

Міністерство освіти і науки України  
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Комп'ютерної інженерії та управління  
(повна назва)

Кафедра Автоматизації проектування обчислювальної техніки  
(повна назва)

## АТЕСТАЦІЙНА РОБОТА Пояснювальна записка

другий (магістерський)  
(рівень вищої освіти)

ГЮІК. 46741Х.017 ПЗ  
(позначення документа)

Інтелектуальна система управління споживанням енергоресурсів в  
кіберфізичному університеті  
(тема)

Виконав: студент 2 курсу, групи СКСм-18-1

Трубаєв Д.Ю.  
(прізвище, ініціали)

Спеціальність 123 Комп'ютерна інженерія

Тип програми освітньо-професійна  
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма \_\_\_\_\_

Спеціалізовані комп'ютерні системи  
(шифр і назва спеціальності, освітньої програми)

Керівник роботи \_\_\_\_\_ доц. Шкіль О.С.  
(підпис) (посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту

Зав. кафедри \_\_\_\_\_  
(підпис)

Чумаченко С.В.  
(прізвище, ініціали)

2019 р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет \_\_\_\_\_ Комп'ютерної інженерії та управління \_\_\_\_\_

Кафедра \_\_\_\_\_ Автоматизації проектування обчислювальної техніки \_\_\_\_\_

Рівень вищої освіти \_\_\_\_\_ другий (магістерський) \_\_\_\_\_

Спеціальність \_\_\_\_\_ 123 Комп'ютерна інженерія \_\_\_\_\_  
(шифр і назва)

Тип програми \_\_\_\_\_ Освітньо-професійна \_\_\_\_\_  
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма \_\_\_\_\_ Спеціалізовані комп'ютерні системи \_\_\_\_\_  
(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри \_\_\_\_\_

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_\_ р. (підпис)

**ЗАВДАННЯ**  
НА АТЕСТАЦІЙНУ РОБОТУ

студентові \_\_\_\_\_ Трубаєву Данилу Юрійовичу \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи (проекту) Інтелектуальна система управління споживанням енергоресурсів в кіберфізичному університеті

An Intelligent Energy Consumption Control System in a Smart Cyber University

затверджена наказом по університету від " 04 " 11 2019 р. № 1624 Ст \_\_\_\_\_.

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії \_\_\_\_\_ 24.12.2019 \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до роботи (проекту) \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до роботи (проекту) \_\_\_\_\_

Модуль NodeMCU (на базі мікроконтролера ESP-12E)

Мова програмування C

Середовище розробки Arduino IDE для ESP8266

Мобільна платформа Android

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати у роботі \_\_\_\_\_

Енергоспоживання в університеті

Можливість впровадження технологічних рішень у кіберсоціальний простір

Економічне та раціональне споживання електроенергії

Багатотарифні лічильники

«Розумна лампа»

Програмування мікроконтролерного пристрою

Програмування мобільного додатку

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (слайдів) 20 слайдів

---

---

---

---

---

6. Консультанти розділів роботи (проекту)

Найменування розділу	Консультант (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		підпис	Дата

7. Дата видачі завдання 03.09.2019

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи (проекту)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Видача теми проекту, узгодження і затвердження	03.09.2019 - 10.09.2019	
2	Аналіз проблемної галузі, постановка задачі, вибір інструментальних засобів	10.09.2019 - 30.09.2019	
3	Аналіз структуру сервісу доступу до інфраструктури у складі кіберуніверситету	30.09.2019 - 15.10.2019	
4	Аналіз сучасних методів тарифікації енергоспоживання	15.10.2019 - 15.11.2019	
5	Програмування мікроконтролерного пристрою	15.11.2019 - 25.11.2019	
6	Програмування мобільного додатку	25.11.2019 - 05.12.2019	
7	Демонстраційний експеримент	05.12.2019 - 11.12.2019	
8	Аналіз способів виведення інформації	11.12.2019 - 15.12.2019	
9	Оформлення пояснювальної записки	15.12.2019 - 20.12.2019	
10	Захист проекту	20.12.2019 - 25.12.2019	

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Керівник роботи (проекту) \_\_\_\_\_ доц. Шкіль О.С. \_\_\_\_\_  
(підпис) (посада, прізвище, ініціали)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить 95 сторінок, 31 рисунок, 5 таблиць, 13 джерел за переліком посилань.

РОЗУМНИЙ КІБЕРУНІВЕРСИТЕТ, КІБЕРСОЦІАЛЬНИЙ ПРОСТІР, КІБЕРФІЗИЧНА СИСТЕМА, КОНТРОЛЬ ЗА СПОЖИВАННЯМ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ, БАГАТОТАРИФНИЙ ЛІЧИЛЬНИК ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ, «РОЗУМНА» ЛАМПА, МОБІЛЬНИЙ ЗАСТОСУНОК, Wi-Fi

Метою роботи є створення інтелектуальної системи управління споживання енергоресурсів з мобільним додатком для взаємодії з користувачем, що може бути інтегрована в сервіс доступу до інфраструктури кіберфізичного університету.

Розроблений прототип системи контролю за споживанням електроенергії з використанням апаратної платформи, у вигляді керуючого пристрою та клієнт-серверної частини, у вигляді мобільного додатку.

Керуючий пристрій реалізований на модулі NodeMCU (на базі мікроконтролера ESP-12E). Програмна реалізація алгоритму керування здійснена на мові програмування C++ у середовищі розробки Arduino IDE. Клієнт-серверну частину реалізовано для платформи Android на мові програмування C# за технологією Xamarin та мові верстання XAML.

Проаналізовані такі способи виведення інформації користувачу як розробка мобільного додатку, використання GSM-модулю з технологією SMS та розробка веб-сторінки для стаціонарних ПК, яка є повним аналогом мобільного додатку.

## ABSTRACT

Bachelor's thesis contains 95 pages, 31 figures, 5 table, 13 sources according to the list of links.

SMART CYBER UNIVERSITY, CYBER SOCIAL SPACE, CYBER PHYSICAL SYSTEM, КОНТРОЛЬ ЗА СПОЖИВАННЯМ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ, ELECTRICITY CONTROL, MULTITARIFF ELECTRICITY METER, «SMART» LAMP, MOBILE APPLICATION, WI-FI

The purpose of the work is to create an intelligent energy management system with a mobile application for user interaction, which can be integrated into the service of access to the infrastructure of the Cyber Physical University.

The system of the electricity consumption control prototype with using a hardware platform, in the form of a control unit and client-server application, in the form of a mobile application, has been developed.

The software implementation of the control algorithm is implemented in the C programming language in the Arduino IDE development environment. The client-server part is implemented for the Android platform in the C # programming language using Xamarin technology and the XAML layout language.

The ways of displaying information to the user were analyzed, such as the development of a mobile application, the use of a GSM module with SMS technology, and the development of a web page for desktop PCs, which is a complete analogue of the mobile application.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
1 КІБЕРСОЦІАЛЬНА СИСТЕМА РОЗУМНОГО КІБЕРУНІВЕРСИТЕТУ ...	10
1.1 Кіберфізична система моніторингу та управління .....	10
1.2 Технологічні сервіси розумного кіберуніверситету.....	15
1.3 Сервіс доступу до інфраструктури .....	20
1.4 Енергоспоживання у приміщеннях університету .....	22
1.5 Постановка задачі дослідження .....	32
2 КОМПОНЕНТИ СИСТЕМИ СПОЖИВАННЯ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ .....	34
2.1 Стандартний спосіб економічно вигідного та раціонального споживання електроенергії .....	34
2.1.1 Лічильники електроенергії.....	34
2.1.2 Багатотарифні лічильники електроенергії.....	36
2.1.3 Як вибрати тариф .....	38
2.2 Мобільний додаток для управління розумними джерелами світла .....	38
2.2.1 Принцип дії «розумного» джерела світла.....	38
2.2.2 Переваги та недоліки .....	40
2.2.3 Переваги використання мобільного додатку.....	40
2.2.4 Необхідна умова щодо коректного запуску мобільного додатку.....	41
2.2.5 Ідея поєднання функціоналу пристроїв .....	43
2.2.6 Способи введення додаткових налаштувань .....	44
3 ПРОГРАМНА ТА АПАРАТНА РЕАЛІЗАЦІЇ ПРИСТРОЮ КЕРУВАННЯ	46
3.1 Модель пристрою управління контролю за споживанням електроенергії .....	46
3.2 Мікроконтролер ESP-12E Wi-Fi Module та плата NodeMCU .....	52
3.3 Програмування мікроконтролерного пристрою.....	59
3.3.1 Середовище розробки програмного забезпечення.....	59
3.3.2 Програмна модель пристрою .....	64

3.3.3 Мобільний пристрій керування.....	73
4. СПОСОБИ ВИВЕДЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ.....	85
4.1 Використання мобільного додатку .....	85
4.2 SMS з рахунком за електроенергію (GSM модуль) .....	86
4.3 Веб-сторінка з рахунком за електроенергію.....	89
ВИСНОВКИ .....	92
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	94
ДОДАТОК А Графічна частина атестаційної роботи ....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
ДОДАТОК Б Текст програми пристрою керування системи управління зовнішньою світловою рекламою на базі МК ESP8266.	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
ДОДАТОК В Текст програми мобільного додатку.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ,  
СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

IoT – Internet of Things, (Інтернет речей);

CPS – Cyber Physical System (кіберфізична система)

SCPS – Smart Cyber Physical System (розумна кіберфізична система)

ПЗ – програмне забезпечення

КП – керуючий пристрій;

МК – мікроконтролер;

GUI – graphical user interface,(графічний інтерфейс користувача);

IDE – Integrated Development Environment (інтегроване середовище розробки);

ОС – операційна система;

SMS – Short Message Service (служба коротких повідомлень);

SIM – Subscriber Identification Module (модуль ідентифікації абонента) ;

GSM – Global System for Mobile Communication (міжнародний стандарт для мобільного цифрового зв'язку);

## ВСТУП

Розвиток техніки викликає збільшення споживання енергоресурсів, а з іншого боку збільшення їх вартості. В таких умовах досить актуальним стає об'єктивний облік спожитих ресурсів і прийняття ефективних заходів щодо попередження їх несанкціонованого відбору.

Дієвим методом виконання зазначених завдань є створення системи, яка відображає в реальному часі поточне споживання електроенергії, води, газу. Наявність такої інформації дозволяє здійснити регулювання потужності подачі енергоносіїв тим самим зменшити питомі втрати на їх транспортування, своєчасно виявляти і усувати несправності лічильників, визначати спроби розкрадання, контролювати сплату за споживання енергоресурсів абонентами.

Однак зі швидким темпом розвитку такої концепції як IoT (Internet of Things – Інтернет речей), популярним напрямком розвитку контролю споживання енергоресурсів є бездротова система моніторингу та управління пристроями з використанням мобільного пристрою, щоб людина могла контролювати енергоспоживання в цілому і не мати прямого доступу до спеціальних приладів (лічильники, електричні щитки і т.д.).

Незважаючи на автономність такої системи, вона може бути реалізована як компонент деякої більшої системи для подальшого виконання дій без участі людини та зі збереженням функції моніторингу необхідної інформації.

Наприклад, якщо таку систему запровадити у будівлях державного призначення (наприклад ВНЗ, адміністративні будівлі, тощо), проблем у підключенні не виникне, а економія ресурсів, що споживаються буде відчутно помітна. Проте питання як підключити або зв'язати таку систему, у вигляді вузлу (хабу), з більш глобальною впровадженою системою наразі є найважливішим і має багато складних моментів.

# 1 КІБЕРСОЦІАЛЬНА СИСТЕМА РОЗУМНОГО КІБЕРУНІВЕРСИТЕТУ

## 1.1 Кіберфізична система моніторингу та управління

Розумний (Smart) – визначення процесу або явища, пов'язане з мережевою взаємодією адресованих системних компонентів в часі і просторі між собою та навколишнім середовищем на основі технологій самонавчання для досягнення поставлених цілей.

Кібер-простір – сукупність адресованих та метрично взаємодіючих оцифрованих процесів та явищ на глобальній телекомунікаційної інфраструктурі комп'ютерних мереж з вираженими функціями моніторингу, обчислення, зберігання, транзакцій та управління для досягнення поставлених цілей.

Кібер-безпека – галузь знань, що займається інфраструктурним забезпеченням нормального функціонування об'єкта в кібер-просторі, яке включає: легітимність доступу, менеджмент вразливостей, крипто захищені транзакції, тестування, діагностування та усунення деструктивних проникнень. Кібер-безпека (у вузькому сенсі) - метрична властивість оцифрованого процесу або явища в кібер-просторі, що полягає в його здатності протистояти деструктивним проникненням, зі збереженням всіх параметрів функціонування відповідно до специфікації.

Кіберфізична система (Cyber Physical System – CPS) – сукупність комунікаційно пов'язаних адресованих віртуальних та реальних компонентів в оцифрованому метричному просторі з функціями адекватного фізичного моніторингу та оптимального хмарного управління в реальному масштабі часу для досягнення поставлених цілей.



Рисунок 1.1 – Кіберфізична система моніторингу та управління

Розумна кіберфізична система (Smart Cyber Physical System – SCPS) – сукупність комунікаційно пов'язаних в мережу адресованих віртуальних та реальних компонентів в оцифрованому метричному просторі з функціями адекватного фізичного моніторингу, оптимального хмарного управління та самонавчання у реальному масштабі часу для досягнення поставлених цілей.

Електронний документообіг – легітимні інтелектуальні транзакції потоків оцифрованих документів (сенсорних сигналів та регуляторних впливів) у розумній логічно розміщеної мережі даних, призначені для реалізації без паперових відносин із зовнішнім світом, прямого моніторингу та безпосереднього управління науково-освітніми процесами та підрозділами університету.

Оцифровані документи (доступні для розуміння комп'ютером та людиною) виконують роль цифрових сенсорів та актюаторів в замкнутій кібернетичній системі Smart Cyber University. Це означає можливість генерування цифрових звітів та управління системою за допомогою цифрових документів, зрозумілих кіберсистемі, в тому числі і без участі людини. Електронний документообіг часто асоціюється з транзакціями електронних копій паперових носіїв інформації для візуального сприйняття людиною, але

не кіберсистеми, що було б інноваційно в 1990 році.

Наука – сфера людської діяльності, спрямована на процес збору та аналізу фактів для отримання об'єктивних знань про навколишню дійсність з метою прогнозування природних явищ, управління соціальними та кіберфізичними процесами для забезпечення якості життя людей та збереження екології планети.

Освіта – сфера людської діяльності, спрямована на процес формування духовної, фізичної, емоційної, інтелектуальної та професійної культури людини шляхом осмисленого накопичення загальноприйнятих цінностей, знань, умінь та навичок за допомогою існуючої в часі та в просторі багаторівневої системи виховання та навчання, що має на меті придбання соціальної значущості кожним індивідуумом в процесі розвитку людства, направленому на підвищення якості життя людей та збереження екосистеми планети.

Компетентність – метрична оцінка духовної, фізичної, емоційної, інтелектуальної та професійної культури індивідуума, яка визначає його значущість для можливого застосування знань, умінь та навичок при виконанні соціальної ролі, спрямованої на підвищення якості життя людей та збереження екосистеми планети.

Метрика – спосіб вимірювання відстані між процесами або явищами шляхом порівняння їх параметрів.

Якість – сукупність властивостей процесу або явища, що обумовлюють його придатність задовольняти певні потреби відповідно до призначення.

Університет – спільнота науково-педагогічних кадрів та обслуговуючого персоналу, об'єднане інфраструктурою та кероване законодавчими актами, статутом, положеннями, наказами та морально етичними відносинами, спрямованими на виконання актуальних наукових досліджень, підготовку затребуваних ринком фахівців з академічними та науковими ступенями, забезпечення якості життя співробітників шляхом залучення зовнішніх інвестицій за рахунок продажу освітніх сервісів та

науково-технічної продукції.

У кіберфізичних системах обчислювальні елементи взаємодіють з датчиками, які забезпечують моніторинг кіберфізичних показників, та з виконавчими елементами, які вносять зміни у кіберфізичну середу. Найчастіше кіберфізичні системи орієнтовані на те, щоб будь-яким чином управляти навколишнім середовищем. Кіберфізичні системи об'єднують інформацію від інтелектуальних датчиків, розподілених у фізичному середовищі, для кращого розуміння середовища та виконання більш точних дій.

У фізичному контексті виконавчі елементи на основі одержаних даних вносять зміни у середовище проживання користувачів. У віртуальному контексті кіберфізичні системи застосовуються для збору даних про віртуальні дії користувачів, такі як використання соціальних мереж, блогів та сайтів електронної комерції. Потім кіберфізичні системи певним чином реагують на такі дані, прогнозуючи дії або потреби користувачів в цілому. Використовуючи такі програмні продукти, як IBM WebSphere Sensor Events, можна аналізувати дані та події, що надходять від датчиків в реальному часі, та вбудовувати їх в інтелектуальні рішення.



Рисунок 1.2 – Архітектура кіберфізичної системи

Наведемо кілька прикладів практичного застосування кіберфізичних

систем.

1. У виробничому середовищі: кіберфізичні системи можуть поліпшити виробничі процеси, забезпечуючи обмін інформацією реального часу між промисловим обладнанням, виробничим ланцюжком поставок, постачальниками, системами управління бізнесом та клієнтами. Крім того, кіберфізичні системи можуть підвищувати ефективність цих процесів завдяки автоматичному моніторингу та контролю всього виробничого процесу, адаптації виробництва для задоволення переваг клієнтів. Кіберфізичні системи підвищують прозорість та керованість ланцюжків поставок, покращуючи відстеження та безпеку товарів.

2. В охороні здоров'я: кіберфізичні системи використовуються для дистанційного моніторингу фізичних показників пацієнтів в реальному часі з метою зменшення потреб у госпіталізації (наприклад, пацієнтів з хворобою Альцгеймера) або для поліпшення догляду за інвалідами та людьми похилого віку. Крім того, кіберфізичні системи застосовуються в нейробіологічних дослідженнях для вивчення функцій організму людини з використанням інтерфейсів між мозком та обладнанням, терапевтичної робототехніки.

3. У відновлюваній енергетиці: інтелектуальні енергомережі це кіберфізичні системи, в яких датчики та інші пристрої забезпечують моніторинг мережі для цілей контролю, підвищення надійності та енергоефективності.

4. В інтелектуальних будівлях: спільна робота інтелектуальних пристроїв та кіберфізичних систем дозволяє скоротити енергоспоживання, підвищити безпеку та захищеність, а також створити більш комфортні умови для мешканців. Наприклад, кіберфізичні системи можуть підтримувати моніторинг енергоспоживання та використання систем регулювання для реалізації концепції будинку з нульовим споживанням електроенергії. Крім того, їх можна використовувати для визначення ступеня шкоди для будівель в результаті непередбачених подій та запобігання руйнування конструкцій.

5. На транспорті: транспортні засоби та інфраструктура можуть

взаємодіяти між собою, обмінюючись в реальному часі інформацію про дорожній рух, місцезнаходження та проблемах, запобігаючи транспортні інциденти та дорожні пробки, підвищуючи безпеку та в кінцевому підсумку економлячи час та гроші.

6. У сільському господарстві: кіберфізичні системи можуть використовуватися для створення більш сучасного та ефективного сільського господарства. Вони можуть збирати важливу інформацію про клімат, ґрунти та інші дані для більш точного управління сільськогосподарськими роботами. Датчики кіберфізичних систем можуть вести постійний моніторинг різних показників, таких як зрошення ґрунту, вологість повітря та здоров'я рослин, для підтримання оптимальних навколишніх умов.

7. В обчислювальних середовищах: кіберфізичні системи дозволяють краще розуміти поведінку систем та користувачів для підвищення продуктивності, більш ефективного управління ресурсами. Наприклад, можна оптимізувати роботу додатків з урахуванням контексту та дій користувачів або відслідковувати доступність ресурсів. Крім того, популярні соціальні мережі та сайти електронної комерції зберігають інформацію про дії користувачів та викликаній у контенті, аналізують цю інформацію, щоб передбачати, що може бути цікаво користувачам, та пропонувати рекомендації щодо друзів, публікацій, посилань, сторінок, подій або продуктів.

## 1.2 Технологічні сервіси розумного кіберуніверситету

На сучасному етапі розвитку інформаційного суспільства замість «застарілих» інформаційних технологій IT - Internet of Things (IoT), а далі - Internet of Everything. Замість пасивного інформаційного моніторингу - human-free, активне cloud-управління в оцифрованому кіберфізичному просторі на основі моніторингу фізичних процесів та явищ. Майбутнє людства пов'язане з ідеєю створення human-free хмарного кіберуправління, управління соціальними інститутами, спрямованого на реалізацію відкритого та

об'єктивного регулювання оцифрованими процесами, де замість корумпованого керівника виступає об'єктивна кібер-система.

Факт, вимір, оцінка, дія – формат циклу кіберсистеми управління, пов'язаної з процесами моніторингу, вимірювання та управління, який заснований на постулаті: «Немає вимірювання - немає управління». Синтез матриці компетенцій для рейтингування - цифрового оцінювання процесів або явищ на основі параметрів метрики, складеної експертами або системою аналізу великих даних в Інтернеті.

Формування ефективних команд для реконструкції університетської системи та забезпечення її життєдіяльності.

1. Експерти вченої ради, які генерують рішення по метричному перетворенню всіх структурних компонентів університету: відносини, кадри, інфраструктура, управління, напрямки руху на основі досвіду провідних університетів світу.

2. Виконавці прийнятих рішень: ректор, проректори та декани - чиновники, які створюють комфортний творчий клімат в університеті шляхом надання сервісів, які звільняють вчених та професорів від відволікаючої та часозатратної бюрократичної діяльності. Команди експертів та менеджерів виконавців не повинні перетинатися за аналогією з функціями парламенту та уряду. Тому ректор не повинен бути головою вченої ради. Так само як і членами вченої ради повинні бути дійсні вчені - експерти світового рівня, що створюють за статутом та положеннями нові конструктивні відносини в університеті.

3. Обслуговуючий персонал у невиробничих відділах забезпечує сервіси, необхідні для творчої життєдіяльності учено педагогічних кадрів та студентів. Чисельність даного персоналу в університеті не повинна бути більшою за кількість науково-педагогічних працівників.

4. Науково-педагогічні кадри - цінність та надбання університету, що виробляють наукову продукцію та освітні послуги для студентів, що стає предметом експорту на ринок. Весь неосновний персонал університету,

включаючи менеджерів вищого рівня, покликаний забезпечувати комфортні моральні та матеріальні умови для творчої праці вчених та викладачів.

5. Керуюча активність розумного кібер-університету. Підхід характеризується зміною парадигми пасивного IT-моніторингу активним IoT-управлінням фізичними процесами на основі використання Big Data аналітики.

Створення кіберфізичної системи Smart Cyber University моніторингу та управління засноване на використанні автоматної моделі комп'ютингу, особливістю якої є використання хмарних сервісів в якості механізму управління, та туманних розумних мереж (fog networks) - в якості механізму моніторингу та виконання. Методи прийняття рішень кібер-системою орієнтовані на аналізі великих даних за допомогою фільтрів метричних відносин, що виключають безпосередню участь чиновника-керівника, що виконує декоративну представницьку функцію.

Методи обчислень використовують віртуальні хмарні процесори, що працюють, в тому числі, по неарифметичній метриці вимірювання об'єктів в кібер-просторі. Цифрове кібер простір науки та освіти є платформою для створення масштабованих human-free хмарних кібер-сервісів. Оцифрування фізичних та віртуальних компонентів науково-освітніх процесів є необхідною умовою кібер-фізичного моніторингу та управління університетом.

Інноваційні сервіси, що формують розумний кібер-університет як структурний прототип глобального науково-освітнього віртуального кібер-простору Global Smart Cyber University. Хмарний кібер-сервіс захищеного електронного документообігу для цифрового моніторингу та інтелектуального кібер-управління науково-просвітницький процесами (створення, реалізація та утилізація документа), в форматі замкнутого циклу: «факт - вимір - оцінка - дія» , повністю виключає паперові носії шляхом використання Cloud-Mobile Service Computing баз даних, цифрового підпису, ID-card, пошти та мобільного телефону [1].



Рисунок 1.3 – Інноваційні сервіси розумного кіберуніверситету

Хмарний кібер-сервіс управління персоналом на основі online моніторингу, вимірювання, рейтингування та накопичення цифрових метрик компетенцій для оцінювання діяльності: студентів та всіх категорій співробітників з метою вироблення прозорих регуляторних моральних та матеріальних стимулів, вибору переможців з претендентів на вакантні позиції керівників та науково-педагогічних посад.

Хмарний кібер-сервіс управління структурним підрозділом на основі online моніторингу, вимірювання та накопичення цифрових метрик компетенцій кафедри, пов'язаних з науково-освітнім процесом для вироблення регулюючих керуючих впливів та генерування пакета документів, необхідних для життєдіяльності. Хмарний кібер-сервіс оцінки якості освітніх процесів та компонентів, online тестування знань та умінь, що виключає нелегітимні відносини між викладачем та студентом при здачі іспитів та заліків. Хмарний кібер-сервіс управління научними процесами на основі цифрового оцінювання діяльності вчених, підрозділів, наукових результатів, проектів та пропозицій по метрикам, розробленим експертами, з метою прозорого та легітимного розподілу фінансових, кадрових та часових ресурсів між підрозділами та

співробітниками. Хмарний кібер-сервіс надання освітніх послуг у вигляді MOOC online та onsite курсів, а також управління освітнім процесом на основі прозорого розподілу фінансових та тимчасових (кредитних) ресурсів між підрозділами та співробітниками в строгому відповідно до метричних оцінювань вкладі кожного суб'єкта в актив та імідж університету.

Хмарний кібер-сервіс моніторингу та управління науково-освітнім процесом студента в реальному масштабі часу, генерування та зберігання електронних документів для його супроводу у часі та просторі через створення персонального віртуального Кабінету, пов'язаного з мобільним пристроєм та e-mail.

Хмарний кібер-сервіс вимірювання та супроводження бакалаврських, магістерських та дисертаційних робіт, а також конкурсних проектів на основі інтеграції міжнародних метрик оцінювання наукової та практичної значущості результатів проведених досліджень з внутрішніми критеріями якості, розробленими експертами. Хмарний кібер-сервіс ліцензування та акредитації спеціальностей на основі вимірювання науково-освітньої діяльності кафедр та наступного генерування пакета документів, необхідного для зовнішнього оцінювання якості навчальних процесів.

Хмарний кібер-сервіс електронного 24/7 доступу та моніторингу присутності співробітників та студентів в інфраструктурних аудиторіях університету на основі використання мобільних пристроїв та ID-card, а також електронний банкінг для оплати освітніх послуг та використання корпоративних кафедральних карт для придбання товарів та послуг в межах зароблених кафедрою засобів.

Хмарний кібер-сервіс захисту інформаційно-фізичного простору університету та санкціонування електронного доступу в усілякі берфізичні компоненти та процеси, пов'язані з життєдіяльністю вузу. Запропоновано кібер-соціальна система Smart Cyber University (CyUni), яка характеризується наявністю оцифрованого простору регуляторних правил, точним моніторингом та активним кібер-управлінням адресованими компонентами

науково-освітніх процесів, автоматичним генеруванням оперативних регуляторних впливів, незалежним від керівників прийняттям кібер-рішень з управління фінансовими та кадровими ресурсами, винятком паперових носіїв з науково-освітніх процесів.

### 1.3 Сервіс доступу до інфраструктури

В рамках хмарно-мобільних сервісів розумного кіберуніверситету тема сервісів доступу до інфраструктури здається перспективнішою та широкою для розвитку.

#### Сервіс доступу до інфраструктури

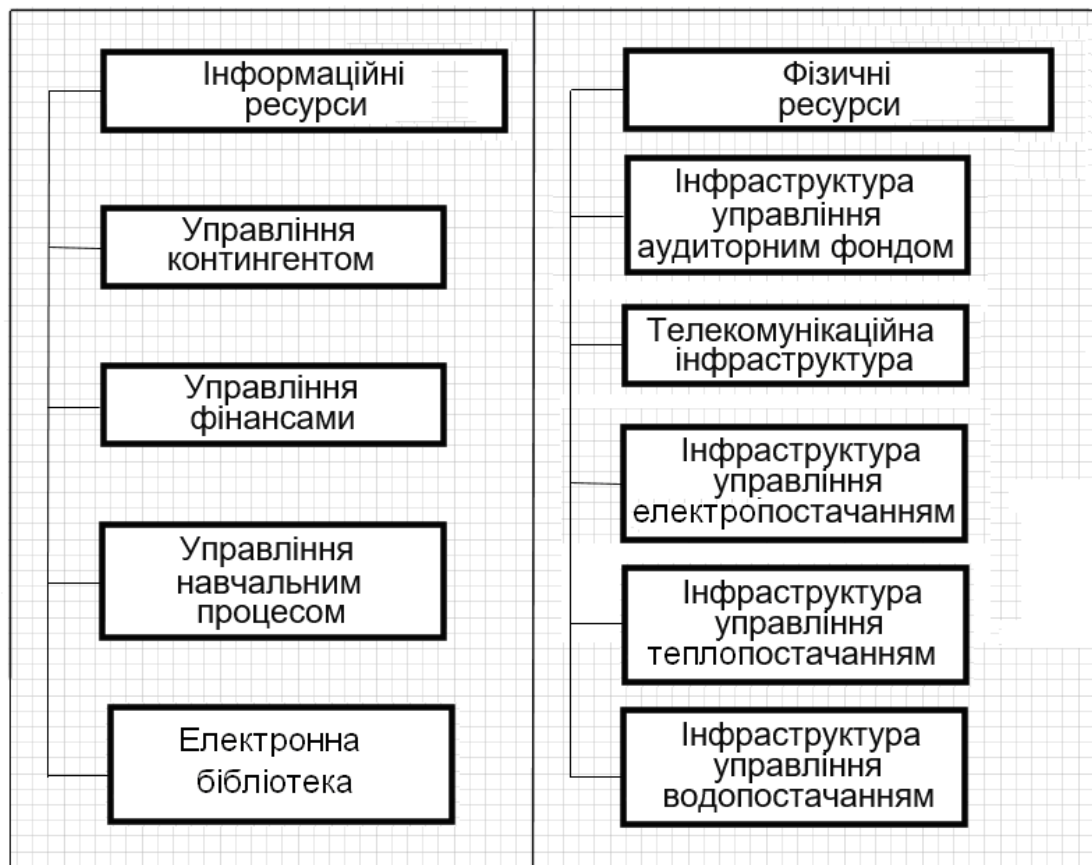


Рисунок 1.4 – Структура сервісу доступу до інфраструктури

Функціонування цього сервісу спрямовано на вирішення завдань пов'язаних з доступом до різних внутрішніх, фізичних об'єктів та інформаційних сховищ в залежності від прав доступу користувача.

Можливість установки різних конфігурацій прав доступу, є одним із способів захисту. Шифрування паролів та логінів, приховування персональних даних - збільшують безпеку використання сервісу.

Компоненти інфраструктури кіберуніверситету складаються з двох типів ресурсів: фізичних та інформаційних. Фізичні ресурси мають матеріальні параметри виміру масу, довжину, площу, вагу, об'єм, температуру, напругу тощо. Інформаційні ресурси існують тільки у віртуальному просторі у вигляді інформації та способів доступу до неї.

Система управління контингентом складається зі списків студентів та співробітників, рівня їх освіти, переліку навчальних та кадрових досягнень тощо. В ХНУРЕ ці функції виконує АСУ ВНЗ, відділ кадрів, відділ ліцензування та акредитації.

Система управління фінансами складається з переліку посад та посадових окладів співробітників, автоматизованої бухгалтерської системи, планово-фінансової служби.

Система управління навчальним процесом складається з бази навчальних планів, розкладу занять отриманих оцінок тощо. В ХНУРЕ цю функцію виконує відділ ІАС та деканати відповідних факультетів.

Електронна бібліотека складається з електронного каталогу, відкритого архіву, бази електронних видань тощо.

Відносно фізичних ресурсів системи управління ними зводяться до диспетчерської служби та служби обліку витрат відповідного ресурсу.

Інфраструктура управління аудиторним фондом включає в себе диспетчерську службу по розподілу занять між аудиторіями у відповідності до їх завантаження та службу контролю доступу до аудиторій (служба видачі ключів).

Телекомунікаційна інфраструктура включає в себе службу зв'язку (управлінні телефонним зв'язком від Укртелекома) та службу адміністрування комп'ютерної мережі університету та обліку ресурсів Internet.

Інфраструктура управління теплопостачанням, електропостачанням та

водопостачанням (в нашому університеті) поки що зводиться до ремонтних служб та служби розподілу лімітів, і, безперечно, потребують докорінної модернізації з урахуванням сучасних енергозберігаючих технологій.

#### 1.4 Енергоспоживання у приміщеннях університету

За оцінками європейських експертів, адміністративні будівлі споживають 60% всієї електроенергії яка витрачається в країнах Євросоюзу. І в цій цифрі закладено величезний потенціал її економії, в тому числі за рахунок зниження витрат на освітлення. Навіть, в першу чергу, за рахунок освітлення. Адже, по-перше, на освітлення припадає 40% витрат на електроенергію в офісній або навчальній будівлі, по-друге, модернізація системи освітлення – найдоступніший сьогодні спосіб економії електроенергії і, по-третє, за рахунок сучасних рішень і технологій витрати на освітлення можна знизити в 2 рази, а це – істотно.

Якщо говорити про висвітлення типових офісних або учбових будівель, де приміщення (стандартні прямокутні кімнати різних розмірів) розташовані на поверхах уздовж коридорів, то освітлення в них організовано, як правило, самим стандартним способом. Використовуються традиційні растрові світильники, які найчастіше вбудовуються. Залежно від площі приміщення відповідно до норм розраховується необхідну кількість світильників, які монтуються в стелю на певній відстані один від одного, і освітлення готове. Так вирішується завдання забезпечення заданого рівня освітленості, при цьому, природно, не враховуються конкретні потреби співробітників і учнів, які згодом будуть знаходитися в цьому приміщенні. У кращому випадку, якщо в будівлі стелі типу «Армстронг», є можливість переставити світильники, пов'язавши їх розташування з розташуванням робочих місць. Освітлення працює, як правило, по повній програмі протягом усього робочого дня. Якщо кімната досить велика, світильники можуть бути розділені на групи – тоді з'являється можливість економії електроенергії хоча б за рахунок часткового

включення, якщо немає необхідності висвітлювати всю кімнату. У таких будівлях зазвичай освітлення працює протягом усього робочого дня не тільки в навчальних аудиторіях, а й в коридорах, на сходах, в інших місцях громадського користування.

Адміністрація найчастіше, не поспішає впроваджувати програми енергозбереження, тому що самі не несуть тягар витрат – воно лягає на власника навчального закладу – державу. Проте, відповідальні і прогресивні керівники прагнуть знизити енергоспоживання своїх об'єктів. І це правильно бо підвищує клас енергоефективності будівлі і сприяє залученню нових учнів – підвищує його конкурентоспроможність на ринку освітніх послуг.

У більшості будинків навчальних закладів сьогодні використовуються люмінесцентні растрові світильники (світильники ЛВО), і добре, якщо в них стоять якісні люмінесцентні лампи і якісна пускорегулююча апаратура (ПРА). В іншому випадку витрати на освітлення дуже високі, по-перше, за рахунок частой заміни ламп і ПРА через їх виходу з ладу, а, по-друге, за рахунок високого енергоспоживання комплекту лампа + ПРА. Крім того, споживання дешевих ламп невідомого виробника значно вище заявленого фірмовим виробником.

Найправильніший (бо найефективніший) спосіб зниження витрат на освітлення – повна заміна системи освітлення. Найсучасніше і енергозберігаюче рішення – світлодіодні світильники з системою управління освітленням. Заміна звичайного растрового світильника 4×18 світлодіодною панеллю (хорошої якості) знижує витрату електроенергії в середньому з 80 Вт до 40-45 Вт на одному світильнику. Якщо в навчальному закладі 100 або більше кімнат (такою цифрою зручно оперувати, фактично вона значно вище), в кожній з яких, наприклад, 6 світильників, то економія складе мінімум 21 кВт-ч за 10-годинний робочий день. Але ж є ще коридори та інші приміщення.

В цьому випадку заміни растрових світильників на світлодіодні панелі (рис.1.5) відпадає необхідність періодичної заміни перегорілих ламп. Світлодіодний світильник або LED-панель європейської якості без

обслуговування гарантовано може працювати мінімум 50000 годин (виробники говорять про 100 тисяч). А середній термін служби якісної люмінесцентної лампи Т8, встановленої в якісний світильник з якісним електронним ПРА (ЕПРА) приблизно 12000 годин, в кращому випадку - до 15000 годин.



Рисунок 1.5 – Якісна світлодіодна панель

Тобто за 50000 годин вам як мінімум 3 рази потрібно замінити 2400 шт. ламп (без урахування коридорів). А зарплата персоналу? А якщо люмінесцентна лампа працює з електромагнітним ПРА (ЕМПР), то термін її служби нижче в середньому на 30%. Тобто замін буде більше. Виключаються витрати на утилізацію люмінесцентних ламп. Крім цифр прямої економії є ще ряд дуже вагомих аргументів. Це – м'яке розсіяне і немиготливе світло; миттєве включення, нечутливість до перепадів напруги, стильний дизайн, екологічність (відсутність ртуті) тощо. Окремо важливо відзначити – світлодіодні системи освітлення, що використовуються в комплексі з системами управління освітленням, дозволяють економити додатково до 60% електроенергії.

Сучасні системи управління освітленням з датчиками освітленості, руху і присутності дозволяють включати і вимикати світильники, змінювати їх яскравість в залежності від присутності людини в приміщенні, від рівня природного освітлення або від часу доби. Вартість таких рішень зазвичай становить до 10% вартості системи освітлення, при цьому – безумовна і вражаюча економія. Крім того, використання інтелектуальних систем

управління створює додатковий світловий комфорт в аудиторіях і лабораторіях. Це важливо для людей, які в них працюють або навчаються.

Якщо бюджет на модернізацію освітлення не дозволяє повністю або частково перейти на світлодіодне освітлення, зниження витрат на освітлення можна домогтися завдяки застосуванню якісних люмінесцентних ламп і електронних ПРА. Якісні люмінесцентні лампи при відповідно заявленому виробником споживання при роботі з правильно підібраним ЕПРА світять довше і яскравіше, ніж у випадку з електромагнітним дроселем. Все вищесказане відноситься до загального освітлення навчальних приміщень.

Додатковим способом економити на освітленні і поліпшити комфортність світлового середовища на робочому місці є використання комбінованого освітлення, що передбачає додатково до загального місцеве освітлення робочих місць. Кожен працівник в залежності від складності зорового завдання, рівня загальної освітленості, свого віку, настрою і переваг може включати, регулювати яскравість світильників, встановлених безпосередньо біля його робочого місця. Це можуть бути настільні, настінні, підлогові світильники, які, будучи стильним елементом інтер'єру, крім основної функції, вирішують ще задачу створення естетичного і комфортного робочого простору.

У всьому світі ділові центри і великі навчальні заклади – одні з основних споживачів електрики. Однак контролювати енерговитрати в них досить складно, тому для таких приміщень був створений цілий ряд інноваційних розробок. Однак будь-які перетворення енергосистеми навчального закладу, а також впровадження сучасних приладів будуть безглузді без об'єктивного обліку поточної витрати електрики [2].

Кілька років тому учасники конкурсу екогаджетів розробили систему eMetric – блок розеток, які здатні вимірювати потужність підключених до мережі приладів і передати ці дані по бездротовому каналу на пульт управління електропостачанням. Пристрій проводить аналіз показників за певний період часу і розробляє програму економічного використання

електроенергії. Можна встановити мінімальний рівень навантаження, нижче якого все живлення буде відключатися. Таким чином, прилади, які вимкнені або знаходяться в режимі очікування, не будуть споживати електрику.

Не менш цікавий гаджет винайшли в Швейцарії. Йдеться про настільні годинники Visual Voltage Clock, які підключаються до електричної мережі і, завдяки наявності датчиків, відстежують інтенсивність споживання енергії і виводять дані на циферблат у вигляді діаграми. Керівник енергетичної служби навчального закладу може визначити, в який час спостерігаються піки витрати енергії, і вжити заходів щодо скорочення електроспоживання.

Варто врахувати, що будь-які перетворення енергосистеми навчального закладу, а також впровадження інноваційних приладів, будуть безпідставними без об'єктивного обліку поточної витрати електрики. Причому, як підкреслюють фахівці, слід встановлювати лічильники, які дозволяють оплачувати електрику за різними тарифами, в залежності від часу доби. Для цих цілей можуть використовуватися багатотарифні лічильники, наприклад, EQ-meters серії A (рис. 1.6).

Ці прилади уміють записувати профілі навантаження: це важлива інформація для співробітників енергослужби підприємства і електрозабезпечуючої організації. Така міра дозволяє оцінити міру завантаження електроустаткування, виявити періоди з максимальним споживанням і виробити заходи по вирівнюванню графіка. У ідеалі слід прагнути до прямокутного графіка навантаження. Як правило, на практиці питання ставиться про зниження максимальних значень графіка. Крім того, вимірвальні прилади серії A мають функцію перерахунку споживання електричної енергії у валюту, що цікавить користувача, за допомогою коефіцієнтів, відповідних тарифу, по якому купується енергія.



Рисунок 1.6 – Багатотарифний лічильник EQ-meters серії А

Великі і утеплені вікна – один із способів створити комфортні умови для роботи співробітників. Це ще і економічна вигода: власник приміщень істотно скорочує витрат на штучне освітлення. Адже для персоналу і учнів важлива оптимальна освітленість учбових приміщень, що має на увазі під собою максимальне використання природного світла. З останнього слідує ще і економічна вигода: власник приміщень істотно скорочує витрати на штучне освітлення. Проте існує думка, що в приміщенні з великими вікнами обов'язково буде холодно і буде потрібно додаткову енергію на підтримку комфортної температури. Фахівці віконної галузі одноголосно стверджують, що за своїми теплоізоляційними властивостями сучасні світлопрозорі конструкції не поступаються цегляним стінам.

Безумовно, проблема освітлення учбового закладу не вирішується одним тільки панорамним склінням. Кожен діловий центр буквально напханий світильниками і вимикачами, іноді навіть самі співробітники не розбираються в цій системі. У результаті часто лампи горять в порожніх приміщеннях або в зоні open - space працює надто багато (чи, навпаки, мало) світильників. Автоматизувати систему штучного освітлення, зробивши її комфортною для використання, а також економічною, допомагають такі прилади, як датчики

руху, детектори присутності і реле контролю освітленості.

Датчики руху і присутності реагують на присутність людей в приміщенні і подають сигнал на включення світла. Виявленню людини детектором руху можуть перешкодити елементи меблювання, декоративні предмети інтер'єру і навіть великі густі або широколисті рослини. Крім того, якщо вийти із зони виявлення датчика (наприклад, сісти), то прилад відключить світло. Вказаних недоліків позбавлені детектори присутності. У кожному такому пристрої встановлено чотири інфрачервоні матриці, що робить стельовий пристрій в шість разів чутливіше : воно реагує на рух голови, рук. Фахівці радять встановлювати датчики руху в приміщеннях, де співробітники не знаходяться довго - в прохідних коридорах, холах, санвузлах. Датчики присутності успішно функціонуватимуть в переговорних приміщеннях, конференц-залах читальних залах і залах квітлогов., спеціалізованих лабораторіях.

В різний час дня вимагається різна інтенсивність освітлення робочої зони. Якщо йдеться про окремий кабінет, замість вимикача можна використовувати так званий світлорегулятор (димер). Ці механізми дозволяють встановлювати потрібний на даний момент рівень освітлення, що не лише створює комфортні умови, але і веде до істотної економії електрики. Сьогодні на ринку існують поворотні димери, в яких регулювання інтенсивності освітлення виконується за допомогою ручки, використовують як елемент, що управляє, клавішу.

Але на великих робочих просторах спосіб контролю освітленості за допомогою димерів буде неефективний. Швидше за все, співробітники користуватимуться світлорегуляторами як вимикачами. Крім того, буквально протягом години може кілька разів змінитися погода – з похмурою на сонячну і назад, тоді регулювати світло доведеться постійно. Набагато простіше, коли система сама підлаштовується під навколишні умови. Сьогодні на ринку є пристрої, які міняють інтенсивність освітлення шляхом автоматичного включення і виключення необхідного числа ламп, наприклад, реле серії TW

(рис.1.7), які укомплектовуються датчиком освітленості. Воно встановлюється в будь-якому зручному місці і подає команду на включення і виключення освітлювальних приладів. Само реле монтується в звичайний електричний щит.



Рисунок 1.7 – Реле серії TW

Одним із прикладів раціонального підходу до контролю освітлення є центральний офіс концерну «Пошта Швеції». З початком робочого дня, о 7:00, всі лампи в офісі включаються на 100% і починають працювати датчики освітленості. Днем відключається підсвічування зон, які знаходяться в безпосередній близькості від вікон. На решті території офісу вона стає слабкішим. О 19:00 включаються датчики руху. Вони контролюють висвітлення в приміщеннях, які використовуються для роботи пізно ввечері і вночі. Якщо протягом години в приміщенні нікого немає, датчик подає сигнал і інтенсивність освітлення знижується до 10%.

Для будь-якого великого навчального закладу важлива безперервність функціонування його інфраструктури, яка безпосередньо пов'язана з безперебійністю електропостачання. Аварія в робочий час може привести до негативних наслідків: втрати важливих даних, неможливості вийти на зв'язок

тощо. Велика кількість неполадок в мережі виникає через перевантаження. Сьогодні є кілька способів вирішення даної проблеми.

Найбільш інноваційний – використовувати автоматичні вимикачі з функцією контролю неперіоритетних навантажень. Ці апарати встановлюються в якості вхідних в головному розподільчому пристрої. Устаткування програмується таким чином, щоб, в разі перевищення споживаної потужності встановленої межі, вхідний апарат Emax 2 (рис.1.8) контролював енергоспоживання всієї установки (дана функція вимикача отримала назву Ekip Power Controller).



Рисунок 1.8 – Emax2\_E1

Пріоритет навантажень вибирає користувач, при цьому управління навантаженнями відбуватиметься в залежності від виставленого пріоритету. Наприклад, в якості неперіоритетних навантажень можна вибрати систему вентиляції, охолодження, освітлення підсобних приміщень. Тоді вони відключаться в першу чергу. Як тільки перевантаження буде усунена, живлення відновиться. Фахівці стверджують, що якщо все системи електропостачання ділових і навчальних будівель обладнати подібними пристроями, то зекономлена енергія зможе дати живлення тисячам квартир.

Є і більш доступні електричні апарати, що дозволяють стежити за навантаженнями., Наприклад, реле керування навантаженням. Через даний апарат підключається декілька електричних ліній (як правило, будь-яка електрична мережа ділиться на лінії, до кожної з яких підключаються групи світильників і / або розеток): пріоритетна, яка завжди повинна бути в роботі, і непріоритетні, якими в разі перевантаження можна «пожертвувати». Наприклад, реле управління навантаженням LSS1/2 від АББ дозволяє підключити три лінії. Як найважливішою можна вибрати комп'ютерну мережу і освітлення основних приміщень навчального закладу. Середній пріоритет буде у оргтехніки, побутових приладів, кондиціонерів і радіаторів, а найнижчий у світильників і розеток в санвузлах, підсобках, коморах.

Серцем енергопостачання сучасного підприємства є електричний щит. У ньому знаходяться всі елементи, які контролюють функціонування систем освітлення, розеткових мереж, вентиляції, опалення тощо.

Найпростіший пристрій, яке може використовуватися для контролю системи електропостачання приміщення, це так званий сигналізатор. Ці апарати зовні схожі на звичайний автоматичний вимикач, вони встановлюються в електричний щит, а в приміщеннях монтується дистанційна сигналізація (звукова або світлова). За допомогою звуку вони попереджають про необхідність зменшення навантаження на лінії. Правда, при великих площах використання даних пристроїв, швидше за все, буде неефективно. Фахівці енергетичної служби можуть просто не встигнути зреагувати на попередження.

Серцем енергопостачання сучасного підприємства йди навчального закладу є електричний щит. У ньому знаходяться всі елементи, які контролюють функціонування систем освітлення, розеткових мереж, вентиляції, опалення та ін. Сьогодні на електричному щитку може перебувати кілька десятків апаратів. Цілком природно, що керівникам хочеться приховати шафа від очей співробітників і студентів.

Поєднання бережливого ставлення до енергоресурсів, ергономіки

робочого простору і сучасних пристроїв в системі електропостачання в навчальних приміщеннях має бути нормою. І зовсім не обов'язково вкладати в вдосконалення навчального простору величезні кошти – систему можна поліпшити при мінімальних витратах

### 1.5 Постановка задачі дослідження

Серед усіх систем постачання комунальних ресурсів до університету система електропостачання є найбільш критичною (відсутність електропостачання робить навчальний процес неможливим) та однією з найбільш витратною у фінансовому плані (за даними [3] витрати на електропостачання займають друге місце після витрат на теплопостачання при централізованому опаленні). З іншого боку система електропостачання є найбільш придатною для впровадження новітніх технологій при вкладанні достатньо невеликих ресурсів у порівнянні з можливою економією.

Виходячи з цього впровадження новітніх технологій в перебудову системи електропостачання університету є актуальною та економічно значущою задачею. Таким чином, актуальною та технічно значущою задачею є розробка системи контролю за енергоспоживанням на базі мікроконтролера та мобільного додатку для зниження енергоспоживання, а також впровадження цієї системи в інфраструктуру кіберуніверситету.

Об'єкт дослідження у роботі – система управління енергоспоживанням в університеті в рамках сервісу доступу до інфраструктури у складі кіберуніверситету.

Предмет дослідження – моделі, методи та процедури оптимізації енергоспоживання, зниження витрат на енергоспоживання та тарифікації енергоспоживання в рамках інфраструктури кіберуніверситету та способи отримання інформації користувачем про енергоспоживання.

Мета роботи – моделі та процедури впровадження системи контролю за енергоспоживанням в інфраструктуру кіберуніверситету у відповідності з

нормативами енергоспоживання.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

- проаналізувати структуру сервісу доступу до інфраструктури у складі кіберуніверситету та визначити роль та місце системи управління енергоспоживанням;

- провести аналіз сучасних методів тарифікації енергоспоживання;

- розробити мобільний додаток, функціонал якого дозволяє регулювати освітлення приміщення, робочого місця, тощо і відображати поточні результати фінансові витрати за спожиту електроенергію.

- провести аналіз взаємодії розумних джерел світла з мобільним додатком;

- розробити систему контролю за енергоспоживанням, на основі висновків, щодо поєднання функціоналу сучасних методів тарифікації, функціоналу розумних джерел світла та використання мобільного пристрою для взаємодії із системою та моніторингу важливих показників;

- провести аналіз можливих та доступних способів виведення інформації користувачу, враховуючи всі апаратні та програмні обмеження системи, що реалізується.

## 2 КОМПОНЕНТИ СИСТЕМИ СПОЖИВАННЯ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ

2.1 Стандартний спосіб економічно вигідного та раціонального споживання електроенергії

### 2.1.1 Лічильники електроенергії

Прилад обліку електроенергії (лічильник) – це вимірювальний прилад, який веде облік споживаної електроенергії та монтується в усіх приміщеннях, де проведено електрику. Лічильники електроенергії бувають одностарифними, двотарифними та багатотарифними.

По типу конструкції, лічильники класифікуються на такі типи.

1. Індукційні (електромеханічні електrolічильники) – електrolічильник, в якому магнітне поле нерухомих струмопровідних котушок впливає на рухливий елемент з провідного матеріалу. Рухомий елемент являє собою диск, по якому протікають струми, індуковані магнітним полем котушок. Кількість оборотів диска в цьому випадку прямопропорційно спожитій електроенергії. Індукційні (механічні) лічильники електроенергії поступово замінюються електронними лічильниками через окремі недоліки: відсутність дистанційного автоматичного зняття показань, тарифний облік, невисокий клас точності (визначає рівень похибки вимірювань затраченої електроенергії. Раніше більшість лічильників випускалися з класом точності 2,5, тобто їх максимальна похибка становила 2,5%. Клас точності індукційних лічильників становить 2.0%), поганий захист від крадіжок електроенергії, значні габарити і маса, в порівнянні з сучасними електронними приладами. Разом з тим, індукційні лічильники мають високу надійність і добре підходять для квартир з низьким енергоспоживанням.

2. Електронні (статичні електrolічильники) – електrolічильник, в якому змінний струм і напруга впливають на твердотільні (електронні)

елементи для створення на виході імпульсів, число яких пропорційно споживаній потужності. Вимірювання активної енергії такими електрولیчильниками засноване на перетворенні значення потужності в частоту проходження електричних імпульсів, які надходять на рахунковий механізм. Цей механізм являє собою електромеханічний (має перевагу в регіонах з холодним кліматом, за умови установки приладу на вулиці) або електронний пристрій, що містить як накопичувач, так і дисплей. Електронні лічильники добре підходять для квартир з високим енергоспоживанням і для підприємств. Основними перевагами електронних лічильників є можливість обліку електроенергії за диференційованими тарифами (одно-, дво- і більш тарифні), тобто можливість запам'ятовувати і показувати кількість використаної електроенергії в залежності від запрограмованих періодів часу. Багатотарифний облік досягається за рахунок набору рахункових механізмів, кожен з яких працює в встановлені інтервали часу, які відповідають різним тарифам. Електронні електрولیчильники мають більший період експлуатації (4-16 років) і клас точності (від 1.0% до 0.2%) [4].



Рисунок. 2.1 – Індукційний та електронний лічильники

### 2.1.2 Багатотарифні лічильники електроенергії

Останнім часом великим попитом користуються багатотарифні лічильники. Лічильники встановлюються як для населення, яке проживає в житлових будинках (у тому числі в житлових будинках готельного типу, квартирах та гуртожитках), обладнаних у встановленому порядку електроопалювальними установками, електроплитами (у тому числі в сільській місцевості), так і для промислових підприємств. Таким чином, багатотарифні лічильники поділяють на такі види.

1. Однофазний багатотарифний лічильник розрахований на контроль використаної електроенергії в однофазних мережах. Така електромережа, як правило, характерна для багатоквартирних будинків. Розрахована на споживачів, яким не потрібна підвищена потужність.

2. Багатотарифний трифазний лічильник встановлюється при наявності електромережі, що використовує три фази. Трифазна мережа характерна для промислових підприємств, де існують підвищені навантаження. Крім того, трифазна проводка є в будинках, які обладнані електроплитами та електронагрівальними приборами з моменту проектування [4].

Істотної різниці між роботою зазначених апаратів немає.

Практично всі багатотарифні електролічильники є багатозонними (в середньому 3-4 зони). Зона - це частина доби, в якій діє певний тариф. На законодавчому рівні в Україні можна вести облік, використовуючи 2 (денна і нічна) або 3 (пікова, напівпікова, нічна) зони. Саме ці зони допомагають вести диференційований облік. Коли використовується тризонна система, то вночі ціна електроенергії на 60% менше від звичайної. Але в піковий період (тобто коли споживання електроенергії досягає максимального рівня, наприклад з 8 до 11) вартість 1 кВт в 1,5 рази більше стандартного тарифу. В інший час діє звичайна ціна на електрику.

Таблиця 2.1 – Показники 3-зонного (багатозонного) тарифу

3-зонний тариф, диференційований за періодами часу	Нічний	Денний	Пікова нагрузка
Тарифні коефіцієнти	0,4	1,0	1,5
Початок і кінець періоду, год.	23:00-7:00	7:00-8:00	8:00-11:00
		11:00-20:00	20:00-22:00
		22:00-23:00	

Нижче представлена таблиця тарифу при використанні двозонного лічильника електроенергії (день/ніч). Даний тип широко розповсюджений і має перевагу, у порівнянні з 3-зонними або більше, у житлових будинках з однофазним типом проектування електромережі. Якщо купити лічильник день/ніч, скоротити час експлуатації електроприладів в пікові години, використовувати деяку техніку в нічний час, то є можливість більше ніж в 2 рази скоротити витрати на електроенергію.

Таблиця 2.2 – Показники 2-зонного тарифу

2-зонний тариф, диференційований за періодами часу	Нічний	Денний
Тарифні коефіцієнти	0,5	1
Початок і кінець періоду, год.	23:00-7:00	в інший час доби

### 2.1.3 Як вибрати тариф

Поради щодо вибору тарифу для кращої економії [5]:

- будьте уважні, вибираючи трьохзонний тариф – в пікові години (з 8:00 до 11:00 та з 20:00 до 22:00) потрібно платити на 50% більше звичайного тарифу, тому переконайтеся, що в пікові години Вам знадобиться електроенергія в незначних обсягах;
  - з двозонним тарифом Ви будете економити в будь-якому випадку, адже максимальна ціна за 1 кВт\*год дорівнює звичайним тарифом, по якому Ви зараз платите;
  - зонний облік буде вигідним для Вас, якщо більшістю електроприладів Ви користуєтеся вночі або можете перенести на нічний час роботу електроприладів великої потужності – кондиціонера, бойлера, тепловентилятора, теплої підлоги, електроопалення і т.п.;
- розрахунки по зонним тарифами будуть максимально вигідними, якщо рівень Вашого електроспоживання складає 500 кВт\*год і вище.

## 2.2 Мобільний додаток для управління розумними джерелами світла

### 2.2.1 Принцип дії «розумного» джерела світла

Підключення звичайної розумної лампочки відбувається за звичайним процесом. Лампочку слід вкрутити у відповідний цоколь, а потім включити.

У звичайному режимі вона випромінює теплий білий світ. Для розкриття всього потенціалу та її налаштування буде потрібно встановити мобільний додаток, реалізований на базі iOS або Android системи [7].

З'єднання з лампочкою виконується по протоколу Bluetooth, тому потрібно буде підключитися до лампочки, відшукавши назву в списку Bluetooth-пристроїв.

Слід запустити додаток, де можна буде вибрати колір популярних відтінків або за допомогою спектра, відрегулювати яскравість, включити додаткові ефекти, наприклад, пульсацію обраного кольору, стробоскоп і навіть ефект переливання кольорів веселки зі зміною швидкості. Функції залежать від самої лампочки [8].

Лампи, що працюють за допомогою бездротової мережі Wi-Fi, потребують дещо іншого підходу:

- потрібна домашня бездротова мережа Wi-Fi;
- у лампи є власна IP-адреса, яка управляється через шлюз. Її потрібно підключити до бездротової мережі Wi-Fi;
- за допомогою додатка для смартфонів, з'єднавшись з пристроєм по Wi-Fi, можна вимкнути або ввімкнути світло, зробити його приглушеним і, в тому числі, налаштувати призначені для користувача сцени і власний розклад.

Нерідко розумні лампочки можуть працювати і без участі людини. Для цього в них вбудовані датчики руху або інші елементи. Вони відстежують появу людини в приміщенні або його вихід з кімнати, реагуючи на ввімкнення чи вимкнення світла. Розумне світло дозволяє істотно зменшити рівень споживання енергії, в тому числі дозволяє позбавити людину від необхідності стежити за освітленням робота здійснюється в автоматичному режимі [8].



Рисунок 2.2 – Демонстрація додатка з реалізацією протоколу Wi-Fi

### 2.2.2 Переваги та недоліки

Розумні лампи мають наступні переваги: автоматичне регулювання освітленості, економія електроенергії (всі «розумні» лампи мають діапазон потужності від 8 Вт до 12 Вт), діагностика стану обладнання, віддалене управління, управління за допомогою голосу, охоронні функції, моніторинг стану людини та виконання певного сценарію під нього, виконання функцій будильника та ін.

Серед недоліків можна виділити: схемотехнічні та апаратні ускладнення пристрою, за рахунок додаткових модулів та датчиків, що збільшує ймовірність швидкої поломки, необхідність використання додаткових пристроїв і додатків, можливість злому хакерами розумної лампочки (що є екзотичним недоліком, але випадки зустрічаються), висока ціна (не більше ніж за багатотарифний лічильник, але дорожче ніж звичайні джерела світла).

### 2.2.3 Переваги використання мобільного додатку

Управління «розумним» світлом без мобільного додатку можливе за умовою наявності всіх необхідних датчиків та сенсорів у лампі. Чим більше можливостей має джерело світла, тим менше людина бере участь у контролюванні за системою. Проте кожна додаткова функція значно збільшує вартість «розумного» джерела світла.

Мобільний додаток, реалізований на платформі IOS або Android має багато переваг. По-перше, це додаток, яким користується людина задля моніторингу поточного стану системи управління та миттєвого реагування у разі виникнення різних ситуацій. Також, цей додаток дає можливість людині самостійно налаштовувати режим роботи «розумного» джерела світла. По-друге, реалізація мобільного додатку пропорційна витратам за «розумну» лампу. Наприклад, якщо необхідно використовувати тільки мінімальний набір функцій управління системою освітлення зі смартфона або планшета, то ціна

за лампу буде значно менша ніж за точно таку ж лампу, тільки з повною системою автоматичного управління (САУ) – без участі людини в контурі управління. Авжеж варто пам'ятати, що ціни фірм-виробників дуже різняться, проте все одно «розумна» лампа з мінімальним апаратним комплексом та мінімальним функціоналом мобільного додатку буде мати мінімальну ціну серед інших ламп однієї і тієї ж фірми.

#### 2.2.4 Необхідна умова щодо коректного запуску мобільного додатку

Реалізація мобільного додатку тісно пов'язана з апаратним комплексом, розміщеним у «розумній» лампі. Так як апаратний комплекс (а саме мікроконтролер) також має програмне забезпечення (ПЗ), то спочатку необхідно мати інформацію саме про ПЗ мікроконтролера, а точніше, наявність протоколу передачі даних та його реалізації (зв'язок з мобільним додатком має бути за допомогою технологій Bluetooth або Wi-Fi). Найчастіше зустрічається апаратна реалізація за допомогою технології Wi-Fi. Це найзручніший спосіб для управління окремою системою або для управління «розумним» домом взагалі, за участю людини, яка має доступ до бездротової мережі.

Як вже зазначено вище, лампи, що працюють за допомогою бездротової мережі Wi-Fi, потребують дещо іншого підходу:

- потрібна домашня бездротова мережа Wi-Fi;
- у лампи є власна IP-адреса, яка управляється через шлюз. Її потрібно підключити до бездротової мережі Wi-Fi. Цю функцію реалізує ПЗ мікроконтролера.

Така реалізація ПЗ мікроконтролера і є необхідною умовою для коректного зв'язку мобільного додатку та апаратного комплексу.



Рисунок 2.3 – Необхідна умова для роботи «розумного» джерела

Мінімальним функціоналом мобільного додатку для зв'язку з апаратним комплексом «розумного» джерела світла являється:

- ввімкнення/вимкнення світла;
- управління яскравістю світла.

Варто зауважити, що такий функціонал, як вибір мови, часовий пояс і т.д. не враховується.

На рис.2.3 представлений макет мобільного додатку з мінімальним функціоналом. Реалізація ввімкнення світла виконана за рахунок зміни яскравості світла за допомогою чотирьох різнокольорових програмних кнопок. Вимкнення світла реалізовано за допомогою великої кнопки у верхній частині екрану.

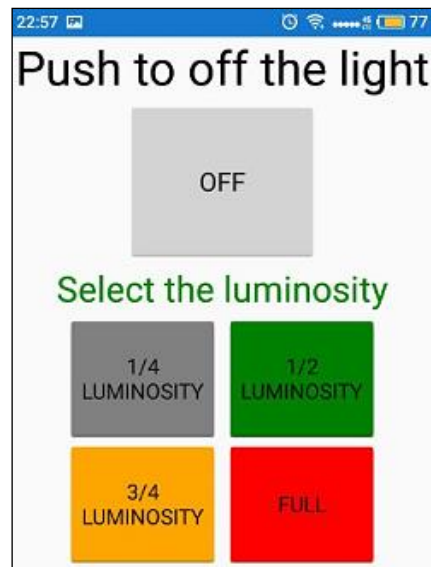


Рисунок 2.4 – Макет мобільного додатку управління «розумним» джерелом світла

### 2.2.5 Ідея поєднання функціоналу пристроїв

Для повного контролю за споживанням електроенергії, мінімальний функціонал мобільного додатку не має можливості розрахунку витрат за електроенергію. У зв'язку з великим попитом на багатотарифний (двох-, трьох- та більше) режим використання електроенергії, було б дуже доречно поєднати принцип дії лічильника та «розумної» лампи.

Способи виведення показників з електrolічильника без розширення мобільного додатку існують, але мають дуже малий коефіцієнт розповсюдження. Це обумовлено багатьма обставинами:

- лічильники мають різну схемотехнічну реалізацію і не завжди є можливість підключитися до нього;
- додаткове підключення до лічильника може порушити його роботу (зривання пломби загрожує штрафом, а помилки у підключенні можуть вивести його з ладу);
- коректне додаткове підключення зі всіма правильними розрахунками фізичних та електротехнічних показників завжди несе за собою

додаткові апаратні, а отже, й матеріальні витрати (додатковий мікроконтролерний пристрій з реалізацією протоколу передачі даних).

Ідея можливості розрахунку витрат за електроенергію у мобільному додатку має великий сенс. По-перше, це незначне розширення мінімального функціоналу мобільного пристрою, яке не несе за собою додаткових матеріальних та апаратних витрат. По-друге, це виключає можливість повторного налаштування додаткової апаратури, у разі зміни лічильника. Це екзотичний випадок, але зустрічається.

### 2.2.6 Способи введення додаткових налаштувань

Розглядаючи декілька способів виведення показників з електролічильника, отримуємо два способи введення додаткових налаштувань у мобільний додаток.

1. Безпосереднє зчитування даних поточного тарифу, поточного часу та кількості спожитої електроенергії з електролічильника. Цей спосіб достатньо витратний і має недолік у додатковій програмній реалізації скидання показників спожитої електроенергії при кожній зміні тарифу;

2. Введення інформації о тарифах та показників пристроїв вручну. Недоліками такого способу є знання інформації, щодо типу встановленого лічильника (двохтарифний, трьохтарифний і т.д.), цін на тарифи споживання електроенергії у конкретні проміжки часу та показник потужності пристрою. Цей спосіб являється найвигіднішим, тому що всю інформацію, яку треба знати, знайти дуже легко. Інформація щодо тарифів споживання електроенергії є на різних сайтах, пов'язаних з розрахунком споживання електроенергії. Інформація, щодо типу електролічильника надана у інструкції з використання. Інформація, щодо показника потужності «розумного» джерела світла також надана у інструкції з використання, у зовнішній коробці, в якій було куплено пристрій, або на різних сайтах-інструкціях, які повністю

описують процес підключення та взаємодію «розумної» лампи з мобільним додатком.

Реалізація способів введення додаткових налаштувань у мобільному додатку надає користувачеві зручний спосіб моніторингу витрат за електроенергію і не порушує принцип зв'язку мобільного додатку з «розумною» лампою. Макет мобільного додатку з додатковим функціоналом розрахунку витрат за електроенергію показаний на рис.2.4.

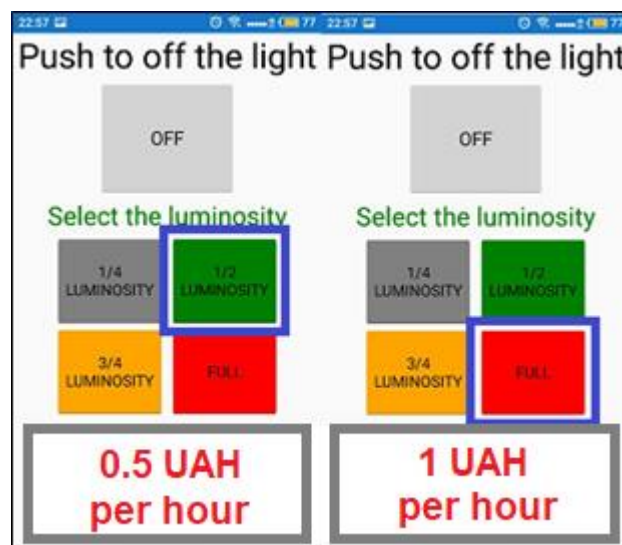


Рисунок 2.5 – Приклад виведення інформації о витратах за електроенергію при різних показниках яскравості світла.

### 3 ПРОГРАМНА ТА АПАРАТНА РЕАЛІЗАЦІЇ ПРИСТРОЮ КЕРУВАННЯ

#### 3.1 Модель пристрою управління контролю за споживанням електроенергії

Контроль за споживанням електроенергії здійснюється за допомогою керуючого пристрою (КП), роль якого виконує мікроконтролер. Команди, які повинен виконувати КП ініціюються людиною за допомогою мобільного додатку, який спроектовано та розроблено для мобільного пристрою. Оскільки, КП та мобільний пристрій виготовляються певними компаніями і являються, виключно, кінцевими продуктами апаратних технологій, то доповнення та розширення їх функціоналу можливе тільки шляхом розробки програмного забезпечення.

Але оскільки керуючий пристрій являє собою мікросхему, яка має спеціальні контакти, що дозволяють отримувати або надавати інформацію з або у навколишній світ (ці спеціальні контакти називаються портом вводу/виведення або пінами), то існує можливість, за рахунок вже розроблених технологій у мікроконтролері (внутрішня периферія), реалізувати функціонал КП зовнішнім способом. Наприклад, підключений до піну світлодіод та певна команда або інструкція, яку виповнив мікроконтролер можуть засвітити його.

Тому, для реалізації контролю за споживання електроенергії з використанням мобільного пристрою необхідний КП та зовнішня периферія, яка буде відображати результат виповнених ним інструкцій або команд .

Нижче наведена таблиця всіх необхідних компонентів для апаратної реалізації даної системи та їх вартість.

Таблиця 3.1 – Мінімальний технічний набір реалізації системи та його вартість

Роль у системі	Назва	Вартість, USD
КП	NodeMCU v1.0 (ESP12-E)	4
Зовнішня периферія	Джерело світла – «Розумна лампа»	5-200
Електричний зв'язок між КП та периферією	Димер ШІМ 220В	5

Варто зауважити, що ціна за «Розумну лампу» варіюється за такими показниками як: фірма-виробник, потужність, температура світла, кут розсіювання світла, можливість працювати з мобільними додатками різних платформ (Android, IOS), інтерфейси зв'язку з пристроєм (Bluetooth, Wi-Fi), тривалість роботи та кількість реалізованих в ній можливостей (наприклад, таймер перемикання світла або таймер на автоматичне включення-виключення управління голосом та ін.).

Частіше всього використовуються джерела світла з вартістю у діапазоні від 20 до 30 долларів США. Це пояснюється тим, що більше всього ринок таких пристроїв захопила промисловість Китайської Народної республіки, яка орієнтована на продаж продукції, яка задовольняє всі потреби людини, з мінімальним функціоналом та привабливою ціною. Найбільше продукції представлено такими компаніями, як Xiaomi та LifeSmart.

Найчастіше, вибір «розумної» лампи, ґрунтується на таких характеристиках:

- можливість керування зі смартфона: наявна;
- інтерфейс підключення: Wi-Fi;
- різнокольоровість: присутня;

- температура кольорів: 6500К;
- тип цоколю: E27;
- потужність світлодіоду: 6W-9W;



Рисунок 3.1 – Розумна лампа Xiaomi Yeelight

Оскільки, КП працює від постійної напруги, а джерело світла повинно бути підключене до електричної мережі приміщення, то виникає необхідність перетворення постійної напруги у змінну. Однак, варто зауважити, що змінна напруга у приміщенні дорівнює 220В. КП може самостійно передавати інформацію тільки при постійній напрузі до 3.3В-5В. Виникнення необхідності перетворення напруги та особливість КП доповнює технічний набір реалізації контролю за енергоспоживанням таким електронним компонентом як «Димер ШІМ 220В». Його роль полягає у прийнятті від МК його постійної напруги (тобто, якоїсь інформації) та передати її до джерела світла як змінну напругу, тим самим дотримуючись всіх необхідних умов реалізації принципу широтно-імпульсної модуляції (ШІМ), який описано у п.3.3.2.

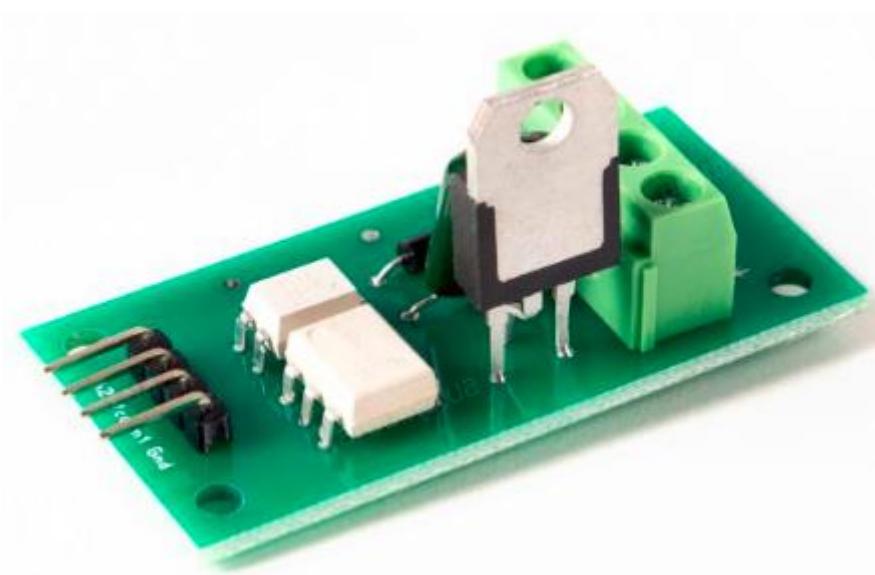


Рисунок 3.2 – Димер ШІМ 220В

Пристрій контролю за споживанням електроенергії функціонує завдяки командам та операціям людини, яка використовує мобільний додаток, сутність якого описано у п.3.3.3. За допомогою мобільного пристрою, у який цей додаток встановлено, користувач може змінювати яскравість джерела світла, до якого має підключення та водночас побачити суму за одну годину безперервної роботи «розумної лампи» в різній яскравості.

Мобільний додаток передає дані до пристрою контролю та отримує розрахунки від нього за допомогою протоколу Wi-Fi, який реалізовано у мікроконтролері. Мікроконтролер виступає в якості КП зі внутрішнім сервером для бездротового спілкування мобільного пристрою та апаратної реалізації системи.

Схемна реалізація та мінімальний технічний набір відповідають такому способу реалізації мобільного додатку для виведення показників з електролічильника як введення інформації о тарифах та показників пристроїв вручну, розглянутий у п.2.6.

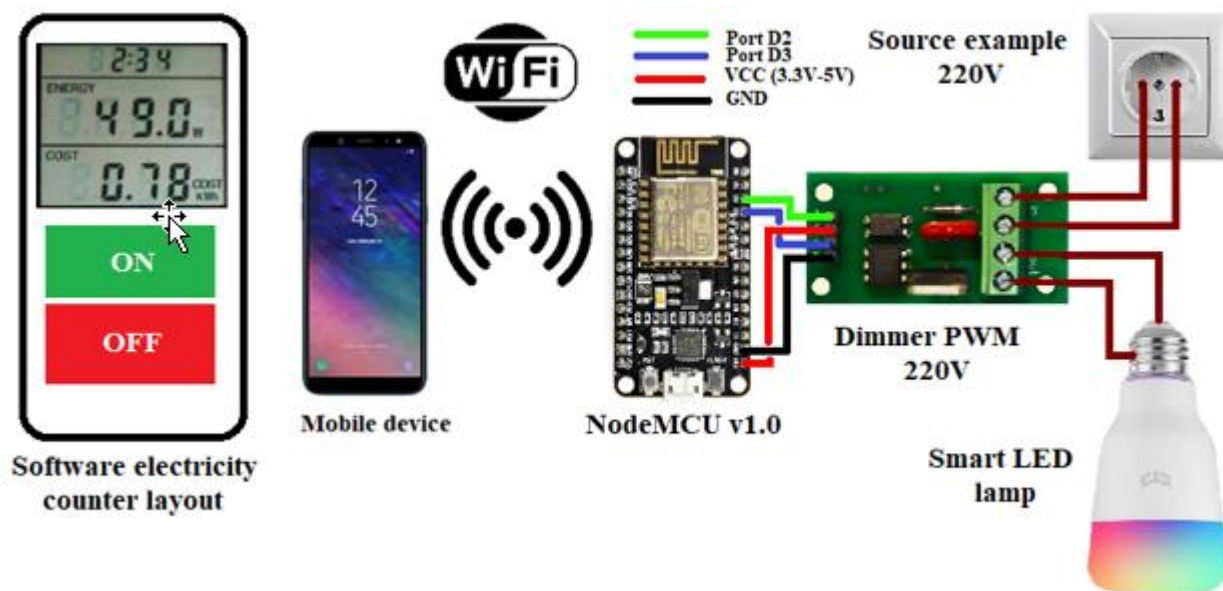


Рисунок 3.3 – Схемна реалізація системи контролю за споживанням електроенергії з використанням мобільного пристрою

Схемна реалізація має необхідну вимогу до безпечної роботи системи. Для контролю фази необхідно використовувати тільки порт D2, який з'єднано з першим портом димера (M2) і позначено зеленою лінією.

Також на рис.3.3 показано розетку як джерело напруги у 220В. Однак джерелом також може бути патрон (цоколь), підключений до електромережі приміщення у вигляді люстри чи світильника, в який вкручується джерело світла.

В якості демонстраційного режиму для розкриття сутності системи в наглядному режимі було зроблено макет. Перевагами для представлення такої системи у вигляді демо-проекту являється компактність макету та дуже мала вартість, відносно системи в цілому, при цьому зберігає всі мінімальні та необхідні функції. На рис.3.4 приведено його схемну реалізацію, а у табл. 3.2 наведено всі необхідні компоненти.

Таблиця 3.2 – Технічний набір демонстраційного системи та його вартість

Роль у системі	Назва	Вартість, USD
КП	NodeMCU v1.0 (ESP12-E)	4
Зовнішня периферія	Джерело світла – світлодіод, ідентичний «розумній лампі» – FYL-8003UWCS	0.125
Організація безпеки у підключенні зовнішньої периферії до КП	Резистор 100-150 Ом	0.03

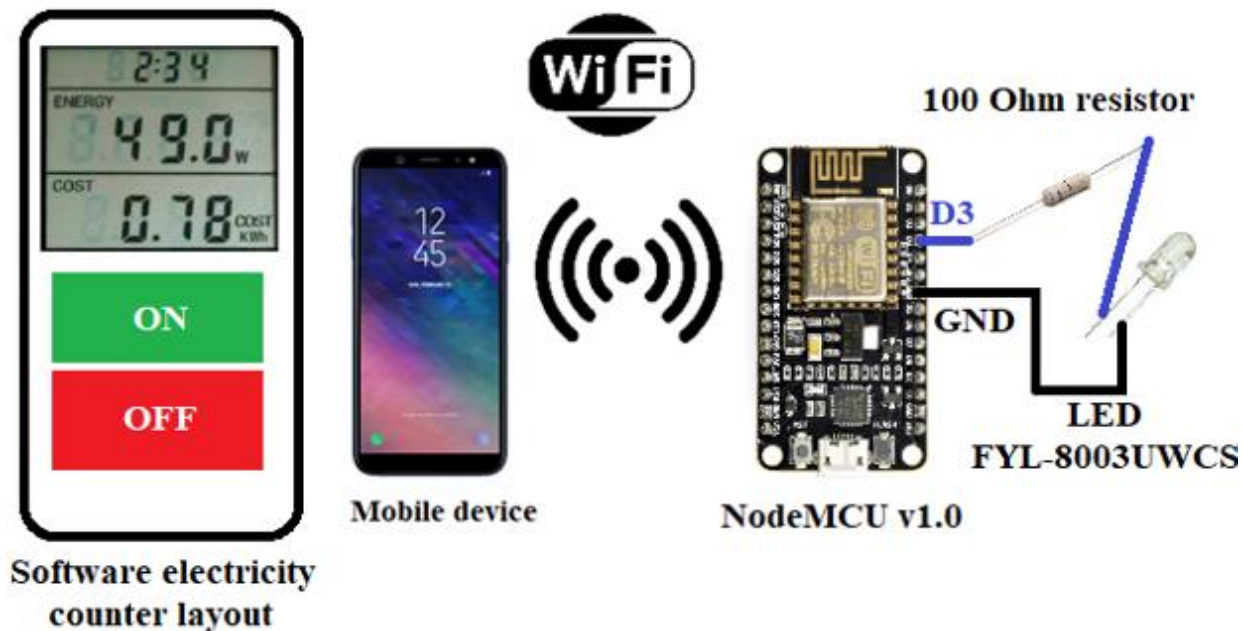


Рисунок 3.4 – Схемна реалізація демо-проекту системи контролю за споживанням електроенергії з використанням мобільного пристрою

### 3.2 Мікроконтролер ESP-12E Wi-Fi Module та плата NodeMCU

Розповсюджене поширення і широка доступність Wi-Fi мереж роблять цікавим для розробника можливість реалізації у своїх проектах функції безпроводного доступу як в локальну, так і глобальну мережу. Наявність на ринку великого числа недорогих рішень, що дозволяють інтегрувати Wi-Fi робить концепцію IoT (Internet of thing, Інтернету речей) такою, що легко реалізовується навіть для початківців. Одним з "проривів" останніх років в області безпроводних рішень стала поява мікроконтролера HYPERLINK ESP8266EX від компанії Espressif Systems. Недорогий чіп з мінімумом зовнішніх компонентів дозволяє отримати повноцінне Wi-Fi рішення і має наступні характеристики: - підтримка Wi-Fi протоколів 802.11 b/g/n з WEP, WPA, WPA2; - підтримка режимів роботи : клієнт (STA), точка доступу (AP), клієнт+точка доступу (STA+AP); - напруга живлення 1.7.3.6 В; - споживаний струм: до 300 мА залежно від режиму роботи [9].

Модуль Wi-Fi ESP-12 розроблений командою Ai-thinker. Основний процесор ESP8266 в менших розмірах модуля інкапсулює Tensilica L106 об'єднує провідний у промисловості 32-розрядний мікроконтролер з наднизьким енергоспоживанням, з 16-бітовим коротким режимом, підтримкою швидкості тактової частоти 80 МГц, 160 МГц, підтримує RTOS, вбудований Wi-Fi MAC / BB / RF / PA / LNA, бортова антена. Модуль підтримує стандартну угоду IEEE802.11 b / g / n, повний пакет протоколів TCP/IP. Користувачі можуть використовувати модулі додавання існуючої мережі пристроїв або створювати окремий контролер мережі. ESP8266 – це високотехнологічні бездротові SoC, призначені для дизайнерів мобільних платформ, що мають обмежений простір та потужність.

ESP8266 пропонує повний і автономний Wi-Fi мережеве рішення; він може бути використаний для розміщення програми або для зняття функцій мережі Wi-Fi з іншого процесора програми. Коли ESP8266EX розміщує

пристрій, він завантажується безпосередньо з зовнішнього спалаху. Ін має інтегрований кеш для підвищення продуктивності системи в таких програмах. З іншого боку, виступаючи в якості адаптера Wi-Fi, бездротовий доступ в Інтернет можна додати до будь-якого дизайну на основі мікроконтролера з простим підключенням (інтерфейс SPI / SDIO або I2C / UART). Технічні характеристики ESP8266 наведені на рис.3.5.

Categories	Items	Values
WiFi Paramters	WiFi Protocles	802.11 b/g/n
	Frequency Range	2.4GHz-2.5GHz (2400M-2483.5M)
Hardware Paramaters	Peripheral Bus	UART/HSPI/I2C/I2S/Ir Remote Contorl
		GPIO/PWM
	Operating Voltage	3.0~3.6V
	Operating Current	Average value: 80mA
	Operating Temperature Range	-40°~125°
	Ambient Temperature Range	Normal temperature
	Package Size	16mm*24mm*3mm
	External Interface	N/A
Software Parameters	Wi-Fi mode	station/softAP/SoftAP+station
	Security	WPA/WPA2
	Encryption	WEP/TKIP/AES
	Firmware Upgrade	UART Download / OTA (via network) / download and write firmware via host
	Ssoftware Development	Supports Cloud Server Development / SDK for custom firmware development
	Network Protocols	IPv4, TCP/UDP/HTTP/FTP
	User Configuration	AT Instruction Set, Cloud Server, Android/iOS App

Рисунок 3.5 – Технічні характеристики ESP8266

На рис.3.6 наведена структурна схема ESP8266 (ESP-12), а на рис.3.7

– електрична схема його підключення. На рис.3.8 наведено опис портів мікроконтролера ESP8266.

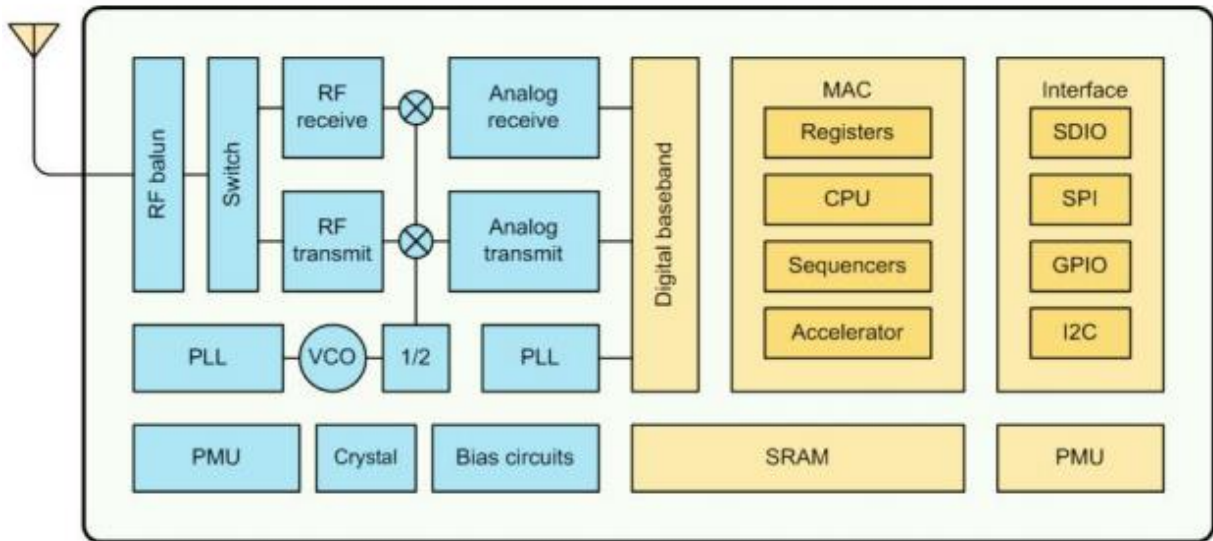


Рисунок 3.6 – Структурна схема ESP8266 (ESP-12)

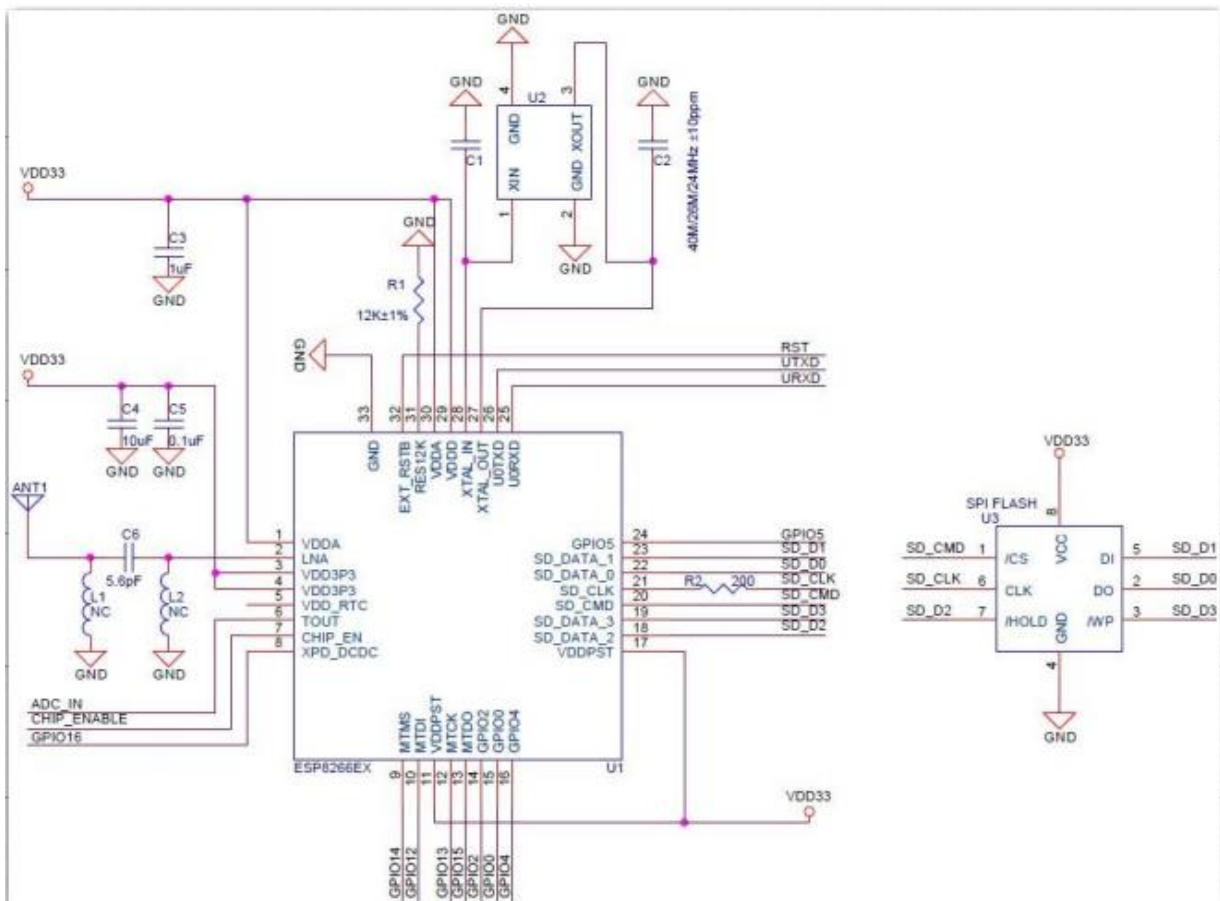


Рисунок 3.7 – Структурна електрична схема підключення ESP8266

NO.	Pin Name	Function
1	RST	Reset the module
2	ADC	A/D Conversion result. Input voltage range 0-1v, scope: 0-1024
3	EN	Chip enable pin. Active high
4	IO16	GPIO16; can be used to wake up the chipset from deep sleep mode.
5	IO14	GPIO14; HSPI_CLK
6	IO12	GPIO12; HSPI_MISO
7	IO13	GPIO13; HSPI_MOSI; UART0_CTS
8	VCC	3.3V power supply (VDD)
9	CS0	Chip selection
10	MISO	Salve output Main input
11	IO9	GPIO9
12	IO10	GPIO10
13	MOSI	Main output slave input
14	SCLK	Clock
15	GND	GND
16	IO15	GPIO15; MTDO; HSPICS; UART0_RTS
17	IO2	GPIO2; UART1_TXD
18	IO0	GPIO0
19	IO4	GPIO4
20	IO5	GPIO5
21	RXD	UART0_RXD; GPIO3
22	TXD	UART0_TXD; GPIO1

Рисунок 3.8 – Опис портів мікроконтролера ESP8266

Частоти підтримуваних кристалічних осциляторів включають 40MHz, 26MHz і 24MHz. Точність кристалічних осциляторів, застосованих, має бути  $\pm 10\text{PPM}$ , і операційний температурний діапазон має бути  $- 20^{\circ}\text{C}$  і  $85^{\circ}\text{C}$ .

На рис. 5.4 у схемному проекті, конденсатори C1 і C2, які з'єднуються із землею, з'єднані з вхідним і вихідним полюсами кристалічного осцилятора відповідно. Ємності двох конденсаторів можуть бути гнучкими, мати значення від  $6\text{pF}$  до  $22\text{pF}$ , проте, конкретні значення C1 і C2 залежать від подальшого випробування і коригування на повному виконанні циклу проектування. Ємності C1 і C2 знаходяться в межах  $10\text{pF}$ , якщо частота

кристалічного осцилятора - 26MHz, але ємності  $C1$  і  $C2$  -  $10\text{pF} < C1, C2 < 22\text{pF}$ , якщо частота кристалічного осцилятора - 40MHz.

NodeMCU – платформа на основі ESP8266 для створення різних пристроїв інтернету речей (IoT). Модуль вміє відправляти і отримувати інформацію в локальну мережу або в інтернет за допомогою Wi-Fi. Недорогий модуль часто використовується для створення систем розумного будинку або роботів Arduino, керованих на відстані [10].

Існує кілька поколінь плат NodeMCU – V1 (версія 0.9), V2 (версія 1.0) і V3 (версія 1.0). Позначення V1, V2, V3 використовуються при продажу в інтернет-магазинах. Нерідко відбувається плутанина в платах. Наприклад, V3 зовні ідентична V2. Також всі плати працюють за принципом open-source, тому їх можуть виробляти будь-які фірми. Але в даний час виробництвом плат NodeMCU займаються Amica, DOIT і LoLin / Wemos. На рис.3.9. відображено сучасну платформу NodeMCU V2.



Рисунок 3.9 – Модуль NodeMCU V2 (ESP12-E)

Модуль оснащений мікроконтролером ESP12-E. Всі його функціональні та технічні можливості збережені та використовуються з додатковою апаратною реалізацією платформи (наприклад, з контролем перепаду напруги або збільшення максимально допустимого току).

Переваги:

- наявність інтерфейсу UART-USB з роз'ємом micro USB дозволяє легко підключити плату до комп'ютера;
- наявність флеш-пам'яті на 4 Мбайт;
- можливість оновлювати прошивку через USB;
- можливість створювати скрипти на LUA і зберігати їх в файлової системі.

Основним недоліком є можливість виконувати тільки скрипти, розташовані в оперативній пам'яті. Цього типу пам'яті мало, обсяг складає всього 20 Кбайт, тому написання великих скриптів викликає ряд труднощів. В першу чергу, весь алгоритм доведеться розділяти на лінійні блоки. Ці блоки необхідно записати в окремі файли системи [10].

Подавати живлення на модуль можна декількома способами:

- подавати 5-18 В через контакт Vin;
- 5В через USB-роз'єм або контакт VUSB. Для підключення модуля до ПК використовується USB-microUSB. Для налаштування і встановлення зв'язку модуля та ПК використовується драйвер CP2102, який вбудовано у мікросхему;
- 3,3В через пін 3В.

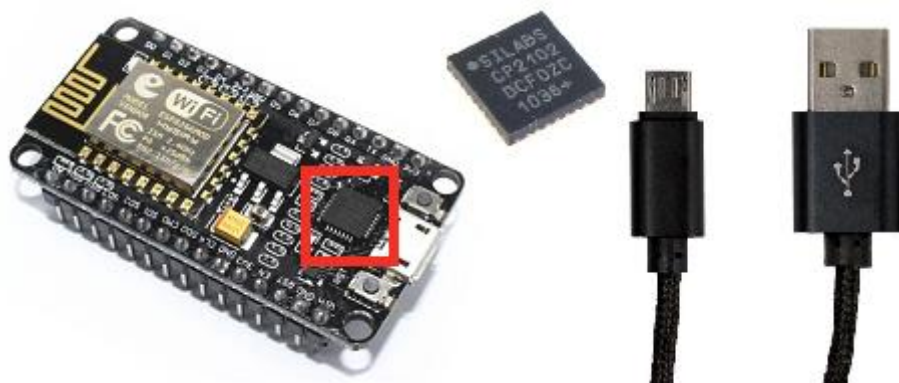


Рисунок 3.10 – Відображення розташування драйверу для зв'язку з ПК та шнур, необхідний для підключення

Модуль має 11 контактів введення/виведення загального призначення. Крім цього деякі з контактів мають додаткові функції:

- D1-D10 – контакти з широтно-імпульсною модуляцією (ШІМ);
- D1, D2 – контакти для інтерфейсу I<sup>2</sup>C / TWI;
- D5-D8 – контакти для інтерфейсу SPI;
- D9, D10 – протокол асинхронної передачі даних (UART);
- A0 - вхід з аналого-цифрового перетворювача (АЦП).

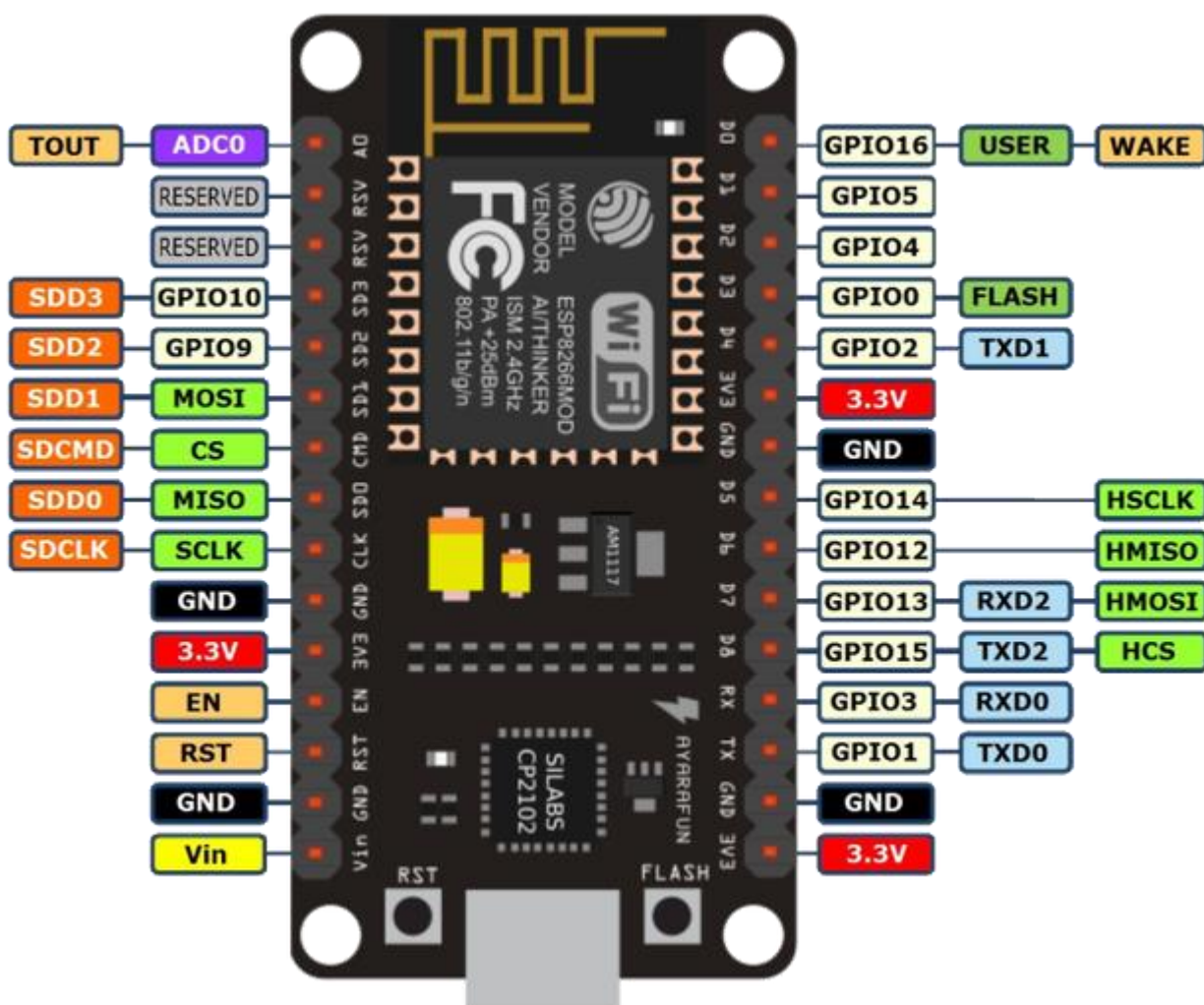


Рисунок 3.11 – Опис контактів модуля NodeMCU V2 компанії Amica

### 3.3 Програмування мікроконтролерного пристрою

#### 3.3.1 Середовище розробки програмного забезпечення

Прошивка (програмування) для мікроконтролера ESP8266 здійснюється за допомогою програми на мові програмування, яка містить в собі всі характеристики мов програмування C/C++, Wiring у середовищі Arduino IDE.

Середовище розробки Arduino складається із вбудованого текстового редактора програмного коду, області повідомлень, вікна виведення тексту(консолі), панелі інструментів з кнопками часто використовуваних команд і декількох меню (рис.3.12). Для завантаження програм і зв'язку середовище розробки підключається до апаратної частини Arduino [11].

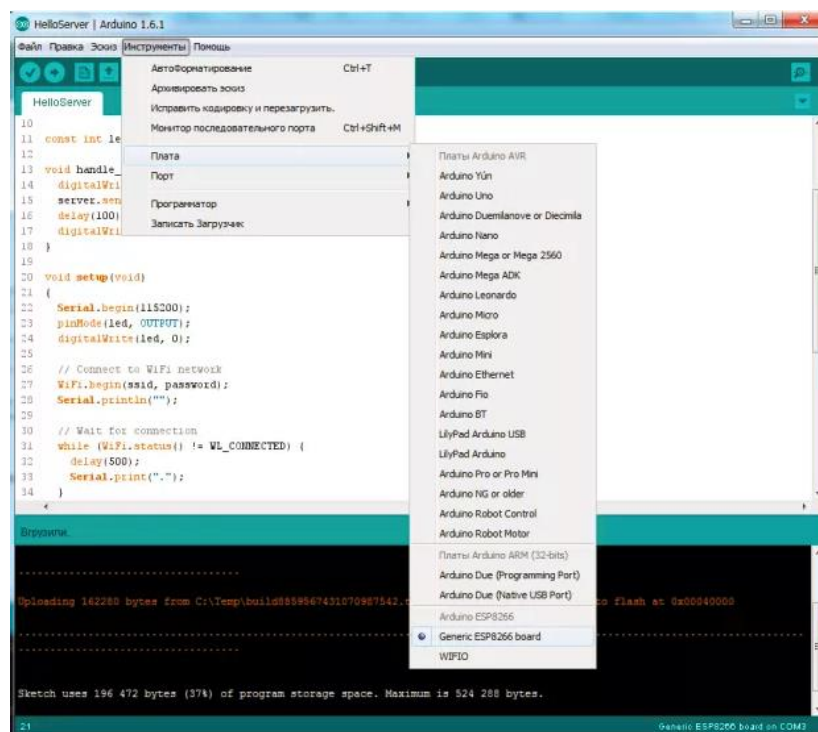


Рисунок 3.12 – Загальне представлення середовища розробки

Програма, яка написана у середовищі Arduino, називається скетч. Скетч пишеться в текстовому редакторі, що має інструменти

вирізки/вставки, пошуку/заміни тексту. Під час збереження і експорту проекту в області повідомлень з'являються пояснення, також можуть відображатися виниклі помилки, які виникають. Вікно виведення тексту (консоль) показує повідомлення Arduino, що включають повні звіти про помилки і іншу інформацію. Кнопки панелі інструментів дозволяють перевірити і записати програму, створити, відкрити і зберегти скетч, відкрити моніторинг послідовної шини.

У Arduino IDE для ESP8266 усі функції базової версії середовища розробки повністю збережені. Arduino IDE для ESP8266 дозволяє створювати прошивки і прошивати їх в ESP8266 точно так, як це робиться з Arduino. При цьому ніяких плат Arduino не вимагається, це не той випадок, коли ESP8266 використовується як Wi-Fi шилда для Arduino. Крім того, можливо використовувати практично усі бібліотеки Arduino разом з ESP8266 після невеликого доопрацювання. Arduino IDE для ESP8266 підтримує усі існуючі на сьогодні модулі ESP8266.

Розглянемо короткий перелік функцій Arduino IDE для ESP8266.

#### 1. Таймінг і delay.

Функції `millis` і `micros` повертають мілісекунди і мікросекунди відповідно, які пройшли з моменту старту модуля. Використовувана багатьма функція `delay` також присутня і припиняє виконання скетчу на вказаний час в мілісекундах і дозволяє відпрацювати операціям Wi-Fi і TCP/IP. Функція `delayMicroseconds` використовується аналогічно, тільки час задається в мікросекундах.

Треба пам'ятати про те, що коли модуль підтримує Wi-Fi з'єднання, йому доводиться виконувати безліч фонових завдань, окрім реалізованого та запрограмованого скетчу. Wi-Fi і TCP/IP функції бібліотек SDK мають можливість обробити усі події черги після завершення кожного циклу вашої функції `loop()` або під час виконання `delay(..)`. Якщо у вашому коді є фрагменти, які виконуються більше 50 мілісекунд, то необхідно

використовувати `delay(..)` для збереження нормальної працездатності стека Wi-Fi.

## 2. Послідовні порти Serial і Serial1 (UART0 і UART1).

Об'єкт Serial працює точно також, як і з Arduino. Окрім апаратного FIFO (по 128 байт для прийому і передачі) визначений і програмний буфер розміром по 256 байт для прийому і передачі даних. Прийом і передача даних відбувається по перериваннях, прозоро для вашого скетчу. Функції запису і читання блокують виконання скетчу тільки коли апаратний FIFO і програмний буфер переповнюються.

Serial використовує апаратний UART0, що працює на GPIO1(TX) і GPIO3(RX). Ці пini можуть перепризначувати на GPIO15 (TX) і GPIO13 (RX) викликом функції `Serial.swap();` після `Serial.begin();`. Повторний виклик `Serial.swap();` поверне усе на свої місця.

## 3. Бібліотека WiFi ESP8266 (ESP8266WiFi).

Функції бібліотеки WiFi ESP8266 дуже схожі з функціями бібліотеки для звичайного Wi-Fi шилда.

Список відмінностей :

- `Wi-Fi.mode(m)` : вибрати режим WI - FI\_AP (точка доступу), WIFI\_STA (клієнт), або WI-FI\_AP\_STA (обидва режими одночасно);
- `Wi-Fi.softAP(ssid)` створює відкриту точку доступу;
- `W-iFi.softAP(ssid, password)` створює точку доступу з WPA2 - PSK шифруванням, пароль має бути не менше 8 символів;
- `Wi-Fi.macAddress(mac)` дозволяє отримати MAC адреса в режимі клієнта;
- `Wi-Fi.softAPmacAddress(mac)` дозволяє отримати MAC адреса в режимі точки доступу (ТД);
- `Wi-Fi.localIP()` дозволяє отримати IP адреса в режимі клієнта;
- `Wi-Fi.softAPIP()` дозволяє отримати IP адреси в режимі ТД;

- Wi-Fi.RSSI() доки не реалізована;
- Wi-Fi.printDiag(Serial); виводить діагностичну інформацію;
- Wi-Fi Server, Wi-Fi Client, і Wi-Fi UDP працюють точно так, як і з бібліотекою звичайного Wi-Fi шилда. Чотири приклади йдуть у комплекті з цією бібліотекою.

Перехід в програмуванні NodeMCU в Arduino IDE не є складним завданням, так як не доведеться освоювати іншу мову програмування. Тільки потрібно додати в неї підтримку ESP8266. Щоб це зробити необхідно виконати декілька кроків.

1. Запустити ArduinoIDE.
2. Перейти до пункту «Файл – Налаштування».
3. в поле «Додаткові посилання для Менеджера плат» ввести адресу [http://arduino.esp8266.com/stable/package\\_esp8266com\\_index.json](http://arduino.esp8266.com/stable/package_esp8266com_index.json).
4. натиснути кнопку «ОК».
5. перейти до пункту меню «Інструменти – Плата: ... – Менеджер плат», відкриється вікно Менеджера плат.
6. в самому низу списку з'явиться новий пункт «esp8266...», натиснути на нього і потім на кнопку «Установити».
7. дочекатися завершення завантаження і установки необхідних файлів (будуть завантажені кілька пакетів об'ємом не менше 160 мегабайт) і перезапустити ArduinoIDE.

У підсумку в пункті меню «Інструменти – Плата: ...» з'являється 21 новий пункт. Для роботи з NodeMCU вибрати зі списку плату «NodeMCU 1.0 (ESP-12E Module)». На цьому настройка ArduinoIDE закінчена.

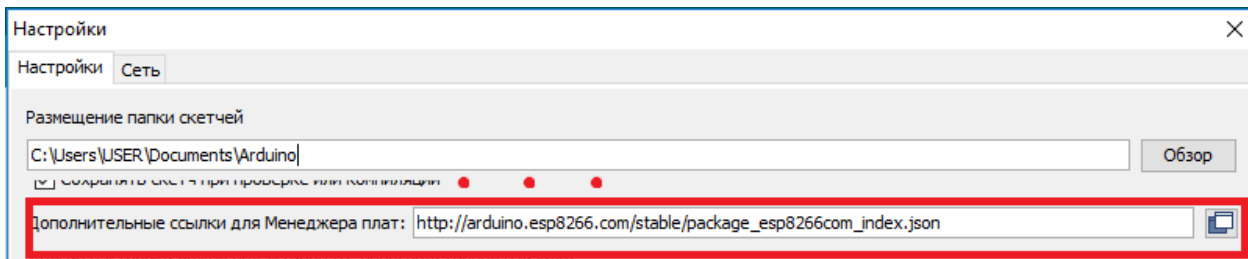


Рисунок 3.13 – Посилання на вибір модулю NodeMCU у пункті «Файл – Настройки»

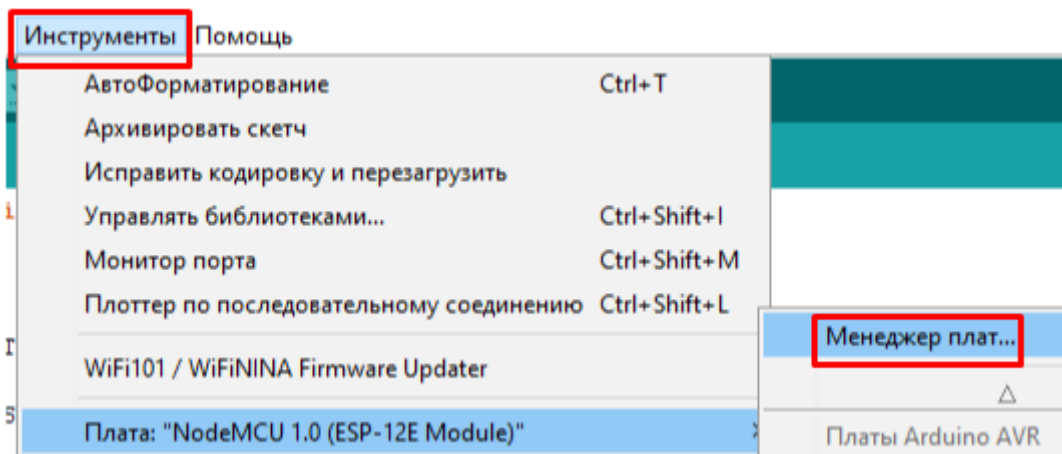


Рисунок 3.14 – Як зайти у «Менеджер плат»

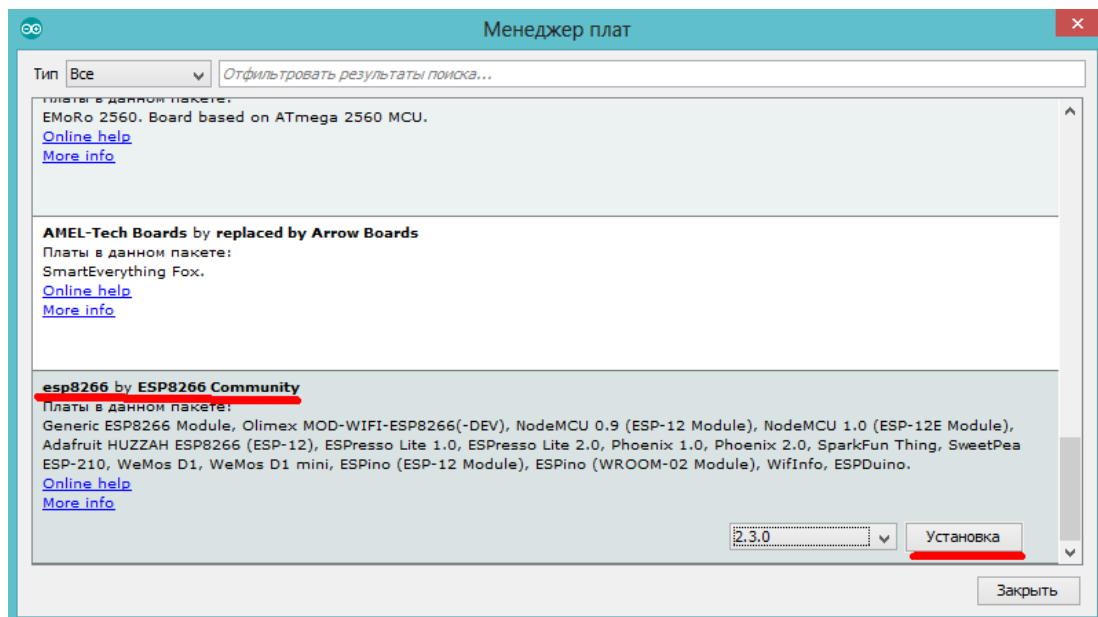


Рисунок 3.15 – Бібліотека для роботи з модулями NodeMCU

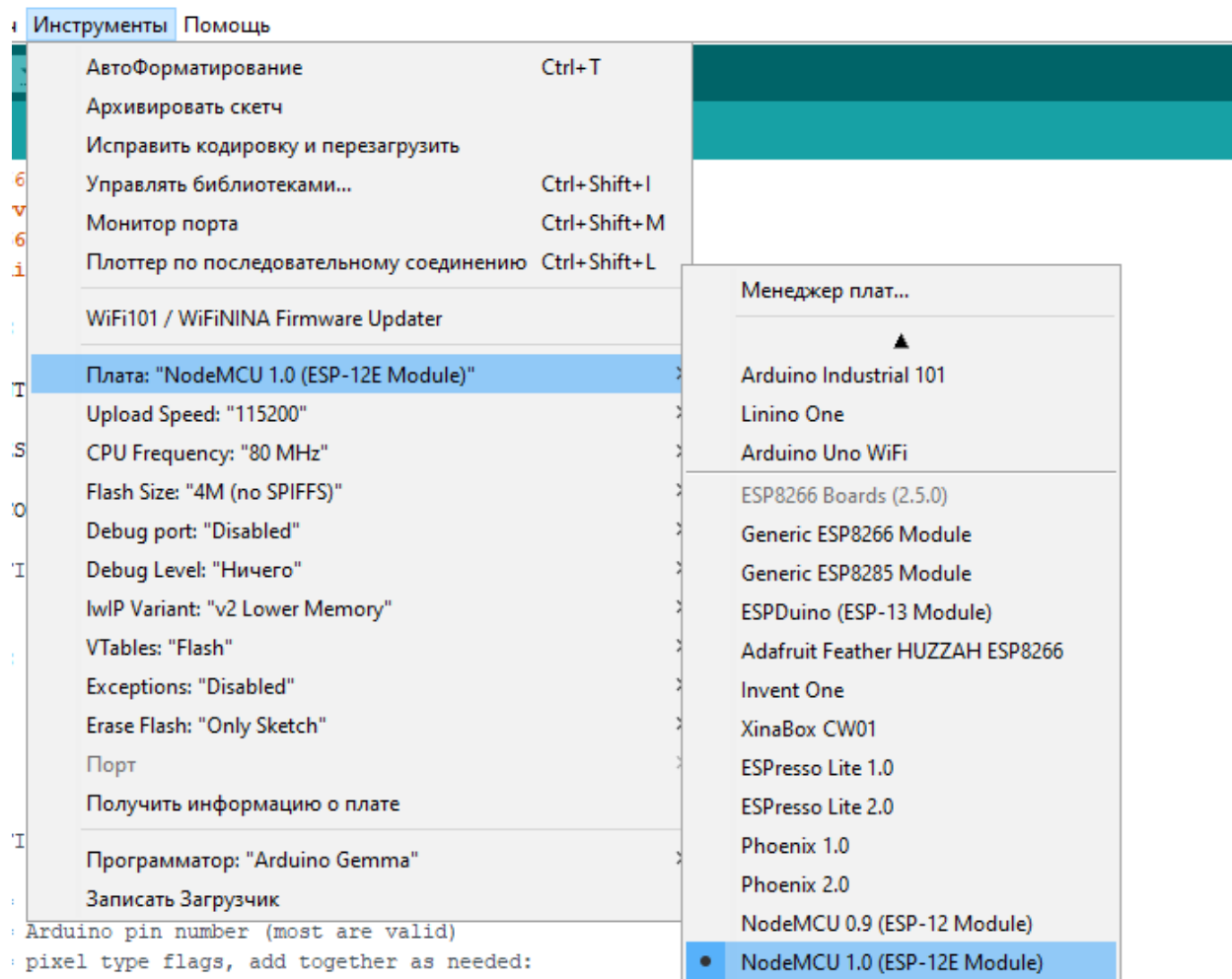


Рисунок 3.16 – Вибір необхідного модуля

### 3.3.2 Програмна модель пристрою

Програмна модель КП повинна виконувати такі функції:

- створення безпроводної точки доступу для підключення мобільного пристрою з апаратною платформомою;
- реалізація внутрішнього серверу для отримання даних яскравості світла від мобільного додатку;
- розшифрування отриманих даних та їх використання для формування команди безпосередньої зміни яскравості джерела світла;
- відправлення даних кількості електроенергії, що витрачається

за одну годину безперервної роботи джерела світла (Вт/год) у поточному режимі роботи, у мобільний додаток в реальний момент часу.

Для початку програмної реалізації системи управління освітленням треба підключити всі необхідні бібліотеки.

### Лістинг 3.1 – Підключення бібліотек

```
#include <ESP8266WiFi.h>      /*Підключення бібліотеки для бездротового
                             з'єднання з мобільним пристроєм*/
#include <DNSServer.h>      /*Бібліотека для налаштування передачі
даних
                             між мобільним пристроєм та МК*/
#include <ESP8266WebServer.h> /*Бібліотека для отримання даних від
                             мобільного пристрою та їх подальшої
обробки*/
```

В даній версії ПЗ мікроконтролеру існує можливість встановлення показника потужності джерела світла. Це зроблено для того, щоб продемонструвати імітацію принципу зчитування фізичних величин струму та напруги. Демонстрація виконана завдяки такому способу як умовна компіляція.

Існує кілька директив умовної компіляції, що дозволяють змінювати порядок компіляції (перетворення коду розробника в машинний код) програми в залежності від стану системи. Даний процес називається умовною компіляцією і широко використовується при розробці комерційного програмного забезпечення, що надає і підтримує багато різних версій однієї і тієї ж програми.

Директиви умовної компіляції (`#ifdef`, `#ifndef`, `#else`, `#endif`) препроцесора (програма, що виконує попередню обробку програм, написаних на мові C.) дозволяють компілювати або пропускати частину програми в залежності від виконання деякої умови [12].

За будь-якої з команд умовної компіляції може слідувати довільне число рядків, що містять, можливо, команду виду `#else` і закінчуються командою `#endif`. Якщо умова, що перевіряється, справедлива, то рядки між `#else` і `#endif` ігноруються. Якщо ж умова не виконується, то ігноруються всі рядки між кодом та командою `#else`, а якщо її немає, то між кодом та командою `#endif`.

Лістинг 3.2 – Умовна компіляція для імітації перемикання системи із демонстраційного режиму у звичайний

```
#define DEMO          /*Інформаційний макрос включення демонстраційного
                      режиму. Закоментувати макрос,якщо необхідно вийти
                      з даного режиму*/
#ifndef DEMO          /*Якщо система знаходиться у демонстраційному
режимі*/
    #define POWER 200 /*Введення інформації щодо потужності джерела
світла*/
#else
    ADC_MODE(ADC_VCC) /*Якщо реалізація КП системи знаходиться не в
                      демонстраційному режимі,то надаємо доступ МК для
                      зчитування напруги джерела світла*/
    #define CURRENT 0.02 /*Показник струму джерела світла*/
    #define VOLTAGE ESP.getVcc()/1000 /*КП вимірює напругу без дробової
                      частини, помножуючи отриманий
                      результат на 1000*/
    #define POWER CURRENT*VOLTAGE /*Розрахунок кількості спожитої
                      електроенергії за годину (Вт/год)*/
#endif
```

Далі необхідно створити декларативну частину, в якій знаходиться інформація, щодо піну, до якого підключено джерело світла та максимальне ШІМ-значення для подальших розрахунків, які необхідно передати у мобільний додаток.

## Лістинг 3.3 – Декларативна частина

```
#define MAX_PWM      1023.0 /*Максимальне значення ШІМ-сигналу для КП за
                           офіційною документацією*/
#define LED_PORT     D3      /*Декларування порту, до якого підключено
                           джерело світла*/
```

## Лістинг 3.4 – Змінні та об'єкти взаємодії мобільного пристрою та

МК

```
const char *ssid     = "PWM Control"; /*Назва бездротової мережі*/
const byte DNS_PORT = 53;             /*Шлюз сервера*/

IPAddress apIP(192, 168, 1, 1);       /*Об'єкт, який зберігає IP-адресу*/
DNSServer dnsServer;                 /*Об'єкт, який зберігає інформацію
                                     щодо шлюзу сервера*/
ESP8266WebServer webServer(80);     /*Об'єкт, який зберігає інформацію
                                     про внутрішній сервер та його порт*/
uint32_t valuePWM = 0; /*Змінна для збереження даних о поточному ШІМ-
                       значенні для яскравості джерела світла*/
```

Для отримання даних від мобільного додатку необхідно налаштувати бездротову мережу та відкрити доступ до серверу. При взаємодії з мобільним пристроєм і налаштованою мережею, дані, що відправляються з мобільного додатку повинні бути прийняті та оброблені до виду, який буде сприймати програмна реалізація (у вигляді об'єктів, цілих чисел і т.д.). Для цього необхідно створити обробник запиту, який буде діяти при отриманні даних на сервер з вказаною IP-адресою. Обробник запиту продемонстровано у лістингу 3.5.

## Лістинг 3.5 – Обробник запиту від мобільного пристрою

```
void handleRoot()
{
    valuePWM = webServer.arg(0).toInt(); /*Отримання даних щодо поточної
                                         яскравості світла*/
    webServer.send(200, "text/plain", "OK"); /*У разі повного та
    коректного отримання даних, МК відправляє на сервер результат "OK"*/
}
```

Для початку роботи сервера, створення та ввімкнення точки доступу бездротової мережі, необхідно створити обов'язкову процедуру `setup()`, яка, за своїм призначенням, повинна зберігати всі першочергові налаштування необхідних компонентів у початковому стані (тобто у стані першого запуску або початку живлення). Реалізація функції продемонстрована у лістингу 3.6

### Лістинг 3.6 – Необхідна процедура початкових налаштувань

```
void setup()
{
    WiFi.mode(WIFI_AP); /*Створення точки доступу бездротової мережі*/
    WiFi.softAPConfig(apIP, apIP, IPAddress(255, 255, 255, 0)); /*Маска
    підмережі*/
    WiFi.softAP(ssid); /*Найменування точки доступу*/

    webServer.on("/", handleRoot); /*Дозвіл на обробку даних від
    мобільного пристрою*/
    webServer.on("/voltage.xml", handleXML); /*Дозвіл на відправлення
    даних у мобільний додаток у вигляді XML файлу*/
    webServer.begin(); /*Початок роботи сервера*/
    pinMode(LED_PORT, OUTPUT); /*Ввімкнення порту, до якого підключено
    джерело світла у режим виведення
    інформації для відображення поточної яскравості світла користувачеві*/
}
```

Для постійного та безперервного виконання коду зі всіма додатковими вимогами та функціями, необхідно реалізувати процедуру `loop()`, яка містить в собі функцію системи контролю за споживанням електроенергії – зміна яскравості світла після отримання та обробки всіх даних, які отримав КП від мобільного додатку. Але також необхідно додати серверний функціонал для безперервної роботи сервера та можливості викликати обробники запитів у момент їх надіслання та відправлення. Повна реалізація процедури продемонстрована у лістингу 3.7.

Лістинг 3.7 – Найголовніша процедура програмної реалізації системи контролю за споживанням електроенергії

```
void loop()
{
  dnsServer.processNextRequest(); /*Дозвіл на отримання запитів*/
  webServer.handleClient();      /*Дозвіл на обробку запитів та
                                відправлення відповіді на них*/
  analogWrite(LED_PORT, valuePWM); /*Процедура реалізації технології
                                ШІМ у середовищі програмування Arduino IDE*/
}
```

Широтно-імпульсна модуляція або ШІМ (pulse-width modulation (PWM) – це операція отримання аналогового значення, що змінюється, за допомогою цифрових пристроїв. Пристрої використовуються для отримання прямокутних імпульсів - сигналу, який постійно переходить від мінімального і максимального значень. Даний сигнал моделює напругу між максимальним значенням (для даного МК 3.3В) і мінімальним (0В), змінюючи при цьому тривалість часу включення 3.3В щодо включення 0В. Тривалість включення максимального значення називається шириною імпульсу. Для отримання різних аналогових величин змінюється ширина імпульсу. При досить швидкій зміні періодів включення-виключення можна подавати, наприклад, постійний сигнал між 0В і 3.3В на світлодіод, тим самим управляючи його яскравістю [13].

На рисунку 3.17 вертикальні лінії відображають постійні часові періоди. Тривалість періоду обернено пропорційна частоті ШІМ. Тобто якщо частота ШІМ становить 500 Гц, то вертикальні лінії відзначатимуть інтервали тривалістю в 2 мілісекунди кожен. Виклик функції `analogWrite ()` з масштабом, за офіційною документацією мікроконтролера ESP12-E, 0-1023 означає, що значення `analogWrite (1023)` буде відповідати 100% робочого циклу (його ще називають скважністю (англ. – duty cycle)). При 100% робочому циклі, відбувається постійне включення верхньої границі

напруги, тобто постійне включення 3.3 В, а значення `analogWrite (511)` - 50% робочого циклу. Рис.3.17. повністю відображає кожну зміну яскравості при натисканні на кнопки, які відповідають скважності (наприклад, кнопка з підписом `3/4 LUMINOSITY` відповідає 75% duty cycle).

Реалізацією даної операції, для середовища розробки Arduino IDE, являється лише одна процедура `analogWrite(pin,value)`. Параметр процедури `pin` відповідає за порт введення-виведення, до якого підключено джерело світла. Параметр `value` відповідає за скважність імпульсів напруги.

Дана процедура видає аналогову величину (ШІМ хвилю) на порт введення-виведення. Процедура може бути корисна для управління яскравістю підключеного світлодіода або швидкістю електродвигуна. Після виклику `analogWrite(LED_PORT, valuePWM)` на виході буде генеруватися постійна прямокутна хвиля із заданою шириною імпульсу (скважністю) до наступного виклику `analogWrite` або виклику подібних їй процедур та функцій для того ж порту введення-виведення.

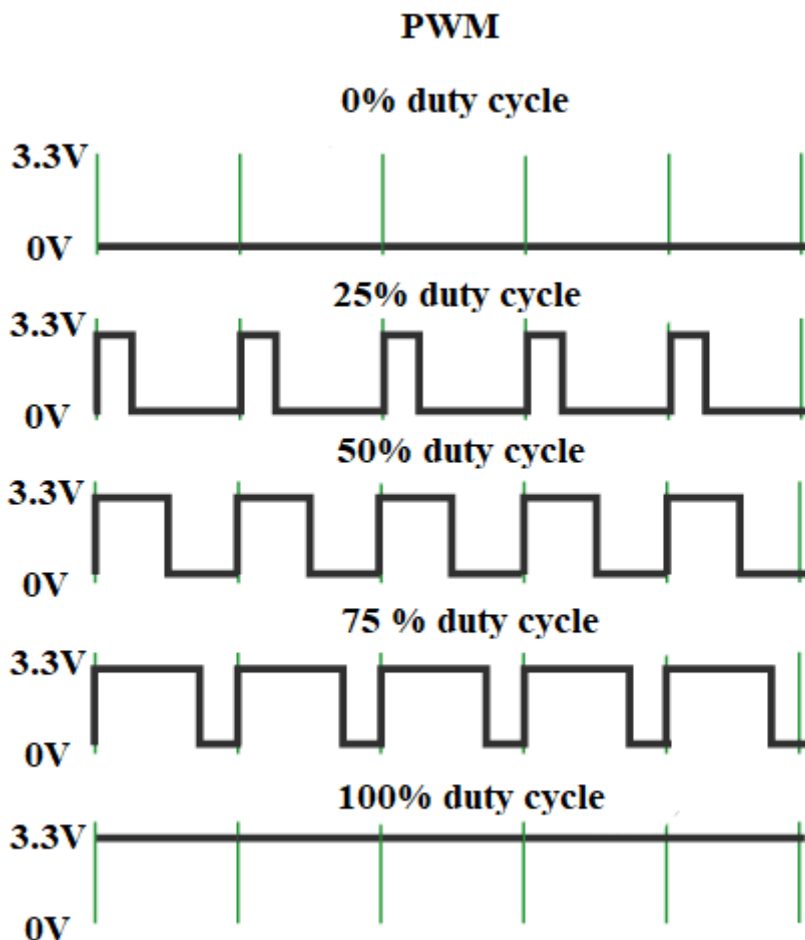


Рисунок 3.17 – Принцип зміни значення напруги за часовими проміжками

Після успішного отримання даних, відповіді на запит від мобільного додатку, обробки цих даних та виконання процедури `analogWrite(LED_PORT,valuePWM)` для включення джерела світла з встановленою яскравістю, необхідно порахувати кількість спожитої електроенергії за одну годину безперервної роботи джерела світла та передати ці дані у мобільний додаток.

Існує серйозна проблема у розрахунках на апаратній платформі з дробовими числами. КП має змогу порахувати тільки до двох чисел після коми в плаваючому вигляді. Тому, необхідно перетворити Вт/год у кВт/год тільки у мобільному додатку, щоб уникнути додаткових операцій (такі як

перетворення типів з використанням сторонньої бібліотеки та залученням до роботи великого за розміром класу String для виконання однієї або двох функцій максимум), які, за фактами досліджень, можуть займати до 70% ресурсів мікроконтролеру.

Для передачі отриманої величини необхідно коректно створити запит до мобільного додатку та організувати його відправку. Після відправки і приймання запиту у мобільному додатку, КП має отримати позитивну відповідь (код 200) на отримання запиту.

Створення та відправка запиту, отримання відповіді на запит повинно бути реалізовано у окремому обробнику.

Передача даних за принципом «запит-відповідь» досить популярна у просторах мережі Інтернет. Існує декілька форматів передачі даних за таким принципом. Одним з найпопулярніших форматів є формат XML – мова розмітки, що розширюється. Розробник має змогу вільно і самостійно використовувати всі необхідні слова для того, щоб якомога простіше і найкраще довести інформацію до користувача, але при цьому код повинен дотримуватися вимоги до деревоподібного опису. Тобто, кожне значення, яке хоче передати розробник, повинно бути описано за таким стандартом, який наведено у лістингу 3.9. У лістингу 3.8 наведено створення формату XML та опис даних вручну. Значення, яке необхідно передати повинно бути всередині тегу – конструкції коду, яка під її ж назвою відображає інший деревоподібний опис значень, що зберігаються або безпосередньо значення. Тег складається з трикутних скобок <назва\_тегу>, всередині яких пишеться слово, яке відображає те, що зберігається у ньому. В основному, тег повинен мати і закриваючі його трикутні скобки з символом слешу </назва\_тегу>.

## Лістинг 3.8 – Обробник запиту до мобільного пристрою

```

void handleXML()
{
    double result = (valuePWM/MAX_PWM)*POWER; /*Формула розрахунку поточної
                                                потужності джерела.
        Розрахунок полягає у відношенні поточної яскравості джерела до
        максимальної, результат якого помножено на номінальну
        потужність пристрою*/
    String xml = "<result>\n"; /*Формування запиту для відправлення даних у
                                мобільний додаток*/

    xml += "<power value=\"";
    xml += result;
    xml += "\"/>\n";

    xml += "</result>"; /*Кінець формування запиту. Запит сформовано XML -
                        файлом*/
    webServer.send(200, "text/xml", xml); /*Відправка запиту з повідомленням
                                            про позитивну відповідь на нього*/
}

```

Сформований XML-код можна подивитися у будь-якому інтернет-браузері, якщо дотриматися двох пунктів.

1. Підключитись до безпроводної точки доступу КП.
2. У полі для запитів (поле, в яке користувач вносить інформацію для її пошуку) ввести посилання <http://192.168.1.1/voltage.xml>.

XML-код відображено у лістингу 3.9

## Лістинг 3.9 – Сформований XML-код

```

<result>
    <power value="0.06"/>
</result>

```

## 3.3.3 Мобільний пристрій керування

В якості реалізації взаємодії між мобільним додатком та КП використано мобільний телефон на платформі Android по протоколу <http> з адресою серверу **<http://192.168.1.1>**.

В якості приймача сигналу використовується МК ESP8266, на базі якого створено модуль NodeMCU з вбудованою точкою доступу Wi-Fi. Аутентифікація користувача (введення паролю для з'єднання з точкою доступу) не здійснюється.

Мобільний додаток (клієнт) містить в собі 3 текстових поля та 5 кнопок. Головним елементом застосування є одна із кнопок, яка при натисненні посилає запит на сервер (створений на мікроконтролері ESP8266 (модуль NodeMCU)), оповіщаючи його про початок роботи мобільного додатку, налаштування зв'язку мобільного пристрою з КП та зміни яскравості джерела світла з подальшим виведенням інформації про кількість витраченої електроенергії на екран або його вимкнення. При натисканні на одну з чотирьох різнокольорових кнопок, які відповідають за зміну яскравості світла, в нижній частині екрана з'являється третє текстове поле із сумою, яка витрачається за одну годину безперервного використання джерела світла.

Принцип роботи, зображений на рис.3.18.

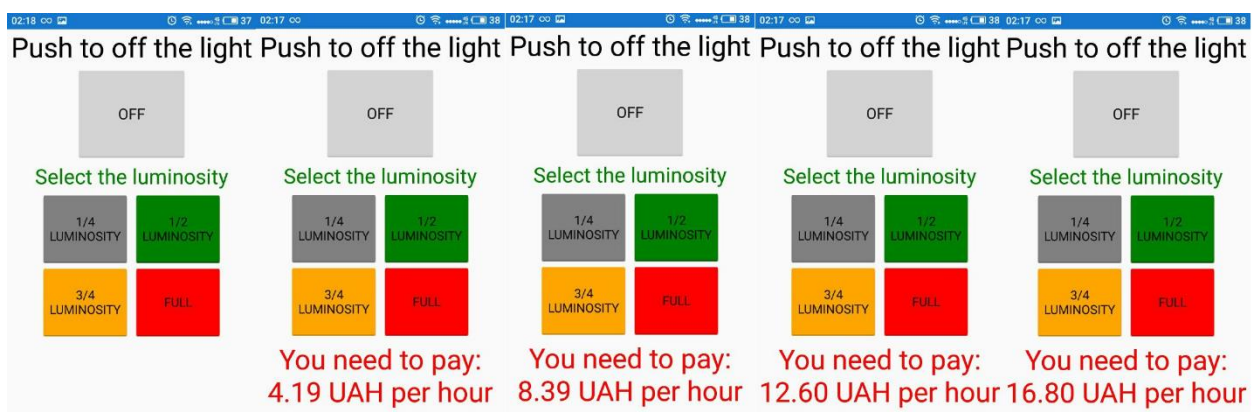


Рисунок 3.18 – Всі можливі позитивні сценарії системи

Верхнє текстове поле Push to off the light є підказкою користувачу, що в верхній частині екрана розташована кнопка з написом «OFF», при натисканні якої система повертається у початковий стан і вимикає джерело

світла.

Текстове поле у середині екрану пропонує користувачу встановити яскравість джерела світла тим самим розпочати роботу системи з подальшим виведенням всіх розрахунків на екран.

Після натискання однієї з чотирьох кольорових кнопок і наявності зв'язку між мобільним пристроєм і КП, у нижній частині екрану відображається текст «You need to pay: (сума) UAH per hour». Це сума, яку необхідно буде заплатити за одну годину безперервного користування джерелом світла у даний момент.

У той час, коли джерело світла вимкнено, система знаходиться в режимі очікування. Третє текстове поле у нижній частині екрану зникає до моменту, коли користувач не ініціює запуск системи.

Верстання додатка виконано за допомогою мови опису розмітки XAML з використанням усіх стандартних елементів (кнопок, тексту, кольорів, тощо).

Верстання є створенням повного графічного інтерфейсу користувача (GUI).

Натиснення однієї з кнопок здійснюється за допомогою обробників подій на мові програмування C#. Також обробники подій є пусковим механізмом зміни нижньої частини графічного інтерфейсу користувача (виведення суми за електроенергію) та формування запиту на основі натиснення кнопки користувачем.

### Лістинг 3.10 – Обробники подій натиснення на кнопку

```
private const short MAX_PWM = 1023; /*константне поле
максимального
КП*/
private void StopButton_Clicked(object sender, EventArgs e)
{
    SendValuePWM(0); /*Ініціація формування запиту до КП*/
```

```

        MoneyLabel.IsVisible = false; /*Заборона виведення суми за
                                         електроенергію на екран*/
    }
    private void QuartLuminosity_Clicked(object sender, EventArgs e)
    {
        SendValuePWM(MAX_PWM/4);
    }
    private void HalfLuminosity_Clicked(object sender, EventArgs e)
    {
        SendValuePWM(MAX_PWM / 2);
    }
    private void ThreeQuartLuminosity_Clicked(object sender, EventArgs
e)
    {
        SendValuePWM((MAX_PWM*3)/4);
    }
    private void FullLuminosity_Clicked(object sender, EventArgs e)
    {
        SendValuePWM(MAX_PWM);
    }
}

```

Обробники подій мають дуже просту функціональність. При натисканні на одну з кнопок відбувається виклик процедури формування та відправлення запиту до КП з необхідними даними для регулювання яскравості світла. Дані, що передаються, є результатом математичних операцій з таким полем класу як MAX\_PWM. Це константне поле, яке зберігає в собі інформацію о максимальному значенні ШІМ-сигналу для КП. Також, воно допомагає у вирішенні питання «магічних» чисел – чисел, які програмуються у їх явному вигляді.

Виконання обробників подій кожного разу викликає процедуру формування та відправки запиту до МК. Це процедура, яка має особливий режим роботи. Вона повинна працювати тільки у асинхронному режимі (на що вказує ключове слово `async` при її об'явленні та ключове слово `await` при відправці запиту на сервер) та безперервно до тих пір, доки не буде отримана позитивна відповідь від сервера (код 200 з текстовим повідомленням «ОК»). Безперервність реалізується за допомогою нескінченного циклу `while(true){...}`. Але постійна відправка запитів на

сервер може повністю порушити його роботу та призвести до його «падіння» (механізм дуже схожий на відому DDoS-атаку).

Процедура виконується асинхронно, що вказує на необхідність створення ще одного потоку виконання програми. Якщо «присипляти» потік, який виділено на неї, то «падіння» сервера виключається. Способом «присипляння» потоку являється встановлення затримки кожного разу, коли було відправлено запит. Оптимальна затримка має величину у 300-500 мілісекунд [14].

Лістинг 3.11 – Процедура формування та відправки запиту до МК

```
private async void SendValues(short valuePWM)
{
    string request = String.Format(
        "http://192.168.1.1/?ValuePWM={0}", valuePWM); /*Об'єкт типу
        String, який містить в собі повний запит від
        додатку*/
    var uri = new Uri(request); /*Формування об'єкту типу Uri для
        безпечної відправки запиту на сервер*/
    HttpClient Client = new HttpClient(); /*Створення та
    формування зв'язку мобільного додатку по безпроводній мережі*/
    while (true)
    {
        var response = await Client.PostAsync(uri, null);
        /*Відправка запиту*/
        if (response.StatusCode == HttpStatusCode.OK) /*Умова
        виконується, якщо запит прийнято і надіслана відповідь від сервера*/
        {
            break;
        }
        Thread.Sleep(300); /*"Присипляння" потоку, в разі
        відсутності відповіді від серверу*/
    }
    if(valuePWM != 0) /*Якщо світло вимкнене, то не варто
        виводити нульову суму користувачеві*/
    {
        ShowPaying(); /*Виклик процедури виведення інформації,
        щодо розрахованої суми за спожиту електроенергію*/
    }
}
```

Процедура виведення інформації, щодо розрахованої суми за спожиту електроенергію являється невід’ємною частиною функціоналу ПЗ мобільного додатку. По-перше, дана процедура реалізує одне з технічних завдань додатку – інформування користувача о витрачених коштах. По-друге, оскільки функціонал виведення інформації повинен бути реалізований після отримання відповіді від КП на запит від мобільного додатку, а функція процедури `SendValues(valuePWM)` – тільки сформувати та відправити запит на основі даних, то для гарного тону програмування необхідно дотриматися правила декомпозиції коду (логічне розділення функціональних обов’язків кожної частини коду), тим самим полегшуючи його читання та уникнення втрати логіки, якщо виникає необхідність у подальшому розширенні функціоналу мобільного додатку.

### Лістинг 3.12 – Процедура ShowPaying

```
private async void ShowPaying()
{
    string result = await CalculatePaying(); /*Отримання
                                           відповіді від запиту до КП*/
    if (!String.IsNullOrEmpty(result))     /*Умова, якщо дані
                                           відсутні*/
    {
        MoneyLabel.IsVisible = true;       /*Умова, якщо дані
                                           відсутні*/
        MoneyLabel.Text = "You need to pay: " + result + " per
hour";
                                           /*Формування текстового поля для користувача у нижній
частині екрану*/
    }
}
```

Спеціально реалізована процедура отримує дані від запиту до КП для отримання інформації про суму, витрачену за електроенергію та при наявності цих даних відображає їх користувачу.

Слід зауважити, що сигнатура даної процедури має ключове слово `async`, оскільки вона працює з викликом функції, яка повинна працювати у

асинхронному режимі в іншому виділеному потоці (аналогічний механізм, описаний у лістингу 3.11).

Отримання відповіді від КП реалізовано за допомогою асинхронного виклику функції `CalculatePaying`. Функція виконує аналогічний алгоритм процедури `SendValues (valuePWM)`, але з деякими додатковими операціями. Ця функція реалізує принцип «запит-відповідь» зі сторони мобільного додатку, самим отримуючи дані від КП, розшифровуючи їх методом «парсингу» («парсинг» – синтаксичний аналіз інформації) завантажених даних, пошук необхідних даних, які були отримані від КП та їх подальшої обробки до вигляду, який повинен бути відображений користувачеві.

Обробка даних має на меті перетворення отриманої інформації у число, його використання у розрахунку суми за спожиту електроенергію та формування частини тексту, який буде відображатися користувачеві.

Однак для обробки даних та отримання кінцевого результату необхідно виконати конкретні умови.

1. Перетворення отриманої потужності із Вт/год у кВт/год (за державним стандартом саме така фізична величина відображається на лічильниках) повинно бути реалізовано у мобільному додатку. Для цього отримане число достатньо поділити на 1000.

2. Перетворення отриманої потужності повинно бути гнучким для відображення на всіх версіях операційної системи (ОС) Android.

Існує проблема відображення числової інформації з дробовою частиною. Деякі версії ОС повністю підтримують варіант відображення з точкою (наприклад 0.05), а деякі частково, в залежності від регіону, під який налаштовано мобільний пристрій (наприклад, у версіях ОС вище 6.0 та налаштування регіону Китай, Велика Британія та багато інших, не підтримують числа з точкою, а підтримують числа з комою після цілої частини (0,05)). У зв'язку зі статистикою користування мобільними пристроями з ОС Android, яка показує, що кількість пристроїв із

застарілими версіями операційної системи (до 5.2) близька до нуля, саме кома після цілої частини повинна відображатися на всіх мобільних пристроях. Інакше інформація відображатися не буде. Це означає, що обробка інформації може перейти у непередбачуваний розробником сценарій та не відобразити необхідну інформацію або, навіть, фатально завершити роботу додатку.

Для уникнення таких ситуацій, у мові програмування C# існує механізм обробки виключень – спеціальний механізм, який відловлює критичні ситуації, що можуть спричинити непередбачувані дії додатку та оброблює їх за умовами, які реалізує сам розробник [14].

Реалізація цього механізму містить конструкцію коду `try{...} catch(...){}`. У блоці коду з ключовим словом `try` знаходиться потенційно небезпечний код, який може призвести до непередбачуваних ситуацій, які називаються виключеннями. Якщо таких ситуацій не виникає, то програма продовжує свою роботу за сценарієм. Інакше – програма починає виконувати другий блок конструкції з ключовим словом `catch`. Даний блок коду може містити в собі ті операцію, дії чи ту інформацію, які розробник хоче передати іншому розробнику або користувачеві. У круглих скобках після ключового слова можна передати об'єкт класу `Exception`, який містить в собі інформацію про дату виникнення виключення, сутність та джерело. Передача параметрів у круглі скобки необов'язкова, тому їх можна опустити[14].

Для заміни точки між цілою та дробовою частиною числа на кому, необхідне форматування отриманої інформації у текстовий вигляд. Для цього існує функція `Replace(string source, string destiantion)`, яка шукає необхідний символ чи текст, який передається першим параметром та міняє його на той, який вказан другим параметром при її виклику.

3. Сума за спожиту електроенергію повинна бути розрахована у мобільному додатку. Це пов'язано з дуже великими апаратними витратами

на форматування числа,.

4. Сума за спожиту електроенергію повинна бути відображена користувачу у текстовому вигляді. Для цього існує статична функція `Format( string formatRule, sourceCode)` класу `String`, яка за правилом розробника, яке передається першим параметром повинна відобразити результат у текстовому вигляді. Результат передається другим параметром у виклик функції. Найчастіше таким способом відображають числа, які повинні мати багато цифр після коми. Статична функція – це функція, для виклику якої не потрібно створювати окремий екземпляр класу для використання його функціоналу[14].

Лістинг 3.13 – Процедура `CalculatePaying` та допоміжні поля програмної реалізації додатку

```
private const double ELECTRICITY_RATE = 1.68; /*Константне поле, яке
зберігає суму за 1 кВт спожитої електроенергії*/
private const string CURRENCY = " UAH";      /*Константне поле
валюти*/
private async System.Threading.Tasks.Task<string> CalculatePaying()
{
    string result = String.Empty; /*Очищення змінної для
зберігання даних, отриманих від КП*/
    string url = $"http://192.168.1.1/voltage.xml"; /*Формування
посилання для запиту*/
    try /*Механізм обробки виключень для уникнення
непередбачуваних ситуацій*/
    {
        string xmlData = new WebClient().DownloadString(url);
        /*Завантаження даних від КП у їх вихідному виді
(XML)*/

        var xmlCollectItems = XDocument.Parse(xmlData) /*Механізм
"парсингу" XML- коду для отримання значення потужності*/
        .Descendants("result")

        /*Вхід у "корінь" деревоподібної форми коду*/

        .Descendants("power").ToArray(); /*Отримання даних, які зберігаються за
тегом*/
        double kWattsResult =
Convert.ToDouble(xmlCollectItems[0].Attribute("value").Value.Replace(".",
```

```
"/1000; /*Перетворення даних у число за платформонезалежним
стандартом*/
    result = String.Format("{0:f6}",(kWattsResult*
ELECTRICITY_RATE)) + CURRENCY; /*Формула розрахунку суми за спожиту
електроенергію та коректне формування інформації для користувача у
вигляді тексту*/
    }
    catch(Exception ex) /*Якщо виникає непередбачувана ситуація
(вірогідність якої практично відсутня)*/
    {
        MoneyLabel.IsVisible = true; /*Інформуємо користувача про
відсутність зв'язку*/
        MoneyLabel.Text = "Check the connection!";
    }

    return result; /*Повернення результату для можливості його
подальшої обробки в інших процедурах або функціях*/
}
```

## 4. СПОСОБИ ВИВЕДЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ

### 4.1 Використання мобільного додатку

В даній програмній реалізації мобільного додатку, внесення змін, щодо тарифу за 1 кВт енергії за годину та валюту відбувається розробником.

Слід зауважити, що додаток працює з Інтернет-з'єднанням, а точніше з Wi-Fi, налагодженим на сервері (мікроконтролері ESP8266), тому додаток без з'єднання не реагує на дії користувача.

Основні характеристики:

- простий і зрозумілий графічний інтерфейс;
- працює при з'єднанні мобільного пристрою з точкою доступу, реалізованою на мікроконтролері;
- проста взаємодія користувача і системи за допомогою 5 кнопок;
- виведення витраченої суми за електропостачання на екран.

Однак існують деякі протиріччя щодо повного функціоналу додатку. В основному всі аналогічні рішення пов'язані з тим, що користувач самостійно налаштовує витрати за період, який йому необхідний. З одного боку це дуже сильна перевага, так як користувач у реальному часі може відстежувати витрати за годину, день, тиждень, або місяць. Врешті решт до тих пір, який період він не вибере самостійно.

Однак навіть таке доповнення функціоналу може призвести до його надлишку для конкретного користувача. Наприклад, існують випадки, коли користувачу необхідно знати витрати за електроенергію на довгий строк (від місяця до року). Причина тому – перевірка показань, які нарахував лічильник, компанія, яка пропонує енергоресурси та перевірка витрачених коштів за спожиту електроенергію з урахуванням ціни.

Проаналізувавши деяку кількість сценаріїв, приклад функціоналу мобільного додатку може бути двох варіантів.

1. Повномасштабне налаштування контролю споживання енергоресурсів користувачем. Користувач власноруч коригує всі зміни, щодо тарифікації, ціни за електроенергію, способу відображення витрат.

2. Автономна система контролю споживання енергоресурсів з мінімальною взаємодією з користувачем. Користувач тільки керує освітленням. Всі зміни тарифікації та ціни за електроенергію узгоджуються з розробником та компанією-постачальником енергоресурсів.

Якщо використання мобільного додатку зв'язано з більш глобальною системою, то всі коригуючі операції необхідно узгоджувати з вищими інстанціями і тоді приймати рішення про зміни. Тому варіант автономної системи контролю споживання енергоресурсів з мінімальною взаємодією з користувачем найбільш привабливіша для такої реалізації та дозволяє користувачу отримувати інформацію з мінімальною взаємодією із системою за допомогою мобільного додатка.

#### 4.2 SMS з рахунком за електроенергію (GSM модуль)

Як зазначено вище, мобільний додаток працює тільки з увімкненим Wi-Fi у мобільному пристрої та реалізованим на мікроконтролері. Тому користувач має змогу відстежувати витрати за електроенергію тільки в той час, коли він знаходиться в зоні доступу до даної мережі. Ситуація виникає в обох випадках, коли сервер реалізовано тільки на мікроконтролері та коли всю систему підключено до глобальної мережі, наприклад, кафедри або всієї мережі кіберуніверситету, що і являється ціллю впровадження даної системи у кіберсоціальний простір університету або у сервіс доступу до його інфраструктури.

Оскільки користувач не має необхідності цілодобового моніторингу витрат на спожиту електроенергію, тому виникає ситуація, коли реалізований графічний інтерфейс користувача використовується на 50 відсотків і навіть менше. Лише одна функція мобільного додатку знаходиться у використанні. Цією функцією є контроль потужності освітлення.

Якщо функціонал мобільного додатку зводиться до виконання однієї функції, то його розробкою можна знехтувати. Однак результати досліджень показують, що найзручнішим способом взаємодії користувача із системою є мобільний додаток. Тому мобільний додаток у системі залишається.

Оскільки мобільний додаток залишається, але виконує лише функцію управління освітленням, тому необхідно знову реалізувати відображення інформації користувачу, але в даному випадку користувач ніяк не залежить ні від мобільного додатку, ні від мережі Wi-Fi.

В усьому Світі вже багато років існує спосіб відображення інформації за допомогою технології «служба коротких повідомлень» (англ. SMS – «Short Message Service»). Технологія, за якою здійснюється передача невеликого обсягу даних в мережі мобільного зв'язку. Відсутність взаємодії з Інтернетом спрощує використання цієї технології та її впровадження у саму систему.

Одним повідомленням в SMS можна передати 160 символів в 7-бітному кодуванні (арабські цифри і латинський алфавіт), 140 символів в 8-бітному кодуванні (алфавіт французької та німецької мов) та 70 символів в 16-бітному кодуванні (кирилиця та ієрогліфи). Разом з текстом в SMS передається інша інформація: час відправки, номер одержувача і відправника, схема кодування, ідентифікатор протоколу, повідомлення про доставку та інше. Ці дані дозволяють адресувати повідомлення вірному адресату і забезпечити читабельність повідомлення.

Залежно від сценарію використання SMS-повідомлення можуть стати одним з найбільш ефективних способів відправки клієнтам термінової інформації. Дослідження показали, що показник SMS-повідомлень, що відкриваються знаходиться на рівні 90%. При цьому показник електронних листів, що відкриваються, знаходиться трохи нижче 25%. Більш того, 90% SMS-повідомлень відкриваються протягом трьох хвилин з моменту отримання, при цьому лише 13,7% електронних листів відкриваються в першу годину.

Після відправлення SMS-повідомлення потрапляє на сервер, де зберігається до тих пір, поки не буде доставлено одержувачу. Сервер з'ясовує, чи знаходиться одержувач в мережі, і де саме. Коли розташування визначено, повідомлення передається на базову станцію, до якої зараз підключений абонент, а звідти – на його телефон. SMS прийде навіть в тому випадку, якщо абонент розмовляє по телефону або споживає інтернет-трафік.

Відправити SMS можна навіть в тому випадку, якщо телефон одержувача вимкнено. Повідомлення прийде, коли він з'явиться в мережі.

Багато мобільних додатків (наприклад, месенджери та додатки банків) використовують SMS для реєстрації користувачів, соціальні мережі (Twitter, Facebook та багато інших) та поштові сервіси – для двофакторної верифікації та відновлення пароля.

Оскільки SMS пов'язана з мобільним зв'язком, то необхідно враховувати, що зв'язок між користувачем і системою з використанням ще однієї SIM-карти (Subscriber Identification Module – модуль ідентифікації абонента).

Впровадження даної технології у систему неможливе без необхідного апаратного обладнання, тому що SIM-карту неможливо напряму з'єднати з мікроконтролером. Тому необхідно використати спеціальний модуль, який налаштовано на мобільні мережі, а під'єднавши до нього SIM-карту, можна

легко налагодити зв'язок з мобільним пристроєм користувача. Таким модулем є GSM-модуль (Global System for Mobile Communication). Це спеціальний модуль, який як надсилає повідомлення до мобільного пристрою користувача, так і приймає їх від нього.

#### 4.3 Веб-сторінка з рахунком за електроенергію

Ще одним способом виведення інформації, необхідної для користувача є створення веб-сторінки на базі реалізованого серверу. Це дозволяє користувачу відстежувати витрати за енергоспоживання, не відходячи від робочого місця. При цьому залишаються всі обмеження, як і у способі відображення даних за допомогою мобільного додатку, але додаткові налаштування не можуть бути реалізовані, у зв'язку з концепцією створення веб-сторінок.

#### 4.4 Порівняльна характеристика способів

Розглянуті вище способи являються найпопулярнішими та у рівній мірі використовуються в реалізованих проектах, системах, тощо.

Дослідження всіх трьох способів у системі контролю за споживанням електроенергії з подальшим впровадженням у кіберсоціальний простір університету привели до таких висновків.

1. Якщо абстрагуватися від обраного мікроконтролеру, то важливо зауважити, що використання GSM-модулю можливе при будь-якому керуючому пристрої. Тому цілком логічно, що систему можна й необхідно переробити та не використовувати мікроконтролер із вбудованим Wi-Fi-модулем або з іншим протоколом передачі даних. Це призводить до того, що й управління освітленням може бути за допомогою відправки команд до модулю, тому не потрібно реалізовувати мобільний

додаток. Хоча такий спосіб набагато спрощує користування системою проте його використання дуже ускладнює зв'язок системи з інфраструктурою кіберуніверситету, який неможливий без використання локальної точки доступу нижчої ієрархії ніж глобальна точка доступу (мається на увазі, що сама система повинна бути точкою доступу для всієї інфраструктури у цілому).

2. Використання GSM-модулю додає певні матеріальні витрати, оскільки використовується мобільний зв'язок. SIM-карта у GSM-модулі також має свій тариф, який повинен сплачуватися та передача SMS-повідомлень від користувача теж повинна сплачуватися.

3. Створення веб-сторінки управління системою та отримання інформації про витрати – це повне дублювання мобільного додатку у веб-просторі, але з однією вагомою перевагою. GUI повністю відображене на моніторі робочого місця. Такий спосіб дає змогу управляти системою та відстежувати всю необхідну інформацію у робочий час.

4. Мобільний додаток має більш гнучкий та більш логічний спосіб впровадження додаткових налаштувань та їх надання користувачу за необхідності.

5. Мінімальність взаємодії користувача із системою зберігається при будь-якому способі виведення інформації

Переваги та недоліки розглянутих способів наведені у табл. 4.1. Варто зауважити, що деякі з них можуть співпадати.

Таблиця 4.1 – Порівняльна характеристика способів виведення інформації

Мобільний додаток	GSM-модуль	Веб-сторінка
-------------------	------------	--------------

Простий графічний інтерфейс	Відсутність будь-якого графічного інтерфейсу	Повний аналог мобільного додатку у веб-просторі
Зручність у використанні (5 кнопок + поле відображення інформації)	Механізм зв'язку між користувачем і системою у вигляді SMS-повідомлень	Контроль за системою та моніторинг витрат, не відходячи від робочого місця.
Можливість розширення функціоналу за рахунок додаткових налаштувань	Використання GSM-модулю як апаратного компонента системи	Відсутність додаткових матеріальних витрат
Робота тільки в зоні локальної точки доступу	Можливість вибору будь-якого керуючого пристрою, не зважаючи на протоколи передачі даних	
Відсутність додаткових матеріальних витрат	Ускладнення зв'язку системи управління з інфраструктурою кіберуніверситету	
	Додаткові матеріальні витрати, за рахунок використання GSM-модулю та SMS-повідомлень	

## ВИСНОВКИ

В ході виконання атестаційної роботи проаналізовано структуру сервісу доступу до інфраструктури у складі кіберуніверситету. Роль та місце системи енергоспоживання у кіберсоціальному просторі визначено у доступі до фізичних ресурсів розглянутого сервісу.

Результати дослідження демонструють, що впровадження такої системи істотно знижують показники витрат на електроенергію та, в свою чергу, впроваджує міри запобігання неконтрольованого використання енергоресурсів (в даному випадку електропостачання). А з використанням сучасних освітлювальних приладів, тарифікованих лічильників та зовнішніх датчиків контролю показники витрат додатково знижуються.

Також в ході виконання атестаційної роботи розроблено прототип системи контролю за споживанням електроенергії з використанням апаратної платформи, на основі мікроконтролерного пристрою та клієнт-серверною частиною, на основі мобільного додатку на платформі Android.

В свою чергу функціонал мобільного додатку дозволяє регулювати освітлення приміщення, робочого місця, тощо і відображати поточні результати фінансових витрат за спожиту електроенергію.

Розглянуто та проведено аналіз можливих та доступних способів виведення інформації користувачу, враховуючи всі апаратні та програмні обмеження реалізованої системи. Це розробка мобільного додатку, використання додаткової апаратної реалізації у вигляді GSM-модулю та розробка веб сторінки, як повної альтернативи до мобільного додатку. Усі розглянуті способи відповідають всім врахованим обмеженням та критеріям реалізованої системи, але раціональне використання GSM-модуля дещо їх видозмінює. GSM-модуль спрощує отримання інформації користувачу, знаходячись на великій дистанції від самої системи, так як

сповіщення про витрати не є залежним функціоналом від роботи системи, але з іншого боку, при використанні GSM-модулю виникає незалежність від вибору керуючого пристрою, тому Wi-Fi протокол можна не реалізовувати, а це призводить до ускладнень зв'язку системи

Однак за результатами досліджень спосіб виведення витрат за енергоспоживання за допомогою мобільного пристрою залишається найактуальнішим та найдієвішим за такими показниками як популярність, автономність у рамках локалізації системи, раціональність розробки та відсутність додаткових витрат. Проте варто зауважити, що створення веб-сторінки нічим не поступається способу, описаному вище. Різниця лише у технологіях розробки.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Хаханов В.И. Киберсоциальная система – умный кибер-университет / В. И. Хаханов, Е. И. Литвинова, С. В. Чумаченко, А. С. Мищенко. – Радиоэлектронні і Комп'ютерні Системи.– 2016.– № 5 (79). – С. 187-194.
2. Пшінько В.Г. Підвищення ефективності споживання електроенергії в університеті / О.М. Пшінько, В.Г. Сиченко, В.Г. Кузнецов, Д.К. Яценко // Энергосбережение, Энергетика, Энергоаудит. – 2012. – № 10(104). – С.30-34.
3. Электроэнергия в офисе: учет и контроль [Электронный ресурс] / Control Engineering. – Режим доступа: [www / URL:https://controlengrussia.com/ otraslevye-resheniya/e-lektroe-nergiya-v-ofise-uchet-i-kontrol-2/](http://www/controlengrussia.com/) – 20.11.2019 г. – Загол. з екрану.
4. Энергосберегающие лампы [Электронный ресурс] / Совет инженера. – Режим доступа: [www / URL: https://sovet-ingenera.com/elektrika/svetylnik/umnaya-lampa.html](http://www/URL:https://sovet-ingenera.com/elektrika/svetylnik/umnaya-lampa.html) – 25.04.2019 г.– Загол. з екрану.
5. Тарифы на электроэнергию для населения в Украине в 2019 году [Электронный ресурс] / ЕСО СИСТЕМА – Режим доступа: [www / URL: https://ese-dp.com.ua/tarify-elektroenergiya-2018h](http://www/URL:https://ese-dp.com.ua/tarify-elektroenergiya-2018h) – 25.04.2019 г.– Загол. з екрану.
6. Тарифы на электроэнергию для населения в Украине в 2019 году [Электронный ресурс] / Электросам.ру – Электрика и электрооборудование, электротехника и электроника – информация. – Режим доступа: [www / URL: https://electrosam.ru/glavnaja/jelektroobustrojstvo/osveshhenie/umnye-lampy/](http://www/URL:https://electrosam.ru/glavnaja/jelektroobustrojstvo/osveshhenie/umnye-lampy/) – 25.04.2019 г.– Загол. з екрану.
7. Справочник «Светодиодное освещение». Принципы работы, преимущества и области применения. [Электронный ресурс]. Джонатан

Вейнерт. Компания Philips. – Режим доступа : [www / URL  
www.lighting.philips.com](http://www.lighting.philips.com). – 25.04.2019 г. – Загол. з экрану.

8. Подключение умной лампы WSTARCAM WF820 [Электронный ресурс] / STARCAM – Режим доступа: [www / URL  
https://vstarcam.ua/support/smarthome/install-wf820/](http://www.vstarcam.ua/support/smarthome/install-wf820/) – 25.04.2019 г. – Загол. з экрану.

9. ESP-12E WiFi Module [Электронный ресурс] / Shenzhen Anxinke Technology CO;LTD. – Режим доступа: [www / URL: http://www.ai-thinker.com](http://www.ai-thinker.com) – 20.05.2019 г. – Загол. з экрану.

10. Начало работы с ESP8266 NodeMCU v3 Lua с WiFi [Электронный ресурс] ARDUINOMASTER /. – Режим доступа: [www / URL:  
https://arduinomaster.ru/platy-arduino/esp8266-nodemcu-v3-lua  
/#\\_\\_NodeMCU\\_ESP8266](https://arduinomaster.ru/platy-arduino/esp8266-nodemcu-v3-lua/#__NodeMCU_ESP8266) – 20.05.2019 г. – Загол. з экрану.

11. Arduino IDE для ESP8266 (ESP-12) [Электронный ресурс] / ESP8266.ru. – Режим доступа: [www / URL: https://esp8266.ru/arduino-ide-esp8266/#connect](https://esp8266.ru/arduino-ide-esp8266/#connect) – 26.02.2018 г. – Загол. з экрану.

12. Керниган, Б. Язык программирования C. 2-е изд. / Б. Керниган, Д.М. Ритчи. — М.: Вильямс, 2016. — 288 с.

13. Редди, С.Р. Основы силовой электроники / С.Р. Редди. - М.: Техносфера, 2006. - 288 с.

Троелсен, Эндрю Язык программирования C# 6.0 и платформа .NET 4.6 /

Эндрю Троелсен , Филипп Джепикс. - М.: Вильямс, 2016. - 134 с

