелей модифікації Basic.

STEP 7 Basic V14 забезпечує виконання наступних функцій для автоматизації підприємств:

- Конфігурація та задання параметрів апаратного забезпечення.
- Специфікація зв'язку.
- Оновлення прошивки.
- Програмування.
- Тестування, введення в експлуатацію та обслуговування з операційними/діагностичними функціями.
- Документація.
- Створення візуалізації для SIMATIC Basic панелей з допомогою вбудованого програмного забезпечення WinCC Basic.

Середовище TIA Portal має такі переваги:

Перше - це інтерфейс. Він оптимізований для швидкого вибору і комбінування необхідних компонентів і функцій. Хоча можливість прямого введення команд зберігається, робота мишею виявляється набагато продуктивніше. Це пояснюється продуманою ієрархією компонентів і мінімізацією глибини вкладення. Все, що може знадобитися в даний момент, розташоване в одному кліці мишкою. Це логічна і наочна структура, яка не вимагає вивчення і запам'ятовування. Не потрібно шукати в меню або вивчати довідку в пошуках «рідкісної» функції. Існує єдиний підхід для абсолютно різних інструментів і функцій. Постійний контроль коректності дій програміста виключає чисто людські помилки і помилки, але не перешкоджає збереженню виконаної роботи. Просто «неправильні» місця будуть яскраво виділені і забезпечені рекомендаціями щодо усунення проблем. Є контекстні підказки і контекстне обмеження вибору, коли свідомо непридатні операції випадають із запропонованого списку і не відволікають ресурси. Все це значно прискорює і спрощує роботу.

Друге - єдиний підхід до всього різноманіття вирішуваних завдань. Немає окремо розташованих програм, графічних картинок, списків обладнання, мережових топологій. Все це укладено в єдиний простір уніфікованого проекту. Це дозволяє отримати дійсно безшовну інтеграцію різних, часто дуже різноманітних компонентів. Найяскравіше це проявляється на прикладі роботи з базою змінних проекту. Вона - єдина, доступна з усіх задачеорієнтованих інструментів, і всі зміни, які вносяться, наприклад в графічному дизайнері НМІ-інтерфейсу, відразу відображаються у всіх інших редакторах. Це виключає помилки введення, позбавляє від необхідності експорту-імпорту даних і дозволяє вести одночасну роботу з різними частинами проекту.

Третє - це, безумовно, широке використання і проста і наочна інтеграція бібліотек і службових компонентів, пропонує як виробником, так і створюваних користувачем. Можна не просто зберігати шматки машинного коду і функціональні блоки для подальшого використання.

Передбачена можливість створювати комплексні бібліотеки, що містять композиційні елементи, що складаються з коду, для контролерів і графічних образів для пристроїв человекошашинная інтерфейсу. Можна формувати закінчені технологічні ділянки, включаючи компоненти мережевої інфраструктури, контролери та панелі оператора з усіма алгоритмами і настройками, комбінувати і інтегрувати їх між собою.

Програма керування перемиканням живлення «Розумного будинку» розроблена в середовищі TIA Portal на стандартній мові LAD. Під час розробки проекту було створено також НМІ інтерфейс на панелі KTP 600 Basic mono PN для забезпечення можливості контролю даної функції в складі двох інших функцій керування підсистемами розумного житла, які виконує обраний контролер. Екран даного інтерфейсу зображено на рис. 3.3.

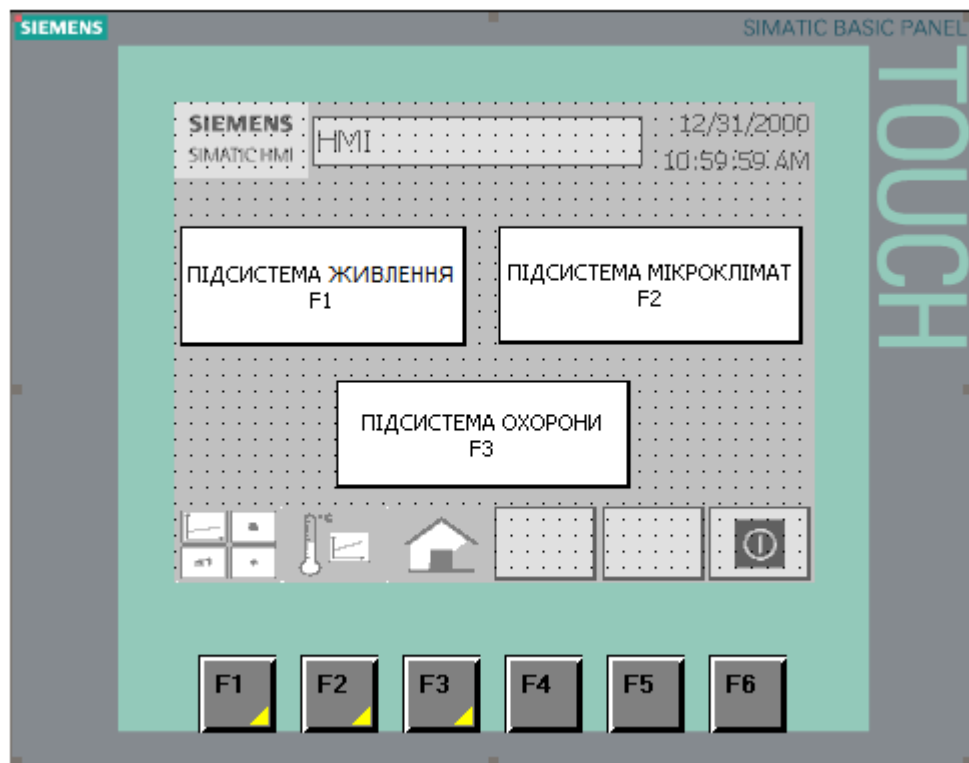


Рисунок 3.3 – Екран НМІ інтерфейсу з загальним меню

Для того, щоб отримати доступ до підсистем автоматизації живлення, мікроклімату та охорони, на диспетчерській панелі необхідно натиснути клавіші F1, F2 та F3 відповідно.

На рис. 3.4 зображено екран інтерфейсу середовища TIA Portal, який показує конфігурацію апаратури в проекті.

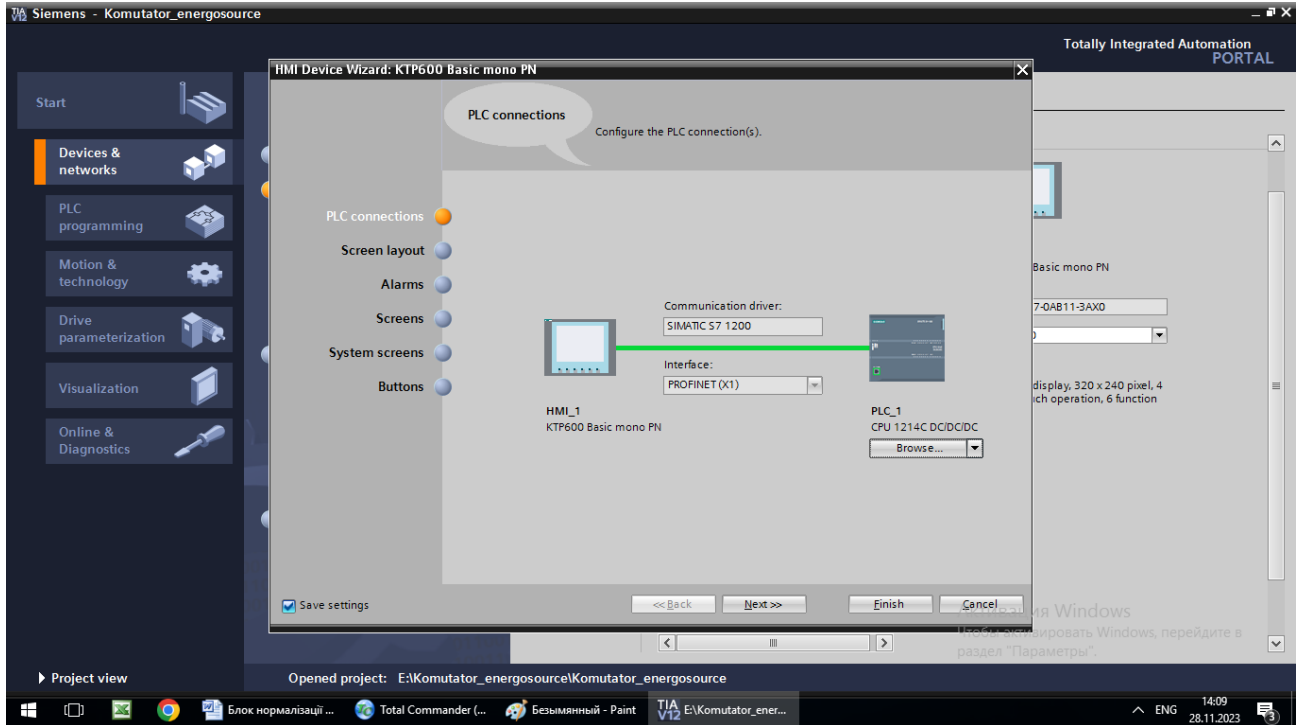


Рисунок 3.4 – Екран інтерфейсу TIA Portal з конфігурацією апаратури

На рис. 3.5 показано вікно редактора середовища з програмою перемикання живлення з загальної електромережі на автономне джерело, написаною мовою LAD. Вона відтворює розроблений алгоритм, представлений на рис. 3.1.

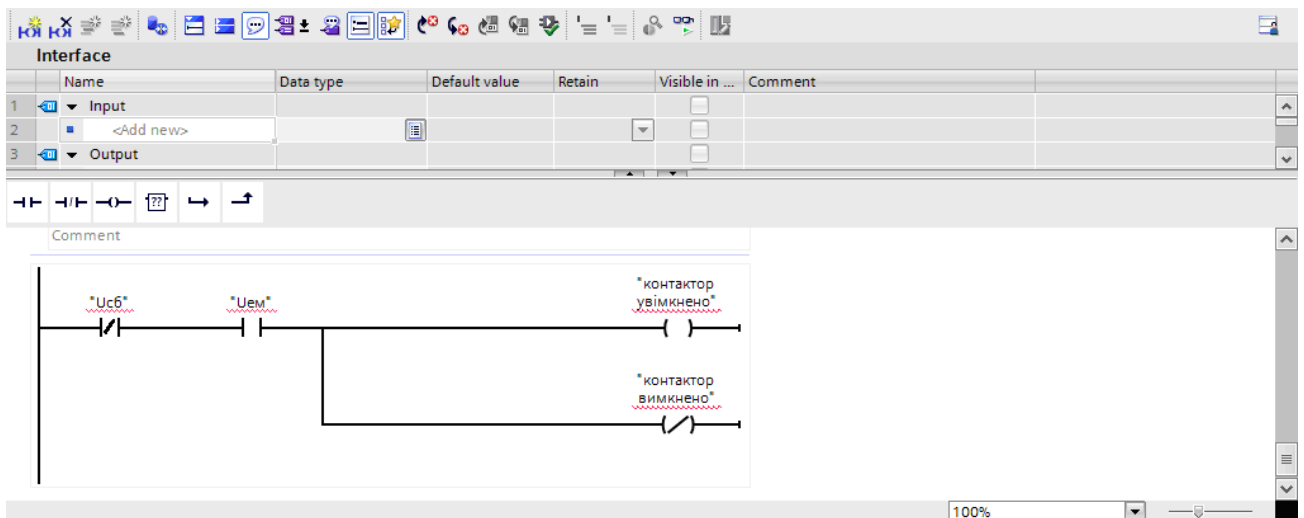


Рисунок 3.5 – Екран редактора TIA Portal з програмою перемикання

Якщо контрольована входами ПЛК напруга на електромережі лежить в межах норми, а на виході сонячних батарей напруга відсутня через поломку, то ПЛК вмикає електромагнітним контактором контакти виходів електромережі на вхід живлення розумного житла і одночасно розмикає контакти з виходу ДБЖ.

3.3 Розробка алгоритму роботи системи позиціонування сонячних панелей

З метою зменшення затрат підсистема автоматизації живлення «Розумного будинку» на сонячних панелях реалізована на сучасному недорогому мікроконтролері типу AVR. Для досягнення коректної роботи програмного забезпечення даної підсистеми потрібно розробити ефективний алгоритм її функціонування. Ефективність роботи алгоритму полягає в тому, щоб доцільно використовувати ресурси контролера, і уникнути ситуацій, які призводять до некоректної роботи програмного забезпечення.

Розроблений відповідно до вказаних вище вимог алгоритм показано на рис. 3.6. Даний алгоритм працює наступним чином.

При включенні живлення на мікроконтролер виконуються всі дії з його ініціалізації: запис необхідних даних в регістри, установка тактової частоти, установка прапорів. В періодичному циклі роботи мікроконтролер контролює напруги $U_{\phi 1}$ і $U_{\phi 2}$ на фотодатчиках ФД₁ і ФД₂, закріплених на верхній і нижній сторонах сонячної батареї відповідно (дивитись рис.2.3), почергово зчитує та запам'ятовує дані в пам'яті регістрів вхідних портів.

Після отримання цих даних порівнюється різниця між значеннями напруг на фотодатчиках. Якщо значення напруги на першому датчику більше за значення напруги на другому ($U_{\phi 1} > U_{\phi 2}$), то відбувається обертання двигуна в сторону першого датчика. У випадку, коли значення напруги другого датчика більше за значення напруги на першому ($U_{\phi 2} > U_{\phi 1}$), то

обертання здійснюється в бік другого фотодатчика, інакше зчитування значень напруг з датчиків проводиться знову.

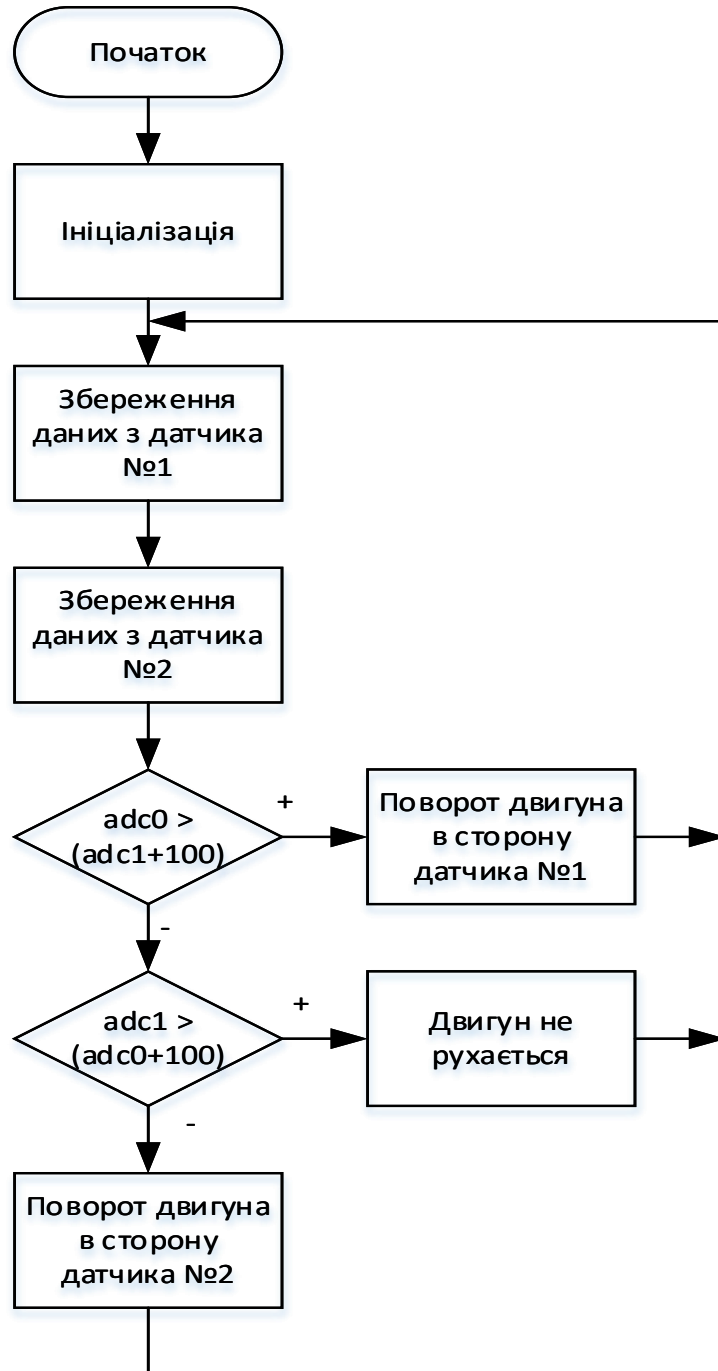


Рисунок 3.6 – Алгоритм автоматичного управління сонячними батареями

3.4 Опис програмного середовища Atmel Studio

Програмне забезпечення для підсистеми автоматизації управління живленням від сонячних панелей системи розроблено в середовищі Atmel

Studio 6.0. Вікно інтерфейсу вказаного програмного середовища наведено на рисунку 3.7.

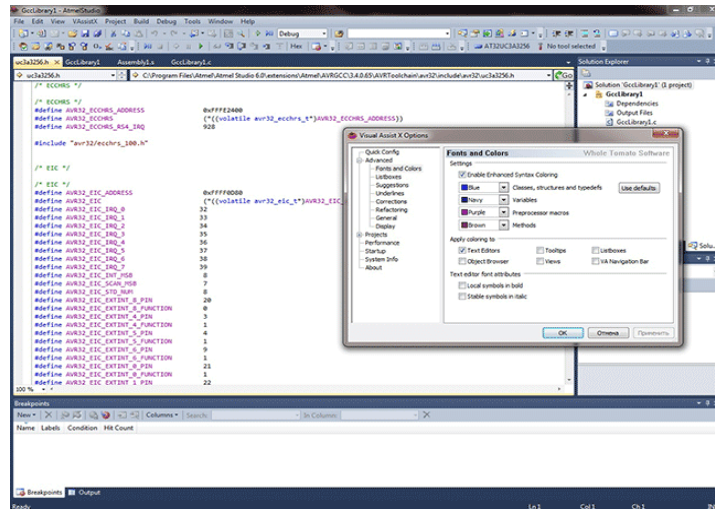


Рисунок 3.7 – Інтерфейс середовища Atmel Studio 6.0

Atmel Studio (до 6 версії AVR Studio) є інтегрованим програмним середовищем, яке використовується для програмування та відлагодження програм для мікроконтролерів AVR та AVR32 в операційних системах Windows. Модифікації середовища після шостої версії можуть також працювати як і з AVR-контролерами, так і з мікропроцесорами з ARM-архітектурою.

Програмне середовище дозволяє розробляти програми як мовою C/C++ , так і мовою Асемблера. Інтерфейс середовища містить в собі майстер проектів, віртуальний симулятор, редактор вихідного коду, модуль внутрішньосхемного налагодження та інтерфейс командного рядка. Підтримується також компілятор GCC і плагін AVR RTOS, що є операційною системою реального часу. Програмувальники можуть обрати оптимальні для їх проекту мови програмування. Інструменти візуального інтерфейсу дозволяють пришвидшити написання програми.

Сумісне використання програмних пакетів Atmel Studio і Proteus від фірми Labcenter Electronics дозволяє програмувати мікроконтролери без наявності будь-якої матеріальної бази. Atmel Studio по праву вважається найкращим середовищем створення додатків для контролерів AVR.

3.5 Розробка програми керування сонячними батареями

Розроблювана мікроконтролерна система автоматичного позиціонування сонячної панелі потрібна для стеження за переміщенням сонця, що дозволяє отримати від сонячної батареї максимальний ККД .

Принцип роботи системи дуже простий – з допомогою двох фотодатчиків контролер примушує кроковий двигун повертати платформу з сонячними панелями тому напрямку, з якого надходить більше світла.

Під час розробки мікроконтролерної системи управління сонячними панелями в проекті використано два фотодатчики, кроковий двигун і мікроконтролер.

Мікроконтролер періодично зчитує значення напруги з датчиків і порівнює їх. Якщо значення напруги з датчиків однакові, то це відповідає правильному наведенню платформи на сонце. В усіх інших випадках контролер формує команду на двигун для обертання платформи. Команда керування виконується до тих пір, поки значення напруг з датчиків не зрівняються.

На початку програми підключаємо,необхідні для розробки бібліотеки і визначаємо вихідні лінії задіяних портів:

```
#include <stdio.h>
#include <avr/io.h>

// Output PINS
#define OFF0 PORTB |= _BV(PINB0)
#define OFF1 PORTB |= _BV(PINB1)

#define ON0 PORTB &= ~_BV(PINB0)
#define ON1 PORTB &= ~_BV(PINB1)
```

Після цього записуємо підпрограму-функцію ініціалізації аналогово-цифрового перетворювача (ADC) мікроконтролера:

```
void adc_init(void){
    ADCSRA = _BV(ADEN) | _BV(ADPS0) | _BV(ADPS1) | _BV(ADPS2);
}
```

ADC (АЦП) включається установкою біта ADEN в регістрі ADCSRA, а біти ADPS2..0 задають коефіцієнти подільника частоти.

Потрібно також записати функцію зчитування інформації з фотодатчиків за допомогою АЦП. Для правильної роботи модуля АЦП також задається тактова частота. Модуль АЦП містить дільник частоти, щоб отримувати необхідну тактову частоту для перетворення з частоти процесора.

В регістр ADMUX записується номер вхідного піна порту В для підключення АЦП, а також біти орієнтування результату і вибір тактової частоти. Тактова частота від внутрішнього генератора задається установкою бітів REFS1 та REFS0 в «логічну 1».

Запис одиниці в ADSC, регістра контролю і статусу АЦП ADSCRA, запускає цикл перетворення. Біт ADIF – прапор переривання АЦП.

```
uint16_t adc_read(uint8_t ch){
    // set channel (VREF = VCC)
    ADMUX = _BV(REFS0) | (ch & 0x1F);
    // clear hardware "conversion complete" flag
    ADCSRA &= ~_BV(ADIF);
    // start conversion
    ADCSRA |= _BV(ADSC);

    // wait until conversion complete
    while(ADCSRA & _BV(ADSC));

    // read ADC (full 10 bits);
    return ADC;
}
```

Кінцева частина коду записується в головній функції main(void). В ній зчитуються значення напруг з датчиків, проводяться всі обчислення і формуються команди на кроковий двигун.

```
int main(void)
{
    uint16_t adc0, adc1;

    DDRB |= _BV(PINB0) | _BV(PINB1);

    adc_init();
    adc_read(0);
    while(1){
        // ADC reading
        adc0 = adc_read(0);
        adc1 = adc_read(1);

        // Compare ADC results
        if (adc0 > (adc1+100)) {
            OFF1;
            ON0;
        }
        else {
            if (adc1 > (adc0+100)) {
```

```

OFF0;
ON1;
}
else {
OFF0;
OFF1;
}
}
}
}
}

```

Результати проведеного тестування програми в середовищі Atmel Studio 6.0 наведено на рис. 3.8.

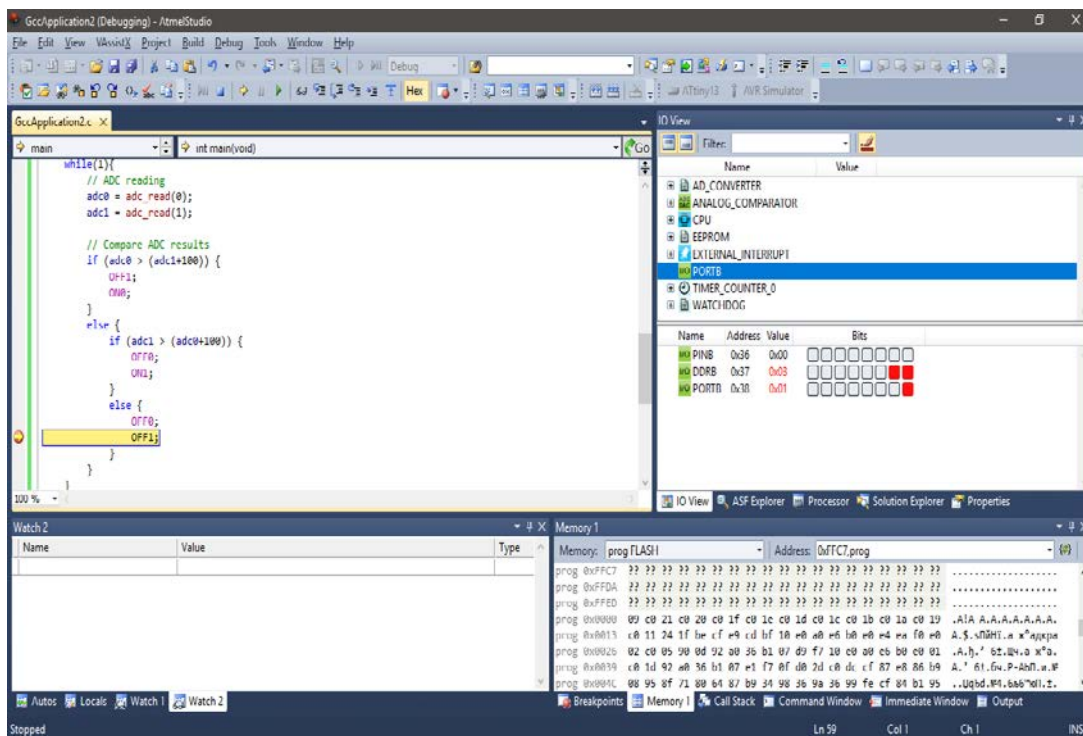


Рисунок 3.8 – Результат тестування програми

Повний код програми цифрової системи управління сонячними батареями наведений в Додатку Б.

3.6 Висновки до розділу

В даному розділі виконана розробка алгоритмів і програм автоматизованого управління системою енергоживлення розумного житла. Програма перемикання живлення між джерелами енергії розроблена в середовищі TIA Portal мовою LAD, а програма позиціонування сонячної батареї - мовою Сі AVR в програмному середовищі Atmel Studio 6.0. Тестування на симуляторі середовища Atmel Studio показало адекватність роботи розробленого програмного забезпечення.

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Науково-технічна розробка має право на існування та впровадження, якщо вона відповідає вимогам часу, як в напрямку науково-технічного прогресу та і в плані економіки. Тому для науково-дослідної роботи необхідно оцінювати економічну ефективність результатів виконаної роботи.

4.1 Проведення комерційного та технологічного аудиту науково-технічної розробки

Метою проведення комерційного і технологічного аудиту дослідження за темою «Розробка і дослідження системи автоматизації живлення «Розумного житла» на сонячних панелях» є оцінювання науково-технічного рівня та рівня комерційного потенціалу розробки, створеної в результаті науково-технічної діяльності.

Оцінювання науково-технічного рівня розробки та її комерційного потенціалу рекомендується здійснювати із застосуванням 5-ти бальної системи оцінювання за 12-ма критеріями[50].

Таблиця 4.1 – Результати оцінювання науково-технічного рівня і комерційного потенціалу розробки експертами

Критерії	Експерт (ПІБ, посада)		
	1	2	3
	Бали:		
1. Технічна здійсненність концепції	4	4	4
2. Ринкові переваги (наявність аналогів)	3	4	3
3. Ринкові переваги (ціна продукту)	4	4	3
4. Ринкові переваги (технічні властивості)	3	3	4
5. Ринкові переваги (експлуатаційні витрати)	2	2	3
6. Ринкові перспективи (розмір ринку)	3	3	3
7. Ринкові перспективи (конкуренція)	2	2	2
8. Практична здійсненність (наявність фахівців)	5	4	4
9. Практична здійсненність (наявність фінансів)	2	3	2
10. Практична здійсненність (необхідність нових матеріалів)	4	4	4

Продовження таблиці 4.1

11. Практична здійсненність (термін реалізації)	3	4	4
12. Практична здійсненність (розробка документів)	4	4	4
Сума балів	39	41	40
Середньоарифметична сума балів CB_c	40,0		

За результатами розрахунків, наведених в таблиці 4.1, зробимо висновок щодо науково-технічного рівня і рівня комерційного потенціалу розробки. При цьому використаємо рекомендації, наведені в [50].

Згідно проведених досліджень рівень комерційного потенціалу розробки за темою «Розробка і дослідження системи автоматизації живлення «Розумного житла» на сонячних панелях» становить 40,0 бала, що, відповідно до [50], свідчить про комерційну важливість проведення даних досліджень (рівень комерційного потенціалу розробки вище середнього).

4.2 Розрахунок узагальненого коефіцієнта якості розробки

Узагальнений коефіцієнт якості (B_n) для нового технічного рішення розрахуємо за формулою [51]:

$$B_n = \sum_{i=1}^k \alpha_i \cdot \beta_i, \quad (4.1)$$

де k – кількість найбільш важливих технічних показників, які впливають на якість нового технічного рішення;

α_i – коефіцієнт, який враховує питому вагу i -го технічного показника в загальній якості розробки. Коефіцієнт α_i визначається експертним

шляхом і при цьому має виконуватись умова $\sum_{i=1}^k \alpha_i = 1$;

β_i – відносне значення i -го технічного показника якості нової розробки.

Результати порівняння зведемо до таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Порівняння основних параметрів розробки та аналога.

Показники (параметри)	Одиниця вимірювання	Аналог	Проектований продукт	Відношення параметрів нової розробки до аналога	Питома вага показника
1 ДБЖ (об'єм акумулятора)	Ah	100	200	2	0,3
2 Час роботи	VAC	90-280	170-280	2	0,15
3 Пікова потужність	Вт	2700	3500	1,29	0,2
4 Точність контролю параметрів	%	90	97	1,08	0,25
5 Номінальна потужність	Вт	2400	3000	1,25	0,1

Узагальнений коефіцієнт якості (B_H) для нового технічного рішення складе:

$$B_H = \sum_{i=1}^k \alpha_i \cdot \beta_i = 2 \cdot 0,3 + 2 \cdot 0,15 + 1,29 \cdot 0,2 + 1,08 \cdot 0,25 + 1,25 \cdot 0,1 = 1,55.$$

Отже за технічними параметрами, згідно узагальненого коефіцієнту якості розробки, науково-технічна розробка переважає існуючі аналоги приблизно в 1,55 рази.

4.3 Розрахунок витрат на проведення науково-дослідної роботи

Витрати, пов'язані з проведенням науково-дослідної роботи на тему «Розробка і дослідження системи автоматизації живлення «Розумного житла» на сонячних панелях», під час планування, обліку і калькулювання собівартості науково-дослідної роботи групуємо за відповідними статтями.

4.3.1 Витрати на оплату праці

Основна заробітна плата дослідників

Витрати на основну заробітну плату дослідників (Z_o) розраховуємо у відповідності до посадових окладів працівників, за формулою [50]:

$$Z_o = \sum_{i=1}^k \frac{M_{ni} \cdot t_i}{T_p}, \quad (4.2)$$

де k – кількість посад дослідників залучених до процесу досліджень;

M_{ni} – місячний посадовий оклад конкретного дослідника, грн;

t_i – число днів роботи конкретного дослідника, дн.;

T_p – середнє число робочих днів в місяці, $T_p=22$ дні.

$$Z_o = 17420,00 \cdot 28 / 22 = 22170,91 \text{ грн.}$$

Проведені розрахунки зведемо до таблиці.

Таблиця 4.3 – Витрати на заробітну плату дослідників

Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн	Оплата за робочий день, грн	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату, грн
Керівник проекту з дослідження автоматизації живлення на сонячних панелях	17420,00	791,82	28	22170,91
Інженер-розробник автоматизованих систем	16400,00	745,45	28	20872,73
Інженер-системотехнік	16400,00	745,45	8	5963,64
Технік 1-ї категорії	8150,00	370,45	28	10372,73
Всього				59380,00

Основна заробітна плата робітників

Витрати на основну заробітну плату робітників (Z_p) за відповідними найменуваннями робіт НДР на тему «Розробка і дослідження системи автоматизації живлення «Розумного житла» на сонячних панелях» розраховуємо за формулою:

$$Z_p = \sum_{i=1}^n C_i \cdot t_i, \quad (4.3)$$

де C_i – погодинна тарифна ставка робітника відповідного розряду, за виконану відповідну роботу, грн/год;

t_i – час роботи робітника при виконанні визначеної роботи, год.

Погодинну тарифну ставку робітника відповідного розряду C_i можна визначити за формулою:

$$C_i = \frac{M_M \cdot K_i \cdot K_c}{T_p \cdot t_{зм}}, \quad (4.4)$$

де M_M – розмір мінімальної місячної заробітної плати, прийmemo $M_M=6700,00$ грн;

K_i – коефіцієнт міжкваліфікаційного співвідношення (табл. Б.2, додаток Б) [50];

K_c – мінімальний коефіцієнт співвідношень місячних тарифних ставок;

T_p – середнє число робочих днів в місяці, приблизно $T_p = 22$ дн;

$t_{зм}$ – тривалість зміни, год.

$$C_1 = 6700,00 \cdot 1,10 \cdot 1,35 / (22 \cdot 8) = 56,53 \text{ грн.}$$

$$З_{р1} = 56,53 \cdot 12,00 = 678,38 \text{ грн.}$$

Таблиця 4.4 – Величина витрат на основну заробітну плату робітників

Найменування робіт	Тривалість роботи, год	Розряд роботи	Тарифний коефіцієнт	Погодинна тарифна ставка, грн	Величина оплати на робітника грн
Встановлення допоміжного обладнання робочих місць інженерів-розробників	12,00	2	1,10	56,53	678,38
Встановлення цифрових обчислювальних систем забезпечення процесу моделювання	6,20	4	1,50	77,09	477,95
Інсталяція програмного забезпечення розробки електронних схем та систем управління	5,60	3	1,35	69,38	388,52
Монтаж спеціального обладнання та устаткування	7,00	3	1,35	69,38	485,65
Підготовка експериментальної моделі	8,00	5	1,70	87,37	698,93

Продовження таблиці 4.4

Формування бази даних результатів експериментів	12,00	3	1,35	69,38	832,55
Всього					3561,98

Додаткова заробітна плата дослідників та робітників

Додаткову заробітну плату розраховуємо як 10 ... 12% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою:

$$Z_{\text{доп}} = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{\text{доп}}}{100\%}, \quad (4.5)$$

де $H_{\text{доп}}$ – норма нарахування додаткової заробітної плати. Прийmemo 10%.

$$Z_{\text{доп}} = (59380,00 + 3561,98) \cdot 10 / 100\% = 6294,20 \text{ грн.}$$

4.3.2 Відрахування на соціальні заходи

Нарахування на заробітну плату дослідників та робітників розраховуємо як 22% від суми основної та додаткової заробітної плати дослідників і робітників за формулою:

$$Z_n = (Z_o + Z_p + Z_{\text{доп}}) \cdot \frac{H_{\text{зн}}}{100\%} \quad (4.6)$$

де $H_{\text{зн}}$ – норма нарахування на заробітну плату. Приймаємо 22%.

$$Z_n = (59380,00 + 3561,98 + 6294,20) \cdot 22 / 100\% = 15231,96 \text{ грн.}$$

4.3.3 Сировина та матеріали

Витрати на матеріали (M), у вартісному вираженні розраховуються окремо по кожному виду матеріалів за формулою:

$$M = \sum_{j=1}^n H_j \cdot C_j \cdot K_j - \sum_{j=1}^n B_j \cdot C_{\text{в}j}, \quad (4.7)$$

де H_j – норма витрат матеріалу j -го найменування, кг;

n – кількість видів матеріалів;

C_j – вартість матеріалу j -го найменування, грн/кг;

K_j – коефіцієнт транспортних витрат, ($K_j = 1,1 \dots 1,15$);

B_j – маса відходів j -го найменування, кг;

C_{ej} – вартість відходів j -го найменування, грн/кг.

$$M_1 = 1,0 \cdot 139,00 \cdot 1,03 - 0,0 \cdot 0,0 = 143,17 \text{ грн.}$$

Проведені розрахунки зведемо до таблиці.

Таблиця 4.5 – Витрати на матеріали

Найменування матеріалу, марка, тип, сорт	Ціна за 1 кг, грн	Норма витрат, кг	Величина відходів, кг	Ціна відходів, грн/кг	Вартість витраченого матеріалу, грн
USB-пам'ять DATA (32 ГБ) Class 10	139,00	1,0	0,0	0,0	143,17
USB-пам'ять DATA Cross (64 ГБ) Class 10 A	209,00	2,0	0,0	0,0	430,54
Диск оптичний Verbatim-10 (CD-R)	26,00	5,0	0,0	0,0	133,90
Диск оптичний LG-W (CD-RW)	32,50	5,0	0,0	0,0	167,38
Картридж для принтера Canon 750AF-DX	2059,00	2,0	0,0	0,0	4241,54
Начиння канцелярське Ultra	199,00	4,0	0,0	0,0	819,88
Органайзер офісний Ultra	215,00	3,0	0,0	0,0	664,35
Папір для заміток (A5)-500/70	96,50	3,0	0,0	0,0	298,19
Папір канцелярський офісний (A4-500/80)	210,00	3,0	0,0	0,0	648,90
Кабель КГ 1x25 тЗЗКМ(703325)	149,30	2,500	0,000	0,00	384,45
Провід ПВС 2x0,5 Прикарпат-кабель	10,00	10,000	0,000	0,00	103,00
Шина мідна 5x40 РСВ 639А 2м (550630)	380,00	0,400	0,000	0,00	156,56
Всього					8191,85

4.3.4 Розрахунок витрат на комплектуючі

Витрати на комплектуючі (K_6), які використовують при проведенні НДР на тему «Розробка і дослідження системи автоматизації живлення «Розумного житла» на сонячних панелях», розраховуємо, згідно з їхньою номенклатурою, за формулою:

$$K_6 = \sum_{j=1}^n H_j \cdot C_j \cdot K_j \quad (4.8)$$

де H_j – кількість комплектуючих j -го виду, шт.;

C_j – покупна ціна комплектуючих j -го виду, грн;

K_j – коефіцієнт транспортних витрат, ($K_j = 1,1 \dots 1,15$).

$$K_6 = 1 \cdot 6920,00 \cdot 1,03 = 7127,60 \text{ грн.}$$

Проведені розрахунки зведемо до таблиці.

Таблиця 4.6 – Витрати на комплектуючі

Найменування комплектуючих	Кількість, шт.	Ціна за штуку, грн	Сума, грн
Контролер (хаб)	1	6920,00	7127,60
Датчики руху і присутності	1	829,00	853,87
Датчики освітленості	1	469,00	483,07
Вимикачі і диммери	2	1280,00	2636,80
Модулі управління шторами, жалюзі та ролетами	1	4850,00	4995,50
RGB- і RGBW-контролери для управління світлодіодними світильниками	1	1850,00	1905,50
Фотодетектор	1	7890,00	8126,70
Блок управління системи відстеження положення сонця	1	5800,00	5974,00
Всього			32103,04

4.3.5 Спецустаткування для наукових (експериментальних) робіт

Балансову вартість спецустаткування розраховуємо за формулою:

$$B_{\text{спец}} = \sum_{i=1}^k C_i \cdot C_{\text{нр.і}} \cdot K_i, \quad (4.9)$$

де C_i – ціна придбання одиниці спецустаткування даного виду, марки, грн;

$C_{np.i}$ – кількість одиниць устаткування відповідного найменування, які придбані для проведення досліджень, шт.;

K_i – коефіцієнт, що враховує доставку, монтаж, налагодження устаткування тощо, ($K_i = 1, 10 \dots 1, 12$);

k – кількість найменувань устаткування.

$$B_{спеу} = 32444,00 \cdot 1 \cdot 1,03 = 33417,32 \text{ грн.}$$

Отримані результати зведемо до таблиці:

Таблиця 4.7 – Витрати на придбання спецустаткування по кожному виду

Найменування устаткування	Кількість, шт	Ціна за одиницю, грн	Вартість, грн
Сервер на базі DELL OPTIPLEX 7010 MFF / I5-13500T (N007O7010MFF)	1	32444,00	33417,32
Логічний контролер (ПЛК)	1	8599,00	8856,97
Електронний центр	1	10260,00	10567,80
Пристрій безперебійного живлення APC BX1600MI-GR	1	10306,00	10615,18
Батарея акумуляторна гелева Volt Li-I (120 А/Г)	1	11290,00	11628,70
Всього			75085,97

4.3.6 Програмне забезпечення для наукових робіт

Балансову вартість програмного забезпечення розраховуємо за формулою:

$$B_{прог} = \sum_{i=1}^k C_{инрг} \cdot C_{прог.i} \cdot K_i, \quad (4.10)$$

де $C_{инрг}$ – ціна придбання одиниці програмного засобу даного виду, грн;

$C_{прог.i}$ – кількість одиниць програмного забезпечення відповідного найменування, які придбані для проведення досліджень, шт.;

K_i – коефіцієнт, що враховує інсталяцію, налагодження програмного засобу тощо, ($K_i = 1, 10 \dots 1, 12$);

k – кількість найменувань програмних засобів.

$$B_{прог} = 4860,00 \cdot 1 \cdot 1,05 = 5103,00 \text{ грн.}$$

Отримані результати зведемо до таблиці:

Таблиця 4.8 – Витрати на придбання програмних засобів по кожному виду

Найменування програмного засобу	Кількість, шт	Ціна за одиницю, грн	Вартість, грн
ГІА Portal для розробки підсистеми автоматизації енергоживлення розумного житла	1	4860,00	5103,00
Прикладний пакет MathLab 2019 Pro	1	6999,00	7348,95
Середовище розробки SiAVR	1	3290,00	3454,50
Всього			15906,45

4.3.7 Амортизація обладнання, програмних засобів та приміщень

В спрощеному вигляді амортизаційні відрахування по кожному виду обладнання, приміщень та програмному забезпеченню тощо, розраховуємо з використанням прямолінійного методу амортизації за формулою:

$$A_{обл} = \frac{Ц_{б}}{T_{е}} \cdot \frac{t_{вик}}{12}, \quad (4.11)$$

де $Ц_{б}$ – балансова вартість обладнання, програмних засобів, приміщень тощо, які використовувались для проведення досліджень, грн;

$t_{вик}$ – термін використання обладнання, програмних засобів, приміщень під час досліджень, місяців;

$T_{е}$ – строк корисного використання обладнання, програмних засобів, приміщень тощо, років.

$$A_{обл} = (42999,00 \cdot 2) / (2 \cdot 12) = 3583,25 \text{ грн.}$$

Проведені розрахунки зведемо до таблиці.

Таблиця 4.9 – Амортизаційні відрахування по кожному виду обладнання

Найменування обладнання	Балансова вартість, грн	Строк корисного використання, років	Термін використання обладнання, місяців	Амортизаційні відрахування, грн
Електронний комплекс аналітичної системи	42999,00	2	2	3583,25
Персональний комп'ютер	21350,00	2	2	1779,17
Спеціалізоване робоче місце розробника автоматизованої системи	9120,00	5	2	304,00
Пристрій виводу текстової інформації	6999,00	4	2	291,63
Оргтехніка	8540,00	5	2	284,67
Приміщення лабораторії досліджень	389500,00	25	2	2596,67
ОС Windows 11	5980,00	2	2	498,33
Прикладний пакет Microsoft Office 2019	5490,00	2	2	457,50
Всього				9795,21

4.3.8 Паливо та енергія для науково-виробничих цілей

Витрати на силову електроенергію (B_e) розраховуємо за формулою:

$$B_e = \sum_{i=1}^n \frac{W_{yi} \cdot t_i \cdot C_e \cdot K_{eni}}{\eta_i}, \quad (4.12)$$

де W_{yi} – встановлена потужність обладнання на визначеному етапі розробки, кВт;

t_i – тривалість роботи обладнання на етапі дослідження, год;

C_e – вартість 1 кВт-години електроенергії, грн; прийmemo $C_e = 7,50$ грн;

K_{eni} – коефіцієнт, що враховує використання потужності, $K_{eni} < 1$;

η_i – коефіцієнт корисної дії обладнання, $\eta_i < 1$.

$$B_e = 0,32 \cdot 210,0 \cdot 7,50 \cdot 0,95 / 0,97 = 504,00 \text{ грн.}$$

Проведені розрахунки зведемо до таблиці.

Таблиця 4.10 – Витрати на електроенергію

Найменування обладнання	Встановлена потужність, кВт	Тривалість роботи, год	Сума, грн
Електронний комплекс аналітичної системи	0,32	210,0	504,00
Персональний комп'ютер	0,20	210,0	315,00
Спеціалізоване робоче місце розробника автоматизованої системи	0,90	210,0	1417,50
Пристрій виводу текстової інформації	0,16	2,0	2,40
Оргтехніка	0,45	1,4	4,56
Сервер на базі DELL OPTIPLEX 7010 MFF / I5-13500T (N007O7010MFF)	0,25	50,0	93,75
Логічний контролер (ПЛК)	0,10	50,0	37,50
Електронний центр	0,15	50,0	56,25
Пристрій безперебійного живлення APC BX1600MI-GR	0,10	25,0	18,75
Блок управління системи відстеження положення сонця	0,07	50,0	26,25
Всього			2475,96

4.3.9 Службові відрядження

Витрати за статтею «Службові відрядження» розраховуємо як 20...25% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою:

$$B_{cb} = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{cb}}{100\%}, \quad (4.13)$$

де H_{cb} – норма нарахування за статтею «Службові відрядження», приймемо $H_{cb} = 20\%$.

$$B_{cb} = (59380,00 + 3561,98) \cdot 20 / 100\% = 12588,40 \text{ грн.}$$

4.3.10 Витрати на роботи, які виконують сторонні підприємства, установи і організації

Витрати розраховуємо як 30...45% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою:

$$B_{cn} = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{cn}}{100\%}, \quad (4.14)$$

де H_{cn} – норма нарахування за статтею «Витрати на роботи, які виконують сторонні підприємства, установи і організації», прийmemo $H_{cn} = 32\%$.

$$B_{cn} = (59380,00 + 3561,98) \cdot 32 / 100\% = 20141,43 \text{ грн.}$$

4.3.11 Інші витрати

Витрати за статтею «Інші витрати» розраховуємо як 50...100% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою:

$$I_g = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{ig}}{100\%}, \quad (4.15)$$

де H_{ig} – норма нарахування за статтею «Інші витрати», прийmemo $H_{ig} = 50\%$.

$$I_g = (59380,00 + 3561,98) \cdot 50 / 100\% = 31470,99 \text{ грн.}$$

4.3.12 Накладні (загальновиробничі) витрати

Витрати за статтею «Накладні (загальновиробничі) витрати» розраховуємо як 100...150% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою:

$$B_{нзв} = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{нзв}}{100\%}, \quad (4.16)$$

де $H_{нзв}$ – норма нарахування за статтею «Накладні (загальновиробничі) витрати», прийmemo $H_{нзв} = 100\%$.

$$B_{нзв} = (59380,00 + 3561,98) \cdot 100 / 100\% = 62941,98 \text{ грн.}$$

Витрати на проведення науково-дослідної роботи на тему «Розробка і дослідження системи автоматизації живлення «Розумного житла» на

сонячних панелях» розраховуємо як суму всіх попередніх статей витрат за формулою:

$$B_{заг} = Z_o + Z_p + Z_{доо} + Z_n + M + K_v + B_{спец} + B_{прз} + A_{обл} + B_e + B_{св} + B_{сп} + I_v + B_{нзв}. \quad (4.17)$$

$$B_{заг} = 59380,00 + 3561,98 + 6294,20 + 15231,96 + 8191,85 + 32103,04 + 75085,97 + 15906,45 + 9795,21 + 2475,96 + 12588,40 + 20141,43 + 31470,99 + 62941,98 = 355169,42 \text{ грн.}$$

Загальні витрати ZB на завершення науково-дослідної (науково-технічної) роботи та оформлення її результатів розраховується за формулою:

$$ZB = \frac{B_{заг}}{\eta}, \quad (4.18)$$

де η - коефіцієнт, який характеризує етап (стадію) виконання науково-дослідної роботи, прийmemo $\eta=0,9$.

$$ZB = 355169,42 / 0,9 = 394632,69 \text{ грн.}$$

4.4 Розрахунок економічної ефективності науково-технічної розробки при її можливій комерціалізації потенційним інвестором

Результати дослідження проведені за темою «Розробка і дослідження системи автоматизації живлення «Розумного житла» на сонячних панелях» передбачають комерціалізацію протягом 4-х років реалізації на ринку.

В цьому випадку майбутній економічний ефект буде формуватися на основі таких даних:

ΔN – збільшення кількості споживачів пристрою, у періоди часу, що аналізуються, від покращення його певних характеристик;

Показник	1-й рік	2-й рік	3-й рік	4-й рік
Збільшення кількості споживачів, осіб	600	800	950	700

N – кількість споживачів які використовували аналогічний пристрій у році до впровадження результатів нової науково-технічної розробки, прийmemo 6000 осіб;

C_o – вартість пристрою у році до впровадження результатів розробки, прийmemo 35000,00 грн;

$\pm\Delta C_o$ – зміна вартості пристрою від впровадження результатів науково-технічної розробки, прийmemo 4355,00 грн.

Можливе збільшення чистого прибутку у потенційного інвестора $\Delta\Pi_i$ для кожного із 4-х років, протягом яких очікується отримання позитивних результатів від можливого впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки, розраховуємо за формулою[50]:

$$\Delta\Pi_i = (\pm\Delta C_o \cdot N + C_o \cdot \Delta N)_i \cdot \lambda \cdot \rho \cdot \left(1 - \frac{\mathcal{G}}{100}\right), \quad (4.19)$$

де λ – коефіцієнт, який враховує сплату потенційним інвестором податку на додану вартість. У 2023 році ставка податку на додану вартість складає 20%, а коефіцієнт $\lambda = 0,8333$;

ρ – коефіцієнт, який враховує рентабельність інноваційного продукту).
Прийmemo $\rho = 35\%$;

\mathcal{G} – ставка податку на прибуток, який має сплачувати потенційний інвестор, у 2023 році $\mathcal{G} = 18\%$;

Збільшення чистого прибутку 1-го року:

$$\Delta\Pi_1 = (4355,00 \cdot 6000,00 + 39355,00 \cdot 600) \cdot 0,83 \cdot 0,35 \cdot (1 - 0,18/100\%) = 11849280,03$$

грн.

Збільшення чистого прибутку 2-го року:

$$\Delta\Pi_2 = (4355,00 \cdot 6000,00 + 39355,00 \cdot 1400) \cdot 0,83 \cdot 0,35 \cdot (1 - 0,18/100\%) = 19349083,67$$

грн.

Збільшення чистого прибутку 3-го року:

$$\Delta\Pi_3 = (4355,00 \cdot 6000,00 + 39355,00 \cdot 2350) \cdot 0,83 \cdot 0,35 \cdot (1 - 0,18/100\%) = 28255100,49$$

грн.

Збільшення чистого прибутку 4-го року:

$$\Delta\Pi_4 = (4355,00 \cdot 6000,00 + 39355,00 \cdot 3050) \cdot 0,83 \cdot 0,35 \cdot (1 - 0,18/100\%) = 34817428,68$$

грн.

Приведена вартість збільшення всіх чистих прибутків $ПП$, що їх може отримати потенційний інвестор від можливого впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки:

$$ПП = \sum_{i=1}^T \frac{\Delta\Pi_i}{(1 + \tau)^t}, \quad (4.20)$$

де $\Delta\Pi_i$ – збільшення чистого прибутку у кожному з років, протягом яких виявляються результати впровадження науково-технічної розробки, грн;

T – період часу, протягом якого очікується отримання позитивних результатів від впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки, роки;

τ – ставка дисконтування, за яку можна взяти щорічний прогнозований рівень інфляції в країні, $\tau = 0,35$;

t – період часу (в роках) від моменту початку впровадження науково-технічної розробки до моменту отримання потенційним інвестором додаткових чистих прибутків у цьому році.

$$\begin{aligned} ПП &= 11849280,03/(1+0,35)^1 + 19349083,67/(1+0,35)^2 + 28255100,49/(1+0,35)^3 + \\ &+ 34817428,68/(1+0,35)^4 = 8777244,47 + 10616781,16 + 11484062,59 + 10482421,55 = \\ &= 41360509,76 \text{ грн.} \end{aligned}$$

Величина початкових інвестицій PV , які потенційний інвестор має вкласти для впровадження і комерціалізації науково-технічної розробки:

$$PV = k_{инв} \cdot 3B, \quad (4.21)$$

де $k_{инв}$ – коефіцієнт, що враховує витрати інвестора на впровадження науково-технічної розробки та її комерціалізацію, приймаємо $k_{инв}=2$;

$ЗВ$ – загальні витрати на проведення науково-технічної розробки та оформлення її результатів, приймаємо 394632,69 грн.

$$PV = k_{инв} \cdot ЗВ = 2 \cdot 394632,69 = 789265,37 \text{ грн.}$$

Абсолютний економічний ефект $E_{абс}$ для потенційного інвестора від можливого впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки становитиме:

$$E_{абс} = ПП - PV \quad (4.22)$$

де $ПП$ – приведена вартість зростання всіх чистих прибутків від можливого впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки, 41360509,76 грн;

PV – теперішня вартість початкових інвестицій, 789265,37 грн.

$$E_{абс} = ПП - PV = 41360509,76 - 789265,37 = 40571244,39 \text{ грн.}$$

Внутрішня економічна дохідність інвестицій $E_е$, які можуть бути вкладені потенційним інвестором у впровадження та комерціалізацію науково-технічної розробки:

$$E_е = T_{жс} \sqrt{1 + \frac{E_{абс}}{PV}} - 1, \quad (4.23)$$

де $E_{абс}$ – абсолютний економічний ефект вкладених інвестицій, 40571244,39 грн;

PV – теперішня вартість початкових інвестицій, 789265,37 грн;

$T_{жс}$ – життєвий цикл науково-технічної розробки, тобто час від початку її розробки до закінчення отримання позитивних результатів від її впровадження, 4 роки.

$$E_g = \sqrt[4]{1 + \frac{E_{abc}}{PV}} - 1 = (1 + 40571244,39/789265,37)^{1/4} = 1,69.$$

Мінімальна внутрішня економічна дохідність вкладених інвестицій

τ_{\min} :

$$\tau_{\min} = d + f, \quad (4.24)$$

де d – середньозважена ставка за депозитними операціями в комерційних банках; в 2022 році в Україні $d = 0,11$;

f – показник, що характеризує ризикованість вкладення інвестицій, прийємо 0,33.

$\tau_{\min} = 0,11 + 0,33 = 0,44 < 1,69$ свідчить про те, що внутрішня економічна дохідність інвестицій E_g , вища мінімальної внутрішньої дохідності. Тобто інвестувати в науково-дослідну роботу за темою «Розробка і дослідження системи автоматизації живлення «Розумного житла» на сонячних панелях» доцільно.

Період окупності інвестицій $T_{ок}$ які можуть бути вкладені потенційним інвестором у впровадження та комерціалізацію науково-технічної розробки:

$$T_{ок} = \frac{1}{E_g}, \quad (4.25)$$

де E_g – внутрішня економічна дохідність вкладених інвестицій.

$$T_{ок} = 1 / 1,69 = 0,59 \text{ р.}$$

$T_{ок} < 3$ -х років, що свідчить про комерційну привабливість науково-технічної розробки і може спонукати потенційного інвестора профінансувати впровадження даної розробки та виведення її на ринок.

4.5 Висновки до розділу

Згідно проведених досліджень рівень комерційного потенціалу розробки за темою «Розробка і дослідження системи автоматизації живлення «Розумного житла» на сонячних панелях» становить 40,0 бала, що, свідчить

про комерційну важливість проведення даних досліджень (рівень комерційного потенціалу розробки вище середнього).

При оцінюванні за технічними параметрами, згідно узагальненого коефіцієнту якості розробки, науково-технічна розробка переважає існуючі аналоги приблизно в 1,55 рази.

Також термін окупності становить 0,59 р., що менше 3-х років, що свідчить про комерційну привабливість науково-технічної розробки і може спонукати потенційного інвестора профінансувати впровадження даної розробки та виведення її на ринок.

Отже можна зробити висновок про доцільність проведення науково-дослідної роботи за темою «Розробка і дослідження системи автоматизації живлення «Розумного житла» на сонячних панелях».

ВИСНОВКИ

В даній магістерській кваліфікаційній роботі вирішена задача підвищення ефективності функціонування приміщення «Розумний будинок» шляхом вибору його оптимальної структури і розробки недорогої підсистеми автоматизованого управління енергоживленням від сонячних батарей.

У Вступі до роботи показано актуальність проблеми розробки недорогих підсистем автоматизації окремих функцій «Розумного будинку», сформульовані мета і задачі магістерської дипломної роботи.

В першому розділі роботи проведено аналіз об'єкта автоматизації у вигляді сучасного житла «Розумний будинок», розглянуто структуру системи автоматизації будинку у складі підсистем управління його функціональними частинами, які забезпечують комфортність проживання в розумному житлі. Проаналізовано переваги і недоліки різних видів альтернативних джерел енергоживлення розумного житла, на основі проведеного аналізу було зроблено висновок про ефективність застосування сонячної енергії за допомогою сонячних панелей. Запропонована структура системи автоматизації живлення від сонячних батарей на основі контролерів і крокового двигуна.

У другому розділі роботи обґрунтовано вибір обладнання для автоматизації управління «Розумним будинком». Розроблено структурну схему підсистеми автоматизації живлення житла від сонячних панелей.

В третьому розділі роботи обґрунтовано вибір програмного середовища TIA Portal для розробки підсистеми автоматизації енергоживлення розумного житла і середовища Atmel Studio 6.0. Розроблені програмне забезпечення мовами LAD і Cі AVR, проведено тестування на адекватність його роботи.

В четвертому розділі проведено економічний аналіз доцільності проведеної розробки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Хороший будинок - Розумний дім [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://olympica.com.ua/178536-horoshijj-budinok-rozumnijj-dim.html>
2. Що таке розумний будинок? Все що потрібно знати про систему Розумний Дім [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://bron.ua/article/schotake-rozumnij-budinok-vse-scho-potrбно-znati-pro-sistemu-rozumnij-dm/5/>.
3. Моніт Я.В. Система «Розумний будинок» з відкритим програмним забезпеченням/ Я.В.Моніт // XIX науково-технічна конференція студентів та молодих учених «Гіротехнології, навігація, керування рухом та конструювання авіаційно-космічної техніки», 15-16 лютого 2016 р. – К.: «Політехніка», 2016. – С. 43-44.
4. 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-forcedinto-botnet-slavery/>
5. Granzer W. P. Security in Building Automation Systems / Wolfgang Praus Granzer. Munich: Appress, 2018. – 578 с.
6. Системи автоматизації для дому та квартири [Електронний ресурс]. – <https://alterair.ua/avtomatizaciya/dlya-doma-i-kvartiry-pod-klyuch/>
7. An Overview of Home Automation Systems [Електронний ресурс]. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7791223/>.
8. Дужак І.О. «Розумний будинок» / І.О. Дужак // Автоматизація технологічних і бізнес-процесів. – 2013. – № 13,14. – С.31 – 33.
9. Терєпа О.О. Концепція енергозбереження на базі системи «розумного» будинку / О.О. Терєпа, О.В. Бабнеко // Тези доповідей науково-технічної конференції підрозділів Вінницького національного технічного

університету (НТКП ВНТУ), м. Вінниця, Вінницький національний технічний університет, 13-15 березня 2019 р. – С. 2900-2901.– Режим доступу: https://conferences.vntu.edu.ua/public/files/1/feem_2019_netpub.pdf

10. Автономне живлення розумного будинку. – Режим доступу: <https://solar.kiev.ua/ua/blog/smart-house/power-supplysmart-house>

11. Розумне освітлення [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://milight.com.ua/ua/umnoe-osveshchenie>.

12. Patrascu M. Integrating Services and Agents for Control and Monitoring: Managing Emergencies in Smart Buildings. Service Orientation in Holonic and MultiAgent Manufacturing and Robotics. / Patrascu., 2014. – 544 с.

13. Advantages and disadvantages of the different types of controllers. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.atp.ruhr-uni-bochum.de/rt1/syscontrol/node63.html/>

14. Архітектура персонального комп'ютера. Мікропроцесори. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://elearning.sumdu.edu.ua/free_content/lectured:1a259358378153792bb8645df287e86d790fc40d/20160903092057//44865/index.html

15. Биков М. М. Жуковська І. В. - Розробка автоматизованої системи управління житлом, Міжнародна науково-практична Інтернет-конференція МОЛОДЬ В ТЕХНІЧНИХ НАУКАХ: ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРОБЛЕМИ, ПЕРСПЕКТИВИ, Секція: Автоматика, електромеханіка і системи управління.

16. Биков М. М. Жуковська І. В. - Розробка автоматизованої системи управління житлом, XLVI Науково-технічна конференція факультету комп'ютерних систем і автоматики (2017), ВНТУ, Факультет комп'ютерних систем і автоматики.

17. Advantages and disadvantages of the different types of controllers. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.atp.ruhr-uni-bochum.de/rt1/syscontrol/node63.html>.

18. Siemens. Support. Documentation. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:

19. <https://support.industry.siemens.com/cs/document/78386738/automation-tasks-in-10-minutes-or-less-tia-portal?dti=0&lc=en-WW>.
20. Elkholly, M.H.; Metwally, H.; Farahat, M.A.; Nasser, M.; Senjyu, T.; Lotfy, M.E. Dynamic centralized control and intelligent load management system of a remote residential building with V2H technology. *J. Energy Storage* 2022, 52, 104839. [Google Scholar] [CrossRef]
21. Альтернативні джерела енергії [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://ecodevelop.ua/alternativni-dzherela-energiyi/>
22. Теоретичні основи нетрадиційної та відновлюваної енергетики. Ч. 1. Визначення вітроенергетичних ресурсів регіону : Навч. посібник. Єлістратов В.В, Кузнецов М.В. СПб. : Видав-во СПбГПУ, 2004. - 59с.
23. Ефективність сонячних електростанцій і їх термін служби - <https://1solar.com.ua/ua/stati/effektivnost-ses-i-ih-srok-sluzhby.html> .
24. Розводюк М.П. Розрахунок та проектування систем електротехнічної інженерії з використанням програми «Gravity Portal» / М.П. Розводюк, Т.В. Качай // Тези доповідей науково-технічної конференції підрозділів Вінницького національного технічного університету (НТКП ВНТУ), м. Вінниця, Вінницький національний технічний університет, 13-15 березня 2019 р. – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-feeem/all-feeem-2019/paper/view/6984>
25. Sunsay NRG ККД сонячних панелей - <https://sunsayenergy.com/technology/efektivnist-kkd-sonyachnih-batarey#:~:text=На%20даний%20момент%20ефективність%20сонячних,батар%20принесе%20в%20ваш%20будинок>
26. ЕкоЕнергія – 10 Найкращих Сонячних Батарей – Новітні Технології 2021 - <https://ecoenerhiia.ua/news/10-naykraschih-sonyachnih-batarey-novitnitechologii-2021-roku.html>
27. 26 SmartEco Сонячні Панелі: Покроковий алгоритм підключення - <https://smarteco.biz.ua/news/sonyachni-paneli-pokrokovuj-algorytmpidklyuchennya/>

28. Енергія про запас: як працюють системи безперебійного живлення для приватного будинку. – Режим доступу: <https://solarsystem.com.ua/blog/energiya-pro-zapas-yak-pratsyuyut-systemy-bezperebijnogo-zhyvlennya-dlya-pryvatnogo-budynku>
29. MOESONCE: Акумулятори [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://moesonce.com/static/akumulyatori.html>
30. Розрахунок геліосистеми з фотоелектричними перетворювачами [Текст]: метод. рек. до викон. розрахункової роботи для студ. спеціальності 144 «Теплоенергетика» / Уклад.: В.І. Шкляр, В.В. Дубровська, К.: НТУУ КПІ», 2015-52e <https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/28322/1/EEP-RR.pdf>
31. Electric-guide. Схема підключення сонячних панелей (Електронний ресурс) - Режим доступу: <https://electric-guide.com/connection-diagram-of-solar-panels.html>
32. Розрахунок ресурсів сонячної енергетики / В.І. Віссаріонов, Г.В. Дерюгіна, С.В. Кривенкова, В.А. Кузнєцова, Н.К. Малінін. - М.: Видавництво МЕІ, 1998 - 61 с.
33. Elkholy, M.H.; Metwally, H.; Farahat, M.A.; Nasser, M.; Senjyu, T.; Lotfy, M.E. Dynamic centralized control and intelligent load management system of a remote residential building with V2H technology. *J. Energy Storage* 2022, 52, 104839. [Google Scholar] [CrossRef]
34. Li, W.; Logenthiran, T.; Phan, V.-T.; Woo, W.L. A novel smart energy theft system (SETS) for IoT-based smart home. *IEEE Internet Things J.* 2019, 6, 5531–5539. [Google Scholar] [CrossRef]
35. Aliero, M.S.; Qureshi, K.N.; Pasha, M.F.; Jeon, G. Innovation. Smart home energy management systems in internet of things networks for green cities demands and services. *Environ. Technol. Innov.* 2021, 22, 101443. [Google Scholar] [CrossRef]
36. Šarga, P.; Cocul'a, J. Design and implementation of smart home model. *Технічні Науки та Технології* 2018, 3, 161–166. [Google Scholar]

37. Somefun, T.E.; Abdulkareem, A.; Awosope, C.O.; Akanji, O. Smart home comfort and energy conservation using internet of things. *Telecommun. Comput. Electron. Control* 2022, 20, 357–365. [Google Scholar] [CrossRef]
38. Abdalla, M.A.A.; Min, W.; Mohammed, O.A.A. Two-stage energy management strategy of EV and PV integrated smart home to minimize electricity cost and flatten power load profile. *Energies* 2020, 13, 6387. [Google Scholar] [CrossRef]
39. Hou, X.; Wang, J.; Huang, T.; Wang, T.; Wang, P. Smart home energy management optimization method considering energy storage and electric vehicle. *IEEE Access* 2019, 7, 144010–144020. [Google Scholar] [CrossRef]
40. Luo, F.; Kong, W.; Ranzi, G.; Dong, Z.Y. Optimal home energy management system with demand charge tariff and appliance operational dependencies. *IEEE Trans. Smart Grid* 2020, 11, 4–14. [Google Scholar] [CrossRef]
41. Zhou, B.; Li, W.; Chan, K.W.; Cao, Y.; Kuang, Y.; Liu, X.; Wang, X. Smart home energy management systems: Concept, configurations, and scheduling strategies. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2016, 61, 30–40. [Google Scholar] [CrossRef]
42. P.Manikandan, S.Karthick, S.Saravanan and T.Divya,” Role of Solar Powered Automatic Traffic Light Controller for Energy Conservation” *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, Vol.5, Issue 12, pp.989-992, 2018.
43. [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: (https://gosolar.com.ua/p1460332813-solnechnaya-panel-trina.html?source=merchant_center&gad_source=1&gclid=CjwKCAiA9ourBhAV EiwA3L5RFv70YAp0ssHsP4y9jkbCiyAQA vD_BwE).
44. POW-HVM2H-12V-N_POW-HVM3.2H-24V_User_Manual_d0a5a924-d3ee-428f-bb0b-9951cef97844 [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://breen.com.ua/ru/invertor-must-1kvt-12v-230v-vpm->

mppt/?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_term=&utm_content=x&google_ad=&utm_campaign

45. В. Коваль. Енергетична ефективність систем позиціонування плоских сонячних панелей / Р. Івасечко, К. Козак // Энергосбережения. – 2015. – випуск 134.

46. H.Mousazadeh. A review of principle and sun-tracking methods for maximizing solar systems output / A. Keyhani, A. Javadi, H. Mobli, K. Abrinia// Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2009. – pp.1800– 1806.

47. H.Mousazadeh. A review of principle and sun-tracking methods for maximizing solar systems output / A. Keyhani, A. Javadi, H. Mobli, K. Abrinia// Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2009. – pp.1800– 1806.

48. Z. Hafez. Comparative evaluation of optimal energy efficiency designs for solar tracking systems / H.Shazly, B.Eteiba // Proc. of the Third Intl. Conf. on Advances Science and Environmental Engineering – 2015 –

49. Solar tracker. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://cdselectronics.com/Kits/SolarTracker.htm>.

50. Tracing the Sun: Dual Axis Solar Tracker System. [Електронний ресурс] – режим доступу до ресурсу: <https://electronicsforu.com/electronicprojects/hardware-diy/dual-axis-solar-tracker-system/2>

51. Методичні вказівки до виконання економічної частини магістерських кваліфікаційних робіт / Уклад. : В. О. Козловський, О. Й. Лесько, В. В. Кавецький. – Вінниця : ВНТУ, 2021. – 42 с.

52. Кавецький В. В. Економічне обґрунтування інноваційних рішень: практикум / В. В. Кавецький, В. О. Козловський, І. В. Причепка – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 113 с.

ДОДАТКИ

Додаток А
(обов'язковий)

**ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ**

Назва роботи: « Розробка і дослідження системи автоматизації живлення «Розумного житла» на сонячних панелях»

Тип роботи: Магістерська кваліфікаційна робота
(БДР, МКР)

Підрозділ КСУ, ФІТА
(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Unicheck

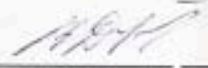
Оригінальність 82,7% Схожість 17,3%

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне)

Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.

Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її автора. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.

Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку  Володимир ДУБОВОЙ
(підпис) (прізвище, ініціали)

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unicheck щодо роботи.

Автор роботи  Назар РИБАЛКО
(підпис) (прізвище, ініціали)

Керівник роботи  Микола БИКОВ
(підпис) (прізвище, ініціали)

Додаток Б

ВНТУ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Т.в.о. зав. кафедри КСУ

д.т.н., проф. Марія ЮХИМЧУК

«6» листопада 2023 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на виконання магістерської кваліфікаційної роботи

“Розробка і дослідження системи автоматизації живлення «Розумного житла» на сонячних панелях”

08-33.МКР.013.00.000 ТЗ

Студент групи 2 АКІТ-22 мПідписНазар РИБАЛКОІм'я ПРІЗВИЩЕКерівник к.т.н., проф. каф. КСУПідписМикола БИКОВІм'я ПРІЗВИЩЕ

Вінниця 2023

1. Назва та галузь застосування
 - 1.1. Назва – Розробка і дослідження системи автоматизації живлення «Розумного житла» на сонячних панелях.
 - 1.2. Галузь застосування – Автоматизація та приладобудування.

2. Підстава для проведення розробки.
Тема магістерської кваліфікаційної роботи затверджена наказом по ВНТУ від “18” вересня 2023 року №247

3. Мета та призначення розробки.
Метою магістерської кваліфікаційної роботи є підвищення ефективності функціонування АСУЖ «Розумний дім» шляхом розробки системи автоматизованого регулювання мікроклімату системи управління житлом.

4. Джерела розробки.
Магістерська кваліфікаційна робота виконується вперше. В ході проведення розробки повинні використовуватись такі документи:
 1. Хороший будинок - Розумний дім [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://olympica.com.ua/178536-horoshijj-budinok-rozumnijj-dim.html>
 2. Дужак І.О. «Розумний будинок» / І.О. Дужак // Автоматизація технологічних і бізнес-процесів. – 2013. – № 13,14. – С.31 – 33.
 3. Методи розрахунку ресурсів поновлюваних джерел енергії», Навчальний посібник / А.А. Бурмістров , В.І. Віссаріонов, Г.В. Дерюгіна , В.А. Кузнєцова, Д.Н. Кунакін, Н.К. Малінін, Р.В. Пугачов / Под ред. В.І. Віссаріонова. - М.: Видавничий Дім МЕІ; 2007 р. - 144 с.
 4. Li, W.; Logenthiran, T.; Phan, V.-T.; Woo, W.L. A novel smart energy theft system (SETS) for IoT-based smart home. IEEE Internet Things J. 2019, 6, 5531–5539. [Google Scholar] [CrossRef]

5. Вимоги до розробки.
 - 5.1. Перелік головних функцій:
 - контроль напруги мережі в приміщенні;
 - перемикання на джерело безперебійного живлення;
 - управління оптимальною орієнтацією сонячних батарей.
 - 5.2. Основні технічні вимоги до розробки.
 - 5.2.1. Вимоги до програмної платформи:
 - WINDOWS 2007\10\11;
 - TIA Portal V15;
 - Simatic WinCC;
 - Atmel Studio 6.0.
 - 5.2.2. Умови експлуатації системи:

- робота на контролерах в приміщеннях зі стандартними умовами;
- можливість цілодобового функціонування системи;
- текст програмного забезпечення системи є цілком закритим.

6. Стадії та етапи розробки.

6.1 Пояснювальна записка:

- Розробка технічного завдання	« <u>28</u> »	09	2023 р.
- Аналіз і вибір обладнання	« <u>15</u> »	10	2023 р.
- Розробка структурної, функціональної і принципової схем системи	« <u>25</u> »	10	2023 р.
- Розробка алгоритму роботи системи	« <u>29</u> »	10	2023 р.
- Розробка програмного забезпечення системи	« <u>10</u> »	11	2023р.
- Тестування програмного забезпечення	« <u>20</u> »	11	2023р.
- Оформлення пояснювальної записки і графічного матеріалу	« <u>30</u> »	11	2023 р.

6.2 Графічні матеріали:

1. Розробка схем алгоритмів	« <u>26</u> »	11	2023 р.
2. Розробка плакатів демонстраційних	« <u>27</u> »	11	2023 р.
3. Розробка UML-діаграм системи	« <u>28</u> »	11	2023 р.

7. Порядок контролю і приймання.

- 7.1. Хід виконання роботи контролюється керівником роботи. Рубіжний контроль провести до « 11 » грудня» 2023 р.
- 7.2. Атестація проекту здійснюється на попередньому захисті. Попередній захист магістерської кваліфікаційної роботи провести до « 11 » грудня 2023 р.
- 7.3. Підсумкове рішення щодо оцінки якості виконання роботи приймається на засіданні ДЕК. Захист магістерської кваліфікаційної роботи провести до « 19 » грудня 2023 р.

Додаток В

Лістинг програми для мікроконтролера

```

#include <stdio.h>
#include <avr/io.h>

// Output PINs
#define OFF0 PORTB |= _BV(PINB0)
#define OFF1 PORTB |= _BV(PINB1)

#define ON0 PORTB &= ~_BV(PINB0)
#define ON1 PORTB &= ~_BV(PINB1)

void adc_init(void){
    ADCSRA = _BV(ADEN) | _BV(ADPS0) | _BV(ADPS1) | _BV(ADPS2);
}

uint16_t adc_read(uint8_t ch){
    // set channel (VREF = VCC)
    ADMUX = _BV(REFS0) | (ch & 0x1F);
    // clear hardware "conversion complete" flag
    ADCSRA &= ~_BV(ADIF);
    // start conversion
    ADCSRA |= _BV(ADSC);
    // wait until conversion complete
    while(ADCSRA & _BV(ADSC));
    // read ADC (full 10 bits);
    return ADC;
}

int main(void)
{
    uint16_t adc0, adc1;
    // Enable Output PINs
    DDRB |= _BV(PINB0) | _BV(PINB1);

    adc_init();
    adc_read(0);

    while(1){
        // ADC reading
        adc0 = adc_read(0);
        adc1 = adc_read(1);
        // Compare ADC results
        if (adc0 > (adc1+100)) {
            OFF1;
            ON0;
        }
        else {
            if (adc1 > (adc0+100)) {
                OFF0;
                ON1;
            }
            else {
                OFF0;
                OFF1;
            }
        }
    }
}

```


Додаток Г
(обов'язковий)

ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

РОЗРОБКА І ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ЖИВЛЕННЯ
«РОЗУМНОГО ЖИТЛА» НА СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЯХ

Студент групи

2 АКІТ-22м



Підпис

Назар РИБАЛКО

Ім'я ПРІЗВИЩЕ

Керівник к.т.н., доцент, проф. кафедри КСУ

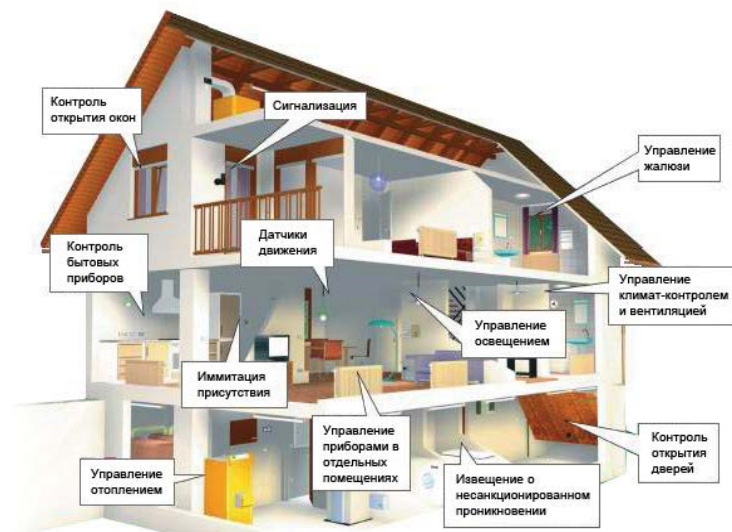


Підпис

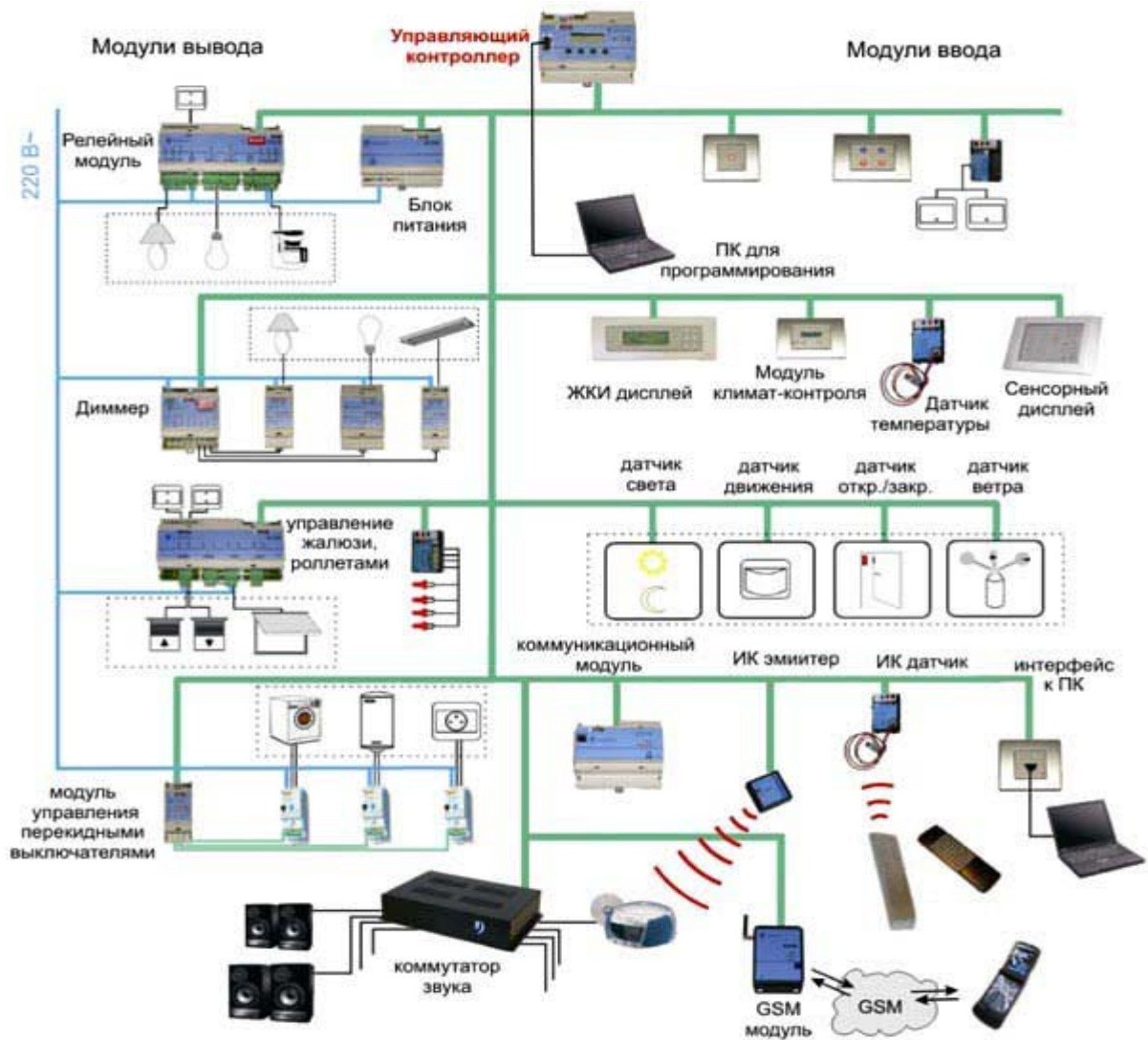
Микола БИКОВ

Ім'я ПРІЗВИЩЕ

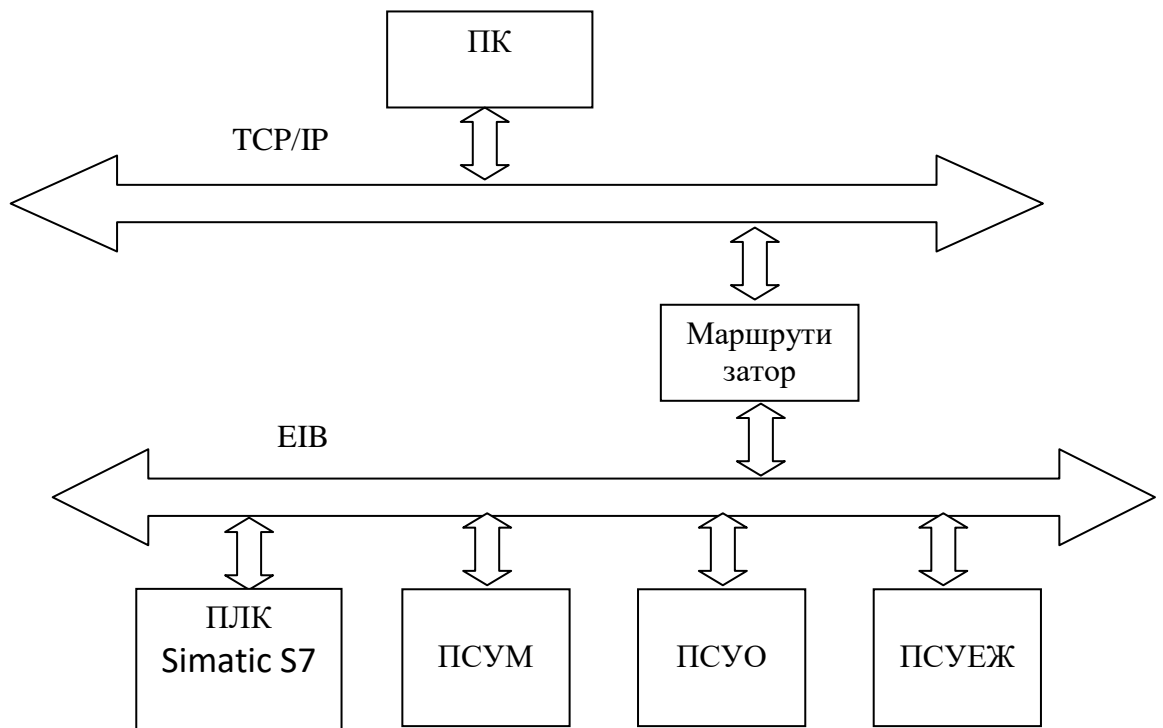
ПРИКЛАД РОЗТАШУВАННЯ СЕРВІСНОГО ОБЛАДНАННЯ В АСУЖ «Розумний будинок»



КОНЦЕПЦІЯ ІЄРАРХІЧНОЇ КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНОЇ АСУЖ ФІРМИ «ТЕХНОЛАЙН»

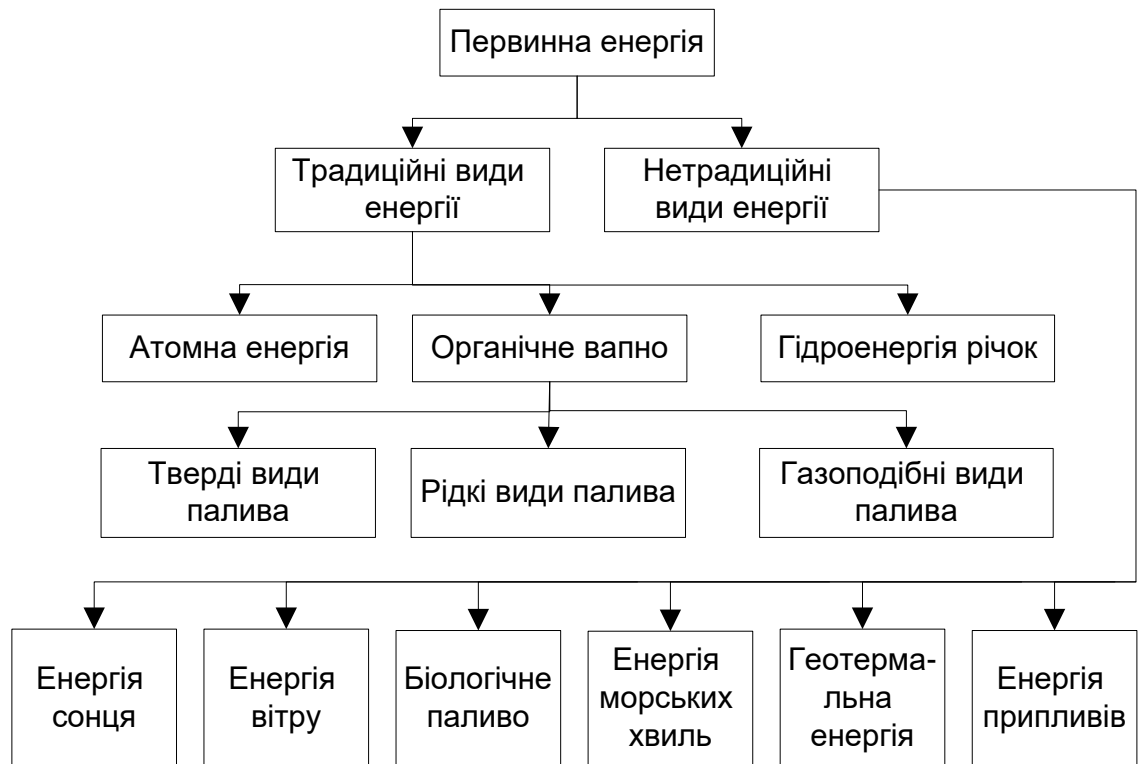


СТРУКТУРНА СХЕМА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЖИТЛОМ (АСУЖ)

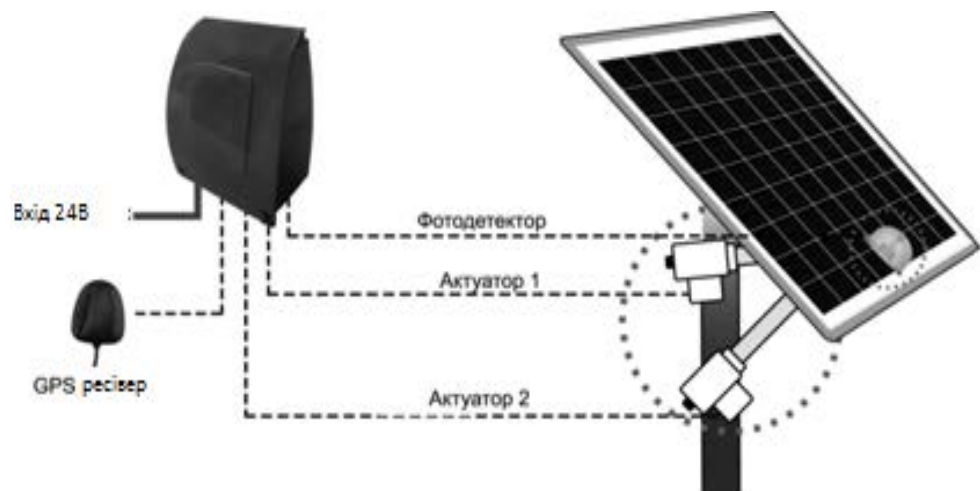


- ПК – персональний комп'ютер;
- ПЛК - програмований логічний контролер Simatic S7 для керування обладнанням на рівні автоматизації;
- ПСУМ – підсистема управління мікрокліматом;
- ПСУО – підсистема управління охороною;
- ПСУЕЖ – підсистема управління побутовими пристроями.

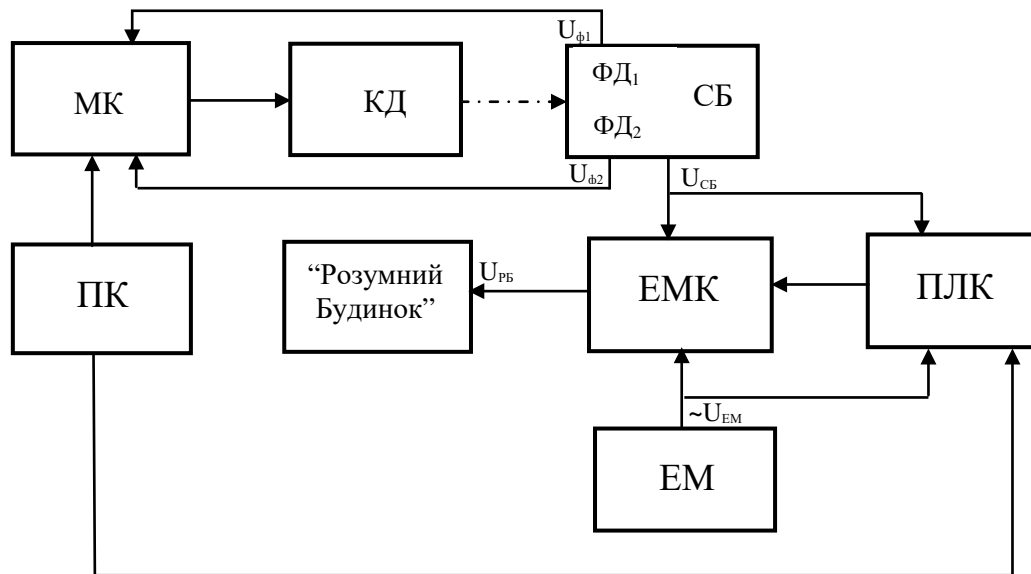
КЛАСИФІКАЦІЯ СУЧАСНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ



ПРИКЛАД ТРЕКЕРА ДВОВІСНОЇ СИСТЕМИ ПОЗИЦІОНУВАННЯ СОНЯЧНОЇ БАТАРЕЇ НА СОНЦЕ



РОЗРОБЛЕНА СТРУКТУРНА СХЕМА ПІДСИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОЖИВЛЕННЯМ ЖИТЛА



- ПК – персональний комп’ютер як засіб керування і програмування роботи усього обладнання АСУЖ;
- мікроконтролер МК для управління кроковим двигуном платформи орієнтації сонячних панелей на Сонце;
- кроковий двигун КД для обертання платформи з метою орієнтації сонячної батареї на Сонце;
- СБ – сонячна батарея, утворена об’єднанням сонячних панелей;
- ФД₁ і ФД₂ – фотодатчики, розташовані на верхній і нижній частині сонячної батареї відповідно зі струмами $U_{\phi 1}$ і $U_{\phi 2}$ для індикації поточного значення фотоструму на цих сторонах;
- ЕМ – загальна електромережа;
- ЕМК- електромагнітний контактор для перемикання енергоживлення з електромережі на
- ПЛК – програмований логічний контролер, однією з функцій якого є перемикання енергоживлення з електромережі на сонячні батареї чи навпаки.

ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ЕНЕРГОЖИВЛЕННЯ



Програмований логічний контролер Simatic S7-1200

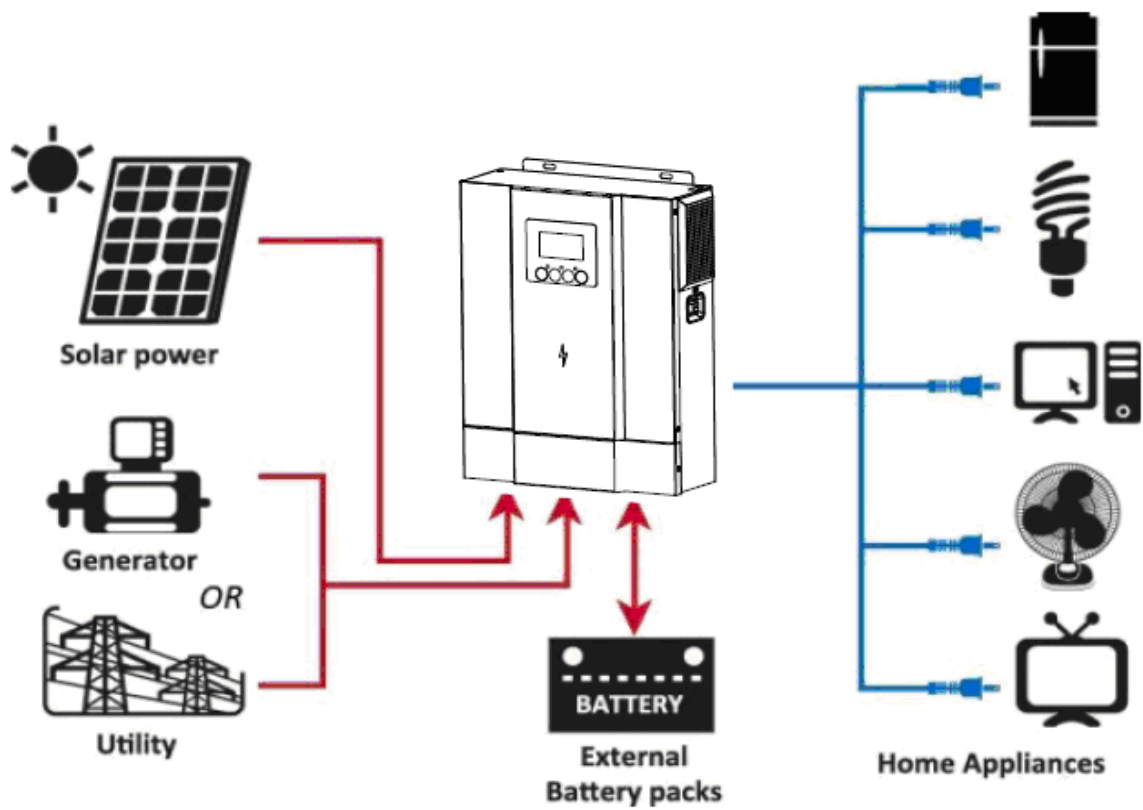


Соняна панель фірми Trina Solar TSM-DE19 540M

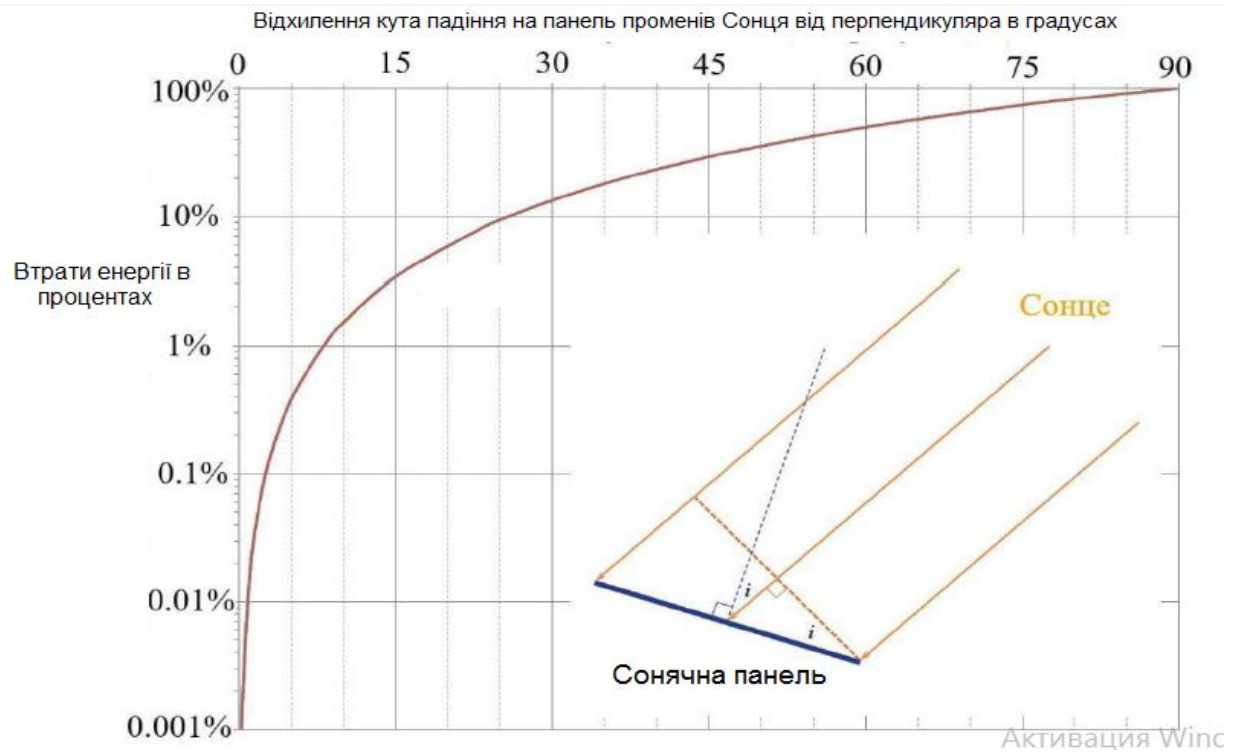


Інвертор MUST PV18-1012 VPM

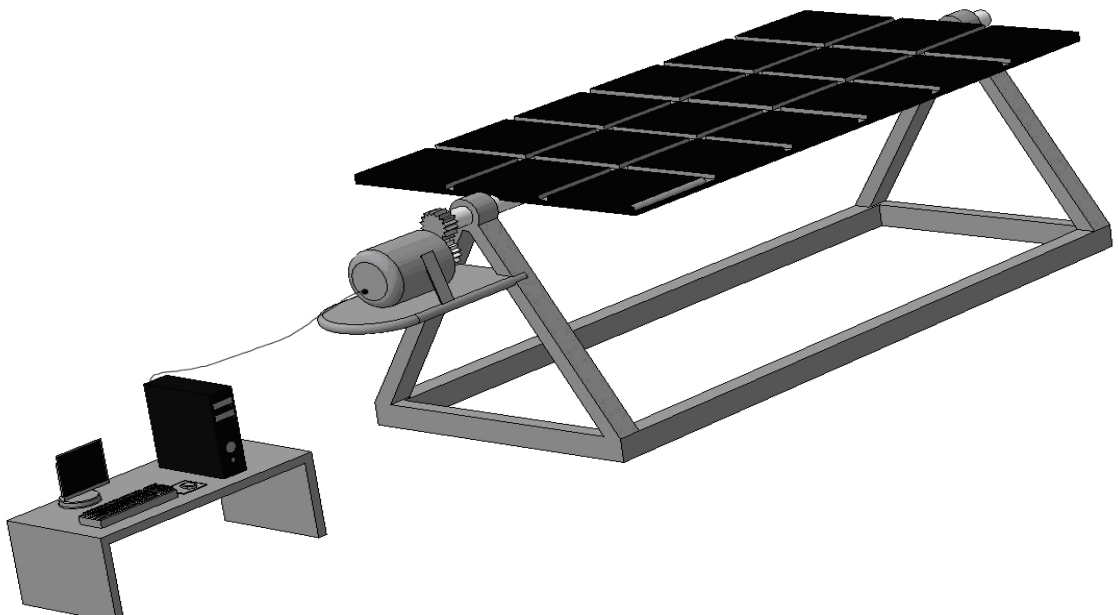
ГІБРИДНА СИСТЕМИ ЕНЕРГОЖИВЛЕННЯ РОЗУМНОГО ЖИТЛА НА БІЗІ ІНВЕРТОРА MUST 1000W PV18-1012VPM



ГРАФІК ВТРАТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ВІДХИЛЕННЯ КУТА ПАДІННЯ



**3D МОДЕЛЬ ПІДСИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО
УПРАВЛІННЯ СОНЯЧНИМИ ПАНЕЛЯМИ**



СХЕМИ ЕЛЕКТРИЧНІ ПІДСИСТЕМИ ПОЗИЦІОНУВАННЯ СОНЯЧНОЇ БАТАРЕЇ НА СОНЦЕ

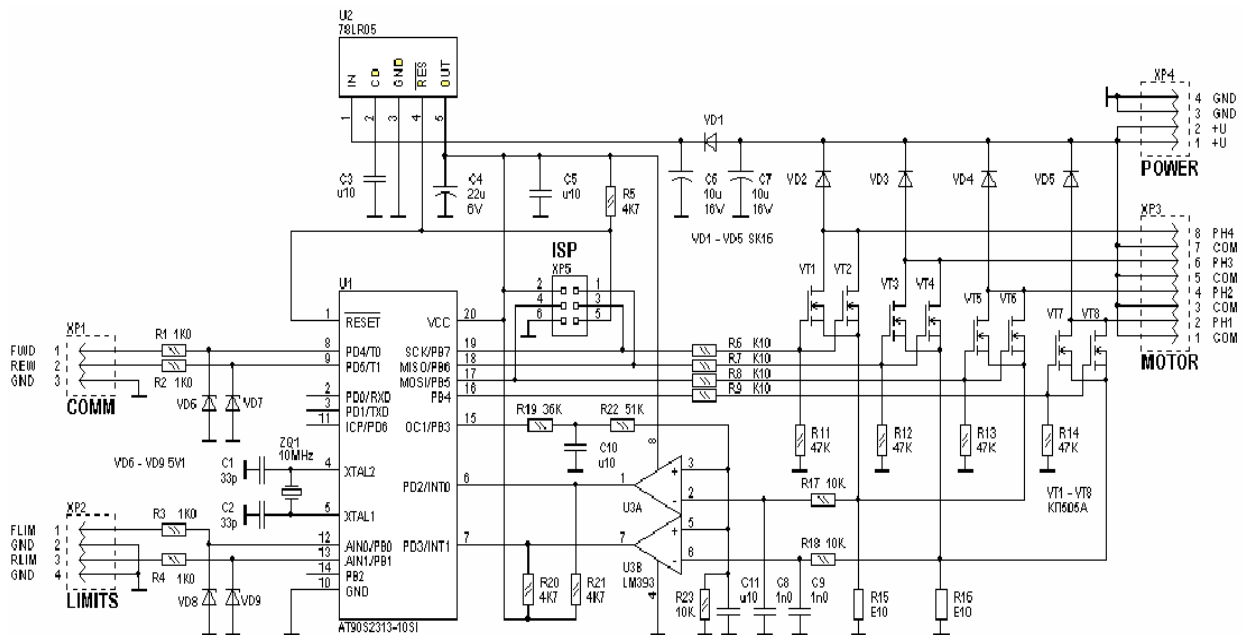
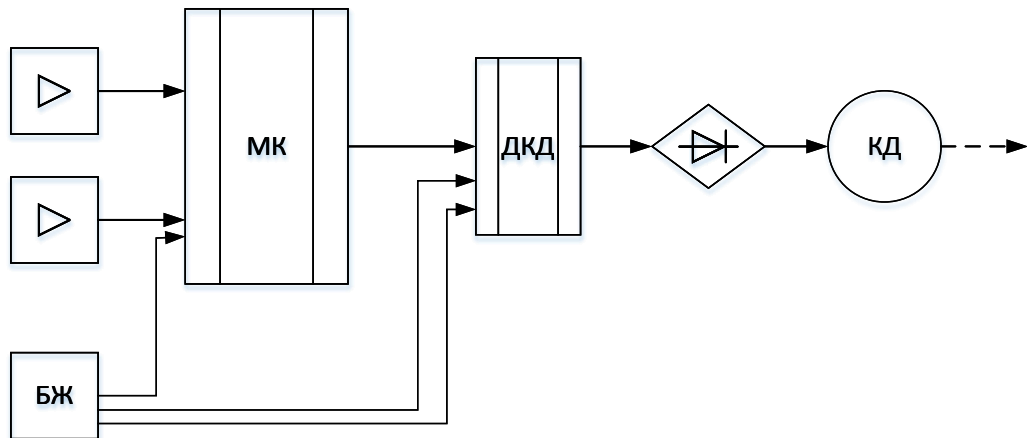
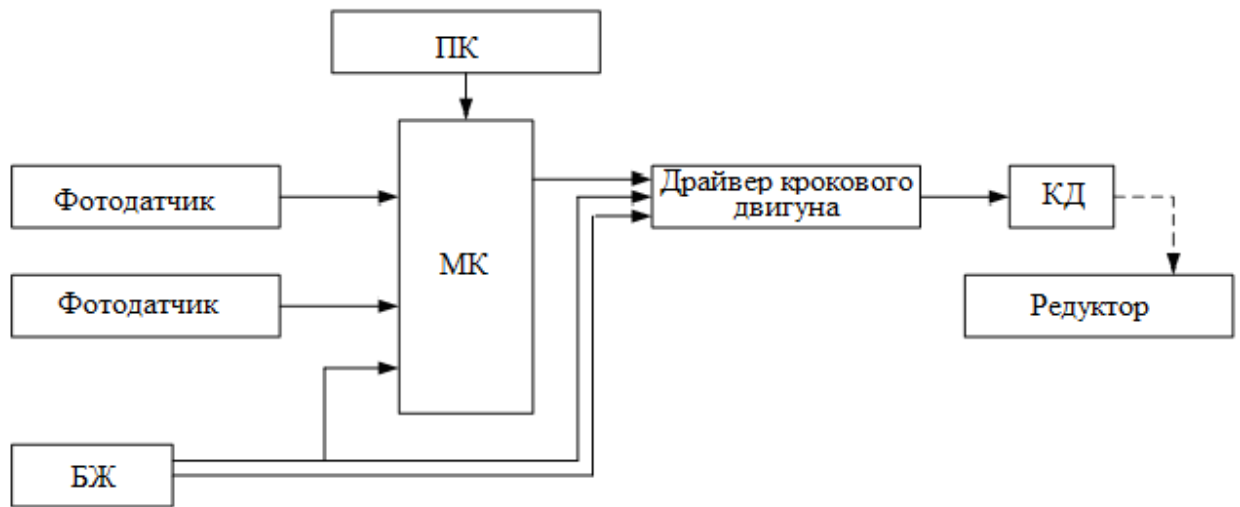


СХЕМА АЛГОРИТМУ КЕРУВАННЯ ЕНЕРГОЖИВЛЕННЯМ РОЗУМНОГО БУДИНКУ

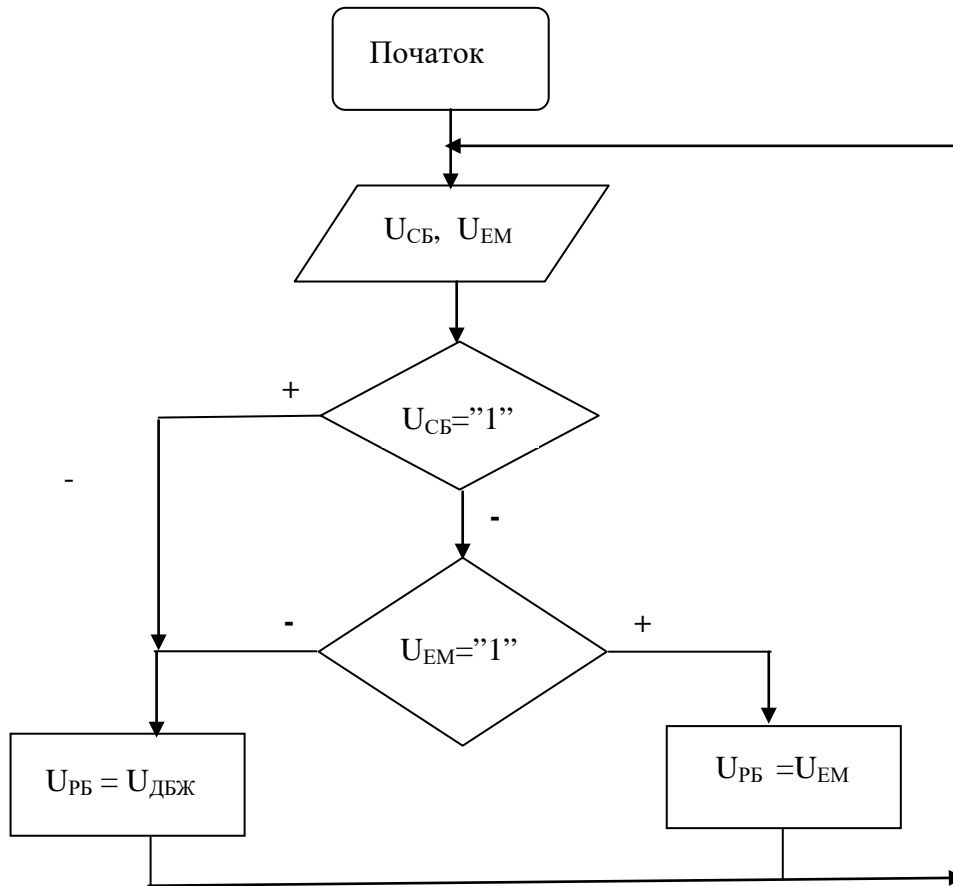
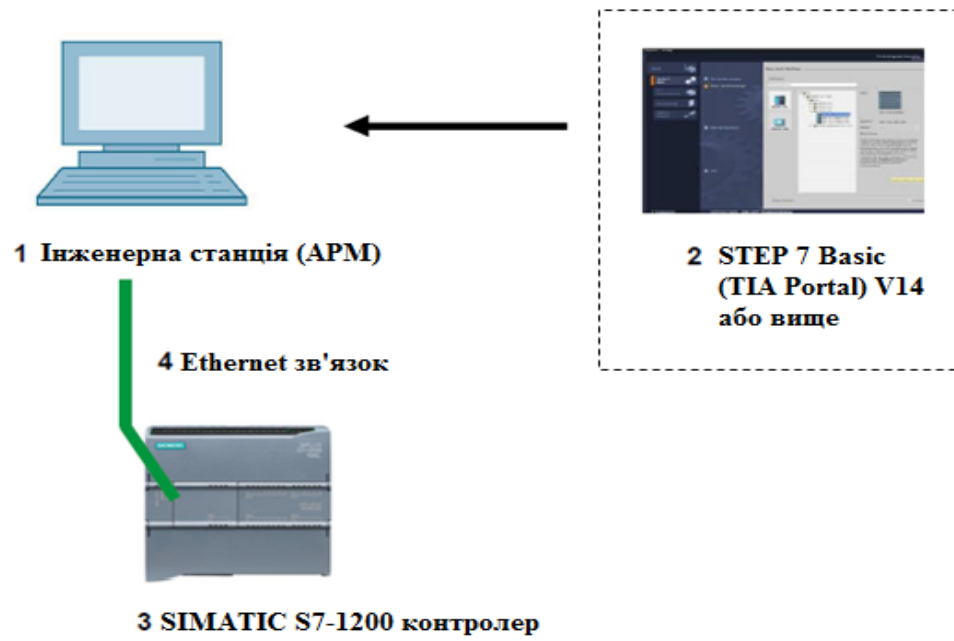
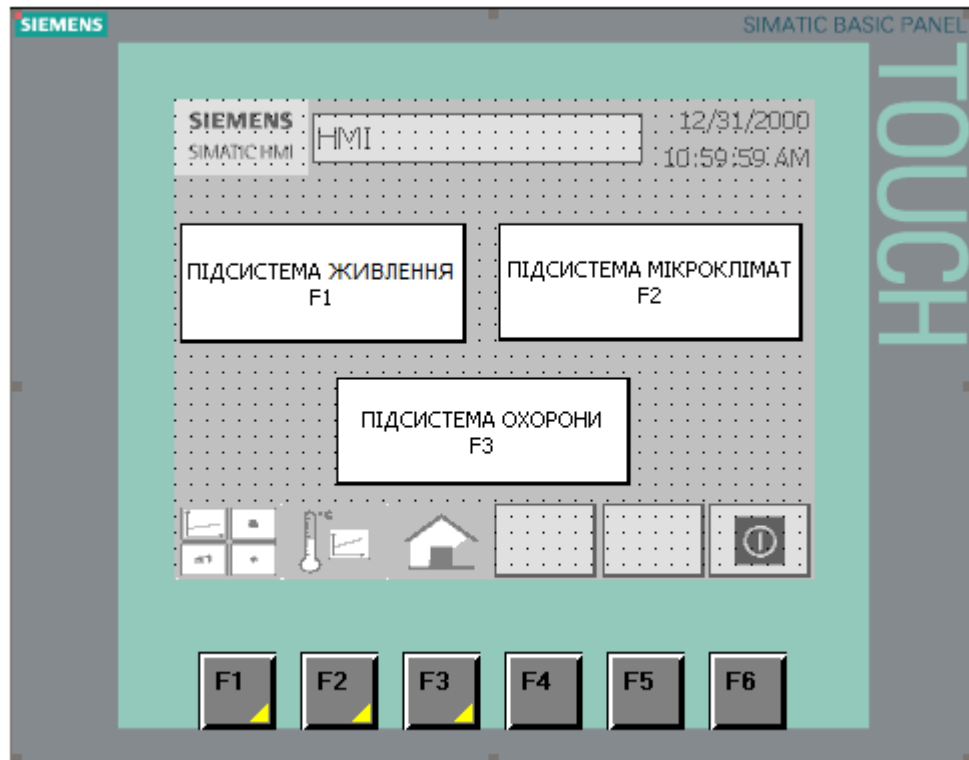


СХЕМА АПАРАТНИХ І ПРОГРАМНИХ РЕСУРСІВ ДЛЯ РОЗРОБКИ ПРОЕКТІВ В СЕРЕДОВИЩІ TIA PORTAL

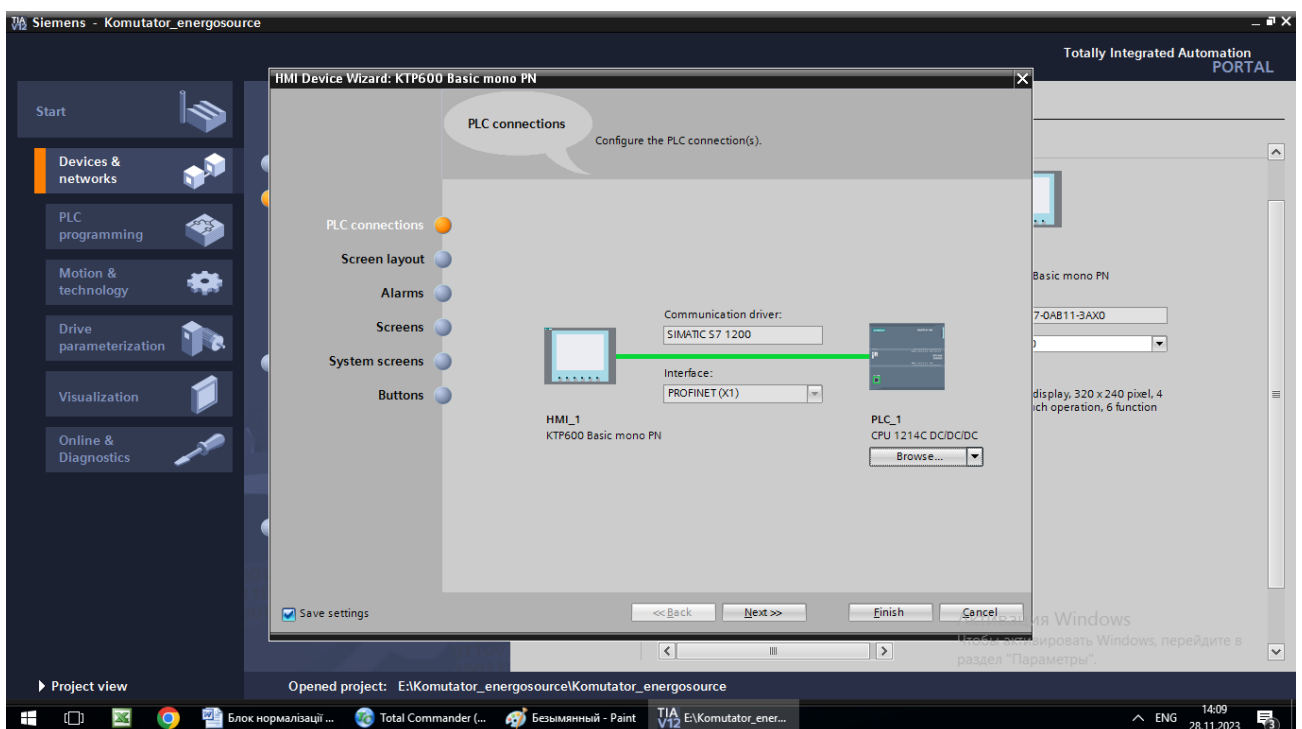


ІНТЕРФЕЙСИ СЕРЕДОВИЩА TIA PORTAL

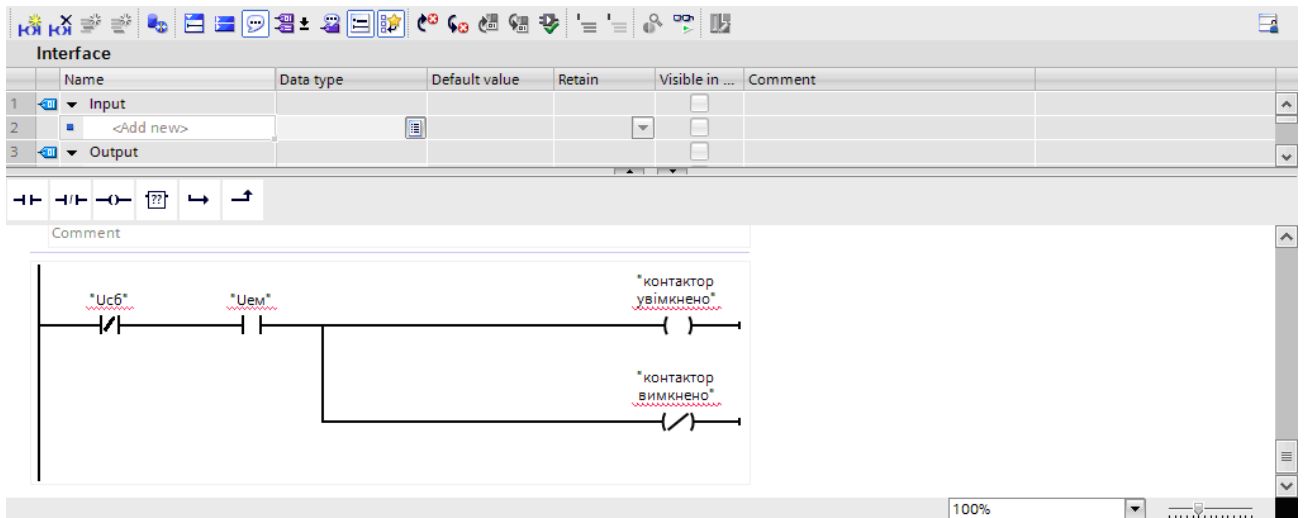
ЕКРАН НМІ ІНТЕРФЕЙСУ З ЗАГАЛЬНИМ МЕНЮ



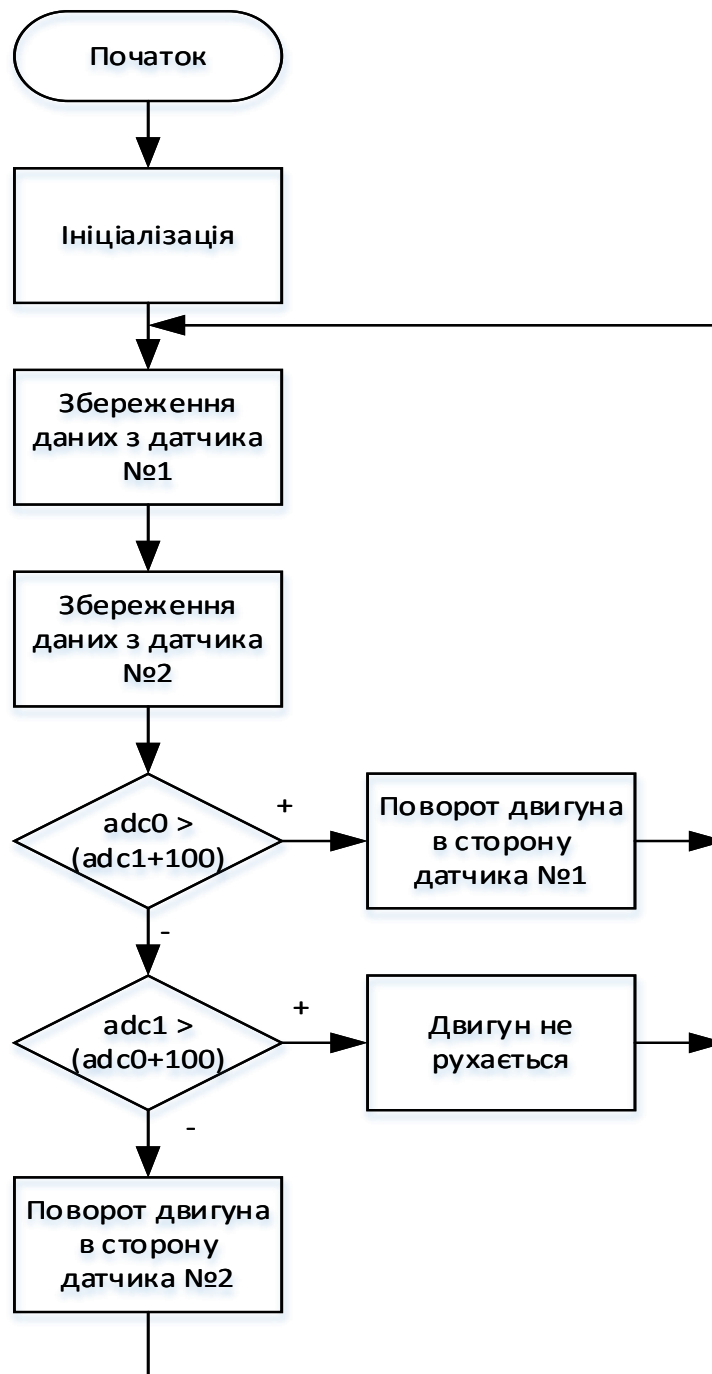
ЕКРАН ІНТЕРФЕЙСУ З КОНФІГУРАЦІЄЮ АПАРАТУРИ



ЕКРАН РЕДАКТОРА ТІА PORTAL 3 ПРОГРАМОЮ ПЕРЕМИКАННЯ



АЛГОРИТМ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ СОНЯЧНИМИ БАТАРЕЯМИ



РЕЗУЛЬТАТ ТЕСТУВАННЯ ПРОГРАМИ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОУСТАНОВКОЮ НА СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЯХ

