

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Комп'ютерна система управління зарядною станцією
електромобілів

Виконав: студент IV курсу, групи СІ-41
спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія»

(шифр і назва спеціальності)

Гаврилюк Б.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник Яцишин В.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль Тим С.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри Осухівська Г.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент Дуда О.М.
(підпис) (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 Гаврилюку Богдану Олександровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Комп'ютерна система управління зарядною станцією електромобілів

Керівник роботи Яцишин Василь Володимирович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «24» квітня 2024 року № 4.7-408

2. Термін подання студентом завершеної роботи 23.06.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи Особливості відкритого протоколу заряджання електромобілів, мікроконтролер для управління зарядною станцією, типи акумуляторних батарей

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

Вступ. 1. Аналіз вимог до зарядних станцій електромобілів. 2. Проектування системи управління зарядною станцією електромобілів. 3. Реалізація системи управління зарядною станцією електромобілів. 4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці. Висновки

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

1. Типи та рівні станцій заряджання електромобілів.

2. Структура системи керування зарядом акумуляторних батарей на рівні електромобіля

3. Структурна схема системи заряджання електромобілів на локальному рівні.

4. Архітектура системи при заряджанні від альтернативних джерел енергії.

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 _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	<i>Розробка і затвердження технічного завдання</i>	<i>24.04-28.04.2024</i>	
2.	<i>Аналіз технічного завдання</i>	<i>28.04-05.05.2024</i>	
3.	<i>Аналіз вимог до зарядних станцій електромобілів</i>	<i>05.05-10.05.2024</i>	
4.	<i>Проектування системи управління зарядною станцією електромобілів</i>	<i>10.05-16.05.2024</i>	
5.	<i>Реалізація системи управління зарядною станцією електромобілів</i>	<i>16.05-28.05.2024</i>	
6.	<i>Розробка інструкцій із діагностики коректності функціонування системи управління зарядною станцією</i>	<i>28.05-06.06.2024</i>	
7.	<i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i>	<i>06.06-10.06.2024</i>	
8.	<i>Оформлення кваліфікаційної роботи</i>	<i>10.06-15.06.2024</i>	
9.	<i>Попередній захист кваліфікаційної роботи</i>	<i>15.06-19.06.2024</i>	
10.	<i>Захист кваліфікаційної роботи</i>	<i>24.06-28.06.2024</i>	

Студент

_____ (підпис)

Гаврилюк Богдан Олександрович

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Яцишин Василь Володимирович

_____ (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Комп'ютерна система управління зарядною станцією електромобілів // Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр // Гаврилюк Богдан Олександрович // ТНТУ, спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»// Тернопіль, 2024 // с.– 84 , рис. – 46 , табл. –3, аркушів А1 – 4, бібліогр. – 23.

Ключові слова: система, управління, зарядна станція, електромобіль.

У результаті виконання кваліфікаційної роботи одержано проект для реалізації прототипу системи управління зарядною станцією в домашніх умовах. В основі розробленої системи управління зарядною станцією лежить відкритий протокол OCSP версії 1.6 з можливістю передачі даних у форматі JSON.

Проект управління зарядною станцією виконано у відповідності до підтримуваної протоколом архітектури, яка передбачає наявність центрального сервера керування зарядною станцією, клієнта у вигляді самої зарядної станції та веб-додатку, який дає змогу дистанційно вмикати та вимикати живлення розеток до яких підключаються порти заряджання електромобілів.

У роботі розроблено схему керування процесом заряджання електромобілів на локальному рівні (рівень зарядної станції в домашніх умовах), що передбачає використання Raspberry Pi як керуючого пристрою, а чотирьохканального реле, як пристрою вмикання та вимикання при подачі живлення до розеток.

ABSTRACT

Computer control system of electric vehicle charging station// Bachelor's thesis
// Havryliuk Bohdan// TNTU, speciality 123 «Computer engineering»// Ternopil, 2024
// p.– 84 , fig. – 46 , tab. – 5, posters A1 – 4, ref. – 23.

Keywords: system, control, charging station, e-car.

As a result of the qualification work, a project was obtained for the implementation of a prototype of the charging station control system at home. The developed charging station management system is based on the open protocol OCPP version 1.6 with the ability to transfer data in JSON format.

The charging station management project was implemented in accordance with the architecture supported by the protocol, which provides for the presence of a central charging station management server, a client in the form of the charging station itself, and a web application that allows you to remotely turn on and off the power of the outlets to which the charging ports of electric vehicles are connected.

In the work, a control scheme for the charging process of electric vehicles at the local level (the level of a charging station at home) was developed, which involves the use of Raspberry PI as a control device, and a four-channel relay as a device for turning on and off when supplying power to sockets.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ВИМОГ ДО ЗАРЯДНИХ СТАНЦІЙ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ	10
1.1 Аналіз технічного завдання при створенні комп'ютерної системи управління зарядними станціями електромобілів	10
1.2 Аналіз типів і характеристик акумуляторних батарей електромобілів	16
РОЗДІЛ 2 ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЗАРЯДНОЮ СТАНЦІЄЮ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ	22
2.1 Структура і схеми компонентів зарядних станцій	22
2.2 Типи конекторів для заряджання електромобілів	26
2.3 Схеми організації зарядних станцій першого і другого рівнів	29
2.4 Схема організації станцій швидкого заряджання електромобілів	31
2.5 Проектування системи управління зарядною станцією електромобілів на основі Raspberry PI в домашніх умовах	33
РОЗДІЛ 3 РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЗАРЯДНОЮ СТАНЦІЄЮ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ	43
3.1 Дослідження принципів управління заряджанням акумуляторних батарей	43
3.2 Аналіз особливостей відкритого протоколу ОСРР при заряджанні електромобілів	48
3.3 Специфікація протоколу ОСРР 1.6	52

					<i>КС КРБ 123.113.00.00 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Гаврилюк Б.О.</i>			<i>Комп'ютерна система управління зарядною станцією електромобілів</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Яцишин В.В.</i>					6	
<i>Реценз.</i>		<i>Дуда О.М.</i>				<i>ТНТУ, каф. КС, гр. СІ-41</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Тиш Є.В.</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Осухівська Г.М.</i>						

3.4	Реалізація програмного забезпечення керування зарядною станцією в домашніх умовах.....	57
РОЗДІЛ 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ.....		62
4.1	Суть та зміст управління охороною праці	62
4.2	Підбирання оптимальних параметрів мікроклімату на робочих місцях з ПК	66
ВИСНОВКИ		69
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....		70
Додаток А Технічне завдання		

					<i>КС КРБ 123.113.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						7
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ВСТУП

Сучасні наукові і практичні досягнення у сфері інформаційних технологій, зеленої енергетики, електроніки та машинобудування сприяють інтенсивному виробництву екологічних та надійних транспортних засобів – електромобілів. Проте, незважаючи на революційність таких рішень, все ж темпи адаптації і впровадження таких технологій доволі повільні.

Електричні транспортні засоби, з врахуванням того, що вони є більш екологічним і дешевим видом транспорту, ще не є практичними. Причина полягає у їхній вартості для кінцевого споживача та у слабо розвинутій інфраструктурі зарядних станцій.

На даний момент ціни на електромобілі, у більшості випадків, відповідають цінам на авто з двигунами внутрішнього згорання, що робить їх вибір не таким привабливим для покупців. Очікується, що прогрес у технологіях акумуляторів і державні програми знизять вартість електротранспорту у майбутньому.

Друга причина, яка не дає змоги у повній мірі скористатися перевагами електромобілів, полягає у відсутності належної екосистеми для їхнього обслуговування. Як наслідок, покупці не можуть зручно використовувати електромобіль. Під екосистемою мається на увазі інфраструктура зарядних станцій, які забезпечують заряджання автомобіля. Суть цієї проблеми можна описати таким чином: особа користується бензиновим транспортним засобом, коли у місті немає заправних станцій, і єдине місце, де вона може заправити авто – це її дім. Заряджання транспортного засобу на сьогодні займає мінімум 6-8 годин. Багато компаній, таких як Tesla, EVgo, Nissan, визнають цю проблему, і стараються встановити зарядні станції по території різних країн.

Однак вартість зарядження електромобілів на спеціалізованих станціях передбачає значно вищу ставку за 1Квт електроенергії, ніж якщо б авто заряджати в домашніх умовах.

					<i>КС КРБ 123.113.00.00 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		8

В Україні вартість заряджання на електростанціях може коливатися від 9 до 18 грн в залежності від провайдера, в той час як у домашніх умовах вона становить 2,68 грн за 1кВт/год. Тому актуальною задачею на сьогодні є розробка комп'ютерної системи для управління зарядною станцією в домашніх умовах.

					<i>КС КРБ 123.113.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						9
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ВИМОГ ДО ЗАРЯДНИХ СТАНЦІЙ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

1.1 Аналіз технічного завдання при створенні комп'ютерної системи управління зарядними станціями електромобілів

Комп'ютерна система управління зарядною станцією електромобілів призначена для застосування в домашніх умовах при заряджанні акумуляторних батарей та функціонування на основі відкритого протоколу OCPP.

До складу системи управління повинні входити апаратне та програмне забезпечення. Апаратне забезпечення повинно забезпечувати увімкнення та вимкнення електроживлення при заряджанні електромобілів в залежності від того, яку функцію обрав власник авто у веб-додатку.

Програмне забезпечення включає в себе сервер для опрацювання запитів від клієнтів, які функціонують на рівні точки заряджання електромобілів, а також сервісне програмне забезпечення для перевірки коректності функціонування реле та управління від мінікомп'ютера Raspberry Pi.

Мета створення комп'ютерної системи управління зарядною станцією електромобілів полягає у забезпеченні зручності та контрольованості заряджання електромобілів в домашніх умовах з можливістю отримання сповіщень щодо стану заряджання акумуляторних батарей, уникнення їх перезаряджання та ручного увімкнення/вимкнення станції.

Досягнення мети роботи кваліфікаційної роботи супроводжується розв'язанням наступних задач:

- проведення аналізу принципів організації та функціонування зарядних станцій електромобілів;
- дослідження типів, структури та методів контролю заряду акумуляторних батарей на рівні електромобілів;

					<i>КС КРБ 123.113.00.00 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Гаврилюк Б.О.</i>			<i>Аналіз вимог до зарядних станцій електромобілів</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Яцишин В.В.</i>					10	
<i>Реценз.</i>		<i>Дуда О.М.</i>				<i>ТНТУ, каф. КС, гр. СІ-41</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Тиш Є.В.</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Осухівська Г.М.</i>						

- обґрунтування та аналіз особливостей відкритого протоколу заряджання електромобілів OCPP;
- проектування структурної та функціональної схеми зарядної станції електромобілів в домашніх умовах;
- дослідження апаратного забезпечення та їхніх характеристик при організації точок заряджання електромобілів з позиції клієнтів протоколу OCPP;
- реалізація програмного забезпечення керування зарядною станцією на локальному рівні в домашніх умовах;
- забезпечення розробленого програмного забезпечення на рівні клієнта з центральною системою керування зарядними станціями;
- розробка простого та зрозумілого користувацького інтерфейсу для керування зарядною станцією електромобілів

Комп'ютерна система управління зарядною станцією електромобілів повинна забезпечувати контрольований та безпечний процес заряджання акумуляторних батарей з можливістю його переривання в домашніх умовах.

Функціональність зарядної станції повинна забезпечувати підтримку протоколу OCPP без функцій білінгу. Сервер, який використовується у відкритому протоколі заряджання, повинен опрацьовувати запити від локального клієнта, кінцевою точкою якого є роз'єм для заряджання електромобілів.

Для забезпечення комунікації між програмними компонентами, які функціонують на основі протоколу OCPP, повинен використовуватися WebSocket, а дані мають передаватися у форматі JSON.

Для організації підключення між зарядною станцією та системою керування зарядною станцією (CSMS) на основі протоколу OCPP-J, CSMS діє як сервер WebSocket, а зарядна станція функціонує як клієнт WebSocket.

Протокол WebSocket забезпечує двосторонній зв'язок між клієнтом, який виконує ненадійний код у контрольованому середовищі, і віддаленим хостом, який погодився на зв'язок із цим кодом. Для цього використовується модель безпеки на основі джерела, яка зазвичай використовується веб-браузерами.

					<i>КС КРБ 123.113.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						11
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Протокол складається з початкового «рукостискання», за яким слідує базове кадрування повідомлення, накладене на TCP. Метою цієї технології є створення механізму для додатків на основі браузера, яким потрібен двосторонній зв'язок із серверами, який не покладається на відкриття кількох HTTP-з'єднань (наприклад, за допомогою XMLHttpRequest або <iframe> і тривалого опитування).

У системі управління зарядною станцією електромобілів необхідно передбачити реалізацію двох найбільш важливих і комплексних функцій:

- реалізувати функціональність для запуску сеансу заряджання акумуляторних батарей;
- організувати надсилання сповіщень про доступність роз'єму на зарядній станції.

Комп'ютерна система управління зарядною станцією електромобілів має забезпечувати контрольований доступ до споживання електроенергії під керуванням власника авто. Для цього необхідно на рівні локальної частини управління забезпечити фізичне підключення до електромережі, а контроль увімкнення/вимкнення електростанції покласти на мінікомп'ютер Raspberry PI. Основними функціями Raspberry PI є встановлення комунікації з центральною системою управління зарядними станціями та керування блоком реле.

Інтерфейс користувача повинен надавати можливість включення потрібної розетки для заряджання, а як реакція на дію користувача повинна відбуватися подача відповідного сигналу до блоку реле від Raspberry PI.

Структуру комп'ютерної системи управління зарядними станціями варто розглядати на рівні апаратних пристроїв і програмної системи управління. Загалом система керування зарядною станцією повинна реалізувати клієнт-серверну архітектуру, основними компонентами якої є:

- програмний сервер опрацювання повідомлень та від зарядних станцій;
- клієнт у вигляді зарядної станції з визначеною кількістю портів зарядки
- веб-додаток для управління зарядною станцією;

					<i>КС КРБ 123.113.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На рівні апаратних пристроїв система управління зарядною станцією представляє собою сукупність наступних компонентів:

- контролер для керування увімкненням/ вимкненням живлення портів зарядної станції на базі Raspberry PI 4;
- чотирьох канальне реле з можливістю керування на рівні напруги 3.3 В;
- розетка та блок живлення для підключення Raspberry PI;
- порти для підключення живлення до електромобіля.

Серед найбільш важливих функціональних вимог, які висуваються до системи керування зарядною станцією можна виділити наступні:

- підтримка протоколу WebSockets для обміну повідомленнями між клієнтом і сервером зарядної станції електромобілів;
- управління блоком реле для подачі або відключення електроживлення розеток;
- здатність надсилати повідомлення у форматі JSON із застосуванням протоколу OCPP;
- можливість дистанційного увімкнення або вимкнення розеток станції зарядження електромобілів;
- візуалізація у зрозумілій формі доступності розеток для заряджання електромобілів;
- забезпечення можливості одночасного заряджання двох транспортних засобів;
- можливість сервісної діагностики для коректності функціонування програмного забезпечення та реле управління подачею живлення;
- здатність отримувати повідомлення та визначати статус заряджання електромобілів.

Функціонування зарядної станції електромобілів в домашніх умовах передбачає повну підтримку протоколів OCPP та WebSockets. Взаємодія між

					<i>КС КРБ 123.113.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						13
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

компонентами системи відбувається через центральний сервер управління зарядною станцією.

Web-застосунок або мобільний додаток повинні забезпечувати взаємодію із відповідним web-сервером із центральною системою керування. Даний сервер може бути розгорнутий на Raspberry PI або знаходитися у мережі Інтернет.

Взаємодія клієнта у вигляді Raspberry PI також взаємодіє із сервером шляхом реагування на його запити щодо стану зарядної станції.

Діагностування системи управління зарядними станціями в домашніх умовах повинна проводитися у відповідності до регламенту та у випадку виникнення збоїв у роботі апаратного або програмного забезпечення. Для цього необхідно реалізувати тестовий сценарій взаємодії клієнта у вигляді станції та центральної системи управління щодо можливості коректності відправки та отримання відповідних повідомлень.

Окрім цього, доцільно проводити діагностику коректності функціонування реле, що передбачає запуск відповідного скрипта на Raspberry PI та перевірку фактичних і очікуваних результатів роботи.

До перспектив розвитку або модернізації системи управління зарядною станцією можна віднести збільшення кількості роз'ємів для одночасного заряджання електромобілів, а також розширення функціональних можливостей щодо моніторингу в реальному часі показників витрати електроенергії в часі. Окрім цього, доцільно було забезпечити можливість візуального аналізу ступеня заряду акумуляторних батарей.

Забезпечення надійності системи управління зарядними станціями передбачає безвідмовність коректного її функціонування у визначеному періоді часу і доступність системи на вимогу водія електромобіля у будь-який час доби.

Загальний показник надійності повинен визначатися сумарними показниками надійності компонентів зарядної станції, які визначені у технічних паспортах чи інших документах з їхньої експлуатації.

					<i>КС КРБ 123.113.00.00 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		14

Окрім цього, до показників надійності необхідно віднести захист від неавторизованого втручання у роботу зарядної станції як на фізичному, так і на програмному рівні.

Функції і задачі, які покладено на систему управління зарядними станціями стосуються надання можливості контрольованої подачі електроживлення до електромобілів. Основні вимоги, які висуваються до цього процесу полягають в наступному:

- забезпечення можливості підключення портів зарядного пристрою електромобілів до розетки станції заряджання;
- можливість дистанційного керування подачею електроживлення до розеток станції з використанням мобільного додатку;
- можливість сервісного обслуговування та налаштування реле при увімкненні та вимкненні зарядної станції;
- здатність комунікації між сервером центральної системи управління зарядною станцією і клієнтом;
- можливість підтримки та відповідність вимогам відкритого протоколу зарядних станцій OCPP;
- здатність функціонування на основі протоколу WebSockets та підтримка передачі даних у форматі JSON.

Вимогами до програмного забезпечення кінцевих точок системи управління зарядною станцією є наявність операційної системи Raspbian на Raspberry PI та програми для керування реле.

Високорівневе програмне забезпечення управління зарядною станцією включає в себе центральний сервер управління та клієнт, які написані мовою програмування JavaScript.

					<i>КС КРБ 123.113.00.00 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						15
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

1.2 Аналіз типів і характеристик акумуляторних батарей електромобілів

Для того, щоб спроектувати систему управління зарядженням електромобілів потрібно спочатку провести аналіз характеристики акумуляторних батарей і системи керування акумуляторами всередині електромобіля.

Швидкість, пробіг, крутний момент і всі подібні важливі параметри електромобіля залежать виключно від специфікації двигуна та акумуляторної батареї, яка використовується в електромобілі. Хоча використання потужного двигуна не є великою проблемою, проблема полягає в розробці акумуляторної батареї, яка могла б забезпечити достатній струм для двигуна протягом тривалого часу, не погіршуючи його термін служби. Щоб забезпечити необхідну напругу та струм, виробникам електромобілів доводиться об'єднувати сотні, якщо не тисячі елементів для створення акумулятора. Для прикладу, модель Tesla S містить приблизно 7104 компонентів, а Nissan Leaf має близько 600. Ця велика кількість разом із нестабільною природою літєвих елементів ускладнює розробку акумуляторної батареї для електромобіля. На рис. 1.1 показано вигляд акумуляторної батареї електромобіля Nissan Leaf.



Рисунок 1.1 – Акумуляторна батарея електромобіля Nissan Leaf

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КС КРБ 123.113.00.00 ПЗ

Арк.

16

Сучасні електромобілі використовують літєві батареї для живлення своїх автомобілів через деякі очевидні причини. Однак вони видають лише близько 3,7 В на елемент, тоді як електромобілю потрібно десь близько 300 В. Щоб досягти такої високої напруги та номінального значення струму, літєві елементи об'єднуються в послідовну та паралельну комбінацію. Це утворює модулі, яким із деякими схемами захисту (BMS) і системою охолодження розташовані в механічному корпусі. Такий блок називається акумуляторною батареєю [1].

Хоча в більшості автомобілів використовуються літєві батареї, проте існують й альтернативні варіанти. Загалом батареї можна розділити на три типи.

Основні батареї – батареї, які повторно не можна заряджати і які можуть перетворювати хімічну енергію в електричну, а не навпаки. Прикладом таких батарей можуть бути лужні батарейки (AA, AAA), які використовуються для іграшок і пультів дистанційного керування;

Вторинні батареї – це батареї, які можуть використовуватися в електромобілях. Характерною особливістю цього типу батарей є те, що вони можуть перетворювати хімічну енергію в електричну для живлення електромобіля, а також перетворювати електричну енергію в хімічну під час процесу заряджання. Ці батареї, зазвичай, використовуються в мобільних телефонах, електромобілях та більшості іншої портативної електроніки.

Резервні батареї – це особливий тип батарей, які використовуються в дуже унікальних випадках. Як видно з назви, батареї зберігаються як резерв (очікування) протягом більшої частини свого терміну служби і, отже, мають дуже низький рівень саморозряду. Прикладом можуть бути батареї рятувальних жилетів.

На сьогодні існує багато різних хімічних речовин, які доступні для використання при розробці акумуляторних батарей. Але незалежно від типу хімічного складу є кілька речей, які спільні для всіх акумуляторів. На рис. 1.2 показано типовий приклад акумулятора, який функціонує за рахунок хімічних реакцій.

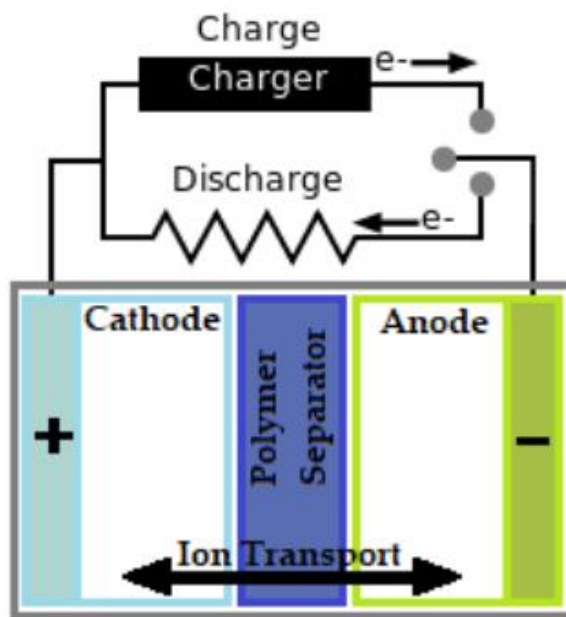


Рисунок 1.2 – Приклад організації акумулятора на основі хімічних реакцій

Як видно з рис. 1.2 в акумуляторах на основі хімічних реакцій, існує три основні рівні батареї: катод, анод і сепаратор.

Катод – це позитивний заряд, а анод - негативний. Коли навантаження підключено до клем акумулятора, струм (електрони) тече від анода до катода. Подібним чином, коли зарядний пристрій підключено до клем акумулятора, потік електронів змінюється на протилежний, тобто від катода до анода, як показано на рис. 1.2.

Щоб будь-яка батарея працювала, має відбутися хімічна реакція, яка називається реакцією окислення-відновлення. Іноді також називається окисно-відновною реакцією. Ця реакція відбувається між анодом і катодом батареї через електроліт (сепаратор). Анодний рівень батареї буде готовий отримати електрони, і, отже, відбудеться реакція окислення, а катодний – буде готовий втрачати електрони, і, отже, відбудеться реакція відновлення. Через цю реакцію іони переміщуються від катода до анода батареї через сепаратор. у результаті в аноді буде накопичуватися більше іонів.

Щоб нейтралізувати цей анод, необхідно підштовхнути електрони з його рівня до катода. Але сепаратор лише пропускає через нього іони та блокує будь-

який рух електронів від анода до катода. Отже, єдиний спосіб, яким батарея може передавати електрони – через зовнішні клеми. Тому, коли під'єднати навантаження до клем батареї, одержується потік електронів, тобто струм.

Оскільки літієві батареї є найбажанішими акумуляторами для електромобілів, потрібно проаналізувати принцип їхньої роботи.

Існує багато типів літієвих батарей, серед яких найчастіше зустрічаються літій-нікель-кобальт-алюміній (NCA), літій-нікель-марганцево-кобальтовий (NMC), літій-марганцева шпінель (LMO), титанат літію (LTO), літій-залізофосфат (LFP). Знову ж таки, кожен з них має свої особливості, які чітко проілюстровано на рис. 1.3.

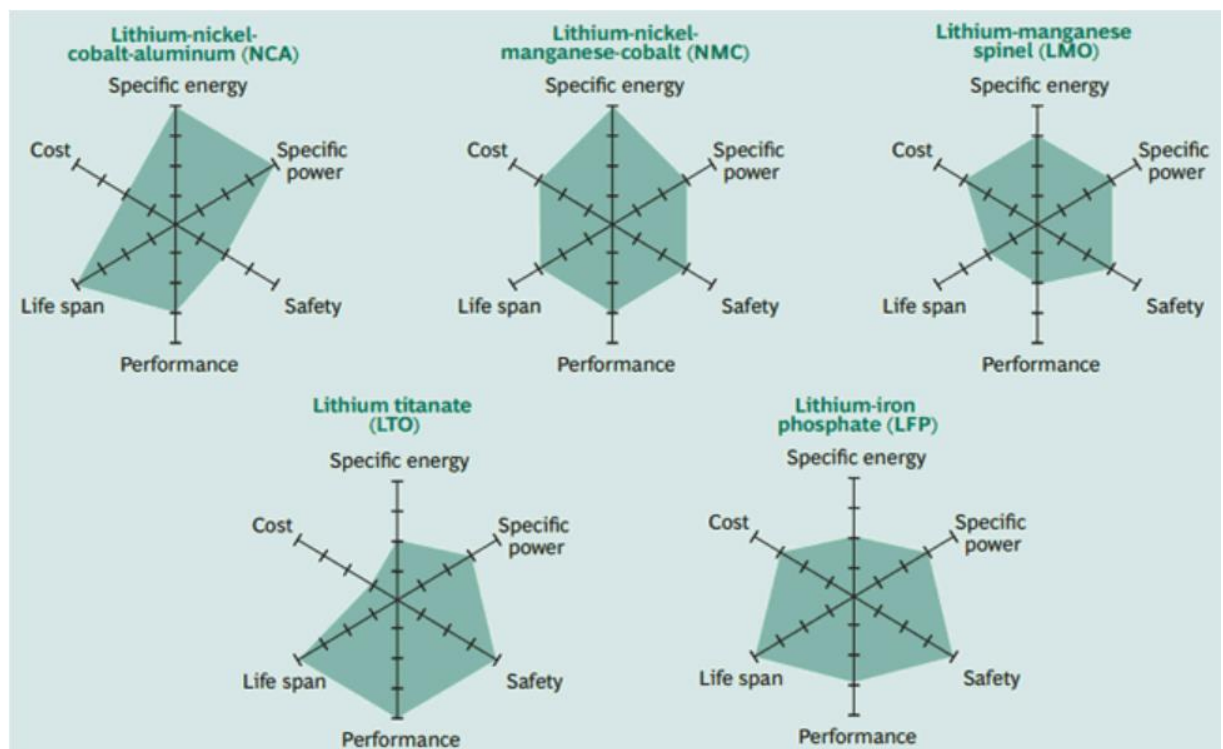


Рисунок 1.3 – Особливості літієвих акумуляторних батарей

З приведених на рис. 1.3 акумуляторних батарей, найчастіше для електромобілів використовують літій-нікель-кобальт-алюміній, що пов'язано з його низькою вартістю. Але одна спільна риса для акумуляторів, хімічний склад яких наведений на рис. 1.3, є те, що всюди присутній літій. Це обумовлено в основному конфігурацією його електрона, яка проілюстрована на рис. 1.4.

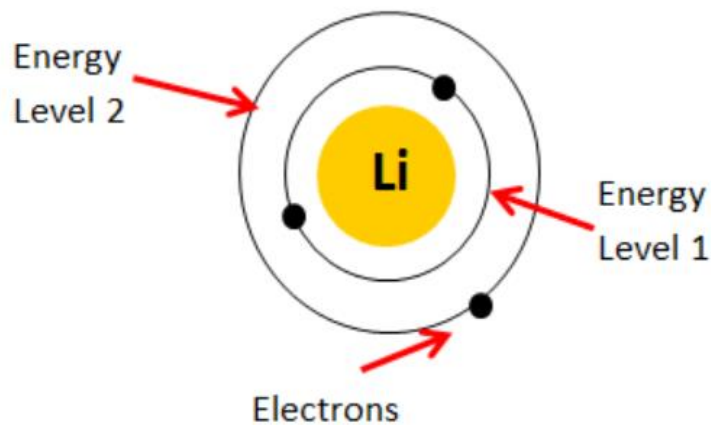


Рисунок 1.4 – Конфігурація рівні електрона для літію

З рис. 1.4 видно, літій має три електрони, які рухаються навколо його ядра. Крайня орбіта має лише один валентний електрон. Під час реакції цей валентний електрон виривається і таким чином отримується один електрон та іон літію з двома електронами, які утворюють іон літію. Далі електрон буде проходити як струм через зовнішні клеми батареї, а іон літію буде проходити через електроліт (сепаратор) під час окисно-відновної реакції.

Важливою технічною характеристикою акумуляторних батарей електромобілів є номінальна напруга. При цьому застосовуються два найпоширеніші значення – це номінальна напруга та номінальний струм. Свинцево-кислотні акумулятори, зазвичай, видають напругу 12 В, а літєві – 3,7 В, що вважається номінальною напругою акумулятора. Проте, це не означає, що акумулятор постійно забезпечуватиме напругу 3,7 В на своїх клеммах. Значення напруги залежить від ємності батареї. Номінальний струм або потужність є ще одним поширеним параметром, який вимірюється в ампер-годинах. Номінал батареї в ампер-годинах говорить про ємність батареї. Наприклад, батарея 2 А/год може видавати 2 А протягом однієї години, така ж батарея дає 1А протягом 2 годин, а якщо забирати 4А, батареї вистачить лише на 30 хвилин.

Напруга відключення – це мінімальна напруга батареї, нижче якої її не можна використовувати. Наприклад, для літієвого елемента з напругою 3,7 В його гранична напруга буде десь близько 3,0 В. Це означає, що за жодних обставин цю батарею не можна підключати до навантаження, якщо її напруга падає нижче 3,0 В. Значення граничної напруги акумулятора можна знайти в його технічному паспорті. Якщо акумулятор розряджається нижче цієї граничної напруги, це називається надмірним розрядом. Це призведе до пошкодження акумулятора, що вплине на його ємність і термін служби. Надмірний розряд батареї порушить хімічний склад, що може призвести до виходу її з ладу.

Ще одна за характеристик акумуляторної батареї – максимальна напруга заряду. Напруга заряду – це максимальна напруга, яку може забезпечувати акумулятор. Коли відбувається заряджання акумулятора, його напруга підвищується. Значення напруги, при якому потрібно припинити зарядку, називають максимальним. Максимальна напруга заряджання для літієвого елемента з номінальною напругою 3,7 В становитиме 4,2 В.

Якщо акумулятор заряджається більше за значення максимальної напруги, то відбувається перезаряджання батареї. Перезарядження також призведе до остаточного пошкодження батареї та може призвести до пожежі.

Наступна властивість акумуляторної батареї – напруга розімкнутого ланцюга (OCV). Дана характеристика – це значення напруги, виміряне на позитивній і негативній клемі батареї без навантаження. OCV літієвої батареї завжди має бути від 3,0 В до 4,2 В для справної батареї.

Напруга на клемі представляє собою напругу на клемі і є значенням напруги, виміряної на акумуляторі в навантаженому стані. Значення OCV і напруги на клемі не будуть рівними, тому що коли навантаження підключено і струм споживається з батареї, її напруга має тенденцію до зменшення залежно від величини споживаного струму.

					<i>КС КРБ 123.113.00.00 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		21

РОЗДІЛ 2 ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЗАРЯДНОЮ СТАНЦІЄЮ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

2.1 Структура і схеми компонентів зарядних станцій

Пристрої, які входять до складу зарядної станції електромобіля, називають обладнанням електропостачання транспортного засобу (EVSE). Цей термін є більш популярним і стосується лише зарядних станцій.

Зарядні станції електромобілів призначені для заряджання акумуляторної батареї від мережі живлення. Акумуляторні блоки можуть міститися в електричному транспортному засобі (Electric Vehicle) або Plug-in Electric Vehicle. Живлення, роз'єм і протокол для цих зарядних станцій залежатимуть від особливостей їх конструкції.

Бортові зарядні пристрої та зарядні станції.

Перед тим, як безпосередньо аналізувати зарядні станції і системи для їх управління, необхідно дослідити вміст основних компонентів електромобіля та встановити яким чином і до якого компоненту підключатиметься зарядний пристрій.

Більшість електромобілів сьогодні оснащені бортовим зарядним пристроєм (OBC) від виробника, які власники електромобілів можуть використовувати для заряджання в домашніх умовах. Але ці зарядні пристрої дуже прості та не мають жодних розширених функцій, тому для зарядки типового електромобіля зазвичай потрібно близько 8 годин.

Зарядні станції можна розділити на два типи:

– зарядні станції змінного струму – не виконують перетворення змінного струму у постійний, а подають його безпосередньо до системи керування заряджанням акумуляторів електромобіля;

					<i>КС КРБ 123.113.00.00 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Гаврилюк Б.О.</i>			<i>Проектування системи управління зарядною станцією електромобілів</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Яцишин В.В.</i>					22	
<i>Реценз.</i>		<i>Дуда О.М.</i>				<i>ТНТУ, каф. КС, гр. СІ-41</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Тиш Є.В.</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Осухівська Г.М.</i>						

– зарядні станції постійного струму – безпосередньо виконують перетворення змінного струму у постійний і лише після цього подають його до електромобіля.

Зарядні станції змінного струму відносяться до зарядних пристроїв 1-го і 2-го рівнів та використовуються у побутових умовах.

Перевага зарядної станції змінного струму полягає в тому, що бортовий зарядний пристрій регулюватиме напругу та силу струму відповідно до вимог електромобіля, тому зарядна станція не є обов'язковою для зв'язку з електромобілем. Недоліком є низька вихідна потужність, яка збільшує час зарядки.

Типова система заряджання змінним струмом показана на рис. 2.1.

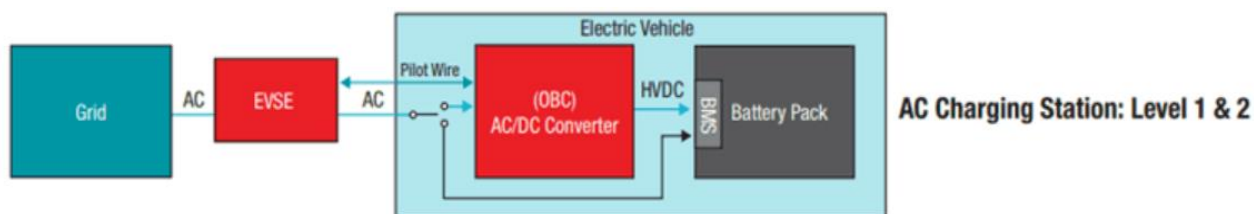


Рисунок 2.1 – Типова схема бортової зарядної станції

Як видно з рис. 2.1, змінний струм із мережі подається безпосередньо до бортового зарядного пристрою через відповідне обладнання (станцію заряджання). Після цього пристрій заряджання перетворює його на постійний і заряджає батарею через контролер заряду акумуляторних батарей (BMS). З метою виявлення типу пристрою заряджання, а також встановлення значення необхідного вхідного струму для ОВС, застосовується провідник «Pilot», який підключений до електромобіля.

Зарядна станція постійного струму живиться від змінного струму з електромережі, перетворює його на напругу постійного струму та використовує для заряджання акумуляторної батареї безпосередньо в обхід бортового зарядного пристрою (OBS).

Ці зарядні пристрої зазвичай видають високу напругу до 600 В і силу струму до 400 А, що дозволяє заряджати електромобіль менш ніж за 30 хвилин

у порівнянні з 8-16 годинами зарядного пристрою змінного струму. Їх також називають зарядними пристроями рівня 3 і широко відомі як швидкі зарядні пристрої постійного струму (DCFC) або суперзарядні пристрої. Перевагою цього типу зарядного пристрою є швидкий час заряджання, а недоліком є його складна інженерна конструкція, у випадку, коли зарядному пристрою потрібно комунікувати з електромобілем для забезпечення ефективності і безпеки при його заряджанні. Типова схема системи заряджання постійним струмом показана на рис. 2.2.

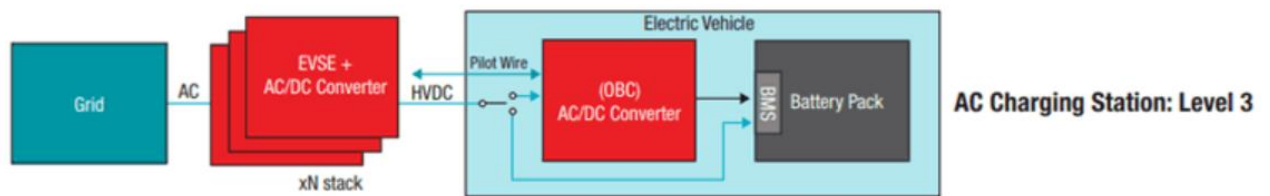


Рисунок 2.2 – Схема заряджання електромобіля третього рівня

Як видно з рис. 2.2, зарядна станція подає постійний струм безпосередньо до акумуляторної батареї, минаючи OBS. Компоненти такої зарядної станції об'єднано у стеки, щоб забезпечити високий струм, оскільки один стек не зможе забезпечити високий струм через обмеження перемикача живлення.

Зазвичай, зарядні пристрої 1-го рівня призначені для домашнього використання. Це зарядні пристрої, які надають виробники разом із електромобілем, які можна використовувати для заряджання електромобіля через стандартні домашні розетки. Таким чином, вони працюють від однофазного джерела змінного струму та можуть видавати будь-який струм від 12 А до 16 А, і для зарядки електромобіля з батареєю 24 кВт·год потрібно близько 17 годин.

Зарядний пристрій першого рівня практично не впливає на функціональність зарядної станції, а зарядний пристрій другого рівня є оновленою альтернативою першого. Останній можна встановити у побутових умовах, за спеціальним запитом та за наявності у будинку двофазного джерела живлення. Окрім цього, пристрій заряджання другого рівня можна

застосовувати у публічних та комерційних зарядних станціях. Вихідний струм, який здатні забезпечити пристрої другого рівня, не перевищує 80 А. Проте завдяки високій вхідній напрузі час заряджання електромобіля скорочується до 8 годин.

Зарядні пристрої третього рівня (суперзарядні пристрої) призначені для застосування у публічних місцях і мають комерційне застосування. Для ефективного їхнього функціонування потрібно забезпечити багатозначний змінний струму від електромережі, що дозволить споживати потужність вище 240 кВт. Це практично у 10 разів більше, ніж споживає типовий кондиціонер. Тому для роботи цих зарядних пристроїв потрібен спеціальний дозвіл від мережі. Зарядні пристрої рівня 2 і рівня 3 вважаються більш ефективними, ніж зарядний пристрій рівня 1, оскільки перетворення змінного струму у постійний і постійного у постійний відбувається всередині самої зарядного пристрою.

Через величезний розмір і складність зарядних пристроїв рівня 2 і рівня 3 їх не можна вмонтувати в електромобіль, оскільки це призведе до збільшення ваги та зниження ефективності. У табл. 2.1 наведено показники ефективності різних зарядних станцій.

Таблиця 2.1 – Показники ефективності зарядних станцій

Тип зарядної станції (пристрою)	Рівень зарядного пристрою	Напруга та струм живлення змінного струму	Потужність зарядного пристрою	Час заряджання акумулятора ємністю 24 кВт/год
Зарядна станція змінного струму	Рівень 1- побутового використання	Одна фаза – 120/230В і ~12 до 16А	~1.44 кВт до ~1.92кВт	~ 17 годин

Тип зарядної станції (пристрою)	Рівень зарядного пристрою	Напруга та струм живлення змінного струму	Потужність зарядного пристрою	Час заряджання акумулятора ємністю 24 кВт/год
Зарядна станція змінного струму	Рівень 2-комерційного використання	Дві фази – 208/240В і ~15 до 80А	~3.1 кВт до ~19.2 кВт	~ 8 годин
Зарядна станція постійного струму	Рівень 3 – швидке заряджання (Super Charger)	Одна фаза – 300/600В і ~400А	~120 кВт до ~240 кВт	~ 30 хвилин

2.2 Типи конекторів для заряджання електромобілів

Зважаючи на те, що живлення в електромережах Європи характеризується номінальною напругою 220 В при частоті 50 Гц, а в США від 110 В і 60 Гц, то електромобілі також мають різні типи зарядних роз'ємів залежно від країни виробництва. Це призвело до плутанини серед виробників зарядних станцій, оскільки їх неможливо легко зробити універсальними для всіх електромобілів. На рис. 2.3 наведено основні класифікації роз'ємів (конекторів) для зарядних пристроїв змінного струму та зарядних пристроїв постійного струму.

					<i>КС КРБ 123.113.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

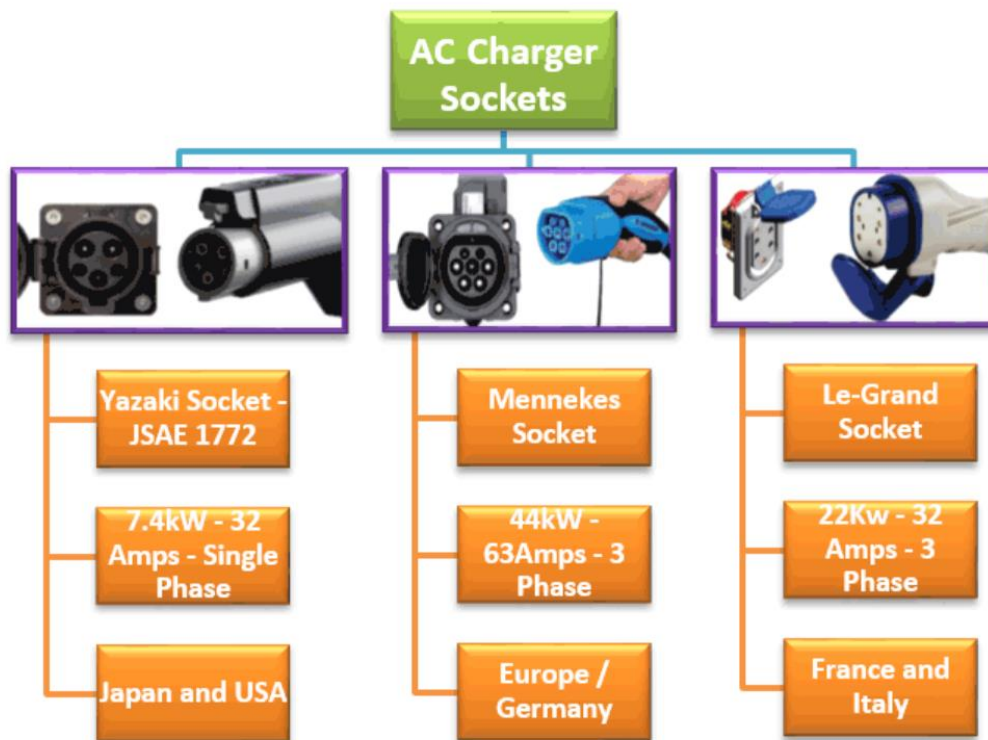


Рисунок 2.3 – Типи роз’ємів, які використовуються для заряджання електромобілів

Серед трьох найпоширеніших типів зарядних роз’ємів змінного струму є розетка JSAE1772, популярна в Північній Америці. Як видно з рис. 2.3, штекер/роз’єм має кілька з’єднань, три широкі контакти призначені для фази, нейтралі та заземлення, тоді як два маленькі контакти використовуються для зв’язку між зарядним пристроєм і електромобілем (інтерфейс пілота).

Mennekes або VDE-AR-E використовується в Європі для трифазної системи заряджання змінним струмом і, отже, може видавати високу потужність до 44 кВт. Le-Grand також має подібну розетку з захисною шторкою, щоб запобігти потраплянню сміття в роз’єм. Відповідно до технічних стандартів у всіх зарядних пристроях змінного струму майбутнього пропонується використовувати лише розетки HSAE 1772 та VDE-AR-E.

Роз’єми для заряджання постійним струмом для електромобілів представлена на рис. 2.4.



Рисунок 2.4 – Типи роз’ємів при заряджанні постійним струмом

На стороні зарядного пристрою постійного струму використовується роз’єм для зарядного пристрою CHAdeMO, який є одним з найпопулярніших.

Даний роз’єм розроблений японською компанією і згодом був адаптований для використання у Франції та Кореї. Сьогодні більшість електромобілів, таких як Nissan Leaf, Kia тощо, мають такі типи роз’ємів.

Гніздо має два широкі контакти для рейок живлення постійного струму та комунікаційні контакти для протоколу CAN. Як відомо, зарядні пристрої постійного струму третього рівня не використовують бортовий зарядний пристрій і, отже, повинні самі забезпечувати необхідну напругу та струм для акумуляторної батареї електромобіля. Це робиться шляхом встановлення каналу зв’язку (Pilot link) за допомогою протоколу Control Area Network (CAN) із контролером акумуляторної батареї. Потім контролер вказує зарядному пристрою розпочати процес заряджання, виконує його моніторинг, а потім формує запит на припинення заряджання.

Автомобілі Tesla мають власний тип зарядних пристроїв, які називаються суперзарядними пристроями, і, отже, мають власний тип роз'ємів, як показано на рис. 2.5.



Рисунок 2.5 – Роз'єми для зарядання електромобілів Tesla

Адаптер з роз'ємами, показаними на рис. 2.5, можна перетворити на порт зарядки за допомогою зарядних пристроїв CHAdeMO або CCS. Зарядний пристрій CDD – ще один популярний роз'єм для зарядного пристрою, який поєднує типи зарядних пристроїв змінного та постійного струму.

Як видно з рис. 2.5, зарядний пристрій розділено на два сегменти для підтримки постійного та змінного струму. Він може підтримувати CAN і Power Line Communication (PLC) та широко використовується в європейських автомобілях, таких як Audi, BMW, Ford, GM, Porsche тощо. Він може підтримувати до 400 кВт вихід постійного струму та 43 кВт вихід змінного струму.

2.3 Схеми організації зарядних станцій першого і другого рівнів

Як здається з першого погляду, зарядні станції першого і другого рівня просто повинні подати живлення змінного струму на бортовий зарядний

пристрій в електромобілі, який потім подбає про процес заряджання. Однак такі станції несуть відповідальність за доведення необхідної кількості енергії з мережі, як того вимагає акумуляторний блок електромобілів, зв'язуючись із ним через Pilot Wire. На рис. 2.6 проілюстровано підсистеми типової зарядної станції змінного струму.

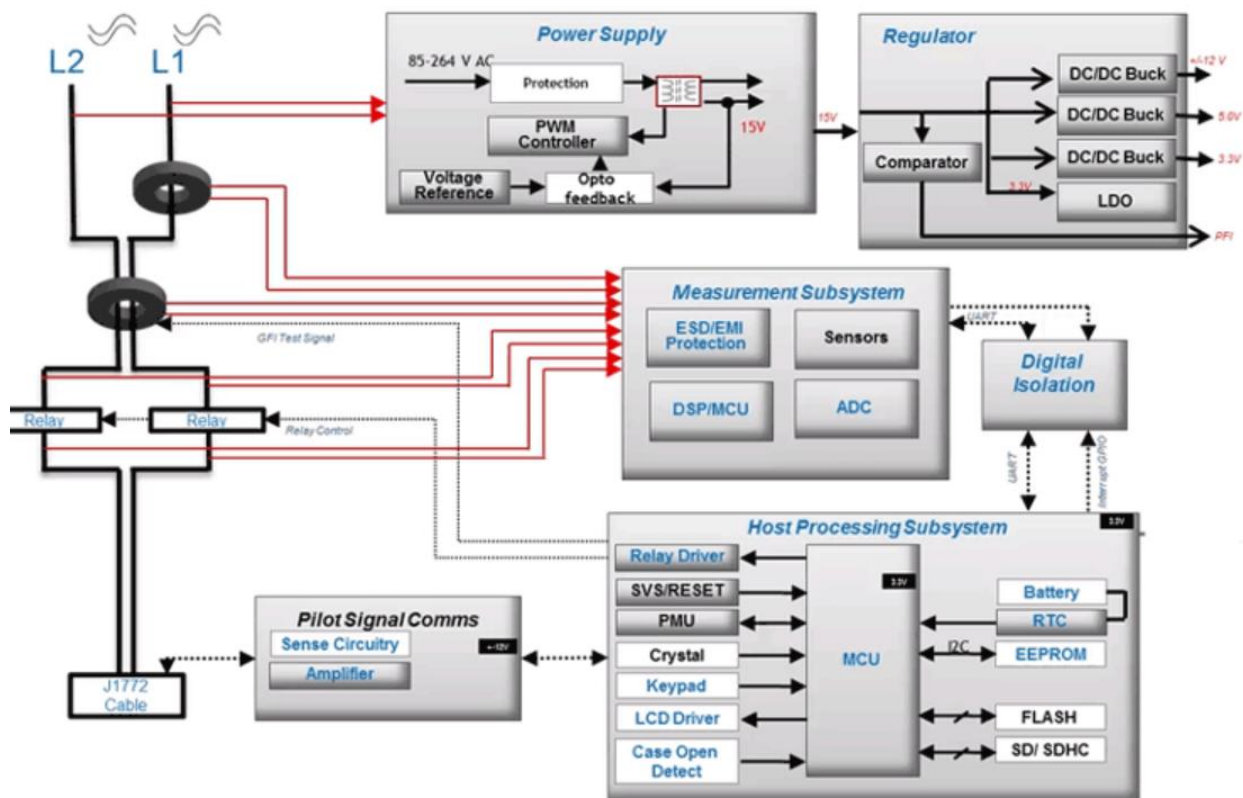


Рисунок 2.6 – Організація підсистем зарядних станцій першого і другого рівнів

Зарядні пристрої першого рівня мають максимальний вихідний струм 16 А через обмеження побутових розеток, тоді як зарядні пристрої рівня 2 можуть забезпечити до 80 А при роботі від трифазному джерела живлення.

У зарядних пристроях змінного струму першого і другого рівнів, зазвичай, використовуються стандартні роз'єми SAEJ1772. Як видно з рис. 2.6, лінія живлення змінного струму (L1 і L2) підключена до роз'єму J1772 через реле. Це реле буде замкнутим на початку процесу заряджання, і розімкнеться, коли заряджання буде завершено.

Зв'язок Pilot Signal використовується для визначення стану батареї, а головна система обробки вирішує, скільки енергії має подаватись на бортовий зарядний пристрій.

Блок живлення складається з перетворювача змінного/постійного струму, який приймає живиться від мережі із змінним струмом та перетворює його на постійний струм з напругою 15В за допомогою схеми перемикачання.

Ці 15В потім подаються до регулятора, який складається з перетворювача «постійний-постійний» струм. Такий перетворювач використовує три різні понижувальні регулятори для регулювання 12В, 5В і 3,3В, які використовуються для живлення датчиків, дисплеїв і контролерів у зарядному пристрої.

Вимірювальна система складається з схем V/I Sense, які використовуються для вимірювання змінного струму та напруги змінного струму. На наведеній вище блок-схемі трансформатор струму (СТ) використовується для вимірювання вхідного струму, але також можна використовувати метод шунтування або потоку.

Напруга вимірюється з обох боків реле, щоб дізнатися, чи реле розімкнено чи замкнено. Оскільки, підсистема вимірювання працює з напругою змінного струму та струмом, вона цифрово ізольована від підсистеми обробки.

Підсистема обробки хоста складається з головного мікроконтролера, який отримує інформацію від Pilot Wire та на основі інформації запускає реле за допомогою схем драйвера реле. Він також контролює струм і напругу, використовуючи значення, надані вимірювальною підсистемою, і вживає коригувальних дій, коли це необхідно. Цей контролер також матиме блок дисплея, EEPROM і RTC, щоб надавати користувачеві корисну інформацію, наприклад час зарядки, поточний стан тощо.

2.4 Схема організації станцій швидкого заряджання електромобілів

Зарядні станції третього рівня є складнішими, ніж станції 1 та 2 рівня, оскільки перетворення DC/DC для акумуляторної батареї має здійснюватися самою станцією заряджання. Оскільки постійний струм зарядної станції

					<i>КС КРБ 123.113.00.00 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		31

обходить бортовий зарядний пристрій, він повинен знати всі життєво важливі параметри акумуляторної батареї, щоб безпечно заряджати її, тому між зарядною станцією та контролером управління зарядом акумуляторної батареї електромобіля слід встановити CAN або PLC (зв'язок по лінії живлення).

Зарядний пристрій рівня 3, зазвичай, використовує роз'єм для зарядного пристрою CHAdeMO, але інші роз'єми, як-от комбінований роз'єм для зарядки J1772, роз'єм Tesla, також адаптуються різними виробниками. Ці зарядні пристрої можуть подавати до 200А безпосередньо на акумулятор, щоб зарядити електромобіль менш ніж за 30 хвилин. Типова спрощена блок-схема підсистеми зарядної станції постійного струму показана на рис. 2.7.

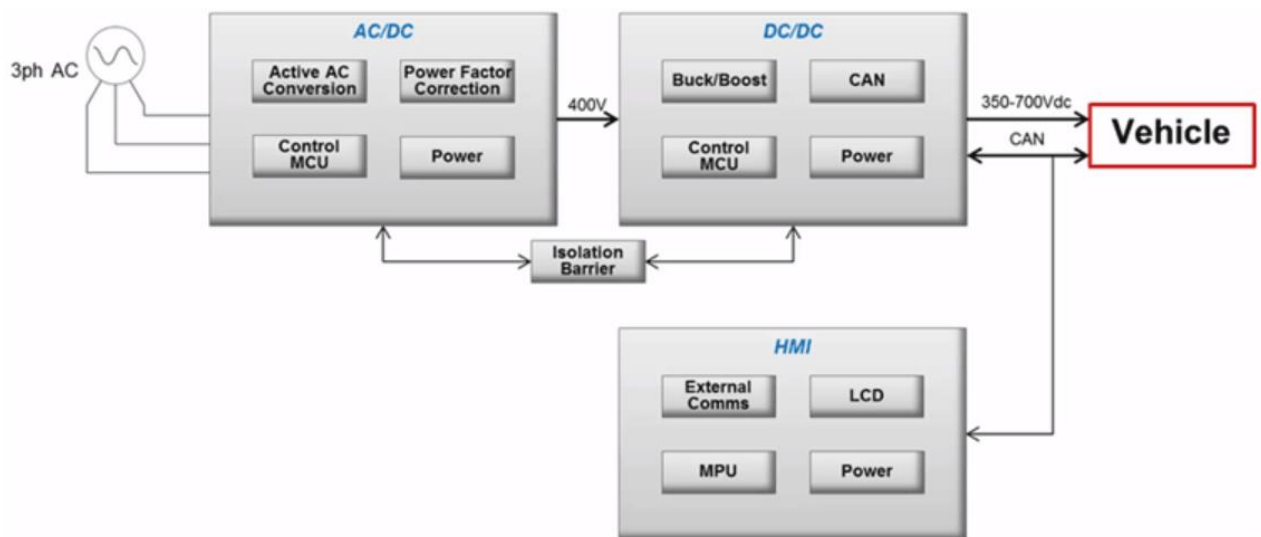


Рисунок 2.7 – Спрощена структурна схема зарядної станції третього рівня

Зарядний пристрій (станція) рівня 3 завжди працює від трифазного джерела змінного струму, тому перетворювач змінного/постійного струму має приймати трифазне джерело живлення та перетворювати його на 40В постійного струму або вище. Потім цю напругу постійного струму буде підвищено до вищого рівня (350–700В), як того вимагає акумуляторна батарея.

Вихідна напруга та струм будуть визначені контролером керування зарядом електромобіля, які згодом будуть передані зарядній станції через зв'язок CAN/PLC. Більшість із цих зарядних пристроїв третього рівня буде розміщено

на зарядних станціях для загального доступу, а отже, інтерфейс людини і машини стає обов'язковим. Деякі станції заряджання також матимуть бездротові функції, такі як NFC, Bluetooth і функції онлайн-платіжного шлюзу тощо, щоб полегшити публічне використання.

Технологічна проблема полягає в підсистемах перетворювача змінного/постійного струму та перетворювача постійного/постійного струму. Оскільки зарядний пристрій споживає потужний струм у мережі, потрібна належна система корекції коефіцієнта потужності. Крім того, перетворювачі мають справу з дуже високим струмом, і силові електронні перемикачі всередині них, такі як MOSFET і IGBT, не можуть працювати як єдине ціле. Тому, зазвичай, блоки перетворювача розбиваються на менші, які потім об'єднуються паралельно для забезпечення високого струму.

2.5 Проектування системи управління зарядною станцією електромобілів на основі Raspberry PI в домашніх умовах

При організації зарядної станції в домашніх умовах потрібно враховувати такі аспекти, як наявність альтернативних генеруючих потужностей, наприклад сонячної чи вітрової електростанції. За їх відсутності, зарядна станція для електромобілів буде живитися від загальної електромережі змінного струму. Як було зазначено у першому розділі кваліфікаційної роботи в домашніх умовах найбільш просто організувати зарядні станції першого і другого рівня, а контроль заряджання можна покласти на систему контролю на основі Raspberry PI.

У випадку наявності у побутових умовах альтернативних джерел енергії, архітектуру системи зарядної станції можна представити, як показано на рис. 2.8.

Як видно зі структури, показаної на рис. 2.8, енергія, що генерується установкою сонячної панелі, подається на акумуляторну батарею через перетворювач постійного струму та контролер заряду.

					<i>КС КРБ 123.113.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

Струм від сонячної панелі приймається перетворювачем постійний-постійний і пропускається через перемикаючий елемент, який перетворює сигнал постійного струму на сигнал змінного струму. Потім ця перетворена хвиля змінного струму проходить через інший фільтр, який перетворює змінний струм на сигнал необхідного рівня напруги. А також електроенергія, вироблена вітрогенератором, подається на батарею через перетворювач змінного і постійного струму та контролер заряду.

Вітровий генератора виробляє змінний струм, але для батареї потрібен лише постійний, тому тут використовується лише перетворювач змінного струму у постійний.

Контролер заряду призначений для регулювання струму в акумуляторах під час заряджання. Батарея підключена до Raspberry PI та запрограмована на розрахунок кількості енергії, необхідної для заряджання електромобіля. Далі ця інформація може надсилатися, наприклад, на IoT платформу Blynk.

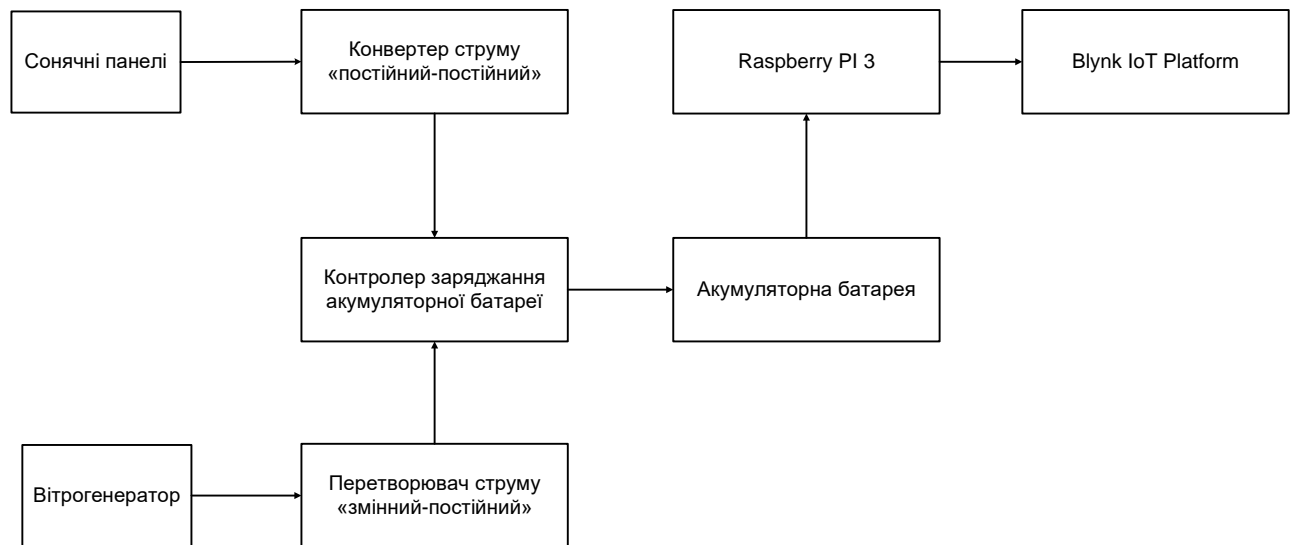


Рисунок 2.8 – Структурна схема організації зарядної станції з живленням від альтернативних джерел енергії

Raspberry PI 3 – це невеликий мінікомп’ютер із платою розробки, який працює на базі ОС Linux та розроблений Raspberry Pi Foundation. Він має USB-роз’єми, які підтримують численні периферійні пристрої plug&play, наприклад, клавіатуру, мишу, принтер тощо. Цей мінікомп’ютер містить відеопорт HDMI,

який використовується як відеовихід. Raspberry PI 3 працює на основі процесора ARM1176JZF-S 700, містить 512 МБ оперативної пам'яті та графічного процесора Video Core IV. Швидкість процесора коливається в межах від 0,7 ГГц - 1,4 ГГц. Об'єм вбудованої пам'яті (RAM) 1 Гб. На платі може бути від 1 до 4 портів USB та порт Ethernet 8P8C. На рис. 2.9 показано зовнішній вигляд Raspberry PI 3.

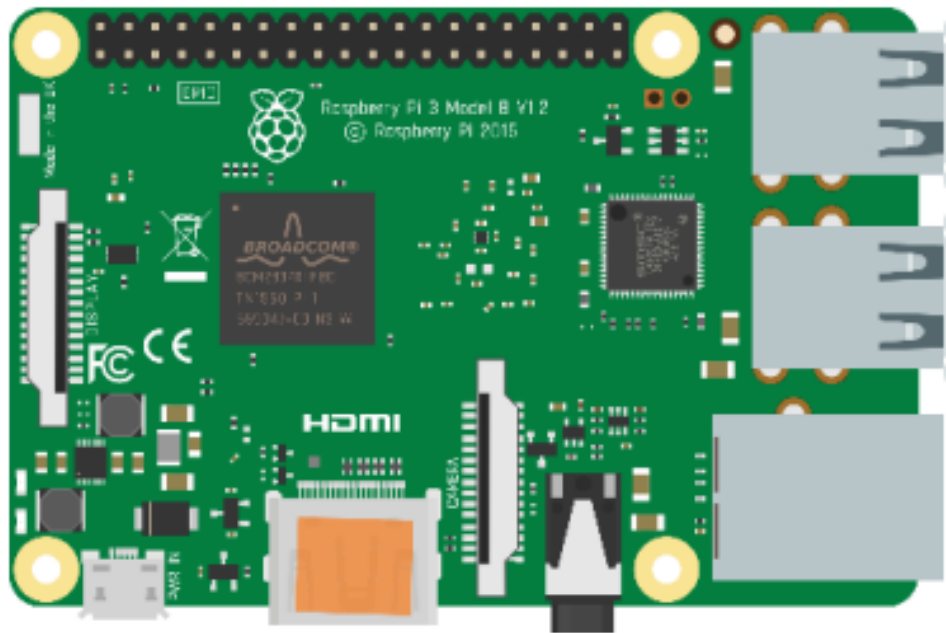


Рисунок 2.9 – Зовнішній вигляд Raspberry PI 3

Сонячна панель представляє собою електричний пристрій, який поглинає сонячне світло і перетворює його в електричний струм. Панель складається з сонячних або фотоелектричних елементів, які використовуються для виробництва електроенергії за допомогою фотоелектричного ефекту. Ці комірки розташовані на поверхні сонячної панелі у вигляді сітки. Їх також називають фотоелектричним модулем. Для виготовлення цих елементів використовується кристалічний кремній. І ці сонячні батареї разом називаються сонячними панелями. Електричний струм ініціюється поглинанням фотонів сонячною панеллю, створюючи постійний струм. На рис. 2.10 показано принцип функціонування сонячних панелей.

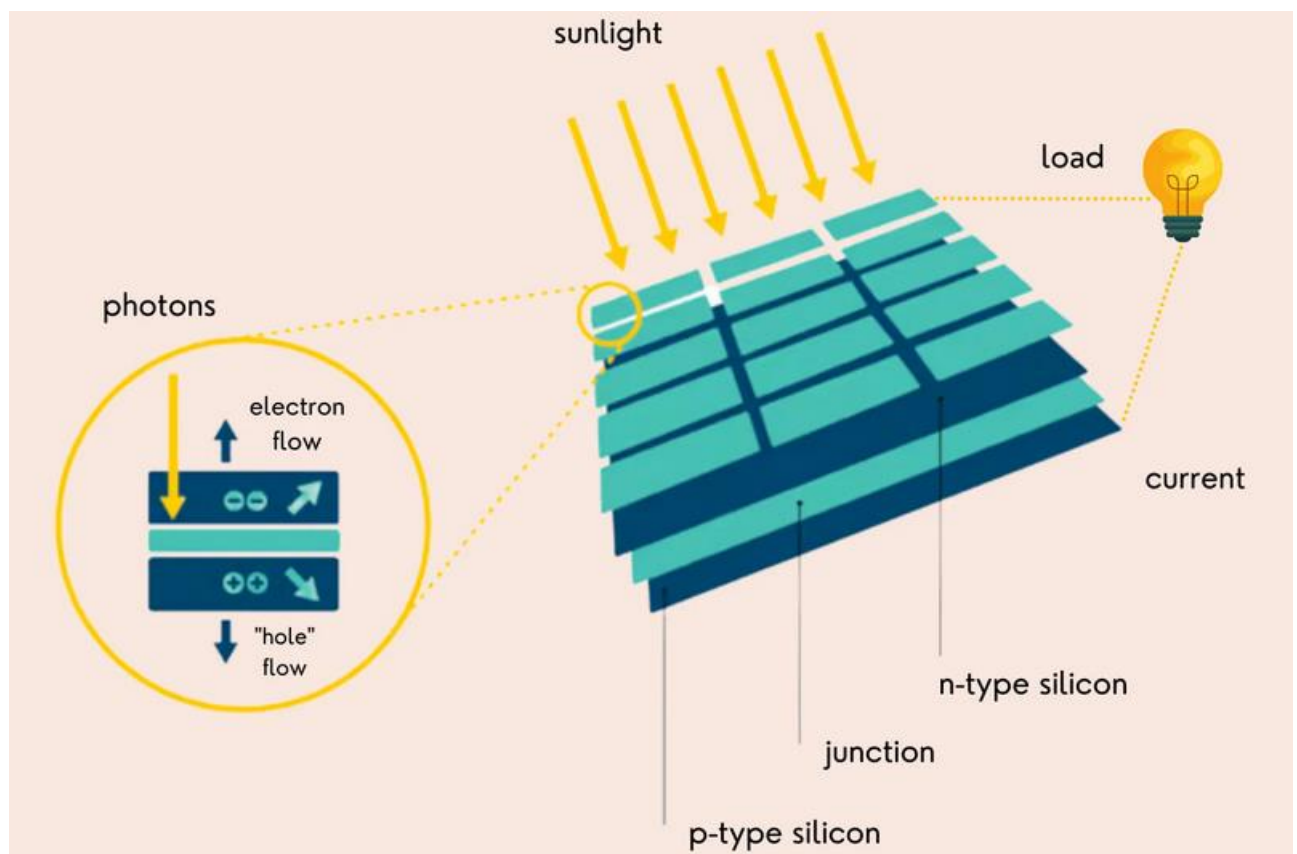


Рисунок 2.10 – Принцип функціонування сонячних панелей

В основі перетворення сонячної енергії в електричну лежить процес, який називається фотоелектричним ефектом [3]. Постійний струм проходить через контролер заряду, який виконує функції підтримки стандартного значення для певного виду акумуляторної батареї. Тоді електрика з акумулятора може використовуватися пристроями постійного струму. Для пристроїв змінного струму електрика повинна перетворюватися в змінний струм за допомогою інвертора.

Акумулятор – це накопичувальний пристрій. Батарея може складатися з кількох електричних елементів. І кожна електрохімічна комірка містить два електроди. Ці електроди розділені шаром електроліту. Електрони утворюються в результаті реакції хімічних речовин в акумуляторі. І електрони починають перетікати від одного електрода до іншого. Потік електронів викликає електрику. Електроди поміщають в електроліт. Для розміщення електродів використовуються різні стандарти.

Для заряджання електромобілів від електромережі зі змінним струмом, структурно схема підключення необхідних компонентів виглядатиме так, як показано на рис. 2.11.

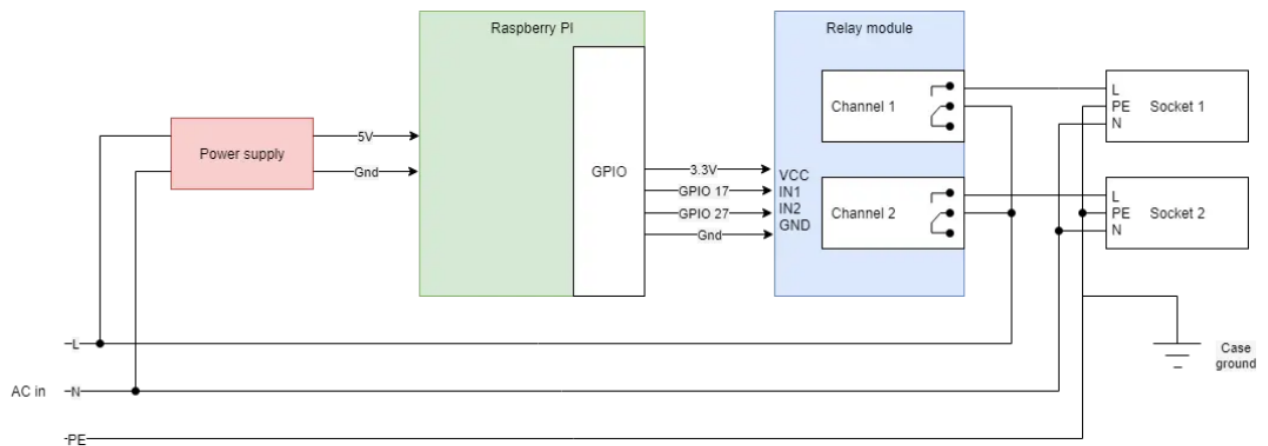


Рисунок 2.11 – Схема організації зарядної станції з живленням від мережі зі змінним струмом

При схемі організації зарядної станції, яка представлена на рис. 2.11, необхідно наступне обладнання:

- бокс для монтажу;
- блок живлення для включення у мережу змінного струму з перетворювачем постійної напруги 5 В для живлення Raspberry Pi;
- Raspberry Pi 3;
- блок реле на 5 В;
- розетка та роз'єми у відповідності до портів пристрою заряджання електромобіля.

Типовий бокс для монтажу апаратної частини системи управління зарядною станцією може бути виготовлений як з пластику, так і з металу. На рис. 2.12 показано типовий корпус, у якому можна розташувати мінікомп'ютер Raspberry Pi, розетку для живлення та кабелі, які живлення роз'ємів для заряджання електромобілів.



Рисунок 2.12 – Монтажный бокс для аппаратної частини системи керування зарядною станцією

Для забезпечення живлення Raspberry PI можна використати типову розетку європейського стандарту та блок живлення потужністю 15,5 Вт з USB виходами. Вони монтується безпосередньо у боксі. Типова розетка та блок живлення показані на рис. 2.13 та рис. 2.14.



Рисунок 2.13 – Розетка у відповідності до євростандарту

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КС КРБ 123.113.00.00 ПЗ

Арк.

38



Рисунок 2.14 – Блок живлення для Raspberry PI 3

Керування зарядною станцією здійснюється шляхом застосування реле, яке дає змогу на апаратному рівні відключати або вмикати подачу електроенергії до роз'єму через який підключається електромобіль.

Реле представляє собою пристрій, що забезпечує зв'язок між двома або більше точками або пристроями у відповідь на тип вхідного сигналу [9]. Реле може застосовуватися для керування електричним обладнанням великої потужності, таким як лампочки, електричні вентилятори, кондиціонери, зарядні станції електромобілів. У даному випадку реле використовується для керування високою напругою за допомогою Raspberry PI. Будь-яке реле складається з основних 5-ти компонент:

- електромагніт – структурно складається із залізного сердечника, навколо якого обмотано котушку провідників і коли через сердечник проходить струм, він намагнічується.

- арматура – рухома магнітна стрічка крізь яку протікає струм і за допомогою якої котушка отримує напругу, створюючи магнітне поле, яке використовується для створення або розриву нормально відкритих (N/O) або нормально закритих (N/C) точок (арматура може приводитися в рух як постійним так і змінним струмом).

- пружина – коли через котушку електромагніту не протікає струм, пружина відтягує якір, тому ланцюг розімкнутий.

- набір електричних контактів – буває двох типів: нормально розімкнутий - підключається, коли реле спрацьовує, і роз'єднується, коли воно

неактивне. Нормально закритий контакт – не підключається, коли реле активовано, і підключається, коли воно неактивне.

- пластиковий корпус – реле покривається пластиком для захисту.

На рис. 2.15 показано структуру реле на фізичному рівні, а на рис. 2.16 – зовнішній вигляд чотирьох каналного реле.

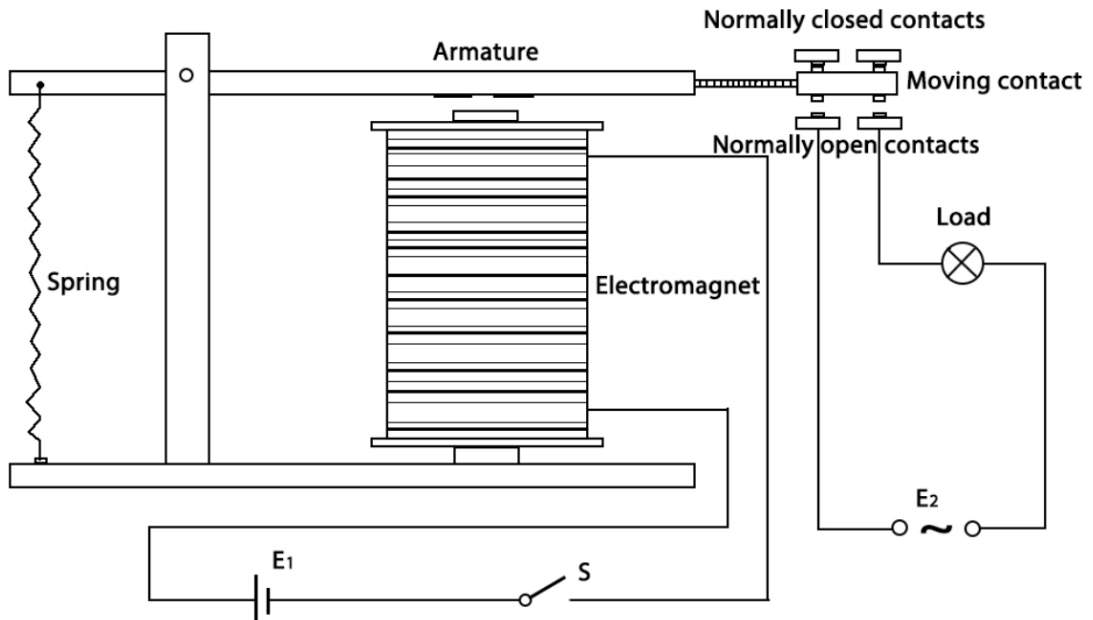


Рисунок 2.15 – Структурна схема реле

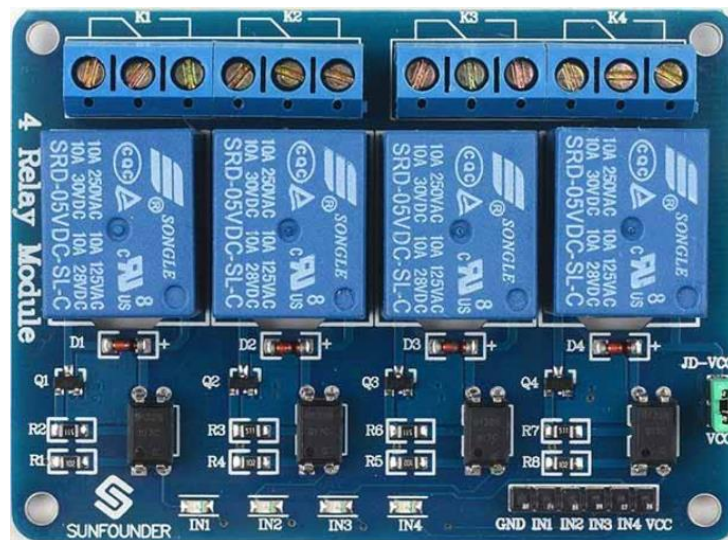


Рисунок 2.16 – Зовнішній вигляд чотирьох каналного реле

Схема електрична принципова типового реле показана на рис. 2.17.

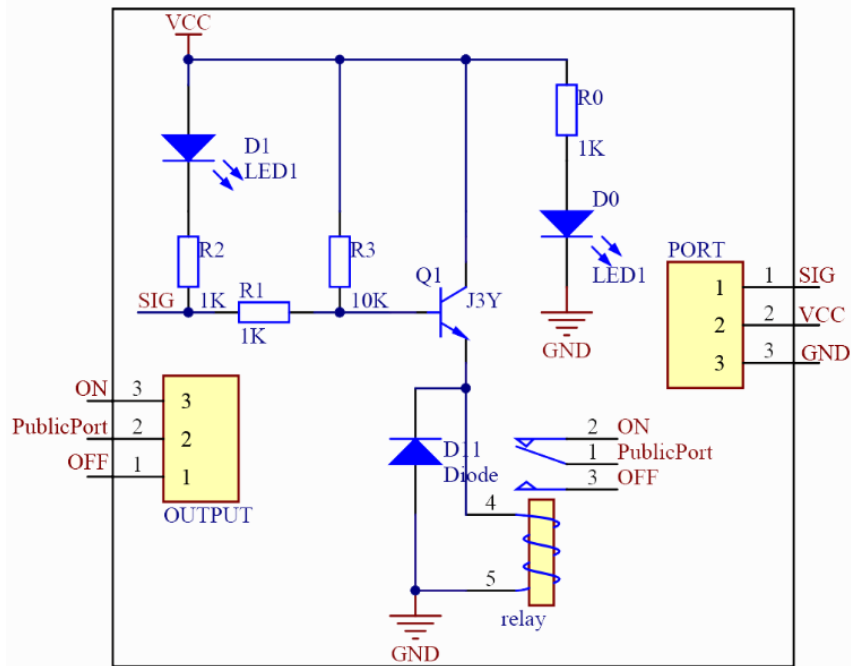


Рисунок 2.17 – Схема електрична принципова реле

Для з'єднання провідників, по яких подається живлення до роз'ємів, через які здійснюється зарядження електромобілів показано на рис. 2.18.



Рисунок 2.18 – Конектор Wago

Конектор, представлений на рис. 2.18 не потребує застосування паяльника і дозволяє гнучко виконувати з'єднання провідників у необхідних місцях.

Наступний крок при реалізації системи керування зарядною станцією полягає у фізичному підключенні модуля реле до Raspberry PI 3 з використанням цифрових виводів GPIO. У роботі застосовується лише два канали реле,

представленого на рис. 2.16. Для підключення Raspberry PI до реле, зі сторони мінікомп'ютера використовуються виводи 3.3V, GPIO 17 і GPIO 27, які заземляються у відповідності до схеми, яка показана на рис. 2.11.

Потрібно також заважати на те, що модуль реле повинен підтримувати спрацьовування на рівні 3,3 В, оскільки порт Raspberry не запускатиме з напругою 12 В. На рис. 2.19 представлено доступні порти, які можна задіювати при побудові комп'ютерних систем різного типу.



Рисунок 2.19 – Порти GPIO

При підключенні першого каналу реле до Raspberry PI можна скористатися схемою, яка показана у табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Схема підключення першого каналу реле до Raspberry PI

Raspberry Pi	GPIO Extension Board	Relay Module
GPIO 0	GPIO17	SIG
3.3V	3V3	VCC
GND	GND	GND
3.3V	3V3	COM

Наступний крок при реалізації системи управління зарядною станцією полягає в аналізі принципів управління заряджанням акумуляторних батарей, відкритого протоколу OCPP та написанні програмного забезпечення для управління зарядною станцією з точки зору користувача в домашніх умовах.

РОЗДІЛ 3 РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЗАРЯДНОЮ СТАНЦІЄЮ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

3.1 Дослідження принципів управління заряджанням акумуляторних батарей

Li-Ion акумулятори становлять зацікавленість виробників електромобілів через їх високу щільність заряду та малу вагу. Незважаючи на те, що ці батареї відрізняються великими розмірами, вони надто нестабільні за своєю природою. Важливим аспектом їхнього використання є необхідність моніторингу за показниками струму та напруги, які можуть призвести до перезаряджання або повного розряджання.

В акумуляторних батареях багато елементів об'єднані разом, і кожна комірка акумулятора повинна окремо контролюватися задля її безпеки та ефективної роботи. Це вимагає застосування спеціальної системи управління, що англійською мовою звучить як «Battery Management System». Крім того, щоб отримати максимальну ефективність від акумуляторної батареї, доцільно повністю заряджати та розряджати всі елементи одночасно при однаковій напрузі, що знову потребує використання системи управління заряджанням.

Є багато факторів, які слід враховувати при проектуванні систему управління заряджанням акумуляторної батареї. Крім електромобілів, системи управління заряджанням також використовуються там, де застосовуються літєві батареї, наприклад, сонячні батареї, вітряні млини, електроперегородки тощо.

Незалежно від застосування, проект BMS повинен враховувати всі або багато з наведених нижче факторів.

Контроль розряджання батареї. Основна функція BMS полягає в підтримці літєвих елементів у безпечній робочій зоні. Наприклад, типова літєва комірка

					<i>КС КРБ 123.113.00.00 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Гаврилюк Б.О.</i>			<i>Реалізація системи управління зарядною станцією електромобілів</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Яцишин В.В.</i>					43	
<i>Реценз.</i>		<i>Дуда О.М.</i>				<i>ТНТУ, каф. КС, гр. СІ-41</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Тиш Є.В.</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Осухівська Г.М.</i>						

18650А матиме номінальну напругу близько 3 В. Систему управління несе відповідальність за те, щоб жоден із елементів у комплекті не розряджався нижче 3 В.

Контроль заряджання батареї. Окрім розряджання, процес заряджання також повинен бути під контролем. Більшість акумуляторів, як правило, пошкоджуються або термін служби скорочується, якщо їх заряджати неналежним чином. Для зарядного пристрою літєвих акумуляторів використовується 2-ступінчастий зарядний пристрій. Перший етап називається постійним струмом (CC), під час якого зарядний пристрій видає постійний струм для заряджання акумулятора. Коли батарея стає майже повною, використовується друга стадія, яка називається стадією постійної напруги (CV).

Під час другої стадії заряджання до батареї подається постійна напруга при дуже низькому струмі. Система управління має переконатися, що напруга та струм під час заряджання не перевищують допустимі межі, щоб не перезаряджати або швидко заряджати батареї. Значення максимально допустимої напруги і струму заряджання можна знайти в технічному паспорті акумулятора.

Визначення стану заряду (SOC). Визначення стану заряду є індикатором палива електромобіля. Це фактично говорить про ємність акумулятора у відсотках. Напругу і струм заряду/розряду акумулятора слід завжди контролювати, щоб передбачити ємність акумулятора. Після вимірювання напруги та струму існує багато алгоритмів, які можна використовувати для розрахунку SOC акумуляторної батареї. Найбільш часто використовуваним методом є метод кулонового підрахунку. Вимірювання значень і обчислення SOC також є обов'язком системи управління акумуляторною батареєю.

Визначення стану працездатності (SOH). Ємність батареї залежить не лише від її напруги та сили струму, але й від її віку та робочої температури. Вимірювання SOH повідомляє про вік і очікуваний життєвий цикл батареї на основі історії її використання. Таким чином, можна знати, наскільки зменшується пробіг (відстань, пройдена після повної зарядки) електромобіля, коли акумулятор старіє, а також можна дізнатися, коли акумуляторну батарею

					<i>КС КРБ 123.113.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						44
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

потрібно замінити. SOH також має розраховуватися та відслідковуватися системою управління акумуляторної батареї.

Балансування комірок акумулятора. Ще одна життєво важлива функція BMS – підтримувати баланс комірок. Наприклад, в корпусі з 4 елементів, з'єднаних послідовно, напруга всіх чотирьох елементів завжди повинна бути рівною. Якщо один елемент має нижчу або високу напругу, ніж інший, це вплине на весь пакет. Для прикладу, якщо один елемент має напругу 3,5 В, а інші три – 4 В, тоді під час заряджання три елементи досягнуть напруги 4,2 В, а інший щойно досягне 3,7 В. По аналогії ця комірка батареї першою розрядиться до 3 В перед іншими трьома. Таким чином, через цю єдину комірку всі інші комірки в пакеті не можуть бути використані з максимальною потужністю, що знижує ефективність. Щоб впоратися з цією проблемою, система управління акумуляторною батареєю має реалізувати щось, що називається балансуванням комірок. Існує багато типів методів балансування, але, зазвичай, використовуються активний і пасивний тип балансування.

Ідея пасивного балансування полягає в тому, що комірки з надлишковою напругою будуть примусово розряджатися через резистор навантаження, щоб досягти значення напруги інших елементів.

Під час активного балансування сильніші комірки будуть використовуватися для заряджання слабших, щоб вирівняти їхні потенціали.

Контроль температури. Термін служби та ефективність літієвої батареї значною мірою залежить від робочої температури. Акумулятор швидше розряджається в жаркому кліматі порівняно зі звичайною кімнатною температурою. Додавання до цього споживання великого струму призведе до подальшого підвищення температури. Для цього потрібна тепла система (в основному масляна) в акумуляторній батареї. Ця тепла система повинна не лише знижувати температуру, але також повинна мати можливість підвищувати температуру в холодному кліматі. BMS відповідає за вимірювання температури окремої комірки та відповідно контролює теплову систему для підтримки загальної температури акумуляторної батареї.

					<i>КС КРБ 123.113.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						45
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Живлення електромобіля лише від батареї. Єдиним джерелом живлення, доступним у електромобілі, є сама батарея. Таким чином, BMS має бути спроектовано для живлення від тієї самої батареї, яку вона має захищати та обслуговувати. Структурна схема системи управління акумуляторною батареєю показана на рис. 3.1.

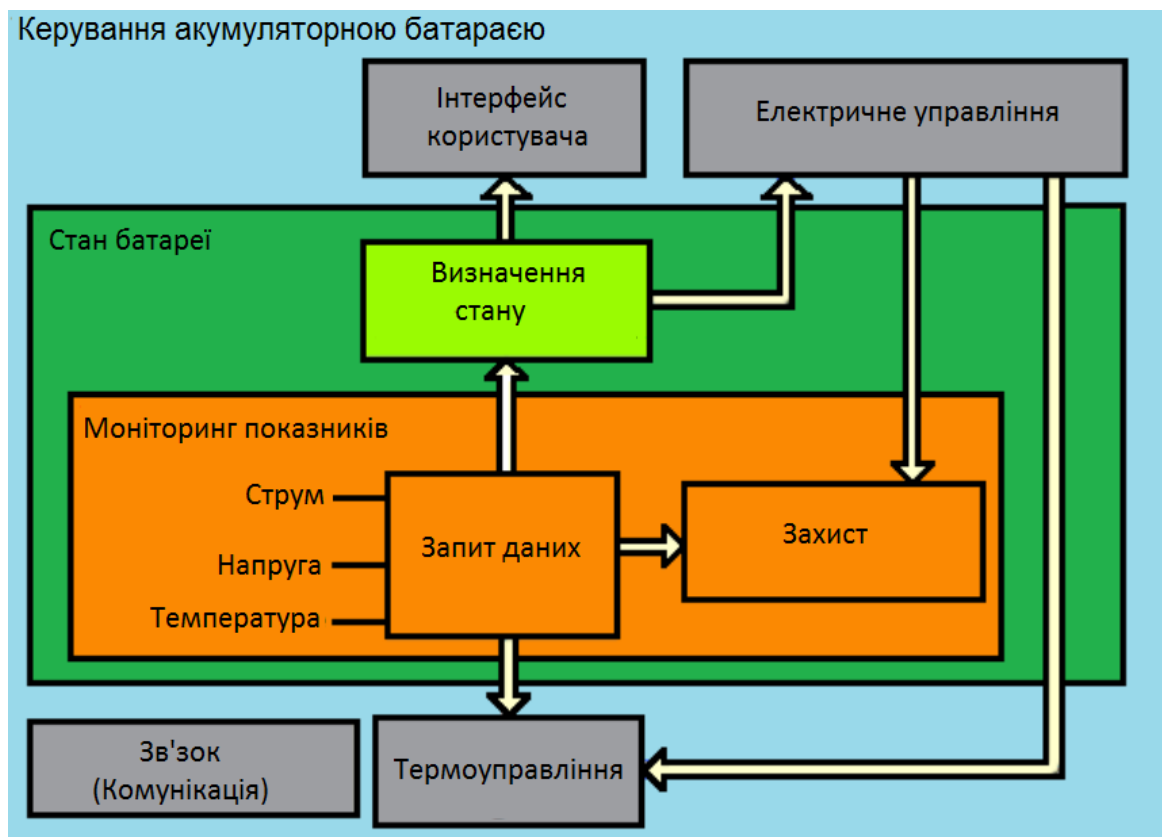


Рисунок 3.1 – Структурна схема управління акумуляторною батареєю

Як видно з рис. 2.8, основною функцією системи управління акумуляторною батареєю є моніторинг різних показників, що передбачає вимірювання трьох життєво важливих параметрів, таких як напруга, сила струму та температура, від кожної комірки батареї. Відомо, що акумуляторні блоки утворюються шляхом з'єднання багатьох елементів у послідовну або паралельну конфігурацію, наприклад, як Tesla має 8256 елементів, у яких 96 елементів з'єднані послідовно, а 86 – паралельно, щоб утворити пакет.

Якщо набір комірок з'єднаний послідовно, то потрібно виміряти напругу в кожній комірці, але струм для всього набору буде однаковим, оскільки він є

сталим у послідовному колі. Подібним чином, коли набір комірок підключено паралельно, потрібно вимірювати лише повну напругу, оскільки напруга на кожній комірці буде однаковою при паралельному з'єднанні. На рис. 3.2 показано набір елементів, з'єднаних послідовно. Тут можна помітити, що напруга та температура вимірюються для окремих елементів, а струм пакету вимірюється загалом.

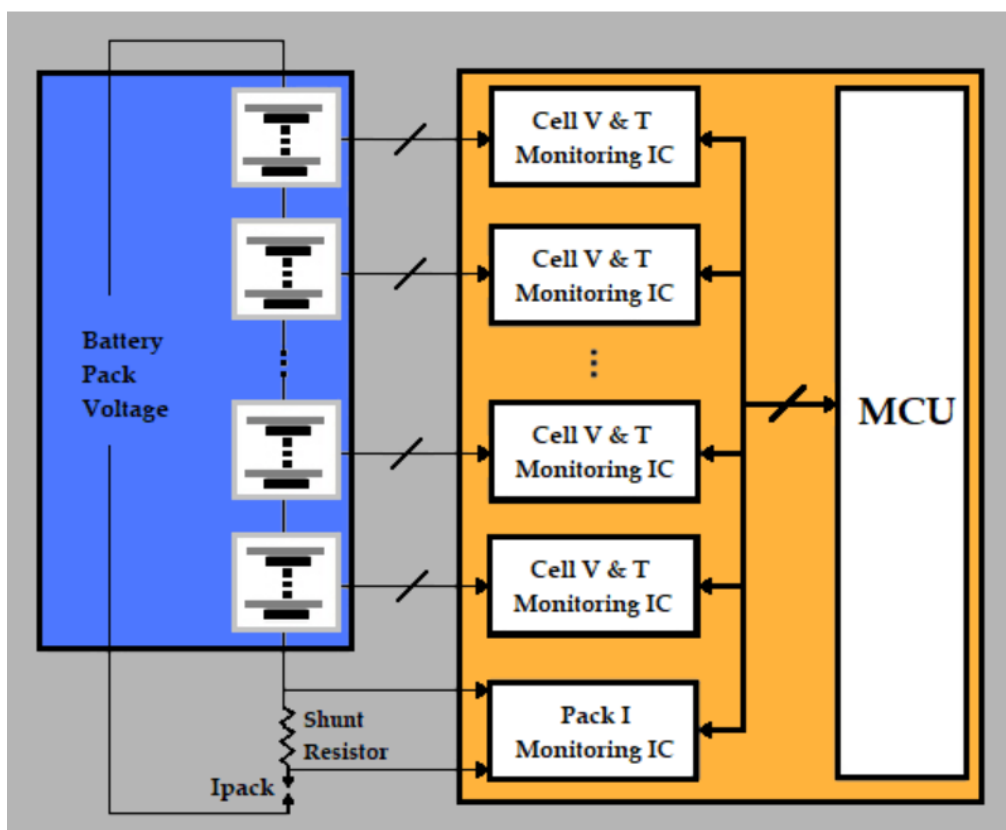


Рисунок 3.2 – Приклад послідовного з'єднання комірок акумуляторної батареї

Оскільки типовий електромобіль має велику кількість елементів, з'єднаних разом, виміряти напругу окремого елемента акумуляторної батареї трохи складно. Однак, якщо відома напруга окремого елемента, то можна виконати балансування елемента та забезпечити його захист. Для зчитування значення напруги комірки використовується АЦП. При цьому складність є високою, оскільки батареї з'єднані послідовно. Це означає, що клеми, на яких вимірюється напруга, потрібно щоразу змінювати.

Існує багато способів зробити вимірювання, використовуючи реле, мультиплексори тощо. Окрім цього, існує також мікросхема керування батареєю MAX14920, яку можна використовувати для вимірювання напруги окремих елементів (12-16 одиниць), з'єднаних послідовно.

Окрім температури комірки, іноді система управління батареєю також має вимірювати температуру шин та двигуна, оскільки все працює на високому струмі. Найпоширеніший елемент, який використовується для вимірювання температури – NTC, що вимірює негативний температурний коефіцієнт (NTC). Він схожий на резистор, але змінює (зменшує) свій опір залежно від температури навколо нього. Вимірюючи напругу на цьому пристрої та використовуючи простий закон Ома, можемо обчислити опір i , таким чином, температуру.

Існує багато алгоритмів для вимірювання SOC батареї, кожен із яких має власні вхідні значення. Найбільш часто використовуваний метод для SOC – метод Кулона. Окрім цього, є багато інших трохи складніших алгоритмів:

- метод ампер-годин;
- метод напруги відкритого ланцюга (OCV);
- метод вимірювання опору/IR;

При вимірюванні живучості акумуляторної батареї можна використовувати алгоритми машинного навчання:

- нейронні мережі з нечіткою логікою;
- метод опорних векторів (SVM).

В окремих випадках використовується метод оцінки моделі простору станів за допомогою фільтра Калмана.

3.2 Аналіз особливостей відкритого протоколу OCPP при заряджанні електромобілів

Протокол «Open Charge Point Protocol» представляє собою відкритий протокол зарядної станції. Загалом це відкрита специфікація для зарядних станцій електромобілів, що дає змогу обмінюватися даними з централізованою системою управління.

					<i>КС КРБ 123.113.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Застосування цього протоколу дуже подібне до системи керування розумними будинками, коли вимикачі світла, кондиціонери та навіть гаражні ворота обмінюються повідомленнями з мобільним телефоном. Це означає, що керування всіма цими пристроями здійснюється з однієї точки.

Принцип організації і використання протоколу OCPP показано на рис. 3.3.



Рисунок 3.3 – Застосування протоколу OCPP

Якщо припустити, що для заряджання електромобілів використовуються кілька зарядних станцій різних виробників, і деякі (або навіть усі) з них не підтримують OCPP. У цьому випадку неможливо керувати зарядними пристроями одночасно, оскільки вони несумісні між собою і «розмовляють різними мовами».

Крім того, при застосуванні кожної конкретної станції її керування жорстко прив'язано до апаратного і програмного забезпечення виробника.

Протокол OCPP забезпечує свободу у виборі типу зарядної станції та кросплатформність. За допомогою цього протоколу зарядний пристрій, сервер і система керування можуть обмінюватися даними незалежно від постачальника та виробника. У результаті цього з'являється гнучкість при формуванні ціни зарядки, налаштування параметрів початку і завершення процесу зарядки та інші речі.

Незважаючи на те, що всі дані постійно пересилаються по протоколу туди і назад у межах однієї мережі, вони надійно захищені шифруванням. Розробники OCPP підвищують безпеку з кожною новою версією. Тому ніхто, не зможе

отримати доступ до інформації про зарядку електромобіля через ОСРР. Приклад схеми організації зарядної станції електромобілів з використанням відкритого протоколу заряджання показано на рис. 3.4.

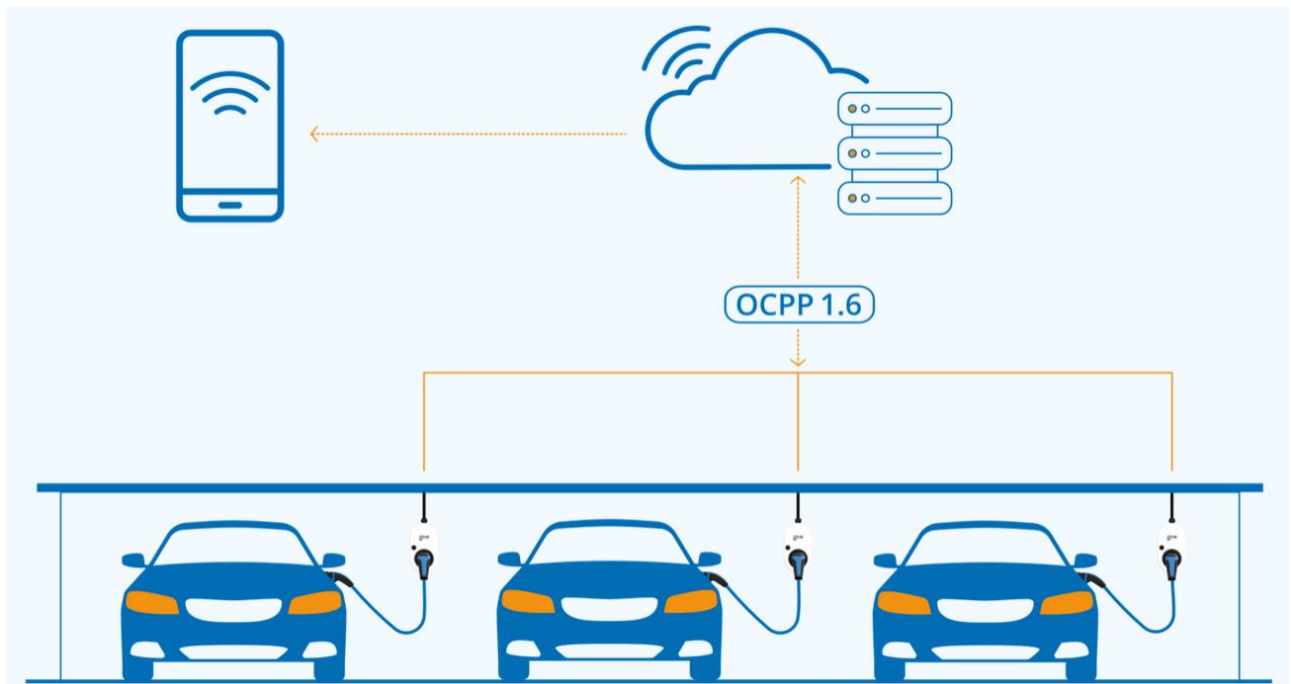


Рисунок 3.4 – Приклад організації зарядних станцій на основі протоколу ОСРР 1.6

Проте, якщо говорити про версії ОСРР, необхідно врахувати одну річ: встановити з'єднання між будь-яким апаратним та програмним забезпеченням ОСРР можна лише в тому випадку, якщо система керування зарядною станцією та обладнання для заряджання електромобілів підтримують ту саму версію ОСРР.

Наприклад, зарядні пристрої відповідають вимогам ОСРР 1.6 (найпоширеніша версія). Тому вони ідеально працюють у мережі, де всі інші зарядні пристрої також підтримують цю версію. Протокол ОСРР – це не те, що можна додати до своєї зарядної станції.

Незважаючи на те, що технологічний і технічний прогрес ніколи не зупиняється, і вже кілька років тому було випущено нові версії ОСРР, версія ОСРР 1.6 залишається найпоширенішою. Тому більшість комерційних станцій

заряджання електромобілів використовують саме його. Версія OCPP 1.6 JSON характеризується трьома особливостями [10]:

- балансування навантаження;
- центральна інтелектуальна зарядка;
- локальна інтелектуальна зарядка;

Крім того, версія 1.6 полегшує зарядку і робить її більш інтуїтивно зрозумілою як для водіїв електромобілів, так і для власників зарядних станцій.

На рис. 3.5 продемонстровано алгоритм заряджання електромобілів з використанням відкритого протоколу OCPP 1.6.

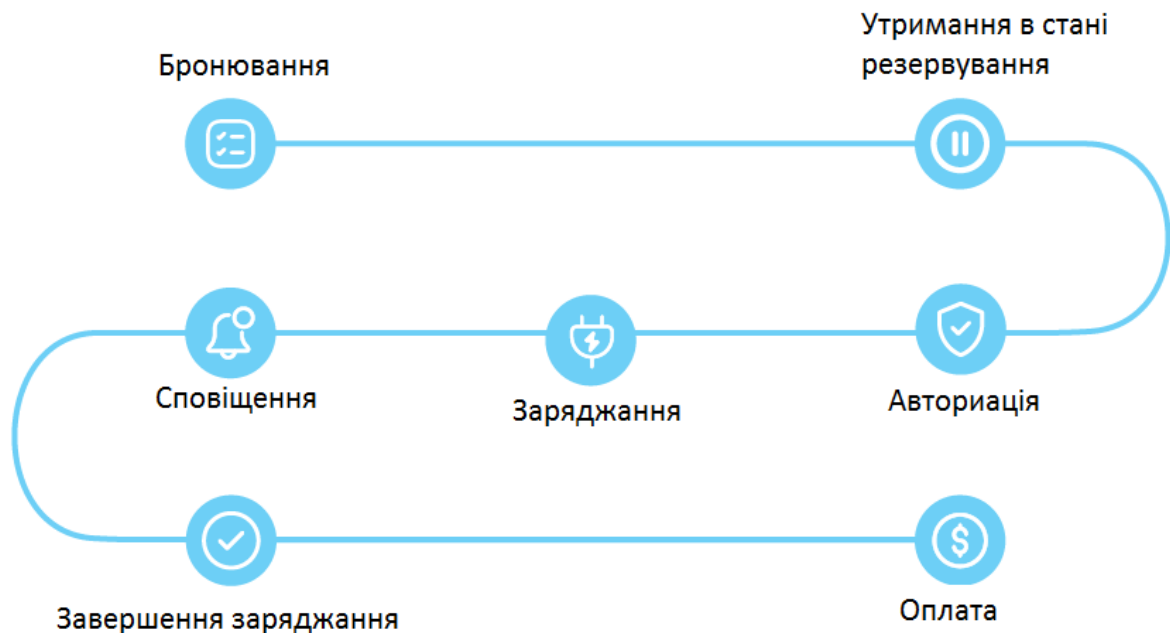


Рисунок 3.5 – Алгоритм заряджання електромобілів на основі протоколу OCPP 1.6

Як видно з рис. 3.5 алгоритмом передбачено наступні кроки при заряджанні електромобілів:

Бронювання (резервування) – водій резервує зарядний пристрій на зарядній станції за допомогою мобільного додатка або платформи обміну повідомленнями до прибуття.

Утримання зарядного пристрою в стані резервування – вибраний зарядний пристрій зарезервовано для водія (на задній панелі та в місці заряджання).

Ідентифікація та авторизація водія – водій ідентифікує себе, а зарядний пристрій дає дозвіл на початок заряджання. Серед можливих варіантів ідентифікації можна використовувати – RFID, NFC, мобільний додаток, QR-код, Plug & Charge.

Заряджання – зарядний пристрій розпочинає сеанс заряджання.

Сповіднення – водій отримує повідомлення про завершення сеансу заряджання, однак можна налаштувати повідомлення для різних етапів сесії, наприклад, «Початок заряджання», «Заряджання завершено», «Сесія закінчена», «Батарея заряджена на 90%»

Завершення заряджання – водій від'єднує та повертає роз'єм до зарядного пристрою, фіксуючи його у визначеному місці, а також можна використовувати обмеження на заряджання, наприклад, за наявними коштами (300 грн), за часом (1 година зарядки) або за кількістю електроенергії у кВт/год.

Оплата (білінг) – виставлення рахунків здійснюється внутрішньою системою. Зарядний пристрій надсилає дані про споживання до оператора зарядної станції і потім стягує плату з кінцевих споживачів відповідно до власних цін.

3.3 Специфікація протоколу OCPP 1.6

Щоб зрозуміти термінологію специфікації OCPP, важливо зрозуміти початкову її точку. Специфікація OCPP використовує термін зарядна станція як фізичну систему, де можна заряджати електромобілі.

Зарядна станція може мати один або кілька EVSE (обладнання електроживлення для електромобілів). EVSE вважається частиною зарядної станції, яка може доставляти живлення до одного EV одночасно.

Термін «роз'єм», який використовується в цій специфікації, відноситься до незалежної керованої електричної розетки на зарядній станції, іншими словами, це відповідає одному фізичному роз'єму.

У деяких випадках EVSE може мати кілька типів фізичних розеток і/або прив'язаних кабелів/з'єднувачів для полегшення використання різних типів

					<i>КС КРБ 123.113.00.00 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		52

транспортних засобів (наприклад, чотириколісних електромобілів та електричних скутерів). Таке налаштування називається 3-рівневою моделлю та зображено на рис. 3.6.

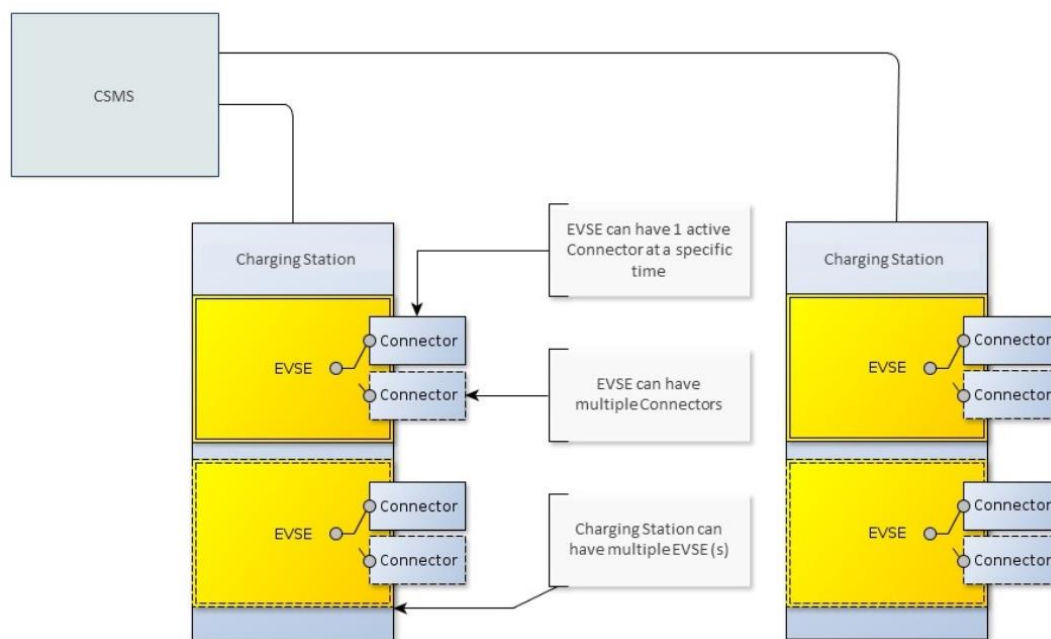


Рисунок 3.6 – Трирівнева модель організації зарядної станції

Враховуючи зростаючу складність повідомлень OCPP, OCPP 2.0.1 базується на інформаційній моделі як директиві для повідомлень і власних схем OCPP. Під інформаційною моделлю потрібно розуміти логічний набір об'єктів, що описує реальні об'єкти з усіма їхніми властивостями. Це забезпечує інформативне представлення інформаційної структури в протоколі.

Крім того, це дозволяє зробити об'єкти в OCPP багаторазовими, а також узгодити означення повідомлень і автоматично створених схем повідомлень.

Інформаційна модель — це модель, яка також називається моделлю домену або основною моделлю, на основі якої генеруються повідомлення та типи даних OCPP. Ці типи даних взято зі специфікації OCPP 1.6 і називаються Core DataTypes і Qualified DataTypes. На рис. 3.7 показано, як будуються DataTypes в інформаційній моделі. Деякі типи даних мають префікс Common, що означає, що DataType можна використовувати для інших типів даних і повідомлень. Це не впливає на реалізацію OCPP пристрою.

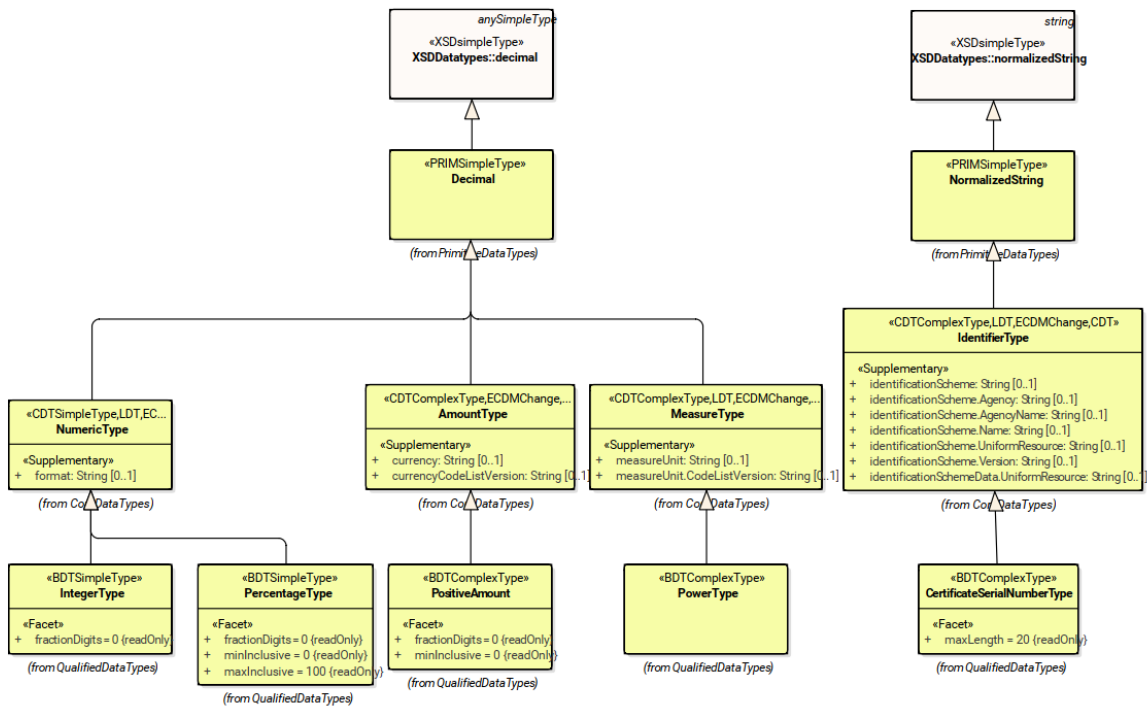


Рисунок 3.7 – Типи даних при використанні протоколу OCPP

Інформаційна модель розділена на кілька блоків «функцій»

- транзакції;
- розумне заряджання;
- облік;
- безпека (профілі/авторизація);
- комунікація;
- розклад додаткового заряджання.

Модель пристрою відноситься до узагальненого механізму в OCPP, який дозволяє будь-якій моделі зарядної станції повідомляти про те, як вона накопичується, щоб нею можна було керувати з будь-якої CSMS. Щоб керувати зарядною станцією за допомогою моделі пристрою (тобто «керувати пристроєм»), визначено ряд повідомлень і варіантів використання для детального налаштування та моніторингу зарядної станції без попереднього визначення структури зарядної станції. Щоб це зробити, OCPP надає узагальнений механізм для обміну широкою інформацією про зарядну станцію. Ця версія моделі пристрою має 3-рівневу модель (зарядна станція, EVSE, роз'єм) як вихідну точку, що означає, що будь-який опис, створений за допомогою

моделі пристрою, відповідає цим трьом рівням. На рівні компонентів моделі пристроїв протоколу OCPP визначено залежності між класами, які показано на рис. 3.8.

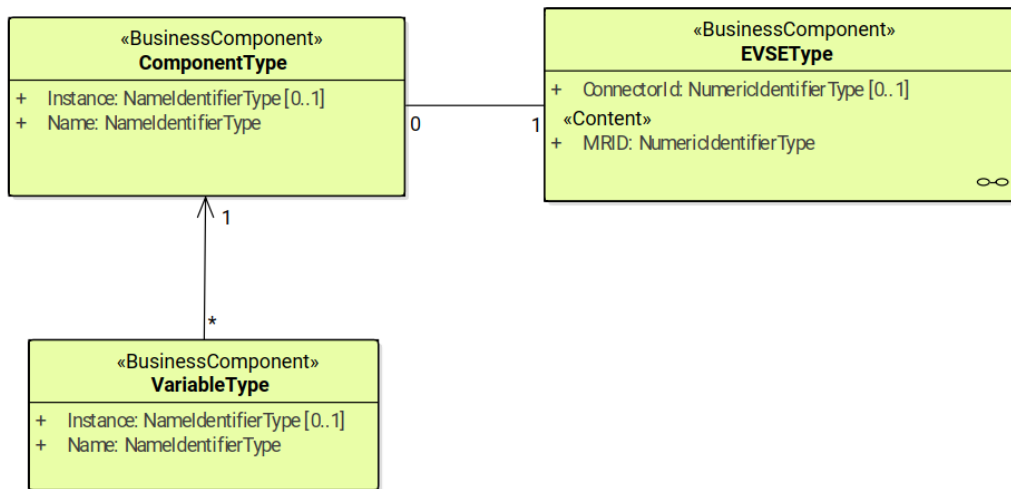


Рисунок 3.8 – Класи компонентів на рівні моделі пристроїв

На рівні атрибутів, змінних та характеристик пристроїв зарядних станцій визначено схему класів, яка показана на рис. 3.9.

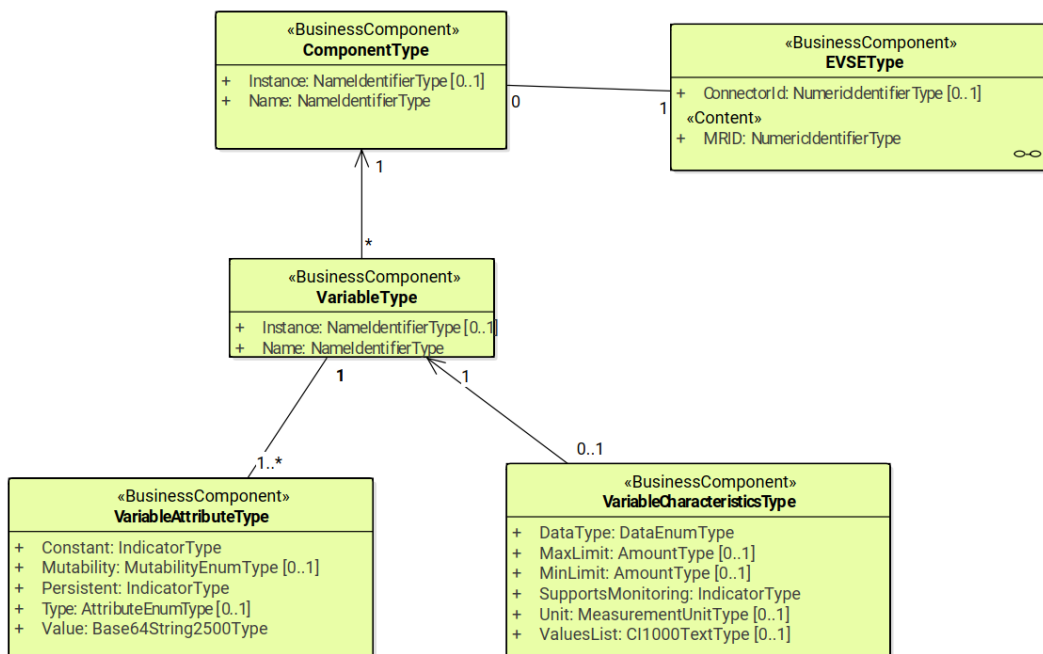


Рисунок 3.9 – Класи для опису атрибутів і характеристик моделі пристроїв зарядних станцій електромобілів

Локальний контролер — це пристрій, який знаходиться між CSMS і будь-якою кількістю зарядних станцій, створюючи локальну групу. Він розташований поруч із зарядною станцією (можливо, навіть підключений дротом до зарядних станцій), тому немає проблем із втратою зв'язку із зарядними станціями.

Це практично корисно для локальної інтелектуальної зарядки: балансування навантаження між зарядними станціями в одному місці. Локальний контролер може бачити всі повідомлення, поточні транзакції тощо. Він може надсилати профілі заряджання на зарядну станцію, щоб впливати на живлення, яке використовується зарядними станціями, таким чином запобігаючи використанню групою енергії більше, ніж доступно в даному місці в конкретний момент часу. Локальний контролер повинен працювати, оскільки зарядна станція не має відрізнятись під час підключення до локального контролера порівняно з прямим підключенням до CSMS (рис. 3.10).

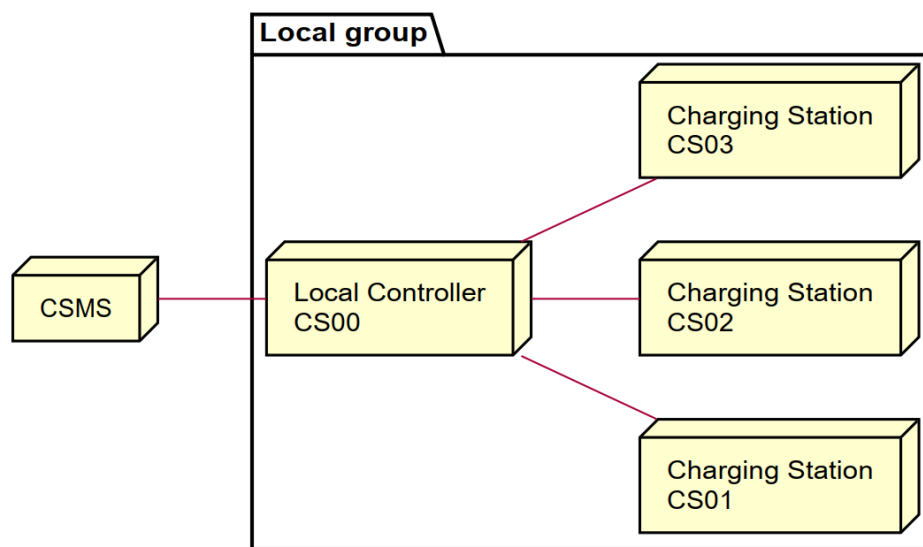


Рисунок 3.10 – Організація локального контролера зарядних станцій

Локальний контролер повинен працювати так, щоб зарядна станція могла працювати з ним одразу, вимагаючи встановлення лише параметрів, необхідних для підключення. Окрім цього, локальний контролер має функціонувати так, щоб центральна система керування не могла помітити, підключається зарядна станція до неї безпосередньо чи через локальний контролер.

3.4 Реалізація програмного забезпечення керування зарядною станцією в домашніх умовах

Враховуючи особливості протоколу OCPP для керування зарядними станціями, у роботі пропонується реалізувати простий та інтуїтивно зрозумілий користувацький інтерфейс з функціями увімкнення та вимкнення портів зарядної станції, які на фізичному рівні керуються реле, а на програмному – Raspberry PI.

З аналізу протоколу OCPP, проведеного у попередньому підрозділі, випливає, що основними структурними компонентами при організації зарядної станції в домашніх умовах на основі даного протоколу є:

- центральна система — система управління зарядними станціями, яка керує ними та авторизує користувачів;
- пункт зарядки — фізична зарядна станція з одним або кількома роз'ємами;
- роз'єм — електрична розетка, що управляється незалежно від заряду.

Зазвичай, один фізичний роз'єм відповідає одній розетці, але іноді один роз'єм може мати різні типи фізичних розеток і прив'язаних кабелів/роз'ємів.

Отже, центральна система контролює всі точки живлення на зарядній станції. При включенні/виключенні або зміні будь-яких параметрів точки передають інформацію до центральної системи.

Власник електромобіля через мобільний додаток надсилає сигнал до центральної системи керування для активації однієї із зарядних станцій. Таким чином центральна система передає команди користувача на зарядну точку.

Версії 1.x підтримують два формати даних: SOAP і JSON. Залежно від формату можна знайти OCPP-1.x-S або OCPP-1.x-J відповідно. Версія 1.6 протоколу OCPP складається з 28 операцій, 10 з яких ініціюються зарядною станцією, а 18 — центральною системою.

SOAP використовує XML для передачі даних і є надлишковим. Це критично, оскільки АЗС підключаються до Інтернету через мобільних операторів.

					<i>КС КРБ 123.113.00.00 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		57

Для реалізації центральної системи керування зарядною станцією з двома точками для заряджання електромобілів використано та модернізовано відкритий вихідний код мовою програмування JavaScript. На рис. 3.11 продемонстровано фрагмент коду, який реалізує запит від точки заряджання до центральної системи керування у вигляді повідомлення та у випадку команди авторизації повертає відповідний статус.

```
cSystem.onRequest = async function (client, command) {
  const connection = client.connection;

  console.info(`New command from ${connection.url}`);

  switch (true) {
    case command instanceof OCPPCommands.BootNotification:
      client.info = {
        connectors: [],
        ..command
      };
      return {
        status: BootNotificationConst.STATUS_ACCEPTED,
        currentTime: new Date().toISOString(),
        interval: 60
      };

    case command instanceof OCPPCommands.Authorize:
      return {
        idTagInfo: {
          status: AuthorizeConst.STATUS_ACCEPTED
        }
      };
  };
};
```

Рисунок 3.11 – Фрагмент коду центральної системи управління зарядними станціями

Опрацювання транзакцій центральною системою реалізовано за допомогою програмного коду, який показано на рис. 3.12.

```
case command instanceof OCPPCommands.StartTransaction:
  return {
    transactionId: 1,
    idTagInfo: {
      status: StartTransactionConst.STATUS_ACCEPTED
    }
  };

case command instanceof OCPPCommands.StopTransaction:
  return {
    transactionId: 1,
    idTagInfo: {
      status: StartTransactionConst.STATUS_ACCEPTED
    }
  };
};
```

Рисунок 3.12 – Опрацювання транзакцій центральною системою

Визначення доступності роз'єму для заряджання електромобіля реалізовано у вигляді, як показано на рис. 3.13.

```
cSystem.toggleChargePoint = async (client, connectorId) => {
  const connector = client.info.connectors.find(item => connectorId.toString() === item.connectorId)
  if (!connector) {
    return null;
  }

  if (connector.status !== StatusNotificationConst.STATUS_AVAILABLE) {
    let command = new OCPPCommands.RemoteStopTransaction({
      transactionId: connectorId
    });
    await client.connection.send(command);
    return;
  }

  let command = new OCPPCommands.RemoteStartTransaction({
    connectorId: connectorId,
    idTag: '' + connectorId
  });

  await client.connection.send(command);
};
```

Рисунок 3.13 – Виявлення доступності роз'ємів для заряджання електромобілів

На стороні зарядної станції на базі Raspberry Pi формування запитів до центральної системи і створення відповідного клієнта реалізується таким чином, як показано на рис. 3.14.

```
const client = new ChargePoint({
  centralSystemUrl: `https://ocpp-example.herokuapp.com/webServices/ocpp/CP${Math.floor(Math.random() * 1000)}`,
  connectors: [
    connector1,
    connector2
  ]
});

try {
  await client.connect();

  client.onRequest = async (command) => {
    switch (true) {
      case command instanceof OCPPCommands.RemoteStartTransaction:
        setTimeout(() => startTransaction(command), 1);
        return {
          status: RemoteStartTransactionConst.STATUS_ACCEPTED
        };
      case command instanceof OCPPCommands.RemoteStopTransaction:
        setTimeout(() => stopTransaction(command), 1);
        return {
          status: RemoteStartTransactionConst.STATUS_ACCEPTED
        };
    }
  };
};
```

Рисунок 3.14 – Створенні зарядної станції та клієнта

					<i>КС КРБ 123.113.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

Зі сторони клієнта (зарядної станції) запит на початок транзакції разом з авторизацією виглядає так, як показано на рис. 3.15.

```
async function startTransaction({ connectorId }) {
  const idTag = 'test';
  const authCommand = new OCPPCommands.Authorize({
    idTag
  });

  await client.send(authCommand);

  const statusCommand = new OCPPCommands.StatusNotification({
    connectorId,
    errorCode: StatusNotificationConst.ERRORCODE_NOERROR,
    status: StatusNotificationConst.STATUS_CHARGING
  });

  await client.send(statusCommand);

  const startCommand = new OCPPCommands.StartTransaction({
    connectorId,
    idTag,
    meterStart: 0,
    timestamp: new Date().toISOString(),
  });
}
```

Рисунок 3.15 – Запит на авторизацію та початок транзакції зі сторони зарядної станції

Для керування реле через Raspberry PI щодо увімкнення подачі живлення на розетки використовується програмний код, який показаний на рис. 3.16.

```
await client.send(startCommand);

connectorId === 1 ? pin17.reset() : pin27.reset();
}

async function stopTransaction({ transactionId }) {
  const statusCommand = new OCPPCommands.StatusNotification({
    connectorId: transactionId,
    errorCode: StatusNotificationConst.ERRORCODE_NOERROR,
    status: StatusNotificationConst.STATUS_AVAILABLE
  });

  await client.send(statusCommand);

  const startCommand = new OCPPCommands.StopTransaction({
    transactionId,
    meterStop: 1,
    timestamp: new Date().toISOString(),
  });

  await client.send(startCommand);

  transactionId === 1 ? pin17.set() : pin27.set();
}
```

Рисунок 3.16 – Код управління подачею живлення через Raspberry PI

Інтерфейс додатку для увімкнення та вимкнення зарядної станції достатньо простий та інтуїтивно зрозумілий (рис. 3.17).

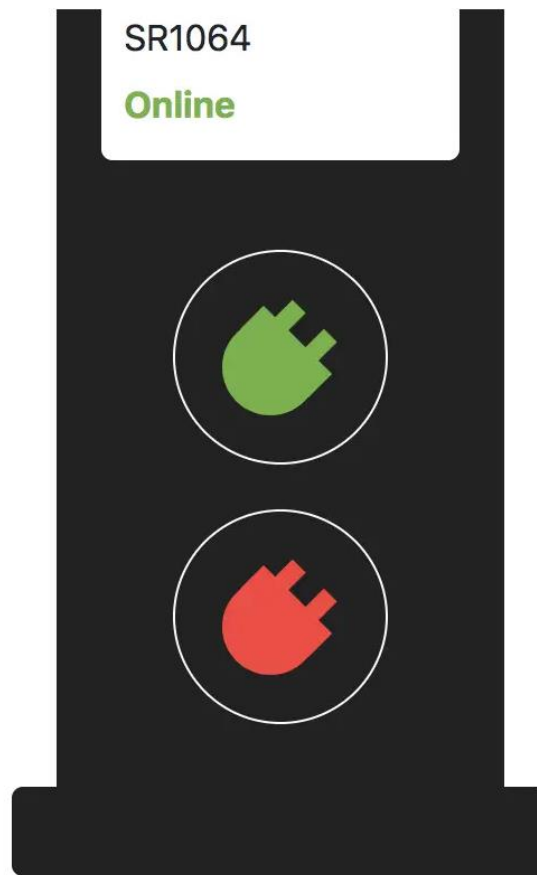


Рисунок .3.17 – Інтерфейс керування зарядною станцією

У результаті реалізації програмного забезпечення управління зарядною станцією використано відкритий протокол OCPP 1.6 J, реалізовано користувацький інтерфейс та логіку керування заряданням електромобілів в домашніх умовах.

					<i>КС КРБ 123.113.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Суть та зміст управління охороною праці

Основними завданнями управління охороною праці є:

- 1) опрацювання заходів щодо здійснення державної політики з охорони праці на регіональному та галузевому рівнях;
 - 2) підготовка, прийняття та реалізація заходів, спрямованих на забезпечення:
 - належних, безпечних і здорових умов праці;
 - утримання в належному стані виробничого устаткування, будівель і споруд, інженерних мереж, безпечного ведення технологічних процесів;
 - необхідних засобів індивідуального захисту для працівників;
 - організації і проведення навчання працівників з питань охорони праці;
 - пропаганди охорони праці;
 - обліку, аналізу та оцінки стану умов і безпеки праці; -професійного добору працівників окремих спеціальностей;
 - страхування працівників від нещасного випадку на виробництві та профзахворювань;
 - 3) організаційно-методичне керівництво на регіональному та галузевому рівнях;
 - 4) стимулювання інтеграції управління охороною праці в єдину систему загального управління організацією виробництва;
 - 5) широке впровадження позитивного досвіду у сфері охорони праці.
- Основні функції управління охороною праці:
- організація та координація робіт у галузі охорони праці;
 - облік, аналіз та оцінка показників стану умов та безпеки праці;

					<i>КС КРБ 123.113.00.00 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Гаврилюк Б.О.</i>			<i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевірив.</i>		<i>Яцишин В.В.</i>					62	
<i>Консульт.</i>		<i>Пилипець М.І.</i>				<i>ТНТУ, каф. КС, гр. СІ-41</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Тиш Є.В.</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Осухівська Г.М.</i>						

- планування та фінансування робіт;
- контроль за дотриманням вимог нормативно-правових актів з питань охорони праці.

Нормативно-правове забезпечення управління охороною праці має вдосконалюватися у таких напрямках:

- необхідно продовжити перебудову чинної нормативно-правової бази з охорони праці з урахуванням сучасних умов, вимог законодавства України, міжнародних або європейських норм;
- після прийняття нової редакції Закону України "Про охорону праці" слід переглянути відповідні нормативно-правові акти;
- проаналізувати стан нормативно-правової бази, визначити пріоритети щодо черговості перегляду нормативно-правових актів з охорони праці;
- необхідно забезпечити розробку та реалізацію в кожній галузі перспективних і поточних планів нормотворчої діяльності та опрацювання проектів ДНАОП на рівні сучасних вимог;
- на допомогу суб'єктам малого й середнього бізнесу ННДІОП опрацьовує довідково-методичні матеріали з питань охорони праці.

Першочерговим у системі управління охороною праці є забезпечення органів державного управління охорони праці та служб охорони праці підприємств, установ, організацій кваліфікованими фахівцями з охорони праці.

Належна кваліфікація й обізнаність усіх працівників із питань охорони праці є запобіжником ризику отримати виробничу травму чи професійне захворювання. Тому у процесі реформування управління охороною праці одним із найбільш пріоритетних напрямів є підвищення рівня знань працівників із цих питань, що має забезпечуватися у закладах освіти і безперервно шляхом навчання працівників у процесі їх трудової діяльності.

Для підвищення рівня знань фахівців із питань охорони праці необхідно:

- опрацювати проект положення "Про підготовку, перепідготовку та підвищення кваліфікації працівників системи Держнаглядохоронпраці";

					<i>КС КРБ 123.113.00.00 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						63
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

– розробити й реалізувати комплекс заходів щодо визначення пріоритетних питань при підготовці та підвищенні кваліфікації державних інспекторів з охорони праці з урахуванням наукових досліджень, досягнень та технічних рішень щодо створення безпечних умов праці в галузях виробництва.

Інформаційне забезпечення в галузі охорони праці має здійснюватися органами управління охороною праці на всіх рівнях і потребує вдосконалення шляхом визначення та поширення міжнародного й вітчизняного досвіду щодо пропаганди безпечних методів і засобів праці, вирішення інших актуальних питань у цій сфері із залученням сучасних інформаційних технологій, ЗМІ, оперативного розповсюдження посібників, пам'яток, методик, листівок відповідного спрямування.

ННДІОП має забезпечити збирання, обробку й доведення до кожного підприємства незалежно від сфери управління (галузевого чи регіонального рівня) інформації з питань управління та нагляду за охороною праці.

Для зниження ризиків, пов'язаних із виробничим устаткуванням, технологічними процесами, будівлями й спорудами, необхідно:

– переглянути нормативну базу, що регламентує безпечність виробничого устаткування, технологічних процесів, будівель і споруд, привести її у відповідність до вимог директив Європейського Союзу;

– удосконалити порядок проведення експертизи устаткування, технологічних процесів, будівель і споруд на їх відповідність вимогам безпеки з урахуванням міжнародних та європейських норм;

– ужити заходів щодо виведення з експлуатації (поетапно) морально застарілого і фізично зношеного виробничого устаткування, будівель, споруд тощо.

Враховуючи те, що протягом останніх років організація виробництва засобів індивідуального захисту (ЗІЗ) в Україні не дає очікуваних результатів, необхідно докорінно переглянути підхід до вирішення цієї проблеми, використовуючи досвід Білорусі, Литви, Латвії, Росії. Для цього слід упровадити на території України ЗІЗ, які вже отримали відповідний міжнародний сертифікат,

					<i>КС КРБ 123.113.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						64
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

виробників ЗІЗ у державі зорієнтувати виключно на ті, впровадження у виробництво яких є економічно вигідним. Доцільно вивчити питання щодо заснування в Україні спільних з іноземними представництвами підприємств із виробництва таких ЗІЗ, які б відповідали вимогам європейських норм і мали відповідні міжнародні сертифікати.

Для вирішення питань, пов'язаних із обліком, аналізом та оцінкою стану умов та безпеки праці, слід:

- опрацювати (удосконалити) і забезпечити впровадження єдиної державної статистичної звітності щодо обліку, аналізу та оцінки стану безпеки й умов праці;

- законодавчо врегулювати звітність щодо обліку, аналізу та оцінки стану безпеки й умов праці підприємств недержавної форми власності;

- надати матеріальну підтримку ННДІОП шляхом включення до державного бюджету витрат, пов'язаних із проведенням обґрунтованого аналізу стану охорони праці, наглядової діяльності та їх взаємозв'язку, опрацюванням періодичних аналітичних матеріалів щодо стану охорони праці в Україні.

Планування робіт з охорони праці має здійснюватися з урахуванням результатів аналізу й оцінки стану охорони праці, визначення пріоритетних напрямів діяльності.

Фінансування робіт з охорони праці. Необхідно створити належне правове підґрунтя і забезпечити фінансування заходів з охорони праці на державному, галузевому і регіональному рівнях за рахунок коштів:

- Фонду соціального страхування від нещасних випадків, виділених на профілактику виробничого травматизму й профзахворювань;

- державного бюджету і місцевих бюджетів - для часткового фінансування (разом із коштами Фонду соціального страхування від нещасних випадків) Національної, галузевих і регіональних програм поліпшення стану безпеки, гігієни праці та виробничого середовища або інших цільових програм з охорони праці, а також заходів з охорони праці, передбачених програмами соціально-економічного і культурного розвитку України та її адміністративно-

					<i>КС КРБ 123.113.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						65
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

територіальних одиниць; при цьому кошти на охорону праці в державному й місцевих бюджетах виділяються окремими рядками;

- інших джерел фінансування, не заборонених законодавством.

Система контролю за витрачанням коштів, виділених на охорону праці на рівні підприємства, має бути вдосконалена таким чином, щоб забезпечити їх спрямування за цільовим призначенням відповідно до Переліку заходів та засобів з охорони праці, що затверджується Кабінетом Міністрів України.

4.2 Підбирання оптимальних параметрів мікроклімату на робочих місцях з ПК

Висока чи низька температура повітря в приміщенні з ПК негативно впливає на функціональний стан користувача. Недостатня вологість в приміщенні призводить до надмірного висихання слизових оболонок очей, носа, горла та до нагромадження зарядів статичної електрики, що утворюються в процесі роботи ПК.

Разом з тим недопустима вологість повітря більше 75%. На робочих місцях користувачів ПК параметри мікроклімату відповідають вимогам ДСН 3.3.6.042-99 “Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень”, ДСан Пін 3.3.2-007-98, ДНАОП 0.00-1.31-99.

Холодна пора року – період року, який характеризується середньодобовою температурою зовнішнього повітря, що дорівнює $+10^{\circ}\text{C}$ і нижче.

Тепла пора року – період року, який характеризується середньодобовою температурою зовнішнього середовища вище $+10^{\circ}\text{C}$.

До категорії 1а належать роботи, що виконуються сидячи і не потребують фізичного напруження, при яких витрата енергії дорівнює 105-140Вт (90-120 ккал/год.). У табл. 4.1 приведені норми мікроклімату для приміщень з ВДТ ЕОМ та ПЕОМ (ПК).

					<i>КС КРБ 123.113.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.1 – Норми мікроклімату для приміщень з ВДТ ЕОМ та ПЕОМ

Пора року	Категорія робіт**	Температура повітря, °С	Відносна вологість повітря, %	Швидкість руху повітря, м/с
Холодна	легка-1а	22-24	60-40	0,1
легка-1б	21-23	60-40	0,1	
Тепла	легка-1а	23-25	60-40	0,1
легка-1б	22-24	60-40	0,2	

До категорії 1б належать роботи, що виконуються сидячи, стоячи або пов'язані з ходінням та супроводжуються деяким фізичним напруженням, при яких витрата енергії дорівнює 141-175 Вт (121-150 ккал/год.).

Повітря яким дихають користувачів ПК складається з позитивно та негативно заряджених часток-іонів. Давно відомо про цілющий вплив на людину негативних іонів. Вони підвищують рівень гаммаглобуліна в крові, що збільшує опір організму хвороботворним бактеріям, а також стимулює вироблення бетаендорфіна, що інколи називають “гормоном щастя”, який позитивно впливає на настрій, запобігаючи депресіям та підвищуючи працездатність.

При роботі з ВДТ і ПК іонний склад повітря на робочому місці користувача змінюється. Уже через 5 хвилин роботи кількість легких іонів знижується у 8 разів, а через 3 години є майже нульовою. Також зменшується концентрація середніх та важких негативно заряджених часток, а концентрація позитивних іонів зростає, що шкідливо впливає на здоров'я користувача комп'ютера [19].

Такий вплив проявляється в зниженні його працездатності (швидка втомлюваність, головний біль), в погіршенні короткочасової пам'яті, діяльності серцево-судинної системи, бронхо-легеневого апарату (збільшення частоти пульсу та дихання (із-за недостатнього поступлення кисню в кров)).

У приміщеннях з комп'ютерами забезпечується 3-кратний обмін повітря за годину. Адже під час розумової праці мозок людини споживає в 9-10 разів більше кисню, а ПК його забирає, виникає кисневе голодування.

Для забезпечення нормованого мікроклімату та рівня іонізації повітря на робочих місцях користувачів застосовують припливно-витяжну вентиляцію чи систему кондиціонування повітря, прилади зволоження та/або установки генерації негативних іонів (аероіонізатори). Знизити деіонізацію повітря в зоні дихання користувача ПК дозволяє також встановлений на монітор захисний заземлений екран.

На сьогоднішній день деякі компанії починають випускати монітори із влаштованими іонізаторами повітря. Компанія Samsung Electronics заявила, що почала продавати РК-монітори із вмонтованими іонізаторами повітря. При включенні іонізатора він починає випромінювати негативно заряджені іони, які перешкоджають електризації пилу та скупченню бактерій біля робочого місця користувача. Сучасні модифіковані аероіонізатори дозволяють одночасно очищувати і іонізувати повітря негативними іонами.

У великих приміщеннях використовують аероіонізатори типу люстри Чижевського.

Вимоги до вмісту шкідливих речовин у повітрі робочої зони, відповідно до ГОСТ 12.1.005-88 «Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони», наступні:

- концентрація озону – не більше 0,1 мг/м³;
- вміст оксидів азоту – не більше 5 мг/м³;
- вміст пилу – не більше 4 мг/м³.

Таким чином, дотримання вимог щодо вмісту аеронів, застосування засобів іонізації повітря та знешкодження шкідливих речовин у повітрі дають змогу дотримуватись рекомендацій стандартів щодо мікроклімату у виробничих приміщеннях з використанням ПЕОМ і тим самим забезпечити оптимальні умови праці користувачів ПК.

					<i>КС КРБ 123.113.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У результаті виконання кваліфікаційної роботи одержано проект для реалізації прототипу системи управління зарядною станцією в домашніх умовах. В основі розробленої системи управління зарядною станцією лежить відкритий протокол OCPP версії 1.6 з можливістю передачі даних у форматі JSON.

Проект управління зарядною станцією виконано у відповідності до підтримуваної протоколом архітектури, яка передбачає наявність центрального сервера керування зарядною станцією, клієнта у вигляді самої зарядної станції та веб-додатку, який дає змогу дистанційно вмикати та вимикати живлення розеток до яких підключаються порти заряджання електромобілів.

У роботі розроблено схему керування процесом заряджання електромобілів на локальному рівні (рівень зарядної станції в домашніх умовах), що передбачає використання Raspberry Pi як керуючого пристрою, а чотириохканального реле, як пристрою вмикання та вимикання при подачі живлення до розеток.

Система центрального управління зарядною станцією реалізована у вигляді програмного сервера обробки запитів та формування команд, які передаються на локальний рівень клієнта.

Система керування зарядною станцією на рівні клієнта може надсилати відповіді на запити сервера щодо доступності зарядної станції та інші повідомлення, які стосується стану у якому перебуває зарядна станція.

Веб-додаток для керування зарядною станцією в домашніх умовах дає змогу вмикати/вимикати подачу живлення до розеток зарядної станції, а також відображати доступність розеток. Програмне забезпечення сервера, клієнта і веб-додатка реалізовано за допомогою мови програмування JavaScript.

З метою перевірки коректності функціонування реле, розроблено скрипт мовою програмування Python, який можна запустити без підключення централізованої системи управління зарядною станцією.

					<i>КС КРБ 123.113.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Electric Vehicle EV Charger. URL: <https://www.instructables.com/Electric-Vehicle-EV-Charger/> (дата звернення: 29.04.2024 р.).
2. Mahmood H. Q., Mohammed E., Ahmed J. A. Charging Station of Electric Vehicle Based on IoT: A Review. URL: https://www.researchgate.net/publication/360966874_Charging_Station_of_Electric_Vehicle_Based_on_IoT_A_Review (дата звернення: 29.04.2024 р.).
3. Battery Management System (BMS) for Electric Vehicles. URL: <https://circuitdigest.com/article/battery-management-system-bms-for-electric-vehicles> (дата звернення: 02.05.2024).
4. All you want to know about Electric Vehicle Batteries. URL: <https://circuitdigest.com/article/all-you-want-to-know-about-electric-vehicle-batteries> (дата звернення: 02.05.2024).
5. Murat Y., Philip T.K. Review of battery charger topologies, charging power levels, and infrastructure for plug-in electric and hybrid vehicles. IEEE Trans. Power Electron. 2013. PP. 2151–2169.
6. Long B., Lim S.T., Bai Z.F., Ryu J.H., Chong K.T. Energy management and control of electric vehicles, using hybrid power source in regenerative braking operation. Energies 2014, 7, PP. 4300–4315.
7. Perera A., Zaslavsky A., Christen P. Georgakopoulos D. Sensing as a service model for smart cities supported by internet of things. Transactions on Emerging Telecommunications Technologies. Vol. 25. No. 1. 2014. pp. 81–93.
8. Al-Fuqaha A., Guizani M., Mohammadi M. Internet of things: A survey on enabling technologies, protocols, and applications. IEEE Communications Surveys & Tutorials. Vol. 17. No. 4. 2015. pp. 2347–2376.
9. Python 3.9.2 documentation. URL: <https://docs.python.org/3/> (дата звернення 08.05.2024 р.)
10. Паламар М.І., Стрембіцький М.О., Паламар А.М. Проектування комп'ютеризованих вимірювальних систем і комплексів. Навчальний посібник. Тернопіль: ТНТУ. 2019. 150 с.

					<i>КС КРБ 123.113.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

11. JSON encoder and decoder. URL: <https://docs.python.org/3/library/json.html> (дата звернення 29.04.2024 р.)
12. Raspberry Pi Computer Boards. URL: <https://www.okdo.com/c/pi-shop/the-raspberry-pi/> (дата звернення 15.05.2024 р.).
13. Yatsyshyn V., Pastukh O., Palamar A., Zharovskyi R. Technology of relational database management systems performance evaluation during computer systems design. Scientific Journal of TNTU.Tern.: TNTU. 2023. Vol 109. No 1. P. 54–65.
14. Yatsyshyn V., Pastukh O., Zharovskyi R., Shabliiy N. Software tool for productivity metrics measure of relational database management system. Mathematical Modeling. No 1 (48). 2023. P. 7-17.
15. Yatsyshyn V., Kharchenko O., Lutskiv A. Maturity Requirements Model for Software Requirements with the Implementation of ISO/IEC 25010 Recommendations. International Journal "Information Models and Analyses" Volume 9, Number 2, 2020 p. 126-143.
16. Yatsyshyn V. Kharchenko A., Bodnarchuk I., Galay I. An Optimal Trade-off Solution of the Software Architecture Choice Problem.// Journal of Information and Computing Science. 2016. Vol 11. No 4. P. 281-290.
17. Harchenko A., Bodnarchuk I., Halay I, Yatsyshyn V. The method for comparative evaluation of software architecture with accounting of trade-offs/ // American Journal of Information Systems. Vol. 2. No 2. 2014. P. 20-25
18. Pastukh O., Yatsyshyn V. Brain-computer interaction neurointerface based on artificial intelligence and its parallel programming using high-performance calculation on cluster mobile devices. Scientific Journal of TNTU. Tern.: TNTU. 2023. Vol 112. No 4. P. 26–31.
19. Pastukh O., Yatsyshyn V. Development of software for neuromarketing based on artificial intelligence and data science using high-performance computing and parallel programming technologies. Scientific Journal of TNTU. Vol 113. No 1. 2024. pp. 143–149.
20. Осухівська Г.М., Тиш Є.В., Луцик Н.С., Паламар А.М. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційних робіт здобувачів першого

					<i>КС КРБ 123.113.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

(бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія» усіх форм навчання. Тернопіль, ТНТУ. 2022. 28 с.

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

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

23. 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 123.113.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						72
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 УПРАВЛІННЯ ЗАРЯДНОЮ СТАНЦІЄЮ

ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на 11 листках

Вид робіт:

Кваліфікаційна робота

На здобуття освітнього ступеня «Бакалавр»

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»

«УЗГОДЖЕНО»

«ВИКОНАВЕЦЬ»

Керівник кваліфікаційної роботи

Студент групи СІ-41

_____ к.т.н., доц. Яцишин В.В.

_____ Гаврилюк Б.О.

« ___ » _____ 2024 р.

« ___ » _____ 2024 р.

Тернопіль 2024

1 Загальні відомості

1.1 Повна назва та її умовне позначення

Повна назва теми кваліфікаційної роботи: «Комп'ютерна система управління зарядною станцією електромобілів».

Умовне позначення кваліфікаційної роботи: КС КРБ 123.113.00.00

1.2 Виконавець

Студент групи СІ-41, факультету комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії, кафедри комп'ютерних систем та мереж, Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, Гаврилюк Богдан Олександрович.

1.3 Підстава для виконання роботи

Підставою для виконання кваліфікаційної роботи є наказ по університету (№ 4.7-408 від 24.04.2024 р.)

1.4 Планові терміни початку та завершення роботи

Плановий термін початку виконання кваліфікаційної роботи – 24.04.2024 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 управління зарядною станцією електромобілів призначена для застосування в домашніх умовах при заряджанні акумуляторних батарей та функціонування на основі відкритого протоколу ОСРР.

До складу системи управління повинні входити апаратне та програмне забезпечення. Апаратне забезпечення повинно забезпечувати увімкнення та вимкнення електроживлення при заряджанні електромобілів в залежності від того, яку функцію обрав власник авто у веб-додатку.

Програмне забезпечення включає в себе сервер для опрацювання запитів від клієнтів, які функціонують на рівні точки заряджання електромобілів, а також сервісне програмне забезпечення для перевірки коректності функціонування реле та управління від мінікомп'ютера Raspberry PI.

2.2 Мета створення системи

Мета створення комп'ютерної системи управління зарядною станцією електромобілів полягає у забезпеченні зручності та контрольованості заряджання електромобілів в домашніх умовах з можливістю отримання сповіщень щодо стану заряджання акумуляторних батарей, уникнення їх перезаряджання та ручного увімкнення/вимкнення станції.

Досягнення мети роботи кваліфікаційної роботи супроводжується розв'язанням наступних задач:

- проведення аналізу принципів організації та функціонування зарядних станцій електромобілів;
- дослідження типів, структури та методів контролю заряду акумуляторних батарей на рівні електромобілів;
- обґрунтування та аналіз особливостей відкритого протоколу заряджання електромобілів ОСРР;
- проектування структурної та функціональної схеми зарядної станції електромобілів в домашніх умовах;
- дослідження апаратного забезпечення та їхніх характеристик при організації точок заряджання електромобілів з позиції клієнтів протоколу ОСРР;
- реалізація програмного забезпечення керування зарядною станцією на локальному рівні в домашніх умовах;
- забезпечення розробленого програмного забезпечення на рівні клієнта з центральною системою керування зарядними станціями;
- розробка простого та зрозумілого користувацького інтерфейсу для керування зарядною станцією електромобілів.

2.3 Характеристика об'єкту

2.3.1 Основні задачі та функції об'єкту

Комп'ютерна система управління зарядною станцією електромобілів повинна забезпечувати контрольований та безпечний процес заряджання акумуляторних батарей з можливістю його переривання в домашніх умовах.

Функціональність зарядної станції повинна забезпечувати підтримку протоколу OCPP без функцій білінгу. Сервер, який використовується у відкритому протоколі заряджання, повинен опрацьовувати запити від локального клієнта, кінцевою точкою якого є роз'єм для заряджання електромобілів.

Для забезпечення комунікації між програмними компонентами, які функціонують на основі протоколу OCPP, повинен використовуватися WebSocket, а дані мають передаватися у форматі JSON.

Для організації підключення між зарядною станцією та системою керування зарядною станцією (CSMS) на основі протоколу OCPP-J, CSMS діє як сервер WebSocket, а зарядна станція функціонує як клієнт WebSocket.

Протокол WebSocket забезпечує двосторонній зв'язок між клієнтом, який виконує ненадійний код у контрольованому середовищі, і віддаленим хостом, який погодився на зв'язок із цим кодом. Для цього використовується модель безпеки на основі джерела, яка зазвичай використовується веб-браузерами.

Протокол складається з початкового «рукостискання», за яким слідує базове кадрування повідомлення, накладене на TCP. Метою цієї технології є створення механізму для додатків на основі браузера, яким потрібен двосторонній зв'язок із серверами, який не покладається на відкриття кількох HTTP-з'єднань (наприклад, за допомогою XMLHttpRequest або <iframe> і тривалого опитування).

У системі управління зарядною станцією електромобілів необхідно передбачити реалізацію двох найбільш важливих і комплексних функцій:

- реалізувати функціональність для запуску сеансу заряджання акумуляторних батарей;

- організувати надсилання сповіщень про доступність роз'єму на зарядній станції.

3 Вимоги до системи

3.1 Вимоги до системи в цілому

Комп'ютерна система управління зарядною станцією електромобілів має забезпечувати контрольований доступ до споживання електроенергії під керуванням власника авто. Для цього необхідно на рівні локальної частини управління забезпечити фізичне підключення до електромережі, а контроль увімкнення/вимкнення електростанції покласти на мінікомп'ютер Raspberry PI. Основними функціями Raspberry PI є встановлення комунікації з центральною системою управління зарядними станціями та керування блоком реле.

Інтерфейс користувача повинен надавати можливість включення потрібної розетки для заряджання, а як реакція на дію користувача повинна відбуватися подача відповідного сигналу до блоку реле від Raspberry PI.

3.1.1 Вимоги до структури та функціонування системи

Структуру комп'ютерної системи управління зарядними станціями варто розглядати на рівні апаратних пристроїв і програмної системи управління. Загалом система керування зарядною станцією повинна реалізувати клієнт-серверну архітектуру, основними компонентами якої є:

- програмний сервер опрацювання повідомлень та від зарядних станцій;
- клієнт у вигляді зарядної станції з визначеною кількістю портів зарядки
- веб-додаток для управління зарядною станцією;

На рівні апаратних пристроїв система управління зарядною станцією представляє собою сукупність наступних компонентів:

- контролер для керування увімкненням/ вимкненням живлення портів зарядної станції на базі Raspberry PI 4;
- чотирьох канальне реле з можливістю керування на рівні напруги 3.3 В;
- розетка та блок живлення для підключення Raspberry PI;
- порти для підключення живлення до електромобіля.

Серед найбільш важливих функціональних вимог, які висуваються до системи керування зарядною станцією можна виділити наступні:

- підтримка протоколу WebSockets для обміну повідомленнями між клієнтом і сервером зарядної станції електромобілів;
- управління блоком реле для подачі або відключення електроживлення розеток;
- здатність надсилати повідомлення у форматі JSON із застосуванням протоколу OCPP;
- можливість дистанційного увімкнення або вимкнення розеток станції зарядження електромобілів;
- візуалізація у зрозумілій формі доступності розеток для заряджання електромобілів;
- забезпечення можливості одночасного заряджання двох транспортних засобів;
- можливість сервісної діагностики для коректності функціонування програмного забезпечення та реле управління подачею живлення;
- здатність отримувати повідомлення та визначати статус заряджання електромобілів.

3.1.2 Вимоги до способів та засобів зв'язку між компонентами системи

Функціонування зарядної станції електромобілів в домашніх умовах передбачає повну підтримку протоколів OCPP та WebSockets. Взаємодія між компонентами системи відбувається через центральний сервер управління зарядною станцією.

Web-застосунок або мобільний додаток повинні забезпечувати взаємодію із відповідним web-сервером із центральною системою керування. Даний сервер може бути розгорнутий на Raspberry PI або знаходитися у мережі Інтернет.

Взаємодія клієнта у вигляді Raspberry PI також взаємодіє із сервером шляхом реагування на його запити щодо стану зарядної станції.

3.1.3 Вимоги по діагностуванню системи

Діагностування системи управління зарядними станціями в домашніх умовах повинна проводитися у відповідності до регламенту та у випадку виникнення збоїв у роботі апаратного або програмного забезпечення. Для цього необхідно реалізувати тестовий сценарій взаємодії клієнта у вигляді станції та центральної системи управління щодо можливості коректності відправки та отримання відповідних повідомлень.

Окрім цього, доцільно проводити діагностику коректності функціонування реле, що передбачає запуск відповідного скрипта на Raspberry PI та перевірку фактичних і очікуваних результатів роботи.

3.1.4 Перспективи розвитку, модернізація системи

До перспектив розвитку або модернізації системи управління зарядною станцією можна віднести збільшення кількості роз'ємів для одночасного заряджання електромобілів, а також розширення функціональних можливостей щодо моніторингу в реальному часі показників витрати електроенергії в часі. Окрім цього, доцільно було забезпечити можливість візуального аналізу ступеня заряду акумуляторних батарей.

3.1.5 Вимоги до надійності системи

Забезпечення надійності системи управління зарядними станціями передбачає безвідмовність коректного її функціонування у визначеному періоді часу і доступність системи на вимогу водія електромобіля у будь-який час доби.

Загальний показник надійності повинен визначатися сумарними показниками надійності компонентів зарядної станції, які визначені у технічних паспортах чи інших документах з їхньої експлуатації.

Окрім цього, до показників надійності необхідно віднести захист від неавторизованого втручання у роботу зарядної станції як на фізичному, так і на програмному рівні.

3.1.6 Вимоги до функцій та задач, які виконує система

Функції і задачі, які покладено на систему управління зарядними станціями стосуються надання можливості контрольованої подачі електроживлення до електромобілів. Основні вимоги, які висуваються до цього процесу полягають в наступному:

- забезпечення можливості підключення портів зарядного пристрою електромобілів до розетки станції заряджання;
- можливість дистанційного керування подачею електроживлення до розеток станції з використанням мобільного додатку;
- можливість сервісного обслуговування та налаштування реле при увімкненні та вимкненні зарядної станції;
- здатність комунікації між сервером центральної системи управління зарядною станцією і клієнтом;
- можливість підтримки та відповідності вимогам відкритого протоколу зарядних станцій OCPP;
- здатність функціонування на основі протоколу WebSockets та підтримка передачі даних у форматі JSON.

3.1.7 Вимоги до апаратного забезпечення

Для проектування системи управління зарядною станцією на локальному рівні повинні використовуватися мінікомп'ютер Raspberry PI 3 та чотирьох канальне реле. Основні характеристики Raspberry PI 3:

- процесор quad-core Cortex-A72 з тактовою частотою 1,5 ГГц;
- Процесор: 64-бітний чотирьохядерний ARM Cortex-A53 з тактовою частотою 1,2 ГГц на однокристальному чипі Broadcom BCM2837;
- оперативна пам'ять: 1ГБ LPDDR2 SDRAM;
- цифровий відеовихід: HDMI;
- композитний вихід: 3,5 мм (4 pin);
- USB порти: USB 2.0×4;
- мережа : WiFi 802.11n, 10/100 Мб RJ45 Ethernet;
- Bluetooth: Bluetooth 4.1, Bluetooth Low Energy;
- роз'єм дисплея: Display Serial Interface (DSI);
- роз'єм відеокамери: MIPI Camera Serial Interface (CSI-2);
- карта пам'яті: MicroSD;
- порти вводу/виводу: 40

3.1.8 Вимоги до програмного забезпечення

Вимогами до програмного забезпечення кінцевих точок системи управління зарядною станцією є наявність операційної системи Raspbian на Raspberry PI та програми для керування реле.

Високорівневе програмне забезпечення управління зарядною станцією включає в себе центральний сервер управління та клієнт, які написані мовою програмування JavaScript.

4 Вимоги до документації

Документація повинна відповідати вимогам ЄСКД та ДСТУ

Комплект документації повинен складатись з:

- пояснювальної записки;
- графічного матеріалу:

1 Типи та рівні станцій заряджання електромобілів.

2 Структура системи керування зарядом акумуляторних батарей на рівні електромобіля

3 Структурна схема системи заряджання електромобілів на локальному рівні.

4 Структурна та електрична принципова схема реле.

5 Архітектура системи при заряджанні від альтернативних джерел енергії.

*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	24.04-28.04.2024
2	Аналіз технічного завдання	28.04-05.05.2024
3	Аналіз вимог до зарядних станцій електромобілів	05.05-10.05.2024
4	Проектування системи управління зарядною станцією електромобілів	10.05-16.05.2024
5	Реалізація системи управління зарядною станцією електромобілів	16.05-28.05.2024
6	Розробка інструкцій із діагностики коректності функціонування системи управління зарядною станцією	28.05-06.06.2024
7	Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	06.06-10.06.2024
8	Оформлення кваліфікаційної роботи	10.06-15.06.2024
9	Попередній захист кваліфікаційної роботи	15.06-19.06.2024
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.