

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ФАКУЛЬТЕТ КІБЕРБЕЗПЕКИ КОМП'ЮТЕРНОЇ  
ТА ПРОГРАМНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ  
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ  
Завідувач кафедри

Литвиненко О.Є.  
“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2021 р.

**ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ**  
(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)

ЗДОБУВАЧА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ  
“БАКАЛАВР”

Тема: “Програмно-апаратний модуль для підключення додаткових  
джерел енергії”

Виконавець: Сокоренко Максим Богданович

Керівник: Халімон Наталія Федорівна

Нормоконтролер: Тупота Євгеній Вікторович

Київ 2021

# НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет Кібербезпеки, комп'ютерної та програмної інженерії

Кафедра комп'ютеризованих систем управління

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»

(шифр, найменування)

Освітньо-професійна програма «Системне програмування»

Форма навчання денна

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Литвиненко О.Є.

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 р.

## ЗАВДАННЯ

### на виконання дипломної роботи (проєкту)

Сокоренка Максима Богдановича

(прізвище, ім'я, по батькові випускника в родовому відмінку)

1. Тема дипломної роботи (проєкту): “Програмно-апаратний модуль для підключення додаткових джерел енергії”

затверджена наказом ректора від «04» 02 2021 р. № 135/ст

2. Термін виконання роботи (проєкту): з 17 травня 2021 року по 20 червня 2021 року

3. Вихідні дані до роботи (проєкту):

Середовище розробки Arduino IDE, мова програмування Arduino C, мова програмування C++, мікроконтролер Arduino UNO, модуль стільникового зв'язку GSM SIM800L, модуль зарядки акумулятора TP4056.

4. Зміст пояснювальної записки:

- 1) Тенденції розвитку сектора альтернативної енергетики .
- 2) Проектування програмно-апаратного модуля для підключення додаткових джерел енергії.
- 3) Розробка програмно-апаратного модуля для підключення додаткових джерел енергії.

5. Перелік обов'язкового графічного (ілюстративного) матеріалу:

- 1) Принципова схема апаратного модуля підключення додаткових джерел енергії.
- 2) Схема алгоритму роботи програмного модуля підключення додаткових джерел енергії.
- 3) Вікно з результатом виконання програмного модуля (SMS-сповіщенням).
- 4) Вікно з результатом виконання модуля підключення додаткових джерел енергії.

## 6. Календарний план-графік

№ пор.	Завдання	Термін виконання	Відмітка про виконання
1	Ознайомитись з постановкою задачі дипломного проектування	17.05.21 – 18.05.21	
2	Вивчити спеціальну літературу і технічну документацію	19.05.21 – 22.05.21	
3	Ознайомитись з видами джерел альтернативної енергії, компаніями-лідерами видобутку альтернативної енергетики та їхніми продуктами	23.05.21 – 24.05.21	
4	Написати розділ 1	24.05.21 – 27.05.21	
5	Дослідити існуючі програмно-апаратні засоби підключення альтернативних джерел енергії. Спроекувати апаратний та програмний модулі підключення альтернативних джерел енергії	28.05.21 – 29.05.21	
6	Написати розділ 2	29.05.21 – 30.05.21	
7	Розробити програмний та апаратний модулі підключення альтернативних джерел енергії	31.05.21 – 01.06.21	
8	Написати розділ 3	01.06.21 – 04.06.21	
9	Оформити пояснювальну записку. Підготувати графічний демонстраційний матеріал	05.06.21 – 09.06.21	
10	Підготувати презентацію, доповідь	10.06.21	

7. Дата видачі завдання: “ 17 ” травня 2021 р.

Керівник дипломної роботи (проекту) \_\_\_\_\_ Халімон Наталія Федорівна  
(підпис керівника) (П.І.Б.)

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_ Сокоренко Максим Богданович  
(підпис випускника) (П.І.Б.)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломного проекту “Програмно-апаратний модуль для підключення додаткових джерел енергії”: 61 с., 9 рис., 2 таблиці, 26 літературних джерел, 1 додаток.

АЛЬТЕРНАТИВНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ, СОНЯЧНІ ПАНЕЛІ, АПАРАТНИЙ МОДУЛЬ, ПРОГРАМНИЙ МОДУЛЬ, МІКРОКОНТРОЛЕР, *ARDUINO UNO*, *ARDUINO IDE*, МАКЕТНА ПЛАТА, ПОНИЖУЮЧИЙ КОНВЕРТЕР, СЕРВОДВИГУН, ЗАРЯДНИЙ ПРИСТРІЙ, ФОТОРЕЗИСТОР.

Об’єкт дослідження – автоматизовані засоби для підключення альтернативних джерел енергії.

Предмет дослідження – проектування та розробка програмно-апаратного модуля для підключення додаткових джерел енергії, зокрема сонячних панелей.

Мета дослідження – розробити програмно-апаратний модуль підключення додаткових джерел енергії.

Дипломний проект присвячений актуальній тематиці розробки програмно-апаратних модулів підключення альтернативних джерел енергії та може використовуватись для масового видобутку альтернативної енергії.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1 ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ СЕКТОРА АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ .....	9
1.1. Автоматизація додаткових джерел енергії.....	9
1.2. Апаратні та програмні засоби.....	11
1.3. Геліоенергетика.....	18
1.4. Висновки до розділу .....	19
РОЗДІЛ 2 ПРОЕКТУВАННЯ ПРОГРАМНО-АПАРАТНОГО МОДУЛЯ ДЛЯ ПІДКЛЮЧЕННЯ ДОДАТКОВИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ.....	21
2.1. Технології автоматизації використання додаткових джерел енергії.....	21
2.2. Проектування апаратної частини .....	31
2.3. Проектування програмної частини .....	39
2.4. Висновки до розділу .....	44
РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА ПРОГРАМНО-АПАРАТНОГО МОДУЛЯ ДЛЯ ПІДКЛЮЧЕННЯ ДОДАТКОВИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ.....	45
3.1. Склад файлів проекту .....	45
3.2. Розробка програмного модуля керування рухом сонячної панелі.....	46
3.3. Розробка програмного модуля обчислення заряду акумулятора.....	49
3.4. Розробка програмного модуля надсилання повідомлень .....	50
3.5. Висновки до розділу .....	56
ВИСНОВКИ.....	57
СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	59
ДОДАТОК А.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>

## ВСТУП

Видобуток електроенергії традиційними шляхами, які включають в себе спалювання корисних копалин та природних ресурсів, наносить велику шкоду навколишньому середовищу. Зміна клімату, вимирання тварин, збільшення кількості шкідливих вірусів – все це наслідки шкідливих випарів, спричинених спалюванням ресурсів Землі.

Основною альтернативою використання корисних копалин для отримання електроенергії є відновлювані джерела, такі як: сонце, вітер, вода, біотопливо та інші. Особливістю даної технології є можливість отримання чистої електроенергії без необхідності спалювання природних ресурсів. За допомогою акумуляторних пристроїв, що здатні до заряджання від відновлюваних джерел, можна використовувати дану електроенергію навіть при відсутності можливості отримання електроенергії в поточний момент часу.

Постійне підвищення потреби в електроенергії, нові, вкрай енерговитратні споживачі – гігантські дата-центри, електромобілі для масового ринку змушують людство шукати альтернативні джерела енергії. Важливо, щоб вони були не лише високо ефективними та екологічно чистими, але і спроможними виробляти якомога більшу кількість електроенергії, тому створення програмно-апаратних модулів для підключення альтернативних джерел енергії є актуальним.

Існують різні види програмно-апаратних модулів підключення альтернативних джерел енергії та їхньої автоматизації. Для сонячних панелей – це модуль, що здатний повертати сонячну панель у напрямку до сонця, при цьому більша поверхня панелі вловлюватиме більше сонячних променів, що спричиняє більшому виробленню електроенергії. Для вітрових та водних модулів – це модулі, що обчислюють напрямок руху вітру та потоку води в поточний момент часу та здійснюють поворот лопастей вітрової та водної електростанції в напрямку до руху вітру та потоків води, тим самим забезпечуючи збільшення швидкості руху лопастей та вироблення більшої кількості електроенергії.

Видобуток електроенергії класичними способами наразі є нагальною проблемою. Велика кількість високорозвинутих держав займаються модернізацією наявних способів отримання чистої електроенергії. Лідерами в популяризації та використанні геліоенергетики (сонячної енергії) є Німеччина, Китай, Японія, Італія та Сполучені Штати Америки. Лише за 2020 рік Німеччина виробила понад 38000 Мегаватт електроенергії використовуючи лише енергію сонця. Трійку лідерів у світовому виробленню електроенергії за допомогою вітру складають Китай, Сполучені Штати Америки та Німеччина. Найбільша в світі вітрова електростанція *London Array*, побудована у морі біля берегів Великої Британії, здатна виробляти понад 630 Мегаватт електрoенергії.

Розроблений програмно-апаратний засіб можна використовувати у різних сферах: заряджання акумуляторних пристроїв, забезпечення електроенергією будинків, для масового споживання електроенергії (заводи) та іншого. Спроектований та розроблений пристрій здатний обертатись в напрямку до сонця, заряджати акумуляторний пристрій від сонячної панелі та надсилати повідомлення на телефон користувача про готовність акумулятора до використання.

Основним компонентом програмно-апаратного модуля підключення додаткових джерел енергії є аналогово-обчислювальний пристрій, за допомогою якого буде здійснюватись керування усього модуля. Спроектований програмно-апаратний модуль підключення додаткових джерел енергії керується апаратною обчислювальною платою мікроконтролера *Arduino*. Дослідивши ринок модулів для зарядки літієвих акумуляторів було визначено, що всі наявні модулі базуються на модулі заряду *TP4056*. Найбільш популярна варіація використання даного контролера сумісно з невеликим контролером *DW01* для захисту акумулятора від перезаряду і перерозряду. Для уникнення короткого замикання та згорання елементів апаратно-програмного модуля було використано високовольтний діод *1N4007*. Даний розроблений засіб дозволяє контролювати рівень заряду акумулятора на великих відстанях. Надсилання повідомлень на телефон здійснюється за допомогою модуля *GSM (Global System for Mobile*

*Communications*). Даний модуль може не лише здійснювати надсилання повідомлень, а й здійснювати дзвінки, визначати *GPS*-координати та приймати повідомлення. Рух панелей здійснюється за допомогою малопотужних серводвигунів серії *SG90*. Для визначення положення сонця для подальшого руху сонячної панелі в його напрямку, було використано фоторезистори *GL5516*. Фоторезистори дають змогу визначати інтенсивність освітлення.

Програмно-апаратний модуль підключення додаткових джерел енергії містить функцію здійснення переміщення сонячної панелі у напрямку до Сонця. Рух панелі здійснюється у двох напрямках: вертикально та горизонтально. Визначення положення сонця, у напрямку якого здійснюється рух панелі, відбувається шляхом порівняння результатів значень, що отримані від фоторезисторів.

Програмний модуль проекту був створений використовуючи можливості мови *Arduino C*. Дана мова програмування являє собою мову програмування *C++* разом із графічною оболонкою *Wiring*. Дана мова має деякі відмінності, при написанні програмного коду, у порівнянні з мовою *C++*. Основною відмінністю даної мови від інших є обов'язкова наявність двох функцій: *setup()* та *loop()*. Перша функція виконується одразу при увімкненні мікроконтролера і здійснюється лише один раз. Натомість друга функція виконується одразу після завершення виконання функції *setup()*, після чого її повторне виконання відбувається, поки мікроконтролер не буде вимкнено.

Об'єкт дослідження – автоматизовані засоби для підключення альтернативних джерел енергії.

Предмет дослідження – проектування та розробка програмно-апаратного модуля для підключення додаткових джерел енергії, зокрема сонячних панелей.

Мета дослідження – розробити програмно-апаратний модуль підключення додаткових джерел енергії.



## РОЗДІЛ 1

### ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ СЕКТОРА АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

#### 1.1. Автоматизація додаткових джерел енергії

Споживання великої кількості електроенергії, видобутої класичним способом, є катастрофічною проблемою. Шкідливі випаровування в атмосферу, руйнування навколишнього середовища з метою отримання корисного в сфері видобутку палива – так можна описати поточну проблему в галузі традиційної енергетики [1]. Основною альтернативою видобутку та спалювання корисних копалин є використання електроенергії, яка має властивості для відновлення. Найбільш поширеними джерелами альтернативної енергії є сонце (детальніше у розділі 1.4), вітер та вода.

Використання вітрових електростанцій дозволяє отримувати енергію навіть у темну пору за рахунок обертань лопастей електростанції в залежності від сили вітру. Особливими перевагами використання вітрових електростанцій є:

- можливість розташування станцій у важкодоступних місцях;
- виробництво електроенергії не супроводжується шкідливими викидами;
- встановлення станцій можливе на будь-якому ландшафті;
- автономність.

З основних недоліків використання вітрових електростанцій можна виділити:

- високу собівартість;
- високий рівень шуму при використанні;
- залежність від потоку вітру.

Видобуток електроенергії за рахунок води передбачає собою використання лопастей, які під дією водяних потоків починають свій рух та видобуток

Кафедра КСУ				НАУ 21 21 29 000 ПЗ			
Виконав	Сокоренко М.Б.			Тенденції розвитку сектора альтернативної енергетики	Літера	Аркуш	Аркушів
Керівник	Халімон Н.Ф.					9	61
Консульт.					СП-436 123		
Норм. контр.	Тупота Є.В.						
Зав. Каф.	Литвиненко О.Є.						

електроенергії. Основними перевагами даної технології є:

- відсутність забруднення навколишнього середовища;
- відновлюваність;
- простота в автоматизації та використанні;
- можливість отримання електроенергії в будь-який час.

Проте дана технологія містить ряд недоліків:

- висока залежність від місця розташування;
- дороговизна виробництва;
- помилки при виробництві можуть спричинити поєні.

Невичерпність ресурсів, економічна вигода, автономність, довгий термін експлуатації та безпека для навколишнього середовища – так можна охарактеризувати використання альтернативних джерел енергії. Можна дійти висновку, що альтернативні джерела хоч і мають свої недоліки (швидкість та кількість отримуваної електроенергії), проте дані технології дозволяють позбутись використання електроенергії, видобутої традиційними шляхами.

Автоматизація додаткових джерел енергії передбачає собою використання окремих апаратно-програмних модулів, які здатні покращити видобуток та зберігання електроенергії. Високою популярністю користується автоматизація для вітрових електростанцій. Для їхньої автоматизації використовується апаратно-програмний модуль, що обчислює напрямок руху вітру в поточний момент часу та здійснює поворот лопастей вітрової електростанції в напрямку до руху вітру, тим самим забезпечуючи збільшення швидкості руху лопастей та вироблення більшої кількості електроенергії. Також, дані апаратно-програмні модулі здатні визначити силу руху вітру та у разі значного збільшення швидкості руху вітру або появи кліматичної зміни, що впливає на вітер, дані модулі оснащені системою плавного аварійного вимкнення руху лопастей вітрових станцій для уникнення збільшення кількості можливих ушкоджень. Невід'ємною частиною автоматизації є збір даних про поточний стан електростанцій та отримання даних про збої в системі [3].

Автоматизація керуванням водяними турбінами, що здатні видобувати електроенергію передбачає собою наявність апаратно-програмного модуля, який виконує ряд обчислень та рух лопастей. До основного ряду розрахунків та обчислень водяних електростанцій входять: визначення напрямку руху потоку води та швидкості руху потоку води. В залежності від обчислених даних автоматизований програмний модуль сповіщає систему про необхідність плавного вимкнення роботи водяної електростанції у разі занадто сильного потоку води, або повернення лопастей електростанції для більшої продуктивності руху та вироблення більшої кількості електроенергії.

Основною частиною апаратного модуля водяної електростанції є двигуни, які спроможні до руху та повороту лопастей. Натомість програмний модуль, повинен бути здатним до гнучкої роботи, мати систему сповіщення про необхідність проведення дій по налаштуванню та керуванню апаратної частини, за допомогою віддалених способів передачі даних.

## 1.2. Апаратні та програмні засоби

Існують компанії, що є лідерами на світовому ринку, які займаються різними аспектами проблеми отримання електроенергії з відновлюваних джерел, таких як, сонце, вітер та вода. До таких компаній відносяться: “*Siemens*” та “*Schneider Electronic*”. Проте велику частку в розвиток способів отримання енергії від відновлюваних альтернативних джерел внесли наступні компанії: “*Heliac*”, “*Smart Solar International*”, “*Kerbis*”, “*Tesup*”, “*Waterotor*”, “*Eco Wave Power*”.

Апаратна частина, яку ще називають трекером, полягає у приведенні в рух сонячних панелей та їхнього захисту від зовнішніх чинників, обертанню та повороту вітрових та водних лопастей, за рахунок чого можна досягти збільшенню кількості отримуваної електроенергії.

Сонячна установка для виробництва електроенергії та тепла була представлена компанією “*Heliac*”, яка автоматизувала роботу сонячних панелей та перетворення сонячної електроенергії у теплову енергію. Сонячні панелі

розташовані спеціальним чином так, щоб сонячні промені, які проходять через сонячні панелі, фокусувались в декількох місцях, тим самим спричиняючи швидке нагрівання води до необхідних температур. У разі відсутності необхідності нагрівання води, дані сонячні панелі спроможні повертатись в напрямку до Сонця для вироблення більшої кількості електроенергії [4].

Апаратний пристрій, що здатний підвищити вироблення сонячної енергії в два рази був представлений компанією “*Smart Solar International*”. Даний пристрій за допомогою великої кількості маленьких двигунів приводить сонячні панелі в рух протягом цілого світлового дня. Особливістю даної конструкції є використання декількох невеликих двигунів, які легко можна замінити у разі поломки, та у випадку поломки декількох двигунів, робота всієї системи не припиниться. Дана конструкція користується високою популярністю, оскільки даний апаратний пристрій є доволі дешевим через використання недорогих сонячних панелей з меншою кількістю кремнію, але з додатковим захистом від перегрівань [5].

Апаратний пристрій, що виготовляє компанія “*Kerbis*” має ряд унікальних можливостей. Даний апаратний пристрій здатний не лише обертатись в напрямку до Сонця, а ще й оснащений додатковою конструкцією, яка легко адаптується до погодніх умов. У випадку дощливої погоди або піщаної бурі, сенсори розташовані на сонячній панелі сповіщають систему про необхідність накриття сонячних панелей для уникнення зношення панелей та збільшення терміну їхньої придатності. Також дані треки оснащені системою автоматичного повороту сонячних панелей на схід у темну пору у разі виходу з ладу акумуляторних систем, що забезпечують електроенергією сонячний трекер.

Основною перевагою компанії “*Heliac*” є можливість перетворення енергії сонця в теплову енергію, а також можливість відключення даної можливості. Проте недоліком їхнього апаратного продукту є висока вартість сонячних панелей та апаратної установки.

Апаратне рішення компанії “*Smart Solar International*” має основну перевагу над іншими використовуючи велику кількість двигунів. Тим самим, у разі

поломок, вся система не вийде з ладу на відміну від сонячних трекерів компаній-конкурентів. Проте вагомим недоліком є складність та періодичність в обслуговуванні, адже недорогі двигуни можуть швидко вийти з ладу без ретельного догляду.

Перевагою апаратного продукту компанії “*Kerbis*” є великий період придатності, оскільки він оснащений додатковими пристроями захисту сонячних панелей від зовнішніх чинників. Проте дане рішення є доцільним у випадку використання дорогих та високоякісних сонячних панелей. Інакше використання захисного модуля може бути дорожчим в експлуатації, аніж заміна сонячних панелей.

Вітрова електростанція компанії “*Siemens*” оснащена компонентами для повороту лопастей при цьому у разі слабкого вітру, нездатного для початкового повороту лопастей, вітрова електростанція оснащена додатковим джерелом енергії у вигляді акумулятора, що дозволяє привести станцію в рух. Також дана система оснащена додатковими засобами безпеки: запобіжниками, що здатні припинити рух лопастей; пожежною системою, яка здатна автоматично виявити джерело спалаху та активувати систему гасіння вогню. Головною особливістю даної системи є кабельне з’єднання між усіма вітровими електростанціями. Це не лише полегшує контроль над усіма електростанціями, а й ще дозволяє швидко передавати інформацію про стан апаратної системи і пришвидшує автоматизацію системи.

Роторна вітрова електростанція з вертикальною віссю руху лопастей розроблена компанією “*Tesup*” представляє собою інноваційне рішення. Особливістю даної системи є відсутність необхідності використання великої кількості структурних елементів для встановлення вітрової електростанції, а також можливість роботи станції при низькій швидкості вітру. Апаратна складова системи містить в собі великий набір захисних елементів, що включають в собі систему пожежогасіння та захисних запобіжників, які припиняють рух лопастей у разі сильних вітрів. Невеликий розмір вітрової електростанції надає змогу встановлювати дану станцію на будь-яких будівлях з метою зменшення

навантаження на електромережу, та використання даної станції у невеликих технологічних об'єктах, поблизу яких відсутня стаціонарна електромережа.

Основною перевагою апаратних пристроїв компанії “*Siemens*” є здатність системи до постійного вироблення енергії завдяки додатковим джерелам енергії, що приводять лопасті в рух у разі слабого вітру. Проте дана система також має недоліки. Оскільки вона іноді використовує акумуляторні пристрої для отримання електроенергії, дане апаратне рішення також залежить від наявності та якості акумуляторів, що призводить до додаткових затрат на виробництво.

Перевагою апаратного модуля компанії “*Tesup*” є висока надійність та безпека конструкції, яка оснащена системою пожежогасіння з визначенням джерела спалаху. Дане рішення є надзвичайно важливим, оскільки запобігає ушкодженню не лише самій конструкції, а й здоров'ю людини та навколишньому середовищу. Дане апаратне рішення має високу вартість, що надає змогу для купівлі лише державним підприємствам, що є вагомим недоліком для малих підприємств.

Водяна електростанція компанії “*Waterotor*” має невеликі розміри, що дозволяє переносити станцію, а також поміщати її у водойми з маленькою течією. Дана технологія отримала велике поширення, оскільки робота даної системи є безперебійною, містить достатній рівень безпеки для уникнення забруднення у водоймах. Також, за рахунок повільного руху лопастей, дану систему не потрібно оснащувати додатковими охолоджувальними елементами.

Водяна електростанція, що працює за рахунок руху води була представлена компанією “*Eco Wave Power*”. Основна логіка даної системи полягає в тому, що при попаданні води в спеціально спроектований балон, рідина під дією тиску починає крутити ротор невеликої електростанції тим самим забезпечуючи систему необхідною кількістю енергії, а також отримання деякої кількості електроенергії для користувача. Дана система має велике розповсюдження в прибережних до океанів країнах, а також є екологічно чистим способом вироблення електроенергії [6].

Інноваційне рішення компанії “*Waterotor*” має велике поширення не лише серед великих підприємств, а й серед малобюджетних установ. Невеликі розміри конструкції з можливістю отримання електроенергії є основною перевагою даного апаратного пристрою над іншими. Проте дана конструкція не передбачає отримання великої кількості електроенергії, що є суттєвим недоліком даного рішення.

Запатентований апаратний пристрій компанії “*Eco Wave Power*” має високе розповсюдження серед прибережних міст через свою дешевизну у виготовленні та виробленні достатньої кількості енергії. Основним недоліком даного апаратного рішення є неможливість використання його у мегаполісах з відсутністю розмежування з океанічними водами.

Задача програмного модуля полягає в управлінні апаратними модулями для покращення процесу видобутку електроенергії від альтернативних джерел енергії та керування процесом збору даних та їхнім аналізом. Створенням програмних продуктів для апаратних пристроїв часто займаються сторонні компанії.

Провідними компаніями, що базуються на виготовленні програмного продукту для апаратних модулів додаткових джерел енергії можна назвати: “*Siemens*”, “*PVcase*”, “*MCL GROUP OF COMPANIES*”, “*Clir*” та “*Schneider Electronic*”.

Програмний продукт компанії “*Siemens*”, що також базується на створенні апаратних продуктів, містить ряд особливостей, таких як: збір даних та аналіз роботи сонячних панелей, а також можливість передбачення поведінки апаратної частини та її можливих поломок. Велике розповсюдження даного продукту по світу та висока кваліфікаційна підтримка дозволяє віддалено налаштовувати систему контролю роботи сонячної електростанції. Дане рішення є надзвичайно точним та продуктивним.

Систему відслідковування попадання тіней на сонячні панелі запатентувала компанія “*PVcase*”. Їхнє програмне забезпечення, окрім відслідковування положення Сонця, проводить щоденне сканування всіх сонячних панелей на кількість отриманого світла протягом дня. Отримана зі всіх сонячних панелей

інформація проходить обробку, після чого вкінці дня користувачеві надсилається інформація про необхідність перенесення панелей. У разі раптового затінення сонячних панелей, система сповіщає користувача про необхідність усунення джерела появи тіні. Таким чином, дане програмне забезпечення надає повний аналіз роботи сонячних панелей, що дозволяє збільшити обсяги отримуваної електроенергії.

Особливою перевагою програмного продукту компанії “*Siemens*” є висока надійність та гнучкість в оптимізації, яка також дозволяє сповіщати систему про можливі поломки. Проте вагомим недоліком даного продукту є адаптація лише до апаратних засобів компанії “*Siemens*”, що не дозволяє використовувати їхній програмний продукт для сторонніх компаній, або адаптація є дуже дорогою.

Інноваційне рішення компанії “*PVcase*”, що дозволяє відслідковувати попадання тіней на сонячні панелі, надає змогу аналізувати положення сонячних панелей та їхнє подальше краще встановлення. Дана технологія дозволяє збільшити приріст видобутку електроенергії, проте основним недоліком даного рішення є відсутність в необхідності використання даного продукту, оскільки більшість сонячних панелей розташовуються на дахах будинків, куди зазвичай не потрапляє тінь.

Компанія “*MCL GROUP OF COMPANIES*” надає цікаве рішення вироблення електроенергії за допомогою вітрових електростанцій. Їхнє програмне забезпечення спрямоване не лише на керування вітровими елементами системи, а і на зменшення впливу роботи електростанцій на людину. Оскільки вітрові електростанції створюють доволі багато шуму, це означає, що їх неможливо встановлювати поблизу населених пунктів. Дане програмне забезпечення стабілізує роботу електростанції таким чином, щоб шум спричинений лопастями не перевищував 45 дБ у нічний час. Таким чином, вітрові станції, що використовують дане програмне забезпечення, можна встановлювати у населених пунктах без необхідності припинення роботи станції у нічний час.

Програмне забезпечення, яке підвищує вироблення електроенергії на вітрових електростанціях на 5 відсотків було представлено компанією “*Clir*”.



Технологія використовує ідею штучного інтелекту, який аналізує роботу вітрових електростанцій порівнюючи їх у відповідності до погодніх умов. Проводячи деякий час для навчання системи, дане програмне забезпечення починає надавати інформацію, про необхідність керування вітровими лопастями для підвищення ефективності вироблення електроенергії [7].

Програмне забезпечення, що підсилює рівень безпеки керуванням вітрових електростанцій шляхом постійного теплотехнічного контролю і виявлення аномальних температур було розроблено компанією “*Schneider Electronic*”. Дане програмне рішення здатне плавно та безпечно припинити роботу турбін у разі поломки або аварійних ситуацій. Постійний збір даних про поточний стан системи дозволяє швидко та ефективно контролювати, знаходити та усувати несправності. Автоматизація більшої частини системи дозволяє знизити затрати на обслуговування, підвищує надійність системи [8].

Особливою перевагою програмного продукту компанії “*MCL GROUP OF COMPANIES*” є адаптація апаратної установки до потреб людини у вигляді зменшення рівня шуму, що супроводжується роботою вітрової станції. Але дане рішення несе за собою ряд недоліків, основним з яких є повільне та малоефективне вироблення електроенергії.

Компанія “*Clir*”, програмний продукт якої займає провідне місце на ринку програмних рішень для роботи вітрових електростанцій, має основну перевагу над іншими продуктами у вигляді штучного інтелекту для аналізу роботи вітрової електростанції відповідно до погодніх умов. Дана технологія є новою і ще не виявила своїх недоліків.

Основною перевагою програмного продукту компанії “*Schneider Electronic*” є високий контроль над апаратною частиною, оскільки постійний аналіз та збір даних з установлених датчиків дозволяє автоматично керувати всією системою та сповіщати про апаратні поломки. Проте цінова політика даного програмного продукту є дуже високою, що не дозволяє використовувати її для невеликих підприємств.

Компанія “*Atlantis Resources*” займається виробництвом програмних продуктів для водяних електростанцій. Дана компанія зайняла провідне місце на ринку водяних електростанцій та на цей день є однією з лідерів в даній галузі. Вона виробляє програмні продукти, що визначають напрямки руху течії та її швидкість руху [9].

Основною перевагою програмного продукту компанії “*Atlantis Resources*” є простота та надійність програмного рішення, що дозволяє швидко адаптувати апаратну частину до зовнішніх чинників. Проте невеликі можливості програмного ресурсу є одним із недоліків, оскільки відслідковування руху лопастей та роботи системи взагалом є неможливим.

### 1.3. Геліоенергетика

Найбільшою перспективою очікується використання електроенергії, що генерується із сонячного світла. Перевагами технологій, що використовують енергію сонця, в тому, що при роботі сонячних установок практично не виділяється тепло в приземні шари атмосфери, не створюється парниковий ефект і не відбувається забруднення повітря. Але у сонячній енергії є недолік – її залежність від стану атмосфери, часу доби і року [2]. З використанням сонячних панелей можна автоматизувати видобуток електроенергії з можливістю зарядження акумуляторних пристроїв, які можна використовувати у темні години доби. Головними перевагами сонячної енергії є:

- відновлюваність, на відміну від корисних копалин;
- невичерпність сонячного світла;
- доступність в кожній точці світу;
- екологічна чистота;
- відсутність шуму під час вироблення електроенергії;
- низька експлуатаційна вартість;
- широкий спектр застосувань.

Проте дана технологія містить і ряд недоліків, таких як:

- висока собівартість;
- непостійність, що означає неможливість отримання електроенергії в темну пору;
- невелика щільність потужності, що характеризується кількістю отриманої електроенергії з одиниці площі сонячної панелі.

Одним із основних способів автоматизації додаткових джерел енергії є апаратно-програмні модулі для сонячних панелей, які здатні повертати сонячні панелі у напрямку до Сонця. Особливістю даної технології є забезпечення максимальної ефективності використання сонячних панелей, без необхідності втручання в роботу системи, а також дана технологія може працювати з будь-якою кількістю сонячних панелей.

#### 1.4. Висновки до розділу

У даному розділі було розглянуто основні види альтернативної відновлюваної енергетики, їхні переваги та недоліки, апаратні та програмні засоби вдосконалення видобутку та зберігання електроенергії. Розглянуто компанії-виробники апаратних та програмних засобів, переваги та недоліки їхньої продукції.

Найбільш розповсюдженими джерелами альтернативної енергії є сонце, вітер та вода. Основними лідерами ринку розробки апаратних модулів підключення додаткових джерел енергії є: Німеччина, Іспанія та Японія та Сполучені Штати Америки. Лідерами популяризації сонячної енергетики є: Японія, Іспанія та Німеччина. Продукція компанії “*Siemens*” є високотехнологічною, сучасною та безпечною. Їхні програмні продукти здатні передбачати поломки апаратних пристроїв. Компанія “*Schneider Electronics*” базується на розробці програмного забезпечення для апаратних засобів, що здатне контролювати роботу всіх апаратних пристроїв, аналізувати зміну погоди та, відповідно до неї, контролювати апаратні пристрої. Альтернативну енергію можна використовувати в різних галузях: сонячну енергію можна використовувати

в побуті, забезпечувати електроенергією електромобілі, для опалення та опріснення води; вітрову енергію зазвичай використовують для живлення ліній електропередач. Найбільшого розповсюдження водна енергетика здобула для живлення прибережних міст та водного транспорту.

## РОЗДІЛ 2

### ПРОЕКТУВАННЯ ПРОГРАМНО-АПАРАТНОГО МОДУЛЯ ДЛЯ ПІДКЛЮЧЕННЯ ДОДАТКОВИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

#### 2.1. Технології автоматизації використання додаткових джерел енергії

Найбільш розповсюдженими альтернативними відновлювальними джерелами енергії є енергія сонця, вітру та води. Використання енергії сонця дуже розповсюджене у високорозвинутих країнах, а також починає набувати розповсюдження по всьому світу. Сонячні панелі можуть бути розташовані наступним чином: на дахах будинків, серед пустель та віддалених від цивілізації місць, на штучних деревах, на ліхтарних стовпах та маршрутних зупинках, та серед сільськопромислових ділянок.

Одним із найбільш поширених способів використання сонячної енергії є забезпечення будинків електроенергією. Розміщення сонячних панелей на дахах будинків з використанням програмно-апаратного модуля для керування рухом панелей забезпечує зменшення витрат на опалення та нагрівання води до 36 відсотків. Використання сонячної енергії вимагає використання наступних апаратних ресурсів: систему контролю заряду, лічильників та інверторів, акумуляторів, панелей знеструмлення (вимкнення) та резервних генераторів. Це дозволяє використовувати безліч електронних пристроїв одночасно без перебіжності системи.

На нашій планеті налічується приблизно 50 пустель, з них 23 займають площу понад 50 000 кв. км. Енергетичні потреби світу можна задовольнити, покривши всього 1,5 відсотки Сахари сонячними батареями. Сонячні панелі, повинні розташовуватись на апаратному модулі та бути з'єднаними між собою комп'ютерною системою позиціонування. Дана система, в залежності від місця

Кафедра КСУ				НАУ 21 21 29 000 ПЗ			
Виконав	Сокоренко М.Б.			Проектування програмно-апаратного модуля для підключення додаткових джерел енергії	Літера	Аркуш	Аркушів
Керівник	Халімон Н.Ф.					21	61
Консульт.					СП-436 123		
Норм. контр.	Тупота Є.В.						
Зав. Каф.	Литвиненко О.Є.						

розташування сонця, повертає всі сонячні панелі таким чином, щоб поглинати якомога більше променів. Найбільша сонячна електростанція, що існує в даний момент, забезпечує електроенергією 1,2 мільйона людей (рис. 2.1).

Основною проблемою даної технології стала неможливість передавати електроенергію в країни Європи без втрат. Адже для ефективності такого енергетичного імпорту з Сахари в Європу потрібно передавати 30 гігават енергії на відстань понад 3 000 км.



Рис. 2.1. Найбільша сонячна електростанція в пустелі Сахара

Штучні дерева, на гілках яких розташовані сонячні панелі, являють собою металевий стовбур, що підтримує численні сонячні модулі, що були розроблені з метою забезпечення електроенергією різні види потреб. Дана конструкція виводить енергію від панелей на виходи *USB* для зарядки пристроїв, на інформаційні *LCD*-екрани, забезпечує подачу води для тварин у зоопарках і питної води для людини, доступ до *Wi-Fi* і нічне освітлення [11]. Одне таке дерево моделі *Acacia* (Акація) складається з семи сонячних панелей, які генерують 1,4 *kWt* електрики. Цієї енергії достатньо для роботи 35 ноутбуків.

Одним із важливих способів автоматизації використання додаткових джерел енергії є розміщення сонячних панелей на ліхтарних стовпах. Сонячна панель з програмно-апаратним модулем, розміщена на ліхтарних стовпах, містить дві важливі функції:

- накопичення енергії протягом світлового дня;
- використання накопиченої енергії для освітлення простору в темну пору.

Реалізація даної технології передбачає наявність сонячної батареї, апаратного модуля керування рухом сонячних панелей та накопичення електричного заряду, високопродуктивний сонячний контролер, високовольтний та високоамперний акумулятор (рис. 2.2) [10].



Рис. 2.2. Сонячна батарея на ліхтарному стовпі

Програмний модуль має дві найважливіші можливості – увімкнення освітлення та визначення руху. Після заходу сонця спрацьовує система увімкнення ліхтаря, що працює протягом десяти хвилин. У випадку, якщо протягом даного проміжку часу не буде зафіксовано жодного руху у деякому, попередньо визначеному радіусі, програмний модуль вимкне ліхтар. Дана система дозволяє ефективно витратити сонячну енергію.

Повне зарядження акумулятора відбувається при перебуванні сонячних панелей під “активним” сонцем від трьох до п’яти годин у безхмарну погоду. Інакше, в похмурий день, час для зарядження акумуляторного пристрою може сягати від восьми до десяти годин. На час зарядження акумулятора впливає велика

кількість факторів, основними з яких є: кількість наявного кремнію в сонячних панелях, розташування ліхтарного стовпа та якість акумулятора. При проектуванні даної технології автоматизації роботи сонячних панелей необхідно враховувати:

- місцезоташування сонячної панелі. При розташуванні даного програмно-апаратного модуля серед високих будівель, необхідно враховувати проміжок часу при якому сонячна панель буде освітлена (у мегаполісах цей час може не перевищувати однієї години). У даному випадку якість усієї конструкції повинна бути дуже високою, що суттєво впливає на економічне питання.
- погодні умови. У містах, з переважною похмурою погодою, необхідно встановлювати високоякісні сонячні панелі, які здатні накопичувати достатньо енергії для освітлення дороги в темну пору. І навпаки, у випадку постійного “активного” сонця, можна використовувати менш дорогі панелі, що впливатиме на економічну складову усієї конструкції.

Дану технологію автоматизації використання сонячних панелей можна назвати однією із найкращих рішень використання альтернативних джерел енергії, що не потребує жодного втручання в роботу людиною. Відсутність необхідності проведення електричної проводки та подальше живлення ліхтарів, дозволяє значно зменшити витрати на виробництво та експлуатацію [11]. Дана технологія є надзвичайно перспективною та використовується у багатьох високорозвинутих країнах.

Використання сонячних панелей у сільськогосподарській промисловості набирає великого розповсюдження. Раніше земля під сонячними панелями не використовувалася. Тепер же підприємці з різних країн використовують землю під панелями можна, наприклад, для висаджування тіньовитривалих культур овочів та злаків. Експерименти зі штату Массачусетс, з'ясували, що оптимальна висота встановлення сонячних панелей складає від 2,45 до 2,7 м над землею і на відстані від 0,6 до 1,5 м один від одного. Вирощування культур під сонячними панелями виявило цілий ряд переваг:



- рослинам необхідно в два рази менше води, так як вони прикриті від палючого сонця;
- сонячні батареї захищають рослинність від заморозків;
- панелі згладжують коливання температур.

Дана технологія використання сонячних панелей для отримання електроенергії також може мати систему автоматичного поливання культур, використовуючи при цьому енергію сонця [11].

У 2019 сукупна потужність вітряної генерації в світі перевищила 651 гігават, збільшившись за рік на 10 відсотків, підраховали експерти Глобальної ради з вітряної енергії (*GWEC*). Існує три види технологій отримання електроенергії з вітру: наземні, прибережні та повітряні вітрові електростанції [12].

Використання енергії вітру через наземні вітрові електростанції отримало масове поширення для живлення ліній електропередач. Велика кількість лопастей, довжина яких, в переважній більшості, складає 56 метрів, дозволяють видавати потужності від 100 кіловатт до декількох мегаватт. Вітрові турбіни такої потужності об'єднуються у вітрові електростанції, що і дозволяють забезпечувати електроенергією десятки житлових будинків.

Технологія автоматизації видобутку вітрової електроенергії полягає у використанні програмно-апаратного модуля, що містить наступні компоненти (рис. 2.3):

- вал лопастей;
- коробка швидкостей;
- генератор;
- програмний модуль;
- механізм призупинення руху лопастей;
- поворотний механізм.



Рис. 2.3. Внутрішній пристрій вітрової турбіни

Принцип роботи даної технології полягає в наступному – програмний модуль визначає напрямок руху вітру та, при необхідності, керує поворотним механізмом для обертання всієї конструкції до напрямку руху вітру. Коробка швидкостей надає інформацію про швидкість руху лопастей вітрової турбіни та, при досяганні занадто високих швидкостей, програмний модуль надає сигнал для активації механізму призупиння руху лопастей для уникнення поломок лопастей або загоряння. Від руху лопастей, генератор створює електроенергію, яка в подальшому передається до трансформаторів та ліній електропередач.

Високоякісна технологія автоматизації видобутку електроенергії за допомогою вітрових турбін, дозволяє знизити витрати на контроль над роботою вітрових турбін, а також приріст кількості отримуваної електроенергії може бути вдічі більшим, аніж без використання даної технології. Дана технологія автоматизації не потребує особливих умов у порівнянні із сонячними панелями, оскільки для робота вітрових турбін ніяк не залежить від періоду дня. Розміри вітрових турбін можуть змінюватись в залежності від кількості необхідної отримуваної електроенергії, а також від місця розташування вітрової станції [13].

Однією з найбільших проблем, пов'язаних з використанням вітрових електростанцій для масового постачання електроенергії, є необхідність створення нових ліній електропередач для транзиту електроенергії. Побудова вітрових електростанцій базується у відповідності до карти вітрів, тому в більшості

випадків вони розміщені у віддалених, малонаселених пунктах країн, а основна частина споживання електроенергії припадає на мегаполіси, де кількість населення значно вища. Існуючі лінії електропередачі не були призначені для транспортування великих обсягів енергії. Очевидно, що зі збільшенням довжини ліній передач, втрати, пов'язані з передачею потужності, зростають, що ускладнює перенесення великої потужності на великі відстані.

Дана технологія автоматизації використання вітрової енергії є найпоширенішою та провідні компанії у видобутку електроенергії з альтернативних відновлюваних джерел використовують її для модернізації та застосування у власних цілях.

У багатьох точках нашої планети в прибережній зоні континентів і островів дмуть постійні сильні вітри, енергія яких може бути використана людством для виробництва високорентабельної, екологічно чистої електрики. Вітряні електростанції, побудовані в неглибокій зоні морів називають офшорними, а також прибережними, морськими, шельфовими або водними (надводними). Це одна з найбільш перспективних областей відновлюваної енергетики, зокрема вітряної енергетики.

На даний момент найбільш поширені морські вітряні турбіни, підставка яких жорстко кріпиться до морського дна на невеликій глибині шельфових зон морів, однак паралельно ведуться розробки в області будівництва вітряних турбін на плаваючому підставі. Додаткове використання апаратно-програмного модуля, що дозволяє повертати турбіни до напрямку руху вітру додатково збільшує кількість отримуваної енергії, при цьому вартість та обслуговування системи не потребує сильних витрат та високої кваліфікації.

Високу популярність набирає технологія водних електростанцій для вироблення електроенергії. Серед джерел відновлюваної енергії, енергія отримувана за рахунок води традиційно використовується мало через відносно високі вартості і обмеженої доступності місць. Тим не менш, багато останніх технологічних удосконалень та поліпшень конструкцій і турбінних технологій показують, що загальна ефективність водних електростанцій може бути значно

вище, ніж передбачалося раніше, і що економічні та екологічні витрати можуть бути знижені до конкурентоспроможного рівня. Рухомий водяний потік як альтернативне джерело енергії використовується в декількох видах генераторів. Одні з них базуються на роботі з океанічними або морськими приливами, інші встановлюються на річках, морях та океанах і працюють за рахунок природного перебігу.

Однією з технологій автоматизації використання електроенергії добутої водними електростанціями є використання її для енергозабезпечення маяків. Технологія, що використовує енергію припливів та відпливів була представлена компанією “Eco Wave Power” у 2016 році. Принцип роботи механізму полягає в наступному: поплавки отримують енергію з хвиль, що набігають, перетворюючи рух хвиль в процес видобутку чистої електроенергії. Рух поплавків стискає і розтискає гідравлічні поршні, які передають гідравлічну рідину в розташовані на землі акумулятори. У гідроакумуляторах збільшується рівень тиску, під дією якого обертається гідравлічний двигун, який, в свою чергу, обертає генератор, а потім електроенергія передається через інвертор (рис. 2.4). Після цього, рідина повертається в бак гідравлічної рідини, де потім повторно використовується поршнями, створюючи замкнуту кільцеву систему.

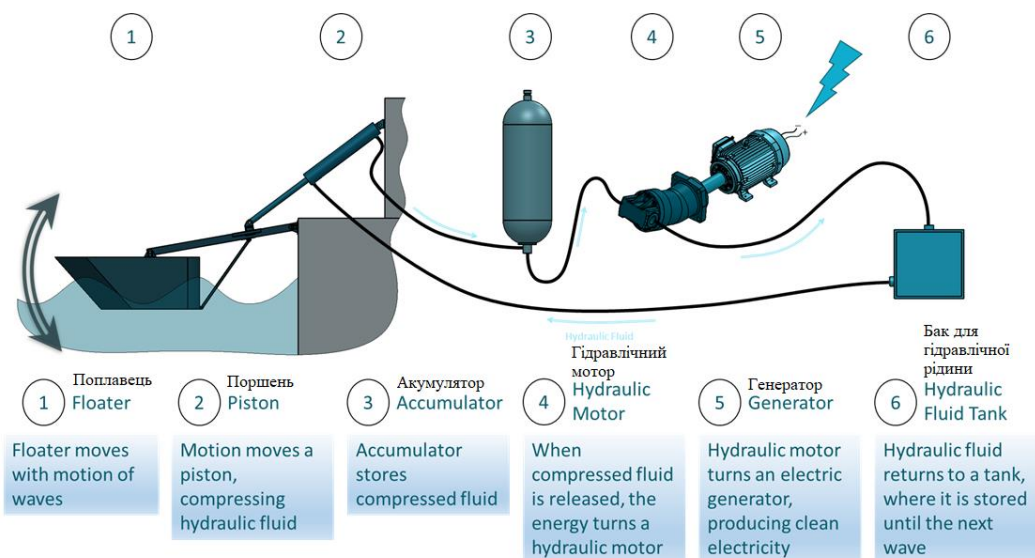


Рис. 2.4. Принцип роботи водної електростанції

Вся робота системи контролюється інтелектуальною системою автоматизації. Дана система автоматизації містить ряд особливостей, серед яких найбільше вирізняються:

- активація системи подачі електроенергії на маяк;
- активація системи аварійного припинення роботи системи;
- контроль рівня хвиль.

Протягом світлої пори дня, дана система накопичує електроенергію у акумуляторах, які активуються у разі необхідності. Як тільки настає темна пора, програмний модуль активує систему подачі електроенергії для роботи маяка. Крім того, коли хвилі занадто високі, і система не може впоратися з ними, поплавки автоматично піднімаються над рівнем води і залишаються у висхідному положенні до тих пір, поки шторм не пройде. Як тільки шторм пройде, поплавки повертаються в робочий режим [6].

Дана технологія могла б працювати ефективніше серед моря, оскільки швидкість руху хвиль серед моря більша, проте велика кількість дослідів показала, що число поломок водних електростанцій серед моря є набагато більшим ніж біля берегів, а також проведення кабелів енергопостачання є дуже дорогим.

Основними недоліками даної технології є:

- динамічність використання висока вартість експлуатації;
- можливість виробництва електроенергії з хвиль, висота яких перевищує пів метра;
- неможливість використання у містах, що не межують з морем або океаном.

Динамічність використання водних електростанцій значно зростає через відмову великої кількості компаній у використанні великих інфраструктур та надання переваги більш простим пристроям. На даний час, велика кількість розвинутих міст, що межують з океанами та морями, використовують водні електростанції, що дозволяє позбутися від необхідності використання електроенергії добутої класичними способами.

Технологія водної електростанції, що полягає у розташуванні на дні океанів та морів турбін з лопастями, майже ідентична до вітрових турбін (рис. 2.5).

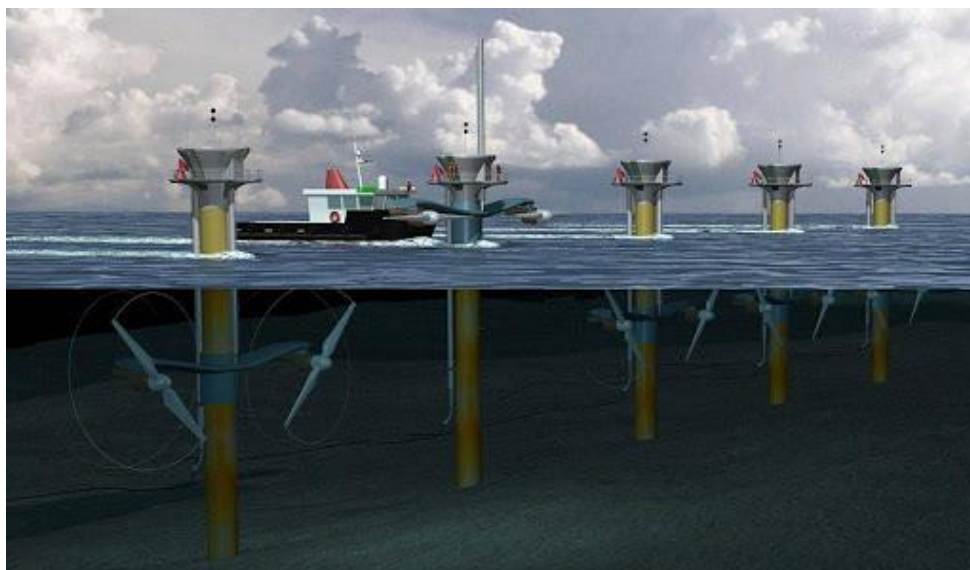


Рис. 2.5. Морська водна турбіна

Апаратна частина даної технології, що працює за рахунок природного перебігу, вміщена під воду, складається із лопастей, що підставляються під приливну хвилю, та можуть здійснювати до 14 оборотів за хвилину. У момент відпливу лопасті розгортаються в зворотну сторону. Програмна частина контролює працездатність усієї системи, а також керує апаратною частиною для повертання лопастей у напрямку течії.

У даної технології є дві великі переваги у порівнянні з вітровою технологією. По-перше, вода в 750 разів щільніша за повітря і має більше кінетичної енергії. По-друге, на відміну від вітру сила припливу знижується лише на невеликі передбачувані періоди щодня [14].

Головним недоліком даної технології є високі витрати на виробництво та експлуатацію, оскільки при раптових поломках, всю турбіну необхідно переправляти на сушу для подальшого ремонтування.

## 2.2. Проектування апаратної частини

Спроекований програмно-апаратний модуль підключення додаткових джерел енергії, що керується апаратною обчислювальною платою мікроконтролера *Arduino*, містить наступні компоненти:

- мікроконтролер *Arduino UNO*;
- макетна плата *Breadboard*;
- зарядний пристрій *TP4056*;
- сонячна панель *6 В 3 Вт*;
- діод *1N4007* кремнієвий випрямний загального призначення;
- модуль *GSM / GPRS* стільникового зв'язку на основі компонента *SIM800L*;
- понижуючий конвертер *LM2596*;
- привід серводвигуна *SG90*;
- резистори 1000, 10000 *Ом*;
- фотоелектричний аналоговий сенсор *GL5516*;
- акумулятор 18650;
- тримач акумулятора 18650;
- з'єднувальні провода (перемички).

Основним компонентом програмно-апаратного модуля підключення додаткових джерел енергії є аналогово-обчислювальний пристрій, за допомогою якого буде здійснюватись керування усього модуля. Найбільш розповсюженими мікроконтролерами є: сімейство мікроконтролерів *Arduino (Uno, Pro, Leonardo, Mega 2560, Due, Zero)*, сімейство мікроконтролерів *Raspberry Pi (1, 2, Zero, 3, 4, Pico)*, сімейство мікроконтролерів *STM32 (H7, F7, F4, F3, F2, F1, F0, G4, G0, L5, L4+, L4, L1, L0)*, *Iskra JS, Strela, Tensy 3.2, Netduino 2, BeagleBone Black*. Усі ці мікроконтролери відрізняються між собою за наступними характеристиками:

- продуктивність. Вимірюється в кількості ядер у мікроконтролері, тактовій частоті, об'єму оперативної та постійної пам'яті. Показники

продуктивності впливають на швидкість роботи мікроконтролера та на кількість утримуваних даних.

- багатозадачність. Багатозадачність мікроконтролерів вимірюється у кількостях оброблюваних одночасно задач. Більшість мікроконтролерів не містять даної функції, проте здатні емулювати її роботу.
- зручність роботи з Інтернетом. Мікроконтролери *Arduino* не містять вбудованої можливості роботи з Інтернетом, тому, для отримання доступу в Інтернет, необхідні додаткові модулі та глибокі знання протоколів передачі даних. Натомість мікроконтролери *Raspberry Pi* містять мережеві модулі та для роботи в Інтернеті не вимагають високої кваліфікації.
- продовжуваність роботи від акумуляторів. Дана характеристика напряду залежить від потужності мікроконтролера. У випадку, якщо мікроконтролер містить високі показники швидкості оброблення даних, продовжуваність його роботи від акумулятора значно знижується.
- мова програмування. Більшість мікроконтролерів не підтримують мови програмування високого рівня.
- можливість роботи з відео. Дана можливість дуже рідко зустрічається у мікроконтролерах, оскільки відтворення відео вимагає великої кількості ресурсів, таких як: пам'ять та швидкість роботи процесора.

Враховуючі всі вищеописані характеристики мікроконтролерів, було обрано *Arduino UNO*. Він не містить великого об'єму оперативної та постійної пам'яті, не спроможний працювати в мережі Інтернет, не здатний вирішувати одночасно декілька задач, проте він містить велику кількість цифрових та аналогових входів та виходів, підтримує мову програмування *C*, що не потребує високої кваліфікації для написання програмної логіки, а також має невисоку ціну.

Макетна плата *Breadboard* – це плата для підключення компонентів між собою, що не потребує спаювання. Основне призначення такої плати – конструювання та налагодження прототипів різних пристроїв. Макетні плати бувають різних розмірів, але в більшості випадків вони складаються двох



однакових блоків. Схема електричних з'єднань гнізд містить п'ять отворів з кожного боку, в кожному з рядів (в даному випадку 63), які електрично з'єднані між собою. Ліворуч і праворуч знаходиться по дві лінії живлення: всі отвори цих ліній з'єднані між собою. Для складання схеми в отвори вставляються радіодеталі і перемички.

Дослідивши ринок модулів для зарядки літієвих акумуляторів було визначено, що всі наявні модулі базуються на модулі заряду *TP4056* [15]. Найбільш популярна варіація використання даного контролера сумісно з невеликим контролером *DW01* для захисту акумулятора від перезаряду і перерозряду. Основними характеристиками даного модуля є:

- струм заряду: до 1 А;
- точність зарядження: 1.5%;
- вхідна напруга: 4-8 В;
- індикатори: червоний – відбувається зарядження, синій – акумулятор заряджено;
- вхідний роз'єм: *microUSB*;
- діапазон робочих температур: від -10°C до +85°C;
- вага: 5 г;
- розміри плати: 25 × 17 × 4 мм.

Даний модуль містить два вхідних контакти та чотири вихідних контакти:

- *IN+* – вхідний контакт до якого підключається живлення модуля;
- *IN-* – вхідний контакт до якого підключається заземлення;
- *OUT+* – вихідний контакт, який під'єднується до додатнього полюса акумулятора для визначення рівня заряду акумулятора;
- *OUT-* – вихідний контакт, який під'єднується до від'ємного полюса акумулятора для визначення рівня заряду акумулятора;
- *BAT+* – вихідний контакт, який під'єднується до додатнього полюса акумулятора для зарядження акумулятора;

– *BAT*- – вихідний контакт, який під'єднується до від'ємного полюса акумулятора для заряджання акумулятора.

Модуль для зарядки літєвих акумуляторів *TP4056* не містить зайвих компонентів, що суттєво впливає на його ціну. Проте даний модуль не підійде для заряджання автомобільних акумуляторів, оскільки вихідний струм та напруга занадто малі, що може призвести до виходу з ладу як модуля зарядки, так і автомобільного акумулятора.

Основними характеристиками сонячної панелі є максимальне значення вихідної напруги та струму. Оскільки сонячна панель необхідна для зарядки акумулятора, отже, вихідний струм та напруга повинні відповідати вхідним характеристикам модуля *TP4056*. На даний модуль максимально може поступати напруга  $8\text{ В}$  та  $1\text{ А}$ . Виходячи з даних характеристик було обрано сонячну панель, максимальна вихідна напруга якої становить  $6\text{ В}$  та максимальний вихідний струм становить  $520\text{ мА}$ .

Сонячна панель має розміри  $145 \times 145 \times 3\text{ мм}$  та вагу  $85\text{ г}$ . Через невеликі розміри та вагу, рух даної сонячної панелі можуть здійснювати малопотужні двигуни. Однією із проблем використання сонячних панелей є зворотній струм, який виникає у результаті слабкого освітлення (вночі або в похмуру погоду). Для уникнення короткого замикання та згорання елементів апаратно-програмного модуля було використано високовольтний діод *1N4007*. Основною характеристикою даного модуля є максимально допустиме значення зворотної напруги рівною  $1000\text{ В}$ . Основною відмінністю даного діода є можливість роботи при високих температурах (до  $75^\circ\text{C}$ ).

Проектований програмно-апаратний модуль, також здатний надсилати повідомлення про рівень заряду акумулятора при його наявності. Даний розроблений засіб дозволяє контролювати рівень заряду акумулятора на великих відстанях. Надсилання повідомлень на телефон здійснюється за допомогою модуля *GSM (Global System for Mobile Communications)*. Даний модуль може не лише здійснювати надсилання повідомлень, а й здійснювати дзвінки, визначати *GPS*-координати та приймати повідомлення. Існує велика кількість моделей

даного модуля, проте більшість із них застаріли та не використовуються. З існуючих моделей виділяють наступні: *SIM800*, *SIM800C*, *SIM800H*, *SIM800L*, *SIM800F*, *SIM868* та *SIM808*. Якщо відкинути всі несуттєві та однакові для всіх моделей характеристики, можна представити таблицю (табл. 2.1) порівнянь даних моделей:

Таблиця 2.1

Порівняння характеристик *GSM*-модулів

	Голосові виклики	<i>GPS</i>	<i>Bluetooth</i> 3.0	Вбудований <i>FM</i> - приймач	<i>CSD</i>
<i>SIM800</i>	+	-	+	-	+
<i>SIM800C</i>	-	-	+	-	-
<i>SIM800H</i>	-	-	+	+	+
<i>SIM800L</i>	-	-	-	+	+
<i>SIM800F</i>	-	-	-	-	-
<i>SIM868</i>	-	+	-	-	-
<i>SIM808</i>	-	+	-	-	+

Враховуючи вищенаведені характеристики та ціни на дані моделі модулів, для проектування апаратно-програмного модуля було обрано модель *SIM800L* [16], оскільки його можливостей достатньо для приймання та надсилання повідомлень, при цьому ціна даного модуля є найменшою. Робота модуля здійснюється за рахунок наявних в ньому роз'ємів. За допомогою даних роз'ємів можна отримати доступ до більшості функцій, включно із голосовими (підключивши мікрофон та динамік).

Даний модуль містить вхідні та вихідні роз'єми, що також називаються пінами:

- *NET* – роз'єм до якого припаюється антена для стільникового зв'язку;
- *VCC* – роз'єм на який подається живлення модуля. Напруга, що подається на модуль повинна бути від 3,4 до 4,4 В, при цьому значення струму повинне бути більшим 2 А;

- *RST* – роз’єм призначений для скидування налаштувань модуля;
- *RXD/TXD* – роз’єми послідовного зв’язку (*Receiver/Transmitter*);
- *GND* – роз’єм заземлення, що повинний бути підключеним до *GND*-роз’єму мікроконтролера;
- *RING* – роз’єм, що сигналізує про наявність вхідного дзвінку на модуль;
- *DTR* – роз’єм, що призначений для виведення модуля із сплячого режиму при необхідності його використання;
- *MICP/MICN* – роз’єми, до яких під’єднуються мікрофони для здійснення голосових дзвінків;
- *SPKP/SPKN* – роз’єми, призначені для під’єднання динаміків для прослуховування.

Живлення апаратно-програмного модуля може здійснюватись від батарейки або акумулятора з вихідною напругою 7-12 В. Отже, для живлення усього модуля було використано акумулятор з вихідною напругою 9 В. Проте дане значення напруги є занадто великим для *GSM*-модуля. Для вирішення цієї проблеми необхідно використати понижуючий конвертер, що здатний зменшити рівень вхідної напруги. Найбільш частовикористовуваним понижуючим конвертером є *LM2596* [17]. Основною особливістю даного конвертера є можливість ручного виставлення вихідної напруги від 4,5 до 40 В. Вихідне значення струму даного конвертера становить 2-3 А. Враховуючи всі особливості та низьку ціну даного конвертера можна дійти висновку, що він задовольняє всім вимогам *GSM*-модуля.

Рух панелей здійснюється за допомогою двигунів. Оскільки сонячна панель повинна здійснювати рух від 0 до 180 градусів по горизонтальній осі, та від 0 до 90 градусів по вертикальній осі (що відповідає руху Сонця протягом світлового дня), було використано малопотужні серводвигуни серії *SG90* [18]. Даний двигун здатний вільно пересувати вагу 110 г, при цьому, сонячна панель, яку буде пересувати двигун, має вагу 85 г.

Для визначення положення сонця для подальшого руху сонячної панелі в його напрямку, було використано фоторезистори. Фоторезистори дають змогу визначати інтенсивність освітлення. Фоторезистори визначають опір в Ом, в

залежності від того, яка кількість світла потрапляє на їхні чутливі елементи. Фоторезистори мають лише одну відмінність – діапазон значень опору. Фотоелектричний аналоговий сенсор *GL5516* має світловий опір в діапазоні 5-10 *кОм* [19]. Дана характеристика є цілком достатньою для вимірювання положення сонця. При цьому низька ціна даного фоторезистора дозволяє легко замінити його у разі поломки.

Принципова схема апаратного модуля підключення додаткових джерел енергії зображена на рис. 2.6:

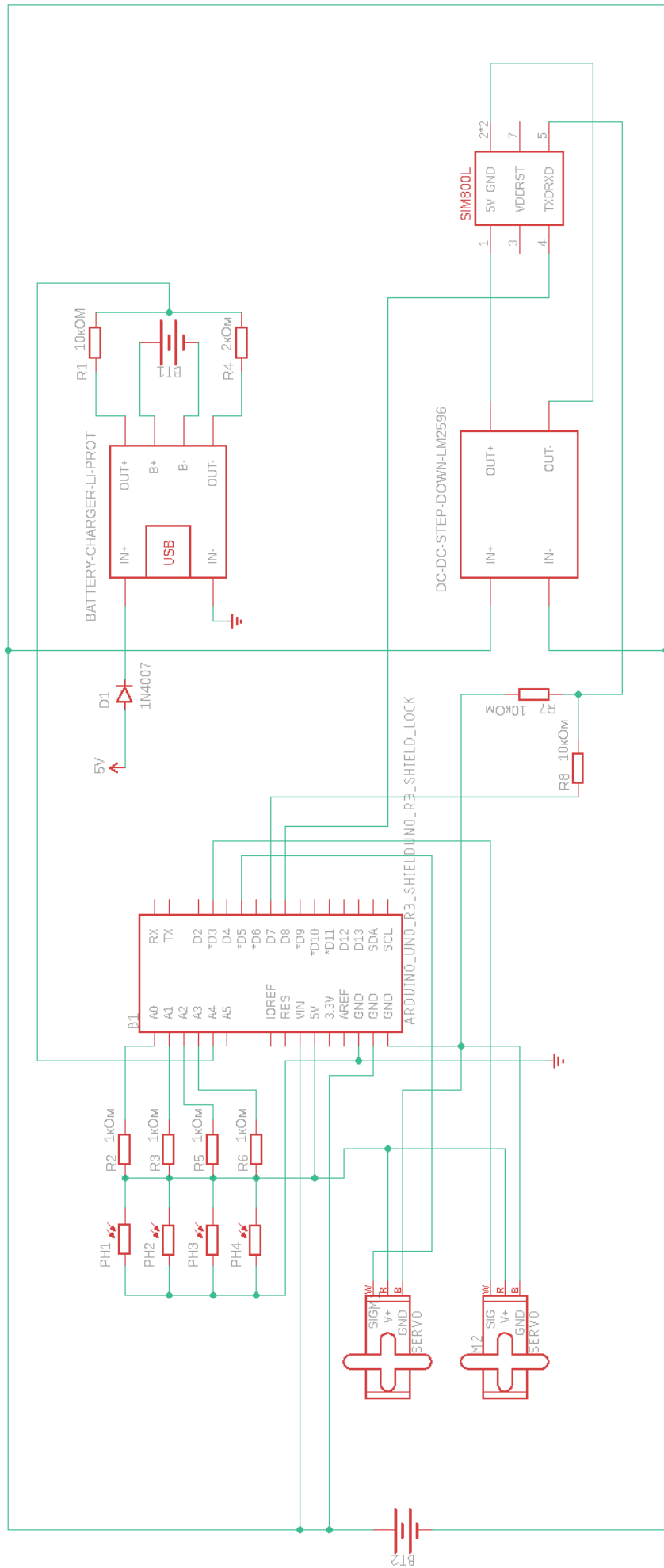


Рис. 2.6. Принципова схема апаратного модуля підключення додаткових джерел енергії

### 2.3. Проектування програмної частини

Спроектований програмно-апаратний модуль підключення додаткових джерел енергії, що керується апаратною обчислювальною платою мікроконтролера *Arduino*, містить наступні функції:

- визначення положення Сонця;
- керування рухом сонячної панелі;
- визначення рівня заряду акумулятора;
- отримання повідомлення;
- надсилання повідомлення.

Програмно-апаратний модуль керується мікроконтролером *Arduino UNO*. Для запрограмування даного мікроконтролера найчастіше вивкористовувати наступні мови програмування: *Assembler*, *C*, *Arduino C* та *C++*. Дані низькорівнені мови програмування спрямовані для написання програмного коду для процесорів.

Програмний модуль проекту був створений використовуючи можливості мови *Arduino C* [20]. Дана мова програмування являє собою мову програмування *C++* разом із графічною оболонкою *Wiring*. Дана мова має деякі відмінності, при написанні програмного коду, у порівнянні з мовою *C++*. Основною відмінністю даної мови від інших є обов'язкова наявність двох функцій: *setup()* та *loop()*. Перша функція виконується одразу при увімкненні мікроконтролера і здійснюється лише один раз. Натомість друга функція виконується одразу після завершення виконання функції *setup()*, після чого її повторне виконання відбувається, поки мікроконтролер не буде вимкнено. Дані функції необхідні для ініціалізації вхідних даних та здійснення виконання операцій до конкретного моменту часу [21].

Написання програмного коду може відбуватися у декількох програмних середовищах. Серед них можна виділити наступні професійні середовища: *Proccesing*, *Eclipse*, *Microsoft Visual Studio*, *Atmel Studio* та *Scratch for Arduino*. Для написання програмної частини було використано безкоштовну програмну оболонку *Arduino IDE*, що містить: текстовий редактор, менеджер проектів,

препроцесор, компілятор та інструменти для завантаження програми у мікроконтролер [22]. Дане програмне середовище було реалізоване мовою програмування *Java* та може працювати у середовищі *Windows*, *Mac OS* та *Linux*. В середовищі *Arduino IDE* відсутня можливість налаштування компілятора, що з одного боку зменшує ризик виникнення проблем, а з іншого – не дозволяє оптимізувати компілятор.

Завантажування програми в мікроконтролер *Arduino* відбувається через попередньо запрограмований спеціальний завантажувач. Даний завантажувач створений на основі додатку *Atmel AVR Application Note AN109*. Він здатний працювати через інтерфейси *RS-232*, *USB* або *Ethernet*, залежно від складу периферії конкретної процесорної плати. Основною особливістю середовища *Arduino IDE* є можливість самостійного перепрограмування завантажувача у мікроконтролер. Для цього в *IDE* інтегрована підтримка програматора на основі проекту *AVRDude*.

Для відображення програмної логіки було розроблено алгоритм роботи програми у вигляді схеми алгоритму (рис. 2.7):



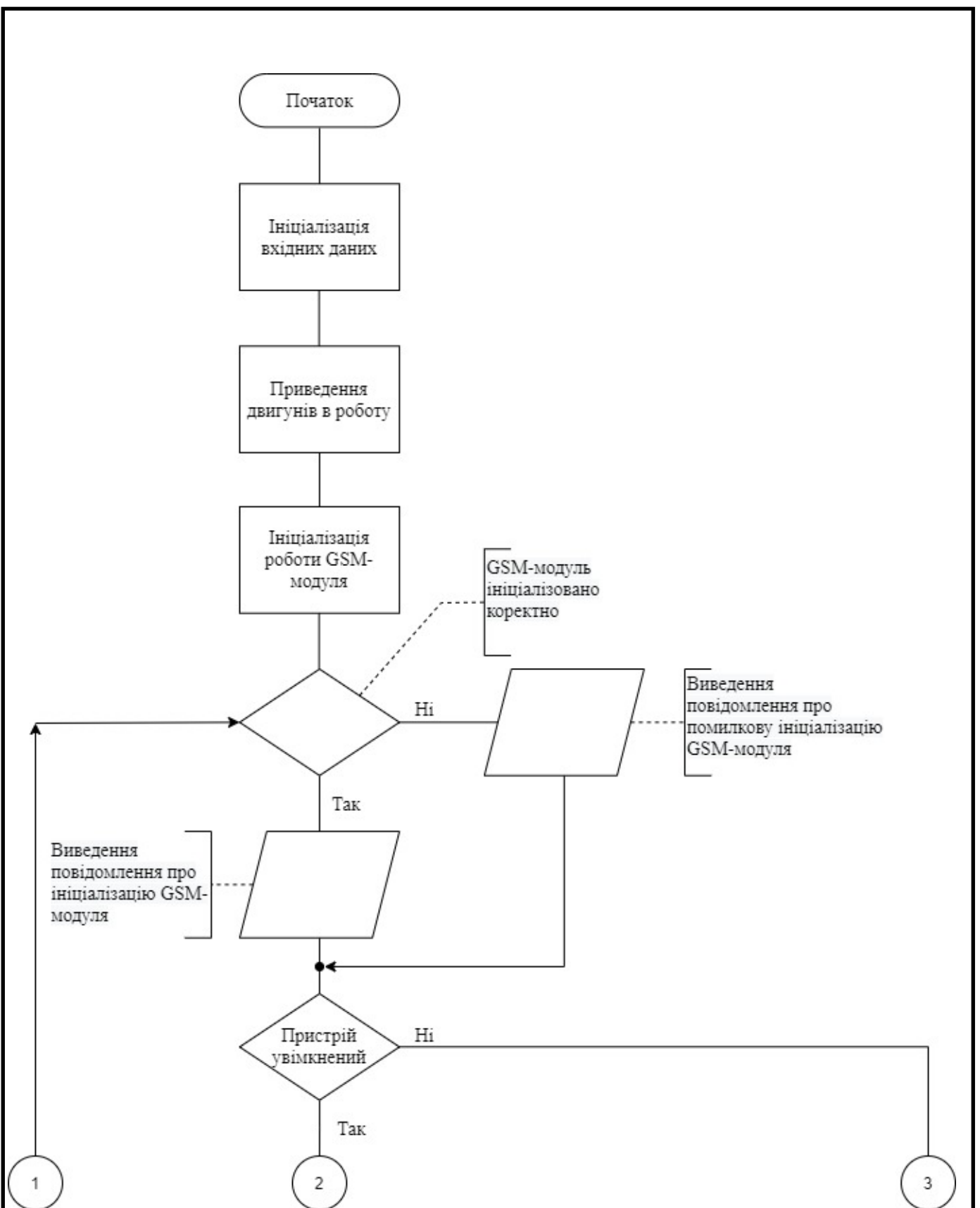


Рис. 2.7. Схема алгоритму роботи програмного модуля підключення додаткових джерел енергії (початок)

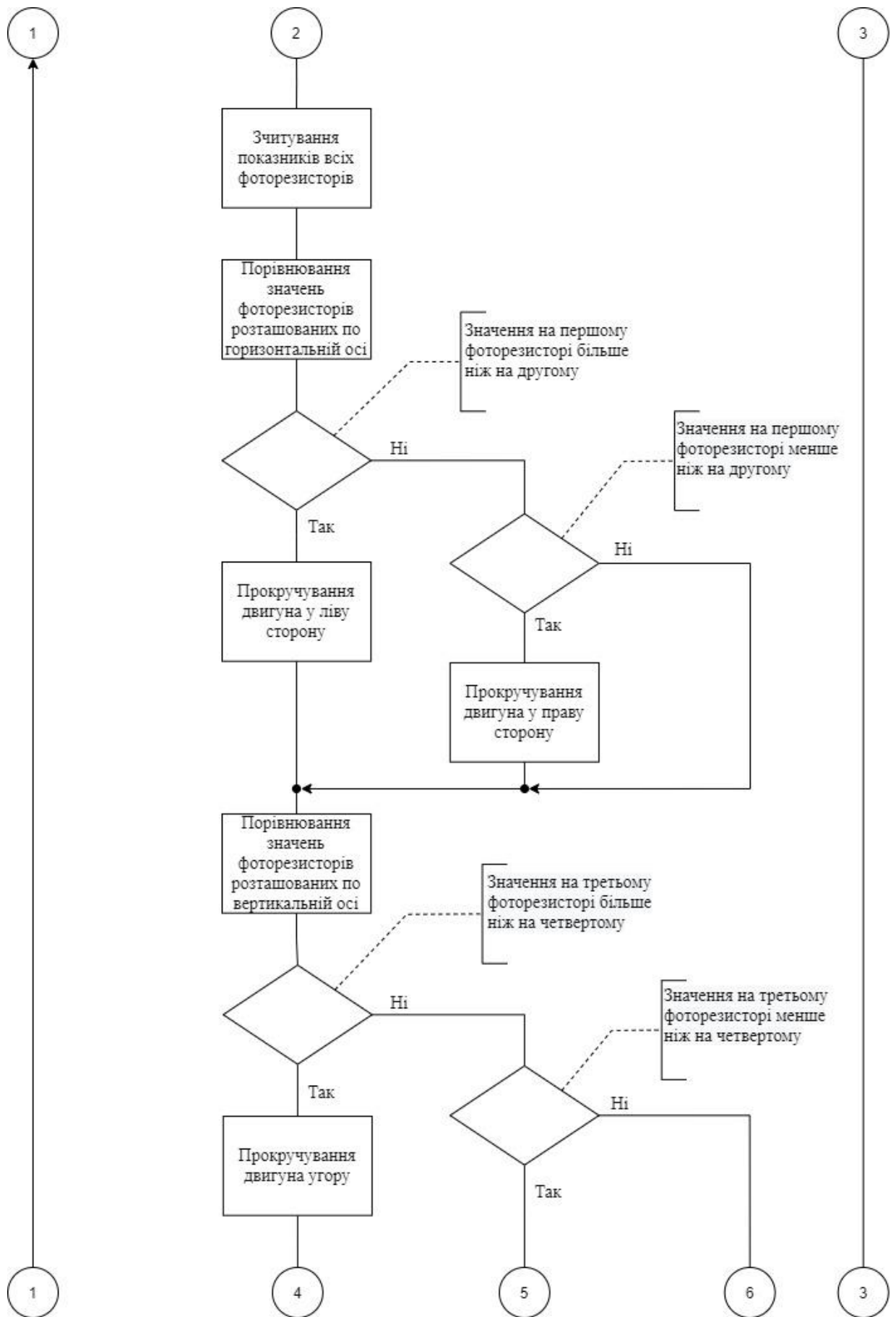


Рис. 2.7. Схема алгоритму роботи програмного модуля підключення додаткових джерел енергії (продовження)

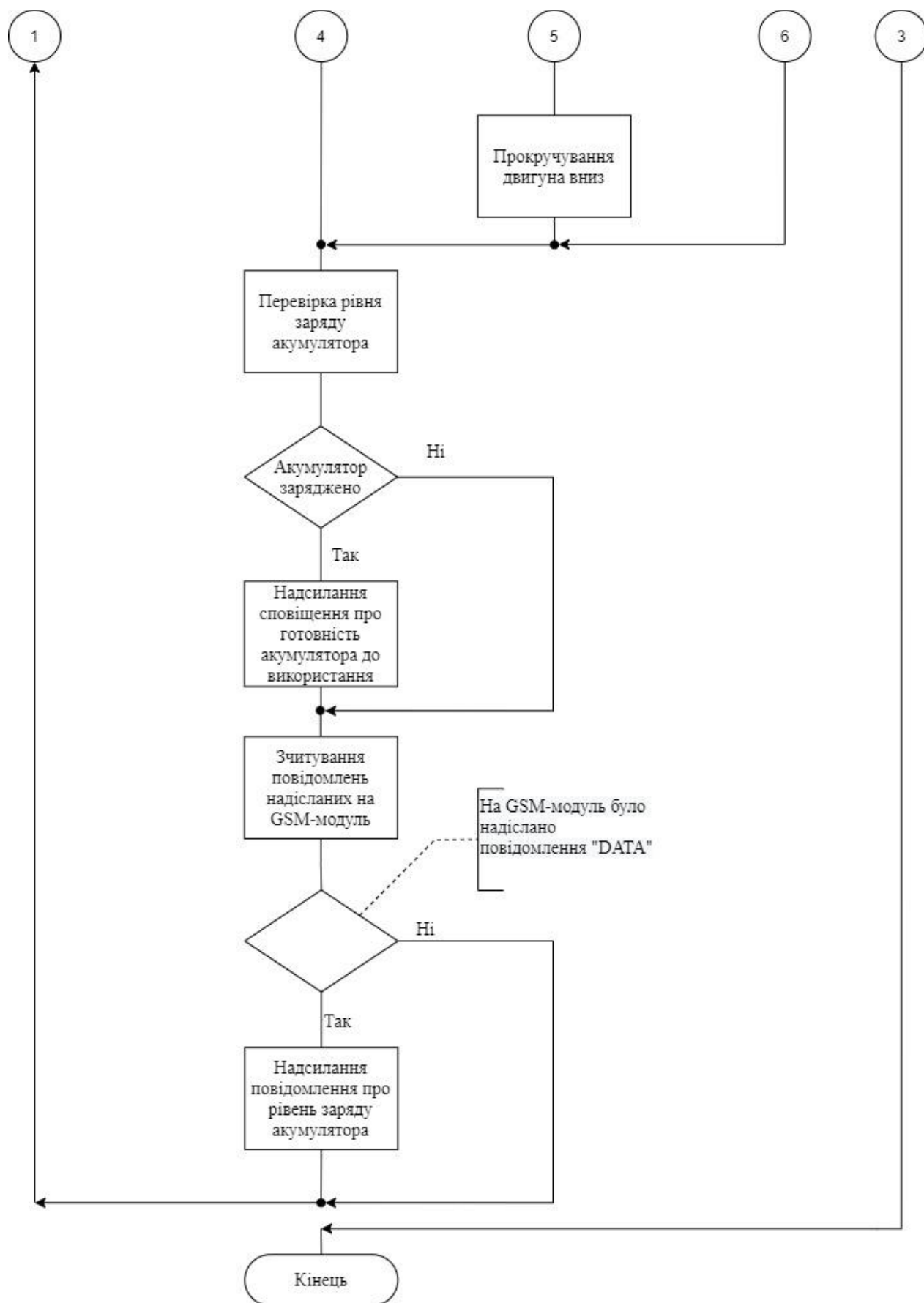


Рис. 2.7. Схема алгоритму роботи програмного модуля підключення додаткових джерел енергії (закінчення)

## 2.4. Висновки до розділу

У даному розділі було розглянуто було детально розглянуто наступні апаратні засоби: мікроконтролери та їхні переваги, двигуни для керування рухом сонячної панелі, зарядні пристрої та на чому вони базуються, модулі стільникового зв'язку, їхні характеристики та основні відмінності; сонячні панелі та їхні характеристики; понижуючі конвертори, їхнє призначення та особливості; фоторезистори та їхні відмінності.

Мікроконтролером керування пристроєм було обрано *Arduino UNO*. Для заряджання акумулятора було обрано модуль зарядки *TP4056*. Сонячна батарея, через яку відбувається заряджання акумулятора, містить напругу  $6\text{ В}$  та потужність  $3\text{ Вт}$ . Для надсилання повідомлень було обрано *GSM*-модуль *SIM800L* та понижуючий конвертор *LM2596*. Для керування рухом сонячної панелі було обрано двигуни *SG90* та фоторезистори *GL5516*.

Було розглянуто вимоги до програмного модуля підключення додаткових джерел енергії, середовища розробки програмного забезпечення для мікроконтролерів та найбільш вживані мови програмування мікроконтролерів. Для створення програмного засобу було обрано середовище програмування *Arduino IDE* та мову програмування *Arduino C*.

## РОЗДІЛ 3

### РОЗРОБКА ПРОГРАМНО-АПАРАТНОГО МОДУЛЯ ДЛЯ ПІДКЛЮЧЕННЯ ДОДАТКОВИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

#### 3.1. Склад файлів проекту

Розробка програмного модуля здійснювалась у середовищі *Arduino IDE*. До складу проекту входять наступні розширення файлів:

- *.ino* – розширення файлу, що містить вихідний код, що написаний мовою програмування *Arduino C*;
- *.h* – розширення заголовкового файлу, в якому містяться декларації макросів, змінних та прототипів функцій;
- *.cpp* – розширення вихідного файлу, написаного мовою програмування *C++* в якому описуються методи реалізації функцій;
- *.properties* – файлове розширення для файлів, які використовуються в основному для зберігання конфігураційних параметрів програми, а також можуть використовуватись для зберігання змінних рядкового типу для локалізації.

Програмний модуль розробленого проекту містить наступні файли:

- *SunBattery.ino*;
- *Adafruit\_PWMServoDriver.cpp*;
- *Adafruit\_PWMServoDriver.h*;
- *ServoDriverSmooth.cpp*;
- *ServoDriverSmooth.h*;
- *ServoSmooth.cpp*;
- *ServoSmooth.h*;

Кафедра КСУ

НАУ 21 21 29 000 ПЗ

<b>Виконав</b>	Сокоренко М.Б.			Розробка програмно-апаратного модуля для підключення додаткових джерел енергії	<b>Літера</b>		<b>Аркуш</b>	<b>Аркушів</b>
<b>Керівник</b>	Халімон Н.Ф.						45	61
<b>Консульт.</b>					СП-436 123			
<b>Норм.</b>	Тупота Є.В.							
<b>Зав. Каф.</b>	Литвиненко О.Є.							

- *ServoUtil.h*;
- *library.properties*.

### 3.2. Розробка програмного модуля керування рухом сонячної панелі

Програмно-апаратний модуль підключення додаткових джерел енергії містить функцію здійснення переміщення сонячної панелі у напрямку до Сонця. Рух панелі здійснюється у двох напрямках: вертикально та горизонтально. Визначення положення сонця, у напрямку якого здійснюється рух панелі, відбувається шляхом порівняння результатів значень, що отримані від фоторезисторів [23].

Для написання програмного коду керування модулем, необхідно створити файл з розширенням *.ino*, що міститиме код усієї програми. Для цього необхідно відкрити середовище *Arduino IDE*, після чого обрати з вікна меню *File* створення нового файлу *New*. Після цього буде створено новий файл, що міститиме дві порожні функції: *setup()* та *loop()* [24]. Для подальшого використання даного файлу, необхідно зберегти його натиснувши меню *File – Save As*, та ввести назву даного проектного файлу “*SunBattery*”.

Функція *moveServo()* призначена для керування рухом сонячної панелі. Дана функція здійснює обчислення напрямку повороту сонячної панелі, а також надсилає інформацію апаратному модулю про необхідність повороту сонячної панелі, у результаті чого, сонячна панель буде завжди повернута у напрямку до сонця.

Для зберігання результатів значень отриманих фоторезисторами було створено глобальний масив *PhotoresistorValue* із чотирьох елементів, кожний з яких зберігає значення результату роботи конкретного фоторезистора, яке може змінюватись від нуля до одиниці. Функція *moveServo()* починається з визначення результатів, які надають фоторезистори в поточний момент часу. Значення фоторезистора, що знаходиться на лівій частині сонячної панелі, поміщається в перший елемент масиву *PhotoresistorValue*. Значення фоторезистора, що

знаходиться на правій частині сонячної панелі, поміщається в другий елемент масиву *PhotoresistorValue*. Значення фоторезистора, що знаходиться на верхній частині сонячної панелі, поміщається в третій елемент масиву *PhotoresistorValue*. Значення фоторезистора, що знаходиться на нижній частині сонячної панелі, поміщається в четвертий елемент масиву *PhotoresistorValue*. Для отримання даних фоторезисторів, необхідно першопочатково встановити пін до якого підключатиметься кожний з даних фоторезисторів. Назви пінів, до яких підключатимуться фоторезистори, необхідно визначити за допомогою директиви *#define*. Назва піну *PIN\_PHOTO\_SENSOR0* містить значення *A3*, та означає, що перший фоторезистор підключатиметься до піну *A3*. Пін *PIN\_PHOTO\_SENSOR1* має значення *A2*, *PIN\_PHOTO\_SENSOR2* має значення *A1*, *PIN\_PHOTO\_SENSOR3* має значення *A0*, що відповідають за підключення другого, третього та четвертого фоторезисторів відповідно. Функція, що здійснює зчитування результатів значень, які потрапляють на піни фоторезисторів, називається *analogRead()*. Вона приймає на вхід номер піну фоторезистора, значення якого необхідно обчислити та повертає результат, що змінюється від нуля до одиниці.

Рух сонячної панелі здійснюють два сервопривода. Перший здійснює рух по горизонтальній осі на  $180^\circ$ , а другий – по вертикальній осі на  $180^\circ$ . Для програмного керування двигунами, необхідно створити масив *MyServo* з двох елементів типу *Servo*, що міститиме об'єкти даних двигунів. Тип даних *Servo* міститься у стандартній бібліотеці середовища *Arduino IDE*. Для його використання, необхідно додати директиву *#include <Servo.h>*, що здійснює підключення заголовкового файлу *Servo.h*. Серводвигуни також повинні під'єднуватись до конкретних пінів *Arduino*. Двигун, що здійснює рух по горизонтальній осі під'єднується до третього піну, який має назву *PIN\_SERVO0*. Двигун, що здійснює рух по вертикальній осі під'єднується до дев'ятого піну, який має назву *PIN\_SERVO1*.

Для визначення напрямку руху сонячної панелі, необхідно знайти різницю значень між горизонтально розташованими фоторезисторами та вертикально розташованими. Напрямок руху сонячної панелі по горизонталі визначається

знаком результату віднімання від першого елемента масиву *PhotoresistorValue* другого елемента. Значення отримане з фоторезисторів може змінюватись від нуля до одиниці, де нуль вказує на відсутність потрапляння світла на фоторезистор, а один – повне засвітлення фоторезистора. Отже, якщо при відніманні від першого елемента масиву *PhotoresistorValue* другого елемента буде отримано додатне число, це означає, що необхідно здійснити поворот сонячної панелі у ліву сторону, інакше – у праву. Аналогічно і з вертикально розташованими фоторезисторами. Якщо при відніманні від третього елемента масиву *PhotoresistorValue* четвертого елемента буде отримано додатне число, це означає, що необхідно здійснити поворот сонячної панелі угору сторону, інакше – вниз.

Поворот приводу двигуна здійснюється за допомогою методу *write()*, що викликається для конкретного об'єкту масиву *MyServo*. Даний метод може приймати на вхід лише натуральні значення в межах від нуля до 180. Дане вхідне значення вказує кут повороту приводу двигуна. Після визначення напрямку руху сонячної панелі, здійснюється віднімання або додавання одного градуса від поточного положення приводу двигуна. У випадку, якщо нове положення двигуна буде меншим нуля або більшим 180, то рух приводу не відбудеться.

Після встановлення нових позицій двигуна, їхні значення необхідно записати у постійній пам'яті. Це необхідно для того, щоб у разі вимкнення системи та повторного увімкнення, встановити початкове значення положення приводів двигуна. Встановлення нових значень у постійній пам'яті неможливе без використання бібліотеки *EEPROM*. Для її підключення необхідно ввести команду директиви *#include <EEPROM.h>*. Запис даних у постійну пам'ять відбувається за допомогою виклику методу *put()* для об'єкту *EEPROM*, що попередньо визначений та встановлений у бібліотеці *EEPROM*. Даний метод містить два вхідних параметри: перший – номер адреси у яку необхідно здійснити запис, другий – значення, яке необхідно записати.



### 3.3. Розробка програмного модуля обчислення заряду акумулятора

Програмно-апаратний модуль підключення додаткових джерел енергії має можливість заряджання акумулятора, а також містить функцію визначення рівня заряду акумулятора. Дана можливість дозволяє контролювати процес заряджання акумулятора, що надає змогу своєчасно отримати інформацію про готовність використання акумулятора.

Для розробки програмного модуля обчислення рівня заряду акумулятора, було відкрито створений файл “*SunBattery.ino*”. Даний файл містить функцію визначення положення сонця та поворот сонячної панелі у його напрямку. Для відкриття файлу було відкрито середовище *Arduino IDE*. У меню *File – Open* обрано файл з назвою “*SunBattery.ino*”.

Обчислення рівня заряду акумулятора здійснюється за допомогою двох функцій: *readVcc()* та *getVolt()*. Перша функція здійснює обчислення опорної напруги, а друга – обчислює напругу на ділянці напруги. Основою методу визначення рівня заряду акумулятора є використання двох резисторів номіналами 2000 та 10000 *Ом*. Це необхідно для того, щоб зменшити рівень напруги, який потраплятиме на конкретний пін мікроконтролера *Arduino*, та порівняти вхідне значення з опорним.

Оскільки, апаратний модуль містить резистори номіналами 2000 та 10000 *Ом*, отже, програмний модуль містить дві константні змінні *r1* та *r2*, що містять дані значення опорів. Для визначення рівня заряду акумулятора необхідно напругу, що проходить через резистор номіналом 2000 *Ом* подати на конкретний пін *Arduino*. Даний пін визначено за допомогою директиви *#define A\_PIN 4*, що встановлює значення *A\_PIN* рівним чотирьом, та означає, що напруга подаватиметься на четвертий пін *Arduino*. Для визначення максимальної напруги було створено змінну *MaxVoltage*. Дане значення залежить від резисторів, які були обрані для вимірювання рівня напруги. Використовуючи формулу ділянки напруги, можна отримати максимально можливий визначений рівень напруги, який рівний 30 *V*.

Обчислення рівня заряду акумулятора здійснюється за допомогою функції *getVolt()*. Дана функція містить три вхідних параметри: перший – номер піну, до якого підключений акумулятор, заряд якого необхідно визначити; другий – значення опору резистора, що під'єднаний до додатнього полюса акумулятора; третій – значення опору резистора, що під'єднаний до від'ємного полюса акумулятора. Оскільки вимірювання іноді бувають неточними, було реалізовано цикл, що проводить зчитування рівня напруги п'ять разів, після чого відбувається обчислення середнього арифметичного значення. Дане значення міститься у змінній *curVoltage*. Після цього відбувається визначення рівня напруги на акумуляторі та переведення даного значення у відсотки. Визначення рівня напруги здійснюється за наступною формулою:

$$v = (curVoltage * Vcc) / 1024,$$

де *Vcc* – опорне значення напруги, *B*;

*1024* – максимальне значення, яке можна отримати з виходу піну *Arduino*.

Оскільки мікроконтролер *Arduino* містить центральний процесор, значення напруги у вольтах, яке подається на піни *Arduino*, переводяться у десяткову систему числення (розрядність системи може відрізнитись від обраного мікроконтролера). Таким чином, максимальне значення, яке можна отримати при вимірюванні напруги акумулятора – 1024.

### 3.4. Розробка програмного модуля надсилання повідомлень

Програмно-апаратний модуль підключення альтернативних джерел енергії містить функцію отримання та надсилання *SMS*-повідомлень. Дана можливість здійснюється завдяки *GSM*-модулю стільникового зв'язку на основі компоненту *SIM800L*. Відправлення *SMS*-повідомлення відбувається за допомогою функції *sendSMS()*, що містить два вхідних параметри: перший – повідомлення, яке необхідно відправити, другий – номер телефону, на який буде здійснено надсилання повідомлення.

Для роботи з *GSM*-модулем разом із *Arduino*, було використано бібліотеку *SoftwareSerial*. Дана бібліотека містить всі необхідні методи та об'єкти для роботи з модулем *SIM800L*. Дана бібліотека міститься у заголовковому файлі *SoftwareSerial.h*. Для додавання її до проекту було відкрито середовище програмування *Arduino IDE* та відкрито файл за допомогою меню *File – Open*, “*SunBattery.ino*”. Додавання даної бібліотеки у середовищі *Arduino IDE* було здійснено використовуючи пункти меню *Sketch – Include Library – SoftwareSerial*. Дане меню додає заголовковий файл *SoftwareSerial.h* до проекту без необхідності ручного введення директиви *#include* для підключення даного файлу.

Для програмного керування модулем *SIM800L* було створено об'єкт класу *SoftwareSerial* з іменем *SerialPort*, що визначений у бібліотеці *SoftwareSerial*. Під час створення даного об'єкту здійснюється виклик конструктора класу *SoftwareSerial*, що містить два вхідних параметри: перший – номер піну *Arduino*, до якого під'єднаний порт *RXD GSM*-модуля, другий – номер піну *Arduino*, до якого під'єднаний порт *TXD GSM*-модуля. *RXD*-порт під'єднується до дев'ятого піну *Arduino*, що визначений для імені *SIM\_RX* за допомогою директиви *#define SIM\_RX 9*. *TXD*-порт під'єднується до восьмого піну *Arduino*, що визначений для імені *SIM\_TX* за допомогою директиви *#define SIM\_TX 8*.

Відстежування роботи модуля здійснюється за допомогою вікна *Serial Monitor* (Монітор порта). Це додаткове програмне вікно середовища *Arduino IDE*, на якому виводяться значення сигналів і різні дані з датчиків та модулів, підключених до *Arduino*. У верхньому полі даного вікна вводяться команди, що оброблюються процесором *Arduino*. Найбільше центральне поле необхідне для виведення результатів виконання введених операцій. Також у нижній правій частині вікна міститься кнопка регулювання швидкості передачі даних, що вимірюється у бітах або бодах на секунду.

Для відстежування роботи команд, надісланих на *GSM*-модуль, необхідно викликати метод *begin()* об'єкту *SerialPort*, вхідним значенням якого є швидкість передачі даних, що рівна 9600. Після цього, необхідно визначити стан *GSM*-модуля та його готовність до виконання операцій. Для цього було створено цикл,

умовою якого є неготовність модуля до роботи. У разі неготовності модуля до роботи на монітор порта буде виведено повідомлення “*Connecting...*”. Після готовності модуля до роботи на монітор порта буде виведено повідомлення “*Connected!*”.

Керування модулем *SIM800L* здійснюється за допомогою команд *AT*. Кожна команда *AT* починається із двох букв *A* і *T*, які можуть бути введені у будь-якому регістрі: *at*, *At*, *aT*, *AT*. Всі команди поділяються на три типи: базові, з параметром *S* та розширені.

Базові команди мають наступний синтаксис: *AT<x><n>*, де *<x>* - команда, яку необхідно виконати, *<n>* - вхідний параметр. Параметри не є обов’язковими у використанні, і у випадку їхньої відсутності будуть використані значення за замовчуванням.

Команди з параметром *S* мають наступний синтаксис: *ATS<i>=<m>*, де *<i>* - індекс регістра *S*, *<m>* - значення, яке необхідно присвоїти даному регістру. Параметри *m* не є обов’язковими у використанні, і у випадку їхньої відсутності будуть використані значення за замовчуванням.

Розширені команди можуть мати наступні синтаксиси (табл. 3.1):

Таблиця 3.1

Синтаксиси розширених *AT*-команд

Режим	Синтаксис	Опис
Справка	<i>AT+&lt;x&gt;=?</i>	Отримання списку всіх можливих значень та їхні діапазони
Отримання стану	<i>AT+&lt;x&gt;?</i>	Отримання поточного стану параметру
Команда запису	<i>AT+&lt;x&gt;=&lt;...&gt;</i>	Встановлення значення параметрів, введених у верхнє вікно моніторингу порта
Виконання команди	<i>AT+&lt;x&gt;</i>	Виконання команди

Після перевірки працездатності модуля *SIM800L* було введено команду *AT+CMGF=1*. Для програмного введення команд для *GSM*-модуля було використано метод *println()* для об'єкту *SerialPort*, що містить вхідний параметр типу *String*. Команда *AT+CMGF=1* встановлює режим зчитування текстових повідомлень (*SMS*-повідомлень). Дана команда може встановлювати лише два режими: 0 – цифровий, 1 – текстовий. Оскільки для виконання модулем *GSM* команд необхідний час, отже для послідовного та точного виконання команд було використано команду *delay()*, що виконує затримку роботи мікроконтролера та містить вхідний параметр кількості мілісекунд, на які необхідно затримати роботу мікроконтролера.

Для встановлення режиму отримання нових повідомлення було використано команду *AT+CNMI=1,2,0,0,0*. Перший параметр даної команди може мати значення від нуля до трьох та встановлює режим *URC (Unsolicited Result Code)*, який вказує на те, що повідомлення будуть відображатись на моніторі порта, наприклад, при вхідному виклику на моніторі порта буде виведено повідомлення “*RING*”. Другий параметр даної команди може мати значення від нуля до трьох та керує індикацією вхідних *SMS*-повідомлень. Цифра 2 вказує на те, що повідомлення будуть виводитись на монітор порта з вказуванням номеру відправника та текстом повідомлення. Третій параметр даної команди вказує на відсутність необхідності розсилання вхідних повідомлень. Четвертий параметр даної команди вказує на відсутність необхідності наведення звіту про доставку повідомлень. Останній, п'ятий параметр вказує на відсутність необхідності виведення всіх даних із буферу на монітор порта.

Після встановлення всіх налаштувань *GSM*-модуля було використано *AT*-команду зчитування списку *SMS*-повідомлень із пам'яті. Здійснено це було за допомогою команди *AT+CMGL="REC UNREAD"*, що виконує отримання непрочитаних повідомлень та виведення їх на монітор порта. Також, за допомогою даної команди можна отримати прочитані повідомлення (команда “*REC READ*”), збережені невідправлені повідомлення (команда “*STO UNSENT*”), всі повідомлення (команда “*ALL*”).

Функція відправлення *SMS*-повідомлень містить два вхідних параметри: текст повідомлення типу *String* та номер телефону, на який необхідно надіслати повідомлення типу *String*. Для відправлення повідомлення жодних додаткових налаштувань *GSM*-модуля проводити непотрібно. Для програмного відправлення повідомлення було використано *AT*-команду *AT+CMGS= "phone\_number"*. Дана команда надсилає *SMS*-повідомлення на вказаний номер телефону без збереження у пам'яті. У разі зберігання *SMS*-повідомлень, пам'ять, що знаходиться на модулі, може повністю заповнитись, що спричинить неможливість надсилання повідомлень, як на модуль, так і з модуля.

Після введення номеру телефону, на який необхідно надіслати *SMS*-повідомлення, було здійснено затримку роботи мікроконтролера для коректного виконання команди модулем. Після цього було введено повідомлення, передане у дану функцію, і введено знак *Ctrl+Z* (символ *0x1A*), що вказує на завершеність введеного повідомлення. Після цього також було проведено затримку роботи мікроконтролера для коректного надсилання повідомлення на телефон користувача.

Результати роботи програми зображено на рисунку 3.1 та 3.2:

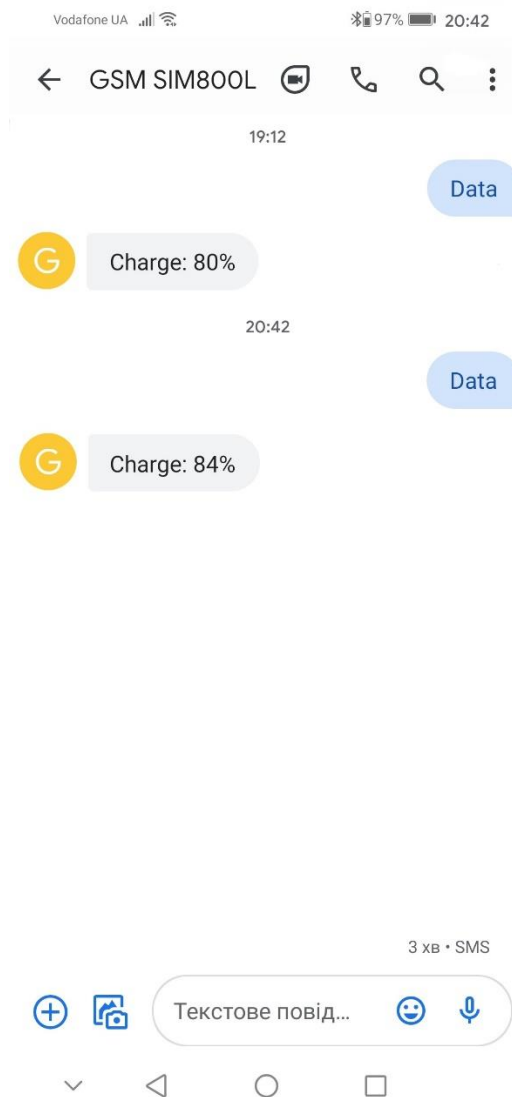


Рис. 3.1. Вікно з результатом виконання програмного модуля з *SMS*-сповіщенням



Рис. 3.2. Вікно з результатом виконання модуля на комп'ютерному інтерфейсі

### 3.5. Висновки до розділу

У даному розділі було описано склад файлів для створення проекту, розширення створених файлів та їхнє призначення, описано програмні модулі, їхнє призначення та реалізацію, що були створені під час написання програмного модуля.

Було розроблено програмний модуль керування апаратним модулем підключення альтернативного джерела енергії. Програмний модуль було розроблено у середовищі програмування *Arduino IDE*. Файл проекту з розширенням *.ino*, було названо *SunBattery*.

Директива *Diploma*, у якій містяться всі файли проекту, містить наступні програмні файли: *SunBattery.ino*, *Adafruit\_PWMServoDriver.cpp*, *Adafruit\_PWMServoDriver.h*, *ServoDriverSmooth.cpp*, *ServoDriverSmooth.h*, *ServoSmooth.cpp*, *ServoSmooth.h*, *ServoUtil.h*. Також, даний проект містить файл *library.properties*, що був автоматично згенерований середовищем *Arduino IDE* та призначення для попереднього налаштування проекту.

Було детально описано функції програмного модуля: визначення напрямку повороту сонячної панелі, рух сонячної панелі, визначення рівня заряду акумулятора, отримання повідомлення від користувача та надсилання відповідного повідомлення користувачеві. Детально описано принцип роботи програмного модуля підключення сонячної панелі.



## ВИСНОВКИ

Дипломний проект створений з метою висвітлення перспективи використання альтернативних відновлюваних джерел енергії. Під час проектування та розробки дипломного проекту було досліджено найбільш перспективні альтернативні джерела енергії, методи удосконалення отримання електроенергії, лідерів на ринку видобутку альтернативного енергії та розробки програмних та апаратних модулів.

У дипломному проекті було розглянуто основні принципи створення апаратних та програмних модулів підключення альтернативних джерел енергії, а також було розроблено програмно-апаратний модуль підключення сонячної панелі.

Найбільш розповсюдженими джерелами альтернативної енергії є сонце, вітер та вода. Основними лідерами ринку розробки апаратних модулів підключення додаткових джерел енергії є: Німеччина, Іспанія та Японія. Лідерами популяризації сонячної енергетики є: Японія, Іспанія та Німеччина. Продукція компанії “*Siemens*” є високотехнологічною, сучасною та безпечною. Їхні програмні продукти здатні передбачати поломки апаратних пристроїв. Компанія “*Schneider Electronics*” базується на розробці програмного забезпечення для апаратних засобів, що здатне контролювати роботу всіх апаратних пристроїв, аналізувати зміну погоди та, відповідно до неї, контролювати апаратні пристрої.

Використання технологій видобутку та використання сонячної енергії має найбільшу популяризацію, оскільки вона доступна у будь-якій точці світу. Сонячні панелі встановлюють на дахах будинків, серед пустель та віддалених від цивілізації місць, на штучних деревах, на ліхтарних стовпах та маршрутних зупинках, та серед сільськопромислових ділянок. Використання енергії вітру через наземні вітрові електростанції отримало масове поширення для живлення ліній електропередач. Використання водної енергії можливе для забезпечення електроенергією прибережних міст, водних транспортів та маяків.

Для проектування програмно-апаратного модуля підключення сонячної панелі для живлення акумуляторного пристрою було детально розглянуто наступні апаратні засоби: мікроконтролери та їхні переваги, двигуни для керування рухом сонячної панелі, зарядні пристрої та на чому вони базуються, модулі стільникового зв'язку, їхні характеристики та основні відмінності; сонячні панелі та їхні характеристики; понижуючі конвертори, їхнє призначення та особливості; фоторезистори та їхні відмінності. Було розглянуто засоби розробки програмних модулів, а зокрема: мови програмування та їхні переваги; середовища програмної розробки; вміст необхідних файлів для створення проекту.

Було спроектовано програмний модуль керування апаратним модулем підключення альтернативного джерела енергії. Визначено та описано функції програмного модуля: визначення напрямку повороту сонячної панелі, рух сонячної панелі, визначення рівня заряду акумулятора, отримання повідомлення від користувача та надсилання відповідного повідомлення користувачеві. Програмний модуль було розроблено у середовищі *Arduino IDE*. Файл проекту з розширенням *.ino*, було названо *SunBattery*.

Директива *Diploma*, у якій містяться всіх файли проекту, містить наступні програмні файли: *SunBattery.ino*, *Adafruit\_PWMServoDriver.cpp*, *Adafruit\_PWMServoDriver.h*, *ServoDriverSmooth.cpp*, *ServoDriverSmooth.h*, *ServoSmooth.cpp*, *ServoSmooth.h*, *ServoUtil.h*.

Необхідність використання альтернативної енергетики, а також засобів для збільшення кількості отримуваної електроенергії, полягає у зменшенні видобутку корисних копалин для подальшого спалювання та отримання електроенергії. Використання автоматизованих програмно-апаратних модулів приводить до отримання більшої кількості енергії без необхідності використання природніх ресурсів.

У звіті дипломного проекту було описано покрокові етапи проектування та розробки програмно-апаратного модуля підключення альтернативних джерел енергії.

## СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Проблеми “дешевої” традиційної енергетики [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://uare.com.ua/novyny/540-problemi-deshevoji-traditsijnoji-energetiki.html>
2. Солнечная энергетика [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [http://gimn56.tsu.ru/project/energy/sun\\_about.htm](http://gimn56.tsu.ru/project/energy/sun_about.htm)
3. Сокращение энергозатрат и шумоподавление при использовании промышленного вентилятора. – М.: *Schneider Electric* 2012. – 12 с.
4. Автономная осветительная система [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://heliac.net/street-lighting/aos/>
5. *Solar Thermal Applications in Urban Environmensts.* – М.: *Franz Mauthner* 2017. – 20 с.
6. *Mats Andersson. Changing the World One Wave at a Time* – Електрон. журн. – Режим доступу: [https://www.ecowavepower.com/wp-content/uploads/2019/08/EWP\\_Q2\\_2019\\_financial\\_report.pdf](https://www.ecowavepower.com/wp-content/uploads/2019/08/EWP_Q2_2019_financial_report.pdf)
7. *Increase Production* [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://clir.eco/technology/wind/increase-production/>
8. *Joseph Monier. Upgrade switchboards and convert them to digital* – Електрон. журн. – Режим доступу: [https://download.schneider-electric.com/files?p\\_enDocType=Application+solutions&p\\_File\\_Name=CA9SS046E+%28web%29.pdf&p\\_Doc\\_Ref=CA9SS046E](https://download.schneider-electric.com/files?p_enDocType=Application+solutions&p_File_Name=CA9SS046E+%28web%29.pdf&p_Doc_Ref=CA9SS046E)
9. Блохін Євген. Припливні електростанції: що це і як воно працює? – Електрон. журн. – Режим доступу: <https://alternative-energy.com.ua/uk/priplivni-elektrostanzi%D1%97-shho-cze-i-yak-vono-praczu%D1%94/>
10. *Solar Street Light* [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.sunnetenergy.com/ourproducts/solar-street-lights/>
11. Мисак Й. С. Сонячна енергетика: теорія та практика : монографія / Й. С. Мисак, О. Т. Возняк, О. С. Дацько, С. П. Шаповал. – Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2014. – 340 с.

12. Олійник М., Лисяк В., Дудурич О. Енергоощадність та альтернативні джерела енергії. – Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2020. – 184 с.
13. Германович В., Турилин А. Альтернативные источники энергии и энергосбережение. Практические конструкции по использованию энергии ветра, солнца, воды, земли, биомассы. – СПб.: Наука и Техника, 2014. – 320 с.
14. Альтернативные источники энергии [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [http://korabley.net/news/alternativnye\\_istochniki\\_energii/2016-08-22-1794](http://korabley.net/news/alternativnye_istochniki_energii/2016-08-22-1794)
15. TP4056 lithium battery charging board over-current protection 18650 micro USB [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.compel.ru/item-pdf/7a1154cd622aa6424b9f85b0cab81172/pn/lctech~tp4056-lithium-battery-charging-over-current-protection-18650-micro-usb.pdf>
16. SIM800L\_Hardware\_Design\_V2.01 [Текст]: нормативно-технічний матеріал. – Shanghai, 2014. – 73 с.
17. LM2596 SIMPLE SWITCHER [Текст]: нормативно-технічний матеріал. – Texas, 2021. – 48 с.
18. SG90 9 g Micro Servo [Текст]: нормативно-технічний матеріал. – Shenzhen: Tower Pro, 2010. – 2 с.
19. GL5516 Photoresistor [Текст]: нормативно-технічний матеріал. – Shenzhen: CdS, 2015. – 5 с.
20. Julien Bayle, “C Programming for Arduino”. – 2013. – 512 с.
21. Кузнецов М. И., “Основы электротехники” – 9-е издание, исправленное – Москва: Высшая школа, 1964, 560с.
22. Наталья Александрова, Алёна Салахова, Ольга Феокистова, М. Храмова. Arduino. Полный учебный курс. От игры к инженерному проекту. –М.: “Лаборатория знаний”, 2020. – 172 с.
23. Кнут Д. Э. Искусство программирования. Том 1. Основные алгоритмы – Москва: Вильямс, 2002. 720 с.

24. Джереми Блум. Характеристики Изучаем *Arduino*. Инструменты и методы технического волшебства. –Спб.: “БХВ-Петербург”, 2021. – 544 с.

25. Бойченко С. В., Иванченко О. В. Положення про дипломні роботи (проекти) випускників Національного авіаційного університету. –К.: НАУ, 2017. – 63с.

26. ДСТУ 3008:2015 “Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення”.