

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДИЗАЙНУ

Факультет мехатроніки та комп'ютерних технологій
Кафедра інформаційних та комп'ютерних технологій

Дипломна магістерська робота

на тему Комп'ютерно-інтегрована система автоматизованого керування зовнішнім освітленням з альтернативним джерелом живлення

Виконав: студент групи МгАК-20
спеціальності
151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
за освітньою програмою
Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси і виробництва

Ярослав ГАДІОНЕНКО

Керівник к.т.н., доц. Валерія ДРОМЕНКО

Рецензент д.т.н., проф. Ірина ШВЕДЧИКОВА

Київ 2021

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДИЗАЙНУ

Факультет Мехатроніки та комп'ютерних технологій

Кафедра Інформаційних та комп'ютерних технологій

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

Освітня програма Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси і виробництва

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ІКТ
доц., к.т.н. Наталія ШИБИЦЬКА

«____» _____ 2021 р.

З А В Д А Н Н Я

НА ДИПЛОМНУ МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

ГАДІОНЕНКУ Ярославу Борисовичу

1. Тема роботи Комп'ютерно-інтегрована система автоматизованого керування зовнішнім освітленням з альтернативним джерелом живлення

Науковий керівник роботи Дроменко В.Б., к.т.н., доц.,

затверджені наказом вищого навчального закладу від «04» жовтня 2021 року № 286

2. Строк подання студентом роботи 02.12.2021.

3. Вихідні дані до роботи: акумуляторні батареї сонячних модулів з номінальним струмом 12В; потужність модулів сонячної батареї 10-300Вт; регулювання потужності ліхтарів від 1 до 100%; зниження енергоспоживання освітлення на 25-35%; інтерфейси передачі даних RS-232 і RS-485.

4. Зміст дипломної роботи(перелік питань, які потрібно розробити) Вступ; Розділ 1. Загальновідомі відомості про сучасний стан систем керування зовнішнім освітленням з альтернативним джерелом живлення; Розділ 2. Розроблення структури і обґрунтування апаратної платформи комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизованого керування зовнішнім освітленням з альтернативним джерелом живлення; Розділ 3. Моделювання комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизованого керування зовнішнім освітленням з альтернативним джерелом живлення; Загальні висновки по роботі.

5. Консультанти розділів дипломної магістерської роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Вступ	Дроменко В.Б., к.т.н., доц.		
Розділ 1	Дроменко В.Б., к.т.н., доц.		
Розділ 2	Дроменко В.Б., к.т.н., доц.		
Розділ 3	Дроменко В.Б., к.т.н., доц.		
Висновки	Дроменко В.Б., к.т.н., доц.		

6. Дата видачі завдання 20.09.2021

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної магістерської роботи	Терміни виконання етапів	Примітка про виконання
1	Вступ	25.09.2021	
2	Розділ 1. Загальні відомості про сучасний стан систем керування зовнішнім освітленням з альтернативним джерелом живлення	07.10.2021	
3	Розділ 2. Розроблення структури і обґрунтування апаратної платформи комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизованого керування зовнішнім освітленням з альтернативним джерелом живлення	19.10.2021	
4	Розділ 3. Моделювання комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизованого керування зовнішнім освітленням з альтернативним джерелом живлення	31.10.2021	
5	Висновки	13.11.2021	
6	Оформлення дипломної магістерської роботи (чистовий варіант)	25.11.2021	
7	Здача дипломної магістерської роботи на кафедру для рецензування (за 14 днів до захисту)	02.12.2021	
8	Перевірка дипломної магістерської роботи на наявність ознак плагіату (за 10 днів до захисту)	06.12.2021	
9	Подання дипломної магістерської роботи у відділ магістратури для перевірки виконання додатку до індивідуального навчального плану (за 10 днів до захисту)	06.12.2021	
10	Подання дипломної магістерської роботи на затвердження завідувачу кафедри (за 7 днів до захисту)	09.12.2021	

Студент _____

Ярослав ГАДІОНЕНКО

Науковий керівник роботи _____

Валерія ДРОМЕНКО

Директор НМЦУПФ _____

Олена ГРИГОРЕВСЬКА

АНОТАЦІЯ

Гадіоненко Я. Б. Комп'ютерно-інтегрована система автоматизованого керування зовнішнім освітленням з альтернативним джерелом живлення. – Рукопис.

Дипломна магістерська робота за спеціальністю 151 – «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» (Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси і виробництва). – Київський національний університет технологій та дизайну, Київ, 2021 рік.

Дипломну магістерську роботу присвячено розробці комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизованого керування зовнішнім освітленням з альтернативним джерелом живлення. Проведено аналітичний огляд існуючих джерел та систем освітлення. Обрано конфігурацію, відповідно до максимальної ресурсоефективності при створенні і експлуатації системи.

Здійснено порівняльний аналіз та обґрунтований вибір апаратної платформи розроблюваної комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизованого керування зовнішнім освітленням з альтернативним джерелом живлення для отримання необхідної адаптивності системи в залежності від зміни зовнішніх умов – температури зовнішнього середовища і природної освітленості.

На основі аналізу особливостей систем освітлення та визначених недоліків існуючих систем освітлення, розроблено структурну і принципову електричну схеми комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизованого керування зовнішнім освітленням з альтернативним джерелом живлення.

Запропоновано алгоритм роботи і розроблено SCADA-систему для візуалізації стану комп'ютерно-інтегрованої системи керування зовнішнім освітленням з альтернативним джерелом живлення.

Ключові слова: комп'ютерно-інтегрована система, зовнішнє освітлення, освітлення вулиць, датчики освітленості, система автоматизованого керування.

ANNOTATION

Gadionenko Y. Computer-integrated system of automated control of outdoor lighting with alternative power supply. - Manuscript.

Master's thesis on specialty 151 - "Automation and computer-integrated technologies" (Computer-integrated technological processes and production). - Kyiv National University of Technology and Design, Kyiv, 2021.

The master's thesis is devoted to the development of a computer-integrated system of automated control of outdoor lighting with an alternative power supply. An analytical review of existing lighting sources and systems was conducted. The configuration is selected according to the maximum resource efficiency during the creation and operation of the system.

The comparative analysis and reasonable choice of hardware platform of the developed computer-integrated system of automated control of external lighting with an alternative power supply to obtain the necessary adaptability of the system depending on changes in external conditions - ambient temperature and natural light.

Based on the analysis of the features of lighting systems and identified shortcomings of existing lighting systems, developed structural and schematic electrical diagrams of computer-integrated automated control system for outdoor lighting with an alternative power source.

An algorithm of work has been proposed and a SCADA system has been developed to visualize the state of a computer-integrated outdoor lighting control system with an alternative power supply.

Keywords: computer-integrated system, outdoor lighting, street lighting, light sensors, automated control system.

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

AC (alternating current) – змінний струм
AGM – технологія Absorptive Glass Mat
BOD- датчик зниження напруги живлення
CISC - complex instruction set computer
DC (Direct current) – постійний струм
DMA - Direct memory access
EEPROM - electrically erasable programmable read-only memory
GEL – гелеві акумулятори
I2C - Inter-Integrated Circuit
I_p – робочий струм
I_{кз} – струм короткого замикання
JTAG - Joint Test Action Group
MIPS - Microprocessor without Interlocked Pipelined Stages
RAM - Random-access memory
RISC - Reduced Instruction Set Computer
ROM - Read-only memory
SPI - Serial Peripheral Interface
U_p – робоча напруга
USART - universal synchronous and asynchronous receiver-transmitter
U_{хх} – напруга холостого ходу
WDT - watchdog timer
АСКЗО – автоматизована система керування зовнішнім освітленням
АЦП – аналого-цифровий перетворювач
ГЛВТ - газорозрядні лампи високого тиску
ДНАТ – Дугова Натрієва Трубчаста Лампа
ДРЛ - Дугова ртутна люмінесцентна лампа
КЗ – коротке замикання
ККД – коефіцієнт корисної дії
КЛЛ – компактні люмінесцентні лампи
ЛЛ - люмінесцентні лампи
ЛР - лампи розжарення
ПМЛ – електромагнітний пускач
ЦАП – цифро-аналоговий перетворювач
ШІМ - Широтно-імпульсна модуляція

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО СУЧАСНИЙ СТАН СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ЗОВНІШНІМ ОСВІТЛЕННЯМ З АЛЬТЕРНАТИВНИМ ДЖЕРЕЛОМ ЖИВЛЕННЯ	12
1.1. Аналіз сучасного стану систем автоматизації керування зовнішнім освітленням.....	12
1.1.1. Ринки систем освітлення в Україні	13
1.2. Огляд альтернативних джерел енергії.....	15
1.2.1. Мета і принцип роботи сонячних панелей.....	17
1.2.2. Акумулятори.....	20
1.2.3. Інвертори.....	25
1.3. Застосування автоматизованих систем керування зовнішнім освітленням в Україні.....	27
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1.....	30
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБЛЕННЯ СТРУКТУРИ І ОБҐРУНТУВАННЯ АПАРАТНОЇ ПЛАТФОРМИ КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНОЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ ЗОВНІШНІМ ОСВІТЛЕННЯМ З АЛЬТЕРНАТИВНИМ ДЖЕРЕЛОМ ЖИВЛЕННЯ.....	31
2.1. Структурна схема комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизованого керування зовнішнім освітленням з альтернативним джерелом живлення.....	31
2.2. Обґрунтування апаратної платформи комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизованого керування зовнішнім освітленням з альтернативним джерелом живлення.....	32
2.2.1. Обґрунтування вибору контролера.....	32
2.2.2. Вибір лічильника.....	35
2.2.3. Вибір блоку живлення.....	37
2.2.4. Вибір автоматичного трифазного вимикача.....	38
2.2.5. Вибір трансформатора струму.....	39
2.2.6. Вибір однополюсного вимикача.....	40
2.2.7. Вибір датчика температури.....	41
2.2.8. Вибір датчика освітленості.....	41

2.2.9. Вибір датчика реального часу.....	42
2.2.10. Вибір фотоелектричного модуля.....	43
2.2.11. Вибір акумуляторів.....	44
2.2.12. Вибір інвертора.....	44
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2.....	46
РОЗДІЛ 3. МОДЕЛЮВАННЯ КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНОЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ ЗОВНІШНІМ ОСВІТЛЕННЯМ З АЛЬТЕРНАТИВНИМ ДЖЕРЕЛОМ ЖИВЛЕННЯ.....	47
3.1. Обґрунтування вибору програмного забезпечення.....	47
3.2. Розроблення програми для контролера.....	49
3.3. Розроблення принципової електричної схеми комп'ютерно-інтегрованої системи керування зовнішнім освітленням.....	55
3.4. Розроблення програмного забезпечення сонячних батарей.....	63
3.5. Розроблення SCADA–системи для візуалізації стану комп'ютерно- інтегрованої системи керування зовнішнім освітленням з альтернативним джерелом живлення.....	65
3.5.1. Вибір інтерфейсів	65
3.5.2. Методи передачі керуючих сигналів.....	67
3.5.3 Застосування GSM-каналу.....	68
3.5.4 Візуалізація стану комп'ютерно-інтегрованої системи керування зовнішнім освітленням з альтернативним джерелом живлення.....	69
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3.....	73
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ.....	74
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	75
ДОДАТКИ.....	81

ВСТУП

Мережі вуличного освітлення є істотною частиною структури комунального господарства міст, селищ і великих підприємств. Сучасні мережі вуличного освітлення - це енергоємні об'єкти, правильна побудова яких важлива для їх ефективної роботи, раціонального використання і мінімізації втрат енергоресурсів.

Оптимальна освітленість створює гарний настрій і сприяє поліпшенню умов роботи і відпочинку людей. Якісне і високоефективне зовнішнє освітлення служить показником стабільності, сприяє зниженню кількості проявів криміногенного характеру, підвищує інтенсивність вантажопасажирських перевезень, є видимим проявом ефективності роботи виконавчих органів державної влади. Системи освітлення вулиць відіграють важливу роль в забезпеченні комфорту і безпеки громадян.

Питання розвитку систем зовнішнього освітлення мають виражену соціальну спрямованість, обумовлену необхідністю створення повноцінних умов життя для міських жителів.

Актуальність теми дипломної роботи. Впровадження нових технологій автоматизації мереж освітлення дозволяють не лише привести до нормативних значень освітленості вулиць, площ, внутрішньоквартальних проїздів, житлових районів, територій шкільних і дошкільних установ, територій громадських будівель, а також створюють комфортні умови проживання громадян, забезпечують безпеку дорожнього руху в денний, вечірній і нічний час. Крім того, автоматизація мереж освітлення полегшує їх обслуговування і моніторинг.

Метою дослідження дипломної роботи є розроблення комп'ютерно-інтегрованої системи керування зовнішнім освітленням з альтернативним джерелом живлення.

Для досягнення цієї мети необхідно вирішити наступні основні **завдання дипломної роботи**:

- проаналізувати нинішній стан систем вуличного освітлення та виявити їх недоліки;

- розглянути можливі альтернативи структурних компонентів системи автоматизованого керування зовнішнім освітленням з альтернативним джерелом живлення, обрати конфігурацію, яка максимально задовольняє економічні, енергоефективні потреби;
- розробити структурну схему комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизованого керування зовнішнім освітленням з альтернативним джерелом живлення;
- обрати технічні засоби апаратної платформи, застосування яких є доцільним в комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизованого керування зовнішнім освітленням з альтернативним джерелом живлення;
- розробити алгоритм і програму для контролера який відповідає за функціонування всіх компонентів системи разом відповідно до зазначеного сезонного графіка, контролю та керування доступу, нагрівальних елементів;
- створити імітаційну модель роботи сонячних батарей;
- розробити графічний інтерфейс SCADA-системи, який відображає стан системи в реальному часі, надаючи можливість керування та контролю заряду акумуляторної станції; перемикання джерела живлення для комп'ютерно-інтегрованої системи керування зовнішнім освітленням.

Об'єктом дослідження є процес керування зовнішнім освітленням вулиць.

Предмет дослідження – методи і засоби створення та реалізації комп'ютерно-інтегрованої системи керування зовнішнім освітленням з альтернативним джерелом живлення.

У роботі були використані наступні методи дослідження:

- метод спостереження;
- метод аналізу;
- метод порівняння;
- метод експерименту.

Інформаційна база дослідження: при написанні дипломної магістерської роботи використані наукові публікації по методах і засобах створення та реалізації

комп'ютерно-інтегрованої системи керування зовнішнім освітленням з альтернативним джерелом живлення з фондів бібліотеки КНУТД, Національної бібліотеки України імені В.І. Вернадського та глобальної мережі Інтернет.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у вдосконаленні алгоритму роботи комп'ютерно-інтегрованої системи керування зовнішнім освітленням з альтернативним джерелом живлення і розробці SCADA-системи, в якій реалізовано дистанційне керування системою освітлення, контроль за освітленням зовнішнього середовища, контроль за витратами електроенергії, контроль за станом заряду в акумуляторах системи освітлення.

Практичне значення одержаних результатів: запропонована модель комп'ютерно-інтегрованої системи керування зовнішнім освітленням з альтернативним джерелом живлення може бути більш енергоефективною у порівнянні із застарілими системами освітлення.

Апробація результатів магістерської роботи: результати доповідались та обговорювались на V Міжнародній науково-практичній конференції «Мехатронні системи: інновації та інжиніринг», 4 листопада 2021 року, м. Київ (Додаток А).

Структура і обсяг роботи: робота складається зі вступу, 3 розділів, висновків, списку використаних джерел (49 найменувань), додатків. Загальний обсяг магістерської роботи 80 сторінок комп'ютерного тексту.

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО СУЧАСНИЙ СТАН СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ЗОВНІШНІМ ОСВІТЛЕННЯМ З АЛЬТЕРНАТИВНИМ ДЖЕРЕЛОМ ЖИВЛЕННЯ

1.1. Аналіз сучасного стану систем автоматизації керування зовнішнім освітленням

В Україні, населення якої становить 41 мільйон чоловік, споживання електроенергії на душу населення приблизно в два рази більше, ніж в будь-якій іншій країні Східної Європи і в 3,5 рази більше, ніж в інших країнах світу, що розвиваються. У 2020 році споживання електроенергії в Україні сягає близько 116 ТВт*год. У липні 2021 року споживання електроенергії в промисловому секторі сягає близько 44% від загального споживання електроенергії в Україні, сільськогосподарчому – 3%, транспортному – 4,7%, комунально-побутовому – 12% та у секторі населення 28%. Системи освітлення в будівлях складають основну частину споживання електроенергії в Україні. Споживання електроенергії системами освітлення становить близько 20% від загального споживання в країні або близько 23,2 ТВт*год на рік [1-3].

На даний час стан освітлення в Україні знаходиться у критичному стані. 60% виробничих площ, 75% приміщень адміністративних закладів, 75% навчальних закладів, 90% зовнішнього освітлення використовують застарілі джерела світла та системи освітлення [5].

В Україні найчастіше використовують лампи розжарення (ЛР), рідше люмінесцентні лампи (ЛЛ), та ще рідше газорозрядні лампи високого тиску (ГЛВТ) (див. рис. 1.1).

Через низьку ефективність джерел світла витрати електроенергії на освітлення в 1.5 рази вищі, ніж у західних країнах.

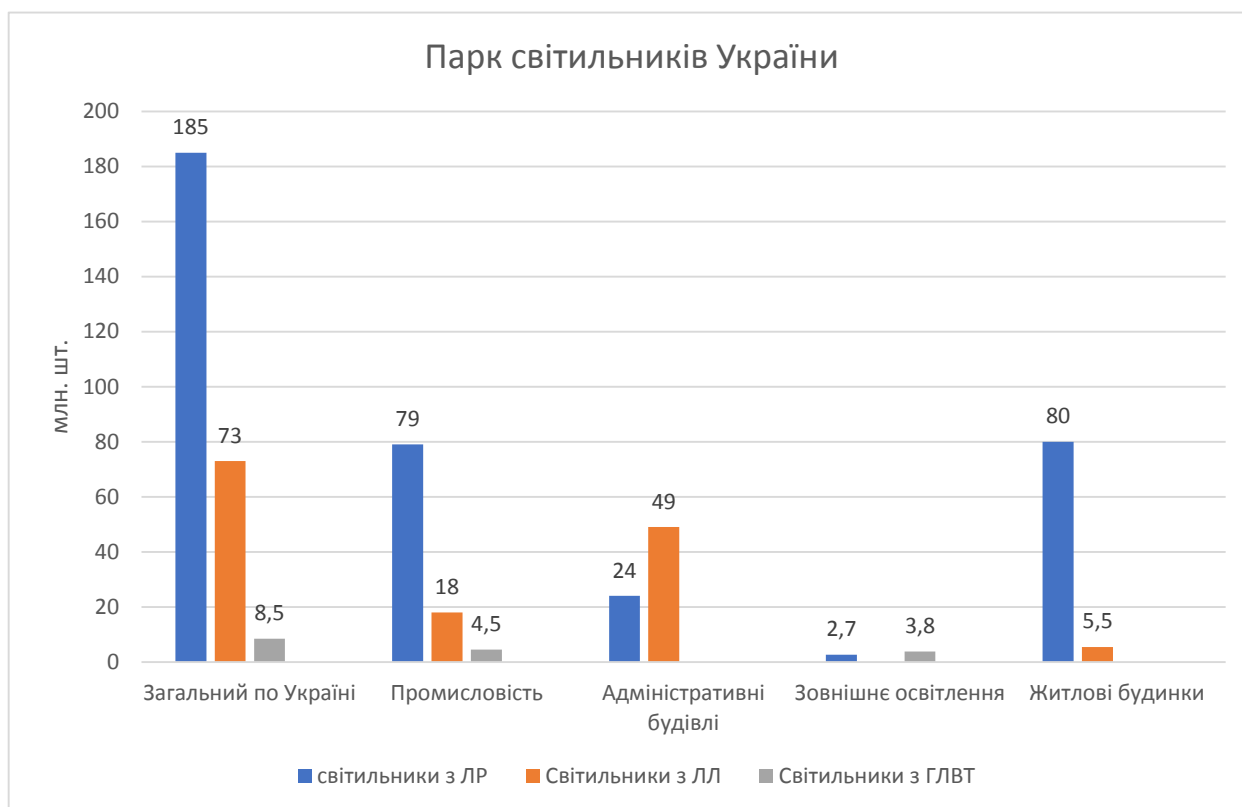


Рис. 1.1. Парк світильників України

1.1.1. Ринки систем освітлення в Україні

До 2011 року на Українському ринку домінували прилади освітлення вітчизняного виробництва. Одним з таких виробників світло-технічної продукції є «ОСП Корпорація Ватра». У 2012-2013 році вироби компанії займають 30-40 відсотків ринку. Але після 2012 року на український ринок починають заходити азійські компанії з більш дешевою продукцією, та поступово захоплюють ринок. Через це виробництво «ОСП Корпорація Ватра» скорчується до менш ніж одного відсотку у 2016-2017 роках [4].

З даних табл. 1.1 можна зробити висновок що український ринок знаходиться в дефіциті електроламп вітчизняного виробника, а саме: люмінесцентних, металогалогенних, галогенних та інших.

Експортно-імпортний баланс торгівлі джерелами світла

Види електроламп	Різниця між експортом електроламп та їх імпортом
	Кількість, тис. шт.
Розжарювання	60 668,10
Люмінесцентні	-12 209,80
Ртутні	3 011,60
Натрієві	35,6
Металогалогенні	-32,5
Галогенні	-9 251
Інші	-42 016,20

В Україні успішному і широкому використанню енергоефективного освітлення заважає існування різних бар'єрів, таких як:

- 1) відсутність автоматизованих систем керування зовнішнім освітленням. Найчастіше зовнішнє освітлення в містах та селищах не відповідає сучасним вимогам. Рівні освітленості та якість освітлення, як правило, гірше нормованих, стан рівнів освітленості через відсутність їх систематичного обслуговування та дефіцит чи високої вартості багатьох світлових виробів поганий, ефективність споживання електроенергії на освітлення вкрай мала. Це зв'язано, перш за все, з відсутністю або поганим станом апаратури керування, а також недооцінюванням ролі хорошого освітлення. На сьогоднішній день автоматизовані системи керування зовнішнім освітленням впроваджуються тільки в великих містах;
- 2) не бажання споживачів витратити кошти на оновлення систем освітлення, незважаючи на значно нижчу вартість експлуатації. Це спричинено високою

початковою ціною на енергоефективні системи освітлення всупереч значно нижчій вартості експлуатації на протязі строку служби. Ця проблема відчувається у програмі державних закупівель. Вони проводяться по принципу мінімізації затрат. Таким чином, більш ефективні та більш дорогі технології освітлення програють тендери.

- 3) відсутність контролю якості над енергоефективним освітленням. Енергоефективні освітлювальні вироби низької якості створюють переважне сприйняття ненадійних показників товару в цьому секторі. Багато випадків виходу з ладу компактних люмінесцентних ламп (КЛЛ) дешевого виробництва під час першого року експлуатації, які виключають очікувані переваги енергозбереження під час життєвого циклу продукції та уникання затрат.

1.2. Огляд альтернативних джерел енергії

Актуальність сонячної енергетики постійно росте, тому що сонячна енергія є екологічно чистою. Також одним з основних чинників, що визначають рівень розвитку суспільства, є його енергоозброєність, причому потреби людства в енергії подвоюються кожні 10-15 років. Споживання енергії за історію розвитку людства (з розрахунку на одну людину) виросло більш ніж в 100 разів. Тому сонячна енергія - майбутнє Землі. Причина актуальності використання сонячної енергії полягає в її ресурсоємності, оскільки всього за 9 хвилин Земля отримує більше енергії від Сонця, чим людство робить за увесь рік.

Використання сонячних батарей для отримання електроенергії в широких масштабах можна широко спостерігати не лише в жарких країнах, але і у багатьох розвинених країнах з помірним рівнем освітленості. Наприклад, в Німеччині, де рівень освітленість на 10 % менша, ніж в Україні третину електроенергії отримують за рахунок сонця.

Світовий попит на відновлювані (альтернативні) джерела енергії постійно зростає.

Основними причинами розвитку альтернативних джерел енергії є збереження навколишнього середовища, збереження запасів енергоресурсів, часткова або повна незалежність від компаній, які надають послуги з надання електроенергії.

Сьогодні використання відновлюваної енергетики стало важливим і обов'язковим напрямком розвитку енергетичного сектору майбутнього. Україна має всі необхідні ресурси для стрімкого розвитку цієї сфери.

Площа України становить 603548 кв. км. Транспортування електроенергії у віддалені населені пункти призводить до втрат електроенергії, що робить систему транспортування не ефективною. Тому використання альтернативних джерел енергії у віддалених районах допоможе знизити затрати на транспортування електроенергії, та будівництво нових ліній електропередач.

До альтернативних джерел електроенергії відносять[7]:

- енергію морських припливів і відливів;
- кінетичну енергію руху повітряних мас (вітер);
- теплову енергію гарячих джерел;
- сонячне електромагнітне випромінювання;
- кінетичну енергію водного потоку (річки).

Проведемо аналіз деяких існуючих видів відновлюваних джерел енергії (див. табл. 1.2)

Таблиця 1.2

Аналіз існуючих видів відновлюваних джерел енергії

Вид джерела	Безпека (глобальні аварії)	Екологічні проблеми	Можливість технічного рішення	Період вирішення екологічної	Економічна оцінка	Соціальний фактор, наближення
Ядерний	-	-	0	-	-	-
Гідроелектростанції	0	-	+	+	+	0
Вітряні	+	0	+	+	0	+
Сонячні	+	+	+	+	0	+

1.2.1. Мета і принцип роботи сонячних панелей

Сонячна батарея - це система фотоелектричних перетворювачів, з'єднаних між собою. З сонячних елементів виробляється прямий електричний струм, перетворений з сонячної енергії. Перетворення енергії в фотоелектричне перетворення засноване на фотоелектричному ефекті (фотоелектрі), який виникає в неоднорідних напівпровідникових структурах при впливі сонячного випромінювання.

Важливою перевагою систем сонячної енергетики є відсутність викидів вуглекислого газу в процесі роботи систем. Хоча непрямі викиди є присутніми на інших стадіях життєвого циклу системи, фотоелектричні технології генерують значно менше викидів на ГВт енергії, що виробляється, упродовж усього життєвого циклу, ніж технології, що використовують традиційні види палива. Як мінімум 89% викидів, пов'язаних з виробництвом енергії, можна було б запобігти, замінивши традиційні джерела енергії фотоелектричними.

Сонячні модулі призначені для зарядки акумуляторних батарей з номінальним струмом 12В. Потужність модулів сонячної батареї може досягати 10-300Вт. Електричні параметри таких модулів відображаються в вольт-амперній характеристиці, визначеній при стандартних умовах (тобто коли потужність сонячного випромінювання дорівнює 1000 Вт/м^2 , температура елементів - 25°C і сонячного спектра - на широті 45°) (див. рис. 1.2). Точка перетину кривої з віссю напруги називається напругою холостого ходу U_{xx} , а з віссю струму - струмом короткого замикання I_{kz} . На цьому ж графіку показана крива потужності, отриманої від сонячних елементів в залежності від навантаження. Номінальна потужність модуля визначається як максимальна потужність при стандартних умовах. Напруга, що відповідає максимальній потужності, називається робочою напругою U_p , а відповідний струм - робочим струмом I_p . Значення робочої напруги для модулю, що складається з 36 елементів, приблизно дорівнює 16-17В ($0,45 - 0,47 \text{ В/елемент}$) при 25°C . Такий запас напруги необхідний для того, щоб компенсувати зниження робочої напруги при нагріві модулю сонячним

випромінюванням. Температурний коефіцієнт напруги холостого ходу для кремнію становить - мінус 0,4%/градус. Температурний коефіцієнт струму - плюс 0,07%/градус. Напруга холостого ходу сонячного модуля мало змінюється при зміні освітленості, при цьому струм короткого замикання прямо пропорційний. Коефіцієнт корисної дії (ККД) сонячного модуля визначається як відношення максимальної потужності модуля до загальної потужності випромінювання, що падає на його поверхню в стандартних умовах, і становить 15-40% [6].

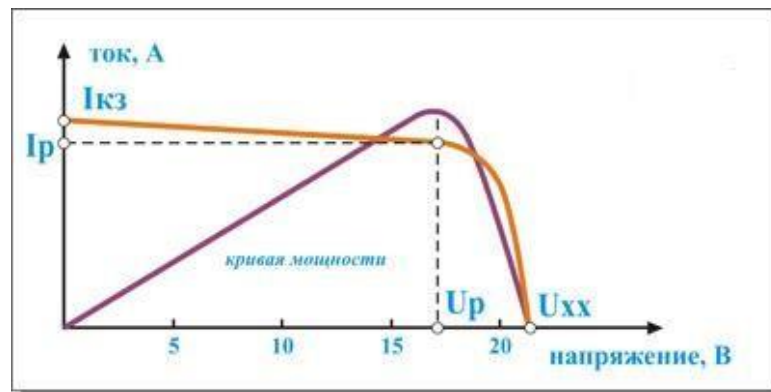


Рис. 1.2. Вольт-амперна характеристика сонячних панелей

Для того щоб отримати необхідну потужність і робочу напругу, модулі з'єднуються послідовно або паралельно. Потужність сонячної батареї завжди нижче суми ємностей модулів - через втрати, спричинених різницею в характеристиках однотипних модулів (втрати на невідповідність). Чим ретельніше підібрані модулі в акумуляторі (тобто чим менше різниця в характеристиках модулів), тим нижче втрата невідповідності. Наприклад, при послідовному з'єднанні десяти модулів з різницею характеристик у 10% втрати становлять близько 6%, а при різниці 5% - знижуються до 2% [6].

У випадках затінення одного модуля, або частини елементів в модулі, в сонячній батареї з послідовним з'єднанням з'являється «ефект гарячої точки» - затінений модуль (або елемент) починає розсіювати всю потужність, вироблену освітленими модулями (або елементами), швидко нагрівається і виходить з ладу. Для усунення цього ефекту паралельно з кожним модулем (або його частиною) встановлюється шунтувальний діод. Діод потрібен при послідовному з'єднанні більше двох модулів. До кожної лінійки (послідовно з'єднаних модулів)

встановлюється блокувальний діод для вирівнювання напруги лінійок. Всі ці діоди зазвичай розміщуються в розподільній коробці самого модуля. Схема паралельного та послідовного з'єднання сонячних модулів показана на рис. 1.3 [6].

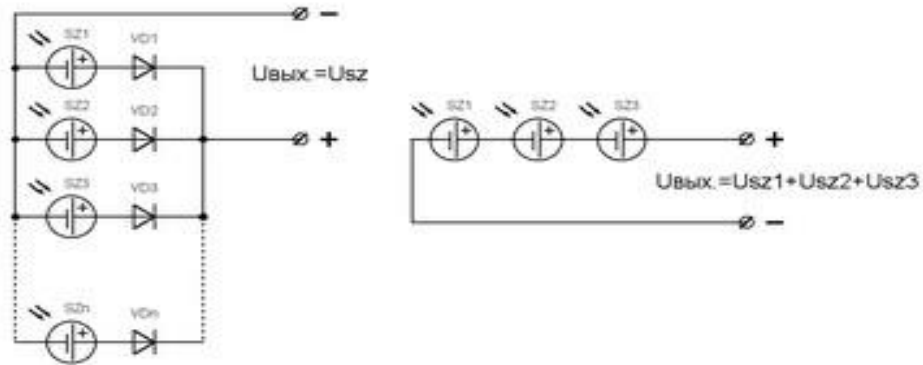


Рис. 1.3. Схеми паралельного і послідовного з'єднання сонячних модулів

Вольт-амперна характеристика сонячної батареї має такий же зовнішній вигляд, як і одиничний модуль. Робоча точка підключеної до навантаження батареї не завжди збігається з точкою максимальної потужності (тим більше, що положення останньої залежить від умов освітлення і температури навколишнього середовища). Підключення таких навантажень, таких як електродвигун, можуть перемістити робочу точку системи в область мінімальної або навіть нульової потужності (і двигун просто не запуститься). У наслідок цього наступний важливий компонент сонячної батареї – перетворювач напруги, який здатен узгодити сонячну батарею з навантаженням. Загальна схема сонячної електростанції показана на рис. 1.4 [6].



Рис. 1.4. Схема автономної сонячної електростанції

1.2.2. Акумулятори

Акумулятор - пристрій для накопичення енергії з метою її подальшого використання. Електричний акумулятор перетворює електричну енергію в хімічну і, в міру необхідності, забезпечує зворотне перетворення; використовується як автономне джерело електричної енергії. Акумулятор, як електричний пристрій, характеризується наступними основними параметрами: електрохімічною системою, напругою, електричною ємністю, внутрішнім опором, струмом саморозряду та терміном служби. А його стан оцінюється по сукупності трьох значень його основних характеристик: реальної ємності, внутрішнього опору та струму самозаряду [8].

В якості компонента сонячної електростанції акумулятор виконує три завдання [9]:

- покриває пікове навантаження, яке самі фотоелектричні модулі не можуть покрити (резервний запас);
- дає енергію вночі (короткочасне зберігання);
- компенсує періоди негоди або занадто високого енергоспоживання (середньострокове зберігання);

Основними критеріями вибору акумуляторів є [6]:

- стійкість до циклічної експлуатації;
- здатність переносити глибоке розрядження без наслідків;
- низький саморозряд акумулятора;
- нечутливо до порушення умов зарядки та розрядки;
- довговічність;
- простота обслуговування;
- компактність та герметичність (важливий критерій для переносних або періодично демонтованих сонячних панелей).

У сонячній енергетиці найбільшою популярністю користується герметичний свинцево-кислотний акумулятор, вироблений з використанням 2 різних технологій [8]:

- 1) Gelled Electrolyte;

2) Absorptive Glass Mat.

Технологія Gelled Electrolyte почала використовуватися в кінці 50-х років 20 ст. Вона полягає в додаванні чотирьохвалентного оксиду кремнію в електроліт, що сприяє переходу електроліту в гелеподібний стан. Цей метод дозволяє домогтися абсолютної герметичності акумулятора, а циркуляція газів здійснюється в численних порах желеподібного електроліту. Великою перевагою гелевих акумуляторів для сонячних батарей, які виготовляються за технологією Gelled Electrolyte, це відсутність необхідності оновлення води під час всього строку експлуатації [8].

Технологія Absorptive Glass Mat була розроблена в 70-х роках 20 ст. Вона передбачає використання пористого сепаратора наповнювача зі скловолокна. Його просочують електролітом і тим самим переводять в безрідинний стан. Змінюючи кількість електроліту, досягають того, щоб заповненими залишилися тільки дрібні пори, так як пори більшого розміру призначені для вільної циркуляції газів. AGM акумулятори також не вимагають додаткового обслуговування [8].

Сонячні батареї, вироблені як за першою, так і за другою технологією, мають як переваги, так і недоліки (див. табл. 1.3).

Таблиця 1.3

Переваги та недоліки технологій виготовлення акумуляторів

	AGM	GEL
Умови заряду/розряду	Більш високі струми розряду/зарядки, помірні вимоги до якості напруги зарядки (стабільність, пульсації).	Розвинені струми - до 40% менше, ніж у AGM. Гелеві акумулятори дуже чутливі до якості зарядки.
Важкі циклічні навантаження з глибиною розряду більше 70%	небажано, значно скорочують термін експлуатації	звичайний режим
Середні циклічні навантаження з глибиною розряду 30-70%	звичайний режим	звичайний режим

Термін експлуатації	Термін експлуатації (у буферному режимі) блочних акумуляторів AGM ємністю 33 - 250 Ач зазвичай дорівнює 10-12 років.	Термін експлуатації (з урахуванням всіх правил і експлуатаційних вимог, особливо зарядки) аналогічний з AGM акумуляторами.
Сфера застосування	Широкий спектр застосування: від побутових пристроїв до великих промислових потреб.	Використовуються в системах з регулярним і безперервним розрядом, де забезпечується підвищена якість заряду.
Циклічний ресурс	Батареї AGM мають ресурс всього 250-280 циклів.	Високий циклічний термін служби: 500-600 циклів.
Ціна	AGM батареї є розумним варіантом ціни для більшості сфер використання.	Завдяки високій вартості матеріалів і методів виробництва, гелеві акумулятори частіше коштують дорожче, ніж AGM акумулятори на 25-35%.

Необхідна ємність підбирається з урахуванням середньодобового споживання електроенергії, при цьому не забуваючи про глибину розряду, яка повинна бути не більше 50-70%. Правильний режим заряду/розряду є основною умовою, яка може продовжити термін служби акумулятора для сонячних батарей. Також слід пам'ятати, що занадто велика сила струму заряду знижує кількість електроліту, що знаходиться в акумуляторі, що може призвести до виходу з ладу акумуляторної батареї [10].

Найбільш поширеними є «сонячні» акумулятори з робочою напругою 12 В, як правило, вони використовуються для складання акумуляторних блоків необхідної напруги, наприклад, 24 В, 48 В і т. д. Основні параметри такого блоку [10]:

- робоча ємність;
- струм заряду;
- струм розряду.

Рекомендується з'єднувати блок акумулятора за допомогою послідовної схеми з'єднань (див. рис. 1.5). В цьому випадку загальна робоча напруга блоку буде дорівнювати сумі робочих напруг кожного підключеного акумулятора. Якщо акумулятори підключені паралельно, то сумуватися буде не напруга, а ємність. У цьому випадку напруга залишається незмінною. Але перед тим як під'єднувати акумулятори слід вирівняти їх напругу.

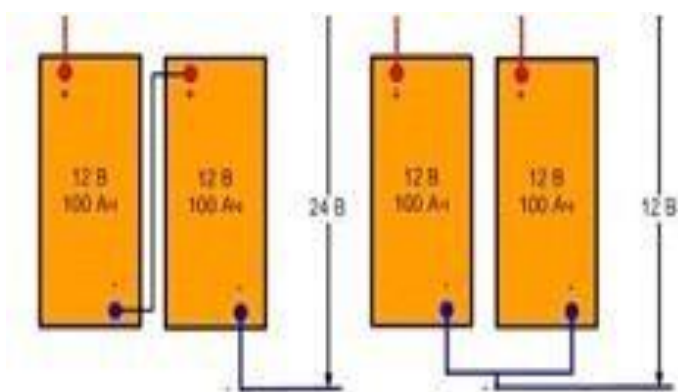


Рис. 1.5. Схема послідовного і паралельного підключення акумуляторних батарей

Наступною умовою є температурний режим. Практично всі акумулятори для сонячних батарей здатні витримувати як низькі, так і дуже високі температури. Але не варто цим зловживати, адже підвищення температури акумулятора на 10°C призводить до прискорення всіх хімічних процесів в 2 рази. А при зарядці різниця температур між навколишнім середовищем і батареєю становить $10-15^{\circ}\text{C}$, це пояснюється процесом рекомбінації кисню. Природне продування акумулятора може вирішити цю проблему. Дотримання всіх правил є запорукою тривалої роботи акумулятора, про це слід пам'ятати [10].

AGM-акумулятори більш вигідні як варіант резервного електропостачання, коли перебої електроенергії нечасті і недовгі, а також в системах «буферного» типу – коли робота на великій потужності необхідна тільки на невеликий проміжок часу, поки не запуститься генератор.

GEL-акумулятори більше підходять в разі непередбачуваного характеру відключень зовнішньої електромережі. Вони особливо вигідні для тривалої роботи

при малій потужності (наприклад, котла/насосів/холодильника під час відсутності людей в приміщенні), а також для короточасних включень потужних споживачів.

Вартість технології AGM акумуляторів нижче приблизно на 10-15%, але ця перевага незначна при тривалих відключеннях в мережі, так як в цьому випадку акумулятор доведеться міняти частіше. Крім того, AGM акумулятори більш чутливі в експлуатації. Якщо сума витрат на придбання акумуляторів не є визначальним критерієм, рекомендуємо GEL-акумулятори, так як вони більше стійкі в експлуатації.

При порівнянні двох технологій було виявлено, що для системи керування зовнішнім освітленням вигідніше використовувати акумулятори, які виготовлені за GEL-технологіями. Вони характеризуються відсутністю необхідності в обслуговуванні протягом усього терміну експлуатації, відсутністю виділення газу, можливістю працювати в будь-якому положенні по відношенню до горизонтального.

Між кількістю заряду, що зберігається в акумуляторі, і напругою на ній є надійно встановлене співвідношення (при температурі 20° C): при зміні температури електроліту напруга, що характеризує повний заряд, змінюється на 0,03В/градус (див. табл. 1.4).

Таблиця 1.4

Зміна повного заряду акумулятора в залежності від температури

Температура батареї, °C	Напруга, В
0	15
10	14,7
20	14,4
30	14,1

Щоб продовжити термін служби, слід уникати глибокого розряду. Розряди акумуляторів вище 70% різко знижують кількість циклів заряду-розряду. Недотримання цієї умови призводить до необхідності більш частішої заміни акумулятора, що підвищує вартість системи.

Для продовження терміну служби акумуляторів в циклічному режимі роботи в сонячних батареях важливо не допускати глибокого розряду. Рівень розряду характеризується глибиною розряду, що виражається у відсотках від номінальної ємності акумулятора. На рис. 1.6 показано залежність ємності акумуляторів (у відсотках від номінальної) від кількості циклів, що працюють при різній глибині розряду. Таким чином, робота акумуляторів при глибокому розряді призводить до їх частій заміни і, відповідно, до збільшення вартості системи. Глибину розряду акумуляторів сонячних батарей намагаються обмежити на рівні 30-40%, що досягається шляхом відключення навантаження (або зменшення потужності) або використання акумуляторів більшої ємності [6].

В результаті, щоб контролювати процес зарядки і вибирати оптимальний режим, сонячна електростанція повинна включати контролери заряду-розряду батареї.

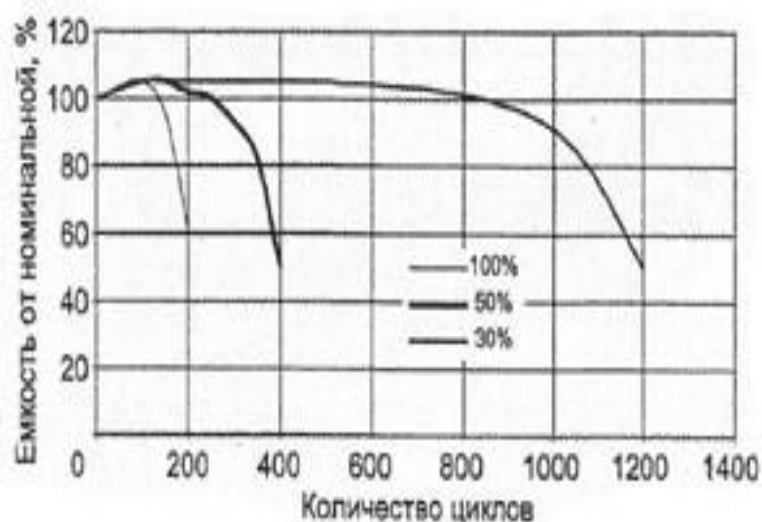


Рис. 1.6. Залежність ємності акумулятора від кількості відпрацьованих циклів на різних глибинах розряду

1.2.3. Інвертори

Сонячний генератор (незалежно від того, наскільки він складний і великий) може виробляти тільки постійний струм. Щоб перетворення постійного струму акумуляторної батареї в змінний синусоїдальної форми, потрібен інвертор.

Інвертори - напівпровідникові пристрої, перетворювач постійного струму напругою 12 В (або 24 В) у змінний струм напругою 220 В. Джерелом постійного струму 12 В є акумуляторні батареї (12 В) або сонячні батареї (12 і 24 В). Вони можуть бути поділені на два типи за типом фотоелектричних систем [6]:

- інвертори для автономних систем сонячних батарей;
- інвертори для мережевого використання.

Вихідний каскад обох типів багато в чому схожий, а основна відмінність полягає в схемі керування. Перший тип має частотний генератор, а другий тип повинен працювати синхронно з промисловою мережею (і використовує саму мережу як генератор частот) [6].

Для всіх типів ключовим параметром є ККД (який повинен бути більше 90%). Вихідна напруга автономних інверторів зазвичай становить 220В (50/60 Гц), а в інверторах потужністю 10-100 кВт можна отримати трифазну напругу 380В. Всі автономні інвертори перетворюють постійний струм акумуляторних батарей. У наслідок цього вихідна напруга вихідна напруга обирається з: 12, 24,48 та 120 В. Чим більша вихідна напруга, тим простіше є інвертор і тим вищий його ККД. При високих напругах значно менша втрата на передачу енергії від сонячного генератора до акумуляторної батареї, регулятора заряду та інвертора, але при цьому ускладнюється конструкція сонячної електростанції та її робота при небезпечних напругах (вище 40 В). До форми вихідного сигналу автономних інверторів задаються менш жорсткі вимоги. У ряді випадків (якщо дозволяє навантаження) можливе використання інверторів з трапецієподібним вихідним сигналом. Такі інвертори коштують в 2-3 рази менше інверторів з синусоїдальним вихідним сигналом. Важливим параметром автономних інверторів є залежність ККД від потужності підключеного навантаження. ККД не повинен істотно знижуватись при підключенні навантаження у 10 раз меншого (по споживаному навантаженні), ніж номінальна потужність інвертора. Разом з цим інвертор повинен витримувати перенавантаження на вихідних ланцюгах (при підключенні

електродвигунів та інших динамічних навантажень). Таким чином, до автономного інвертора висуваються такі вимоги [6]:

- здатність переносити без наслідків перевантаження (як короткочасні, так і довгострокові);
- невеликі втрати при низьких навантаженнях і при холостому ході;
- стабілізація вихідної напруги;
- низький коефіцієнт гармонік;
- високий ККД;
- відсутність перешкод на радіочастотах.

Іноземні компанії пропонують широкий асортимент інверторів, спеціально розроблених для сонячних батарей. Такі інвертори вже мають блок регулятора максимальної потужності, блок регулятора заряду [6].

До вихідного сигналу мережевих інверторів висуваються найбільш жорсткі вимоги. Для зниження втрат на перетворення такі інвертори працюють при високих вхідних напругах. Оскільки їх вхідні ланцюги живляться безпосередньо від сонячної батареї, інвертори мають регулятор відбору максимального потужності (вбудований в інвертор). Мережеві інвертори також мають блок контролю потужності сонячної батареї (і вмикаються автоматично, як тільки живлення сонячної батареї стає достатнім для генерації змінного сигналу) [6].

1.3. Застосування автоматизованих систем керування зовнішнім освітленням в Україні

Застосування автоматизованих систем керування зовнішнім освітленням в Україні знаходиться на стадії розробки. На даний момент вона реалізується тільки у великих містах, АСКЗО вже введений в таких містах України як Київ, Біла Церква, Миколаїв.

На сьогоднішній день АСКЗО впроваджено в Києві. За час своєї роботи АСКЗО зарекомендувала себе як надійна та ефективна система керування

зовнішнім освітленням, забезпечуючи інженерно-технічний та адміністративний персонал:

- простота і чіткість керування освітленням;
- наявність повної інформації про роботу системи, стан обладнання та освітлювальних мереж, що дозволило швидше реагувати на надзвичайні ситуації та знизити витрати на утримання аварійних служб;
- автоматичний облік спожитої електроенергії з можливістю архівування отриманої інформації, представлення її в графічних і табличних формах, видача форм звітності.

У Києві запрацювала нова система Smart lighting, яка керує системою вуличного освітлення. Система дає змогу дистанційно керувати рівнем споживання електроенергії та регулювати потужність ліхтарів від 1 до 100%. Технологія може заощаджувати від 40 до 80% енергії [11].

У Білій Церкві поступово проводиться заміна освітлювального обладнання. Встановлюються нові світлодіодні світильники, проводиться капітальний ремонт електромереж зовнішнього освітлення, упроваджується централізована система керування зовнішнім освітленням яка збирає інформацію про кількість спожитої електроенергії, стан мережі зовнішнього освітлення. Цей проект допоможе скоротити витрати на електроенергію, а також викиди вуглецю в атмосферу [12].

Переваги проекту АСКЗО з альтернативним джерелом живлення:

- зниження енергоспоживання освітлення на 25-35%;
- зниження експлуатаційних витрат;
- підвищення надійності системи вуличного освітлення;
- зниження витрат на ремонт обладнання;
- підвищення ефективності використання персоналу та технічного потенціалу спеціалізованих підприємств для обслуговування систем освітлення;
- зниження витрат на ліквідацію аварій і збільшення швидкості реагування;

- економія бюджету за рахунок переходу від сплати нормативної потужності до оплати фактично спожитої потужності освітлювальних мереж;
- на відміну від традиційних джерел, цей вид ресурсів практично невичерпний.

Основними завданнями АСКЗО з альтернативним джерелом живлення є:

- забезпечення автоматичного включення та вимкнення вуличного освітлення відповідно до визначеного річного сезонного графіка;
- автоматичний контроль і керування альтернативним джерелом енергії (сонячних батарей);
- сигналізація несанкціонованого доступу до шаф керування;
- забезпечити безперебійне освітлення житлових, громадських та промислових районів, автомобільних доріг та інших об'єктів інфраструктури наземного транспорту. Під безперервним освітленням розуміється мінімальний час від моменту виходу ламп з ладу до відновлення функціонування;
- забезпечити економію енергії, витраченої на освітлення;
- забезпечити підвищення ефективності та надійності системи зовнішнього освітлення міста.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1

1. Проаналізовано нинішній стан систем вуличного освітлення та виявлені їх недоліки.
2. Розглянуті можливі альтернативи структурних компонентів комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизованого керування зовнішнім освітленням з альтернативним джерелом живлення, обрана конфігурація, яка максимально задовольняє економічні, енергоефективні потреби.
3. Виходячи з вищезазначеного, розроблення комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизованого керування зовнішнім освітленням з альтернативним джерелом живлення є актуальним і дасть змогу чітко контролювати затрати електроенергії, оперативно реагувати на пошкодження обладнання.
4. Застосування такої системи дозволить стати частково незалежним від компаній, які надають послуги з постачання електроенергії, завдяки альтернативним джерелам енергії та енергоефективним джерелам світла знизяться затрати на електроенергію.
5. Завдяки добуванню та акумуляуванню електроенергії в місці її застосування, будуть знижені затрати на транспортування електроенергії та викиди в атмосферу.

РОЗДІЛ 2.

РОЗРОБЛЕННЯ СТРУКТУРИ І ОБҐРУНТУВАННЯ АПАРАТНОЇ ПЛАТФОРМИ КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНОЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ ЗОВНІШНІМ ОСВІТЛЕННЯМ З АЛЬТЕРНАТИВНИМ ДЖЕРЕЛОМ ЖИВЛЕННЯ

2.1. Структурна схема комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизованого керування зовнішнім освітленням з альтернативним джерелом живлення

Структурна схема комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизованого керування зовнішнім освітленням з альтернативним джерелом живлення представлена на рис. 2.1.

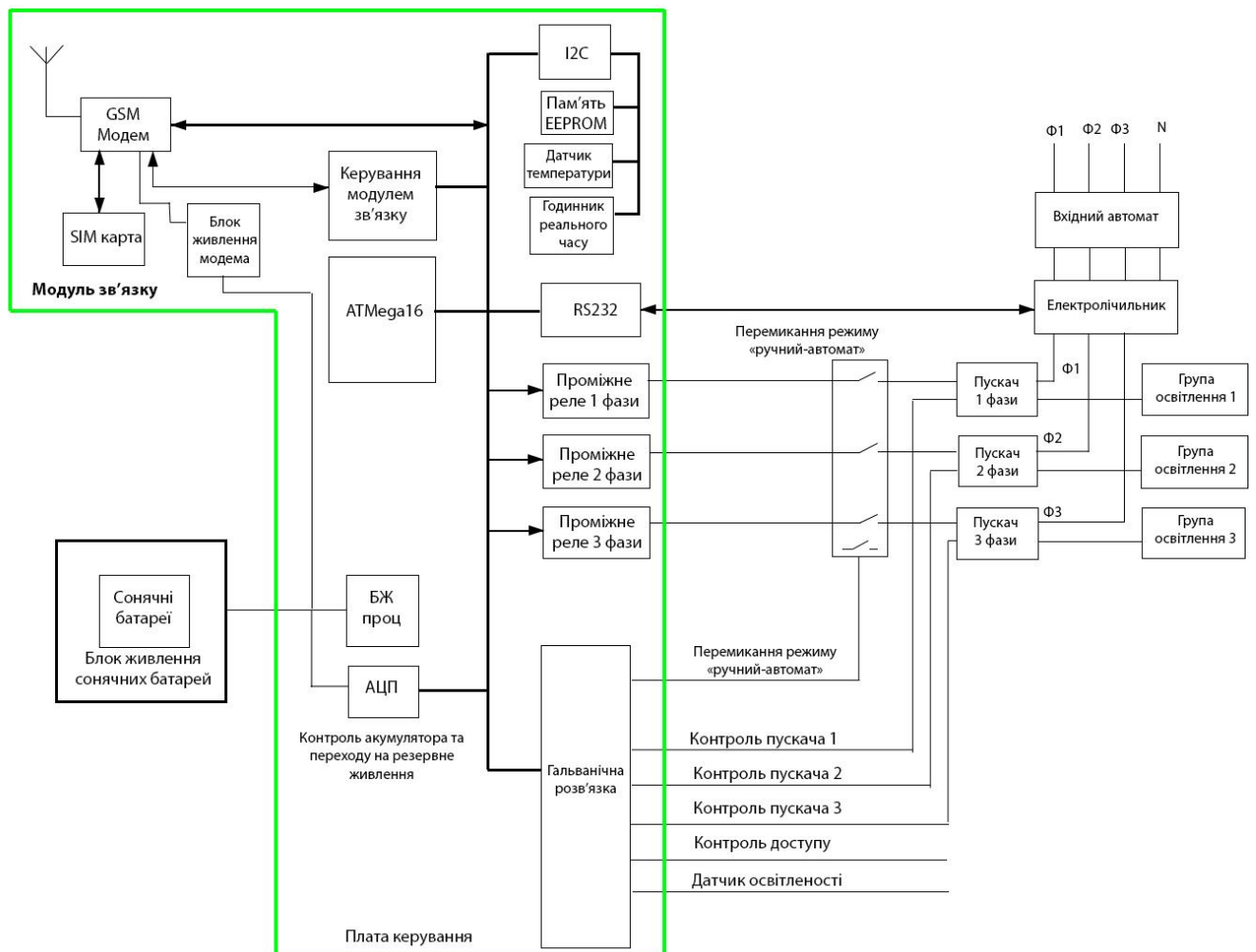


Рис. 2.1. Структурна схема комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизованого керування зовнішнім освітленням з альтернативним джерелом живлення

Структурна схема містить:

- 1) модуль зв'язку зі GSM модемом, SIM картою, блоком живлення модему);

- 2) плату керування, елементами якої є мікроконтролер ATmega16A, інтерфейсна шина I2C, інтерфейс RS232, пам'ять EEPROM, датчик температури, годинник реального часу);
- 3) три стартові лінії;
- 4) блок живлення сонячних панелей;
- 5) контроль акумулятора та перехід до резервного живлення (АЦП, гальванічна розв'язка).

2.2. Обґрунтування апаратної платформи комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизованого керування зовнішнім освітленням з альтернативним джерелом живлення

2.2.1. Обґрунтування вибору контролера

Для того щоб вибрати мікроконтролер, проаналізуємо розповсюджені мікроконтролери, технічні характеристики яких наведено у табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Технічні характеристики мікроконтролерів

Параметр	ATmega16A	ATtiny13A-SSU	PIC16F505I/SL
Програмне забезпечення	CodeVisionAVR	Energia	MPLAB IDE
Об'єм флеш-пам'яті (ROM, пам'ять програми), Kbyte	1	1	1
Об'єм оперативної пам'яті (RAM, пам'ять даних)	1Kbyte	64 byte	72 byte
Тактова частота, МГц	16	20	20
Лінії вводу-виводу	32	6	12
АЦП	8-канальний 10-розрядний	4-канальний 10-розрядний	0
ЦАП	0	0	0
USART	1	0	0
SPI	1	1	0
I2C	1	0	0
Кількість таймерів	3	1	1
DMA	0	0	0

В ході аналізу було виявлено, що найбільш підходящим мікроконтролером за його характеристиками є ATmega16A AVR-мікроконтролер (див. рис. 2.2).



Рис. 2.2. Контролер ATmega16A компанії Atmel в корпусі Dip40

AVR є найбільшою виробничою лінією серед інших флеш-мікроконтролерів Atmel. Перевагами цієї технології є зниження питомого енергоспоживання (мА/МГц), розширення діапазону напруг живлення (до 1,8 В) для продовження терміну служби акумуляторних систем, збільшення швидкості до 16 мільйонів операцій в секунду, вбудована емуляція в режимі реального часу, реалізація функції самостійного програмування, вдосконалення і розширення кількості периферійних модулів, вбудовання спеціалізованих пристроїв (радіочастотний передавач, USB-контролер, LCD-драйвер, програмуюча логіка, DVD-контролер, пристрої захисту даних) тощо.

Широке застосування мікроконтролерів AVR обумовлене можливістю легко завершити проект з бажаним результатом в найкоротший термін, чому сприяє наявність великої кількості інструментальних засобів проектування, що поставляються як безпосередньо корпорацією Atmel, так і сторонніми виробниками. Провідні сторонні виробники випускають повний спектр компіляторів, програматорів, асемблерів, налагоджувачів, роз'ємів і адаптерів. Відмінною особливістю інструментів від Atmel є їх невисока вартість.

Ще однією особливістю мікроконтролерів AVR, що сприяли їх популяризації, є використання архітектури RISC, яка характеризується потужним набором інструкцій, більшість з яких виконуються в одному машинному циклі. Це означає, що на тій же тактовій частоті вони забезпечують в 12 (6) разів більше продуктивності попередніх мікроконтролерів на основі архітектури CISC[15].

З іншого боку, в рамках одного додатку з заданою продуктивністю мікроконтролер AVR може тактуватися в 12 (6) разів меншою тактовою частотою, забезпечуючи високу продуктивність, але в той же час, споживаючи набагато менше енергії. Таким чином, мікроконтролери AVR пропонують найбільш широкий спектр можливостей для оптимізації продуктивності/енергоспоживання, що особливо важливо при розробці додатків з акумуляторним живленням.

Технічні характеристики контролера ATMega16:

- AVR RISC-архітектура - архітектура високої продуктивності і низького енергоспоживання;
- система команд містить 130 інструкцій, більшість з яких виконуються за один машинний цикл;
- єдиний 16-розрядний формат команд;
- продуктивність 16 MIPS на частоті 16 МГц;
- наявність апаратного множника;
- 16 Kbyte Flash ROM програм, з можливістю до 1000 циклів стирання/запису;
- 512 byte EEPROM даних, з можливістю до 100000 циклів стирання/запису;
- 1 КБ оперативної пам'яті (SRAM);
- можливість програмувати безпосередньо в цільовій системі через послідовні інтерфейси SPI і JTAG;
- можливість самопрограмування;
- можливість внутрішньосхемного налагодження відповідно до стандарту IEEE 1149.1 (JTAG);
- різні методи синхронізації: вбудований RC-генератор з внутрішнім і зовнішнім RC-колом або з зовнішнім резонатором (п'єзокерамічним або кварцовим); зовнішній сигнал синхронізації;
- 6 режимів пониженого енергоспоживання (Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby и Extended Standby);

- детектор зниження напруги живлення (BOD);
- програмне зниження частоти тактового генератора;
- 21 джерело переривання (внутрішні і зовнішні);
- багаторівнева система переривання, підтримка черги переривання;
- можливість захисту від несанкціонованого зчитування і модифікації пам'яті програм і даних;
- завантажувальний сектор з незалежними бітами захисту;
- можливість читати пам'ять програм під час її запису;
- два 8-розрядних таймера/лічильника з попереднім дільником частоти і режимом порівняння;
- 16-розрядний таймер/лічильник з попереднім дільником частоти, режимом порівняння та режимом зовнішніх подій;
- сторожовий таймер WDT;
- чотири канали генерації вихідного ШІМ-сигналу;
- аналоговий компаратор;
- 8-канальний 10-розрядний АЦП як з несиметричними, так і диференціальними входами;
- повнодуплексний універсальний синхронний/асинхронний приймач-передавач USART;
- послідовний синхронний інтерфейс SPI, також використовується для програмування програм флеш-пам'яті;
- послідовний двопровідний інтерфейс TWI (аналог I2C) напруги живлення 2,7...5.5 В[13].

2.2.2. Вибір лічильника

Технічні характеристики:

- вимірювання активної та реактивної енергії в прямому і зворотному напрямку, миттєвих значень (фазові струми, напруги, потужність і косинуси);

- номінальна-максимальна напруга струму: 5(7,5) А 3х220/380 В;
- клас точності:
 - активна енергія – 0,2S;
 - реактивна енергія – 1,0;
- кількість тарифних зон – від 1 до 4;
- діапазон температур: від -25° С до +55° С;
- вихід телеметрії, постійна лічильника – 16000 імп/кВт·год;
- цифровий інтерфейс RS-232;
- можливість зчитування інформації через оптичний порт;
- перегляд інформації на LCD-дисплеї з 58 параметрів за допомогою пульта дистанційного керування;
- зберігання інформації в пам'яті:
 - про накопичену енергію:
 - а) 15-хвилинні інтервали протягом 45 діб (96 записів на добу);
 - б) щодобово протягом 45 діб;
 - в) покази на кінець доби протягом 45 діб;
 - г) щомісячно протягом 24 місяців;
 - максимальна потужність:
 - а) за добу, протягом 45 діб;
 - б) за місяць протягом 24 місяців;

Журнал подій:

- зміни фазної напруги – 64 записи;
- відключення/включення лічильника (з позначкою часу вимкнено/ввімкнено) – 64 записи;
- корекція часу (з відміткою коригування) – 64 записи;
- реєстрація змін конфігурації – 64 записи;
- спроба підключення з неправильним паролем – 64 записи;

Габаритні розміри – 290х175х70 мм.

Монтажні розміри – 248х149 мм.

2.2.3. Вибір блоку живлення

Перетворювач DR-30-12-AC/DC потужністю 30 Вт, корпус: для кріплення DIN-рейки, виробництва компанії Mean Well серії DR-30 (див. рис. 2.3).



Рис. 2.3. Блок живлення DR-30-12

Технічні характеристики:

- потужність: 30Вт;
- кількість виходів: 1, Uвих; Iвих;
- канал 1 12В; 0... 2 А;
- механічне регулювання вихідної напруги: $\pm 10\%$;
- ККД: 81%;
- рівень пульсації (розмах): 120 мВ;
- електрична стійкість ізоляції:
 - а) вхід-вихід: 3000 В АС;
 - б) вхід-земля: 1500 В АС;
- 1-фазне з'єднання;
- вхідна напруга АС: 85...264 В (Номінальна: 230 В);
- вхідна напруга DC: 120...370 В;
- комплекс захисту від:
 - а) короткого замикання;
 - б) перевантаження;
 - в) перенапруги.

2.2.4. Вибір автоматичного трифазного вимикача

Мініатюрна серія HiBS 103j, HYUNDAI - ідеальне рішення для захисту від електричних перевантажень, коротких замикань, витоку струму на землю в побутових і промислових установках (див. рис. 2.4). Автоматичні вимикачі використовуються для захисту ліній від перевантажень і коротких замикань, а також оперативних увімкнень і відключень в колах постійного і змінного струму напругою до 500 В.



Рис. 2.4. Автоматичні вимикачі серії HiBS 103j

Принцип роботи автоматичних вимикачів цього типу наступний: при перевантаженні в захищеному контурі протікає великий струм, який нагріває біметалеві пластини. При сильному нагріванні пластина починає змінювати форму, згинається, тим самим штовхаючи важіль, що впливає на механізм вільного розчеплення. Витримка часу вимкнення зменшується зі зростанням струму, що протікає. При короткому замиканні (КЗ), струм що виникає в захищеному контурі і протікає через електромагнітну котушку автоматичного вимикача, збільшується в багато разів, відповідно, збільшується і магнітне поле, під дією якого рухається серцевина, перемикаючи важіль вільного розчеплення. В обох випадках рухомий контакт відходить від нерухомого, пристрій вимикається, тим самим розривається коло, тим самим захищаючи електричне коло від перевантажень і струмів короткого замикання. При перевантаженнях і струмах короткого замикання автоматичний вимикач відключається незалежно від того, чи утримується ручка управління у ввімкненому положенні.

Автоматичний вимикач оснащений індикатором стану (ввімкнений/вимкнений відповідає кольору покажчика: червоний/зелений).

Автоматичні вимикачі серії НіВД63 і НіВД125 призначені для використання як в колах змінного струму з частотою 50 або 60 Гц, так і в колах постійного струму.

Номинальна напруга ізоляції становить 500 В АС. Можливості відключення вимикачів цієї серії висока як на змінному струмі (6 і 10 кА при 400/460 В АС), так і на постійному струмі (10 і 15 кА при 110 В DC) відповідно.

2.2.5. Вибір трансформатора струму

Трансформатори струму 100/5;150/5 призначені для пропорційної зміни рівня вимірюваного струму і передачі сигналу на вимірювальне обладнання в мережах змінного струму з частотою 50 Гц.

Перевагами трансформаторів Т-0-66 є:

- максимальний рівень вимірюваного струму в первинній обмотці;
- коефіцієнт трансформації – відношення початкового рівня вимірюваного струму і рівня струму у вторинній обмотці;
- клас точності трансформатора - максимальна відносна похибка при перетворенні рівня вимірюваного сигналу;
- спосіб підключення до провідника:
 - а) шляхом підключення до шини або кабелю за допомогою гвинтів – котушковий трансформатор;
 - б) трансформатор ставиться на шину - шинний;

Основні технічні дані та характеристики:

- тип трансформатора – вимірювальний, шинний (з вбудованою шиною), з однією вторинною обмоткою, з одним коефіцієнтом трансформації;
 - робоче положення в просторі – довільне;
 - режим роботи – довгостроковий;
 - клас точності – 0,5;
 - номінальна напруга, $U_{\text{ном}}$ - 0,66 кВ;
 - номінальна частота мережі постачання, $f_{\text{ном}}$ – 50 Гц;

- номінальний первинний струм, $I_{1\text{ном}} - 20, 30, 40, 50, 75, 100, 150, 200, 250, 300, 400, 500, 600, 800, 1000, 1500$ або 2000 А;
- номінальний вторинний струм, $I_{2\text{ном}} - 5$ А;
- номінальне вторинне навантаження з коефіцієнтом потужності $\cos \varphi = 0,8$; $S_{2\text{ном}} - 5$ ВА;
- тестова напруга первинної обмотки ізоляції, $U_{1\text{тест}} - 3$ кВ;
- тестова напруга вторинної обмотки ізоляції, $U_{2\text{тест}} - 3$ кВ;
- опір ізоляції трансформаторних обмоток, не менше:
 - а) для первинної обмотки - 40 МОм (при напрузі 2500 В);
 - б) для вторинної обмотки - 20 МОм (при напрузі 1000 В).

2.2.6. Вибір однополюсного вимикача

Магнітні контактори (пускачі) моделі ІМС40, 40А компанії HYUNDAI призначені для комутації споживачів електричного струму, що працюють в режимі АС1, АС3, і в основному використовуються для запуску, зупинки і реверсу електродвигунів в шафах автоматизації. Стартери ПМЛ можуть поставлятися як у зборі з додатковими одиницями, так і доукомплектовуватися при необхідності. При виборі стартера необхідно враховувати режим роботи приводу, напругу мережі живлення, потужність електродвигуна, комутаційну зносостійкість (див. табл. 2.2).

Таблиця 2.2

Вибір стартера в залежності від потужності двигуна і напруги мережі

	Величина стартера						
Номінальна напруга	660 В						
Номінальний струм АС3	380	10	16	25	40	63	80
Потужність кВт·год двигуна при АС3	4,5	5,5	7,5	11	18,5	30	37

2.2.7. Вибір датчика температури

Універсальний поверхневий датчик температури Danfoss ESMB. Поверхневі датчики температури для установки на трубу або плоску поверхню ESMB - це платинові термометри опором, 1000 Ом при 0°C.

Датчик Danfoss ESMB являє собою двопровідний пристрій з симетричною схемою підключення. Технічні дані датчика температури Danfoss ESMB представлені в табл. 2.3.

Таблиця 2.3

Технічні характеристики датчика температури

Діапазон температур, °C	від 0 до +100 °C
Корпус	Оболонка: 18/8, нержавіюча сталь Кабель: PVC, 2 × 0,2 мм ² , l= 2,5 м
Постійний час	20 сек.
Клас захисту	IP 54

2.2.8. Вибір датчика освітленості

Фотореле LXP-03 (SEN27) - датчик день-ніч призначений для увімкнення освітлення великої потужності. Робота цього датчика не залежить від температури навколишнього середовища і рівня вологості. Відмінні риси моделі: простота установки (кронштейн у комплекті), висока чутливість, зручність, безпека, енергозбереження, практичність, наявність регулювання чутливості.

Датчик SEN27 (LXP-03) має досить потужну контактну групу в вихідному реле і може включати в себе не тільки лампи розжарювання, але і світильники з металогалогенними, ДРЛ і ДНАТ лампами. На момент включення і вимикання перерахованих світильників спостерігається потужне іскроутворення і, незважаючи на відносно невелику потужність цих ламп, слабкі контакти малопотужних датчиків, таких як LXP-01 і LXP-02, дуже швидко виходять з ладу.

Максимальний струм навантаження - 25А, що дозволяє керувати навантаженням (лампи розжарювання) до 5500 Вт.

2.2.9. Вибір датчика реального часу

Датчик реального часу (календарний таймер) призначений для автоматичного ввімкнення та вимкнення виконавчих механізмів в заданий момент часу.

Застосовується для управління освітленням в теплицях, інкубаторах, вуличному освітленні, а також в технологічних процесах, де час ввімкнення і вимкнення обладнання пов'язаний з календарною датою або часом доби.

Основні переваги датчика реального часу:

- покращені показники по електромагнітній сумісності;
- розширені показники кліматичного виконання;
- допустимий діапазон робочих температур від -20 до +50 °С;
- реалізована функція автоматичного переходу на зимовий, літній час.

Функціональні можливості:

- автоматичне вмикання і вимикання виконавчих механізмів у заданий момент часу;
- дві незалежні програми керування для двох вихідних реле, до 70 пар команд у кожній;
- встановлення частоти виконання для кожної команди: щорічно, щотижня або щодня (в порядку зменшення пріоритету);
- корекція виконання команд згідно сходу і заходу сонця в залежності від географічної широти місцевості;
- можливість підключення зовнішніх пристроїв для блокування команд;
- індикація кнопок програмування поточного часу і дати на передній панелі пристрою;
- збереження зазначених параметрів при відключенні живлення;

- захист параметрів від несанкціонованого доступу.

2.2.10. Вибір фотоелектричного модуля

Модуль Naps 200 Вт NP200GK пристрій сонячної батареї (див. рис. 2.5).



Рис. 2.5. Фотоелектричний модуль NP200GK

Технічні дані модуля:

- потужність 200 Вт/12 В;
- пікова потужність: 200 Вт (+3%/- 0);
- робочий струм 7,63 А;
- робоча напруга 26,2 В;
- номінальна напруга 12 В;
- кількість полікристалічних кремнієвих клітин 54;
- кремнієвий полікристалічний модуль;
- верхнє покриття модуля - загартоване скло 4 мм;
- модульна рама – алюмінієва;
- максимальний захист від найсуворіших умов навколишнього середовища;
- розміри: довжина 1475 мм, ширина 986 мм, товщина 35 мм;
- вага 19,5 кг;
- робоча температура: -40..+50 °С;
- гарантія якості 25 років.

2.2.11. Вибір акумуляторів

На підставі аналізу, найбільш підходящими є гелеві свинцево-кислотні акумулятори. Свинцево-кислотні гелеві акумулятори DELTA серії GX широко використовуються в автономних і резервних енергосистемах завдяки своїй стійкості до глибоких розрядів і низьких температур.

Технічні характеристики:

- номінальна напруга – 12 В;
- кількість елементів – 6;
- номінальна ємність (25°C) – 150 Аг;
- внутрішній опір повністю зарядженої батареї (25 ° С)- 3,8 мОм;
- саморозряд - 3% ємності в місяць при 20°C.

Температурні характеристики:

- розряд, °С – (-20~+60);
- заряд, °С – (-10~+60);
- максимальний струм розряду (25°C)– 1000 А (5с).
- Розміри і вага:
- габаритні розміри - 482x170x240 мм;
- вага – 47 кг.

2.2.12. Вибір інвертора

Інвертор, перетворювач напруги дозволяє отримати змінну напругу 220В з постійного струму 5/12/24В, має вбудований захист від короткого замикання, перевантаження, перегріву, перерозряду акумулятора.

Технічні характеристики перетворювача напруги:

- вхідна напруга: постійний струм 11-15 В;
- вихідна напруга: змінний струм 220 В, 50 Гц;
- вихідна потужність:

а) Постійна потужність: 1000 Вт;

- б) пікова потужність: 2000 Вт;
- світлодіодна індикація: зелена (режим роботи), червона (працює захист інвертора);
- захист:
 - а) від короткого замикання;
 - б) від перевантаження;
 - в) від перегріву;
 - г) від низької вхідної напруги;
 - г) від перенапруги акумулятора живлення;
- відключення при перенарузі: 15-16В;
- відключення при зниженні вхідної напруги: 10-10,5 В;
- габаритні розміри: 60 x 115 x 35 мм;
- вага: 775 г.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2

1. Розроблено структурну схему комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизованого керування зовнішнім освітленням з альтернативним джерелом живлення та відображено концепцію розроблюваної системи.
2. Обрані технічні засоби апаратної платформи, застосування яких є доцільним в даній комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизованого керування зовнішнім освітленням з альтернативним джерелом живлення.
3. Комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизованого керування зовнішнім освітленням з альтернативним джерелом живлення дасть змогу віддалено керувати рівнем освітлення кожного світильника окремо так і всіх разом.
4. Датчики дають інформацію про рівень освітленості, температуру системи, рівень заряду акумуляторів, кількість споживаної, використаної електроенергії. Це дасть змогу відкоригувати систему під свої потреби та оперативно усунути перебої у разі їх виникнення.
5. Система має захист від перегріву компонентів, короткого замикання, перевантаження системи. Це дасть змогу захистити систему у автоматичному режимі. А система оповіщення допоможе зрозуміти у чому несправність та знешкодити її.

РОЗДІЛ 3.

МОДЕЛЮВАННЯ КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНОЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ ЗОВНІШНІМ ОСВІТЛЕННЯМ З АЛЬТЕРНАТИВНИМ ДЖЕРЕЛОМ ЖИВЛЕННЯ

3.1. Обґрунтування вибору програмного забезпечення

Програмування мікроконтролерів є невід'ємною частиною розробки автономного електронного пристрою. На даному етапі розробки електроніки найпопулярнішими мікроконтролерами (МК) є: PIC, AVR, STM, ARM (процесор). Для кожного типу МК існує вузько сфокусоване середовище програмування. Це пов'язано з внутрішньою структурою МК і технічного забезпечення запису програми в пам'ять МК.

FlowCode - це графічне універсальне середовище програмування МК. Програмування здійснюється шляхом побудови логічної структури, тобто блок-схем, схожих на середовище HiAsm. Функція експорту дозволяє експортувати написаний код PIC МК в програму AVR МК і навпаки. Доповненням до цього середовища програмування є створення HEX-коду, який можна використовувати для прошивки МК, або при проектуванні схеми з підтримкою МК, наприклад, в середовищі Proteus.

CodeVisionAVR- популярне середовище програмування AVR МК. Поєднує в собі C-подібну мову програмування і асемблера. Функції програми дозволяють самостійно прошивати МК і встановлювати fuse-біти і ROM. Кінцевим результатом розробки програми МК є створення HEX, BIN чи ROM-файлу для прошивки МК за допомогою програматора.

Середовище IAR Systems підтримує програмування МК AVR і MSP430, але функції програмування двох МК не об'єднані в одному середовищі. Для кожного МК були розроблені окремі середовища програмування. Аналогічним чином було розроблено середовище програмування Image Craft (ICC). ICC підтримує C-подібний синтаксис і асемблер. IAR Systems та Image Craft включають цільові бібліотеки для роботи з окремими частинами МК. До ICC була додана утиліта для

генерації коду та ініціалізації периферії МК, введений ANSI Terminal Emulator, що забезпечує можливість роботи з COM-портом.

Energia - це середовище програмування для МК MSP430, яка є найпопулярнішим середовищем програмування серед початківців. Має C-подібну мову програмування, але вона відрізняється від мов програмування, які використовуються у вище зазначених середовищах. Мова Energia (та Arduino IDE) більш зрозуміла, подібна англійській мові. Energia підтримує додаткові бібліотеки, які включають драйвери для підключення платформ LaunchPad MSP430 на базі ARM Cortex, FraunchPad і Im4f120 StallerPad. Це середовище програмування є модифікованою версією Arduino IDE. Працює з 1, 16МГц МК MSP430 і 80 МГц Im4f120. Вбудована функція перегляду COM-порту.

Virtual breadboard - це середовище розробки з підтримкою проектування електричної схеми на базі платформи Arduino під управлінням МК ATMEL AVR. В аналізі використовувалась програма версії 4.2.9, яка підтримує розробку програм МК PIC. Синтаксис подібний середовищу програмування Energia та Arduino IDE. Дане середовище є платним, в програму вбудовані приклади та моделі електронних елементів на основі яких проектується пристрій[16].

При аналізі середовищ програмування було виявлено, що за своїми критеріями і характеристиками найбільш підходящим середовищем програмування є CodeVisionAVR. CodeVisionAVR - це інтегроване середовище розробки програмного забезпечення для мікроконтролерів сімейства Atmel AVR.

CodeVisionAVR включає в себе такі компоненти:

- компілятор C-подібної мови для AVR;
- компілятор мови асемблер для AVR;
- генератор початкового коду програми, що дозволяє ініціалізувати периферійні пристрої;
- модуль взаємодії з платою налагодження STK-500;
- модуль взаємодії з програматором;
- редактор вихідного коду з підсвічуванням синтаксису;

- термінал.

Файли виводу CodeVisionAVR:

- HEX, BIN або ROM файл для завантаження в мікроконтролер через програматор;
- COFF — файл, що містить інформацію для налагоджувача;
- OBJ — файл, в якому зберігається проміжний компіляційний код, так званий об'єктний код [14].

Для налагодження програми, створеної в середовищі CodeVisionAVR, використовується програма Proteus.

Пакет являється системою схемотехнічного моделювання на основі моделей електронних компонентів, прийнятих в PSpice. Відмінною особливістю пакету PROTEUS VSM є можливість моделювання роботи програмованих пристроїв: мікроконтролерів, мікропроцесорів, DSP і т.д. Бібліотека компонентів містить довідкові дані. Крім того, пакет PROTEUS VSM включає в себе систему проектування друкованих плат. Пакет Proteus складається з двох частин, двох підпрограм: ISIS - програма синтезу і моделювання безпосередньо електронних схем і ARES - програма для розробки друкованих плат.

Примітною особливістю є те, що в ARES можна побачити 3D-модель друкованої плати, що дозволяє розробнику оцінити свій пристрій на етапі розробки.

Для моделювання роботи мікроконтролерів використовують програму ISIS.

3.2. Розроблення програми для контролера

Розроблення програми для контролерів ATMega16A відбувається в інтегрованому середовищі розробки CodeVisionAVR, яке містить компілятор мови C, графічну оболонку, автоматичний генератор програм і вбудований програматор, орієнтовані на роботу з сімейством мікроконтролерів AVR. Поряд зі стандартними бібліотеками мови C і довідковою системою компілятор має бібліотеки для роботи з периферійними пристроями (LCD-індикатори з вбудованими контролерами,

датчики температури, годинник реального часу, енергонезалежна пам'ять EEPROM, SPI шина і т.д.).

Перед початком написання програми підключаємо необхідні бібліотеки, такі як `mega16.h`, `i2c.h`, `1wire.h`, `ds1307.h`, а також стандартні бібліотеки мови C (див. рис. 3.1).

```
#include <mega16.h>

#include <delay.h>

// I2C Bus functions
#include <i2c.h>

// DS1307 Real Time Clock functions
#include <ds1307.h>
#include <string.h>
// 1 Wire Bus interface functions
#include <1wire.h>

// Alphanumeric LCD functions
#include <alcd.h>
#include <stdio.h>
#include <ds18b20.h>
```

Рис. 3.1. Фрагмент коду підключення бібліотек

- `<mega16.h>` - у ньому описані регістри МК а саме ATmega16, для того щоб компілятор знав їх фізичні адреси в МК (див. рис. 3.2);

```
// CodeVisionAVR V2.0 C Compiler
// (C) 1998-2009 Pavel Haiduc, HP InfoTech S.R.L.

// I/O registers definitions for the ATmega16

#ifndef _MEGA16_INCLUDED_
#define _MEGA16_INCLUDED_

#pragma used+
sfrb TWBR=0;
sfrb TWSR=1;
sfrb TWAR=2;
sfrb TWDR=3;
sfrb ADCL=4;
sfrb ADCH=5;
sfrw ADCW=4; // 16 bit access
sfrb ADCSRA=6;
sfrb ADMUX=7;
sfrb ACSR=8;
sfrb UBRR1=9;
sfrb UCSRB=0xa;
sfrb UCSRA=0xb;
sfrb UDR=0xc;
sfrb SPCR=0xd;
sfrb SPSR=0xe;
sfrb SPDR=0xf;
sfrb PIND=0x10;
sfrb DDRD=0x11;
sfrb PORTD=0x12;
sfrb PINC=0x13;
sfrb DDRC=0x14;
sfrb PORTC=0x15;
sfrb PINB=0x16;
sfrb DDRB=0x17;
```

Рис. 3.2. Вміст бібліотеки `<mega16.h>`

- <i2c.h> — бібліотека роботи послідовних шин даних для зв'язку інтегральних схем з використанням двох двонаправлених ліній зв'язку (SDA і SCL). Послідовна лінія даних (SDA, англ. Serial DATA) та послідовна лінія тактування (SCL, Serial CLOCK);
- <ds1307.h> - бібліотека для роботи з годинниками реального часу;
- <1wire.h> - це бібліотека роботи двонаправленої шини зв'язку для пристроїв з низькошвидкісною передачею даних, в якій дані передаються по контуру живлення (тобто використовуються тільки два проводи - один для заземлення, а другий для живлення і даних);
- <alcd.h> - бібліотека для роботи з LCD-екраном;
- <ds18b20.h>- бібліотека для роботи датчиків температури ds18b20;

Директива `#define` визначає ідентифікатор і послідовність символів, які будуть замінені замість ідентифікатора кожного разу, коли він буде з'являтися у вихідному файлі. Ідентифікатор називається ім'ям макросу, а процес заміни називається заміною макросу. На рис. 3.3 показані декларації з використанням директиви.

```
#define P1 PORTC.5
#define P2 PORTC.6
#define P3 PORTC.7

#define PRG PINC.3
#define CLOSE PIND.3

#define HOT PORTC.4
#define LOCK PORTD.2
```

Рис. 3.3. Оголошення з використанням директиви

Щоб візуально відобразити алгоритм програми, створеної в CodeVisionAVR, розроблено блок-схему (див. рис. 3.4). Повний код програми представлений в Додатку Б.

У даній програмі перевіряється наявність серійного номера у пам'яті мікроконтролера. Якщо в пам'яті мікроконтролера немає номера ключа, то

спрацьовує автоматичний дверний замок. Якщо номер ключа присутній в пам'яті ключа, двері відчиняються (див. рис. 3.5).

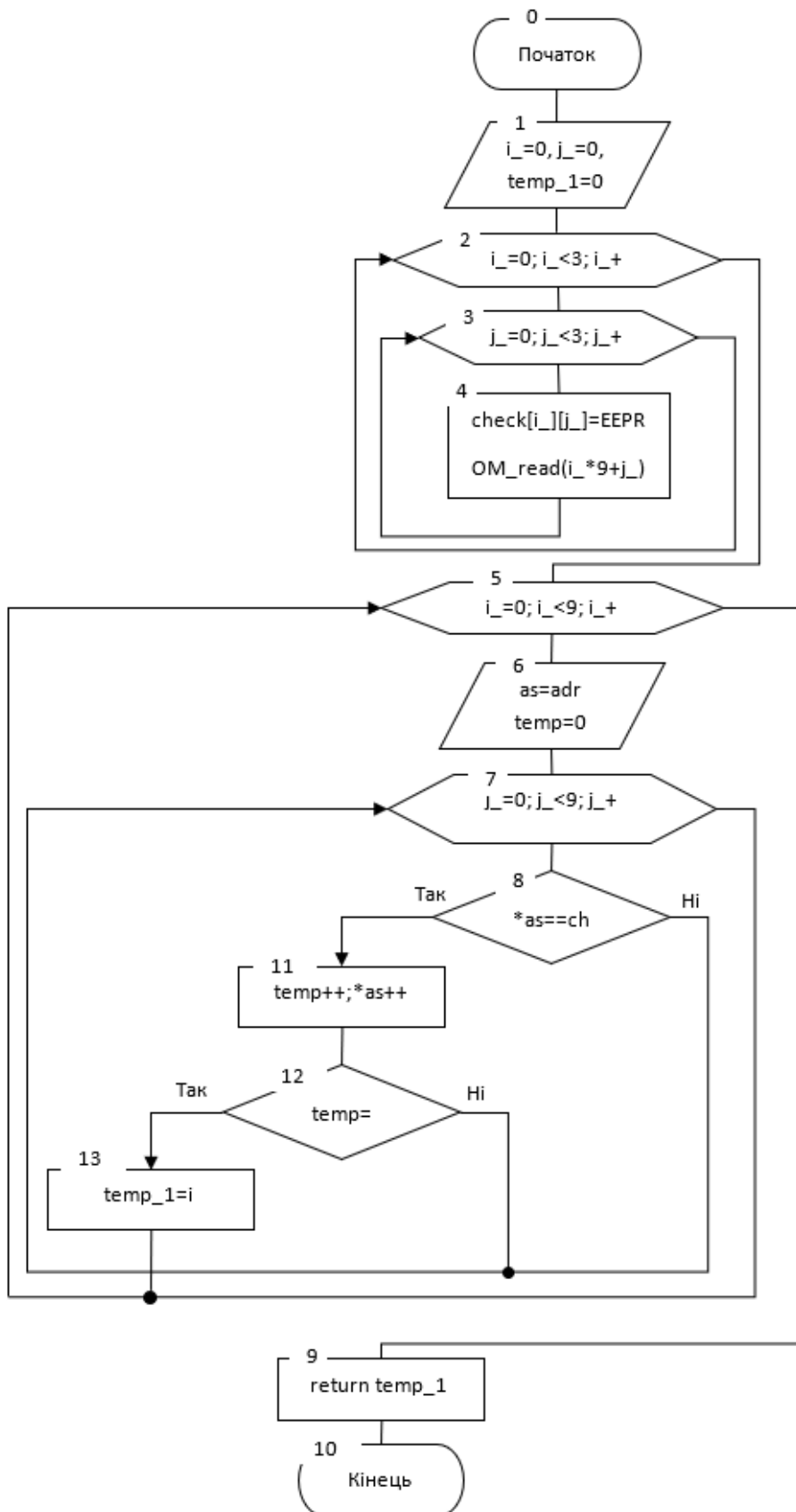


Рис. 3.5. Блок-схема підпрограми «Функція перевірки номера ключа»

Перевіряємо вміст комірки пам'яті, в якій зберігається значення позиції для запису номера ключа. Якщо позиція перевищує 0x02, обнуляємо позицію. Зчитуємо значення позиції з пам'яті і записуємо його в тимчасову змінну. Записуємо наш новий ключ в пам'ять, є до трьох записів номера ключа в пам'ять (див. рис. 3.6).

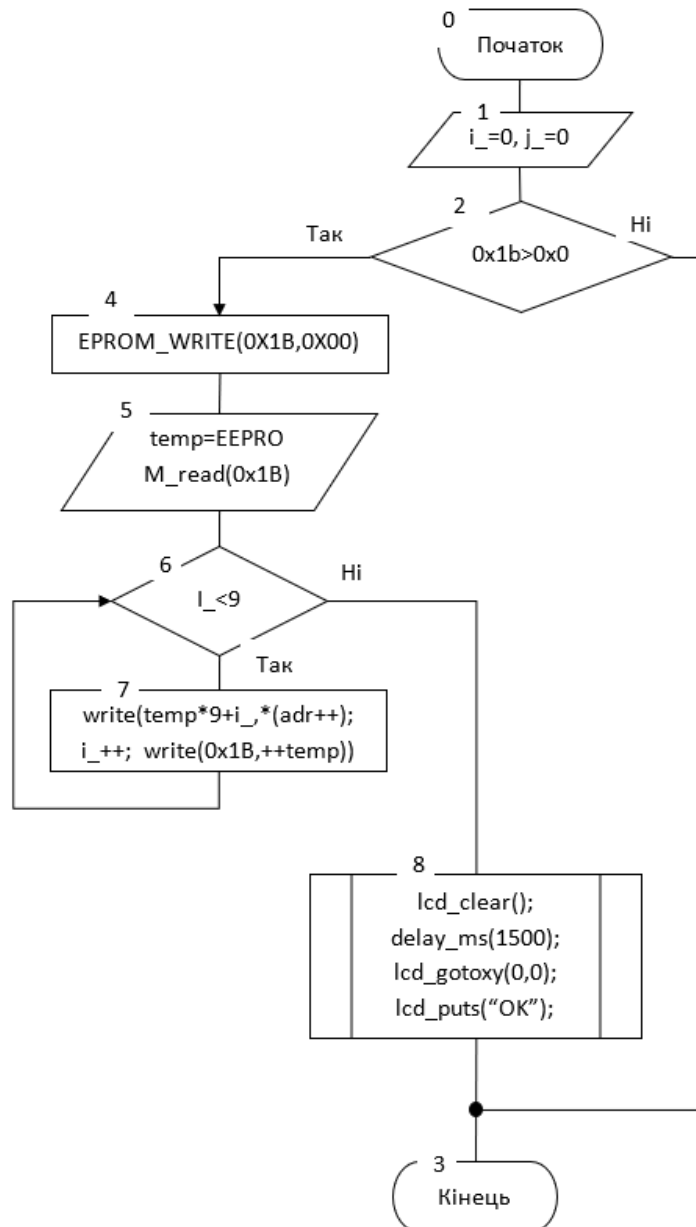


Рис. 3.6. Блок-схема підпрограми «Запис номера ключа в пам'ять мікроконтролера»

В основній програмі комп'ютерно-інтегрованої системи керування зовнішнім освітленням здійснюється автоматичне ввімкнення/вимкнення

Для налагодження програми, створеної в середовищі CodeVisionAVR, використовується програма Proteus.

3.3. Розроблення принципової електричної схеми комп'ютерно-інтегрованої системи керування зовнішнім освітленням

Згідно із завданням, розроблено принципову електричну схему керування зовнішнім освітленням з альтернативним джерелом живлення. На рис. 3.8 показана загальна схема комп'ютерно-інтегрованої системи керування зовнішнім освітленням, а на рис. 3.9 показана схема блоку керування розроблюваної системи.

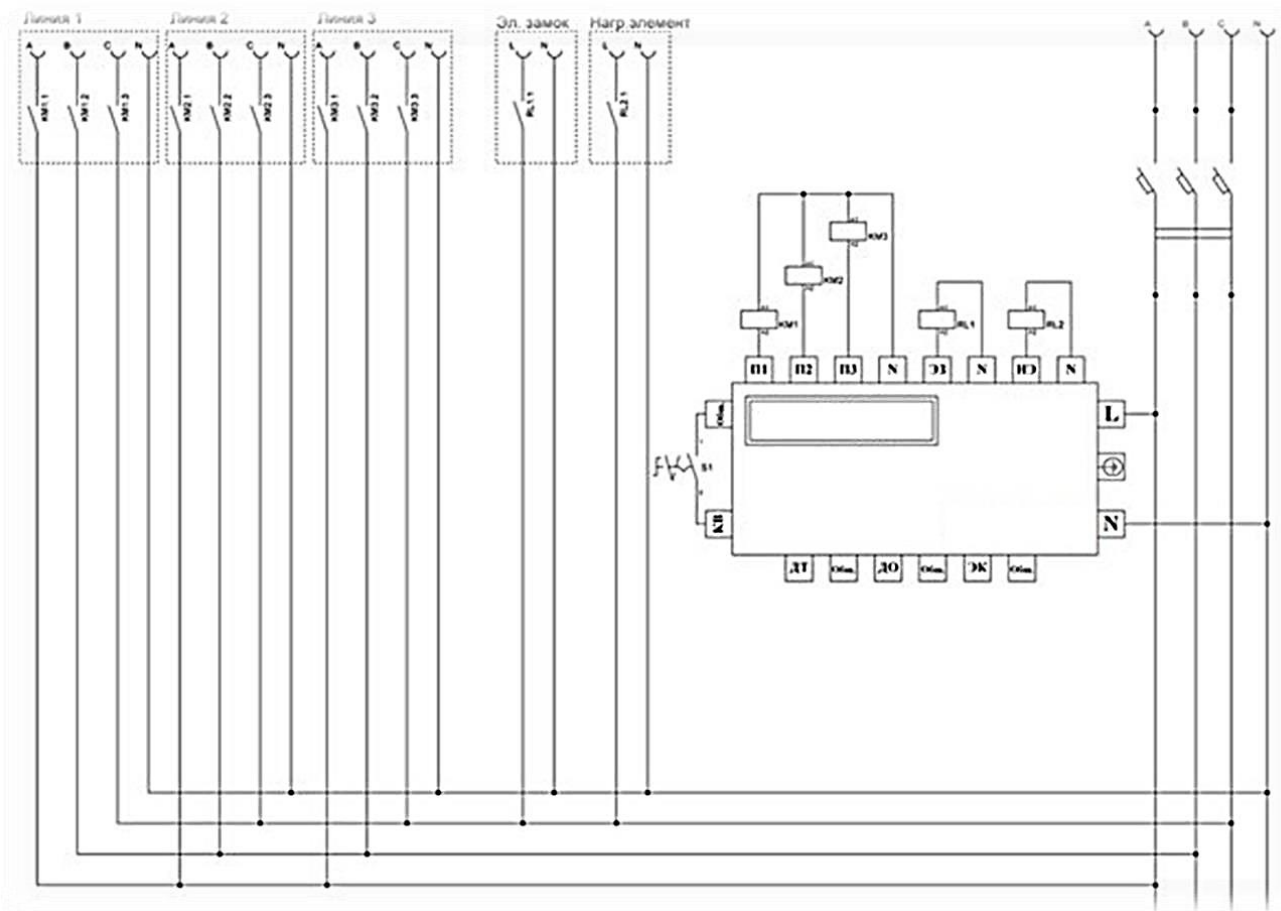


Рис. 3.8. Принципова електрична схема комп'ютерно-інтегрованої системи керування зовнішнім освітленням

- П1, П2, П3 – керування стартерами;
- S1 – кінцевий вимикач використовується для замикання;
- клеми А, В, С – автоматичний вимикач;
- лінія 1, лінія 2, лінія 3 – контакти стартерів КМ;

- КМ1, КМ2, КМ3 – котушки стартерів;
- ЕЗ – електронний замок;
- ЕК – електронний ключ;
- ДТ – датчик температури;
- ДО – датчик освітленості;
- Tr, vd, C, L1, L2 – всі елементи відносяться до блоку живлення;
- БКН1, БКН 2, БКН 3 – блок керування навантаженням складається з симісторної оптопари мос3041, резистора і конденсатора, призначеного для шунтування керуючого переходу симістора з метою підвищення шумостійкості.

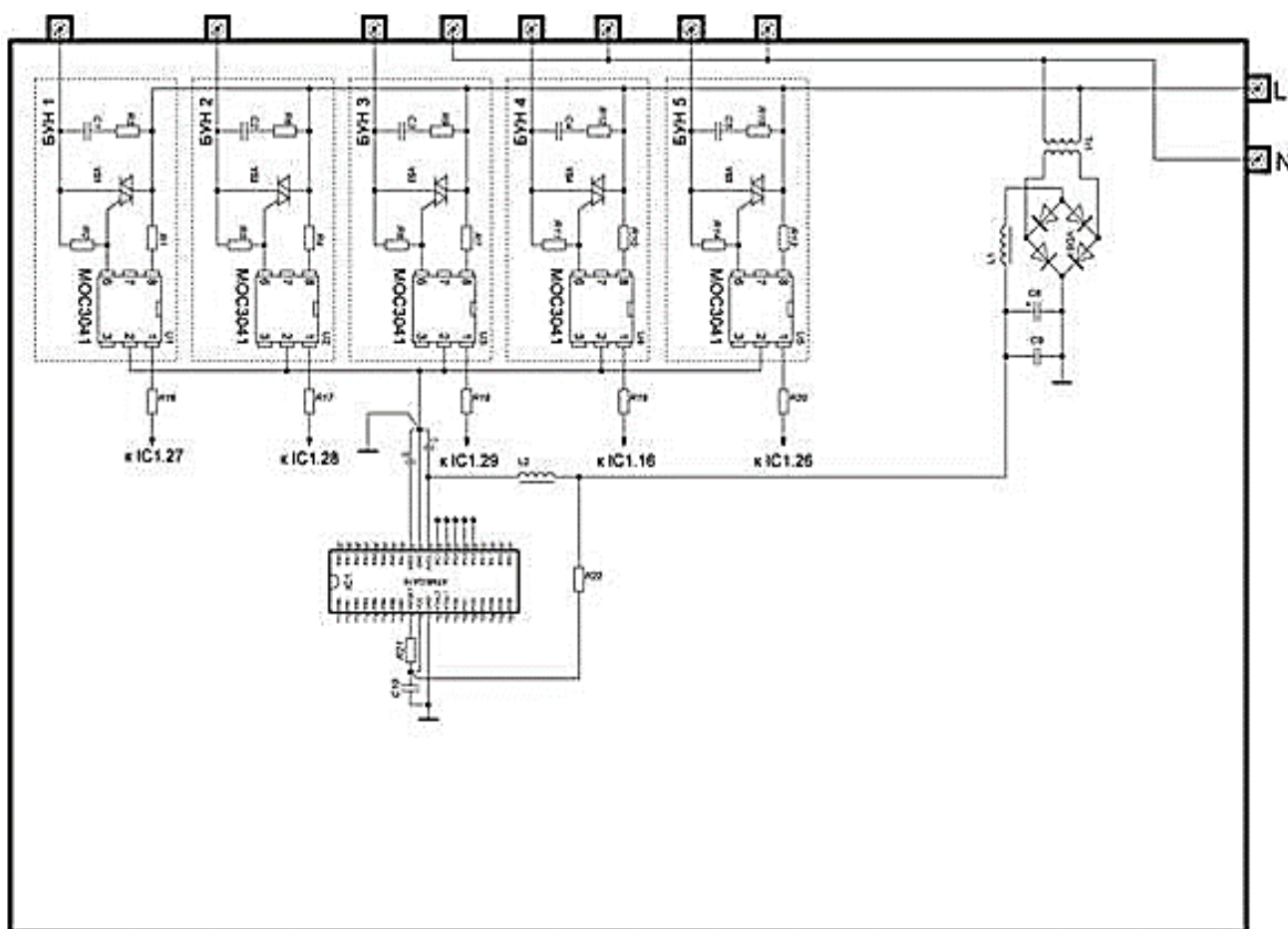


Рис. 3.9. Принципова електрична схема блоку керування зовнішнім освітленням

На основі схеми створено модель комп'ютерно-інтегрованої системи керування зовнішнім освітленням за допомогою програми Proteus ISIS 7 Professional для налагодження алгоритму програми, створеної в середовищі

CodeVisionAVR. На моделі комп'ютерно-інтегрованої системи управління зовнішнім освітленням показано блоки керування нагрівальними елементами, блок управління трьома пускачами, блок контролю і управління доступом і елементи, необхідні для управління (див. рис. 3.10).

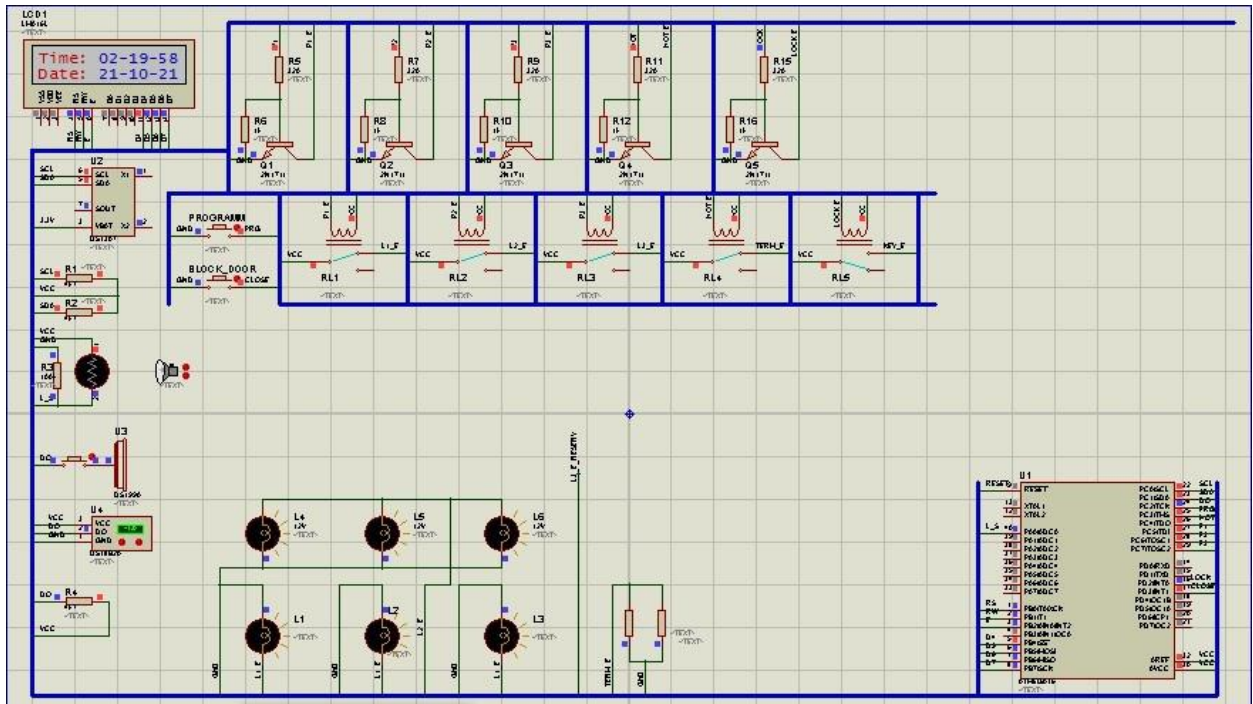


Рис. 3.10. Загальна схема комп'ютерно-інтегрованої системи керування зовнішнім освітленням

Щоб підключити контролер, спочатку потрібно завантажити код програми, створеної в середовищі CodeVisionAVR. У вікні Edit Component вказуємо шлях до файлу (див. рис. 3.11).

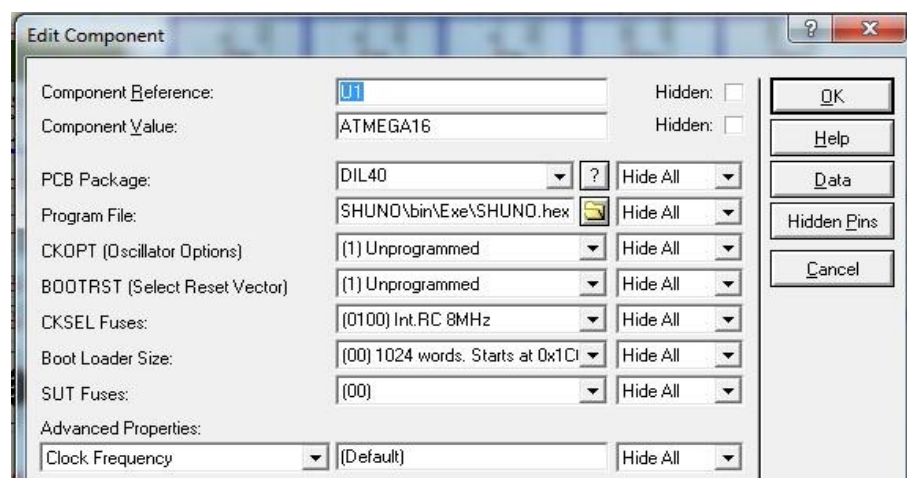


Рис. 3.11. Вказання шляху до файлу для завантаження програми в контролер
Опис вводу-виводу:

- Vcc, GND – на ці виводи подається живлення: GND – GROUND (земля) - точка нульового потенціалу мікросхеми, Vee - мінус живлення мікросхеми по відношенню до GND, Vcc - плюс живлення мікросхеми по відношенню до GND;
- SCL (Serial Clock Input – вхід послідовних синхроімпульсів)- для задання тактової частоти та синхронізації даних інтерфейсу I2C;
- SDA (Serial Data Input/Output – вхід/вихід послідовних даних) — це шина даних протоколу I2C;
- Avcc – напруга живлення АЦП;
- AREF – опорне живлення для АЦП;
- L_S – лінія для датчика освітленості;
- RS – для збору роботи екрану;
- RW – запис зчитування: 0-запис, 1-зчитування;
- E – роздільна здатність виведення символів;
- D4, D5, D6, D7 – вхід даних (порти вводу-виводу);
- DQ – шина даних для протоколу 1wire;
- PRG – сигнал на програмування (для запису адрес ключів в пам'ять контролера);
- Hot – сигнал для вмикання нагрівальних елементів;
- P1, P2, P3 – сигнал для включення пускачів;
- Lock – сигнал на електронний замок;
- Close – сигнал з кінцевого вимикача;
- LE_1, LE_2, LE_3 – сигнал ввімкнення ламп.

Блоки керування трьох пускачів необхідні для забезпечення автоматичного ввімкнення/вимкнення вуличного освітлення, відповідно до зазначеного річного сезонного графіка, для цього підключається годинник реального часу, що працює в тандемі з датчиком освітленості (див. рис. 3.12).

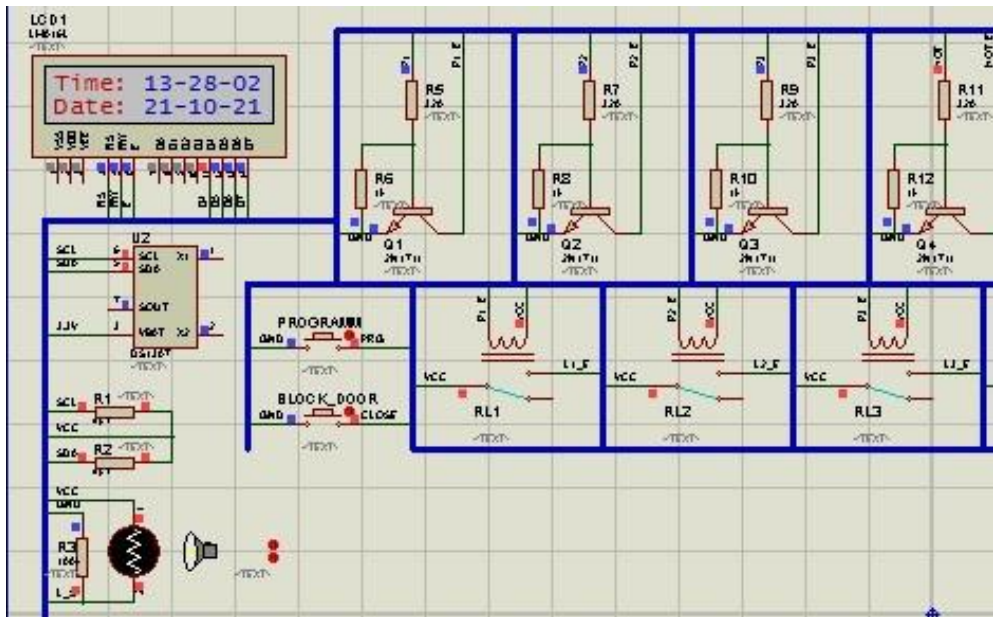


Рис. 3.12. Блоки керування трьома пускачами

Якщо рівень освітленості відповідає повному затемненню і заданому сезонному графіку, то вмикаються всі три лінії стартера і загораються дворівневі лампи (див. рис. 3.13).

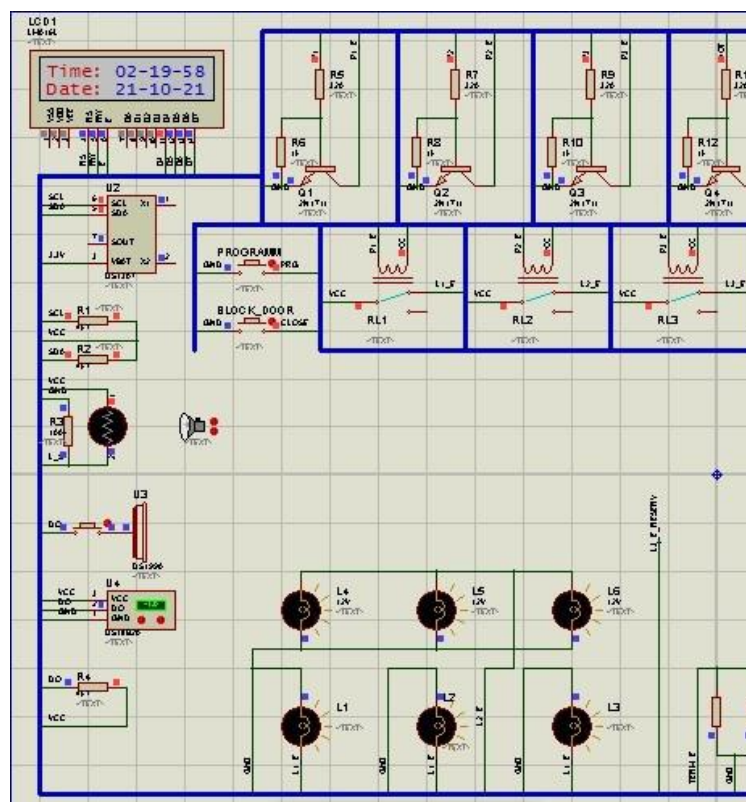


Рис. 3.13. Стан вуличного освітлення вночі

Якщо рівень освітленості відповідає сутінкам і збігається з заданим графіком, то вмикається одна лінія стартера і загоряється нижній ярус ламп (див. рис. 3.14).

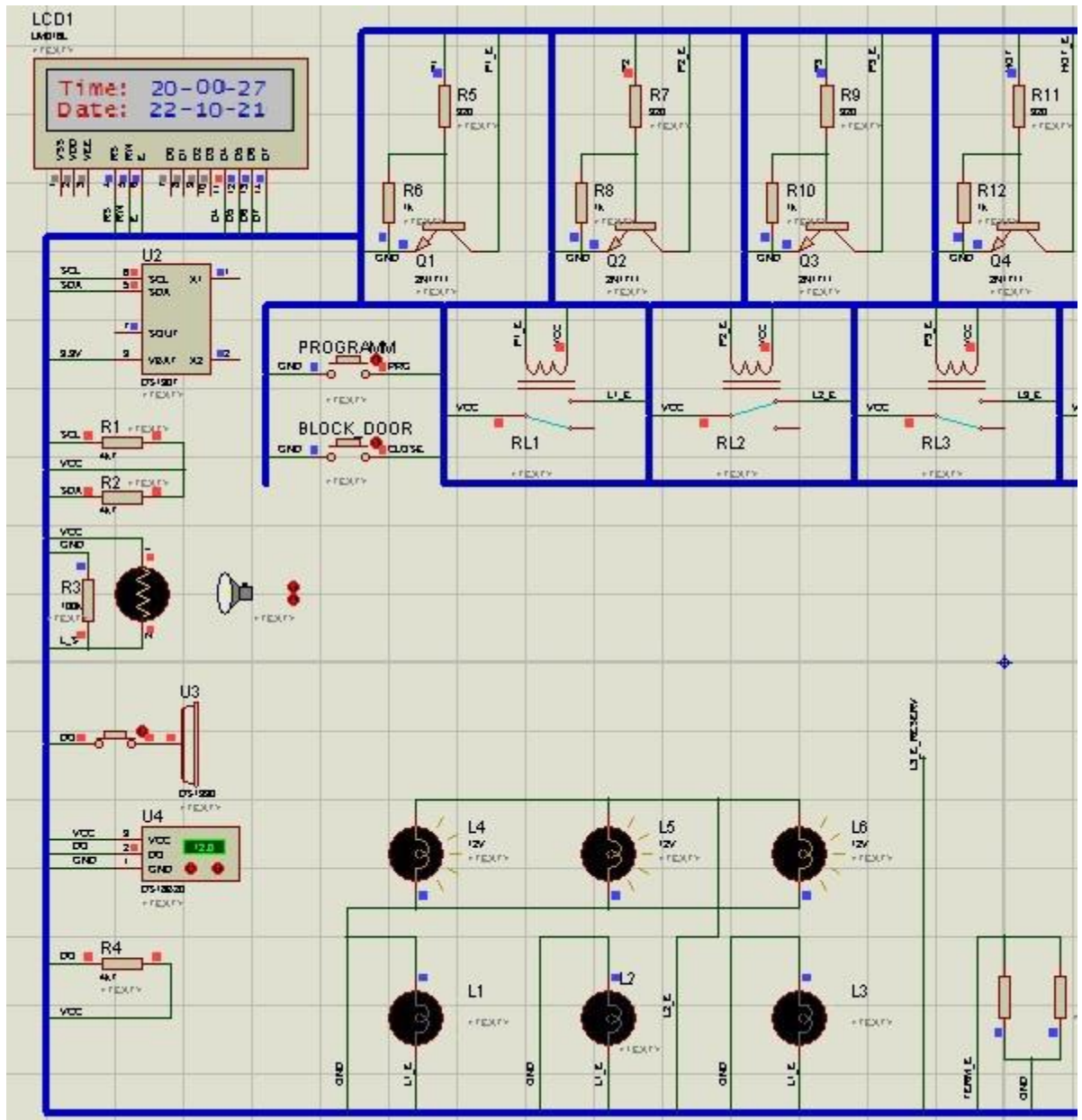


Рис. 3.14. Стан ламп у сутінках

При денному світлі всі три лінії стартера вимикаються, відповідно лампи не загораються (див. рис. 3.15). Час і дата виводяться на екран.

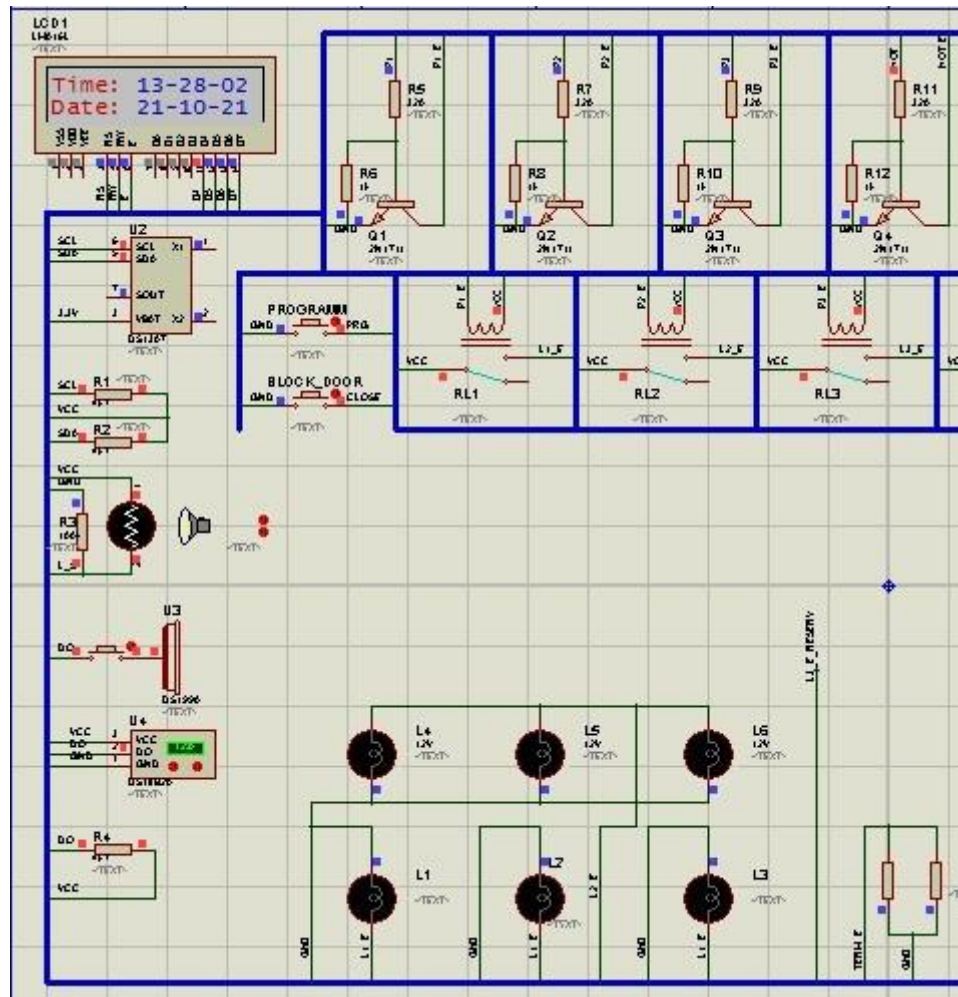


Рис. 3.15. Стан ламп при денному світлі

Блок керування нагрівальними елементами складається з датчика температури і нагрівального елемента. Датчик температури необхідний для контролю температури навколишнього середовища, якщо температура нижче нуля, нагрівальні елементи для обігріву ламп розжарювання вмикаються (див. рис. 3.16).

При відсутності серійного номера ключа в пам'яті контролера і несанкціонованого доступу спрацьовує автоматичний дверний замок (див. рис. 3.18).

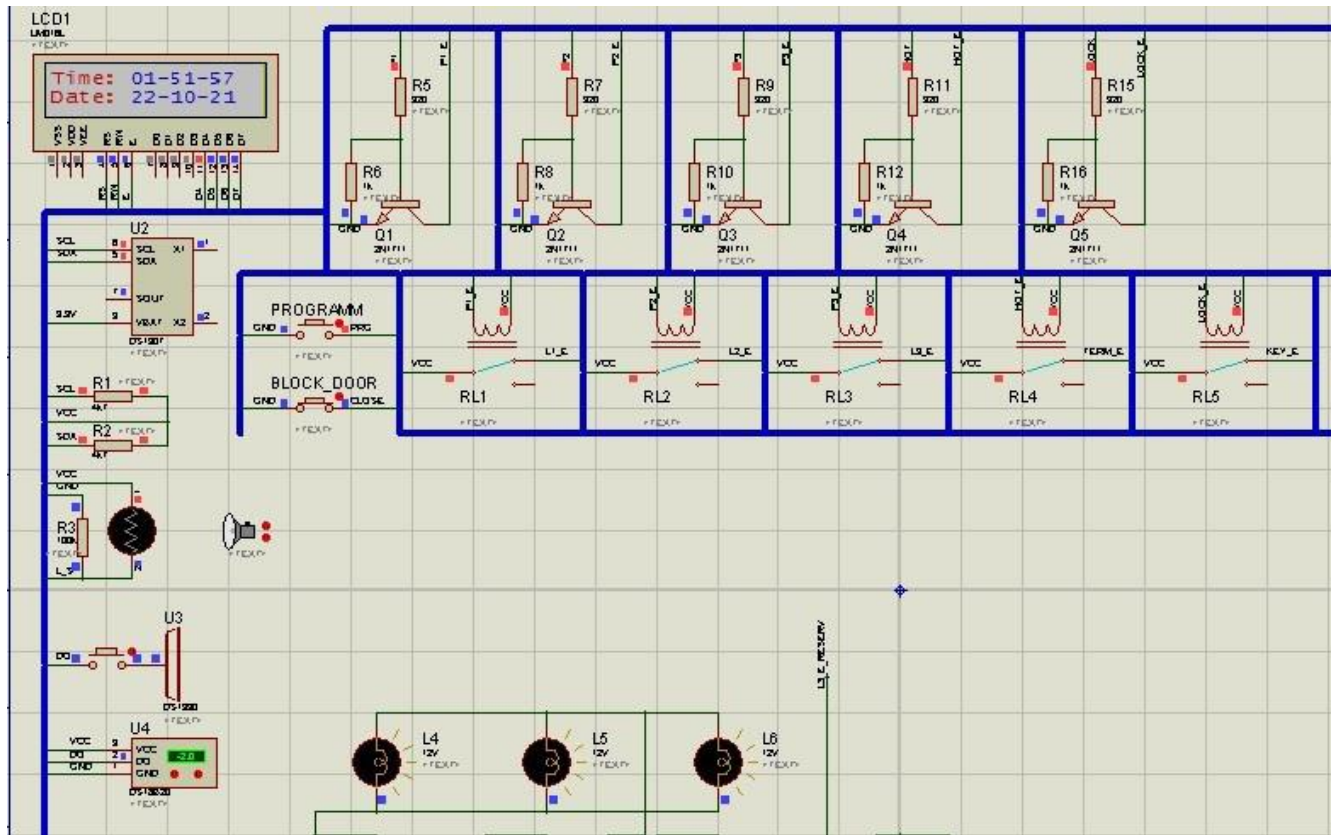


Рис. 3.18. Запис серійного номера ключа в пам'ять контролера

3.4. Розроблення програмного забезпечення сонячних батарей

Для моделювання роботи сонячних батарей використовують програму Proteus 7 Professional ISIS. У цій програмі була створена модель роботи сонячних батарей, яка складається з елементів заміни сонячних панелей, схеми заміни акумуляторних блоків, елементів споживача (див. рис. 3.19).

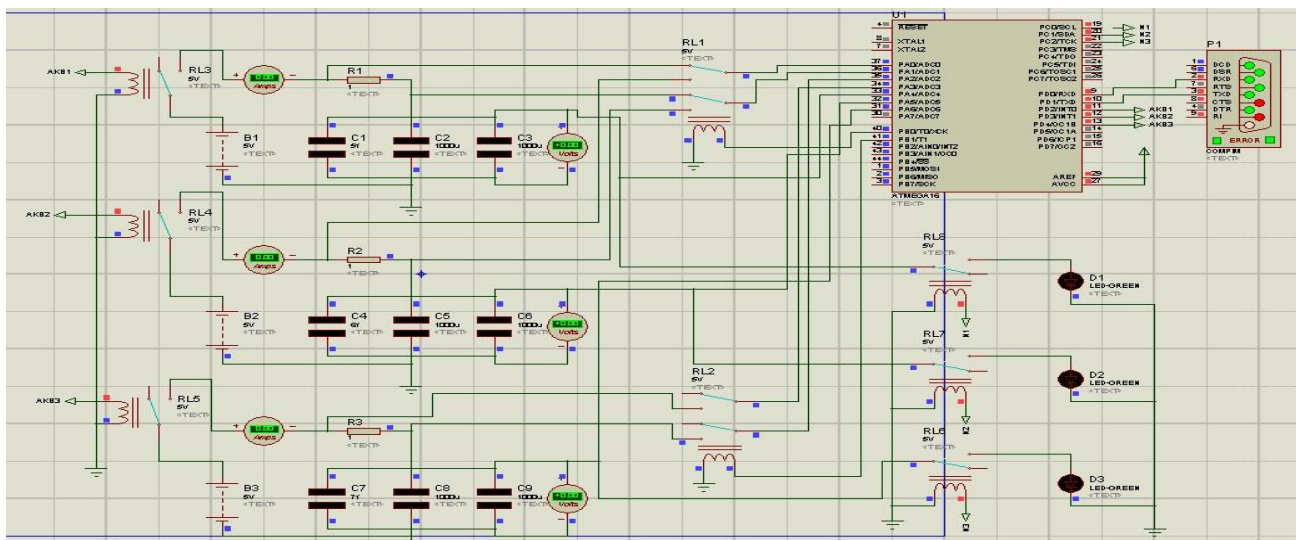


Рис. 3.19. Загальна схема роботи сонячних батарей

Опис входів/виходів:

- АКВ1, АКВ2, АКВ3 – сигнал для ввімкнення/вимкнення заряду акумуляторних батарей;
- RL3, RL4, RL5 – реле заряду;
- В1, В2, В3 – елементи заміни роботи сонячних батарей;
- R1, C1, C2, C3 – схема заміни 1 групи акумуляторних батарей;
- R2, C4, C5, C6 – схема заміни 2 групи акумуляторних батарей;
- R3, C7, C8, C9 – схема заміни 3 групи акумуляторних батарей;
- Amps, Volts – допоміжні елементи для налагодження роботи сонячних батарей, показує струм і напругу акумуляторних батарей;
- RL1 – реле для перемикання каналів зміни струмів і напруги для першої і другої груп акумуляторів;
- RL2 – реле для перемикання каналів зміни струмів і напруги для третьої групи акумуляторів;
- RL6, RL7, RL8 – сигнал на вмикання споживання;
- D1, D2, D3 – навантаження (споживач);
- COMPIМ - компонент дозволяє пов'язувати схему з COM-портом ПК, що дозволяє обробляти запити, що надходять від пристроїв,

підключених до цього COM-порту, як ніби вони підключені до емульованого пристрою або терміналу.

3.5. Розроблення SCADA-системи для візуалізації стану комп'ютерно-інтегрованої системи керування зовнішнім освітленням з альтернативним джерелом живлення

3.5.1. Вибір інтерфейсів

Сигнали інтерфейсу RS-232 передаються перепадами напруги величиною (3...15) В, тому довжина лінії зв'язку RS-232 зазвичай обмежується відстанню в кілька метрів через низький шумовий захист. Інтерфейс RS-232 доступний на кожному ПК-сумісному комп'ютері, де використовується в основному для підключення модема, а рідше - для передачі даних на невелику відстань від одного комп'ютера на інший. Передача здійснюється послідовно, слово за словом, кожне слово довжиною (5...8) біт передує початковий біт і закінчується опціональним бітом парності і стоп-бітами. Інтерфейс RS-232 принципово не дозволяє створювати мережі, так як з'єднує всього 2 пристрої (див. рис. 3.20).

Інтерфейс RS-485 широко розповсюджений високошвидкісний промисловий послідовний інтерфейс передачі даних. Практично всі сучасні комп'ютери в промисловому виконанні, більшість інтелектуальних датчиків і виконавчих приладів, програмовані логічні контролери поряд з традиційним інтерфейсом RS-232 містять в своєму складі ту чи іншу реалізацію інтерфейсу RS-485 (див. рис. 3.21).

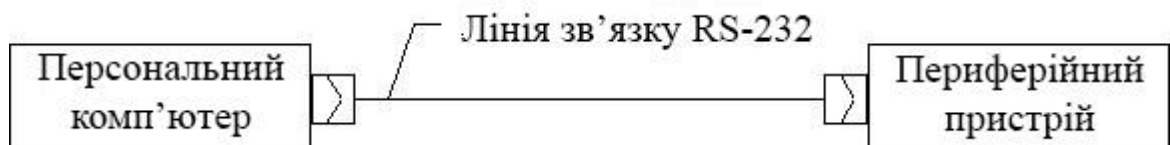


Рис. 3.20. Інтерфейс RS-232

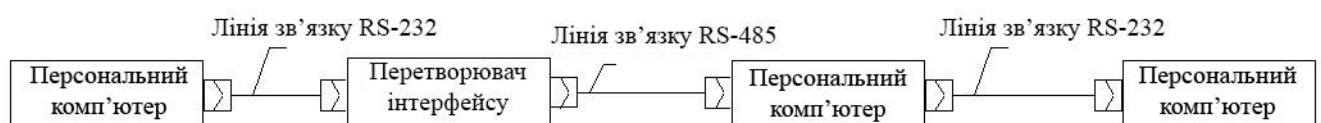


Рис. 3.21. Сумісність інтерфейсів RS-232 і RS-485

Сигнали інтерфейсу RS-485 передаються диференціальними перепадами напруги величиною (0,2...8) В, що забезпечує високу стійкість до шумів і загальну довжину лінії зв'язку до 1 км (або більше за допомогою спеціальних пристроїв - репітерів) [17].

У даній роботі використовується протокол RS-232, оскільки він забезпечує передачу даних і деяких спеціальних сигналів між терміналом (Data Terminal Equipment, DTE) і комунікаційним пристроєм (Data Communications Equipment, DCE) на відстані до 15 метрів. Все обладнання, підключене за протоколом RS-232, ділиться на DCE (Data Communications Equipment, обладнання для передачі даних) і DTE (Data Terminal Equipment, термінальне обладнання), не можна підключити два DTE або два DCE.

Далі приступимо до створення візуалізації в графічному програмному середовищі Borland Delphi. Щоб створити зв'язок між двома програмними продуктами, середовища розробки Proteus 7 Professional ISIS і SCADA - системи, створеної в графічному середовищі Borland Delphi, необхідно використати VSPE-програми віртуальних портів. Обмін між цими програмами здійснюється через COM-порти. За допомогою VSPE створюємо віртуальні пристрої, з'єднані через COM2- для отримання/передачі даних з програмним середовищем Proteus 7 Professional ISIS і COM1 - для отримання/передачі даних з графічного середовища Borland Delphi (див. рис. 3.22).

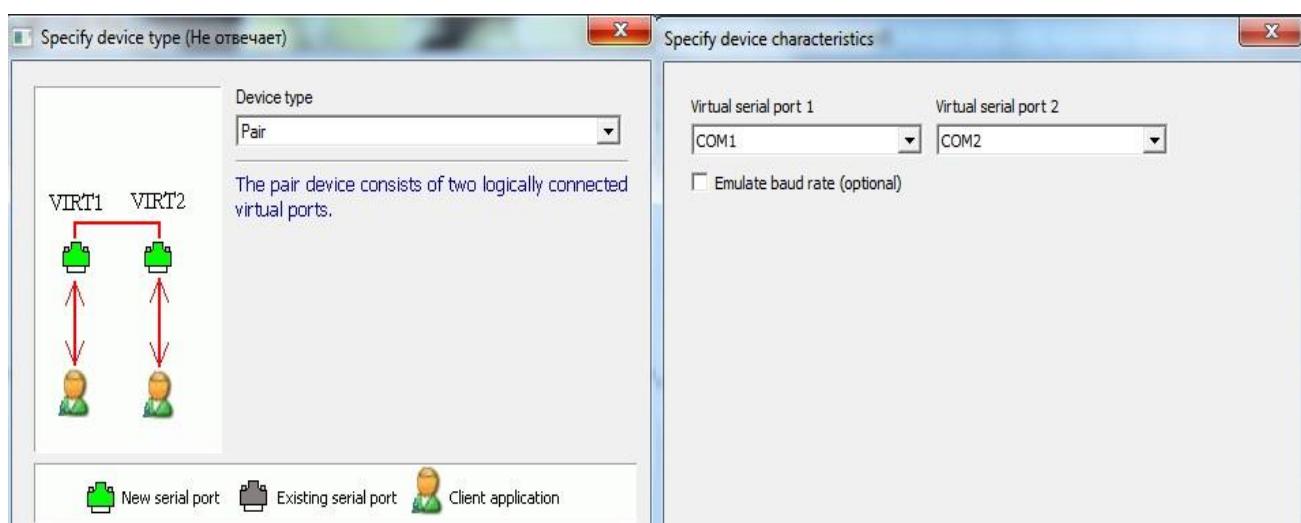


Рис. 3.22. Створення віртуальних портів

3.5.2. Методи передачі керуючих сигналів

Комп'ютерно-інтегровані системи керування зовнішнім освітленням з альтернативним джерелом живлення зазвичай працюють під керуванням зонального контролера або сервера. Залежно від алгоритму керування контролер формує сигнал, наприклад, аварійне відключення групи вуличних ліхтарів. Для передачі цього сигналу на виконавчі пристрої використовуються наступні засоби:

- лінії сигналу низького струму (виті пари, Ethernet і т.д.);
- радіоканал;
- GSM-канал;
- передача сигналу по силовому кабелю.

Таблиця 2.4

Порівняння методів передачі керуючих сигналів

№		Лінії сигналу низького струму	GSM-канал	Силові лінії електропередач	Радіоканал
1	2	3	4	5	6
1	Адресація (економічно доцільно)	Можливість контролювати окремі частини	Лише керування групами	Лише керування групами	Лише керування групами
2	Метод керування	Цифровий протокол керування, наприклад, на основі календарного розкладу	Телефонний дзвінок або SMS на контролер в шафі керування	Управління по силовому кабелю, підключеному до контролера в шафі керування	Передача радіосигналу з диспетчерської на приймач в шафі керування
3	Фактори, які впливають на надійність	Накопичення помилки відліку часу	Залежність від навантажень та публічної мережі оператора GSM.	У разі поломки потрібне ручне перемикання кабелю.	Радіоперешкоди можуть призвести до неможливості отримання сигналу керування

Продовження таблиці 2.4

	2	3	4	5	6
4	Витрати на оплату праці	Високі витрати на робочу силу	Низькі витрати на робочу силу у зв'язку з використанням мережі публічного використання	При індивідуальному керуванні, прокладання кабелів трудовозатратне	Високі витрати на робочу силу при установці приймачів-передавачів
5	Покриття	Прив'язка до міста/області	Покриття стільникового зв'язку	Довжина силового кабелю керування не може перевищувати 1 км.	Керування можливе тільки в зоні впевненого прийому радіосигналу.
6	Розмір території	Район міста, невеликий населений пункт	Місто і найближче передмістя	Обмежена територія	Місто і передмістя, територія вздовж автомобільних доріг
7	Фактори витрат	Індивідуальний блок керування в кожному ліхтарі	Абонентська плата та плата для з'єднання, передачі повідомлень	Вартість прокладання індивідуальних силових кабелів	Вартість обладнання диспетчерської, релейних станцій і приймачів
8	Фактори, які впливають на вартість обслуговування	Постійно потрібні коригування таймера		Високі витрати на ремонт електрообладнання	Потрібен кваліфікований диспетчер

3.5.3 Застосування GSM-каналу

Сучасні системи автоматичного керування вуличним освітленням за допомогою GSM - модему побудовані на тривірневій архітектурі (див. рис. 3.23):

- блок безпосереднього керування сонячною батареєю або групою сонячних батарей;
- центральний сервер території.

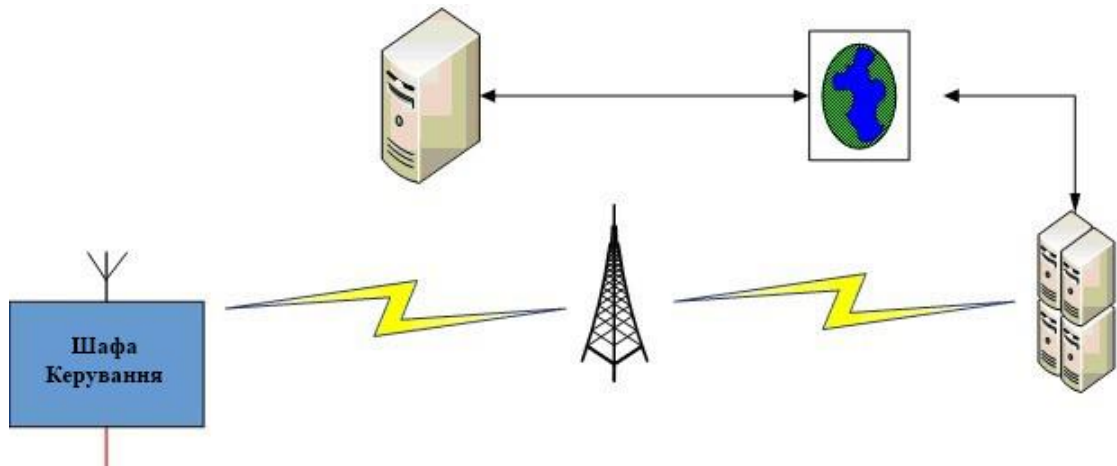


Рис. 3.23. Схема керування альтернативним джерелом за допомогою GSM-каналу

У такій системі будь-яка сонячна батарея може бути включена або вимкнена сигналом з центрального сервера.

Система індивідуального керування через GSM-канал в даний час широко використовується, незважаючи на високу вартість GSM-модемів і необхідність установки індивідуальних SIM-карт в кожен одиницю і подальший облік витрат. Тому GSM-канал використовується тільки на рівні зональної шафи керування.

Умовні позначення схеми керування альтернативним джерелом електроенергії наведені на рис. 3.24.

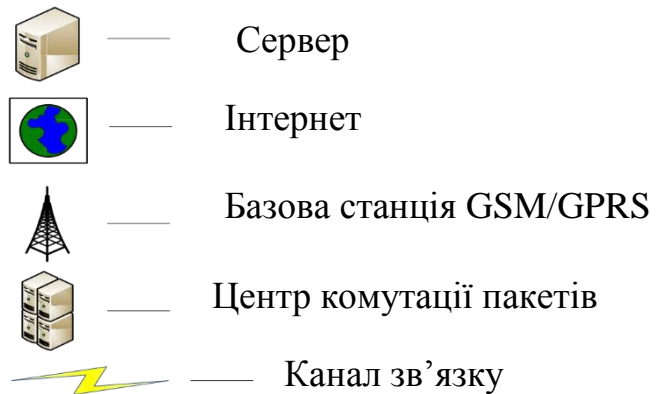


Рис. 3.24. Умовні позначення для схеми керування

3.5.4 Візуалізація стану комп'ютерно-інтегрованої системи керування зовнішнім освітленням з альтернативним джерелом живлення

Згідно програми, створеної в Proteus 7 Professional ISIS, було розроблено програмне забезпечення (див. рис. 3.25), яке включає:

- 1) Керування та контроль заряду акумуляторної станції;

2) Перемикання джерела живлення для комп'ютерно-інтегрованої системи керування зовнішнім освітленням.



Рис. 3.25. Головне вікно системи керування та контролю альтернативним джерелом живлення

Для відображення струму і напруги, а також рівня заряду акумуляторів необхідно розроблену SCADA-систему пов'язати з програмою, створеною в Proteus 7 Professional ISIS, для цього ми налаштуємо COM-порти. Щоб увімкнути заряд акумулятора, необхідно натиснути кнопку живлення, якщо напруга акумулятора на виході менше 14 В, тобто заряд акумулятора коливається від 31% до 95%, тоді джерелом живлення шафи керування буде мережа (див. рис. 3.26). Якщо напруга акумулятора на виході становить 14,5 В, тобто заряд становить 100%, то забороняється заряджання акумулятора і дозволяється споживання електроенергії з сонячних панелей (див. рис. 3.27). Після дозволу споживання електроенергії від сонячних батарей іде їх розряджання, при повному розряді сонячних батарей відбувається автоматичне перемикання живлення, також можна відкрити модель шафи керування у вікні оператора.



Рис. 3.26. При заряді акумулятора від 30% до 95%, джерелом живлення комп'ютерно-інтегрованої системи керування зовнішнім освітленням є електромережа

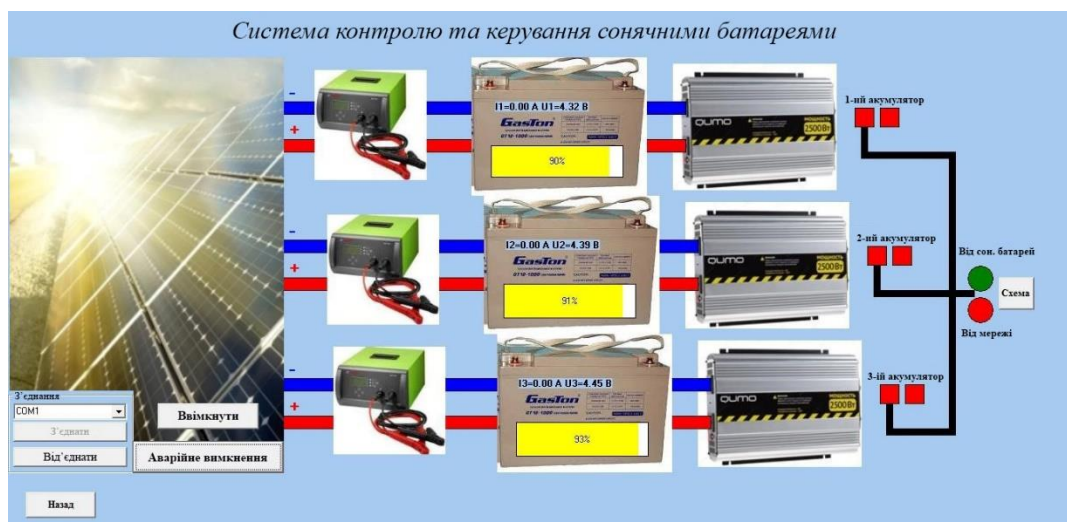


Рис. 3.27. При заряді акумулятора від 95% до 100%, джерелом живлення комп'ютерно-інтегрованої системи керування зовнішнім освітленням є сонячні батареї

Аварійне відключення системи контролю та керування альтернативного джерела живлення використовується при перегріванні акумулятора (див. рис. 3.28).



Рис. 3.28. Аварійне відключення при перегріві акумуляторів

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3

1. При аналізі середовищ програмування виявлено, що за своїми критеріями і характеристиками найбільш підходящим середовищем програмування для розроблюваної системи є CodeVisionAVR. Прийнято рішення застосувати програму Proteus для налагодження програми, створеної в середовищі CodeVisionAVR.
2. Розроблено алгоритм і програму для контролера який відповідає за функціонування всіх компонентів системи разом відповідно до зазначеного сезонного графіка, контролю та керування доступу, нагрівальних елементів.
3. Розроблено принципову електричну схему комп'ютерно-інтегрованої системи керування зовнішнім освітленням та схему блоку керування розроблюваної системи.
4. На основі принципової електричної схеми створено імітаційну модель комп'ютерно-інтегрованої системи керування зовнішнім освітленням за допомогою програми Proteus ISIS 7 Professional для налагодження алгоритму програми, створеної в середовищі CodeVisionAVR.
5. Створена імітаційна модель роботи сонячних батарей, яка складається з елементів заміни сонячних панелей, схеми заміни акумуляторних блоків, елементів споживача.
6. За допомогою SCADA-системи розроблений графічний інтерфейс, який відображає стан системи в реальному часі, надаючи можливість керування та контролю заряду акумуляторної станції; перемикання джерела живлення для комп'ютерно-інтегрованої системи керування зовнішнім освітленням.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ

1. В ході виконання магістерської роботи досліджено нинішній стан систем вуличного освітлення та виявлені їх недоліки.
2. Розглянуті можливі альтернативи структурних компонентів комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизованого керування зовнішнім освітленням з альтернативним джерелом живлення, обрана конфігурація, яка максимально задовольняє економічні, енергоефективні потреби.
3. Розроблено структурну схему комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизованого керування зовнішнім освітленням з альтернативним джерелом живлення та відображено концепцію розроблюваної системи.
4. Розроблено алгоритм і програму для контролера який відповідає за функціонування всіх компонентів системи разом відповідно до зазначеного сезонного графіка, контролю та керування доступу, нагрівальних елементів.
5. Розроблювана комп'ютерно-інтегрована система автоматизованого керування зовнішнім освітленням з альтернативним джерелом живлення оснащена системою захисту від несанкціонованого доступу, перегріву, переохолодження, перенавантаження, короткого замикання, що дозволить збільшити строк експлуатації системи.
6. Створена імітаційна модель роботи сонячних батарей, яка складається з елементів заміни сонячних панелей, схеми заміни акумуляторних блоків, елементів споживача.
7. За допомогою SCADA-системи розроблений графічний інтерфейс, який відображає стан системи в реальному часі, надаючи можливість керування та контролю заряду акумуляторної станції; перемикання джерела живлення для комп'ютерно-інтегрованої системи керування зовнішнім освітленням. Це дасть змогу налаштувати систему під певні потреби та швидко реагувати на нештатні ситуації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Enerdata: Внутреннее потребление электроэнергии [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://yearbook.enerdata.ru/electricity/electricity-domestic-consumption-data.html>
2. Minfin: Населення України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://index.minfin.com.ua/ua/reference/people/>
3. Укренерго: електроспоживання [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ua.energy/peredacha-i-dyspetcheryzatsiya/dyspetcherska-informatsiya/elektrospozhyvannya/>
4. GLOBAL-NATIONAL.IN.UA: Дослідження експортно-імпортової діяльності світлотехнічних підприємств як складової їх економічної безпеки [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://global-national.in.ua/archive/21-2018/72.pdf>
5. CORE.AC.UK: Проблема енергозбереження в освітлювальних установках [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://core.ac.uk/download/pdf/60844972.pdf>
6. Колонтаєвський Ю. П. Перетворювальна техніка в нетрадиційній та відновлювальній електроніці / Д. В. Тугай : Навчальний посібник. – Харків: ХНУМГ, 2019
http://eprints.kname.edu.ua/53211/1/2018_%D0%9F%D0%95%D0%A7_14%D0%9D%20%D0%9F%D0%A2.pdf
7. Ecodevelop: Альтернативні джерела енергії [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ecodevelop.ua/alternativni-dzherela-energiyi/>
8. MOESONCE: Акумулятори [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://moesonce.com/static/akumulyatori.html>
9. 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. – 52с. <https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/28322/1/FEP-RR.pdf>

10. Electric-guide: Схема підключення сонячних панелей [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://electric-guide.com/connection-diagram-of-solar-panels.html>
11. The-village: У місті запустили систему управління вуличним освітленням: вона може економити до 80% енергії [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.the-village.com.ua/village/city/city-news/280291-u-misti-zapustili-sistemu-upravlinnya-vulichnim-osvitlenniam-vona-mozhe-ekonomiti-do-80-energiyi?from=readmore>
12. Вc-rada: Презентація проекту «Енергоаудит зовнішнього освітлення міста Біла Церква» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://new.bc-rada.gov.ua/pro_misto/novyny/prezentatsiya_proektu_energoaudit_zovnishnogo_osvitlennya_mista_bila_tserkva.html
13. Микропроцессоры и микроконтроллеры: Основні характеристики мікроконтролера АТmega16 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.microchipinf.com/articles/55/723>
14. Wikipedia: CodeVisionAVR [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/CodeVisionAVR>
15. АрхивИнфо: Мікроконтролери фірми АТМЕL [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.arhivinfo.ru/2-55140.html>
16. Hddrecover: Створення проекту для stm32 в iar. Створення проекту. Функціонування прошивки контролера [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://hddrecover.ru/browsers/sozdanie-proekta-dlya-stm32-v-iar-sozdanie-proekta-funkcionirovanie/>
17. Waykun: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ua.waykun.com/articles/vstanoviti-doslidnim-shljahom.php>

18. Інституційні та технічні аспекти реформування житлово-комунального господарства – 2005: матеріали міжнародного конгресу. – К.: ХНАМГ, 2005.
19. ДБН В. 2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення. – К.: Мінбудархітектури, 2006.
20. ДСТУ Б.В.2.2-6-97. Державний стандарт України. Будинки і споруди. Методи вимірювання освітленості. – К.: Укрархбудінформ, 1998.
21. КП "Київміськвітло": Історія виникнення та розвитку зовнішнього освітлення в місті Києві [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.gorsvet.kiev.ua/pidpriumstvo/istoriia-pidpriumstva>.
22. Урядовий портал: Сучасне вуличне освітлення в Україні має бути енергоекономічним [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.kmu.gov.ua/news/suchasne-vulichne-osvitlennya-v-ukrayini-maye-buti-energoekonomichnim-lev-parchaladze>.
23. Вставская Е. В. Построение систем управления сложными комплексами наружного освещения / Е. В. Вставская, Т. А. Барбасова // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». – 2011. – Вып. 14, №23 (240).
24. Рейцен Є. О. Світловий код зовнішнього освітлення міста / Є. О. Рейцен, Н. М. Кучеренко, О. Л. Гончар: матеріали III міжнародної н/технічної конференції «Світлотехніка і електроніка» – Тернопіль, 2008.
25. Рейцен Є. О. Зовнішнє освітлення міст України. Історія, сучасність, майбутнє // Містобудування та територіальне планування: Наук.-техн. збірн. – Вип. 31 – К.: КНУБА, 2008.
26. Агабеков В. Б. Городские энергетические сети: справочник / В. Б. Агабеков, В. М. Крючков. – М.: Стройиздат, 1987.
27. Салтиков В. О. Освітлення міст: Навч. посібник. — Харків: ХНАМГ, 2009.

28. Суворова, И. А. Электротехнологические промышленные установки и освещение : учеб. пособие для вузов / И. А. Суворова. Вятский гос. ун-т. – ВУЗ: Изд-во - Киров: ВятГУ, 2007.
29. Бейербах В. А. Инженерные сети, инженерная подготовка и оборудование территорий, зданий и стройплощадок / В. А. Бейербах. – Ростов на Д.: Феникс, 2005.
30. Чирчик С. В. Світлодизайн : навч. посіб. / С. В. Чирчик. — 2-ге вид. — Київ : ДП “Вид. дім “Персонал”, 2018.
31. Правила улаштування електроустановок. Розділ 6. Електричне освітлення – К.: 2006.
32. Денисюк С. П. Формування політики підвищення енергетичної ефективності – сучасні виклики та європейські орієнтири // Енергетика: економіка, технології, екологія. – К, 2013.
33. Барбасова Т. А. Определение параметров эксплуатационной надежности элементов систем управления уличного освещения / Т. А. Барбасова, Е. В. Вставская, А. А. Захарова // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». – 2011. – Вып. 14, №23 (240).
34. Енергетична ефективність України. Кращі проектні ідеї [Електронне видання]: Проект «Професіоналізація та стабілізація енергетичного менеджменту в Україні» / Уклад.: С. П. Денисюк, О. В. Коцар, Ю. В. Чернецька. – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2016.
35. Кнорринг Г. М. Осветительные установки / Г. М. Кнорринг. – Л.: Изд-во Энергоиздат, 1981.
36. Іоффе К. І. Конспект лекцій з дисципліни «Системи керування світлотехнічними пристроями» (для магістрів денної і заочної форм навчання спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка (спеціалізація «Світлотехніка і джерела світла»)) / К. І.

- Юффе, О. Л. Черкашина; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018.
37. Музалевская Г. Н. Инженерные сети городов и населенных пунктов / Г. Н. Музалевская. – М., 2006.
38. Казаринов Л. С. Автоматизированные системы управления энергоэффективным освещением: монография / Л. С. Казаринов, Д. А. Шнайдер, Т. А. Барбасова, Е. В. Вставская и др.; под ред. Л. С. Казаринова. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, издатель Т. Лурье, 2011.
39. Говоров П. П. Освітлювальні електричні системи та мережі / П. П. Говоров, В. О. Перепечений, В. П. Говоров // ХНАМГ. – Х.: 2009.
40. СНиП 3.05.06-85. Електронні пристрої. – М.: Минмонтажспецстрой, 1985.
41. Корчемний М.О. Теоретичні основи автоматики / М.О. Корчемний, П.Б. Клендій, М.В. Потапенко, 2012.
42. Васильківський І. С. Виконавчі пристрої систем автоматизації: навчальний посібник / І. С. Васильківський, В. О. Фединець, Я. П. Юсик. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2020.
43. Синеглазов В.М. Автоматизація технологічних процесів: навчальний посібник / В.М. Синеглазов І. Ю. Сергеев. – К.: НАУ, 2015.
44. Крих Г. Б. Ідентифікація та моделювання технологічних об'єктів. Лабораторний практикум: навчальний посібник / Г. Б. Крих, Г. Ф. Матіко. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2017.
45. Боровська Т.М. Теорія автоматичного управління. Частина 1. Аналіз САУ. / Т.М. Боровська, В.А. Северілов, А.С. Васюра. – Вінниця: ВД ГУ. 2002.
46. Лесовой Л.В. Автоматизоване проектування систем вимірювання витрати плинних енергоносіїв: Навчальний посібник / Л.В. Лесовой, Ф.Д. Матіко, Р. М. Федоришин. – Львів: Сполом, 2019.
47. Ельперін І.В. Автоматизація виробничих процесів: Підручник. / І.В. Ельперін, О.М. Пупена, В.М. Сідлецький, С.М. Швед. – К.: Ліра-К, 2015.

48. Проектування інформаційних систем: навчальний посібник / за ред. В.С. Пономаренка. - К.: Видавничий центр «Академія», 2002.
49. Казакевич В.В. Системы автоматической оптимизации - М.: Металлургия, 2001.

Додатки

Міністерство освіти і науки України
Київський національний університет технологій та дизайну



**МЕХАТРОННІ СИСТЕМИ:
ІННОВАЦІЇ ТА ІНЖИНІРИНГ**
ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ
**V МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ
КОНФЕРЕНЦІЇ**

4 листопада 2021



Київ 2021

УДК 001.891(100)(106)
М 55

Організатори:

Міністерство освіти і науки України
Київський національний університет технологій та дизайну

Редакційна колегія:

Павленко В. М. – кандидат технічних наук, доцент, декан факультету мехатроніки та комп'ютерних технологій КНУТД;

Хімичева Г. І. – доктор технічних наук, професор, професор кафедри прикладної механіки та машин КНУТД;

Рубанка М. М. – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри прикладної механіки та машин КНУТД;

Драменко В. Б. – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри інформаційних та комп'ютерних технологій КНУТД;

Волівач А. П. – кандидат технічних наук, старший викладач кафедри комп'ютерних наук КНУТД.

Рецензенти:

Щербань Ю. Ю. – доктор технічних наук, професор, академік міжнародної академії інформатизації, лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки, заступник директора з навчально-методичної роботи Київського фахового коледжу прикладних наук;

Віткін Л. М. – доктор технічних наук, професор, професор кафедри управлінських технологій Університету «Крок».

Рекомендовано Вченою радою
факультету мехатроніки та комп'ютерних технологій
Київського національного університету технологій та дизайну
(Протокол від 22 жовтня 2021 р. №3)

М 55 Мехатронні системи: інновації та інжиніринг : тези доповідей V Міжнародної науково-практичної конференції, 4 листопада 2021 р. Київ : КНУТД, 2021. 260 с.
ISBN 978-617-7506-85-9

У виданні зібрано тези доповідей конференції, що присвячені проблемам в галузі мехатронних систем: інновацій та інжинірингу.

Матеріали подано в авторській редакції

УДК 001.891(100)(106)

ISBN 978-617-7506-85-9

© Київський національний університет
технологій та дизайну, 2021

Астістова Т.І., Глембоцький В.С. Розробка системи ідентифікації студентів.....	153
Astistova T.I., Tyra O.V Chat-bot development for telegram social network.....	155
Astistova T.I., Kolva M.A. Smart house management system, user interface.....	156
Астістова Т.І., Егоров Д.С. Розробка системи ідентифікації студентів..	157
Дроменко В.Б., Гадіоненко Я.Б. Розроблення структурної схеми комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизованого керування зовнішнім освітленням з альтернативним джерелом живлення.....	159
Дроменко В.Б., Пашкевич Д.О. Розроблення моделі системи автоматичного керування тепловим пунктом.....	161
Гром'як О.А. Огляд методів прогнозування для автоматизованої системи керування ресурсами підприємства.....	163
Пінчук Д.В., Шибицька Н.М. Автоматизація процесу контролю похибки координат контрольно-вимірювальних машин.....	165
Бабенко О.Є., Водоп'янов В.І., Краснитський С.М. Програмне та алгоритмічне забезпечення процесів укрупнення ергодичних марківських систем.....	167
Мендалюк В.В., Горбунов І.М., Краснитський С.М. Комп'ютерна програма для аналізу схеми фіктивних змінних у моделях лінійної регресії.....	169
Григорян В.М., Сивун Н.Г., Краснитський С.М. Розробка програмного забезпечення для перевірки однорідності багатовимірних статистичних даних.....	171
Краснитський С.М. Про визначення параметрів процесу з незалежними значеннями за допомогою деякого граничного переходу..	173
Шрамченко Б.Л., Ахматов В.В. Програмні засоби обробка ієрархічних даних.....	174
Шрамченко Б.Л., Невмержицький А.А. Програмні засоби проектування корсетних виробів.....	176
Шрамченко Б.Л., Супрун В.В. Комп'ютерне моделювання поверхонь одягу із застосуванням кругових ключів пропорційності.....	178
Шрамченко Б.Л. Підвищення швидкодії алгоритмів шифрування.....	180
Шрамченко Б.Л., Яровенко Д.Р. Комп'ютерні методи проектування жіночого плаття на нетипову фігуру.....	182

УДК 681.5

РОЗРОБЛЕННЯ СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНОЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ ЗОВНІШНІМ ОСВІТЛЕННЯМ З АЛЬТЕРНАТИВНИМ ДЖЕРЕЛОМ ЖИВЛЕННЯ

В.Б. Дроменко, кандидат технічних наук, доцент
Київський національний університет технологій та дизайну

Я.Б. Гадіоненко, магістрант
Київський національний університет технологій та дизайну

Ключові слова: система автоматизованого керування, зовнішнє освітлення, альтернативні джерела живлення, комп'ютерно-інтегрована система.

В Україні споживання електроенергії на душу населення приблизно в два рази більше, ніж в будь-якій іншій країні Східної Європи і в 3,5 рази більше, ніж в інших країнах світу, що розвиваються. У 2020 році споживання електроенергії в Україні сягає близько 116 ТВт-год. Системи освітлення в будівлях складають основну частину споживання електроенергії в Україні. Споживання електроенергії системами освітлення становить близько 20% від загального споживання в країні або близько 23,2 ТВт-год на рік [1-3].

Основними причинами розвитку альтернативних джерел енергії є збереження навколишнього середовища, збереження запасів енергоресурсів, часткова або повна незалежність від компаній, які надають послуги з надання електроенергії. Сьогодні використання відновлюваної енергетики стало важливим і обов'язковим напрямком розвитку енергетичного сектору майбутнього. Україна має всі необхідні ресурси для стрімкого розвитку цієї сфери.

Транспортування електроенергії у віддалені населені пункти призводить до втрат електроенергії, що робить систему транспортування не ефективною [4]. Тому використання альтернативних джерел енергії у віддалених районах допоможе знизити затрати на транспортування електроенергії, та будівництво нових ліній електропередач.

Для вирішення цієї проблеми розроблено комп'ютерно-інтегровану систему автоматизованого керування зовнішнім освітленням з альтернативним джерелом живлення, структурна схема якої наведена на рис. 1.

Структурна схема містить:

- 1) модуль зв'язку зі GSM модемом, SIM картою, блоком живлення модему);
- 2) плату керування, елементами якої є мікроконтролер ATmega16A, інтерфейсна шина I2C, інтерфейс RS232, пам'ять EEPROM, датчик температури, годинник реального часу);
- 3) три стартові лінії;

- 4) блок живлення сонячних панелей;
- 5) контроль акумулятора та перехід до резервного живлення (АЦП, гальванічна розв'язка).

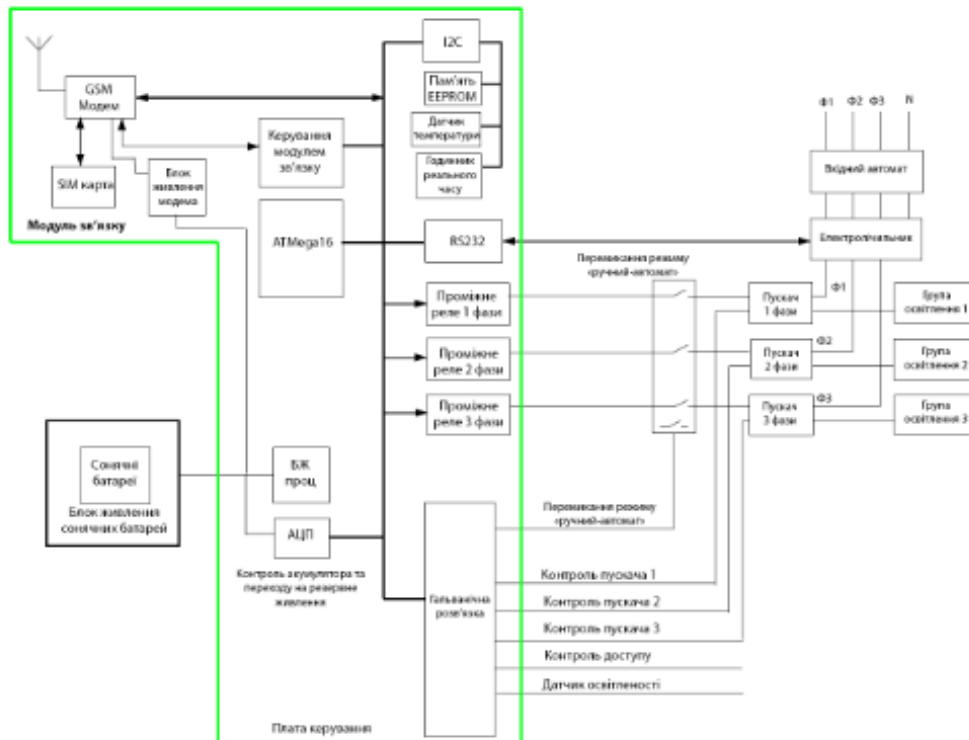


Рисунок 1 – Структурна схема комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизованого керування зовнішнім освітленням з альтернативним джерелом живлення

Список використаних джерел

1. Enerdata: Внутреннее потребление электроэнергии [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://yearbook.enerdata.ru/electricity/electricity-domestic-consumption-data.html>
2. Укренерго: електроспоживання [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ua.energy/peredacha-i-dyspetcheryzatsiya/dyspetcherska-informatsiya/elektrospozhyvannya/>
3. MOESONCE: Акумулятори [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://moesonce.com/static/akumulyatori.html>
4. Колонтаєвський Ю. П. Перетворювальна техніка в нетрадиційній та відновлювальній електроенергетиці : навч. посібник / Ю. П. Колонтаєвський, Д. В. Тугай ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. – 67 с.

Chip type : ATmega16

Program type : Application

AVR Core Clock frequency: 8,000000 MHz

Memory model : Small

External RAM size : 0

Data Stack size : 256

*****/

#define P1 PORTC.5 //Запуск пускача 1(Лінія 1)

#define P2 PORTC.6 //Запуск пускача 2(Лінія 2)

#define P3 PORTC.7 //Запуск пускача 3(Лінія 3)

#define PRG PINC.3 //Перехід в режим програмування

#define CLOSE PIND.3 //Кінцевий вимикач (Закриття замку шафи)

#define HOT PORTC.4 //Ввімкнення обігріву шафи

#define LOCK PORTD.2 //Відчинення замку шафи

#define STOP_ALL {PORTC.5=PORTC.6=PORTC.7=0;} //Вимкнення всіх ліній шафи

#include <mega16.h>

#include <delay.h>

// I2C Bus functions

#include <i2c.h>

// DS1307 Real Time Clock functions

#include <ds1307.h>

#include <string.h>

// 1 Wire Bus interface functions

#include <1wire.h>

// Alphanumeric LCD functions

#include <alcd.h>

#include <stdio.h> #include <ds18b20.h>

unsigned char buf[20],temp,temp1,i,j; unsigned char h,m,s;

```

int vol;
unsigned char roms[2][9];
#define ADC_VREF_TYPE 0x60
// Read the AD conversion result unsigned char read_adc(unsigned char adc_input)
{ADMUX=adc_input | (ADC_VREF_TYPE & 0xff);
// Delay needed for the stabilization of the ADC input voltage delay_us(10);
// Start the AD conversion
ADCSRA|=0x40;
// Wait for the AD conversion to complete while ((ADCSRA & 0x10)==0);
ADCSRA|=0x10; return ADCH;}
// Declare your global variables here
void EEPROM_write(unsigned int uiAddress, unsigned char ucData)
{/* Wait for completion of previous write */
while(EECR & (1<<EEMWE));
/* Set up address and data registers */
EEAR = uiAddress;
EEDR = ucData;
/* Write logical one to EEMWE */
EECR |= (1<<EEMWE);
/* Start eeprom write by setting EEMWE */
EECR |= (1<<EEMWE);}
unsigned char EEPROM_read(unsigned int uiAddress)
{/* Wait for completion of previous write */
while(EECR & (1<<EEMWE));/* Set up address register */ EEAR = uiAddress; /*
Start eeprom read by writing EERE */ EECR |= (1<<EERE);/* Return data from data
register */ return EEDR;}
char check_key(char *adr)//Функція перевірки номеру ключа. Чи мається такий
ключ в пам'яті {unsigned char i_=0,j_=0,temp_1=10;
unsigned char check[3][9],*as;

```



```

for(i_=0;i_<3;i_++){
for(j_=0;j_<9;j_++){
check[i_][j_]=EEPROM_read(i_*9+j_); } }
for(i_=0;i_<3;i_++){ as=adr; temp=0;
for(j_=0;j_<9;j_++){
if(*as==check[i_][j_]){ temp++; } *as++; }
if(temp==9){
temp_1=i_; } }
return temp_1; }

void write_key(char *adr)//Процедура запису номера ключа в пам'ять
{ unsigned char i_=0,j_=0;
if(EEPROM_read(0x1B)>0x02){//Перевіряємо вміст комірки пам'яті, в якій
зберігається значення позиції для запису номера ключа
EEPROM_write(0x1B,0x00); //Якщо позиція більше 0x02, обнуляємо позицію.}
temp=EEPROM_read(0x1B); //Зчитуємо з пам'яті значення позиції та записуємо
значення в тимчасову змінну
while(i_<9){
EEPROM_write(temp*9+i_,*(adr++));//Записуємо в пам'ять нащ новий ключ
i_++; }
EEPROM_write(0x1B,++temp);//Збільшуємо значення позиції на 1
//-----
lcd_clear();
delay_ms(1500);
lcd_gotoxy(0,0);
lcd_puts("OK");
delay_ms(1500); }
void main(void)
lcd_init(16);
temp=w1_search(0xf0,&roms);//Шукаємо пристрої 1wire на лінії
for(i=0;i<temp;i++){
if(roms[i][0]==0x28) { //з найдених пристроїв шукаємо температурний датчик
ds18b20_init(&roms[i][0],0,0,DS18B20_9BIT_RES);//Налаштовуємо
температурний датчик } }
//LOCK=1;

```

```

while (1) {
    for(i=0;i<2;i++){
        for(j=0;j<9;j++){
            roms[i][j]=0x0A;
        }
    }
    if (CLOSE==0){
        LOCK=1;
        temp1=w1_search(0xf0,&roms);
        if(PRG==0){//Натискання на кнопку PROGRAMM, перехід до режиму
            "Додавання ключа"
            lcd_clear();
            lcd_gotoxy(0,0);
            lcd_puts("PROGRAMM");
            delay_ms(200);
            for(i=0;i<temp1;i++){
                if(roms[i][0]==0x01) {
                    if(check_key(&roms[i][0])==0x0A){//Перевіряємо чи є такий ключ в пам'яті,
                        write_key(&roms[i][0]); //якщо немає такого ключа в базі, то записуємо
                    }
                    if(check_key(&roms[i][0])!=0x0A){ LOCK=0; }
                }
            }
            else //Якщо кнопка PROGRAMM не натиснута, нормальний режим роботи
            {
                vol=read_adc(0);
                if(vol<=219){P1=P2=P3=1;}//Якщо рівень освітленості відповідає повному
                затемненню, вмикаємо всі лінії
                if((vol>=220)){P1=0;P2=1;P3=0;}//Рівень освітленості відповідає сутінкам,
                робить одна лінія
                if((vol>=250)){P1=0;P2=0;P3=0;}//День, вимкнені всі лінії
                for(i=0;i<temp1;i++){//Перевіряємо наявність електронного ключа на лінії
                    if(roms[i][0]==0x01) {
                        if(check_key(&roms[i][0])!=10){//Ключ наявний
                            на лінії
                            LOCK=0;//відкриваємо двері
                        }
                    }
                    else {
                        if(ds18b20_temperature(&roms[i][0])>0){//відслідковуємо температуру,
                            температура більша нуля
                            HOT=0;//Обігрів вимкнений }
                        else
                            {HOT=1;//Температура менше нуля, вмикаємо обігрів
                                }
                    }
                }
            }
            lcd_clear();
        }
    }
}

```