

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Комп'ютерна система підігріву води з використанням сонячних панелей

Виконав: студент IV курсу, групи СІс-42

спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія»

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Куцик В.І.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Луцків А.М.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Луцик Н.С.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Осухівська Г.М.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

Мудрик І.Я.

(прізвище та ініціали)

Тернопіль

2024

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії  
(повна назва факультету)

Кафедра комп'ютерних систем та мереж  
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Осухівська Г.М.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 р.

## ЗАВДАННЯ

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня Бакалавр  
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія»  
(шифр і назва спеціальності)

студенту Куцику Владиславу Ігоровичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Комп'ютерна система підігріву води з використанням сонячних панелей

Керівник роботи Луцків Андрій Мирославович, к.т.н., доцент  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «26» квітня 2024 року № 4.7-468

2. Термін подання студентом завершеної роботи 24.06.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи Особливості систем підігріву води від сонячних колекторів, Принципи побудови IoT систем, характеристики мікроконтролерів Raspberry PI

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ. 1. Аналіз вимог до комп'ютерної системи підігріву води у басейнах з використанням сонячних панелей 2. Проектування комп'ютерної системи підігріву води з використанням сонячних панелей. 3. Програмне забезпечення управління процесом підігріву води у басейні. 4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці. Висновки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

1. Структурна схема організації системи підігріву води у басейні з використанням сонячних панелей.

2. Схема підключення компонентів системи управління підігрівом води у басейні.

3. Структура програмного забезпечення системи на концептуальному рівні

4. Архітектура програмного забезпечення системи підігріву води у басейні.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i>	<i>Пилипець М.І., д.т.н., проф. каф. МТ</i>		

7. Дата видачі завдання 25.04.2024

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	<i>Розробка і затвердження технічного завдання</i>	<i>01.02-09.02.2024</i>	
2.	<i>Аналіз технічного завдання</i>	<i>05.02-11.02.2024</i>	
3.	<i>Аналіз вимог до комп'ютерної системи підігріву води у басейнах з використанням сонячних панелей</i>	<i>25.04-03.05.2024</i>	
4.	<i>Проектування комп'ютерної системи підігріву води з використанням сонячних панелей</i>	<i>05.05-20.05.2024</i>	
5.	<i>Програмне забезпечення управління процесом підігріву води у басейні</i>	<i>20.05-31.05.2024</i>	
6.	<i>Розробка інструкцій щодо використання комп'ютерної системи</i>	<i>03.06-09.06.2024</i>	
7.	<i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i>	<i>10.06-15.06.2024</i>	
8.	<i>Оформлення кваліфікаційної роботи</i>	<i>16.06-20.06.2024</i>	
9.	<i>Попередній захист кваліфікаційної роботи</i>	<i>14.06.2024</i>	
10.	<i>Захист кваліфікаційної роботи</i>	<i>24.06-28.06.2024</i>	

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

*Куцик Владислав Ігорович* \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи \_\_\_\_\_  
(підпис)

*Луцків Андрій Мирославович* \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Комп'ютерна система підігріву води з використанням сонячних панелей // Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр // Куцик Владислав Ігорович // ТНТУ, спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»// Тернопіль, 2024 // с.– 81 , рис. – 44 , табл. – 2, аркушів А1 – 4, бібліогр. – 20.

Ключові слова: система, підігрів, вода, сонячна панель, температура.

Результатом виконання кваліфікаційної роботи бакалавра є розроблений проект комп'ютерної системи підігріву води з використанням сонячних панелей. До складу системи входить: мікроконтролер Raspberry PI версії 2 або вище, що виконує роль центрального хабу керування; мікроконтролер Raspberry PI Zero, що застосовується як пристрій локального управління та вимірювання температурних показників; датчик температури NTC, аналогово-цифровий перетворювач MCP3002, блок реле, який підключається до Raspberry PI Zero і керує циркуляційним насосом.

Програмне забезпечення для керування процесом нагрівання води реалізовано у вигляді веб-орієнтованого додатку із застосуванням технологій Angular та Java, які реалізують front end і back end відповідно. При проектуванні архітектури і написанні програмного коду використано патерни проектування «видавець-підписник» («Publisher/Subscriber»), патерн спостерігач («Observer»), а в якості брокера (дистриб'ютора) застосовано RabbitMQ.

## ABSTRACT

Computerized water heating system using solar panels // Bachelor's thesis // Kutsyk Vladyslav // TNTU, speciality 123 «Computer engineering»// Ternopil, 2024 // p.– 81, fig. – 44 , tab. – 2, posters A1 – 4, ref. – 20.

Keywords: system, heating, water, solar panel, temperature.

The result of the bachelor's qualification work is a developed project of a computer system for heating water using solar panels. The system includes: a Raspberry PI microcontroller version 2 or higher, which acts as a central control hub; Raspberry PI Zero microcontroller used as a local control and temperature measurement device; an NTC temperature sensor, an analog-to-digital converter MCP3002, a relay unit that connects to the Raspberry PI Zero and controls the circulation pump.

The software for managing the water heating process is implemented as a web-oriented application using Angular and Java technologies, which implement the front end and back end, respectively. When designing the architecture and writing the software code, the design patterns "publisher-subscriber" ("Publisher/Subscriber"), the pattern observer ("Observer") were used, and RabbitMQ was used as a broker (distributor).

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	8
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ВИМОГ ДО СИСТЕМИ ПІДГРІВУ ВОДИ У БАСЕЙНАХ З ВИКОРИСТАННЯМ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ .....	9
1.1 Сфера призначення і характеристика комп'ютерної системи підігріву води з використанням сонячних панелей.....	9
1.2 Аналіз функцій та вимог до системи підігріву води у басейнах з використанням сонячних панелей .....	14
РОЗДІЛ 2 ПРОЕКТУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ ПІДГРІВУ ВОДИ З ВИКОРИСТАННЯМ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ .....	20
2.1 Архітектура системи підігріву води для басейнів від сонячних колекторів.. .....	20
2.2 Реалізація температурного датчика .....	22
2.3 Аналогово-цифровий перетворювач МСР3002.....	27
2.4 Перетворення показників напруги термістора у температурні показники	29
2.5 Реле системи підігріву води у басейні .....	32
2.6 Обґрунтування функціональної придатності Raspberry PI Zero та розробка схеми підключення компонентів системи підігріву води у басейні .....	34
РОЗДІЛ 3 ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ ПІДГРІВУ ВОДИ У БАСЕЙНІ .....	39
3.1 Проектування архітектури програмного забезпечення системи підігріву води у басейні.....	39

					<i>КС КРБ 123.318.00.00 ПЗ</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Куцик В.І.			<i>Комп'ютерна система підігріву води з використанням сонячних панелей</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Луцків А.М.					6	
Реценз.						<i>ТНТУ, каф. КС, гр. СІс-42</i>		
Н. Контр.		Луцик Н.С.						
Затверд.		Осухівська Г.М.						

3.2	Реалізація патерну проектування «видавець-підписник» засобами мови Java .....	41
3.3	Брокер на базі RabbitMQ.....	43
3.4	Інструкція з налаштування комп'ютерної системи та користувацького інтерфейсу .....	51
РОЗДІЛ 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ ....		58
4.1	Менеджмент безпеки.....	58
4.2	Характеристика небезпечних зон обладнання та розробка заходів безпеки . .....	61
ВИСНОВКИ .....		64
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....		65
Додаток А Технічне завдання		

					<i>КС КРБ 123.318.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

## ВСТУП

Сучасні світові технологічні тренди все більше орієнтовані на питання енергоефективності та використання відновлюваних джерел енергії. Однією з перспективних та екологічно безпечних технологій є використання сонячної енергії для різних потреб, зокрема для підігріву води у басейнах. Зростання популярності басейнів, як приватних, так і комерційних, спричинило необхідність впровадження ефективних та економічних рішень для їх обслуговування.

Комп'ютерна система підігріву води у басейнах з використанням сонячних панелей є одним із таких рішень, яке дозволяє оптимізувати витрати на енергію та забезпечити комфортні умови для користувачів басейнів. Така система не лише знижує витрати на електроенергію, але й сприяє збереженню навколишнього середовища, зменшуючи викиди парникових газів та використання невідновлюваних ресурсів.

Основною метою розробки і впровадження комп'ютерної системи підігріву води з використанням сонячних панелей є створення автоматизованої та ефективної системи, яка забезпечує ефективне управління процесом підігріву води до заданої температури з мінімальними затратами енергії. Завдяки використанню сучасних технологій, таких як датчики температури, контролери та програмне забезпечення для моніторингу та управління, можна досягти високої точності та надійності роботи системи.

Сучасні технології, які використовуються у цій системі, дозволяють забезпечити не лише ефективний підігрів води, але й зручне та просте управління для користувачів, сприяючи тим самим популяризації екологічно чистих рішень у повсякденному житті.

					<i>КС КРБ 123.318.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						8
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		



# РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ВИМОГ ДО СИСТЕМИ ПІДГРІВУ ВОДИ У БАСЕЙНАХ З ВИКОРИСТАННЯМ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ

## 1.1 Сфера призначення і характеристика комп'ютерної системи підігріву води з використанням сонячних панелей

Комп'ютерна система підігріву води з використанням сонячних панелей є сучасним рішенням, яке поєднує в собі технології відновлюваної енергії та автоматизоване управління для ефективного і екологічного підігріву води. Система орієнтована на використання в приватних будинках, готелях, басейнах, спортивних комплексах та інших об'єктах, де необхідне постійне забезпечення гарячою водою.

Основне призначення системи — максимально ефективно використовувати сонячну енергію для підігріву води. Сонячні панелі генерують електроенергію, яка використовується для роботи нагрівачів води. Комп'ютерний модуль управління оптимізує процес, забезпечуючи підігрів води тоді, коли це найвигідніше з точки зору енерговитрат.

Проектовано комп'ютерна система повинна забезпечувати автоматичне управління всіма компонентами, зокрема це стосується моніторингу та контролю температури і регулюванню потоку води.

Система повинна забезпечувати вимірювання температури води в баку та на сонячних панелях і автоматично вмикати або вимикати насоси тепла. Окрім цього, повинно бути передбачено можливість налаштування роботи нагрівачів таким чином, щоб мінімізувати споживання енергії з мережі, використовуючи переважно енергію сонця.

					<i>КС КРБ 123.318.00.00 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Куцик В.І.</i>			<i>Аналіз вимог до системи підігріву води у басейнах з використанням сонячних панелей</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Луцків А.М.</i>					9	
<i>Реценз.</i>						<i>ТНТУ, каф. КС, гр. СІс-42</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Луцик Н.С.</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Осухівська Г.М.</i>						

Проектована система покращує комфорт користувачів, забезпечуючи постійний доступ до гарячої води незалежно від погодних умов: безперебійне постачання та гарантування наявності гарячої води навіть уночі або у похмурі дні.

Вбудовані системи захисту, такі як контролери заряду, датчики температури та тиску, запобігають перегріву і перенапрузі, а використання сонячної енергії сприяє зменшенню викидів парникових газів та зниженню залежності від викопного палива. Це в свою чергу знижує вуглецевий слід, оскільки система використовує чисту і відновлювану енергію, а також сприяє зниженню споживання електроенергії з мережі.

Мета створення комп'ютерної системи підігріву води у басейні з використанням сонячних панелей полягає у забезпеченні ефективного, екологічно чистого та економічно вигідного підігріву води для підвищення комфорту користувачів та зниження експлуатаційних витрат. Система повинна використовувати відновлювану сонячну енергію для забезпечення постійного підігріву води, автоматизуючи процес управління та моніторингу для досягнення оптимальних результатів.

Задачі, які потрібно розв'язати при побудові проектованої системи стосуються:

- аналітичного огляду існуючих рішень щодо імплементації систем нагріву води у басейнах від сонячної енергії;
- вибору оптимальних сонячних панелей чи колекторів, теплообмінників, баків-акумуляторів, насосів та інших необхідних апаратних компонентів;
- інтеграції апаратних компонентів в єдину систему;
- розробки апаратно-програмного комплексу для контролю та керування всіма аспектами системи, включаючи збір даних з датчиків, обробку інформації та автоматизацію процесів;
- розробки програмного забезпечення моніторингу та управління показниками температури води та ефективності роботи сонячних панелей або колекторів;

					<i>КС КРБ 123.318.00.00 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						10
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

- забезпечення автоматичне керування нагрівальними елементами та насосами для підтримання оптимальної температури води;
- створення зручного інтерфейсу для користувачів, який дозволяє в режимі реального часу переглядати стан системи, змінювати налаштування та отримувати сповіщення про стан системи;
- розробки алгоритмів для оптимального використання енергії з врахуванням потреб користувачів.

Типова структура комп'ютерної системи підігріву води у басейні з використанням сонячних панелей або колекторів включає в себе ряд апаратних і програмних компонентів.

У класичній системі підігріву води у басейнах від енергії сонця використовуються сонячні панелі або колектори, які, зазвичай, виконані у вигляді фотогальванічні (PV) панелей для генерації електроенергії або сонячні колектори для безпосереднього нагрівання води.

В залежності від розмірів басейну та середнього рівня інсоляції регіону типова потужність сонячних панелей може варіюватися від 250 до 400 Вт на панель. Компоненти сонячної генерації тепла або електроенергії встановлюють на дахах будівель або на спеціальних опорах з урахуванням оптимального кута нахилу та орієнтації в просторі для максимальної ефективності.

До складу систем підігріву води у басейнах входять теплообмінники, які можуть бути як пластинчасті, так і трубчасті, й призначені для ефективного перенесення тепла від колекторів до води в басейні. Матеріали з яких реалізується система подачі гарячої води, зазвичай, нержавіюча сталь або мідь, які є довговічними та хорошими передавачами тепла.

При нагріванні, вода розширюється, і як наслідок для забезпечення ефективності роботи системи необхідно передбачити застосування розширювальних баків. Типовий об'єм баку-акумулятора становить від 100 до 500 л в залежності від розміру басейну. Окрім цього, забезпечують його теплоізоляцію для мінімізації втрат тепла.

					<i>КС КРБ 123.318.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Одним з важливих компонентів системи підігріву води у басейнах з використанням сонячних панелей є циркуляційні насоси, які використовуються для перекачування води через теплообмінник та по системі. Потужність насосів підбирається відповідно до розмірів системи та вимог по циркуляції і керуються комп'ютерним модулем для оптимального кругообігу води.

В якості комп'ютерного модуля управління системи підігріву води можуть використовуватися платформи на основі Raspberry Pi, Arduino або інших одноплатних комп'ютерів чи мікроконтролерів.

Функції, які забезпечує система підігріву води у басейнах полягають в наступному:

- моніторинг показників температури води;
- контроль роботи насосів та теплообмінників;
- обробка даних та сповіщення користувачів.

Функціональність системи підігріву води у басейнах з використанням сонячних панелей повинна передбачати можливість керування і моніторингу температурою нагрівання, що передбачає використання датчиків температури. Вони встановлюються на сонячних панелях, в баку-акумуляторі та у басейні для забезпечення постійного контролю.

Функціональність автоматичного управління передбачає реалізацію відповідних алгоритмів вмикання та вимикання нагрівачів або теплових насосів у відповідності із заданим значенням температури води.

Важливою характеристикою системи підігріву води у басейнах з використанням сонячних панелей або колекторів є енергоефективність, тобто максимальне використання енергії, що виробляється сонячними панелями і оптимізації її споживання.

У системі підігріву води повинна збути забезпечена висока надійність і безпечність, тобто повинні бути наявні компоненти, які відповідають за автоматичне вимикання нагрівачів при досягненні критичних температур, а контролер заряду повинен забезпечувати захист від перенапруги та пошкоджень компонентів.

					<i>КС КРБ 123.318.00.00 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		12

При реалізації системи нагрівання води типово реалізують локальний інтерфейс користувача, що передбачає наявність дисплею і кнопок перемикачів, або сенсорного дисплею для налаштування параметрів нагрівання і контролю показників температури.

Проте у проєктованій системі необхідно забезпечити інтерфейс користувача з віддаленим доступом та потенційним впровадженням системи сповіщення. Для цього можна реалізувати мобільний додаток або веб-сторінку для керування відповідними параметрами.

До переваг впровадження системи підігріву води у басейнах з використанням сонячних панелей або колекторів належить екологічність рішення, зокрема це стосується зменшення викидів CO<sub>2</sub> за рахунок зменшення парникових газів. Окрім цього, використання сонячної енергії для нагрівання води характеризується відсутністю шкідливих викидів, що позитивно впливає на екологію.

Економічна ефективність впровадження комп'ютерної системи підігріву води з використанням сонячних панелей дозволяє суттєво знизити витрати на електроенергію та газ, а високоякісні компоненти забезпечують тривалий термін служби з мінімальними витратами на обслуговування.

Імплементация комп'ютерної системи підігріву води у басейнах забезпечує комфорт і надійність, що пов'язано із стабільним постачанням гарячої води незалежно від погодних умов завдяки бакам-акумуляторам та резервним нагрівачам. Вбудовані механізми захисту гарантують безпеку експлуатації системи.

Комп'ютерна система підігріву води у басейні з використанням сонячних панелей або колекторів представляє собою високоефективне, екологічно чисте та економічно вигідне рішення для забезпечення постійного доступу до гарячої води. Використання сучасних технологій автоматизації, відновлюваної енергії та інноваційних алгоритмів управління забезпечує комфорт, безпеку та економію для кінцевих користувачів.

					<i>КС КРБ 123.318.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						13
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## 1.2 Аналіз функцій та вимог до системи підігріву води у басейнах з використанням сонячних панелей

В цілому до комп'ютерної системи підігріву води у басейнах з використанням сонячних панелей можна висунути множину вимог, які відносяться до групи функціональних та нефункціональних вимог.

Основна функціональність, яка покладена на проєктовану систему, полягає у забезпеченні здатності управління компонентами підігріву води в залежності від умов навколишнього середовища. Це означає, що система має забезпечувати ефективний підігрів води в басейні до заданої температури за допомогою сонячних панелей. До функціональних вимог відноситься також постійний моніторинг температури у басейні та у баку-акумуляторі для підтримки заданих параметрів.

Процеси підігріву та моніторингу температури води у басейні повинні виконуватися автоматично, що супроводжується контролем нагрівальних елементів та насосів.

У системі доцільно в перспективі забезпечити простий та зрозумілий апаратний інтерфейс, який давав би змогу налаштовувати параметри системи, виконувати перегляд поточних та історичних даних і стан системи. При цьому досить ефективним є застосування класичного дисплею з кнопками-перемикачами або із сенсорним екраном.

Важливим аспектом інтерфейсу користувача є наявність віддаленого доступу до параметрів конфігурації та моніторингу поточного стану компонентів нагрівання та управління температурними режимами за допомогою веб-інтерфейсу. Даний інтерфейс є обов'язковим для реалізації при імплементації системи підігріву.

Окрім цього, у комп'ютерній системі варто передбачити захист від перегріву у вигляді вбудованих механізмів, що автоматично вимикають нагрівальні елементи при досягненні критичних температур.

					<i>КС КРБ 123.318.00.00 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		14

Крім цього, щодо нефункціональних характеристик надійності, то потрібно передбачити можливість аварійного вимкнення системи у випадку виявлення небезпечних умов чи несправностей.

Аварійне відключення: Можливість аварійного відключення системи у випадку виявлення небезпечних умов або несправностей.

Серед технічних вимог потрібно виділити вимоги до апаратного і програмного забезпечення. Це означає, що при виборі апаратних складових необхідно враховувати вимоги, визначені у специфікації виробника до наступних компонентів:

- сонячні панелі визначеної потужності з прийнятною похибкою;
- теплообмінник з визначеним коефіцієнтом теплопередачі;
- бак-акумулятор з врахуванням потенційного об'єму води, яка додатково з'являється при нагріванні;
- насос, який забезпечує циркуляцію води від сонячних колекторів до басейну з визначеною пропускною здатністю;
- температурні сенсори визначеної точності на основі значень яких приймається рішення про увімкнення нагрівачів та насосів

Серед вимог щодо експлуатації комп'ютерної системи підігріву води у басейні та її компонентів висуваються вимоги ефективності та інтеграційні вимоги.

Вимоги ефективності передбачають необхідність застосування відновлювальних джерел енергії для підігріву води, зокрема сонячної енергії, що цим самим зменшить залежність споживання електроенергії з мережі. Окрім цього, при такому підході до реалізації системи необхідно забезпечити енергоефективність, що проявляється в оптимізації споживання енергії за допомогою розумного керування системою.

Інтеграційні вимоги передбачають здатність комп'ютерної системи співіснувати та бути сумісною з іншими системами, наприклад, з існуючими системами розумних будинків. Це дозволить забезпечити ефективність централізованого керування пристроями. Окрім цього, система повинна

					<i>КС КРБ 123.318.00.00 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		15

відповідати вимогам розширюваності, тобто здатності простого додавання додаткових пристроїв без значного внесення змін в існуючу архітектуру.

Ефективність комп'ютерної системи підігріву води у басейнах з використанням сонячних панелей повинна відповідати критеріям масштабованості в контексті підтримки різних розмірів та об'ємів басейнів, а також повинна забезпечувати гнучкість налаштувань, зокрема можливості адаптації системи під індивідуальні потреби користувачів.

В цілому вимоги до системи підігріву води у басейнах з використанням сонячних панелей включають функціональні, технічні, експлуатаційні та інтеграційні аспекти. Система повинна забезпечувати ефективний та безпечний підігрів води, бути надійною та енергоефективною, а також легкою у використанні та обслуговуванні. Інтеграція з іншими системами та можливість масштабування забезпечують гнучкість та адаптивність системи до різних умов та потреб.

Основними вимогами до способів і засобів зв'язку між компонентами комп'ютерної системи підігріву води у басейні з використанням сонячних панелей є забезпечення безперервного надійного каналу зв'язку між складовими компонентами для гарантованого обміну даними та командами. Також повинні бути передбачені механізми резервування та автоматичного відновлення зв'язку у випадку збоїв.

При обміні та доступі до даних стосовно підігріву води повинні використовуватися методи шифрування для зниження імовірності несанкціонованого доступу чи втручання у роботу системи.

Вимогами до способів зв'язку між компонентами проектованої системи є наявність провідних з'єднань та безпроводних підключень. Важливим для управління процесом нагрівання води є наявність Ethernet-комунікації, зокрема між контролерами, насосами, та комп'ютерним модулем керування.

Застосування послідовних інтерфейсів для зв'язку з датчиками та виконавчими пристроями на коротких відстанях є засобом підвищення

					<i>КС КРБ 123.318.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16



надійності зв'язку. Доступ користувача до елементів управління може також забезпечуватися за допомогою бездротового зв'язку на основі технології Wi-Fi

Підключення температурних датчиків та керування насосами повинно виконуватися через провідні інтерфейси, що забезпечить стабільність зв'язку і циркуляції води у системі.

У системі потрібно передбачити центральний хаб керування на основі мікроконтролера, наприклад, Raspberry Pi 2+, що забезпечує опрацювання даних та керування системою. Управління процесом вимірювання температури на сонячних колекторах, або у басейні, та увімкнення/вимкнення циркуляційних насосів покладається на локальний мікроконтролер, наприклад, Raspberry Pi Zero. Комунікація між мікроконтролерами відбувається за допомогою технології WiFi.

Зв'язок на рівні користувача при управлінні системою нагріву води у басейні повинен бути реалізований за допомогою веб-інтерфейсу, що передбачає використання захищеного протоколу передачі даних HTTPS.

Вимоги по діагностуванню комп'ютерної системи підігріву води у басейні з використанням сонячних панелей (колекторів) повинні передбачати проведення комплексу заходів, які охоплюють перевірку працездатності всіх основних компонентів системи, включаючи сонячні панелі, теплообмінники, насоси, датчики та контролери. Діагностування повинно проводитися в реальному часі для своєчасного виявлення та усунення проблем.

При діагностиці доцільно використовувати засоби автоматичного аналізу, тобто система повинна мати можливість визначення стану компонентів, виявлення несправностей без втручання користувача.

Проведення діагностичних процедур повинно проводитися за визначеним графіком для підтримки оптимального стану системи.

В якості діагностичних інструментів можуть використовуватися додаткових датчики для вимірювання параметрів, які не охоплюються основними сенсорами системи, таких як напруга, струм, тиск і витрата води. Окрім цього, можуть впроваджуватися спеціалізовані контрольні модулі для

					<i>КС КРБ 123.318.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

моніторингу стану сонячних панелей, теплових насосів та інших важливих компонентів.

Вимоги до діагностування комп'ютерної системи підігріву води у басейні з використанням сонячних панелей можуть передбачаю автоматизовану систему моніторингу та аналізу стану всіх компонентів. Діагностична система повинна забезпечувати своєчасне виявлення несправностей, прогнозування можливих відмов, а також надавати зручні інтерфейси для локального та віддаленого доступу до даних. Безпека даних та захист від збоїв є ключовими аспектами для забезпечення стабільної та ефективної роботи системи.

Перспективи розвитку та модернізації комп'ютерної системи підігріву води у басейні з використанням сонячних панелей включають в себе підвищення рівня енергоефективності, потенційне забезпечення можливості інтеграції з іншими джерелами відновлюваної енергії, а також здатність реалізації на їх базі гібридних систем.

Модернізацію системи можна виконувати шляхом встановлення додаткових систем автоматичного орієнтування панелей для максимального поглинання сонячної енергії протягом дня та впровадженням алгоритмів машинного навчання для аналізу даних, прогнозування погодних умов та оптимального управління системою підігріву води.

Перспективою розвитку програмного забезпечення може бути розробка підсистеми голосового управління та застосування хмарних технологій і сервісів для зберігання даних та забезпечення віддаленого доступу до системи з будь-якої точки світу.

Вдосконалення системи може також відбуватися на основі підсистеми сповіщень для інформування користувачів про стан системи, необхідність обслуговування або виникнення несправностей.

Серед вимог до надійності комп'ютерної системи потрібно виділити стійкість до погодних умов, тобто апаратні пристрої повинні бути стійким до впливу різних метеофакторів.

					<i>КС КРБ 123.318.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						18
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Компоненти системи бути відповідати критеріям довговічності, що проявляється у використанні високоякісних матеріалів для забезпечення тривалого терміну служби.

Фактором, що впливає на надійність є простота обслуговування і доступність елементів на фізичному рівні. Також повинні бути розроблені детальні інструкції з експлуатації та повинна бути можливість отримання технічної підтримки.

					<i>КС КРБ 123.318.00.00 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		19

## РОЗДІЛ 2 ПРОЕКТУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ ПІДГРІВУ ВОДИ З ВИКОРИСТАННЯМ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ

### 2.1 Архітектура системи підігріву води для басейнів від сонячних колекторів

Враховуючи стрімкий розвиток IoT та інтенсивне впровадження комп'ютерних систем у розумні будинки, актуальним є розробка системи, яка б давала змогу забезпечувати підігрів води у басейні з використанням сонячної системи опалення.

До складу типової системи підігріву води від сонячних колекторів входить:

- сонячні колектори — високоефективні сонячні плоскі колектори, які повинні бути сертифіковані SRCC;
- вентиляційний кран – автоматичний вентиляційний отвір для ефективного видалення повітря із системи, що забезпечує ефективність тепловіддачі.
- насосна станція з контролером управління – контролер, який забезпечує управління процесом нагрівання;
- розширювальна ємність – важливий компонент системи, що дає змогу регулювати коливання об'єму води через зміну температури ;
- теплообмінник з нержавіючої сталі — забезпечує довговічність і ефективність теплообміну.

Таку систему можна реалізувати застосовуючи в якості основного пристрою управління підігрівом води мікроконтролер, наприклад, Raspberry PI. Технології програмного забезпечення, які варто використовувати при цьому –

					<i>КС КРБ 123.318.00.00 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Куцик В.І.</i>			<i>Проектування комп'ютерної системи контролю рівня води і температури у плавальних басейнах</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Луцків А.М.</i>					20	
<i>Реценз.</i>						<i>ТНТУ, каф. КС, гр. СІс-42</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Луцик Н.С.</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Осухівська Г.М.</i>						

Spring Boot і Java, а також Python та Angular, які забезпечать можливість керування увімкненням та вимкненням насосу, який нагріває воду у басейні.

Впровадження ідеї нагрівання води у басейні із застосуванням насосу, який живиться від сонячних панелей, дає змогу застосовувати альтернативне джерело енергії, що зменшує негативний вплив на навколишнє середовище і дозволяє власникам заощаджувати кошти при сплаті рахунків за електроенергію.

На рис. 2.1 показано архітектуру комп'ютерної системи підігріву води від сонячних панелей з окремим центром управління.

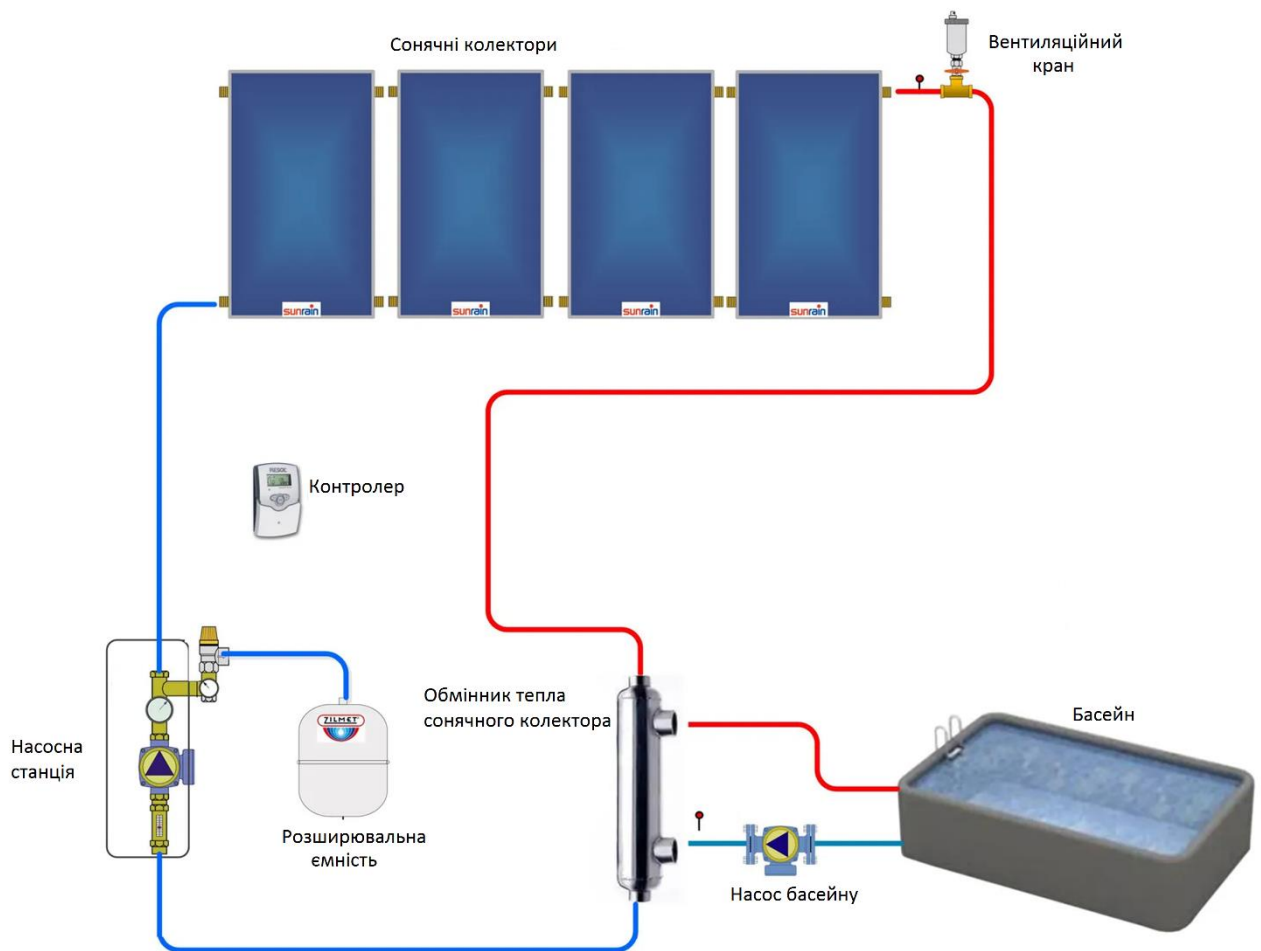


Рисунок 2.1 – Архітектура комп'ютерної системи підігріву води від сонячних панелей з окремим центром управління

При реалізації системи керування підігрівом води можна скористатися звичайним таймером, який налаштовується за певним розкладом і якого можна придбати у будь-якому господарському магазині. Однак у випадку відкритого

басейну та за умови, якщо падає дощ, доцільності вмикати насос і підігрівати воду за розкладом немає сенсу. Тому актуально створити комп'ютерну систему підігріву води від сонячних панелей.

Основна ідея створення комп'ютерної системи, яка виконує функції підігріву води у басейні, використовуючи при цьому насос, що живиться від сонячних панелей, полягає у реалізації «розумного перемикача». Вимикач вмикатиме чи вимикатиме насос для басейну залежно від заданої температури. Він повинен отримувати температуру від якогось датчика, який потрібно розмістити поблизу сонячних панелей, які відповідають за нагрівання води.

Оскільки, в подальшому може виникнути необхідність підключення інших IoT пристроїв для розумного будинку, а створювати для кожного з них свій окремий інтерфейс є не доцільним, то оптимальним рішенням є організація центру керування. Такий центр забезпечуватиме управління всіма розумними пристроями, які з'являться у перспективі.

До складу системи, архітектуру якої представлено на рис. 2.1, входить ряд компонентів, які вимагають обґрунтування та аналізу технічних характеристик.

## 2.2 Реалізація температурного датчика

Термістор NTC – це датчик температури, який запропоновано використати для реалізації проекту комп'ютерної системи. Сам по собі такий сенсор є термістором з негативним температурним коефіцієнтом, що представляє резистор (елемент, який обмежує струм), який зменшує свій опір при нагріванні. Вимірявши напругу термістора (яка прямо залежить від його опору) і перетворивши цей опір у градуси Цельсія, можна визначити температуру термістора.

Для вимірювання напруги такого типу резистора використовується принцип дільника напруги — напруга розподіляється між компонентами схеми. Схема, яка при цьому застосовується включає в себе термістор і резистор. Розмістивши багатометрові щупи між двома проводами термістора та

					<i>КС КРБ 123.318.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

налаштувавши його на вимірювання напруги, можна визначити напругу, що подається на термістор (залишок напруги буде на резисторі з відомим опором).

На рис. 2.2 показано схему для вимірювання напруги на термісторі. Схема є досить простою, однак при реалізації системи підігріву води з використанням Raspberry Pi виникає проблема, пов'язана з відсутністю аналогових виводів на GPIO.

На відміну від Arduino, який має вбудований аналого-цифровий перетворювач, Raspberry Pi його не має (це лише цифровий мікроконтролер).

Напруга термістора є аналоговим показником, тобто значення може бути будь-яким у деякому визначеному діапазоні напруг (наприклад, 0 В і 5 В), тоді як цифровий пристрій (Raspberry Pi) розуміє лише дискретні значення (залежно від точності, може бути будь-яким значенням від 0 до 2 в певному степені).

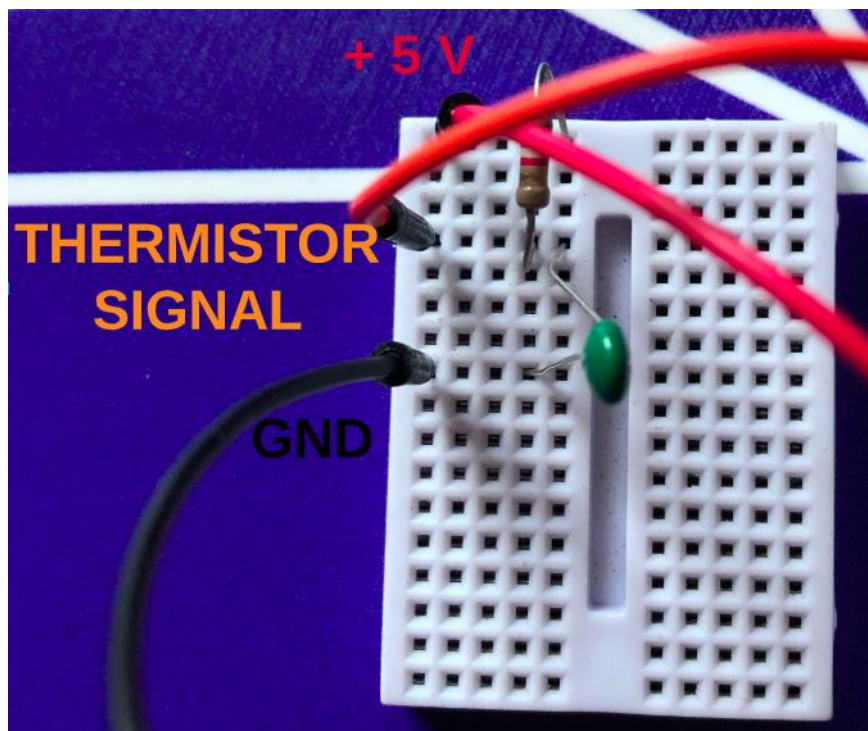


Рисунок 2.2 – Схема для вимірювання напруги на термісторі

Цифрові сигнали та об'єкти використовують дискретні або скінченні величини, тобто існує обмежений набір значень, якими вони можуть бути. Це може означати всього два можливих значення: 255, 4 294 967 296 або будь-яке інше.

Аналогові сигнали – це змінні в часі «величини (кванти)», які передають якусь інформацію. В електротехніці величиною, яка змінюється в часі, зазвичай, є напруга. Отже, коли мова іде про аналоговий сигнал, то просто можна уявляти напругу, яка змінюється у часі. Сигнали передаються між пристроями, щоб надсилати й отримувати інформацію, якою можуть бути відео, аудіо чи якісь закодовані дані.

Зазвичай, сигнали передаються через кабелі, але вони також можуть проходити по повітрю як радіочастотні (РЧ) хвилі. Аудіосигнали, наприклад, можуть передаватися між аудіокартою комп'ютера та динаміками, а сигнали даних можуть передаватися по повітрю між планшетом і маршрутизатором WiFi.

Оскільки сигнал змінюється у часі, корисно будувати його візуальне представлення за допомогою графіків. На таких графіках час відкладається по осі абсцис, а напруга – по осі ординат.

Дивлячись на графік сигналу, як правило, є найлегшим способом визначити, аналоговий він чи цифровий; графік залежності часу від напруги аналогового сигналу має бути плавним і безперервним, як показано на рис. 2.3.

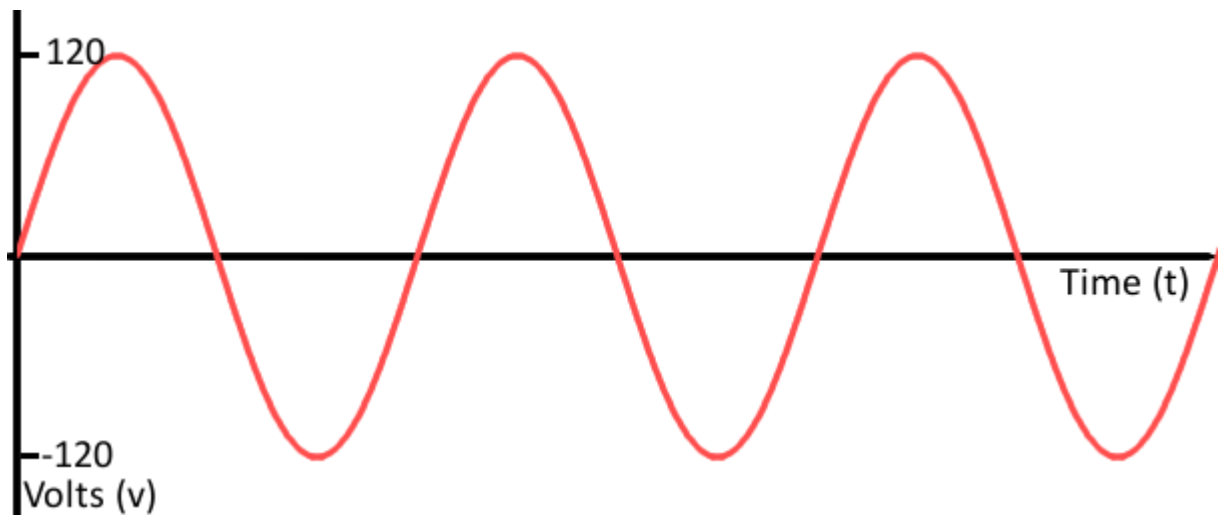


Рисунок 2.3 – Приклад аналогового сигналу

Хоча ці сигнали можуть бути обмежені діапазоном максимальних і мінімальних значень, у цьому діапазоні все ще існує нескінченна кількість можливих значень. Наприклад, аналогова напруга, що виходить із розетки, може



бути обмеженою діапазоном значень  $-120\text{ В}$  і  $+120\text{ В}$ , але, коли все більше і більше збільшувати роздільну здатність, можна виявити нескінченну кількість значень, якими насправді може бути сигнал

Передача відео та аудіо часто передається або записується за допомогою аналогових сигналів. Композитне відео, яке виходить із порту RCA, наприклад, є закодованим аналоговим сигналом, який зазвичай варіюється від  $0$  до  $1,073\text{ В}$ . Невеликі зміни в сигналі мають величезний вплив на колір або розташування відео.

Цифрові сигнали повинні мати скінченний набір можливих значень. Кількість значень у наборі може бути від двох до дуже великого числа, яке не є нескінченним. Найчастіше цифрові сигнали мають одне з двох значень, наприклад  $0\text{ В}$  або  $5\text{ В}$ . Часові графіки цих сигналів виглядають як квадратні хвилі, які показано на рис. 2.4.

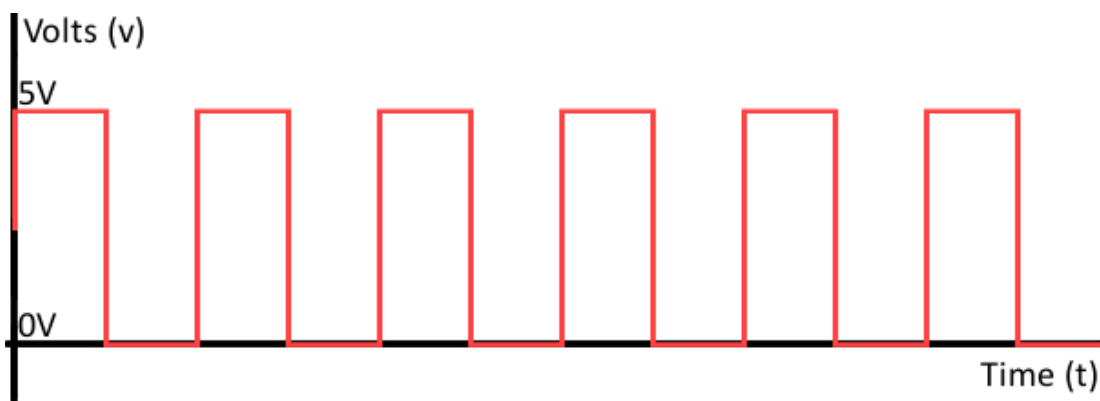


Рисунок 2.4 – Приклад цифрового сигналу

Цифровий сигнал може бути дискретним представленням аналогового сигналу. Дивлячись здалеку, хвильова функція, що показана нижче на рис. 2.5, може здаватися плавною та аналоговою, але якщо придивитися уважніше, то можна помітити крихітні дискретні кроки, коли сигнал намагається наблизити значення.

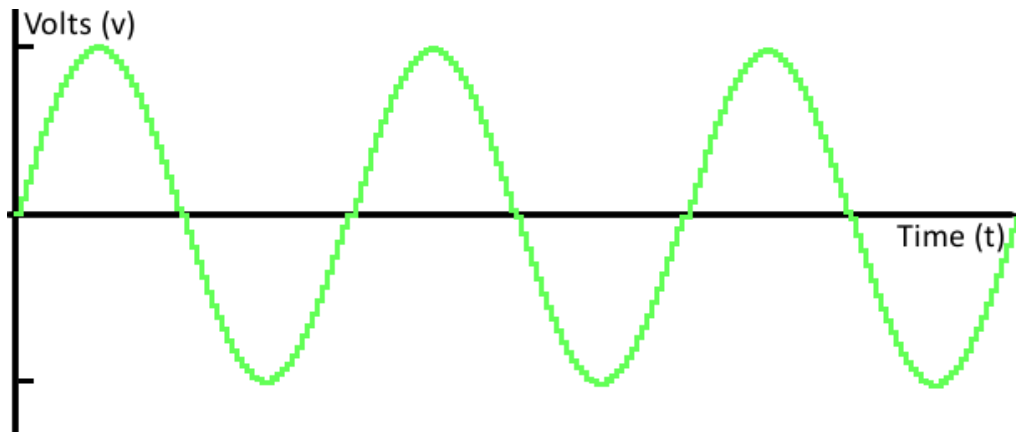


Рисунок 2.5 – Наближення цифрового сигналу до аналогового

Не всі аудіо- та відеосигнали є аналоговими. Стандартизовані сигнали, такі як HDMI для відео (та аудіо) і MIDI, I2S або AC'97 для аудіо, передаються в цифровому вигляді. Більшість комунікацій між інтегральними схемами є цифровими. Такі інтерфейси, як послідовний, I2C і SPI, передають дані через закодовану послідовність квадратних хвиль. Приклад передачі даних у вигляді цифрового сигналу показано на рис. 2.7.

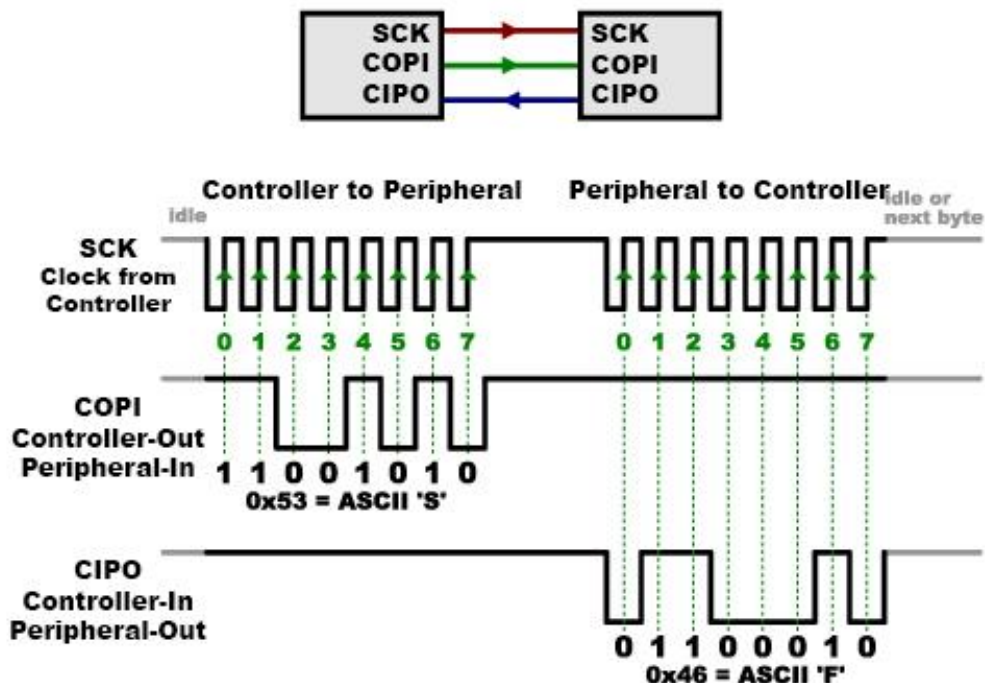


Рисунок 2.8 – Приклад передачі цифрового сигналу

Отже, для того, щоб можна було вимірювати температуру у басейні необхідно виконати перетворення аналогового сигналу у цифровий. Для цього пропонується використати аналогово-цифровий перетворювач МСР3002. Більш детально його технічних характеристики та спосіб застосування наведено далі у даному розділі.

### 2.3 Аналогово-цифровий перетворювач МСР3002

МСР3002 є 10-бітним перетворювачем, що означає, що цифрова напруга термістора лежатиме між значеннями від 0 до 1023. Тепер питання полягає в тому, як застосувати цю мікросхему для перетворення аналогової напруги в цифрову. При перетворенні аналогової напруги у цифрову застосовується перетворення наступного типу:

$$\frac{ЦН}{РЗЦН} = \frac{АН}{РЗАН}, \quad (2.1)$$

де ЦН – цифрова напруга;

РЗЦН – роздільна здатність цифрової напруги;

АН – аналогова напруга;

РЗАН – роздільна здатність аналогової напруги.

На рис. 2.7 показано зовнішній вигляд мікросхеми АЦП МСР3002.

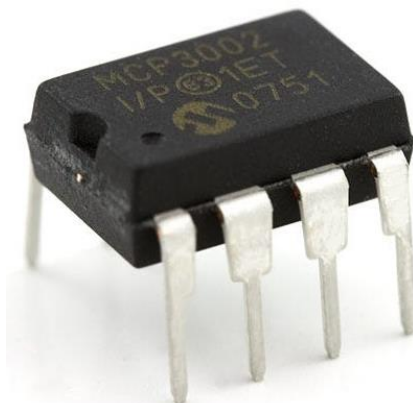


Рисунок 2.7 – Зовнішній вигляд МСР3002

					<i>КС КРБ 123.318.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Як було зазначено раніше, МСР3002 представляє собою 10-розрядний аналого-цифровий перетворювач послідовного наближення з вбудованою схемою вибірки та зберігання.

МСР3002 можна програмувати для забезпечення однієї пари псевдодиференціальних входів або подвійних односторонніх входів. Диференціальна та інтегральна нелінійність визначені на  $\pm 1$  LSB.

Зв'язок із пристроєм здійснюється за допомогою простого послідовного інтерфейсу, сумісного з протоколом SPI. Пристрій здатний досягати швидкості перетворення до 200 тис./с при 5 В і 75 тис./с при 2,7 В.

Пристрій МСР3002 працює в широкому діапазоні напруг (2,7 В - 5,5 В). Слабострумова конструкція дозволяє працювати з типовим струмом очікування 5 нА та типовим активним струмом 375 мкА. МСР3002 пропонується у 8-контактних корпусах різних форм. Функціональна схема, використовуваного при розробці комп'ютерної системи підігріву води у басейні, АЦП проілюстрована на рис. 2.8.

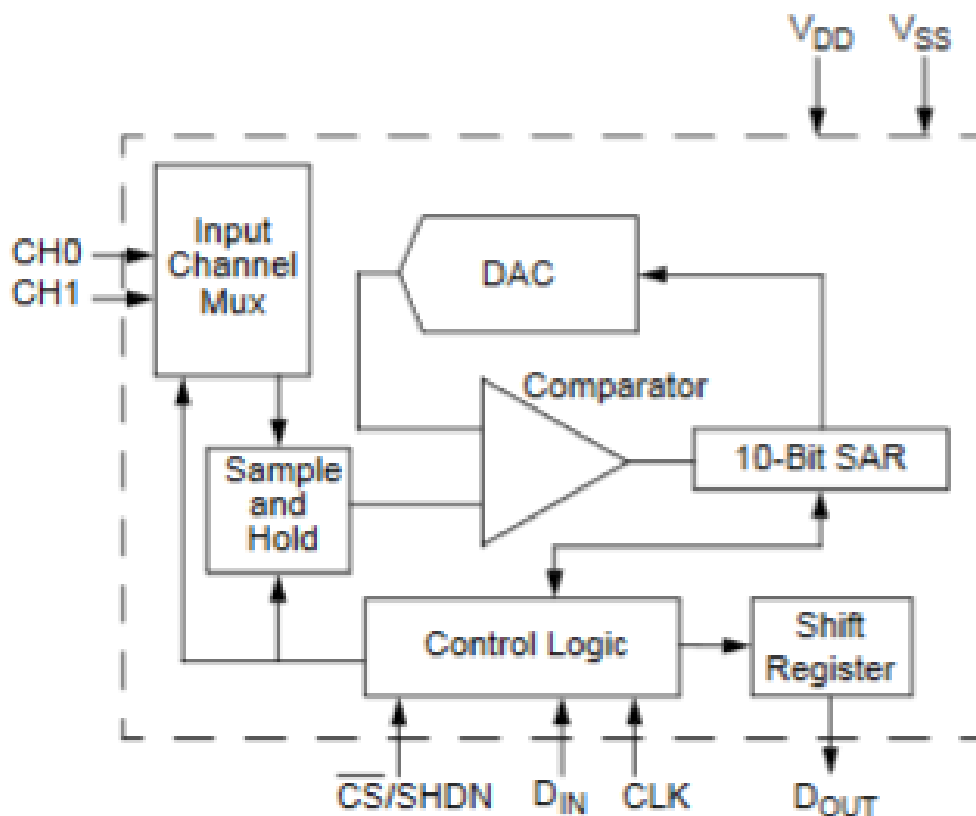


Рисунок 2.8 – Функціональна схема АЦП МСР3002

Розташування контактів АЦП МСР3002 у різних корпусах показано на рис. 2.9.

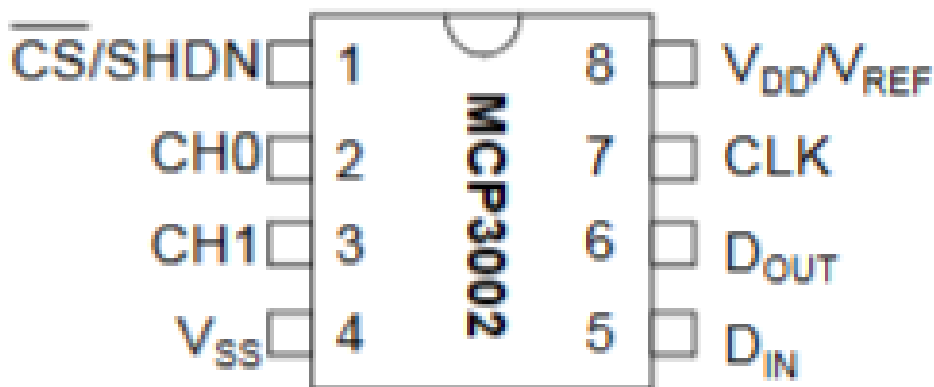


Рисунок 2.9 – Контакти МСР3002

Аналого-цифровий перетворювач МСР3002 використовує звичайну архітектуру SAR. З цією архітектурою вибірка отримується на внутрішньому конденсаторі вибірки/утримуваного конденсатора протягом 1,5 тактових циклів, починаючи з другого наростаючого фронту послідовного тактового сигналу після отримання початкового біта.

Після цього часу вибірки вхідний перемикач перетворювача відкривається, і пристрій використовує зібраний заряд на внутрішньому зразку та конденсаторі утримування для створення послідовного 10-бітного цифрового вихідного коду. На МСР3002 можлива швидкість перетворення 200 тис./с. Зв'язок з пристроєм здійснюється за допомогою 3-провідного інтерфейсу, сумісного з SPI.

#### 2.4 Перетворення показників напруги термістора у температурні показники

Підставляючи в схему аналогового датчика напругу 5 В, яка буде використовуватися, і роздільну здатність АЦП 1024, отримується рівняння, що визначає цифрову напругу.

Як приклад, виміряна напруга термістора становить 2,12 В від схеми дільника напруги. Цифровий еквівалент напруги за допомогою цього рівняння буде 434.

АЦП MCP3002 має 6 контактів. Два його контакти використовуються для зчитування аналогової напруги (можна використовувати будь-який контакт), решта 4 контакти – використовуються для зв'язку SPI.

Через SPI можна передавати аналогову напругу від датчика температури на Raspberry Pi у цифровому форматі.

Для синхронного зв'язку використовується протокол зв'язку SPI. Як мікросхема АЦП MCP3002, так і Raspberry Pi мають інтерфейси SPI для забезпечення функціонування через протокол SPI.

Нижче описано 4 контакти та їх використання:

SCLK – сигнал, надісланий від головного пристрою (яким для цього проекту є Raspberry Pi) до підлеглого (датчик температури) для синхронізації надісланих і отриманих даних;

MOSI – контакт для надсилання даних із головного пристрою на підлеглий;

MISO – контакт, що використовується для надсилання даних із підлеглого пристрою на головний;

SS – використовується для пробудження підлеглого пристрою, повідомляючи йому, що зв'язок має відбутися.

Тепер, коли відомо, як відбувається зв'язок у системі, можна зрозуміти, як перевести цифрову напругу в градуси Цельсія за допомогою модифікованого рівняння Штейнхарта.

Модифіковане рівняння Штейнхарта.

Зазвичай таблицю температур надає виробник термістора. Приклад такої таблиці показано на рис. 2.10.

					<i>КС КРБ 123.318.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 10K-2 Thermistor Output Table

°F	°C	Ohms	°F	°C	Ohms	°F	°C	Ohms
-39	-39.44	323839	37	2.78	28365	113	45.00	4367
-37	-38.33	300974	39	3.89	26834	115	46.11	4182
-35	-37.22	279880	41	5.00	25395	117	47.22	4006
-33	-36.11	260410	43	6.11	24042	119	48.33	3838
-31	-35.00	242427	45	7.22	22770	121	49.44	3679
-29	-33.89	225809	47	8.33	21573	123	50.56	3525
-27	-32.78	210443	49	9.44	20446	125	51.67	3380
-25	-31.67	196227	51	10.56	19376	127	52.78	3242
-23	-30.56	183068	53	11.67	18378	129	53.89	3111
-21	-29.44	170775	55	12.78	17437	131	55.00	2985
-19	-28.33	159488	57	13.89	16550	133	56.11	2865
-17	-27.22	149024	59	15.00	15714	135	57.22	2751
-15	-26.11	139316	61	16.11	14925	137	58.33	2642
-13	-25.00	130306	63	17.22	14180	139	59.44	2538
-11	-23.89	121939	65	18.33	13478	141	60.56	2438
-9	-22.78	114165	67	19.44	12814	143	61.67	2343
-7	-21.67	106939	69	20.56	12182	145	62.78	2252
-5	-20.56	100218	71	21.67	11590	147	63.89	2165
-3	-19.44	93909	73	22.78	11030	149	65.00	2082
-1	-18.33	88090	75	23.89	10501	151	66.11	2003
1	-17.22	82670	77	25.00	10000	153	67.22	1927
3	-16.11	77620	79	26.11	9526	155	68.33	1855
5	-15.00	72911	81	27.22	9078	157	69.44	1785
7	-13.89	68518	83	28.33	8653	159	70.56	1718
9	-12.78	64419	85	29.44	8251	161	71.67	1655
11	-11.67	60592	87	30.56	7866	163	72.78	1594
13	-10.56	57017	89	31.67	7505	165	73.89	1536
15	-9.44	53647	91	32.78	7163	167	75.00	1480
17	-8.33	50526	93	33.89	6838	169	76.11	1427
19	-7.22	47606	95	35.00	6530	171	77.22	1375
21	-6.11	44874	97	36.11	6238	173	78.33	1326
23	-5.00	42317	99	37.22	5960	175	79.44	1279
25	-3.89	39921	101	38.33	5697	177	80.56	1234
27	-2.78	37676	103	39.44	5447	179	81.67	1190
29	-1.67	35573	105	40.56	5207	181	82.78	1149
31	-0.56	33599	107	41.67	4981	183	83.89	1109
33	0.56	31732	109	42.78	4766	185	85.00	1070
35	1.67	29996	111	43.89	4561	187	86.11	1034

\* All Passive Thermistors 10K Ω and smaller are CE compliant.

Building Automation Products, Inc., 750 North Royal Avenue, Gays Mills, WI 54631 USA  
Tel: +1-608-735-4800 • Fax: +1-608-735-4804 • E-mail: sales@bapivac.com • Web: www.bapivac.com

Рисунок 2.10 – Приклад відповідності напруги градусам Цельсію

З таблиці, показаної на рис. 2.10 можна легко визначити на основі опору термістора значення температури. У такому випадку доволі просто запрограмувати температурну таблицю, надану виробником, для системи підігріву води у басейні. Виробник термісторів, які використовуються у проекті, не надав такої таблиці, тому потрібно у програмному забезпеченні за допомогою

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КС КРБ 123.318.00.00 ПЗ

Арк.

31

рівняння Штейнхарта реалізувати перетворення цифрової напруги у градуси Цельсія. Рівняння має наступний вигляд:

$$\frac{1}{T} = \frac{1}{T_0} + \frac{1}{B} \ln\left(\frac{R}{R_0}\right), \quad (2)$$

де  $T_0$  і  $R_0$  – температура й опір термістора при кімнатній температурі відповідно;

$B$  – константа;

$T$  — температура в градусах Кельвінах.

Оскільки, у проекті потрібно отримувати температуру у градусах за шкалою Цельсія, то рівняння (2) можна перетворити наступним чином:

$$T = T_0 + \frac{B}{\ln\left(\frac{R}{R_0}\right)} - 273.15 \quad (3)$$

Тепер, коли визначено підсистему датчика температури, настав час звернути увагу на систему, яка відповідає за ввімкнення насоса басейну.

## 2.5 Реле системи підігріву води у басейні

Для керування увімкненням/вимкненням насосу підігріву води необхідно застосувати реле. У проекті використовується релейний модуль с. Даний блок містить 3 контакти:

- контакт сигналу – позначається літерою S;
- позитивний контакт (+);
- негативний контакт (-).

Окрім цього, дане реле містить три гвинтові клеми:

- СОМ (загальна);
- NC (нормально закрита);
- NO (нормально відкрита).

					<i>КС КРБ 123.318.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Напруга 5 В подається з Raspberry Pi на позитивний і негативний контакти і використовується для електромагнітного замикання з'єднання між гвинтовими клемми COM і NO або розмикання з'єднання між гвинтовими клемми COM і NC.

За допомогою провідників виконується підключення насоса підігріву басейну до клем COM і NO (підключення до клемми NO означає, що насос спочатку буде вимкнено).

Будь-який з логічних контактів на Raspberry Pi підключається до контакту S і використовується для того, щоб увімкнути або вимкнути схему реле. На рис. 2.11 показано зовнішній вигляд блоку реле, який використовується у системі підігріву води від сонячних панелей.



Рисунок 2.11 – Блок реле системи підігріву води у басейні

Для керування реле з Raspberry Pi використовується контакт GPIO\_03 (контакт 15 на Raspberry Pi). Встановивши цей вивід на подачу сигналу рівня HIGH, можна увімкнути насос. За замовчуванням на цей контакт встановлено рівень сигналу НИЗЬКИЙ під час запуску Raspberry Pi, тому його обрано, щоб насос не вмикався та вимикався під час запуску системи.

Модуль реле підключається до «насосу басейну» через загальні та нормально відкриті гвинтові клеми, як показано на рис. 2.12.

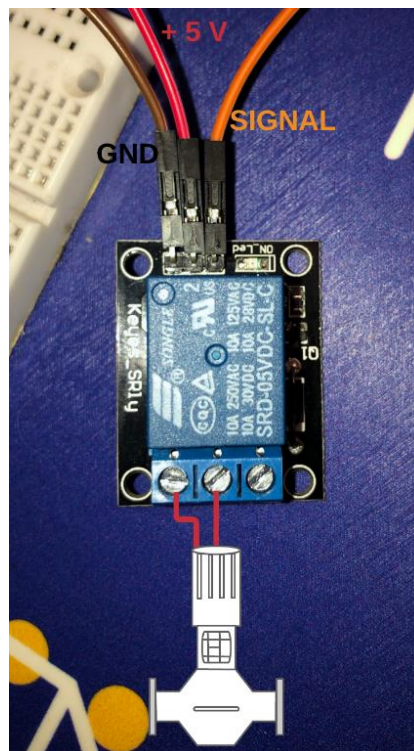


Рисунок 2.12 – Схема підключення реле до насосу підігріву води

Далі потрібно розглянути можливості та функціональну придатності мікроконтролера Raspberry Pi Pico для реалізації системи управління підігрівом води у басейнах.

## 2.6 Обґрунтування функціональної придатності Raspberry Pi Zero та розробка схеми підключення компонентів системи підігріву води у басейні

Raspberry Pi Zero представляє собою одночасно і мінікомп'ютер і мікроконтролер, що забезпечує потужність функціональних можливостей і здатність ефективно застосовуватися при реалізації вбудованих систем різного призначення.

GPIO Raspberry Pi Zero живиться від шини 3,3 В. Даний мікроконтролер відкриває 26 із 30 можливих контактів GPIO RP2040.

					<i>КС КРБ 123.318.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

GPIO0 – GPIO22 можуть використовуватися лише як цифрові, а GPIO 26-28 можна застосовувати або як цифровий вивід, або як входи АЦП (вибір програмного забезпечення).

Слід відзначити, що АЦП GPIO26-29 має внутрішній зворотний діод до шини VDDIO (3V3), тому вхідна напруга не повинна перевищувати VDDIO 300 мВ.

Крім того, якщо на RPI не подавати живлення, то це призведе до «витоку» через діод на шину VDDIO. Звичайні цифрові контакти GPIO 0-25 (а також контакти для налагодження) не мають цього обмеження, тому напруга може безпечно подаватись на ці контакти у випадку відсутності живлення. Схему виводів Raspberry Pi Zero показано на рис. 2.13.

Raspberry Pi Zero (J8 Header)					
GPIO#	NAME			NAME	GPIO#
	3.3 VDC Power	1		2	5.0 VDC Power
<b>8</b>	GPIO 8 SDA1 (I2C)	3		4	5.0 VDC Power
<b>9</b>	GPIO 9 SCL1 (I2C)	5		6	Ground
<b>7</b>	GPIO 7 GPCLK0	7		8	GPIO 15 TxD (UART) <b>15</b>
	Ground	9		10	GPIO 16 RxD (UART) <b>16</b>
<b>0</b>	GPIO 0	11		12	GPIO 1 PCM_CLK/PWM0 <b>1</b>
<b>2</b>	GPIO 2	13		14	Ground
<b>3</b>	GPIO 3	15		16	GPIO 4 <b>4</b>
	3.3 VDC Power	17		18	GPIO 5 <b>5</b>
<b>12</b>	GPIO 12 MOSI (SPI)	19		20	Ground
<b>13</b>	GPIO 13 MISO (SPI)	21		22	GPIO 6 <b>6</b>
<b>14</b>	GPIO 14 SCLK (SPI)	23		24	GPIO 10 CE0 (SPI) <b>10</b>
	Ground	25		26	GPIO 11 CE1 (SPI) <b>11</b>
<b>30</b>	SDA0 (I2C ID EEPROM)	27		28	SCL0 (I2C ID EEPROM) <b>31</b>
<b>21</b>	GPIO 21 GPCLK1	29		30	Ground
<b>22</b>	GPIO 22 GPCLK2	31		32	GPIO 26 PWM0 <b>26</b>
<b>23</b>	GPIO 23 PWM1	33		34	Ground
<b>24</b>	GPIO 24 PCM_FS/PWM1	35		36	GPIO 27 <b>27</b>
<b>25</b>	GPIO 25	37		38	GPIO 28 PCM_DIN <b>28</b>
	Ground	39		40	GPIO 29 PCM_DOUT <b>29</b>

Рисунок 2.13 – Виводи Raspberry Pi Zero

Raspberry Pi Zero має 7 контактів GND, які можна використовувати для заземлення модуля реле. Спочатку довільно обрано контакт 34 і підключено до нього клему (-) модуля реле. Надсилаючи тестовий сигнал із Raspberry Pi, пристрій перемикає не спрацьовує. Перевіряючи за допомогою мультиметра напругу між клемми (+) і (-) релейного модуля її значення відповідало показнику 3,5 В, що не є правильним. Це пов'язано з тим, що на контакті заземлення не було 0 В. Після цього використано інший вивід GND, що забезпечило рівень напруги на реле 5 В. На з'єднаннях заземлення Raspberry Pi може бути шум.

Налаштувавши компоненти системи підігріву води від сонячних панелей розроблено схему їх підключення, яка показана на рис. 2.14.

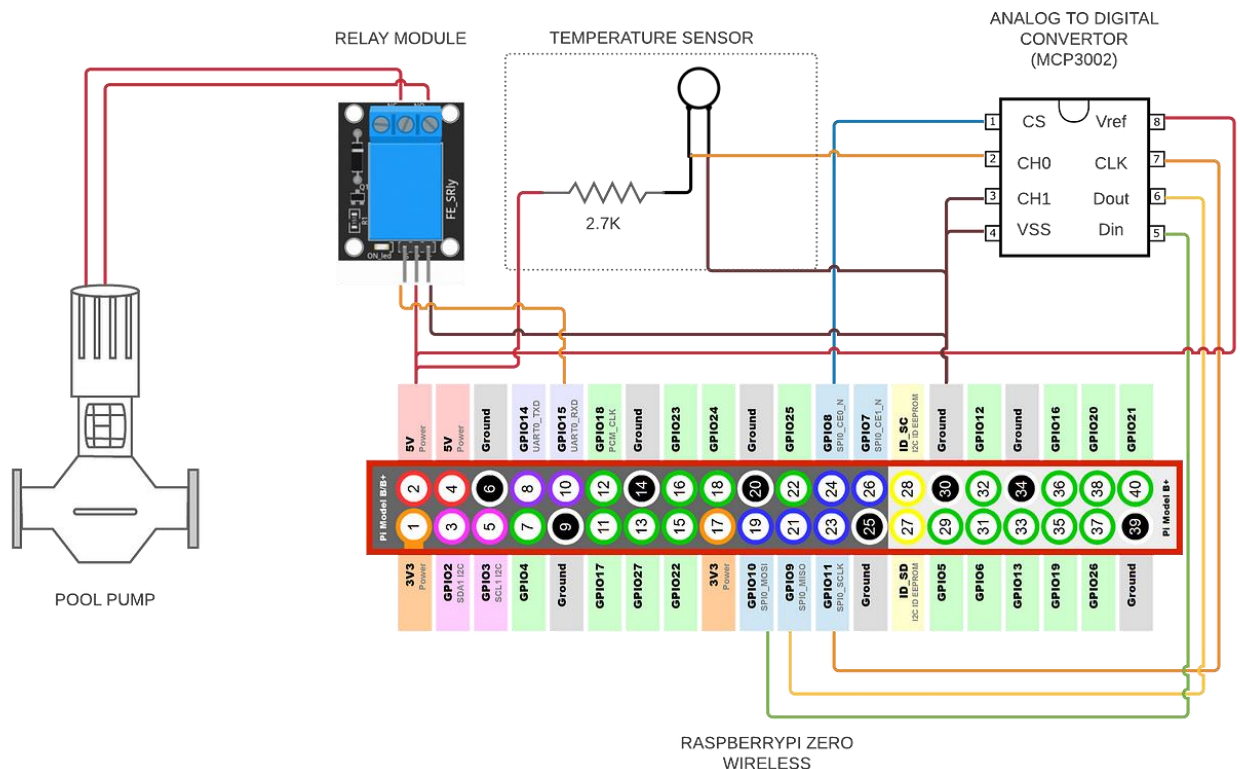


Рисунок 2.14 – Схема підключення компонентів системи контролю підігріву води у басейні

Усі з'єднання на схемі вище виконано відповідно до пояснень, наданих у попередніх підрозділах.

Загалом система підігріву води у басейні включає в себе підсистему термістора до складу якої входить:

- 2-жильний кабель довжиною 5 метрів;
- 3-контактний роз'єм;
- резистор 2,7 КОм;
- термістора.

Резистор припаяний до першого контакту роз'єму, до другого – припаяний один кінець двожильного кабелю, а до іншого кінця – термістор. На рис. 2.15 показано схему підключення у підсистемі термістора.

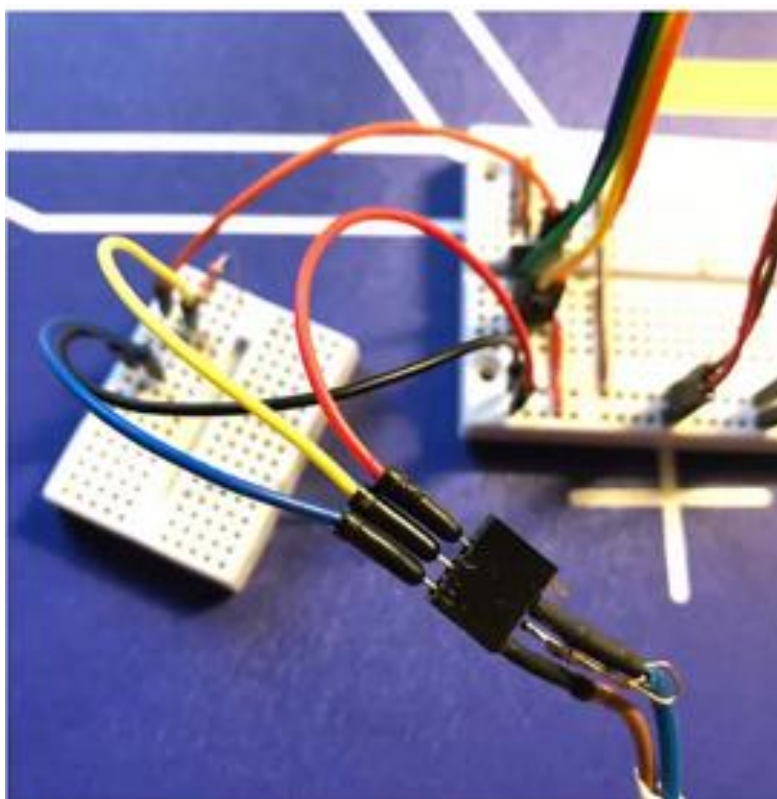


Рисунок 2.15 – Монтаж підсистеми термістора

Після цього, до підсистеми термістора підключається Raspberry Pi Zero, MCP3002 і реле.

Під час монтажу до Veroboard можна просунути компоненти в отвори, зігнувши проводи, щоб утримати їх на місці, а потім використати Prestik, щоб тримати компоненти якомога ближче до плати для акуратності перед паянням. Мікросхема АЦП MCP3002 і роз'єми припаюються до Veroboard.

					<i>КС КРБ 123.318.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Далі через отвори у платі виконується підключення насоса і термістора, а також кріпиться релейний модуль і Raspberry Pi до кришки корпусу. На рис. 2.16 показано змонтовану систему підігріву води у басейні.



Рисунок 2.16 – Змонтована система управління підігрівом води від сонячних колекторів

Далі потрібно прокласти кабелі від сонячної панелі до насоса та прикрутити контролер насоса до корпусу насоса, де виконано підключення помпи до гвинтових клем реле.

## РОЗДІЛ 3 ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ ПІДГРІВУ ВОДИ У БАСЕЙНІ

### 3.1 Проектування архітектури програмного забезпечення системи підігріву води у басейні

У роботі запропоновано доволі просту архітектуру програмного забезпечення комп'ютерної системи підігріву води у басейні з використанням сонячних панелей (колекторів). Як було зазначено раніше, з метою подальшого масштабування рішень щодо впровадження IoT систем розумного будинку, комп'ютерна система підігріву води проектується з врахуванням наявності центрального хаба, який забезпечує управління системою у режимах ручного і автоматичного налаштування. В якості апаратного забезпечення локального рівня керування системою використовується Raspberry PI Zero, а центральний хаб керування використовує Raspberry PI 2. На рис. 3.1 представлено концепцію реалізації програмного забезпечення системи підігріву води у басейні.

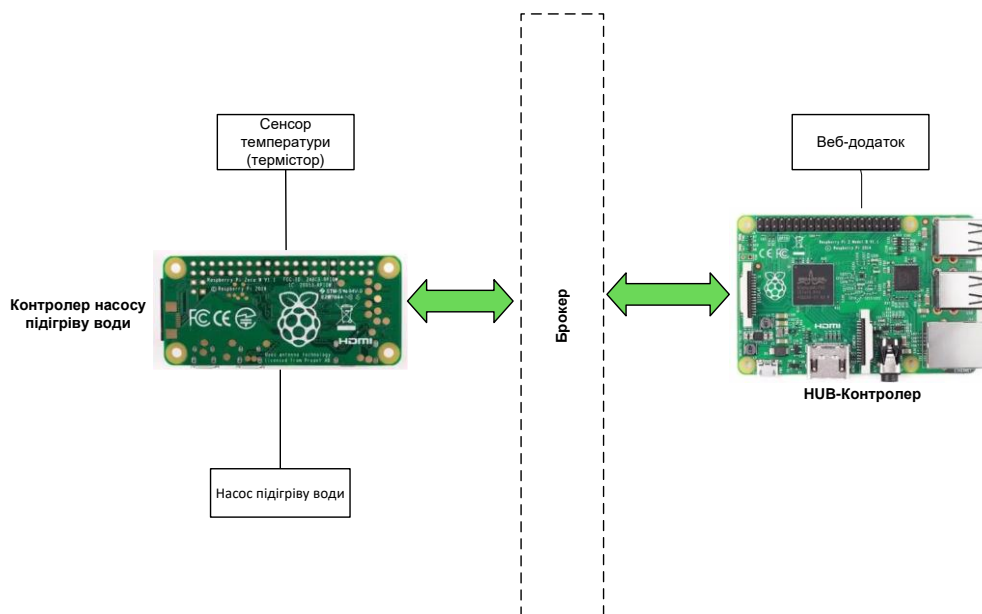


Рисунок 3.1 – Концептуальна архітектура системи підігріву води у басейні

<i>КС КРБ 123.318.00.00 ПЗ</i>				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Куцик В.І.		
Перевірив.		Луцків А.М.		
Реценз.				
Н. Контр.		Луцик Н.С.		
Затверд.		Осухівська Г.М.		
<i>Програмне забезпечення контролю рівня води і температури у плавальних басейнах</i>				
		Літ.	Арк.	Аркушів
		39		
<i>ТНТУ, каф. КС, гр. СІс-42</i>				

Взаємодія між програмним забезпеченням двох Raspberry PI відбувається за допомогою програмного брокера. Програмні функції, покладені на виконання RPI Zero відповідають за визначення температури нагрівання води сонячним колектором та керування тепловим насосом.

Функціональність програмного забезпечення, покладена на Raspberry PI 2, полягає у забезпеченні надання користувацького інтерфейсу щодо режимів функціонування системи підігріву води і надсилання відповідних повідомлень до контролера локальної системи управління. Розробка програмного забезпечення комп'ютерної системи передбачає використання патернів проектування «видавець-підписник» (publisher/subscriber) і «спостерігач» (observer). Комплексну архітектуру програмного забезпечення комп'ютерної системи проілюстровано на рис. 3.2.

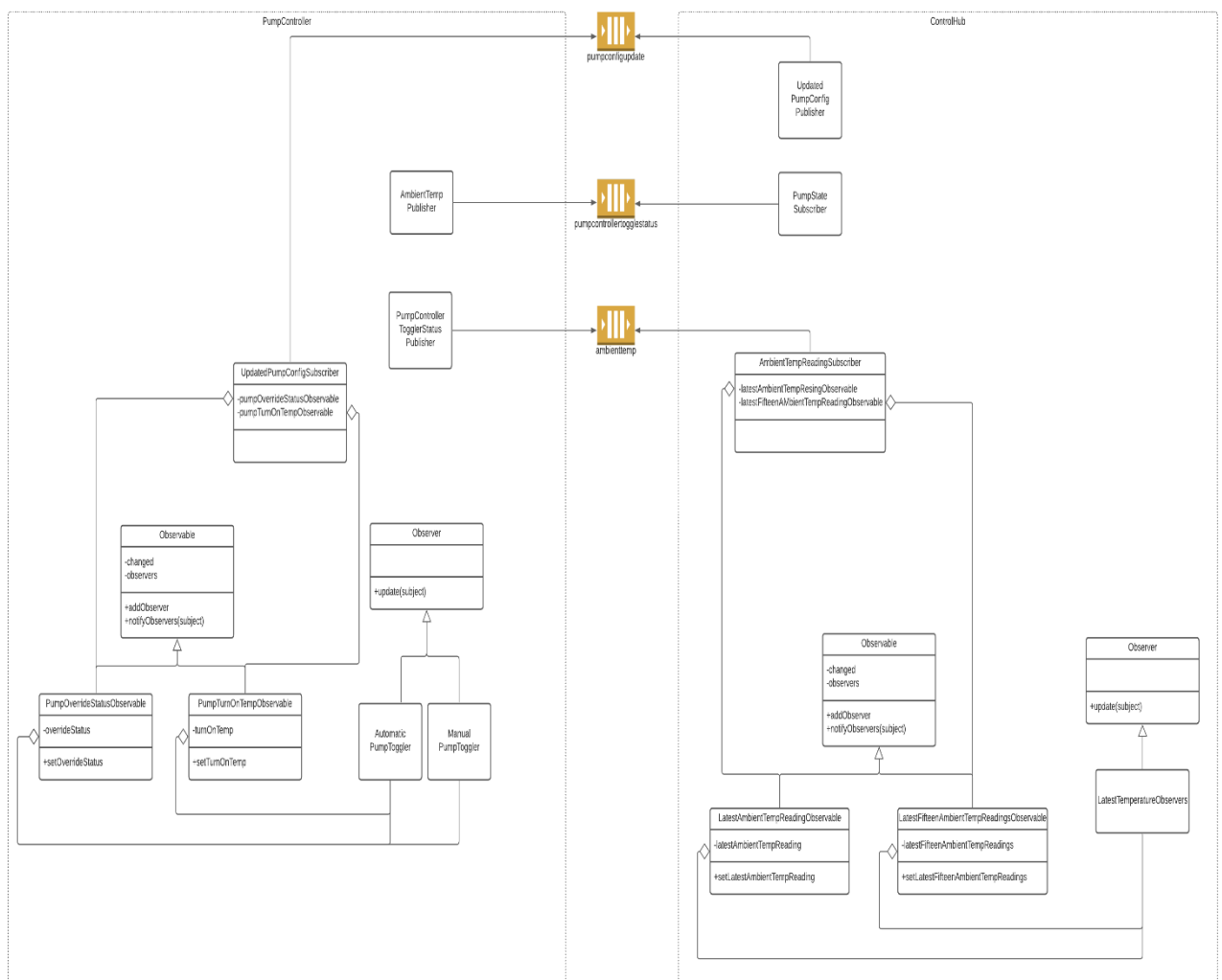


Рисунок 3.2 – Архітектура ПЗ комп'ютерної системи підігріву води у басейні

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата



Ілюстрація патернів проектування «видавець-підписник» і «спостерігач», представлених на рис. 3.2 забезпечують реалізацію визначеної функціональності у технічному завданні. Поєднання цих патернів дають змогу ефективно функціонувати контролеру насоса підігріву води та центрального хаба управління.

### 3.2 Реалізація патерну проектування «видавець-підписник» засобами мови Java

Загальна концепція використання патерну «видавець-підписник» передбачає використання наступних кроків:

- видавець виконує надсилання повідомлення до черги;
- абонент (підписник) підписується на чергу для отримання повідомлень.

Видавець і підписник знають лише про чергу, до якої вони надсилають або з якої вони отримують повідомлення. Посередник (дистриб'ютор, брокер) приймає та пересилає повідомлення в черги від видавця чи підписника. Для того, щоб забезпечити ефективність обміну повідомленнями використовується RabbitMQ, особливості застосування і налаштування якого описано в наступному підрозділі.

Необхідність використання шаблону «видавець-підписник» полягає в тому, щоб концентратор (хаб) управління зв'язувався з контролером насоса, коли конфігурація насоса змінюється, а також коли контролер насоса надсилає температуру та стан перемикання насоса до концентратора керування.

На рис. 3.3 відображено взаємодію між центральним хабом та програмним забезпеченням управління тепловим насосом за допомогою патерну проектування «видавець-підписник».

					<i>КС КРБ 123.318.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

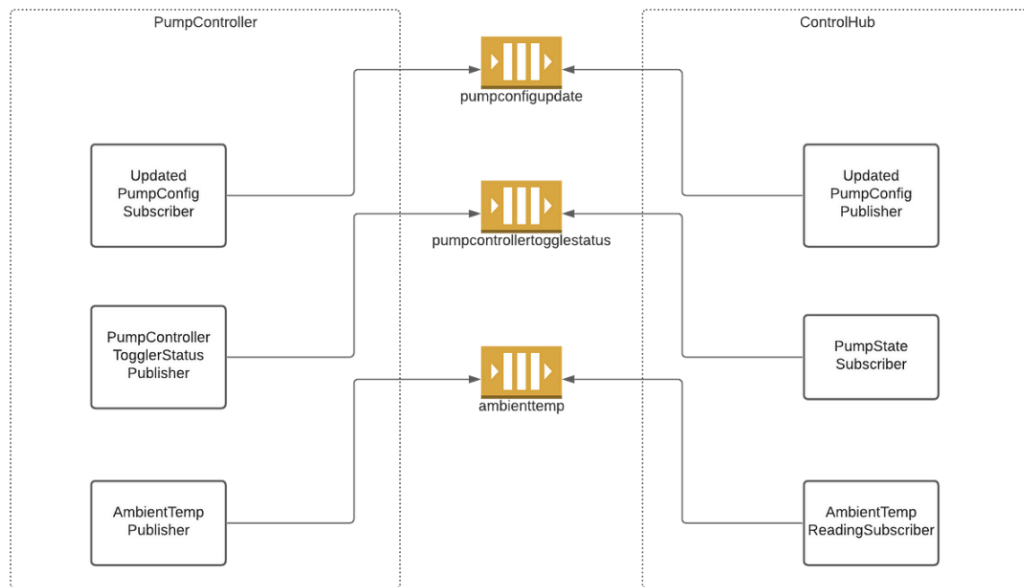


Рисунок 3.3 – Застосування патерну «видавець-підписник» у комп’ютерній системі підігріву води у басейні

Більш деталізована ілюстрація видавців і передплатників (підписників) у системах Pump Controller і Control Hub, а також повідомлення про черги, які надсилаються та отримуються з шаблону спостерігача показано на рис. 3.4. Даний патерн використовується в центрі керування для сповіщення компонентів про отримані показники температури навколишнього середовища.

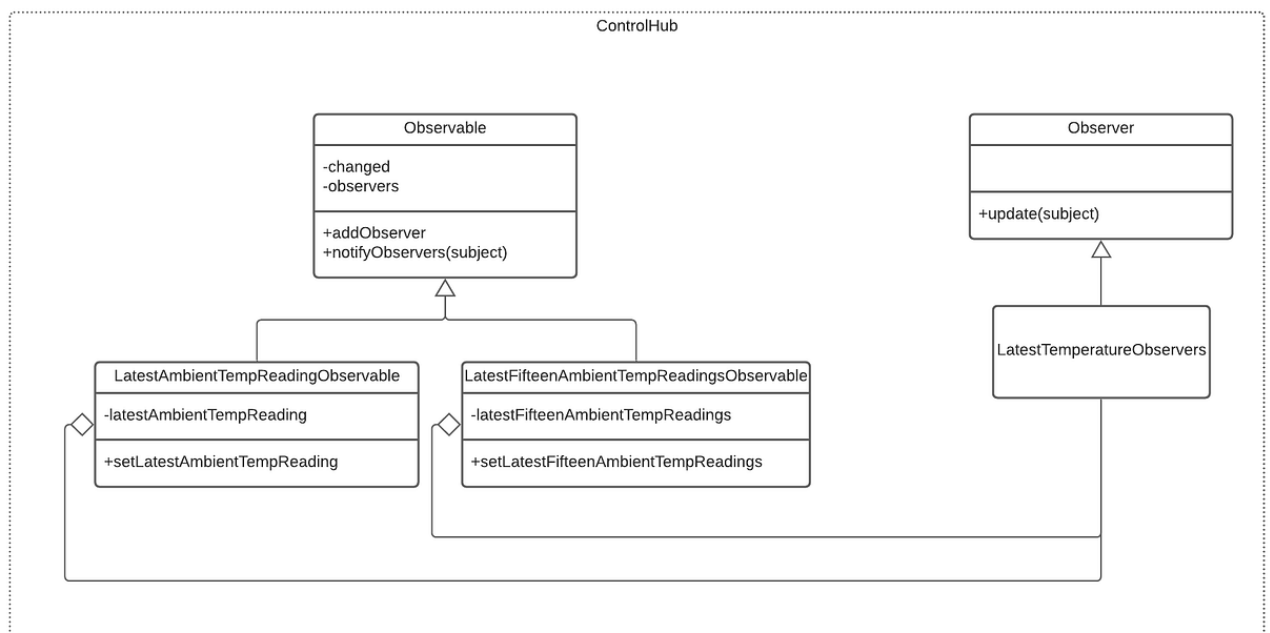


Рисунок 3.4 – Патерн проектування «видавець-підписник» у хабі керування

Патерн проектування спостерігача та його використання в системі Control Hub. Контролер теплового насоса використовує патерн «видавець-підписник», щоб сповістити перемикачі у веб-додатку про оновлення та про те, чи потрібно використовувати ручний перемикач і чи автоматичний перемикач потрібно налаштувати самостійно.

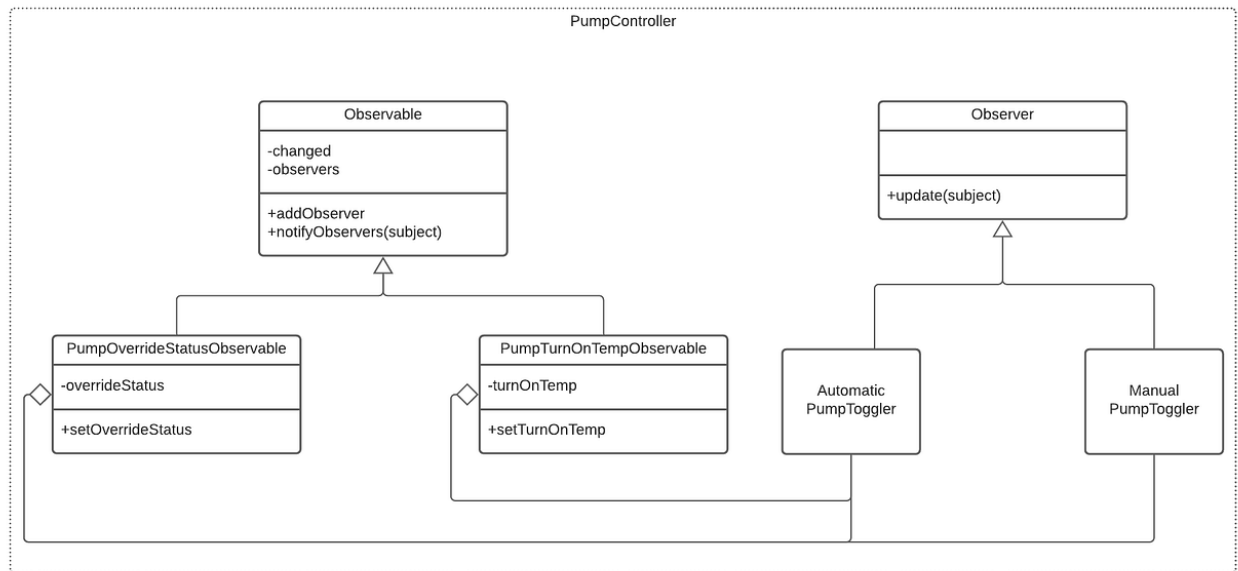


Рисунок 3.4 – Патерн проектування «видавець-підписник» при функціонуванні теплового насосу

Ілюстрація шаблону публікації та підписки і шаблону дизайну спостерігача, які використовуються в поєднанні один з одним для систем контролера насоса та концентратора керування забезпечує функціональність системи.

### 3.3 Брокер на базі RabbitMQ

RabbitMQ – це брокер повідомлень, що приймає та пересилає повідомлення. Принцип роботи цього дистриб'ютора можна розглядати як поштове відділення: коли виконується відправка кореспонденції, поклавши її у поштову скриньку, то можна бути впевненим, що листоноша зрештою доставить пошту одержувачу.

По аналогії RabbitMQ представляє собою сукупність поштової скриньки, поштового відділення і листоноші. Основна відмінність між RabbitMQ і поштою полягає в тому, що він не працює з папером, натомість він приймає, зберігає та пересилає двійкові блоки даних – повідомлень.

RabbitMQ і обмін повідомленнями в цілому використовують певний жаргон. Виготовлення означає не що інше, як відправлення. Програма, яка надсилає повідомлення, є виробником (видавцем), що умовно позначається, як показано на рис. 3.5.



Рисунок 3.5 – Умовне позначення відправника в RabbitMQ

Черга – це назва поштової скриньки в RabbitMQ. Хоча повідомлення проходять через RabbitMQ і клієнтські програми, вони можуть зберігатися лише в черзі.

Черга обмежена лише пам'яттю та дисковим простором хоста, по суті, це великий буфер повідомлень. Багато виробників можуть надсилати повідомлення, які надходять до однієї черги, а багато отримувачів (підписників) можуть намагатися отримати дані з однієї черги. Черга в RabbitMQ позначається так як показано на рис. 3.6.

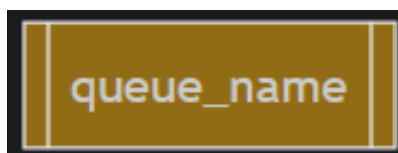


Рисунок 3.6 – Позначення черги в RabbitMQ

Отримання має подібне значення що й одержувач. Одержувачем може бути програма, яка здебільшого займається очікуванням щодо отримання повідомлень і позначається як проілюстровано на рис. 3.7.

					<i>КС КРБ 123.318.00.00 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		44

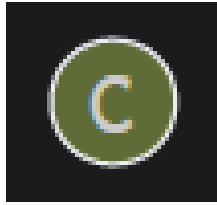


Рисунок 3.7 – Позначення одержувача (підписника) в RabbitMQ

Варто зауважити, що видавець, підписник і брокер не повинні знаходитися на одному хості; справді, у більшості програм вони цього не роблять. Додаток може бути як видавцем, так і одержавучем.

Застосування брокера RabbitMQ, який використано при реалізації системи підігріву води у басейні, можна представити у наступній структурі:

- видавець, який надсилає повідомлення, що містить дані про температуру і стан насоса,
- підписник, який отримує повідомлення та відображає їх кінцевому користувачу (програмному модулю).

Використовуючи API Java, можна забезпечити обмін повідомленнями між центральним хабом системи та контролером температури і тепловим насосом.

На діаграмі нижче (рис. 3.8) введено наступні позначення:

- «P» – видавець;
- «C» – підписник;
- блок між «P» і «C» – це черга, що є буфером повідомлень, який RabbitMQ зберігає від імені підписника.

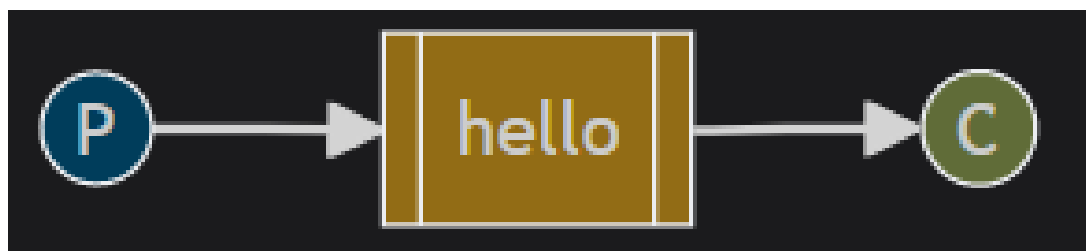


Рисунок 3.8 – Приклад сценарію RabbitMQ

Клієнтська бібліотека Java RabbitMQ може комунікувати за кількома протоколами. Один з найпопулярніших протоколів – AMQP 0-9-1, який є відкритим протоколом загального призначення для обміну повідомленнями.

Існує кілька клієнтів для RabbitMQ багатьма різними мовами. При розробці комп'ютерної системи підігріву води у басейні за допомогою сонячних колекторів (панелей) пропонується використовувати Java-клієнт.

Для цього потрібно завантажити клієнтську бібліотеку та її залежності (SLF4J API та SLF4J Simple і скопіювати відповідні файли у робочий каталог разом з файлами Java.

Потрібно звернути увагу, що SLF4J Simple достатньо для навчальних цілей, але все ж варто використовувати повномасштабну бібліотеку журналювання, зокрема Logback, при реалізації програмного забезпечення. Клієнт Java RabbitMQ також знаходиться в центральному репозиторії Maven з ідентифікатором групи `com.rabbitmq` та ідентифікатором `artifactId amqp-клієнт`. Тепер, коли встановлений клієнт Java і його залежності, можна перейти до написання коду. Цей процес поділено на дві частини: відправлення повідомлення (рис. 3.9) та одержання повідомлення.

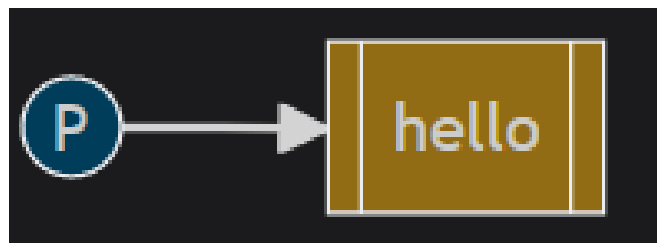


Рисунок 3.9 – Процес відправлення повідомлення

Коли з повідомленням працює відправник, то відповідно повідомлення описується як в класі `Send`, а коли виконується виклик одержувачем (підписником), то повідомлення описується у класі `Recv`.

Видавець підключиться до RabbitMQ, надішле одне повідомлення, а потім вийде. У `Send.java` потрібно імпортувати деякі класи, які показано на рис. 3.10.

```
import com.rabbitmq.client.ConnectionFactory;
import com.rabbitmq.client.Connection;
import com.rabbitmq.client.Channel;
```

Рисунок 3.10 – Імпорт класів для реалізації відправки повідомлення у чергу

Далі потрібно оголосити клас і вказати назву черги, як показано на рис. 3.11.

```
public class Send {
    private final static String QUEUE_NAME = "hello";
    public static void main(String[] argv) throws Exception {
        ...
    }
}
```

Рисунок 3.10 – Оголошення класу Send

Після цього виконується створення підключення до сервера, як наведено на рис. 3.11.

```
ConnectionFactory factory = new ConnectionFactory();
factory.setHost("localhost");
try (Connection connection = factory.newConnection();
    Channel channel = connection.createChannel()) {
}
}
```

Рисунок 3.11 – Створення підключення до сервера

З'єднання абстрагується через сокет і дбає про узгодження версії протоколу, автентифікацію тощо. У даному випадку виконується підключення до вузла RabbitMQ на локальній машині – отже, вказується локальний хост.

У випадку, коли необхідно підключитися до вузла на іншій машині, то тоді просто вказується назва хоста або IP-адреса. Далі формується канал, де міститься більшість API для виконання завдань.

					<i>КС КРБ 123.318.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тут потрібно відзначити, що можна використовувати оператор `try-with-resources`, оскільки і `Connection`, і `Channel` реалізують `java.lang.AutoCloseable`.

Таким чином, не потрібно явно закривати з'єднання у коді. Щоб надіслати повідомлення, необхідно оголосити чергу для надсилання і тоді можна опублікувати у ній повідомлення з використанням оператора `try-with-resources`, як показано на рис. 3.12.

```
channel.queueDeclare(QueueName, false, false, false, null);
String message = "Hello World!";
channel.basicPublish("", QueueName, null, message.getBytes());
System.out.println(" [x] Sent '" + message + "'");
```

Рисунок 3.12 – Оголошення черги відправлення повідомлень

Оголошення черги є ідемпотентним, тобто вона буде створена, лише якщо її ще не існує. Вміст повідомлення є масивом байтів, тож у нього можна кодувати все, що завгодно. На рис. 3.13 продемонстровано загальний клас видавця.

```
import com.rabbitmq.client.Channel;
import com.rabbitmq.client.Connection;
import com.rabbitmq.client.ConnectionFactory;

import java.nio.charset.StandardCharsets;

public class Send {

    private final static String QUEUE_NAME = "hello";

    public static void main(String[] argv) throws Exception {
        ConnectionFactory factory = new ConnectionFactory();
        factory.setHost("localhost");
        try (Connection connection = factory.newConnection();
            Channel channel = connection.createChannel()) {
            channel.queueDeclare(QUEUE_NAME, false, false, false, null);
            String message = "Hello World!";
            channel.basicPublish("", QUEUE_NAME, null, message.getBytes(StandardCharsets.UTF_8));
            System.out.println(" [x] Sent '" + message + "'");
        }
    }
}
```

Рисунок 3.13 – Клас видавця, що відповідає за надсилання повідомлень у чергу



Реалізуювши відправлення повідомлення далі потрібно ще створити функціональність для його одержання підписником.

«Споживач» (підписник) прослуховує повідомлення від RabbitMQ, тому, на відміну від видавця, який публікує одне повідомлення, треба змусити споживача прослуховувати чергу і реагувати певним чином, наприклад відображати у веб-інтерфейсі. На рис. 3.14 представлено фрагмент сценарію, який стосується одержувача (підписника).

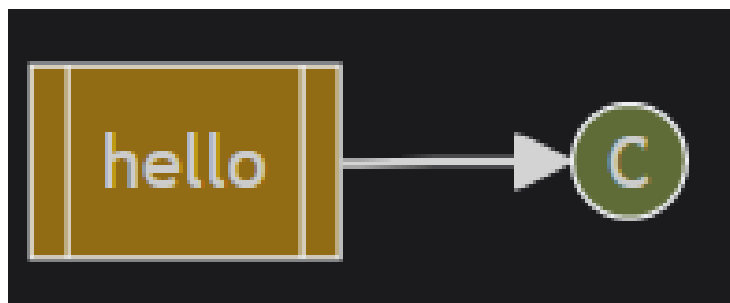


Рисунок 3.14 – Сценарій функціональності підписника

Для реалізації сценарію отримання повідомлення з черги у файлі Recv.java спочатку виконується імпорт, як і у випадку із Send класом (рис. 3.14).

```
import com.rabbitmq.client.Channel;
import com.rabbitmq.client.Connection;
import com.rabbitmq.client.ConnectionFactory;
import com.rabbitmq.client.DeliverCallback;
```

Рисунок 3.14 – Імпорт об’єктів при реалізації сценарію підписника

Як видно з рис. 3.14 імпортовано додатковий інтерфейс DeliverCallback, який використовується для буферизації повідомлень, що надсилаються сервером. Після цього виконується налаштування подібного до того, яке виконано у видавці. Далі відкривається з’єднання та канал і оголошується черга, з якої буде виконуватися одержання повідомлень. Тут потрібно звернути увагу на те, що черга повинна збігатися з тією, до якої надіслано повідомлення. Програмний код описаних процедур наведений на рис. 3.15.

```

public class Recv {

    private final static String QUEUE_NAME = "hello";

    public static void main(String[] argv) throws Exception {
        ConnectionFactory factory = new ConnectionFactory();
        factory.setHost("localhost");
        Connection connection = factory.newConnection();
        Channel channel = connection.createChannel();

        channel.queueDeclare(QUEUE_NAME, false, false, false, null);
        System.out.println(" [*] Waiting for messages. To exit press CTRL+C");

    }
}

```

Рисунок 3.15 – Оголошення класу для одрежання повідомлень підписником

Як видно з рис. 3.15, у фрагменті оголошення класу виконано також і оголошення черги. Оскільки існує можливість запуску підписника раніше за видавця, варто переконатися, що черга існує, перш ніж спробувати її використовувати

Для цього використовується оператор try-with-resource для автоматичного закриття каналу та з'єднання. Однак це незручно, оскільки потрібно, щоб процес залишався функціональним, поки підписник асинхронно прослуховує надходження повідомлень. Тому необхідно повідомити серверу про доставку повідомлення з черги. Оскільки він надсилатиме повідомлення асинхронно, надається зворотний виклик у формі об'єкта, який буферизуватиме повідомлення, доки не буде готовності до їх використання. Це те, що робить підклас DeliverCallback, фрагмент якого показано на рис. 3.16.

```

DeliverCallback deliverCallback = (consumerTag, delivery) -> {
    String message = new String(delivery.getBody(), "UTF-8");
    System.out.println(" [x] Received '" + message + "'");
};
channel.basicConsume(QUEUE_NAME, true, deliverCallback, consumerTag -> { });

```

Рисунок 3.16 – Підклас DeliverCallback

					<i>КС КРБ 123.318.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

Таким чином, за допомогою патерну видавець-підписник, а також брокера RabbitMQ забезпечено передачу даних від мікроконтролера управління тепловим насосом і термістором до центрального хабу керування, що взаємодіє з користувацьким веб-інтерфейсом. Наступний крок полягає у розробці фронтенду для керування насосом на основі одержаних показників температури від термістора.

### 3.4 Інструкція з налаштування комп'ютерної системи та користувацького інтерфейсу

Комп'ютерну систему підігріву води у басейні з використанням сонячних панелей (колектора) на рівні програмного забезпечення можна розглядати як проект на основі Raspberry Pi та IoT до складу якого входить центральна система Control Hub, яка організовує взаємодію користувача з кількома пристроями IoT у приватній мережі.

Центральний хаб працює на RaspberryPi 2+, що полегшує обмін повідомленнями між ним та пристроями IoT. На додаток до цього, він обслуговує інтерфейс, запрограмований на Angular, і серверну частину, запрограмовану на Java – інтерфейс і відповідний бекенд дозволяють кінцевим користувачам керувати своїми пристроями IoT у своїх приватних мережах.

Системні вимоги, які висуваються для розгортання комп'ютерної системи передбачає архітектуру центрального процесора Arm7+, тобто RaspberryPi2 та вищих версій, а також наявність доступу до мережі інтернет. SD-карта повинна мати об'єм не менше 4 ГБ.

Для того, щоб інсталиювати центральний хаб, який складається з інтерфейсу Angular і бекенду Java/Spring Boot, необхідно спочатку їх розгорнути на RaspberryPi.

Ansible використовувався для визначення завдань для 2 згаданих розгортань. Щоб виконати завдання, які потрібно інсталиювати, варто дотримуватися вказівок посібника для конкретної операційної системи. Інсталяція Ansible у деяких операційних системах.

					<i>КС КРБ 123.318.00.00 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>51</i>

Після встановлення Ansible необхідно вимкнути перевірку ключа хоста, додавши значення `host_key_checking = False` до файлу `ansible.cfg`. Це дозволить з'єднання SSH із віддаленими хостами лише за паролем.

Далі потрібно виконати наведені нижче інструкції з налаштування, щоб розгорнути центральний хаб на RaspberryPi.

- встановити операційну систему RaspberryPi OS Lite (32 bit) на SD-карту за допомогою програмного забезпечення Raspberry Pi Imager;
- обрати образ RaspberryPi OS Lite (32 bit);
- вставити SD-карту RaspberryPi у локальний комп'ютер і обрати її зі списку;
- відкрити панель додаткових параметрів, одночасно натиснувши `Ctrl+Shift+X`;
- обрати «Увімкнути SSH» і «Використовувати автентифікацію за паролем»;
- ввести пароль, який буде зручно використовувати для SSH-синхронізації в RaspberryPi пізніше;
- у випадку, якщо RaspberryPi має вбудований Wi-Fi (RaspberryPi3+) і є кращим засобом для підключення до приватної мережі, потрібно обрати «Налаштувати Wi-Fi» та ввести SSID і пароль відповідної Wi-Fi-мережі;
- натиснути WRITE (це відформатує SD-карту та встановить на неї ОС RaspberryPi);
- вставити SD-карту в RaspberryPi та увімкнути мікроконтролер;
- підключитися до приватної мережі, а потім знайти IP-адресу RaspberryPi, або увійшовши до маршрутизатора та відкривши вкладку «Пристрої» або подібну опцію (залежно від марки та моделі маршрутизатора).
- можна скористатися мережевою утилітою, наприклад netstat, щоб визначити IP-адресу RaspberryPi;
- скопювати проект і перейти до каталогу Ansible, щоб відкрити файл `hosts.ini`.
- замінити IP-адресу хоста `[control_hub]` на IP-адресу, отриману на попередньому кроці 3;

					<i>КС КРБ 123.318.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- відкрити файл `deploy_and_start_control_hub_playbook.yml`, розташований у каталозі `Ansible/Control Hub`, і змінити значення для інтерфейсу на бездротовий або Ethernet залежно від того, який інтерфейс використовуватиметься для підключення RaspberryPi до приватної мережі;
- відкрити термінал на локальній машині та перейти до каталогу `Ansible/Control Hub`, виконати `ansible-playbook deploy_and_start_control_hub.yml -i ../hosts.ini`.

Це запустить кілька завдань Ansible, які:

- оновлять репозиторії RaspberryPi apt і ОС;
- встановить необхідні пакети та інструменти для запуску коду центру керування, що включає встановлення Java 8, сервер Tomcat і докер;
- створить файли модуля systemd для керування серверною частиною хабу управління, зовнішнім інтерфейсом і контейнером докерів, у якому розміщено брокер повідомлень RabbitMQ.

Далі необхідно налаштувати згадані раніше файли пристрою, створити статичну IP-адресу для RaspberryPi у приватній мережі, перезапустити RaspberryPi та розмістити інтерфейс для керування пристроями RaspberryPi з підтримкою IoT.

Програмний код видавця контролера теплового насосу представлено на рис. 3.17.

```
import lombok.extern.slf4j.Slf4j;
import org.springframework.beans.factory.annotation.Autowired;
import org.springframework.cloud.stream.annotation.EnableBinding;
import org.springframework.messaging.support.MessageBuilder;
import org.springframework.stereotype.Component;
import piandarduinoguy.raspberrypi.pump_controller.channel.PumpControllerChannels;
import piandarduinoguy.raspberrypi.pump_controller.domain.PumpState;

@Component
@EnableBinding(PumpControllerChannels.class)
@Slf4j
public class PumpControllerToggleStatusPublisher {
    @Autowired
    private PumpControllerChannels pumpControllerChannels;

    public void publishUpdate(PumpState pumpState) {
        log.info("Sending message {} on the queue {}", pumpState.toString(), pumpControllerChannels.pumpControllerStateOutput());
        pumpControllerChannels.pumpControllerStateOutput().send(MessageBuilder.withPayload(pumpState.toString()).build());
    }
}
```

Рисунок 3.17 – Програмний код видавця на стороні мікроконтролера управління тепловим насосом

Метод класу для зчитування показників температури з термістора показано на рис. 3.18.

```
private double getTempFromThermistorResistance(final double thermistorResistance) {
    // perform B-parameter equation to get temp from thermistor resistance
    double oneOverB = (1 / B_COEFFICIENT);
    log.debug(String.format("oneOverB: %s", oneOverB));
    double thermResOverThermNomRes = (thermistorResistance / THERMISTOR_NOMINAL_RESISTANCE);
    log.debug(String.format("thermResOverThermNomRes: %s", thermResOverThermNomRes));
    double lnThermResOverThermNomRes = Math.log(thermResOverThermNomRes);
    log.debug(String.format("lnThermResOverThermNomRes: %s", lnThermResOverThermNomRes));
    double oneOverNomTemp = (1.0 / (NOMINAL_TEMPERATURE + 273.15));
    log.debug(String.format("oneOverNomTemp: %s", oneOverNomTemp));
    double inverseTempKelvin = oneOverNomTemp + oneOverB * lnThermResOverThermNomRes;
    log.debug(String.format("inverseTempKelvin: %s", inverseTempKelvin));
    double recipInverseTempKelvin = 1 / inverseTempKelvin;
    log.debug(String.format("recipInverseTempKelvin: %s", recipInverseTempKelvin));
    double tempPlusError = (recipInverseTempKelvin - 273.15) + tempReadingError;
    log.info(String.format("Temperature: %s", tempPlusError));
    return tempPlusError;
}
```

Рисунок 3.18 – Метод зчитування показників температури термістора

Зовнішній вигляд головної веб-сторінки для управління підігрівом води у басейні показано на рис. 3.19.

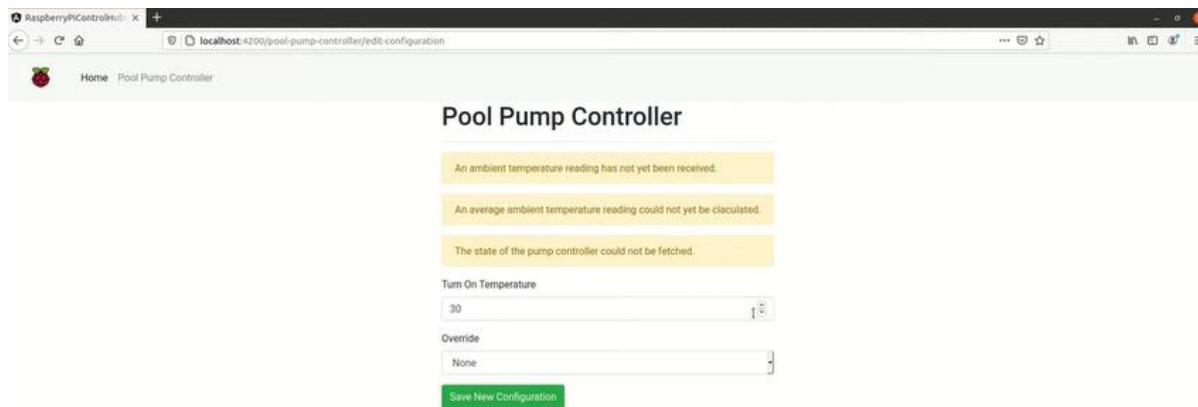


Рисунок 3.19 – Головна веб-сторінка системи управління тепловим насосом

Як видно з рис. 3.19 елементи керування системи підігріву води включають в себе стрічки стану щодо:

- поточного показника температури навколишнього середовища;
- середнього показника температури протягом певного періоду часу;
- режиму роботи теплового насосу.

Для запуску системи підігріву води повинно бути виконано запуск апаратного забезпечення центрального хабу та мікроконтролера для управління температурою підігріву води і після цього потрібно натиснути кнопку «Save Configuration», налаштувавши параметри підігріву.

Елементи керування дають змогу задати значення температури, яке повинен забезпечувати тепловий насос на основі сонячного колектора в конкретний момент часу, а для оновлення стану функціонування теплового насосу можна обрати один з трьох варіантів:

- ON – насос примусово увімкнений для забезпечення вказаної температури;
- OFF – примусове ручне вимкнення насосу;
- None – автоматичний режим роботи теплового насосу.

Коли задані параметри теплового насосу і система почала працювати, користувач може побачити поточний показник температури навколишнього середовища у першій стрічці стану, як показано на рис. 3.20.

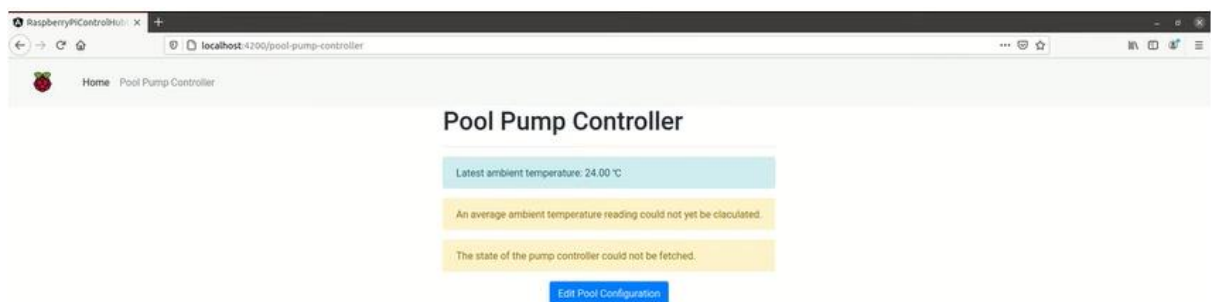


Рисунок 3.20 – Відображення поточного показника температури

Отримавши 15 показників температури з термістора, доступним стає відображення середнього значення температури. Такі вимірювання температури проводяться протягом 5 годин роботи теплового насосу на основі сонячного

колектора. Відображення поточного, і середнього значення температури показано на рис. 3.21.

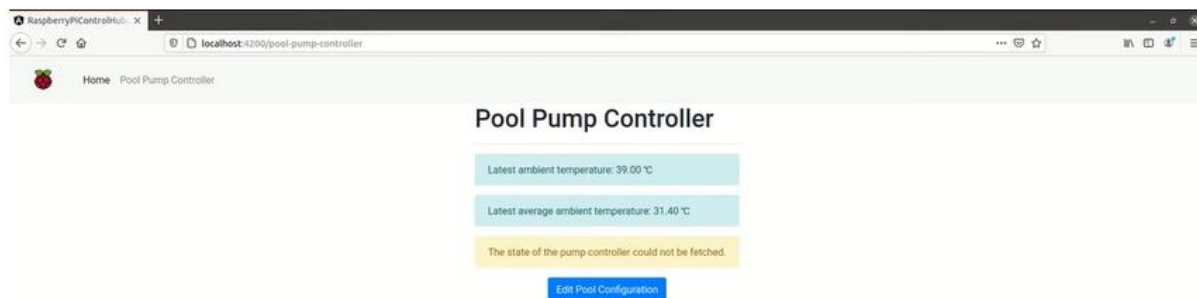


Рисунок 3.21 – Відображення зчитаного поточного показника температури та середнього значення

У випадку, коли виникає необхідність увімкнення насоса для підігріву води, на веб-сторінці буде оновлено статус насоса, що проілюстровано на рис. 3.22.

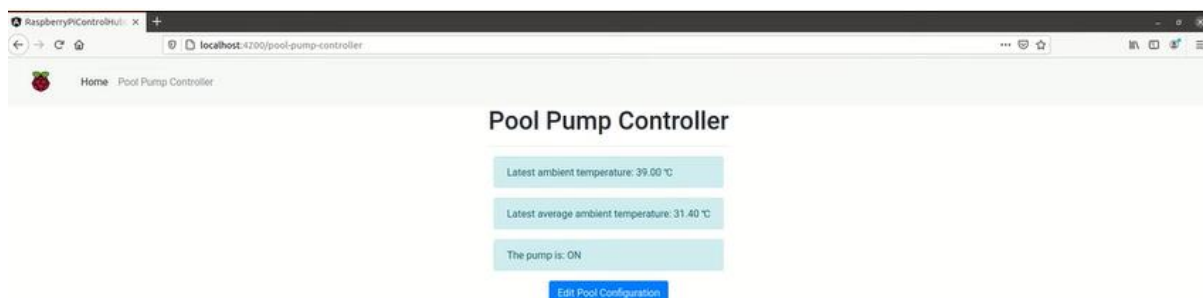


Рисунок 3.22 – Відображення температурних показників і стану теплового насоса

Оновлення сторінки стрічки стану об'єктів починають змінюватися після того, як запрацює система після вказання усіх необхідних параметрів. Для зміни параметрів теплового насоса використовується кнопка «Edit Configuration», як показано на рис. 3.23.



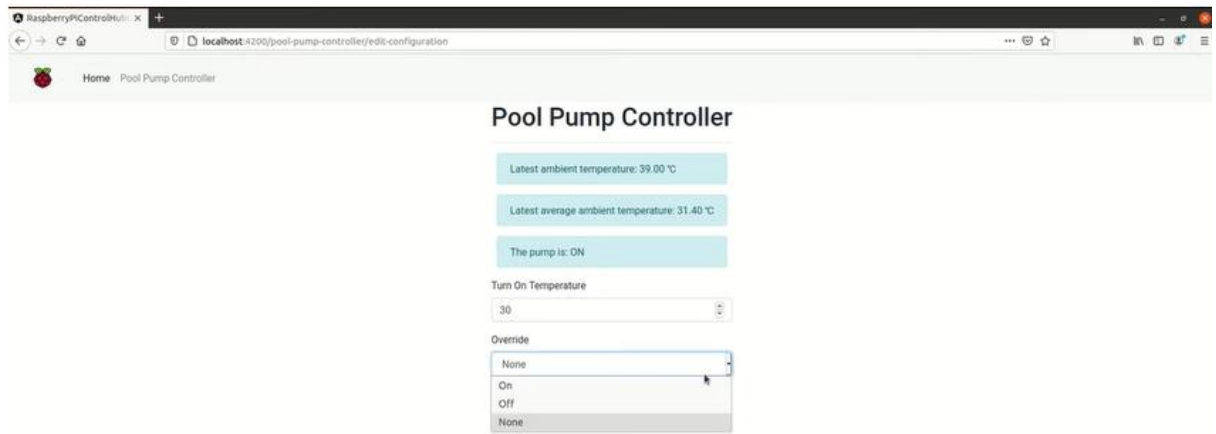


Рисунок 3.23 – Оновлення конфігурації насоса системи підігріву води у басейні

Таким чином, реалізація програмного забезпечення комп'ютерної системи підігріву води у басейні з використанням сонячних панелей дає змогу користувачу проводити моніторинг температурних показників і стану теплового насосу, а також зручно налаштовувати його конфігурацію.

					<i>КС КРБ 123.318.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## РОЗДІЛ 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

### 4.1 Менеджмент безпеки

Правове забезпечення безпеки життєдіяльності в Україні орієнтовано на державну політику щодо забезпечення життєдіяльності населення у техногеннобезпечному й екологічному чистому світі [18].

Екологічно чистий світ можливий лише при відсутності загрози з боку природних об'єктів чи при умові недопущення виникнення джерел техногенної безпеки. Із зазначених позицій основне місце посідає законодавство у галузі регулювання відносин з охорони здоров'я людини та навколишнього середовища, безпеки в надзвичайних та повсякденних ситуаціях, тобто безпеки життєдіяльності. Ці відносини регулюються нормативними актами різної юридичної сили: конституцією, законами, урядовими підзаконними актами, галузевими інструкціями вимог і правил безпеки життєдіяльності та відповідними актами місцевих органів влади [18].

Суспільство і держава відповідальні перед сучасним і майбутніми поколіннями за рівень здоров'я і збереження генофонду народу України, забезпечують пріоритетність охорони здоров'я в діяльності держави, поліпшення умов праці, навчання, побуту і відпочинку населення, розв'язання екологічних проблем, вдосконалення медичної допомоги і запровадження здорового способу життя.

Об'єктом управління БЖД є стан умов, параметрів і норм життєдіяльності на визначеній території або об'єкті. Головний напрямок у керуванні БЖД – створення безпечних умов життєдіяльності на всіх стадіях повного циклу функціонування системи "людина – навколишнє середовище".

					<i>КС КРБ 123.318.00.00 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Куцик В.І.</i>			<i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Архивів</i>
<i>Перевірив.</i>		<i>Луцків А.М.</i>					58	
<i>Консульт.</i>		<i>Пилипець М.І.</i>				<i>ТНТУ, каф. КС, гр. СІс-42</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Луцик Н.С.</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Осухівська Г.М.</i>						

Ефективне виконання будь-яких завдань організації управління та нагляду за безпекою життєдіяльності базується на безумовному дотриманні відповідних принципів [18]:

- системності, що передбачає застосування єдиних взаємоузгоджених підходів до правового регулювання взаємовідносин у сфері компетенції Міністерства України з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи, служби Цивільної оборони;
- плановості, який полягає виключно у плановому порядку створення нормативно-правових актів;
- спадкоємності, який передбачає повне використання раніше напрацьованих матеріалів з вітчизняного та зарубіжного досвіду;
- економічності, який передбачає обов'язкове економічне обґрунтування всіх нормативно-правових актів;
- ієрархічності, який передбачає одночасну узгоджену розробку пакета нормативно-правових актів на державному та місцевому рівнях.

Контроль за дотриманням законодавства щодо безпеки життєдіяльності в Україні здійснюють різні державні та громадські організації. Серед них державні органи загальної, спеціальної та галузевої компетенції. До першої групи органів належать Кабінет Міністрів, виконавчі комітети місцевих рад народних депутатів, місцеві адміністрації.

Управління, контроль та нагляд за безпечною життєдіяльністю в Україні здійснюють:

- Кабінет Міністрів України;
- Національна рада з питань безпечної життєдіяльності населення;
- Державна служба гірничого нагляду та промислової безпеки;
- Державна служба з надзвичайних ситуацій України;
- Державна інспекція ядерного регулювання України;
- Державний департамент пожежної безпеки;
- Заклади санітарно-епідеміологічної служби МОЗ.

Кабінет Міністрів України забезпечує:

					<i>КС КРБ 123.318.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- реалізацію державної політики в галузі охорони праці;
- затверджує національну програму щодо поліпшення стану безпеки, гігієни праці і виробничого середовища;
- визначає функції міністерств, інших центральних органів державної виконавчої влади щодо створення безпечних і нешкідливих умов праці та нагляду за охороною праці;
- визначає порядок створення і використання державного, галузевих і регіональних фондів охорони праці.

З метою координації діяльності органів державного управління безпекою громадян та охороною праці створюється Національна рада з питань безпечної життєдіяльності населення, яку очолює віце-прем'єр-міністр України.

Національна рада організовує свою діяльність на підставі Положення про національну раду з питань безпечної життєдіяльності населення, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 15 вересня 1993 р. № 733.

Запобігання виникнення небезпечних та несприятливих умов життєдіяльності передбачає підготовку і реалізацію комплексу правових, соціально-економічних, політичних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і інших заходів, спрямованих на регулювання умов і параметрів норм життєдіяльності, проведення оцінки рівня ризику, своєчасне реагування на зміну умов життєдіяльності на основі даних моніторингу, експертизи, контролю і прогнозу і недопущення переростання цих змін у небезпечні та несприятливі умови.

Ліквідація негативних наслідків передбачає скоординовані дії всіх структурних органів системи управління БЖД по реалізації заздалегідь розроблених планів, уточнених в умовах конкретного характеру і рівня надзвичайної ситуації з метою виключення загрози здоров'ю і життю людей і надання невідкладної допомоги по-страждалим.

Основні завдання та функції державної системи управління:

- планування робіт;
- розробка, прийняття і відміна нормативних актів;
- професійний відбір;

					<i>КС КРБ 123.318.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						60
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

- реєстрація і облік;
- експертиза;
- ліцензування та сертифікація;
- управління фондами;
- узгодження і видача дозволів, наукове забезпечення, міжнародне співробітництво;
- забезпечення безпеки обладнання, будівель та споруд;
- забезпечення санітарно-гігієнічних умов праці, санітарно-побутового обслуговування, лікувально-профілактичного і медичного обслуговування;
- розслідування та облік нещасних випадків, захворювань, аварій;
- пропаганда культури безпеки.

#### 4.2 Характеристика небезпечних зон обладнання та розробка заходів безпеки

Процес експлуатації основного і допоміжного технологічного обладнання передбачає безпосередній тимчасовий або постійний контакт людини з органами контролю і управління обладнання. В цьому просторі людина може потрапляти під дію НШВФ. В техніці безпеки простір, в якому постійно або тимчасово діють небезпечні та шкідливі виробничі фактори, отримав назву небезпечних зон. Небезпечні зони поділяються на постійні і змінні. Постійні характеризуються незмінними розмірами у часі, змінні – змінюють розміри у часі. Засоби захисту небезпечних зон поділяються на колективні і індивідуальні [19].

Колективні засоби захисту небезпечних зон умовно розділяють на: огорожувальні, запобіжні, сигнальні, дистанційного управління.

Огорожувальні засоби бувають стаціонарними, знімними і переносними.

Стаціонарні – постійно закривають доступ до небезпечної зони і демонтуються при огляді, ремонті та обслуговуванні робочих органів обладнання. Це корпуси, кожухи, бар'єри, незнімні огороження тощо.

Знімні – устанавлюються в місцях періодичного доступу до небезпечних зон і знімаються для виконання допоміжних операції (завантаження –

					<i>КС КРБ 123.318.00.00 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						61
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

розвантаження сировини в машинах періодичної дії, зміни інструменту, зміна картриджу тощо). Вони обов'язково блокуються з приводом робочих органів і забезпечують їх зупинку при зміні положення знімного огороження. Блокувальні пристрої бувають механічними, електричними, фотоелектричними, електромеханічними тощо [19].

Переносні огороження встановлюються на час виконання монтажних, ремонтних, будівельних та інших робіт.

Запобіжні пристрої забезпечують захист обладнання у автоматичному режимі від аварій і поломок та пов'язаних з цим вірогідністю травматизму. Запобіжні пристрої в залежності від відновлення працездатності обладнання підрозділяються на:

- з автоматичним включенням (запобіжний клапан, термореле та інші);
- з ручним включенням (електромагнітний вимикач, тепловий захист тощо);
- зі зміною слабкої ланки (штифти, які зрізуються; плавкі вставки; запобіжні мембрани тощо).

Сигнальні пристрої інформують працівників про роботу обладнання і виникаючих при цьому небезпечних і шкідливих виробничих факторах. Інформація буває оперативною, попереджувальною та іншою [19]. Доводиться до працюючих світлом, кольором, знаками, звуком або їх комбінацією. Вони широко застосовуються для контролю різних параметрів: рівня продукту, тиску, температури і вологості середовища, хімічного складу, вібрації, шуму тощо.

Дистанційне управління дозволяє усунути дію на людину вібрації, шуму, теплових випромінювань та інших небезпечних і шкідливих факторів. Воно широко розповсюджено на підприємствах харчової промисловості і в значній мірі поліпшує умови праці людини.

Індивідуальні засоби захисту використовують в тих випадках, коли використання колективних засобів захисту недостатньо або при їх відсутності. До них відносяться: глушники шуму, діелектричні рукавички, окуляри, протигази, хімічний одяг, кольчужні рукавички, каски і широкий клас інших засобів захисту.

					<i>КС КРБ 123.318.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основне технологічне і допоміжне обладнання у виробничих приміщеннях розташовується і компонується у відповідності до галузевих норм технологічного проектування та галузевих правил з охорони праці.

Основні вимоги галузевих норм:

- послідовність розташування згідно технологічної схеми;
- максимальне забезпечення безпеки робіт;
- зручність налаштування, обслуговування, ремонту;
- забезпечення максимального значення коефіцієнта природного освітлення (КПО);
- забезпечення нормованих показників мікроклімату робочої зони і виробничих приміщень тощо.

Основні норми ширини проходів при розміщенні обладнання для магістральних (генеральних проходів) не менше 1,5 м; між обладнанням не менше 1,2 м; між стінами виробничих будівель і обладнанням не менше 1,0 м. Вони збільшуються на 0,75 м при однобічному розташуванні працюючих від проходів і не менш ніж на 1,5 м при двобічному розташуванні працюючих від проходів [19]. Ширина проїздів установлюється в залежності від виду транспорту, який використовується, з урахуванням радіуса його повороту. Для ремонту і обслуговування відстань від обладнання до стін повинна бути не менше 0,7 м.

Монтажні прорізи у перекриттях будівель повинні бути передбачені не менш ніж на 1 м більше габаритів змонтованого обладнання.

Основне технологічне та допоміжне обладнання повинно виготовлятися відповідно до наступних ергономічних вимог: антропометричних, психофізіологічних та естетичних. Відповідність антропометричним вимогам визначається економією рухів, виключенням незручних поз, вибором параметрів конструкції з урахуванням антропометричних особливостей людини.

					<i>КС КРБ 123.318.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

## ВИСНОВКИ

Результатом виконання кваліфікаційної роботи бакалавра є розроблений проект комп'ютерної системи підігріву води з використанням сонячних панелей.

До складу системи входить:

- мікроконтролер Raspberry PI версії 2 або вище, що виконує роль центрального хабу керування і забезпечує можливість комунікації користувача та локальної системи управління підігрівом води;
- мікроконтролер Raspberry PI Zero, що застосовується як пристрій локального управління та вимірювання температурних показників сонячного колектора, а також керування процесом увімкнення/вимкнення циркуляційного насосу;
- датчик температури NTC – призначений для безпосереднього вимірювання показників аналогової напруги з подальшим їх перетворенням у градуси Цельсія;
- аналогово-цифровий перетворювач MCP3002 – забезпечує перетворення аналогової напруги у цифрову;
- блок реле – підключається до Raspberry PI Zero і керує управлінням циркуляційного насосу.

Програмне забезпечення для керування процесом нагрівання води реалізовано у вигляді веб-орієнтованого додатку із застосуванням технологій Angular та Java, які реалізують front end і back end відповідно. При проектуванні архітектури і написанні програмного коду використано патерни проектування «видавець-підписник» («Publisher/Subscriber»), патерн спостерігач («Observer»), а в якості брокера (дистриб'ютора) застосовано RabbitMQ.

Комп'ютерна система підігріву води у басейнах з використанням сонячних панелей є ефективним, надійним та екологічно безпечним рішенням для сучасних басейнів. Вона не тільки знижує експлуатаційні витрати, але й підвищує комфорт користувачів, забезпечуючи стабільний та якісний підігрів води.

					<i>КС КРБ 123.318.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Harrington C., Modera M. Swimming pools as heat sinks for air conditioners. California feasibility analysis. Energy and Buildings. 59. 2013. PP. 252–264.
2. Holmen. Holmen indoor Swimming Pool. URL: <https://www.arkitektur.no/holmen-indoor-swimming-pool-asker?lcid=1033> (дата звернення: 24.05.2024).
3. Hong T., Langevin J., Sun K. Building simulation: Ten challenges. Building Simulation, 11. PP. 871–898.
4. Harkouss F, Fardoun F, Biwole PH. Optimization approaches and climates investigations in NZEB –A review. Building Simulation. 2018. PP. 923–952.
5. Katsaprakakis DA. Comparison of swimming pools alternative passive and active heating systems based on renewable energy sources in Southern Europe. Energy. 2015. PP. 738–753.
6. Kim S., Lee H., Kim H. Improvement in policy and proactive interconnection procedure for renewable energy expansion in South Korea. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 98. 2018. PP. 150–162.
7. IoT Swimming Pool Temperature with Raspberry Pi. URL: <https://danbehman.wordpress.com/2016/07/03/iot-swimming-pool-temperature-with-raspberry-pi/> (дата звернення: 30.05.2024).
8. Pool Monitor. URL: <https://thingspeak.com/channels/293211> (дата звернення: 30.05.2024).
9. Post Temperature Data and Read from Channel. URL: <https://www.mathworks.com/help/thingspeak/read-and-post-temperature-data.html> (дата звернення: 30.05.2024).
10. RabbitMQ tutorial – Introduction. URL: <https://www.rabbitmq.com/tutorials/tutorial-one-java> (дата звернення: 01.06.2024).
11. API Reference. URL: <https://flask.palletsprojects.com/en/3.0.x/#api-reference>. (дата звернення: 02.06.2024).

					<i>КС КРБ 123.318.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

12. Raspberry Pi Pico W Analysis. URL: <https://amaldev.blog/raspberry-pi-pico-w-analysis/> (дата звернення: 21.05.2024).

13. Микитишин А.Г., Митник М.М., Стухляк П.Д., Пасічник В.В. Комп'ютерні мережі. Книга 2. Львів, «Магнолія 2006», 2014. 312 с.

14. Микитишин А.Г., Митник М.М., Стухляк П.Д. Телекомунікаційні системи та мережі. Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2016. 384 с.

15. Паламар М.І., Стрембіцький М.О., Паламар А.М. Проектування комп'ютеризованих вимірювальних систем і комплексів. Навчальний посібник. Тернопіль: ТНТУ. 2019. 150 с.

16. Raspberry Pi Computer Boards. URL: <https://www.okdo.com/c/pi-shop/the-raspberry-pi/> (дата звернення 05.05.2024 р.).

17. Осухівська Г.М., Луцик Н.С., Луцик Н.С., Паламар А.М. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційних робіт здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія» усіх форм навчання. Тернопіль, ТНТУ. 2022. 28 с.

18. НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями». Київ. 2018.

19. Катренко Л.А., Катренко А.В. Охорона праці в галузі комп'ютерингу. Львів: Магнолія-2006. 2012. 544 с.

20. Бедрій Я. Основи охорони праці користувачів персональних комп'ютерів: навчальний посібник для студентів ВНЗ та інженерів-практиків. Навчальна книга-Богдан. 2014. 144 с.

					<i>КС КРБ 123.318.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаток А  
Технічне завдання

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії

Кафедра комп'ютерних систем та мереж

**“Затверджую”**

Завідувач кафедри КС

\_\_\_\_\_ Осухівська Г.М.

“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2024 р

КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА ПІДГРІВУ ВОДИ З ВИКОРИСТАННЯМ  
СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ

**ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ**

на 14 листках

**Вид робіт:**

Кваліфікаційна робота

**На здобуття освітнього ступеня «Бакалавр»**

**Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»**

«УЗГОДЖЕНО»

Керівник кваліфікаційної роботи

\_\_\_\_\_ к.т.н., доц. Луцків А.М.

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 р.

«ВИКОНАВЕЦЬ»

Студент групи СІс-42

\_\_\_\_\_ Куцик В.І.

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 р.

**Тернопіль 2024**

## 1 Загальні відомості

### 1.1 Повна назва та її умовне позначення

Повна назва теми кваліфікаційної роботи: «Комп'ютерна система підігріву води з використанням сонячних панелей».

Умовне позначення кваліфікаційної роботи: КС КРБ 123.318.00.00

### 1.2 Виконавець

Студент групи СІс-42, факультету комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії, кафедри комп'ютерних систем та мереж, Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, Куцик Владислав Ігорович.

### 1.3 Підстава для виконання роботи

Підставою для виконання кваліфікаційної роботи є наказ по університету (№4/7-468 від 26.04.2024 р.)

### 1.4 Планові терміни початку та завершення роботи

Плановий термін початку виконання кваліфікаційної роботи – 26.04.2024 р.

Плановий термін завершення виконання кваліфікаційної роботи – 24.06.2024 р.

## 1.5 Порядок оформлення та пред'явлення результатів роботи

Порядок оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу здійснюється у відповідності до чинних норм та правил ISO, ЕСКД, ЕСПД та ДСТУ.

Пред'явлення проміжних результатів роботи з виконання кваліфікаційної роботи здійснюється у відповідності до графіку, затвердженого керівником роботи.

Попередній захист кваліфікаційної роботи відбувається при готовності роботи на 90% , наявності пояснювальної записки та графічного матеріалу.

Пред'явлення результатів кваліфікаційної роботи відбувається шляхом захисту на відповідному засіданні ЕК, ілюстрацією основних досягнень за допомогою графічного матеріалу.

## 2 Призначення і цілі створення системи

### 2.1 Призначення системи

Комп'ютерна система підігріву води з використанням сонячних панелей є сучасним рішенням, яке поєднує в собі технології відновлюваної енергії та автоматизоване управління для ефективного і екологічного підігріву води. Система орієнтована на використання в приватних будинках, готелях, басейнах, спортивних комплексах та інших об'єктах, де необхідне постійне забезпечення гарячою водою.

Основне призначення системи — максимально ефективно використовувати сонячну енергію для підігріву води. Сонячні панелі генерують електроенергію, яка використовується для роботи нагрівачів води. Комп'ютерний модуль управління оптимізує процес, забезпечуючи підігрів води тоді, коли це найвигідніше з точки зору енерговитрат.

Проектовано комп'ютерна система повинна забезпечувати автоматичне управління всіма компонентами, зокрема це стосується моніторингу та контролю температури і регулюванню потоку води.

Система повинна забезпечувати вимірювання температури води в баку та на сонячних панелях і автоматично вмикати або вимикати насоси тепла.

Система налаштовує роботу нагрівачів таким чином, щоб мінімізувати споживання енергії з мережі, використовуючи переважно енергію сонця.

Проектована система покращує комфорт користувачів, забезпечуючи постійний доступ до гарячої води незалежно від погодних умов: безперебійне постачання та гарантування наявності гарячої води навіть уночі або у похмурі дні.

Вбудовані системи захисту, такі як контролери заряду, датчики температури та тиску, запобігають перегріву і перенапрузі, а використання сонячної енергії сприяє зменшенню викидів парникових газів та зниженню залежності від викопного палива. Це в свою чергу знижує вуглецевий слід, оскільки система використовує чисту і відновлювану енергію, а також сприяє зниженню споживання електроенергії з мережі.

## 2.2 Мета створення системи

Мета створення комп'ютерної системи підігріву води у басейні з використанням сонячних панелей полягає у забезпеченні ефективного, екологічно чистого та економічно вигідного підігріву води для підвищення комфорту користувачів та зниження експлуатаційних витрат. Система повинна використовувати відновлювану сонячну енергію для забезпечення постійного підігріву води, автоматизуючи процес управління та моніторингу для досягнення оптимальних результатів.

Задачі, які потрібно розв'язати при побудові проектованої системи стосуються:

- аналітичного огляду існуючих рішень щодо імплементації систем нагріву води у басейнах від сонячної енергії;
- вибору оптимальних сонячних панелі чи колекторів, теплообмінників, баків-акумуляторів, насосів та інших необхідних апаратних компонентів;
- інтеграції апаратних компонентів в єдину систему;

- розробки апаратно-програмного комплексу для контролю та керування всіма аспектами системи, включаючи збір даних з датчиків, обробку інформації та автоматизацію процесів;
- розробки програмного забезпечення моніторингу та управління показниками температури води та ефективності роботи сонячних панелей або колекторів;
- забезпечення автоматичне керування нагрівальними елементами та насосами для підтримання оптимальної температури води;
- створення зручного інтерфейсу для користувачів, який дозволяє в режимі реального часу переглядати стан системи, змінювати налаштування та отримувати сповіщення про стан системи;
- розробки алгоритмів для оптимального використання енергії з врахуванням потреб користувачів.

### 2.3 Характеристика об'єкту

Комп'ютерна система контролю рівня води і температури у плавальних басейнах повинна базуватися на використанні мікроконтролерів для управління процесом моніторингу показників рівня води і температури, а також повинна включати низку апаратних та програмних компонентів, які забезпечують її функціональність, надійність та зручність у використанні.

Серед мікроконтролерів потрібно обрати оптимальне рішення, яке б дозволило забезпечити сумісність пристроїв на апаратному і програмному рівні, продуктивність системи, а також зв'язок на основі безпроводної технології передачі даних.

Система може бути оснащена ультразвуковими або поплавковими датчиками, що вимірюють рівень води з високою точністю, або усю відповідальність покласти на користувача, який самостійно контролює рівень води у басейні.



Для моніторингу за температурою у басейні потрібно використовувати водонепроникні цифрові датчики температури (наприклад, DS18B20), які забезпечують точні вимірювання температури води.

Для забезпечення необхідно рівня води у басейні повинні використовуватися помпи, контроль та управління якими покладається на мікроконтролер.

Програмне забезпечення системи контролю рівня води і температури у плавальних басейнах повинно забезпечувати збір даних з датчиків, обробку цих даних і управління зовнішніми пристроями.

Для користувача системи необхідно розробити інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, який працює через веб-браузер або мобільний додаток, який повинен забезпечувати відображення поточних параметрів, налаштування системи та отримання сповіщень.

#### 4. Функціональні можливості

Система повинна проводити безперервний моніторинг рівня води з можливістю встановлення порогових значень для автоматичного запуску насосу, а також контроль показників температури води і навколишнього середовища з можливістю встановлення цільових значень для автоматичного регулювання нагрівачів або охолоджувачів.

Окрім цього, у проектованій комп'ютерній системі забезпечується керування насосом, що передбачає його автоматичне увімкнення або вимкнення за розкладом або на основі показників рівня води у басейні.

Доступ до компонентів системи повинен бути захищеним, наприклад, із застосуванням методів шифрування даних, що передаються між системою і віддаленими інтерфейсами. Також важливим є наявність системи аутентифікації для запобігання несанкціонованого доступу.

Таким чином, система контролю рівня води і температури у плавальних басейнах повинна забезпечувати високий рівень автоматизації, точності та зручності у використанні, сприяючи покращенню управління басейном та підвищенню комфорту користувачів.

### 3 Вимоги до системи

#### 3.1 Вимоги до системи в цілому

В цілому до комп'ютерної системи підігріву води у басейнах з використанням сонячних панелей можна висунути множину вимог, які відносяться до групи функціональних та нефункціональних вимог.

Основна функціональність, яка покладена на проєктовану систему, полягає у забезпеченні здатності управління компонентами підігріву води в залежності від умов навколишнього середовища. Це означає, що система має забезпечувати ефективний підігрів води в басейні до заданої температури за допомогою сонячних панелей. До функціональних вимог відноситься також постійний моніторинг температури у басейні та у баку-акумуляторі для підтримки заданих параметрів.

Процеси підігріву та моніторингу температури води у басейні повинні виконуватися автоматично, що супроводжується контролем нагрівальних елементів та насосів.

У системі доцільно в перспективі забезпечити простий та зрозумілий апаратний інтерфейс, який давав би змогу налаштовувати параметри системи, виконувати перегляд поточних та історичних даних і стан системи. При цьому досить ефективним є застосування класичного дисплею з кнопками-перемикачами або із сенсорним екраном.

Важливим аспектом інтерфейсу користувача є наявність віддаленого доступу до параметрів конфігурації та моніторингу поточного стану компонентів нагрівання та управління температурними режимами за допомогою веб-інтерфейсу. Даний інтерфейс є обов'язковим для реалізації при імплементації системи підігріву.

Окрім цього, у комп'ютерній системі варто передбачити захист від перегріву у вигляді вбудованих механізмів, що автоматично вимикають нагрівальні елементи при досягненні критичних температур.

Крім цього, щодо нефункціональних характеристик надійності, то потрібно передбачити можливість аварійного вимкнення системи у випадку виявлення небезпечних умов чи несправностей.

Аварійне відключення: Можливість аварійного відключення системи у випадку виявлення небезпечних умов або несправностей.

Серед технічних вимог потрібно виділити вимоги до апаратного і програмного забезпечення. Це означає, що при виборі апаратних складових необхідно враховувати вимоги, визначені у специфікації виробника до наступних компонентів:

- сонячні панелі визначеної потужності з прийнятною похибкою;
- теплообмінник з визначеним коефіцієнтом теплопередачі;
- бак-акумулятор з врахуванням потенційного об'єму води, яка додатково з'являється при нагріванні;
- насос, який забезпечує циркуляцію води від сонячних колекторів до басейну з визначеною пропускною здатністю;
- температурні сенсори визначеної точності на основі значень яких приймається рішення про увімкнення нагрівачів та насосів

Серед вимог щодо експлуатації комп'ютерної системи підігріву води у басейні та її компонентів висуваються вимоги ефективності та інтеграційні вимоги.

Вимоги ефективності передбачають необхідність застосування відновлювальних джерел енергії для підігріву води, зокрема сонячної енергії, що цим самим зменшить залежність споживання електроенергії з мережі. Окрім цього, при такому підході до реалізації системи необхідно забезпечити енергоефективність, що проявляється в оптимізації споживання енергії за допомогою розумного керування системою.

Інтеграційні вимоги передбачають здатність комп'ютерної системи співіснувати та бути сумісною з іншими системами, наприклад, з існуючими системами розумних будинків. Це дозволить забезпечити ефективність централізованого керування пристроями. Окрім цього, система повинна відповідати

вимогам розширюваності, тобто здатності простого додавання додаткових пристроїв без значного внесення змін в існуючу архітектуру.

Ефективність комп'ютерної системи підігріву води у басейнах з використанням сонячних панелей повинна відповідати критеріям масштабованості в контексті підтримки різних розмірів та об'ємів басейнів, а також повинна забезпечувати гнучкість налаштувань, зокрема можливості адаптації системи під індивідуальні потреби користувачів.

В цілому вимоги до системи підігріву води у басейнах з використанням сонячних панелей включають функціональні, технічні, експлуатаційні та інтеграційні аспекти. Система повинна забезпечувати ефективний та безпечний підігрів води, бути надійною та енергоефективною, а також легкою у використанні та обслуговуванні. Інтеграція з іншими системами та можливість масштабування забезпечують гнучкість та адаптивність системи до різних умов та потреб.

### 3.1.1 Вимоги до способів та засобів зв'язку між компонентами системи

Основними вимогами до способів і засобів зв'язку між компонентами комп'ютерної системи підігріву води у басейні з використанням сонячних панелей є забезпечення безперервного надійного каналу зв'язку між складовими компонентами для гарантованого обміну даними та командами. Також повинні бути передбачені механізми резервування та автоматичного відновлення зв'язку у випадку збоїв.

При обміні та доступі до даних стосовно підігріву води повинні використовуватися методи шифрування для зниження імовірності несанкціонованого доступу чи втручання у роботу системи.

Вимогами до способів зв'язку між компонентами проектованої системи є наявність провідних з'єднань та безпроводних підключень. Важливим для управління процесом нагрівання води є наявність Ethernet-комунікації, зокрема між контролерами, насосами, та комп'ютерним модулем керування.

Застосування послідовних інтерфейсів для зв'язку з датчиками та виконавчими пристроями на коротких відстанях є засобом підвищення надійності зв'язку. Доступ

користувача до елементів управління може також забезпечуватися за допомогою бездротового зв'язку на основі технології Wi-Fi

Підключення температурних датчиків та керування насосами повинно виконуватися через провідні інтерфейси, що забезпечить стабільність зв'язку і циркуляції води у системі.

У системі потрібно передбачити центральний хаб керування на основі мікроконтролера, наприклад, Raspberry Pi 2+, що забезпечує опрацювання даних та керування системою. Управління процесом вимірювання температури на сонячних колекторах, або у басейні, та увімкнення/вимкнення циркуляційних насосів покладається на локальний мікроконтролер, наприклад, Raspberry Pi Zero. Комунікація між мікроконтролерами відбувається за допомогою технології WiFi.

Зв'язок на рівні користувача при управлінні системою нагріву води у басейні повинен бути реалізований за допомогою веб-інтерфейсу, що передбачає використання захищеного протоколу передачі даних HTTPS.

### 3.1.2 Вимоги по діагностуванню системи

Вимоги по діагностуванню комп'ютерної системи підігріву води у басейні з використанням сонячних панелей (колекторів) повинні передбачати проведення комплексу заходів, які охоплюють перевірку працездатності всіх основних компонентів системи, включаючи сонячні панелі, теплообмінники, насоси, датчики та контролери. Діагностування повинно проводитися в реальному часі для своєчасного виявлення та усунення проблем.

При діагностиці доцільно використовувати засоби автоматичного аналізу, тобто система повинна мати можливість визначення стану компонентів, виявлення несправностей без втручання користувача.

Проведення діагностичних процедур повинно проводитися за визначеним графіком для підтримки оптимального стану системи.

В якості діагностичних інструментів можуть використовуватися додаткових датчики для вимірювання параметрів, які не охоплюються основними датчиками

системи, таких як напруга, струм, тиск і витрата води. Окрім цього, можуть впроваджуватися спеціалізовані контрольні модулі для моніторингу стану сонячних панелей, теплових насосів та інших важливих компонентів.

Вимоги до діагностування комп'ютерної системи підігріву води у басейні з використанням сонячних панелей можуть передбачаю автоматизовану систему моніторингу та аналізу стану всіх компонентів. Діагностична система повинна забезпечувати своєчасне виявлення несправностей, прогнозування можливих відмов, а також надавати зручні інтерфейси для локального та віддаленого доступу до даних. Безпека даних та захист від збоїв є ключовими аспектами для забезпечення стабільної та ефективної роботи системи.

### 3.1.3 Перспективи розвитку, модернізація системи

Перспективи розвитку та модернізації комп'ютерної системи підігріву води у басейні з використанням сонячних панелей включають в себе підвищення рівня енергоефективності, потенційне забезпечення можливості інтеграції з іншими джерелами відновлюваної енергії, а також здатність реалізації на їх базі гібридних систем.

Модернізацію системи можна виконувати шляхом встановлення додаткових систем автоматичного орієнтування панелей для максимального поглинання сонячної енергії протягом дня та впровадженням алгоритмів машинного навчання для аналізу даних, прогнозування погодних умов та оптимального управління системою підігріву води.

Перспективою розвитку програмного забезпечення може бути розробка підсистеми голосового управління та застосування хмарних технологій і сервісів для зберігання даних та забезпечення віддаленого доступу до системи з будь-якої точки світу.

Вдосконалення системи може також відбуватися на основі підсистеми сповіщень для інформування користувачів про стан системи, необхідність обслуговування або виникнення несправностей.

### 3.1.4 Вимоги до надійності системи

Серед вимог до надійності комп'ютерної системи потрібно виділити стійкість до погодних умов, тобто апаратні пристрої повинні бути стійким до впливу різних метеофакторів.

Компоненти системи бути відповідати критеріям довговічності, що проявляється у використанні високоякісних матеріалів для забезпечення тривалого терміну служби.

Фактором, що впливає на надійність є простота обслуговування і доступність елементів на фізичному рівні. Також повинні бути розроблені детальні інструкції з експлуатації та повинна бути можливість отримання технічної підтримки.

### 3.1.5 Вимоги до апаратного забезпечення

Апаратне забезпечення комп'ютерної системи підігріву води у басейні з використанням сонячних панелей включає в себе:

- хаб-контролер на базі мікроконтролера Raspberry PI 2 або вище;
- мікроконтролер на базі Raspberry PI Zero 2W для керування підігрівом води;
- температурний датчик на базі NTC;
- аналогово-цифровий перетворювач MCP3002 ;
- реле включення насоса для нагріву і циркуляції води;
- SD-карта об'ємом 4 ГБ.

### 3.1.6 Вимоги до програмного забезпечення

Вимогами до програмного забезпечення на системному рівні є:

- операційна система Raspbian Lite з налаштованими сервісами SSH та доступом до WiFi мережі;
- програмне забезпечення вимірювання показників температури сонячного колектора;

Програмне забезпечення для управління системою нагріву води у басейні з використанням сонячних панелей включає в себе застосування патернів проектування:

- видавець-підписник (Publisher/Subscriber);
- спостерігач (Observer)

#### 4 Вимоги до документації

Документація повинна відповідати вимогам ЄСКД та ДСТУ

Комплект документації повинен складатись з:

- пояснювальної записки;
- графічного матеріалу:

1 Структурна схема організації системи підігріву води у басейні з використанням сонячних панелей.

2 Схема підключення компонентів системи управління підігрівом води у басейні.

3 Структура програмного забезпечення системи на концептуальному рівні.

4 Архітектура програмного забезпечення системи підігріву води у басейні.

\*Примітка: У комплект документації можуть вноситися міни та доповнення в процесі розробки.



## 5 Стадії та етапи проектування

Таблиця 1 – Стадії та етапи виконання кваліфікаційної роботи бакалавра

№ Етапу	Назва етапу виконання кваліфікаційної роботи	Термін виконання
1	Розробка і затвердження технічного завдання	01.02-09.02.2024
2	Аналіз технічного завдання	05.02-11.02.2024
3	Аналіз вимог до комп'ютерної системи підігріву води у басейнах з використанням сонячних панелей	25.04-03.05.2024
4	Проектування комп'ютерної системи підігріву води з використанням сонячних панелей	05.05-20.05.2024
5	Програмне забезпечення управління процесом підігріву води у басейні	20.05-31.05.2024
6	Розробка інструкцій щодо використання комп'ютерної системи	03.06-09.06.2024
7	Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	10.06-15.06.2024
8	Оформлення кваліфікаційної роботи	16.06-20.06.2024
9	Попередній захист кваліфікаційної роботи	14.06.2024
10	Захист кваліфікаційної роботи	24.06-28.06.2024

## 6 Додаткові умови виконання кваліфікаційної роботи

Під час виконання кваліфікаційної роботи у дане технічне завдання можуть вноситися зміни та доповнення.