

Хмельницький національний університет
Факультет інформаційних технологій
Кафедра комп'ютерної інженерії та інформаційних систем

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

Галузь знань 12 – Інформаційні технології

Спеціальність 123 – Комп'ютерна інженерія

на тему:
«Кіберфізична система керування «розумною» зарядною станцією електромобіля»»

КвРКІ. 170347.21.01.18 ПЗ

Виконав: студент 2 курсу, група КІ2м-21-1

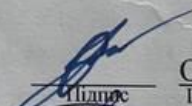

Керівник доктор техн. наук, професор
Науковий ступінь, вчене звання

До захисту допускаю:

Зав. кафедри КІС, д.т.н, проф.

Т.О. Говорушенко

18 05 2023 р.


Підпис

Підпис

О.В. Обозовий
Ініціали, прізвище

В.В. Мартинюк
Ініціали, прізвище

Хмельницький, 2023

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Кафедра КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Освітній рівень МАГІСТР

Галузь знань 12 ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Спеціальність 123 КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ

Освітня програма ОСВІТНЬО-НАУКОВА ПРОГРАМА «КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри Т.О.Говорущенко

“ 01 ” 09 2022 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА

Обозовому Олексію Вадимовичу

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема проекту (роботи) Кіберфізична система керування «розумною» зарядною станцією електромобіля

Керівник проекту (роботи) Мартинюк В.В., д.т.н., професор

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання

Затверджена наказом ректора університету від 09.01.2023 р. № 1

2. Строк подання студентом проекту (роботи) на кафедру 01.05.2023 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Завдання на дипломне проектування

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) _____

Аналіз відомих методів та рішень для ідентифікації користувача кіберфізичної системи керування «розумною» зарядною станцією електромобіля

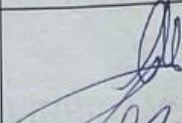
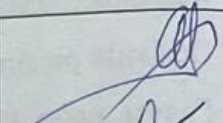
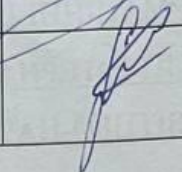
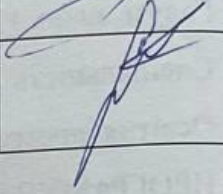
Моделювання процесу ідентифікації користувача кіберфізичної системи керування «розумною» зарядною станцією електромобіля

Метод ідентифікації користувача кіберфізичної системи керування «розумною» зарядною станцією електромобіля

Підсистема ідентифікації користувача кіберфізичної системи керування «розумною» зарядною станцією електромобіля

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень) _____

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи магістра

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Нормоконтроль	Лисенко С.М, професор кафедри КПС		
Антиплагіат	Нічепорук А.О, доцент кафедри КПС		

7. Дата видачі завдання « 06 » 09 2022р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№з/п	Назва етапів (розділів) кваліфікаційної роботи магістра	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Вибір напряму дослідження та узгодження тематики КвРМ з керівником	05.09.2022	виконано
2	Ознайомлення з предметною областю; формулювання мети та задач дослідження; визначення об'єкта та предмета дослідження	05.10.2022	виконано
3	Робота над розділом 1 – аналіз відомих моделей, методів за темою; постановка задачі	05.11.2022	виконано
4	Робота над розділом 2 – розробка моделей для вирішення поставленої задачі	05.12.2022	виконано
5	Робота над науковою статтею	05.01.2023	виконано
6	Робота над розділом 3 – розробка методів для вирішення поставленої задачі	15.02.2022	виконано
7	Робота над розділом 4 – проектування та розробка ПЗ для вирішення поставленої задачі, експериментальна частина	05.04.2023	виконано
8	Оформлення пояснювальної записки згідно вимог	15.04.2023	виконано
9	Попередній захист ДРМ	18.04.2023	виконано
10	Захист ДРМ на засіданні ЕК	До 10.05.2023	

Студент

Керівник роботи


Підпис

Підпис

О.В. Обозовий
Ініціали, прізвище

В.В. Мартинюк
Ініціали, прізвище

РЕФЕРАТ

Тема дипломної роботи: «Кіберфізична система керування «розумною» зарядною станцією електромобіля»

Автор роботи: О.В. Обозовий

Керівник роботи: В.В Мартинюк

Пояснювальна записка: 74 с , 41 рис, 85 джерел

АРХІТЕКТУРА, ПРОТОКОЛ, ЗАРЯДЖАННЯ, ЕЛЕКТРОМОБІЛЬ, ЗАРЯДЖАННЯ, АНАЛІЗ, УПРАВЛІННЯ, КОМУНІКАЦІЯ, ІНТЕГРАЦІЯ.

Об'єкт дослідження є оптимізація комунікації та управління зарядними пристроями для електромобілів за допомогою розроблених протоколів та автоматизованих агентів"

Предметом дослідження є оптимізація комунікації та управління зарядними пристроями для електромобілів. Дослідження спрямоване на вдосконалення процесу обміну даними та передачі команд між зарядними пристроями, серверами моніторингу та управління, а також зовнішніми агентами. Основні аспекти дослідження включають розробку та впровадження ефективних протоколів зв'язку, створення автоматизованих агентів для збору та обробки інформації, а також вдосконалення процесу управління зарядними станціями, зокрема обмеження потужності та контроль параметрів заряду.

Для розв'язання поставлених задач були використані наступні методи: розробки протоколу зв'язку, розробки API функцій, використання альтернативного протоколу, оптимізація розміру повідомлень, використання WebSocket

Наукова новизна одержаних результатів полягає в наступному:

1) Інтеграція кіберфізичних аспектів: Розроблена система поєднує фізичну і кібернетичну складові, що дозволяє створити комплексну інтелектуальну систему зарядки електромобілів. Це передбачає поєднання фізичних компонентів, таких як зарядна станція та електромобіль, з кібернетичними системами, такими як датчики, алгоритми управління та мережеве з'єднання.

2) Автоматизоване управління: Розумна зарядна станція електромобіля використовує алгоритми та методи автоматизованого управління, що дозволяють

оптимізувати процес зарядки. Це включає в себе врахування потужності мережі, попередження перевантаження та забезпечення ефективного розподілу електричної енергії між зарядними станціями.

3) Мережеве з'єднання та обробка даних: Кіберфізична система використовує мережеве з'єднання для передачі даних між зарядною станцією, електромобілем та центральним сервером. Дані обробляються на сервері з використанням алгоритмів

4) Мережеве з'єднання та обробка даних (продовження): Дані, зібрані з сенсорів, підлягають комплексній обробці та аналізу на центральному сервері. Використовуючи алгоритми машинного навчання, статистичний аналіз та прогностичні моделі, система може прогнозувати попит на зарядку, оптимізувати розподіл енергії та надавати рекомендації для підвищення ефективності зарядки.

5) Розумне управління ресурсами: Кіберфізична система розумної зарядної станції електромобіля враховує наявність та доступність ресурсів, таких як електрична енергія та пропускна здатність мережі. Вона може виконувати динамічне управління зарядкою, регулюючи швидкість зарядки в залежності від навантаження мережі, оптимального використання доступної електроенергії та інших факторів.

ЗМІСТ

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ	8
ВСТУП	9
1 АНАЛІЗ ВІДОМИХ МЕТОДІВ ТА РІШЕНЬ	11
1.1 Зарядні пристрої для електромобілів.....	11
1.2 Методи заряджання та типи ЗП для електромобілів	17
1.3 Стандарти зарядних станцій та роз'ємів.....	26
1.4 Приклади схем зарядних пристроїв	28
2 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА	31
2.1 Акумулятори в сучасних електромобілях	31
2.2 Термін служби літій-іонних акумуляторів	39
2.3 Зарядка АКБ електромобілів	42
2.4 Ємність акумуляторної батареї електромобіля	46
2.5 Висновок другого розділу	52
3 РОЗРОБКА КІБЕРФІЗИЧНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ “РОЗУМНОЮ” ЗАРЯДНОЮ СТАНЦІЄЮ ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ	53
3.1 Розробка алгоритму функціонування пристрою.....	53
3.2 Розробка структурної схеми пристрою.....	56
3.3 Висновок	59
4 РОЗРОБКА ТА РОЗРАХУНОК ПРИНЦИПОВОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СХЕМИ ДЛЯ КІБЕРФІЗИЧНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ “РОЗУМНОЮ” ЗАРЯДНОЮ СТАНЦІЄЮ ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ	60
4.1 Вибір елементної бази	60
4.2 Інтерфейс користувача та управління	77
4.3 Опис API функціоналу кіберфізичної системи керування “розумною” зарядною станцією електромобіля	82
4.4 Висновок четвертого розділу	85
ВИСНОВОК	86
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ	87
Додаток А Лістинг програмного забезпечення.....	96

Додаток Б Схема роботи системи	103
Додаток В Презентація.....	104
Додаток Г Копія публікації.....	105

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

КФС - кіберфізична система

ККД – коефіцієнт корисної дії

ДВС – двигун внутрішнього згорання

АКБ – акумуляторно-кислотна батарея

ЗП – зарядний пристрій

БД - база даних

БПР - блок прийняття рішень

ММ – математична модель

АУ – алгоритм управління

ЕС - експертна система

ВСТУП

Електротранспорт включає в себе гібридні автомобілі, які поєднують у собі електромотор та бензиновий чи дизельний двигун з метою зменшення витрат палива та викидів шкідливих речовин. У класичному гібриді енергія накопичується під час гальмування, тоді як модель Plug-In можна заряджати від мережі для збільшення запасу ходу. Послідовні гібриди працюють за принципом, коли двигун внутрішнього згоряння крутить генератор, який заряджає батарею, і в таких електромобілях відсутній саме двигун внутрішнього згоряння. Електромотор з'єднаний з батареєю, яка заряджається від мережі та при гальмуванні.

Це правда, що в Україні розвиток електрозаправок починає набирати обертів, і багато великих міст вже мають мережу публічних зарядних станцій. Також можна встановлювати зарядні станції в особистому гаражі або на ділянці біля будинку.

Щодо оренди електромобілів, то це дійсно може бути хорошим варіантом для тих, хто хоче спробувати їзду на електромобілі, але не готовий купувати його. Багато компаній пропонують оренду на декілька днів або тижнів, щоб клієнт міг оцінити всі переваги та недоліки такого автомобіля. Однак, перед орендою необхідно вивчити умови оренди та врахувати додаткові витрати на зарядку.

Це дійсно дуже гарна новина, що українська індустрія зарядних станцій та електричних автозаправних станцій активно розвивається. Це допоможе забезпечити зручний доступ до зарядних станцій для власників електромобілів в різних частинах України. Крім того, це стимулює розвиток ринку електромобілів в Україні та сприяє зниженню викидів шкідливих речовин в атмосферу. До того ж, наявність українських виробників зарядних станцій сприятиме розвитку внутрішнього ринку та зменшенню залежності від імпорту зарядних станцій. Все це зробить Україну більш сталим та зеленим країною.

Це дійсно дуже важливо для популяризації електротранспорту. Розвинута інфраструктура зарядних станцій є ключовим фактором для збільшення кількості власників електромобілів, оскільки дозволяє їм заряджати свої транспортні засоби в зручний час та місце. Мобільні станції, які можна використовувати як вдома, так і в дорозі, додатково розширюють можливості для зарядки електромобілів. Більш

доступна та широка інфраструктура зарядних станцій може стимулювати попит на електротранспорт в Україні та сприяти його подальшому розвитку.

Це дійсно дуже швидко! EcoFactor Charge розробляє зарядні станції з різними стандартами зарядки, такими як CHAdeMO, CCS, AC Type 2 та інші, щоб задовольнити потреби різних типів електромобілів. Такі швидкі зарядні станції дозволяють заряджати електромобілі на дорозі протягом коротких перерв у подорожі, що є дуже важливою частиною інфраструктури зарядки. Крім того, зарядні станції EcoFactor мають додаткові функції, такі як моніторинг стану станції, збір статистичних даних та можливість здійснювати платежі за зарядку за допомогою мобільного додатка або інших електронних платіжних систем.

Так, час заряджання електромобіля на зарядній станції може змінюватись від одного до чотирьох годин, залежно від потужності зарядного пристрою та характеристик батареї. Наприклад, заряджання на швидкісній зарядній станції може займати від 30 хвилин до години для повного заряду батареї, в той час як заряджання на побутовій розетці може займати від 6 до 9 годин для повного відновлення заряду батареї. Проте, слід зауважити, що час заряджання може бути різним для різних моделей електромобілів та впливати на нього можуть також спосіб заряджання, напруга, ємність батареї та сила струму.

1 АНАЛІЗ ВІДОМИХ МЕТОДІВ ТА РІШЕНЬ

1.1 Зарядні пристрої для електромобілів

Так, кількість електромобілів та зарядних станцій у світі та в Україні продовжує зростати. Згідно з даними Міжнародного агентства з енергетики, кількість електромобілів в світі збільшилася з 1,26 млн од. в 2015 році до 10 млн од. в 2020 році. Щодо кількості зарядних станцій, то згідно з даними статистичних порталів України, станом на кінець 2021 року в країні вже було понад 4 тис. зарядних станцій. Проте, у порівнянні з країнами Європи та світу, Україна все ще має низький рівень розвитку інфраструктури для електромобілів. Тому, розвиток зарядних станцій та електромобільної інфраструктури в Україні є актуальним завданням на майбутнє.

Дійсно, електромобілі є дуже економічними транспортними засобами порівняно з автомобілями з ДВС (двигуном внутрішнього згорання), оскільки електрична енергія є дешевшою за бензин або дизпаливо. Крім того, електромобілі мають значно менше деталей, які потребують обслуговування, що робить їх дешевшими в обслуговуванні.

Зарядка батареї є важливою складовою використання електромобіля. Для зарядки батареї електромобіля можна використовувати різні типи зарядних станцій, які відрізняються за потужністю та швидкістю зарядки. Один з видів ЗС зображений на рисунку 1.1. Зарядні станції можуть бути встановлені як у громадських місцях, так і в приватних домівках.

Швидкість зарядки залежить від потужності зарядної станції, ємності батареї та типу зарядного пристрою. Наприклад, зарядка батареї на зарядній станції потужністю 50 кВт може зайняти від 30 до 60 хвилин, залежно від ємності батареї та типу зарядного пристрою. У разі зарядки вдома через побутову розетку, зарядка може зайняти від 6 до 12 годин, залежно від ємності батареї та потужності зарядного пристрою.

Важливо зазначити, що ефективність зарядки зменшується при низьких температурах, тому рекомендується заряджати батарею електромобіля в теплих умовах. Крім того, на швидкість зарядки може впливати стан батареї, тому важливо доглядати за нею та вчасно замінювати несправні елементи.

Ми дізнаємося все про те, що таке зарядний пристрій електромобіля, які

бувають його види, від чого залежить час заряджання та багато іншого.



Рисунок 1.1 – Один з видів зарядних станцій ПОСИЛАННЯ

Електромотор складається з декількох простих елементів, таких як ротор, статор та система керування. Такий пристрій має значно меншу кількість деталей порівняно з ДВЗ, що зменшує ризик поломок та зменшує необхідність у ремонті. Також, електромотор працює практично безшумно, що робить електромобілі менш шумними, ніж автомобілі з ДВЗ.

Що стосується ККД, то вона вимірює ефективність конвертації енергії з однієї

форми в іншу. ККД електромотора дійсно дуже висока, що означає, що більша частина електричної енергії, яка поступає до мотора, використовується для забезпечення руху автомобіля. У ДВЗ багато енергії витрачається на прогрівання двигуна та інших частин автомобіля, що зменшує ККД. Крім того, ДВЗ має значно більш складну конструкцію, що також впливає на ККД.

Якщо говорити про електромобіль взагалі, то він майже не відрізняється від звичайних автомобілів з ДВЗ. Основна відмінність полягає у типі двигуна. Оскільки електромотор працює на електриці, потрібна міцна і ємна батарея замість бака для рідкого палива в звичайних автомобілях.

Електрокари практично не відрізняються від звичайних автомобілів із ДВЗ. Основна відмінність полягає в двигуні, який у електромобілях працює на електриці та потребує потужної батареї замість бака для рідкого палива. Але система підвіски, кузов та інші елементи майже не відрізняються. Більшість електромобілів побудовано на базі бензинових автомобілів, де виробник просто замінює ДВЗ на електромотор та батарею.

Хоча існують інші тонкощі та конструктивні відмінності, зарядний пристрій електромобіля - це, по суті, звичайний зарядний пристрій, який використовується для заряджання будь-якого іншого гаджета, такого як ноутбук чи мобільний телефон, але з вищою потужністю та силою зарядного струму. Однак зарядні пристрої для електромобілів мають великі розміри, що не дозволяє їх носити в кишені або рюкзаку, і вони мають унікальні роз'єми, які використовуються виробниками електрокарів.

Зарядний пристрій для електромобіля призначений для перетворення змінного струму високої напруги (зазвичай 220 вольт в однофазній мережі або 380 вольт у трифазній) на постійний струм з напругою, що відповідає напрузі батареї електромобіля.

Такі ЗП можуть бути різного типу:

- стаціонарні – настінні шафи, стійки тощо;
- портативні пристрої – можна возити із собою у багажнику електрокара.

Незалежно від форми та методу заряджання, зарядний пристрій для електромобіля є всього лише пристроєм, який здійснює перетворення одного типу електроенергії на інший, відповідно до технічних параметрів електрокара.

Автомобіль можна підключити до джерела живлення звичайною розеткою в домі або спеціальним роз'ємом, залежно від методу заряджання. Зарядний пристрій має відповідний роз'єм для підключення до електромобіля. На рисунку 1.2 зображено портативний зарядний пристрій.



Рисунок 1.2 - Портативний зарядний пристрій

Так, стаціонарні зарядні пристрої можуть бути підключені до однофазної або трифазної мережі електроживлення, що дозволяє заряджати батарею електромобіля з більшою потужністю. Встановлення таких пристроїв у гаражі або на стоянці може значно зручніше, ніж користуватися портативними зарядними пристроями. Крім того, стаціонарні пристрої можуть мати додаткові функції, такі як моніторинг та керування зарядкою, що дозволяє оптимізувати процес зарядки і збільшити тривалість життя батареї. Однак, встановлення стаціонарного зарядного пристрою вимагає відповідної електричної мережі та професійної установки, тому це може бути додатковим витратою.

Для підключення до машини є відповідний шнур (електрокабель), на кінці якого знаходиться роз'єм для підключення до електромобіля (рис. 1.3, рис. 1.4).



Рисунок 1.3 – Стационарна станція зарядки

Контролер сили струму і рівня заряду батареї - це важлива частина системи зарядки електромобіля, яка відповідає за контроль струму, що поступає до батареї, та за підтримання необхідного рівня заряду. Контролер може регулювати силу струму, що надходить до батареї, в залежності від її поточного рівня заряду та температури. Він також може контролювати температуру батареї під час зарядки, щоб запобігти її перегріванню. Крім того, контролер може здійснювати комунікацію між зарядним пристроєм та батареєю електромобіля, щоб забезпечити правильну роботу всієї системи зарядки. Контролер регулює потік електричного струму до батареї, обмежуючи його до певної максимальної значення. Крім того, контролер відключає живлення батареї при досягненні 100% заряду, а також забезпечує рівномірний розподіл заряду між елементами батареї, щоб уникнути їх перегріву та пошкодження.

Швидкість заряджання АКБ.

Швидкість заряджання електромобільної батареї залежить від сили струму. Чим більша сила струму, тим швидше заряджання. Але важливо розуміти, що швидке заряджання може значно скоротити термін служби батареї. Тому виробники прагнуть знайти баланс, розробляючи ЗП, які мінімізують шкоду для батареї і здатні заряджати її достатньо швидко..

Якщо мова йде про звичайні батареї, то їх можна заряджати струмом невеликої потужності (зазвичай не більше 2-3 Ампер), і для цього звичайна домашня розетка є більш ніж достатньою.



Рисунок 1.4 – Зарядка від звичайної розетки

В електромобілях потрібна більша потужність для заряджання великої та потужної батареї. Сила струму, що використовується для заряджання, може бути високою, до 60-80 Амперів, а при зарядці від станції постійного струму - до 250 Амперів. Звичайна побутова розетка не здатна надавати таку потужність, тому заряджання від неї буде повільним. Для повного заряджання батареї від мережі 220 вольт може знадобитися до 24 годин, але зазвичай заряджання займає близько 16

годин. Щоб прискорити заряджання, можна підвищити напругу за допомогою трифазного ланцюга живлення. Проте потрібно бути уважним і не перевищувати максимальний показник сили струму, оскільки це може призвести до втрати ємності батареї, повного її виходу з ладу або навіть до вибуху.

Також на швидкість впливає і ємність самої батареї. Відповідно, що більше ємність АКБ, то більше часу потрібно її заповнення.

1.2 Методи заряджання та типи ЗП для електромобілів

Як вже було зазначено, існують різні типи зарядок для електромобілів, що відрізняються портативністю та різними схемами живлення. Деякі зарядки навіть працюють без використання проводів.

Отже, існують такі типи ЗП для електрокарів:

- від побутової розетки 220 вольт;
- від мережі з напругою 380 вольт.
- постійним струмом;
- бездротова;
- від бензогенератора;
- від сонячної батареї (рис. 1.5).

Може мати два типи: однофазний ланцюг; трифазний ланцюг.



Рисунок 1.5 – Зарядка від сонячних батарей

Деякі виробники електромобілів використовують зарядку від сонячної батареї як одну з опцій для збільшення запасу ходу, але цей варіант не є найбільш ефективним.

Для того, щоб зарядити батарею електрокара за допомогою сонячної панелі ефективно, необхідно мати панель значного розміру та ваги. Однак, з огляду на обмежені розміри автомобіля, зазвичай на даху знаходиться лише панель невеликого розміру, яка може забезпечити лише часткове зарядження батареї. Хоча, якщо автомобіль залишити під сонячним промінням на кілька днів, то існує можливість повністю зарядити його батарею за допомогою сонячної панелі.

Інші види зарядок електромобілів є більш ефективними, але мають свої відмінності. Зарядка від звичайної домашньої розетки 220 вольт здійснюється за допомогою портативного зарядного пристрою, який підключається до електричної мережі через звичайну вилку. Цей тип зарядки є найбільш універсальним, оскільки звичайну розетку можна знайти майже скрізь. При цьому, такий зарядний пристрій

має компактні розміри та легку вагу, що дозволяє завжди мати його під рукою в багажнику автомобіля. Однак, найповільніша швидкість зарядки, оскільки побутова мережа не може постачати достатню потужність для швидкої зарядки батареї електромобіля.

Але є й позитивний момент. Такий метод є щадним для батареї, так як ємність АКБ у цьому випадку зберігатиметься максимально тривалий термін.

Зарядження електромобіля від бензогенератора в основному працює на тому ж принципі, що і зарядження від побутової розетки. Бензогенератор також генерує змінний струм, але потужність, яку він може забезпечити, залежить від його типу. Бензогенератори зазвичай мають обмежену потужність порівняно з побутовими електромережами, зазвичай від 600 Вт до 2 кВт, у порівнянні з максимальною потужністю побутової розетки, яка становить близько 4 кВт (рис. 1.6).



Рисунок 1.6 – Зарядка електромобіля від бензогенератора

Так, використання потужніших бензинових генераторів може значно збільшити швидкість зарядки електромобіля, проте це пов'язано з додатковими витратами на паливо та збільшенням рівня шуму та викидів відпрацьованих газів. Крім того, використання генератора замість звичайної розетки може бути не таким зручним і

потребувати додаткових зусиль для перевезення та заправки генератора. Тому використання бензогенератора для зарядки електромобіля рекомендується лише у випадках, коли інші методи зарядки недоступні або непрактичні.

Використання мережі з напругою 380 В може значно зменшити час зарядки електромобіля, оскільки підвищення напруги сприяє збільшенню потужності мережі та сили струму. Проте важливо знати, що портативні зарядні пристрої не підтримують таку напругу, тому для зарядки електромобіля потрібно встановлювати стаціонарний зарядний пристрій, що може підключатись до мережі з напругою 380 В.

При цьому підключення можна виконати двома типами:

- однофазна схема;
- трифазна схема.

Другий варіант може забезпечити більшу потужність та прискорити процедуру повної зарядки АКБ. Основна відмінність між цими двома схемами полягає в тому, що однофазний ланцюг живлення використовує лише одну фазу (лінію) з напругою 380 вольт.

У другому варіанті використовуються три лінії, які підключаються паралельно. У цьому випадку напруга залишається незмінною, але потужність мережі збільшується у три рази, що значно підвищує максимальну силу струму. Такі зарядні установки вже оснащені конекторами для підключення до електромобіля.

При цьому для різних країн використовуються різні стандарти:

- У США та країнах Азії використовується тип роз'єму J (рис. 1.7) Максимальна потужність, що передається таким конектором, обмежена 7,4 кВт. Цей роз'єм має п'ять контактів.



Рисунок 1.7 – Конектор типу J з максимальною потужністю 7,4 кВт

- Mennekes – застосовується у європейських країнах та країнах СНД. Має сім контактів. Максимальна потужність, що передається, може досягати 43 кВт за умови трифазного ланцюга живлення або 7,4 кВт в умовах однофазного ланцюга. Максимальна сила струму має перевищувати 63 Ампера, а напруга – трохи більше 400 вольт (рис. 1.8).

Для встановлення такої зарядної станції необхідно отримати дозвіл від міської влади та міської електромережі.

Найпотужнішим і найшвидшим способом зарядки електрокара є зарядка постійним струмом, оскільки така схема живлення дозволяє досягти найбільшої сили струму, що може досягати максимального значення до 125 ампер.

Для підключення до такої станції використовується конектор типу CHAdeMO (рис. 1.9).



Рисунок 1.8 – Конектор типу Mennekes до 43 кВт

Подібні станції встановлюються на спеціалізованих зарядних станціях та стоянках. Максимальна напруга не повинна перевищувати 500 вольт, а потужність – 62 кВт. Існують комбіновані зарядні станції з відповідними конекторами (CCS combo 2) (рис. 1.10). Такий тип ЗП здатний видати найвищі показники:

- потужність від 0 до 100 кВт;
- сила струму – до 200 ампер;
- напруга – до 500 вольт.

За всіх своїх переваг, при зарядці електромобіля даним способом термін служби батареї значно знижується. Тому використовувати його варто тільки в крайніх випадках, коли час не терпить, а акумулятор автомобіля розряджений.



Рисунок 1.9 – Конектор типу CHAdeMO

Бездротове заряджання електромобіля.

Деякі виробники електромобілів створюють бездротові зарядні станції (рис. 1.11), які працюють за принципом генерації потужного електромагнітного поля на спеціальній платформі.

Автомобіль оснащується пристроєм (катушкою), який здатний перетворювати магнітне поле на електроенергію.



Рисунок 1.10 - Конектори для комбінованої зарядки CCS combo

В цьому випадку водій може легко заїхати на відповідну платформу і залишатися на ній до повної зарядки батареї. На сьогоднішній день існують бездротові ЗП, які можуть забезпечити максимум 20 кВт, що є достатньою потужністю для такої технології. Однак розробники продовжують працювати над створенням бездротової зарядної станції з потужністю до 50 кВт.

Це дійсно дуже вражаюча новина! Бездротовий зарядний пристрій для електромобілів з потужністю 120 кВт забезпечить значно швидшу зарядку порівняно зі звичайними провідними зарядними пристроями та дозволить електромобілям подорожувати на більш великі відстані, оскільки вони зможуть швидше заряджати

свої батареї. Крім того, бездротовий зарядний пристрій є більш зручним для користування, оскільки вам не потрібно підключатися за допомогою дротів та роз'ємів, що може заощадити час та зусилля. Проте, важливо пам'ятати, що поки що такі бездротові зарядні станції є досить дорогими та не поширеними, але з часом їхня ціна може знизитися, а їхня доступність збільшиться.

Дизайн котушки включав в себе оптимізацію параметрів таких, як індуктивність, опір та ємність, щоб забезпечити оптимальний потік електричного струму, а також зменшити витрати енергії на втрати в котушці. Крім того, команда використала передові технології управління потоком енергії, що дозволило забезпечити високу ефективність передачі енергії.

Отже, новий бездротовий зарядний пристрій для електромобілів з потужністю 120 кіловат може стати важливим кроком в напрямку електричної мобільності, дозволяючи заряджати автомобілі за тільки кілька хвилин. Однак, щоб ця технологія стала доступною для широкого кола користувачів, потрібні значні інвестиції у розвиток інфраструктури зарядних станцій та налагодження співпраці між виробниками автомобілів і енергетичними компаніями.

Бездротовий зарядний пристрій отримує електрику з мережі та перетворює її на високочастотний змінний струм. Цей струм генерує магнітне поле, яке передає енергію повітрям на відстань до 15 см. Як тільки енергія досягає вторинної котушки, вона перетворюється назад в постійний струм і зберігається в батареї.

Розробники стверджують, що їхній прототип є значним кроком у напрямі створення систем з потужністю від 350 до 400 кіловат, які можуть заряджати електромобілі за 15 хвилин або менше. Зараз найпоширенішими методами заряджання є підключення до побутових розеток, що дозволяє заряджати електромобілі у гаражах. Щодо електрозаправних станцій, то вони найчастіше використовують ланцюги трифазного живлення.



Рисунок 1.11 - Бездротове зарядження електромобіля

Також, якщо отримати дозвіл від міських електромереж, трифазні зарядні станції можна встановлювати і в гаражах. Найпоширенішим способом зарядження є зарядки від побутових розеток, особливо в Європі та СНД. На електрозаправних станціях найчастіше використовуються ланцюги трифазного живлення. Зарядні станції з постійним струмом зустрічаються рідко і встановлювати їх у гаражі нецікаво, оскільки вони псують батарею. Якщо електромобіль залишається на ніч в гаражі, краще заряджати батарею від звичайної розетки або встановлювати ЗП з трифазним живленням.

1.3 Стандарти зарядних станцій та роз'ємів

Існують різні типи роз'ємів для зарядки електрокарів, залежно від виробника автомобіля. Це може створити проблему для водіїв, які можуть не знайти на заправці підходящий пристрій для зарядки. Але в Україні існують спеціальні сайти та мобільні додатки, які показують місцезнаходження електрозаправок та зарядних станцій по всій країні, що знаходяться найближче до автомобіля, тому водії можуть уникнути

проблем з зарядкою.

Перші стандарти електричних зарядок з'явилися у Сполучених Штатах. У цій країні зарядні станції ділять на три типи – Level 1, 2 чи 3.

1. Електрозаправки першого рівня - це звичайні пристрої для зарядки електромобілів, схожі на зарядки зі змінним струмом. Вони можуть заряджати електромобіль за одну годину лише на 20-40 км, що недостатньо для подовження подорожі. Більшість електрокарів заряджаються на такій станції протягом 8-12 годин.

2. Дійсно, зарядки типу AC Level 2 є популярним вибором для електромобілів у США та деяких інших країнах. Вони працюють на напрузі 240 В та можуть надавати електромобілю струм до 80 А. Це дає швидкість зарядки близько 7-8 км на хвилину або приблизно 4-6 годин для повного заряду акумулятора від 0% до 100%. Зарядки AC Level 2 часто знаходяться на громадських парковках, в торгових центрах та готелях, щоб надати можливість заряджати електромобілі на довгій зупинці.

3. Точніше, швидке заряджання типу DC Level 3 (або DC Fast Charging) використовує постійний струм зі значно вищою напругою та потужністю, що дозволяє заряджати акумулятори набагато швидше. Швидкі зарядні станції Level 3 зазвичай мають потужність від 50 до 350 кВт і дозволяють заряджати батареї до 80% за 20-40 хвилин в залежності від автомобіля та умов. Такі станції дійсно підтримують зарядку для автомобілів Tesla, але також можуть підходити і для інших електромобілів зі спеціальними роз'ємами, такими як CCS або CHAdeMO. У Європі та Україні зарядки Level 3 також є, але вони не такі поширені, як Level 2 або Level 1.

У Європі можна зустріти зарядні станції, які діляться на 4 різновиди – вже не за рівнем, а за режимом:

1. Mode 1. Це найменш потужна з усіх станцій, яка працює від звичайної домашньої електромережі. Час необхідний для заряджання електрокара за її допомогою складає до 10-12 годин. Вона відповідає американському рівню Level 1 і майже не використовується для зарядки сучасних електромобілів.

2. Mode 2. Звичайна зарядна станція змінного струму, яку можна знайти як у побуті, так і на електрозаправках, підходить для електромобілів різних типів. Вона оснащена традиційним роз'ємом та системою внутрішнього захисту кабелю. Стандартний електромобіль можна зарядити до повної ємності за 8 годин.

3. • Mode 3. Це найпотужніший режим для зарядних станцій зі змінним струмом, який підходить для зарядки електромобілів з різними типами роз'ємів, таких як Type 1 (SAE J1772) для однофазних ланцюгів і Type 2 для трифазних ланцюгів. Час заряджання може коливатись від декількох хвилин до 3-4 годин, залежно від конкретних характеристик електромобіля та зарядної станції.

4. • Mode 4. Це швидка зарядка постійного струму, яка забезпечує зарядку електромобіля значно швидше за допомогою змінного струму. Зарядка відновлює ємність акумулятора середнього електрокара до 80% всього за півгодини. Однак, ціна таких зарядних станцій є досить високою, і в Україні вони зустрічаються досить рідко.

1.4 Приклади схем зарядних пристроїв

Ще одним елементом з великою комутаційною здатністю є блок зарядки акумулятора (ЗП) в електромобілі. Акумулятори в електромобілях мають різні параметри, такі як напруга (від 12 до 200 В) та ємність (від 100 до 500 А), тому для їх зарядки потрібні струми близько 10-50 А. Для реалізації функції зарядки можна використати класичний транзисторний стабілізатор з двома транзисторами MJ15003, які включені в паралель (як зображено на рис. 1.12).

Для збільшення потужності мікросхеми L200, яка має максимальний вихідний струм 10 А, можна включити в паралель транзистор MJ15004 (рис. 1.13). Важливо зауважити, що для такої схеми необхідні дуже великі радіатори, оскільки потужність, яку вони повинні розсіювати, може досягати сотень ватів. При використанні такої схеми можливий вихідний струм до 40 А при вхідній напрузі 35 В.

При виборі трансформатора та випрямляча рекомендується брати вхідну напругу стабілізатора на 10-15 більшу, ніж вихідна напруга.

Для електролітичного конденсатора фільтра потрібна ємність близько 10 000-40 000 мкФ та напруга 50 В. Щоб зарядити літій-іонні акумулятори, ємність яких номінально складає 10-20% від ємності зарядного пристрою, потрібно близько ночі.

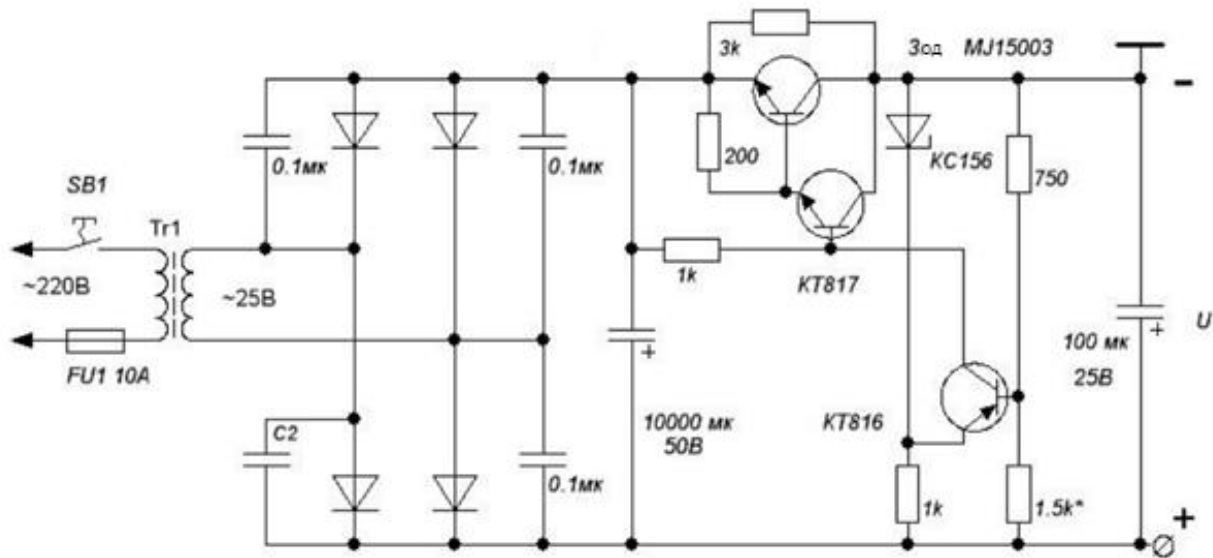


Рисунок 1.12 – Потужний зарядний пристрій

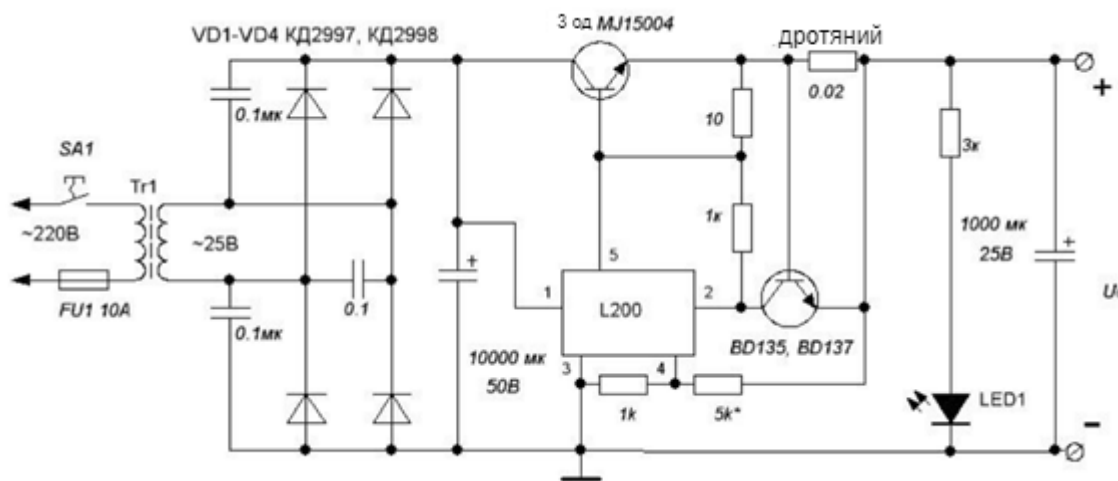


Рисунок 1.13 – Потужний зарядний пристрій на мікросхемі L200 і транзисторі MJ15004

Можна використовувати складену з звичайних свинцевих акумуляторів батарею для електромобіля, на дослідних зразках це дозволяло проїхати на одній зарядці близько 50 км зі швидкістю до 100 км/год.

З урахуванням швидкості розвитку електромобілів можна прийти до висновку, що це майбутній тип транспорту. З мережею електрозаправок, яка постійно розвивається, незабаром можна буде без будь-яких обмежень подорожувати не тільки в містах, але й на міжміських дорогах. Крім того, завдяки наявності портативних зарядних пристроїв вже сьогодні можна зробити зупинку на ніч та зарядити батарею

у готелі біля дороги.

1.5 Висновки та постановка задачі

У першому розділі нашого дослідження ми провели аналіз і детальне вивчення реальних методів зарядки електромобілів, зокрема зарядних станцій, різних методик та варіантів розв'язання. Ми докладно розглянули їх переваги та недоліки, провели комплексний аналіз з метою зрозуміти сильні та слабкі сторони кожної з цих систем.

Під час аналізу ми досліджували різні типи зарядних станцій, включаючи повільну зарядку вдома, швидку зарядку на загальнодоступних станціях та швидку зарядку на суперзарядних станціях. Ми також вивчили технології, які використовуються в цих системах, такі як змінний струм (АС) та постійний струм (DC), різні потужності заряду, а також різні типи роз'ємів та протоколи зарядки.

Під час аналізу ми виявили деякі недоліки наявних систем зарядки, такі як обмежена доступність станцій, тривалість зарядки, високі витрати енергії та складність взаємодії з різними типами станцій. Одночасно ми також виявили переваги, такі як зручність зарядки вдома, швидка зарядка на спеціалізованих станціях та можливість заряджати на довгих відстанях.

Основною метою нашої подальшої роботи є усунення помилок та недоліків наявних систем зарядки електромобілів. Ми прагнемо до удосконалення та покращення цих систем для забезпечення більш швидкої, ефективної та зручної зарядки. Наша робота спрямована на розробку нових технологій, розширення мережі зарядних станцій, вдосконалення інтерфейсів та протоколів зарядки, а також забезпечення більш економічних та стійких рішень для користувачів електромобілів.

Враховуючи наш аналіз і дослідження, ми віримо, що наші подальші розробки та удосконалення допоможуть вирішити проблеми, що існують у сфері зарядки електромобілів, і сприятимуть покращенню цих систем у майбутньому.

2 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА

2.1 Акумулятори в сучасних електромобілях

У багатьох країнах світу дедалі більше автолюбителів переходять на електромобілі, які є найбільш сучасним видом транспорту. Вже близько мільйона людей активно користуються електрокарами, оскільки вони є більш економічними та практичними, ніж традиційні автомобілі, які працюють на паливі, що спалюється. Однак перехід на електричний транспорт викликає ряд питань щодо обслуговування, ремонту, вартості акумуляторів і т. д. Незважаючи на ці складнощі, виявляється, що електромобілі мають ряд переваг перед звичайними автомобілями. Мережі електрозаправок (рис. 2.1), які постійно розвиваються, дозволяють їздити на електромобілях не тільки в межах міста, а й на заміських трасах, а наявність портативних зарядних пристроїв дозволяє заряджати батареї навіть у придорожніх готелях.



Рисунок 2.1 – Один із варіантів заряду електромобіля

Отже, електрокари - це автомобілі, що використовують електричну енергію зі зберіганням її в акумуляторі. Ця технологія зробила електромобіль удвічі більш

економічним у порівнянні з автомобілем на бензині, а також забезпечує більшу маневреність на дорозі.

Вже сьогодні існує кілька типів акумуляторів для електрокарів:

1. Літій-іонні.
2. Літій-сірчані.
3. Алюміній-іонні.
4. Металповітряні.

Акумулятори будь-якого типу складаються з осередків, які з'єднуються між собою паралельно та послідовно, утворюючи великі збірки з необхідною ємністю. Оскільки електромобілі відрізняються за потужністю, то батареї для них також не є однаковими, а складаються з різної кількості осередків.

В залежності від моделі, напруга тягового акумулятора може становити менше 400 вольт або 800 вольт. Ці нові батареї розраховані на довготривалу експлуатацію і забезпечують повний заряд для максимального пробігу, проте з часом вони зношуються і потребують заміни.

У разі пошкодження окремих осередків модульна конструкція акумулятора дозволяє його ремонтувати.

Отже, важливо знати, що підбір нової батареї проводиться індивідуально, а бортовий комп'ютер програмується відповідно до вимог. Ремонт та заміною батареї займається фахівець з профільною освітою.

Ресурс тягової батареї обмежується терміном, зазвичай від 5 до 10 років, залежно від моделі. У перші кілька років вона втрачає до 10% ємності, далі - до 20% за три роки, а потім - по 1% на рік.

Незважаючи на те, що батарею тягового акумулятора доведеться замінити після деякого періоду експлуатації, не потрібно зберігати запасну батарею протягом багатьох років.

Використані батареї з електрокарів можна використовувати в автономних домашніх системах електропостачання на сонячних батареях, що є дуже практичним. У разі, якщо батарея більше не потрібна, її необхідно правильно та безпечно утилізувати, зазвичай цим займаються виробники акумуляторів.

How Lithium-ion Batteries Work

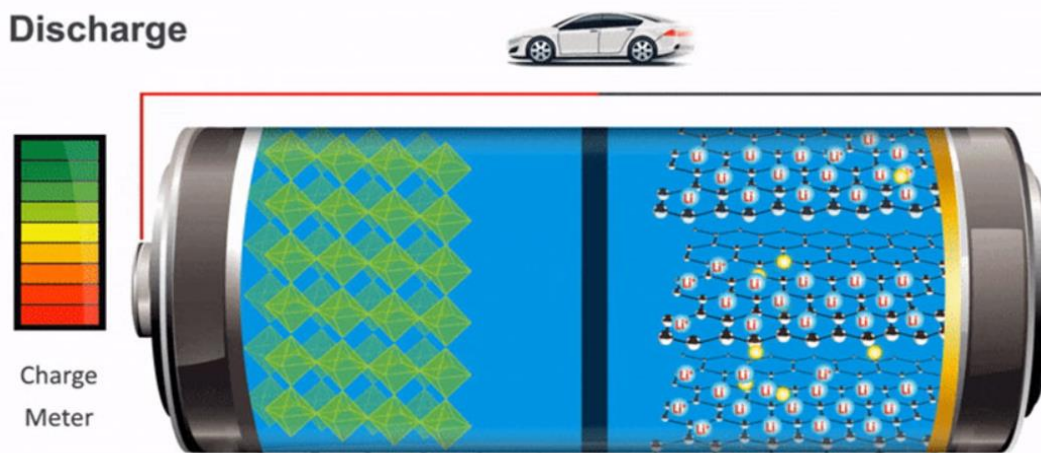


Рисунок 2.2 – Хімічні процеси у літійовому акумуляторі

Літій-іонний (рис. 2.2) акумулятор має номінальну напругу 3,6 вольт, проте при заряджанні може досягати різниці потенціалів до 4,23 вольт. З цією умовою заряджання проводиться при максимально допустимій напрузі не більше 4,2 вольт.

Так, це правда. Літій-іонні акумулятори мають певні ризики, пов'язані з безпекою, які можуть виникнути при неправильному використанні або експлуатації.

Один з основних ризиків полягає в тому, що літійові акумулятори можуть перегріватись, коли заряджаються або розряджаються, і це може призвести до загоряння або навіть вибуху.

Тому вбудовані контролери рівня заряду та клапани для скидання надлишкового тиску дуже важливі для забезпечення безпеки літій-іонних акумуляторів. Крім того, оболонка акумулятора має захищати внутрішні компоненти від впливу навколишнього середовища, щоб забезпечити їхню надійну роботу і тривалий термін служби.

Це правда, що в літій-іонних акумуляторах часто використовуються пристрої для забезпечення безпеки, такі як диск, який виштовхується назовні через надмірний тиск газу. Це забезпечує безпеку в разі, якщо відбувається перезарядка акумулятора або інші події, які можуть призвести до збільшення тиску внутрішнього газу.

При підвищенні тиску диск розриває з'єднання та роз'єднує акумулятор від

зовнішнього джерела живлення, що запобігає можливому викиду, пожежі чи вибуху. У циліндричних ланках звуження по колу стінки ланки діє подібно до диска, який відкривається при надмірному тиску і відключає акумулятор від зовнішнього джерела живлення.

Так, резистивний датчик температури в осередку літій-іонного акумулятора дійсно може бути використаний для контролю температури внутрішньої середовища акумулятора.

При підвищенні температури електроліту може відбуватись процес деградації, що зменшує ефективність акумулятора та може призвести до його пошкодження. Резистивний датчик температури дозволяє контролювати температуру і, якщо вона досягає критичного рівня, зупинити зарядку акумулятора, що зменшує ризик його пошкодження.

Літій-феррофосфат LiFePO_4 є перспективним катодним матеріалом, оскільки він екологічно безпечний. У порівнянні з кобальтатом літію LiCoO_2 , який є отруйним і екологічно шкідливим, акумулятори на основі LiFePO_4 мають більшу кількість доступних іонів для використання в акумуляторі.

Це означає, що акумулятори на основі LiCoO_2 надзвичайно вибухонебезпечні, оскільки можуть відбутися хімічні реакції, що призводять до виділення кисню. Літій-феррофосфат LiFePO_4 , запропонований у 1997 році Джоном Гуденафом, є в земній корі і не створює екологічних проблем у майбутньому. Крім того, з LiFePO_4 не може виділятися кисень, оскільки він міцно пов'язаний фосфором, утворюючи стійкий фосфат-іон.

Для того, щоб матеріал LiFePO_4 став ефективним катодом, його потрібно було розділити на дрібні частинки, оскільки він має дуже малу провідність інакше. Частинки були зроблені пластинчастими з малими розмірами вздовж напрямку руху іонів літію, покриті шаром нанометрового вуглецю.

Така модифікація дозволяє наночастинкам LiFePO_4 заряджатися за 10 хвилин, а якщо змінити покриття, то час зарядки може бути скорочений до 1-3 хвилин. Використання LiFePO_4 в перспективі може забезпечити електромобілі довгостроковим джерелом живлення, а технологічно цикл зарядки-розрядки вже можливий за повної безпеки в межах 5-10 хвилин. Крім того, LiFePO_4 є екологічним

матеріалом, що не створює жодних проблем у майбутньому.

З погляду сучасної науки, розробка і випуск навіть портативного наноакумулятора не змусить довго чекати, і слово лише за широким технологічним впровадженням розробок.

Щодо перспектив електромобілів, то зараз уже можна вважати, що саме вони стануть основним видом транспорту у містах найближчого майбутнього.

Будова AGM батареї



Рисунок 2.3 – Метал-повітряні акумулятори

Справді, літій-іонні батареї (рис. 2.3) зараз є основним варіантом акумуляторів для більшості електрокарів. Їх висока щільність енергії дозволяє забезпечити достатній запас ходу для багатьох типів автомобілів, а висока напруга знижує витрати на проводку інших електричних компонентів.

Додатково, літій-іонні батареї не мають ефекту пам'яті, тому їх можна заряджати в будь-який момент, незалежно від того, наскільки повні вони на даний момент.

Однак, метал-повітряні батареї можуть стати промисловим стандартом в майбутньому, оскільки вони мають ще більшу щільність енергії, що дозволяє зберігати більше енергії на одиницю маси. Крім того, ці батареї не вимагають джерела

літію, який є досить обмеженим ресурсом. Однак, наразі метал-повітряні батареї ще не настільки досконалі, як літій-іонні, і потребують більшої роботи, щоб стати практичними для масового використання в електрокарах.

Ці акумулятори коштують дорого і не всі автолюбители можуть дозволити собі їх купити, залежно від марки авто.

Додатково, у них є й інші недоліки, такі як обмежений діапазон робочих температур, що може спричинити перегрів батареї, а також небезпека надмірного заряду.

Натомість, метал-повітряні акумулятори, які з'явилися на ринку нещодавно, стали популярними серед електромобільних фанатів, оскільки вони досить зносостійкі, якісні, компактні, легкі, недорогі та мають можливість ефективно забезпечувати оптимальний пробіг транспортному засобу.

Проте їх недоліки полягають у можливій раптовій зупинці, потребі у якісному фільтрі та чутливості до низьких температур.

Хоча літій-сірчані (рис. 2.4) акумулятори для електрокарів є малообслуговуваними батареями, вони можуть пройти лише до 60 циклів заряду-розряду. Технологія продовжується та вдосконалюється, щоб зробити літій-сірчані акумулятори ефективнішими, та є перспективною.

Багато компаній працюють над акумуляторами цього типу. АКБ на основі цих акумуляторів мають підвищену ємність та ширший діапазон робочих температур, порівняно з літій-іонними батареями.

Однак головною перешкодою, яку потрібно подолати, є малоємність, тобто можливість пройти лише обмежену кількість циклів заряду-розряду.

Наразі, алюміній-іонні акумулятори мають мало циклів заряду-розряду та низьку продуктивність катодів, що призводить до низького попиту на них серед користувачів електрокарів.

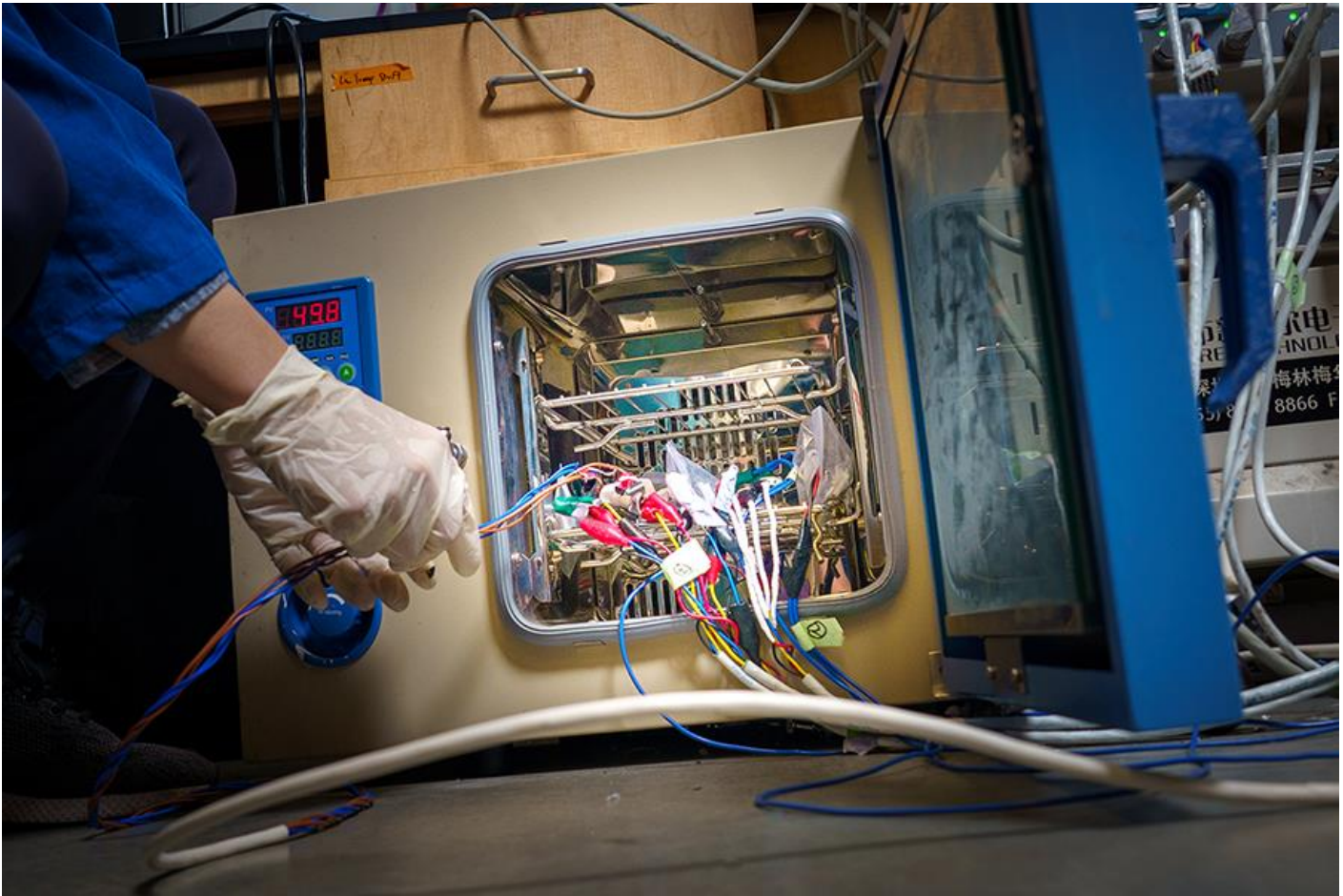


Рисунок 2.4 - Літій-сірчані акумулятори

Проте, китайські розробники працюють над їх вдосконаленням, що дає підстави для припущення, що у майбутньому алюміній-іонні акумулятори будуть використовуватись більш активно.

Такі акумулятори вважаються безпечнішими та можуть мати більш доступну ціну.

Але в загальному, для тягового акумулятора в електрокарі потрібна висока потужність і стійкість (табл. 2.1), щоб забезпечити достатню відстань ходу та маневреність.

Живлення бортової мережі зазвичай здійснюється з окремого акумулятора, який може мати інші вимоги до потужності і ємності.

Таблиця 2.1 - Порівняльні характеристики акумуляторів електромобілів

Типи акумуляторів	Свинцево-кислотні	Нікель-кадмієві	Нікель-метало-гідридні	Літій-іонні
Питома енергія	33 Вт ч/кг	45 Вт ч/кг	70 Вт ч/кг	120 Вт ч/кг
Бортова енергія	6,4 кВт*ч	8,8 кВт*ч	13 кВт*ч	23,4 кВт*ч
Пробіг при 120 Вт ч/км	53 км	73 км	114 км	195 км
Питома потужність	75 Вт/кг	120 Вт/кг	170 Вт/кг	370 Вт/кг
Питома енергія в одиниці об'єму	75 Вт*ч/л	80 Вт*ч/л	160 Вт*ч/л	190 Вт*ч/л

Найкращі технології акумуляторів для електрокарів.

Забезпечення електричного мотора електрокару найвищою якістю є критично важливим, тому технології виробництва акумуляторів завжди піддаються вдосконаленню.

Графен, який є однією з форм вуглецю, наразі вважається досить перспективною технологією. Він дешевий у виробництві та батареї на його основі виходять в чотири рази дешевше, ніж літєві. Багато країн уже виробляють тягові батареї, використовуючи графен.

В теорії, зарядка, яка забезпечить пробіг 1000 кілометрів, займатиме приблизно 8 хвилин. У найближчому майбутньому графенові акумулятори будуть успішно використовуватись на практиці, особливо з огляду на успішні тести електромобілів з такими акумуляторами в Німеччині.

2.2 Термін служби літій-іонних акумуляторів

1. Рекомендується використовувати лише оригінальні батареї разом із відповідними пристроями. Невелике підвищення напруги може вдвічі зменшити кількість циклів заряду/розряду, тому необхідно дотримуватися встановлених параметрів.

Навпаки, зниження зарядного струму може призвести до неповної зарядки акумулятора, що не є критичним, але може бути неприємним для користувача, оскільки зменшиться час роботи від батареї.

2. Після першого включення пристрою варто провести повну зарядку. Причина тому - виробники заряджають акумулятори до всього 40% номінальної ємності, щоб запобігти їх втраті під час транспортування.

Тому, якщо ви включили зарядний пристрій, підключіть його до мережі та дайте зарядитися повністю.

Також, слід пам'ятати, що міф про необхідність 24-годинної зарядки для розгойдування батарей не має під собою наукових доказів, оскільки сучасні пристрої автоматично припиняють подачу струму, коли ємність акумулятора досягає 100%.

3. Не рекомендується використовувати прилади при температурах, які нижче -20 або вище +30 градусів за шкалою Цельсія, оскільки це може призвести до несправності акумуляторів.

Але використання техніки при температурах до -18 градусів практично безпечно, хоча може призвести до швидшої розрядки. Щодо зарядки, рекомендується використовувати тільки ті приміщення, де є комфортна температура.

4. Рекомендується уникати повного розряду та повного заряду батареї, оскільки це може негативно вплинути на її ресурс.

Замість цього, оптимальною є постійна робота в межах від 10 до 90% ємності акумулятора. Варто зазначити, що дотримання такого режиму роботи батареї є рекомендованим, а не обов'язковим.

5. Важливо правильно зберігати акумулятори. Виняті батареї просто на полицю покласти не достатньо.

Якщо залишити їх з повністю зарядженим або розрядженим станом, ємність батарейки може скоротитись при тривалому зберіганні.

Тому перед зберіганням рекомендується зарядити акумулятор до рівня близько 40%, а потім запакувати його та зберігати в прохолодному, але не замороженому, місці, наприклад у холодильнику. Це допоможе зберегти акумулятор у хорошому стані та продовжити його робочий термін.

Це правильно. Ресурс літій-іонних батарей в електромобілях залежить від багатьох факторів, таких як режими заряду-розряду, температурний режим, стиль водіння та інші фактори.

В середньому, ресурс батарей для електромобілів становить близько 8-10 років. Однак, якщо експлуатація здійснюється в занадто жорстких умовах, або якщо використовується батарея з менш якісними компонентами, цей термін може скоротитися.

Тому важливо дотримуватися рекомендацій виробників щодо експлуатації батарей та використовувати лише якісні запчастини при їх заміні.

Регулярне використання швидкого заряджання сприяє швидшому зношуванню літійових АКБ, незважаючи на те, що цей метод дозволяє досить швидко заповнити батарею на 80% всього за півгодини або годину.

При цьому, природна деградація акумуляторів Li-ion прискорюється в 1,5-2 рази. Тому, щоб збільшити термін служби батареї, рекомендується використовувати менші струми під час заряджання.

Батареї типу LiFePO₄ є менш чутливими до швидкого заряду та мають більшу стійкість до деградації, порівняно з Li-ion АКБ інших видів. Зниження ємності батарей. Ємність Li-ion батарей поступово знижується, навіть якщо вони просто лежать на складі.

За кілька років номінальна ємність зменшується на 20-30%. Наприклад, батареї популярних електромобілів Tesla Model S і Nissan Leaf втрачають 5-10% ємності за перші 2 роки експлуатації і ще 15-20% за наступні 3 роки. Потім зниження ємності відбувається з різною інтенсивністю, зазвичай від 1 до 5% щорічно. Це призводить до скорочення відстані пробігу на одному заряді.

Наприклад, Nissan Leaf, придбаний більше 5 років тому, може проїхати без

підзарядки до 130 км, хоча спочатку його запас ходу був 160 км. Електромобілі Tesla Model S, випущені в 2013 році, зараз можуть проїхати на одному заряді не менше 200 км, але спочатку запас ходу складав 335 км.

Варто зазначити, що електромобілі також зазнають деградації ємності батареї, особливо в холодну пору року, через те, що літій-іонні акумулятори дуже чутливі до температури. Зниження якості акумуляторів відбувається через в'язкість електролітної рідини всередині батареї в холодну погоду.

Недоліком електромобілів є те, що вони не мають власної системи управління температурою акумулятора, тому запускають нагрівач, що відбивається на ресурсі акумуляторної батареї та скороченні запасу ходу.

Крім того, при екстремальних температурах, бортовий комп'ютер може заблокувати резерв енергії в батареї для її збереження, що додає проблем для водіїв електромобілів в зимовий період. Tesla, наприклад, попереджає водіїв про те, що частина накопиченої енергії в електромобілі в холодну погоду може бути недоступна, і встановлює індикатор сніжинки поруч з даними запасу ходу для інформування водіїв про це.

Однак, практично всі сучасні електромобілі мають подібний резерв, оскільки повна розрядка батареї може негативно вплинути на "здоров'я" акумулятора. Це особливо важливо взимку, коли бортові системи електромобілів можуть некоректно відображати кілометраж.

Експлуатація електромобіля в холодну погоду може також призводити до двох негативних моментів: обмеження рекуперативного гальмування та зменшення швидкості зарядки, особливо швидкої, яке забезпечує захист акумулятора.

Описано, як правильно використовувати ресурс акумуляторної батареї взимку та уникнути можливих проблем із швидкою втратою ресурсу батареї. Відповідні рекомендації були опубліковані виробниками електромобілів.

Для вирішення проблеми використання електрокарів в холодну пору вчені працюють над створенням твердотільних батарей, які не будуть такими чутливими до низьких температур. Але поки вони знаходяться на стадії лабораторних розробок, водіям доведеться дотримуватися кількох простих правил, щоб максимально збільшити ресурс акумулятора взимку:

Для того, щоб максимально збільшити ресурс акумулятора електромобіля взимку, деякі прості правила доведеться дотримуватися водіям.

Ці правила включають гаражне зберігання електромобіля, якщо це можливо, постійне підзарядження електромобіля, підтримку дистанційного зв'язку з електрокаром для перевірки стану акумуляторної батареї, розумне використання кліматичної системи (включення обігріву локальних зон, таких як кермо або сидіння, а не всього салону), їзду в економічному режимі, паркування на сонці та прогрів електромобіля, коли він ще підключений до мережі.

В довгостроковій перспективі, щоб вирішити проблему використання електрокарів в холодну пору, вчені працюють над створенням твердотільних батарей, в яких немає рідини і які не будуть такими чутливими до низьких температур, але ці технології ще знаходяться на стадії лабораторних розробок і не будуть доступні для широкого використання протягом наступних 5-10 років.

Хочу зазначити, що холодна погода не є ворогом електромобіля та його батареї, оскільки перегрів є набагато більшою проблемою, яка може призвести до значних втрат ємності акумулятора. Однак, взимку запас ходу об'єктивно стає меншим через блокування резервної ємності та активне використання кліматичних систем. У жарку погоду влітку, з іншого боку, може відбуватися деградація батареї при перегріві, що також може стати проблемою для електромобіля.

2.3 Зарядка АКБ електромобілів

Акумуляторні батареї електромобілів можна заряджати за допомогою спеціальних зарядних станцій або в домашніх умовах від мережі 220 В. Вбудовані зарядні пристрої перетворюють змінний струм мережі на змінний струм потрібної напруги для зарядки АКБ.

Для зарядження електромобілів від звичайної розетки використовують зарядні пристрої потужністю від 3,6 кВт, які мають вбудований захист від короткого замикання, перезаряду та перегріву. Зарядження від звичайної електричної мережі займає більше часу, ніж зарядження на спеціальних зарядних станціях.

Наприклад, зарядка батареї ємністю 70 кВт•год від звичайної розетки може

зайняти 15-18 годин, тоді як на зарядній станції цей процес триватиме близько 5 годин. Зарядження в режимі швидкого зарядження може займати всього півгодини або годину, проте цей метод не рекомендується використовувати часто.

Для зарядження акумуляторів електромобілів можуть використовуватись різні методи. Один з них полягає в використанні спеціального шнура, що поставляється в комплекті з автомобілем. Цей шнур не тільки забезпечує зарядку батареї, але й контролює процес зарядки, що дозволяє уникнути перезаряду, перегріву та інших небезпечних станів АКБ.

Заряджати акумуляторні батареї електрокарів можна різними способами:

Зарядження акумулятора електромобіля від звичайної розетки 220 В залежить від його ємності.

Наприклад, для батареї ємністю 20-25 кВт•год зарядження може зайняти близько 7 годин. Для зарядження використовується зарядний пристрій, який входить до комплекту електромобіля та перетворює змінний струм електромережі на постійний. Швидкість зарядження залежить від потужності цього зарядного пристрою.

Власники електромобілів можуть заряджати свої акумулятори від побутової електромережі за допомогою спеціального кабелю зі захистом від перегріву та контролем процесу підзарядки.

Ці зарядні пристрої бувають двох типів - європейського (220 В) та американського (120 В), і поставляються разом із серійним електрокаром. Кабель має особливий роз'єм і власники отримують інформацію про стан зарядки з індикаторів. Швидкість зарядки залежить від ємності батареї та потужності бортового зарядного пристрою.

Вірно, зарядження електромобілів від спеціальної станції змінного струму підвищеної потужності дозволяє значно швидше заряджати батарею автомобіля порівняно з зарядженням від звичайної побутової розетки.

Це можливо завдяки використанню більш потужного струму та збільшенню напруги для зарядки.

Також станції забезпечують більш надійний та безпечний процес зарядки завдяки захисту та моніторингу ходу зарядки.

Важливо мати на увазі, що не всі електромобілі можуть підключатись до станцій підвищеної потужності змінного струму, оскільки це залежить від їхньої конструкції та специфікацій.

Так, ви праві. Швидке зарядження постійним струмом (рис. 2.5) від станцій CHAdeMO та CCS зазвичай забезпечує зарядку до 80% ємності батареї за близько 30 хвилин, а до 100% - триватиме довше через необхідність балансування окремих осередків.

Ці системи є популярними стандартами для швидкої зарядки електромобілів в багатьох країнах світу.



Рисунок 2.5 – Зарядження постійним струмом

Тривалість підзарядки АКБ електромобілів.

Це правильно, ємність АКБ і глибина її розряду є двома основними факторами, що впливають на тривалість зарядки. Чим більша ємність батареї, тим більше часу потрібно для зарядки, тому що більша кількість енергії має бути передана.

Також, чим глибше розряджена батарея, тим більше часу потрібно на її зарядку, тому що більше енергії має бути заміщено.

Однак, сучасні батареї мають системи керування зарядкою, які дозволяють

більш ефективно заряджати батареї за різних умов, що допомагає скоротити час зарядки.

Це пояснюється тим, як проходить процес заряджання акумулятора електромобіля.

Початково відбувається швидке заряджання, яке називається бустерною підзарядкою, проте зі збільшенням заряду швидкість споживання електроенергії зменшується. Тому швидке заряджання здійснюється лише до рівня 80%, а не до повного заряду.

Швидкість заряджання також залежить від температури повітря. Ідеальна температура для заряджання АКБ електромобіля - приблизно +25 °С, нижчі температури сповільнюють швидкість заряджання.

У холодну пору року заряджати батарею електрокара не рекомендується. Зарядка літій-іонної батареї відбувається в комбінованому режимі, спочатку застосовується постійний струм, а потім постійна напруга (див. рис. 2.6).

Заряд складається з двох етапів, перший з яких триває близько 40 хвилин, а другий – триваліший. Завершення заряду відбувається тоді, коли величина струму знижується до 3% від початкового значення.

Щоб прискорити зарядку, можна використовувати імпульсний режим. Ємність батареї зменшується через саморозряд на 5-10% щороку.

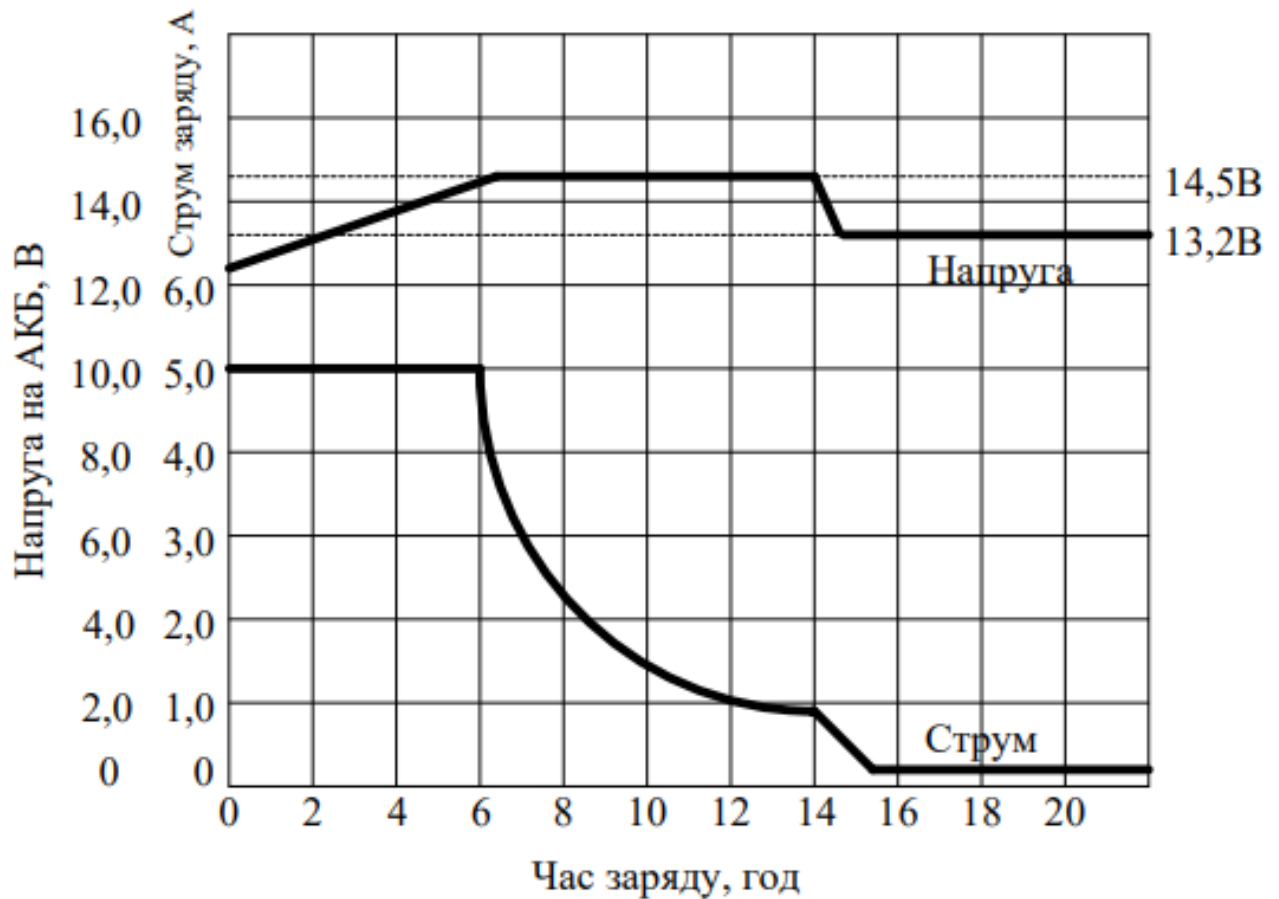


Рисунок 2.6 – Діаграми струму та напруги при зарядці АКБ

2.4 Ємність акумуляторної батареї електромобіля

Як падає ємність акумулятора електромобіля за кілька років?

Термін служби батареї є обмеженим. Він залежить від моделі та конкретної версії, але зазвичай користувачі можуть використовувати один акумулятор від 5 до 10 років. З часом батарея починає втрачати свою потужність.

Вже після двох років експлуатації батарея втрачає перші 5-10% своєї ефективності, а через три роки - вже 15-20% (див. рис. 21). У наступні роки втрата становитиме не більше 1% на рік. В результаті, коли батарея втратить свою ефективність, її доведеться замінити на нову.

Важливо!

З 2018 року функціонують заправні станції для електрокарів із потужністю 350 кВт.

Чи обов'язково мати запасний акумулятор?

Якщо акумулятор використовується нормально, його службовий термін може досягати 10 років, тому зберігати запасний акумулятор немає сенсу. Протягом цього часу можуть з'являтися нові моделі або з'явиться бажання змінити марку автомобіля.

Що робити з акумулятором?

Акумулятори, які вже були використані, можуть мати друге життя у системах живлення будівель, які працюють від сонячних батарей. Це дуже практичний та вигідний спосіб використання старих батарей.

Якщо це не можливо, то варто подбати про екологічну утилізацію акумулятора. Зазвичай, компанії-виробники електромобілів приймають використані батареї назад і займаються їхньою утилізацією, що є дуже важливим для охорони довкілля.

Більшість батарей мають літій-марганцевий катод, який забезпечує функціонування батареї, проте він досить чутливий до температури і може прискорено втрачати ємність при збільшенні температури.

Існують два типи втрати ємності в акумуляторах: календарна і експлуатаційна. Календарна втрата ємності пов'язана з часом і відбувається з плином часу.

Експлуатаційна втрата ємності (рис. 2.7) залежить від процесів зарядки та розрядки акумулятора і залежить від максимального рівня заряду та глибини розряду, які представляють відсоток від загального діапазону потужності, який використовується під час циклу.

Технічно термін служби батареї складається з чотирьох змінних:

1. середня температура;
2. стандартне відхилення температури;
3. середній стан заряду;
4. стандартне відхилення заряду.

Відповідно до цих критеріїв крива втрати ємності акумуляторних батарей з часом виглядає так.

Циклічна деградація батареї є природним процесом, що призводить до постійного зменшення ємності або потужності батареї, тобто до зменшення кількості енергії, яку вона може зберігати та віддавати.

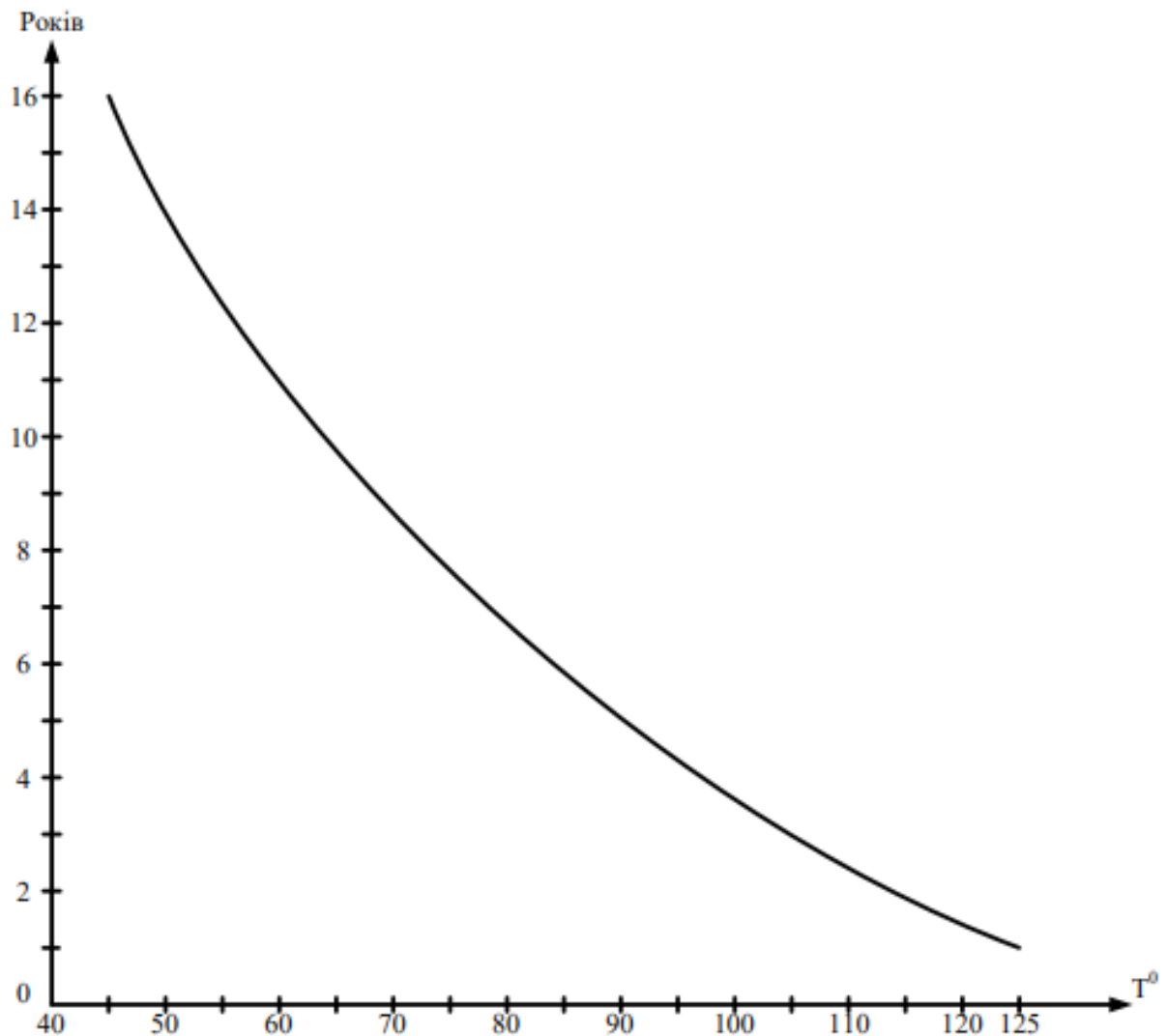


Рисунок 2.7 – Втрати ємності АКБ з роками експлуатації

Деградація батареї електромобіля.

Параметр «State Of Health» (SOH) визначає рівень здоров'я або працездатності акумулятора, що зазвичай становить 100% для нової батареї і зменшується з часом в залежності від умов експлуатації. SOH є показником того, скільки енергії батарея може зберігати та видавати (кВт/год).

Варто знати, що це не те ж саме, що й запас ходу транспортного засобу - відстань, на яку транспортний засіб може проїхати за допомогою цих кіловат-годин. Запас ходу електромобіля залежить від різних факторів, таких як рівень заряду, топографію маршруту, температуру, стиль водіння, а також вантажівку або пасажирське навантаження.

Основні фактори, що впливають на здоров'я літій-іонного акумулятора:

5. термін існування;

6. висока температура експлуатації;
7. використання за низького рівня заряду (повне розрядження батареї);
8. високий електричний струм заряджання;
9. використання (енергетичні цикли).

Хоча було проведено безліч досліджень стану батареї, дуже мало даних зібрано щодо реальних характеристик електромобілів з плином часу, і ще менше даних щодо порівняння різних марок та моделей.

Очікується, що деградація батареї електромобіля відбувається неоднаковими темпами. Зазвичай спочатку відбувається різке падіння ємності, яке потім продовжує зменшуватися, але вже помірними темпами. Поблизу кінця терміну служби батареї очікується остаточне значне падіння ємності. Очікується, що крива деградації матиме приблизно такий вигляд:

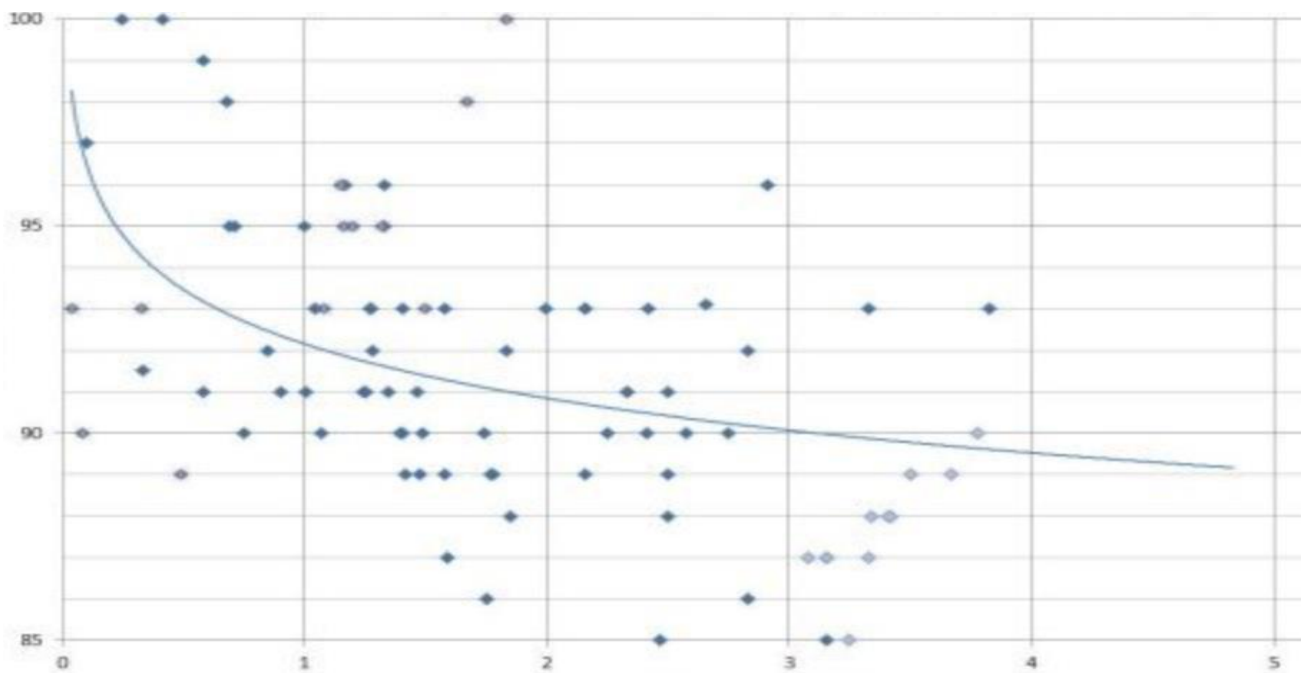


Рисунок 2.8 – Деградація батареї електромобіля

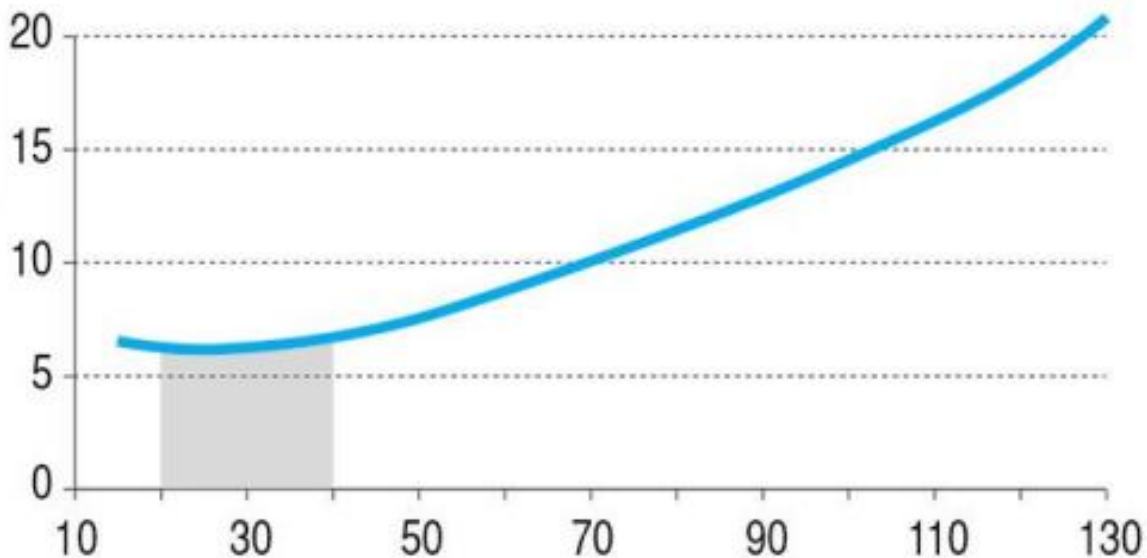


Рисунок 2.9 – Витрати електроенергії АКБ на 100 км

Графіки саморозряду АКБ та терміну служби батареї у циклічному режимі, наведено на рис. 2.8 та рис. 2.11, відповідно.

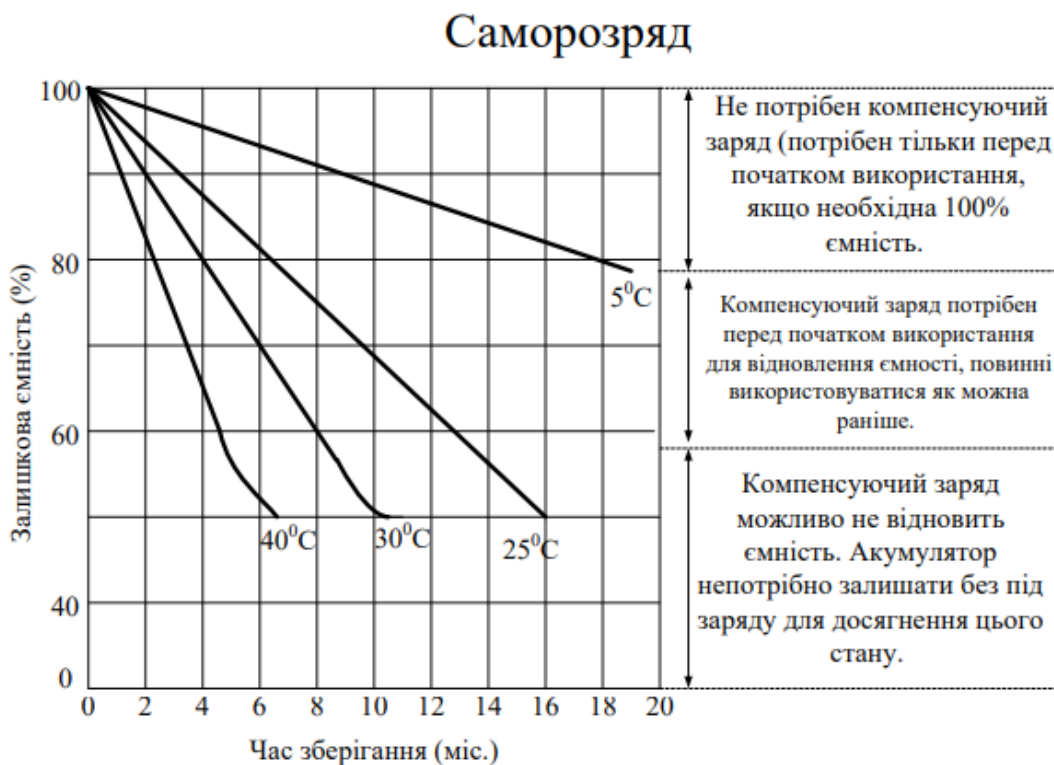


Рисунок 2.10 – Залишкова ємність АКБ від терміну зберігання

Графік строку служби батареї у циклічному режимі

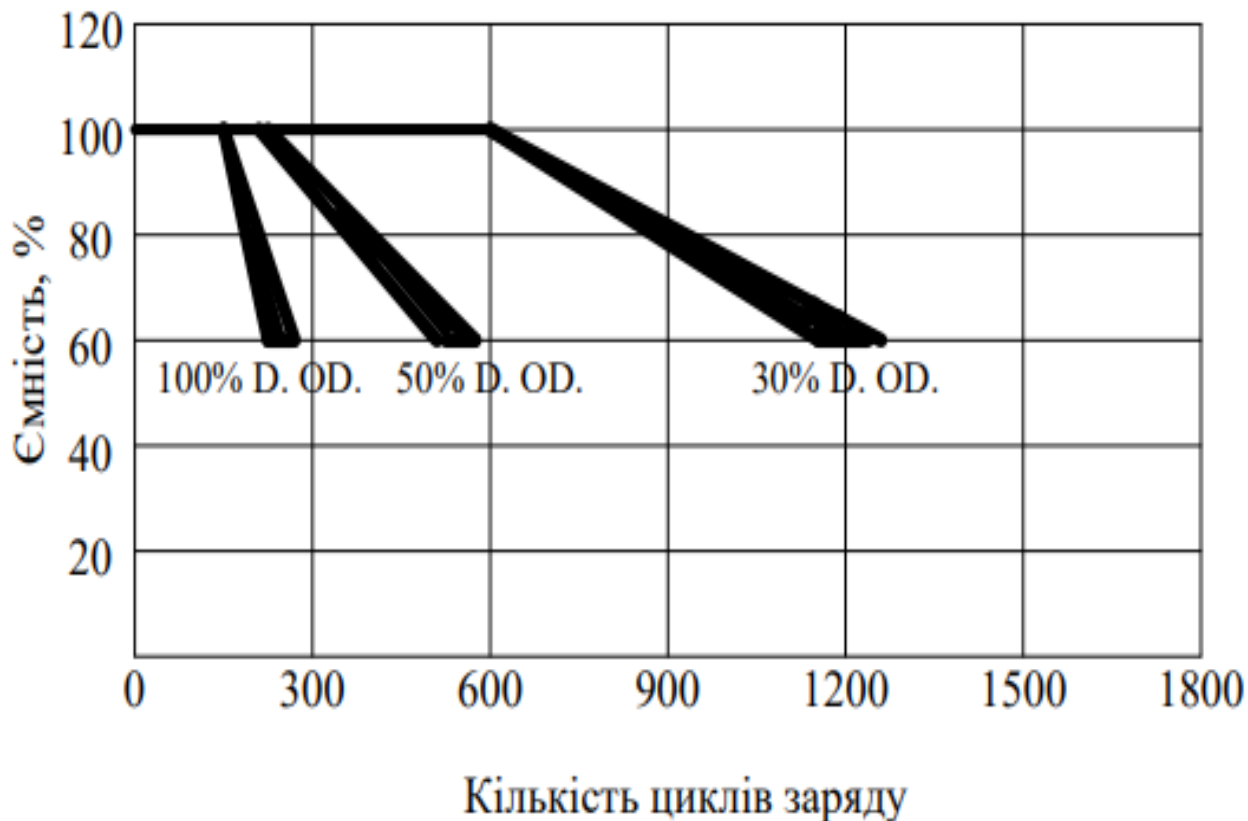


Рисунок 2.11 – Залишкова ємність АКБ у циклічному режимі

Хімічний склад батареї та температурне керування можуть впливати на рівень деградації батареї електромобіля, але основна різниця полягає у тому, чи має акумулятор рідинне охолодження чи тільки повітряне.

Згідно з аналізом Geotab, Tesla Model S 2015 з рідинним охолодженням має середньорічний рівень деградації на рівні 2,3%, що є меншим, ніж у Nissan Leaf 2015 з повітряним охолодженням, де цей показник становить 4,2%.

Таким чином, батареї з рідинним охолодженням деградують повільніше, ніж ті, що мають повітряне охолодження.

Використання швидкого зарядного пристрою з постійним струмом призводить до прискорення процесу деградації батареї.

Була помітна різниця між транспортними засобами, які ніколи не були піддані швидкому заряджанню постійним струмом (DC), та тими, які використовували його, хоча можуть існувати інші фактори, оскільки експеримент не був контрольованим.

Така різниця була помітна навіть при різних сезонних та спекотних умовах..

Графік витрати електроенергії АКБ при різній швидкості автомобіля наведений на рис.2.10.

Ось деякі поради щодо продовження терміну служби батареї електромобіля:

1. Не заряджайте батарею електромобіля на 100% або розряджайте до 0%. Рекомендується зберігати заряд батареї в межах 20-80%, особливо якщо автомобіль не буде використовуватись протягом тривалого часу. Повністю заряджати батарею варто лише перед далекими поїздками.

2. Слід уникати швидкого заряджання постійним струмом, особливо високих температур навколишнього середовища, щоб не перегрівати батарею.

3. Для уникнення екстремально високих температур батареї слід уникати паркування електромобіля на сонці в спекотні дні. Краще шукати тіньові місця для паркування.

4. Інтенсивне використання електромобіля не є проблемою для акумулятора, тому рекомендується використовувати його за призначенням, а не дозволяти простоювати.

2.5 Висновок другого розділу

За надаю інформацією у другому розділі було досліджено питання типів вирішення проблем цієї системи, а також було проаналізовано проблемні питання та переваги наявних реальних систем що застосовуються у теперішній час.

Головною темою що була дослідженна у цьому розділі – це тема батарей електромобілі. Тобто технічні характеристики, проблеми переваги, методи заряджання та збереження ефективності її роботи.

Тобто, отриману інформацію можливо використовувати в подальшому для вирішення проблем та удосконалення нашої системи.

3 РОЗРОБКА КІБЕРФІЗИЧНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ “РОЗУМНОЮ” ЗАРЯДНОЮ СТАНЦІЄЮ ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ

3.1 Розробка алгоритму функціонування пристрою

Алгоритми заряджання. Різні алгоритми різняться по ефективності зарядки, часу зарядки, термінам служби батареї та вартості. Проте дослідники досі що неспроможні визначити, який їх найбільш підходить додатку, оскільки було розроблено безліч алгоритмів; у кожного є свої переваги та недоліки.

Наприклад, метод заряджання постійним струмом і постійною напругою займає більше часу, ніж багатоступінчастий алгоритм заряджання струмом, а вартість дослідження останнього вище, ніж першого. Враховуючи сильні та слабкі сторони кожного алгоритму, мета полягає в тому, щоб підібрати кожному алгоритму відповідну програму.

Метод заряджання постійним струмом полягає в регулюванні вихідної напруги зарядного пристрою або резистора, підключеного послідовно до батареї, щоб підтримувати постійний струм. Він використовує постійне значення струму від початку зарядки до кінця. Оскільки нікель-кадмієві батареї легко поляризуються під час звичайного заряджання, електроліт безперервно вироблятиме водень і кисень, незалежно від того, чи це алгоритм заряджання за допомогою звичайної постійної напруги чи постійного струму.

Під впливом внутрішнього високого тиску кисень проникає всередину негативного електрода і взаємодіє з кадмієвою пластиною з утворенням CdO , що призводить до зниження ефективної ємності пластини. Оскільки допустима потужність струму батареї поступово зменшується з ходом процесу заряджання, батарея буде перезаряджатися на наступному етапі заряджання. Зрештою, це також призводить до різкого падіння ємності акумулятора.

Широко використовується зарядка постійною напругою. Під час роботи автомобіля стартерний акумулятор заряджається постійною напругою. Якщо вказане постійне значення напруги є відповідним, акумулятор можна повністю зарядити.

Зміни в алгоритмі зарядки постійного струму/постійної напруги.

Алгоритм зарядки CC/CV прискорювального зарядного пристрою є подальшим

розвитком алгоритму напруги DC/DC.

Замість використання постійної напруги та струму протягом усього періоду заряджання, він підвищує ефективність заряджання, максимізуючи напругу під час першої фази, коли батарея досягає приблизно 30% номінальної ємності заряду.

Після цього періоду алгоритм ціноутворення перейде на стандартний CC/CV. BC-CC/CV може заряджати батарею швидше, ніж CC/CV завдяки вищій початковій напрузі заряджання, але перед заряджанням батарею потрібно повністю розрядити.

Оскільки зарядний пристрій має забезпечувати напругу змінного струму, усі компоненти повинні приймати найвищу напругу, яку створює зарядний пристрій.

Важливо розрядити акумулятор перед заряджанням, оскільки це впливає на ефективність алгоритму заряджання та термін служби акумулятора.

Схема алгоритму роботи пристрою наведена на рис. 3.1.

Універсальність розробленої системи зарядки полягає в різноманітності режимів її роботи. Він пропонує два режими роботи: зниження і підвищення напруги на виході пристрою.

Система зарядки передбачає наступні способи зарядки акумулятора:

- 1) зарядка від внутрішнього акумулятора зарядного пристрою;
- 2) зарядка електромобілів через мережу;
- 3) використовувати енергію сонячних батарей для зарядки електромобілів;
- 4) зарядка внутрішнього акумулятора зарядного пристрою від мережі;
- 5) заряджає внутрішній акумулятор зарядного пристрою від сонячної батареї.

Після включення пристрою мікроконтролер (МК) послідовно підключає всі доступні джерела напруги.

Аналого-цифровий перетворювач вимірює значення струму на вході імпульсного перетворювача.

Отримані дані відображаються на блоці налаштування режиму.

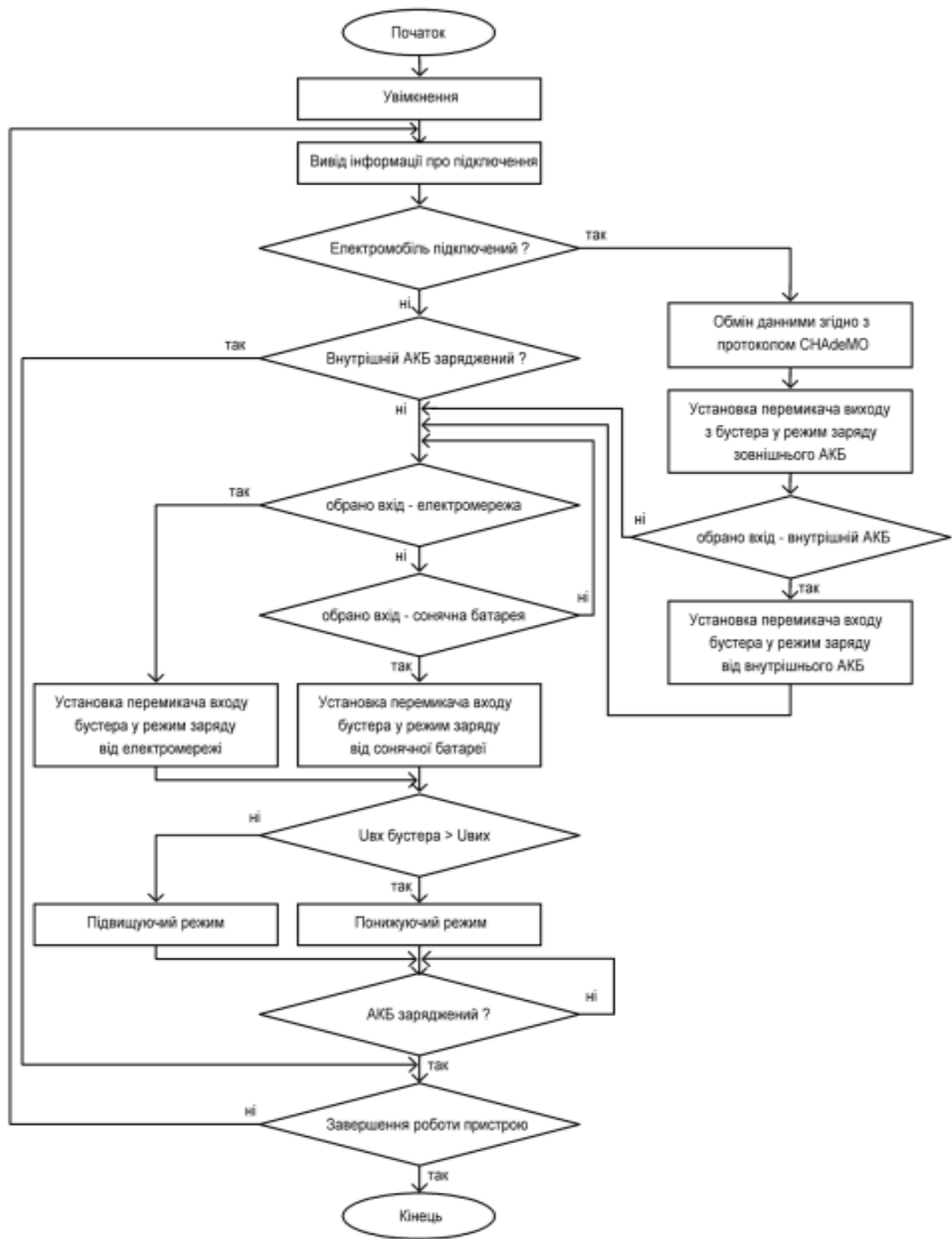


Рисунок 3.1 - Алгоритм роботи пристрою

Потім він перевіряє наявність підключеного електромобіля.

Коли EV підключено, пристрій починає обмінюватися даними з EV. Бортовий комп'ютер електромобіля розраховує час зарядки на основі отриманих даних і посилає

сигнал тестового запуску.

За допомогою клавіатури та дисплея можна вибрати одне з трьох джерел напруги (мережа, внутрішній акумулятор або сонячна батарея). Потім в залежності від обраного режиму роботи системи порівнюються вхідна і вихідна напруги імпульсного перетворювача.

Отже, якщо вхідна напруга вища за вихідну, вибирається перша, і навпаки. Перетворювач видає задані параметри струму та напруги.

Під час фази зарядки індикатори напруги та дані електромобіля постійно контролюються. На основі цих показників програма МК вирішує, коли продовжувати зарядку батареї, а коли завершувати зарядку. Зарядження може бути перервано, якщо щось піде не так.

На завершальному етапі піднімають обладнання для завершення роботи. Інформація про стан виконаних операцій відображається на дисплеї. Якщо електромобіль відключено від зарядного пристрою, система перевіряє рівень заряду внутрішньої батареї та за необхідності заряджає її. Водночас на дисплеї буде показано джерело живлення (мережа або сонячна батарея), яке заряджає внутрішній акумулятор.

3.2 Розробка структурної схеми пристрою

У своєму складі структурна схема (рисунок 3.2) має три основні блоки. Це мікроконтролер, блок живлення і блок комутації.

При включенні пристрою мікроконтролер (МК) опитує джерела живлення для визначення їх стану і передає команди на блок комутації 1 (БП1), який, у свою чергу, підключає їх до перетворювача імпульсів. Мікроконтролер також отримує інформацію про напругу на вході перетворювача імпульсів і стан акумулятора EV. Без такої інформації підключення не відбувається і пристрій переходить на зарядку внутрішнього акумулятора.

Отримана інформація виводиться оператору через блок налаштування режиму та конвертер UART-CAN. Імпульсні перетворювачі регулюють струм і напругу для зарядки акумулятора електромобіля.

Управління ключами конвертера здійснюється мікроконтролером через

драйвер. Обидва блоки комутації забезпечують необхідні режими роботи зарядного пристрою.

Блок перемикача 1 має 4 стани:

- 1) Внутрішня батарея приладу підключається до перетворювача імпульсів;
- 2) мережа підключена;
- 3) підключення сонячних елементів;

Ніякого зв'язку.

У вимкненому стані команди з МК не надходять, тому вхід перетворювача залишається непідключеним. А через блок перемикачання 2, в цьому випадку вихід перетворювача імпульсів буде підключений до внутрішньої батареї.

На підставі отриманих показників оператор вибирає джерело зарядної напруги та встановлює час початку зарядки.

Отримавши команду «Пуск», МК видає команди БП 1 і 2 на порівняння значень напруги на вході і виході імпульсного перетворювача. З перетворювача сигнал, пропорційний значенню напруги, передається в МК, де перетворюється в цифровий сигнал.

Використовуйте блок налаштування режиму для відображення цифрового індикатора напруги для користувача.

Потім обмін між МК і EV (якщо підключено) через конвертер UART-CAN. Конвертер MCP2551-I/P є високошвидкісним трансивером CAN. Він діє як інтерфейс між контролером протоколу CAN і фізичною шиною.

Пристрій підтримує роздільний диференціальний прийом і передачу CAN контролерів. В результаті зарядний пристрій отримує інформацію про стан акумулятора електромобіля.

Блок комутації 2 відповідає за вибір того, який акумулятор заряджається: внутрішній зарядний пристрій чи зовнішній EV.

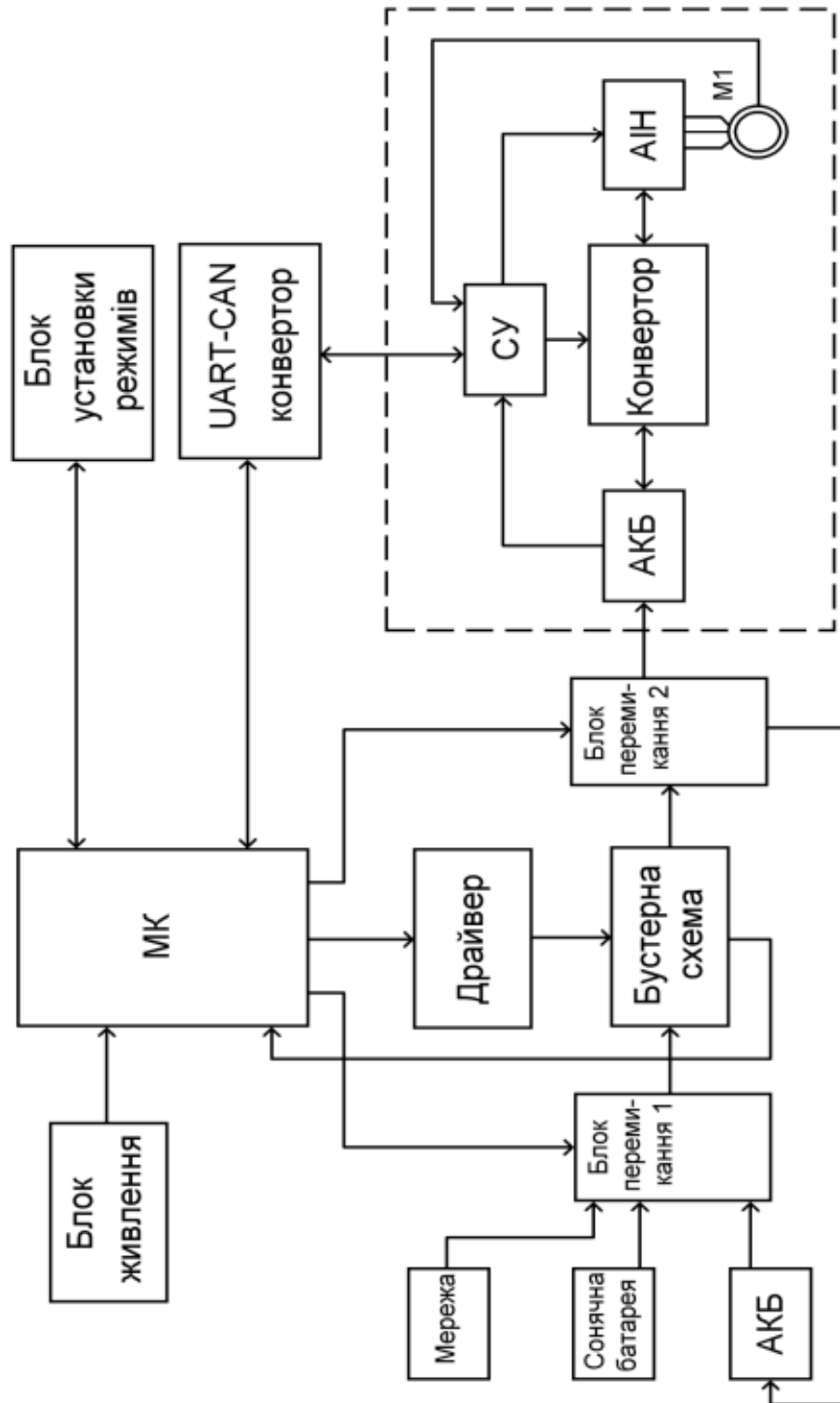


Рисунок 3.2. Структурна схема зарядного пристрою

Якщо напруга на вході імпульсного перетворювача більше, ніж напруга на виході, активується понижуючий режим, в іншому випадку активується режим підвищення.

Наступний етап - зарядка самого акумулятора.

Під час зарядки МК постійно контролює напругу акумулятора і силу струму на

виході імпульсного перетворювача.

Після того, як батарея повністю заряджена, сигнал ШІМ-модуляції припиняє генерацію, і блок встановлення режиму надсилає повідомлення «зарядка завершена».

Зарядка припиняється, коли батарея досягає максимальної ємності, або за командою оператора, або в разі аварії.

Після цього оператору буде запропоновано вимкнути обладнання або продовжити роботу.

3.3 Висновок

У третьому розділі нашого дослідження ми зосередилися на розробці кіберфізичної системи керування "розумною" зарядною станцією для електромобілів. Цей розділ представляє собою важливий крок у напрямку інноваційних рішень, спрямованих на поліпшення функціональності та ефективності зарядної станції.

Одним з ключових аспектів нашої роботи є розробка алгоритму функціонування системи, який забезпечує оптимальне керування зарядним процесом електромобіля. Цей алгоритм враховує різноманітні фактори, такі як потужність електромережі, стан батареї, час зарядки та інші параметри, що дозволяють забезпечити ефективну зарядку та підвищити тривалість роботи електромобіля.

Крім того, ми розробили структурну схему пристрою, яка буде використовуватися для реалізації нашої кіберфізичної системи керування. Ця схема включає в себе компоненти, що дозволяють здійснювати моніторинг, аналіз та керування зарядним процесом електромобіля. Вона відкриває широкі перспективи для подальшого вдосконалення і розширення наявних систем зарядки, а також надає переваги нашій системі в порівнянні з існуючими рішеннями.

Отримана інформація та результати нашого дослідження можуть бути використані для подальшого вирішення реальних проблем та удосконалення системи зарядки електромобілів.

4 РОЗРОБКА ТА РОЗРАХУНОК ПРИНЦИПОВОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СХЕМИ ДЛЯ КІБЕРФІЗИЧНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ “РОЗУМНОЮ” ЗАРЯДНОЮ СТАНЦІЄЮ ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ

4.1 Вибір елементної бази

Ключі імпульсного перетворювача напруги виконані на транзисторах IGBT Infineon FZ400R12KE3B1.

Ці транзистори можуть керувати великим струмом в вихідному ланцюзі за допомогою невеликого вхідного сигналу, що дозволяє їх використовувати для посилення, генерації, комутації та перетворення електричних сигналів.

IGBT-транзистори складаються з силового біполярного транзистора та керуючого транзистора, об'єднаних в одному корпусі з трьома виводами.

Вони є основними компонентами силової електроніки, використовуються для створення потужних електронних ключів, що комутують струми на частотах від декількох десятків до сотень кілогерців. Такі транзистори можуть випускатися окремо або як спеціалізовані силові модулі для керування трифазними ланцюгами.

Силовий біполярний транзистор дозволяє досягти більшої робочої напруги, одночасно маючи опір каналу відкритого стану, який залежить від струму першого ступеня, а не від квадрата струму, як у звичайних польових транзисторів.

У ролі керуючого транзистора використовується польовий транзистор, що дозволяє зменшити витрати потужності на управління ключем до мінімуму. Характеристики електродів в IGBT-транзисторі відображають його структуру: керуючий електрод називається затвором, так само як у польових транзисторів, а електроди силового каналу - колектор та емітер - назви, які використовуються для біполярних транзисторів.

За допомогою каскадної схеми, IGBT-транзистор об'єднує переваги двох технологій - силового біполярного транзистора та керуючого транзистора - всередині одного напівпровідникового приладу (див. рис. 4.1). Це означає, що IGBT-транзистор складається з транзисторів двох типів, які працюють разом, дозволяючи отримати більші вигоди, ніж від окремих технологій.

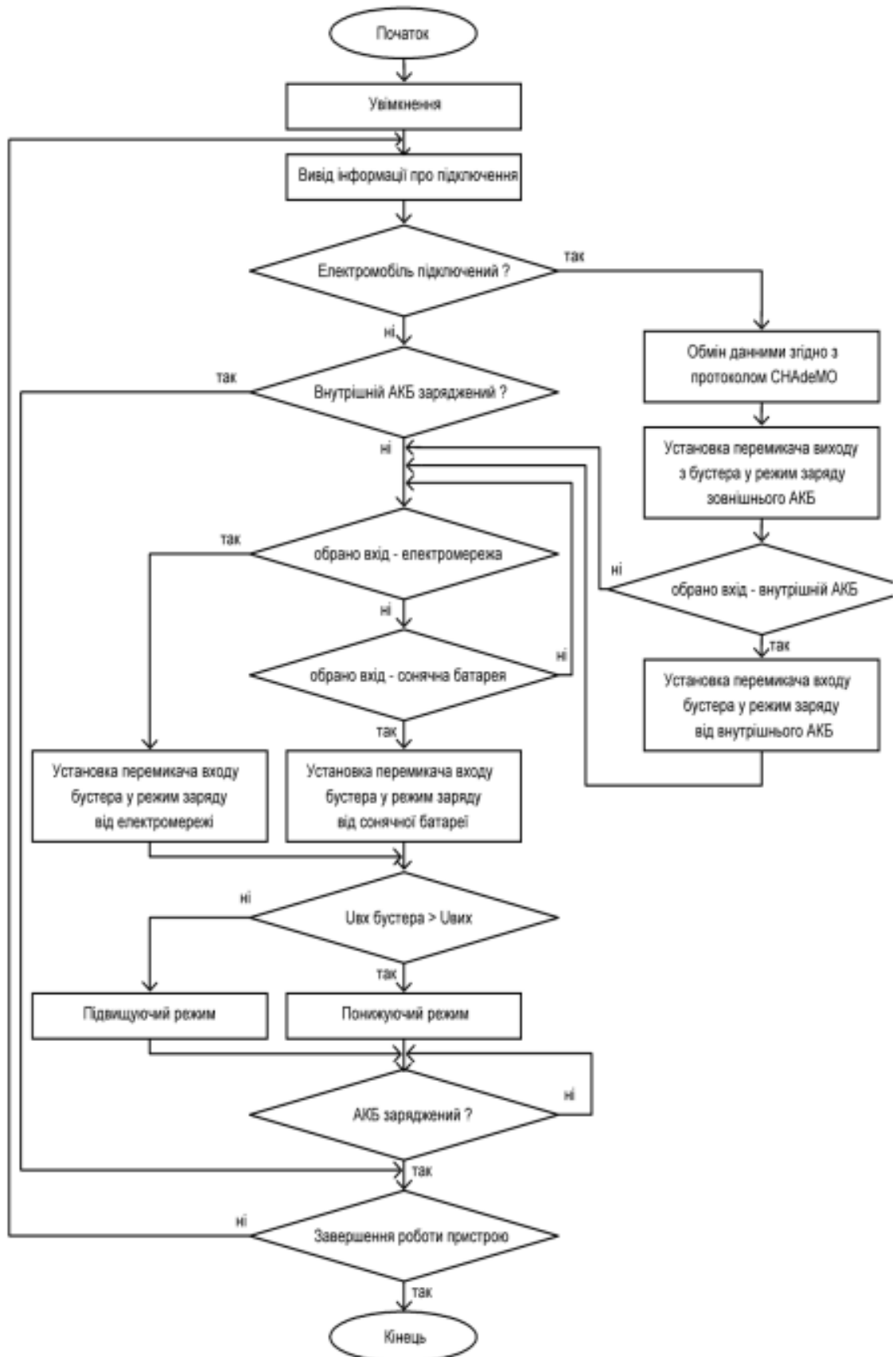


Рисунок 4.1 – Алгоритм функціонування пристрою

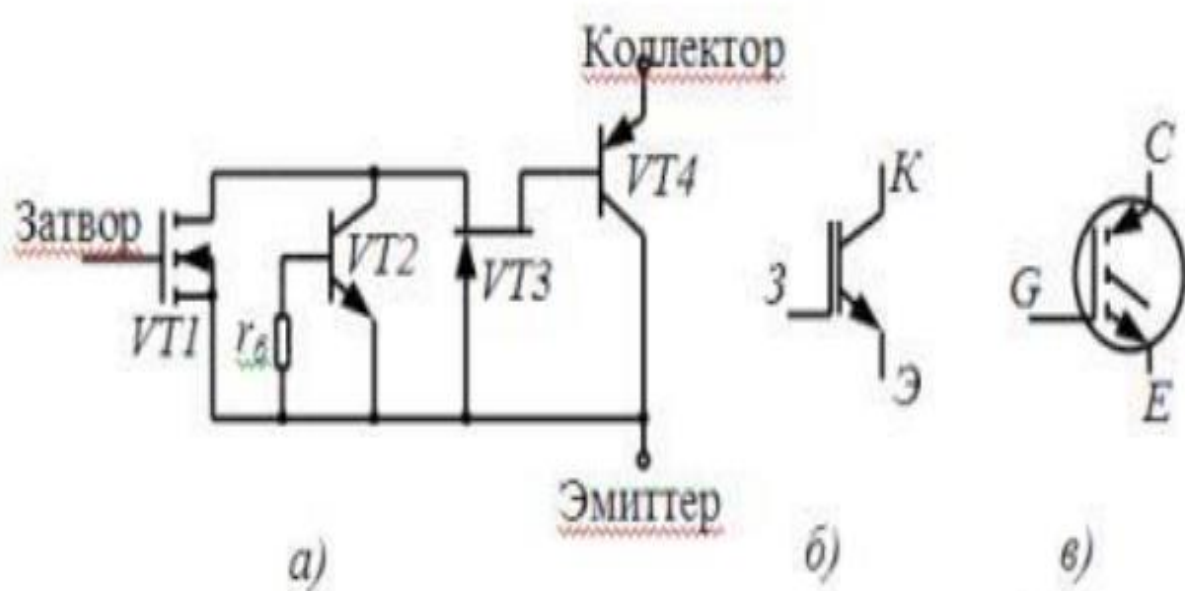


Рисунок 4.2 - Еквівалентна схема IGBT-транзистора (а) і його умовне позначення у вітчизняній (б) та іноземній (в) літературі

Так, дійсно, IGBT-транзистори доступні в різних моделях з різними характеристиками, включаючи робочий діапазон напруг та струмів.

Для додаткової точності, деякі моделі можуть мати спеціальні захисні функції, такі як захист від короткого замикання та перенапруги.

Вибір конкретної моделі залежить від конкретного застосування, потрібної напруги та струму, а також від інших параметрів, таких як швидкодія та втрати потужності.

Діаграма динамічної роботи IGBT транзистора та графік зміни падіння напруги U_{ce} і струму I_c IGBT-транзистора, наведені на рис. 4.1, 4.2, 4.3, 4.4 відповідно.

IGBT-транзистори мають високий вхідний опір порівняно з звичайними польовими транзисторами і витрачають менше потужності на управління затвором.

У третьому розділі була розроблена кіберфізична система керування "розумною" зарядною станцією для електромобілів. У цьому розділі було створено алгоритм функціонування даної системи. Крім того, була розроблена структурна схема пристрою, яка надає можливість вдосконалити наявні системи та забезпечити переваги нашій системі. Отриману інформацію можна використовувати для вирішення проблем та поліпшення нашої системи у майбутньому.

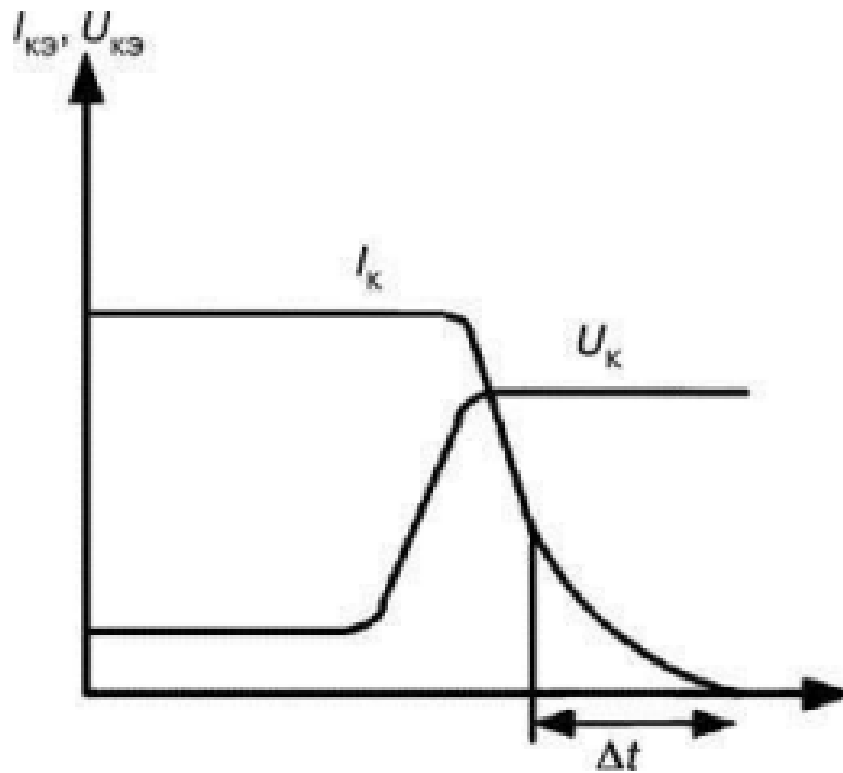


Рисунок 4.3 – Часова діаграма роботи транзистора

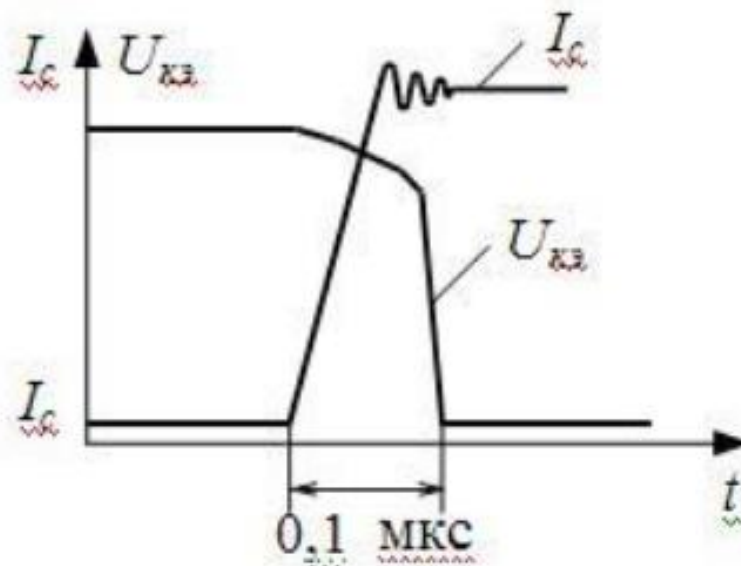


Рисунок 4.4 – Динамічний режим роботи IGBT-транзистора

Характеристика транзистора Infineon FZ400R12KE3B1, приведена в табл 4.1.

Діоди Шотткі мають дуже швидку реакцію на зміну напруги, тому їх часто використовують у випрямлячах з високою частотою перемикання, таких як блоки

живлення для комп'ютерів або сонячні панелі.

Вони мають нижчу напругу пробою та менший час відновлення, порівняно зі звичайними діодами, що робить їх більш ефективними в перетворенні електроенергії. Діоди Шотткі часто застосовуються в схемах, де потрібно відновлювати енергію, наприклад, в системах рекуперації енергії гальмування електричних транспортних засобів.

Таблиця 4.1 – Характеристика транзистора Infineon FZ400R12KE3B1

Категорія продукту:	Параметри IGBT
Виробник:	Infineon
Конфігурація	Single
Напруга колектор-емітер (VCEO), макс.:	1200V
Напруга насичення колектор-емітер:	1,25 V
Максимальна напруга затвор-емітер:	±20V
Безперервний колекторний струм при 25°C:	650 A
Струм витоку затвор-емітер:	400 nA
Pd - розсіювання потужності:	2250 W
Вид монтажу:	Panel Mount
Упаковка / блок:	62MM Module
Максимальна робоча температура:	+125 °C
Мінімальна робоча температура:	-40 °C
Швидкість перемикання	1MHz
Серія:	FZ400R12KE3B1

Діоди Шотткі можуть бути виготовлені з різних напівпровідникових матеріалів, зокрема кремнію (Si), арсеніду галію (GaAs), карбіду кремнію (SiC), германію (Ge) та

інших. Також для створення бар'єру Шотткі можуть використовуватися різні метали, наприклад золото, срібло, платина, паладій, вольфрам, титан і т.д.

Вибір матеріалів залежить від багатьох факторів, таких як вимоги до швидкості перемикання, діапазон робочих температур, електрична провідність, стійкість до корозії, термічна стійкість та інші.

Крім високої швидкодії та малої ємності переходу, до переваг діодів Шотткі також можна віднести низький рівень втрат потужності, високу температурну стійкість, довговічність та можливість працювати при високих температурах.

Діоди Шотткі також знайшли широке застосування в сучасних електронних пристроях, включаючи сонячні батареї, промислові пристрої автоматизації, високочастотні пристрої, пристрої споживання енергії та інші.

Таблиця 4.2 – Характеристики діода Semikron SKN 501/12

Категорія продукту:	Діод Шотткі
Виробник:	Semikron
Конфігурація:	Single
Максимальна зворотна напруга:	1200 V
Напруга насичення:	1.65 V
Максимальний Постійний прямий струм	500 A
Пік імпульсного струму:	7000 A
Вид монтажу:	Screw Mount
Упаковка / блок:	E 18
Максимальна робоча температура:	+180 °C
Мінімальна робоча температура:	-40 °C
Серія:	SKN 501/12

Вони використовуються для випрямлення високочастотних сигналів, фільтрації сигналів, захисту від перенапруги та як захисні діоди у пристроях регулювання напруги. Характеристики діода Semikron SKN 501/12, приведена у табл. 4.2

Також до переваг діодів Шотткі можна віднести високу ефективність, низький рівень шуму, відсутність внутрішнього зворотного струму та стійкість до високих температур.

Вони також можуть бути використані в різних сферах, таких як електроніка, промисловість, медична техніка та інші.

Крім того, діоди Шотткі можуть бути виготовлені з різних напівпровідникових матеріалів, що дозволяє використовувати їх для різних завдань.

Конденсатор високовольтний

Для згладжування напруги імпульсного перетворювача напруги, використаний конденсатор з назвою K75-40б, який має ємність 100 мкФ та робочу напругу 750 В. Цей конденсатор належить до високовольтних комбінованих конденсаторів, які призначені для використання в імпульсних пристроях. Вони характеризуються малим внутрішнім опором, що дозволяє заряджати їх від малопотужного джерела і швидко розряджати.

Застосовуються у лазерній техніці, електроінструменті, зварювальному обладнанні, електротранспорті та інших пристроях.

Характеристики конденсатора K75-40б -750В-100мкФ, приведені у табл. 4.3

Драйвер IGBT транзисторів L6385E.

Мікросхема L6385E містить два незалежних драйвера верхнього (вихід HVG) і нижнього плеча (вихід LVG). В якості елементів комутації великих струмів і напруг використовуються потужні польові MOSFET-транзистори і біполярні транзистори з ізольованим затвором (IGBT-транзистори).

Однак для узгодження низького рівня логічних перепадів керуючих сигналів з рівнями управління затвора MOSFET- і IGBT-транзисторів, потрібні проміжні пристрої узгодження - високовольтні драйвери.

Таблиця 4.3– Характеристики конденсатора K75-40б 750В 100мкФ

Категорія продукту:	Конденсатор
---------------------	-------------

Виробник	Promelectrica
Максимальна напруга	750....5000 В
Номінальна ємність	100 мкф
Допустимі відхилення ємності	+10%
Максимальна робоча температура	+70 °С
Мінімальна робоча температура	-60 °С
Серія	K75-40Б

Для забезпечення такого управління використовується наступна класифікація високовольтних драйверів:

- незалежні драйвери верхнього і драйвери нижнього плеча напівмоста, інтегровані в одній мікросхемі (High and Low Side Driver);
- драйвери верхнього і драйвери нижнього плеча, які включені за схемою напівмоста (Half-Bridge Driver).

Драйвери верхнього плеча (High Side Driver).

Драйвери нижнього плеча (Low Side Driver).

У сучасних драйверах, бустерний діод розміщений у корпусі інтегральної схеми, тому відпадає необхідність у застосуванні зовнішнього діода.

Таблиця 4.4– Характеристики драйвера STMicroelectronics L6385E

Категорія продукту:	Драйвери для управління затвором
---------------------	----------------------------------

Виробник:	STMicroelectronics
Вид монтажу:	Through Hole
Упаковка / блок:	DIP-8
Продукт:	Half-Bridge Drivers
Кількість драйверів:	2
Час наростання:	50 ns
Час спаду:	30 ns
Напруга живлення - макс.:	17 V
Напруга живлення - мін.:	-0.3 V
Напруга живлення - мін.:	250 uA
Мінімальна робоча температура:	- 45 C
Максимальна робоча температура:	+ 125 C
Тип:	High Voltage High and Low Side Driver

Таблиця 4.5 – Характеристики конвертора MCP2551

Категорія продукту:	CAN-трансивер
Виробник:	Microchip

Максимальна напруга.:	24V
Напруга живлення:	12V
Максимальний струм:	75mA
Вид монтажу:	Through Hole
Упаковка / блок:	DIP-8
Максимальна робоча температура:	+85°C
Мінімальна робоча температура:	-40 °C
Діапазон даних	1Mbps
Серія:	MCP2551

Конвертор UART-CAN.

MCP2551-I / P (рис. 32) - це високошвидкісний CAN-трансивер від Microchip, що діє як інтерфейс між контролером протоколу CAN та фізичною шиною. Пристрій підтримує роздільний диференційний прийом та передачу для CAN-контролера, і повністю відповідає стандарту ISO11898, включаючи всі вимоги до напруги 24V, такі як:

1. малий струм у відключеному режимі;
2. входи на лінії живлення мають захист від короткого замикання;
3. захист від перехідних процесів; – можливо підключити до 112 вузлів мережі;
4. висока стійкість до перешкод і шумів;
5. виявлення помилки при передачі даних;
6. скидання MCP2551 не впливає на поточний обмін даними на шині CAN;
7. захист від короткочасного підключення до ланцюгів живлення.

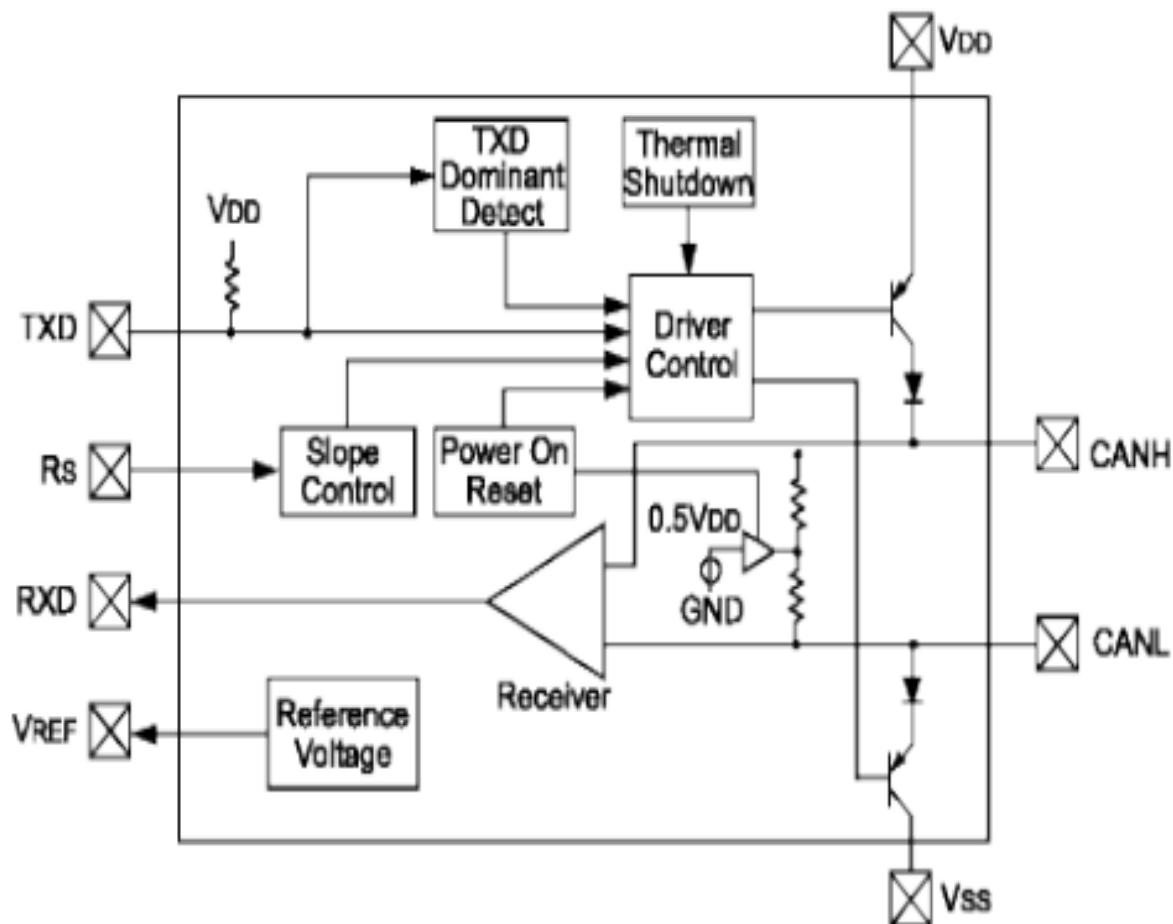


Рисунок 4.6 – Блок схема MCP2551

Структура і схема включення драйвера L6385E наведена на рис. 4.6

Стабілізатор напруги.

Для забезпечення стабільного живлення елементів схеми використовують стабілізатор L7805CV, який має напругу +5 В та виробляється компанією STMicroelectronics у корпусі TO-220. У серії 78xx останні дві цифри позначають номінал стабілізованої напруги. Стабілізатор L7805CV підходить для стабілізації напруги в низьковольтних схемах.

Схема вмикання стабілізатора та необхідні конденсатори наведені на рис. 4/6. Для оптимальної роботи стабілізатора необхідно під'єднати конденсатори по входу (0,33 мкФ) та по виходу (0,1 мкФ) максимально близько до виводів мікросхеми.

У межах від 7,5 до 25 В стабілізатор L7805CV забезпечує постійну стабільну напругу +5В. Українським аналогом цього стабілізатора є KP142EH5A..

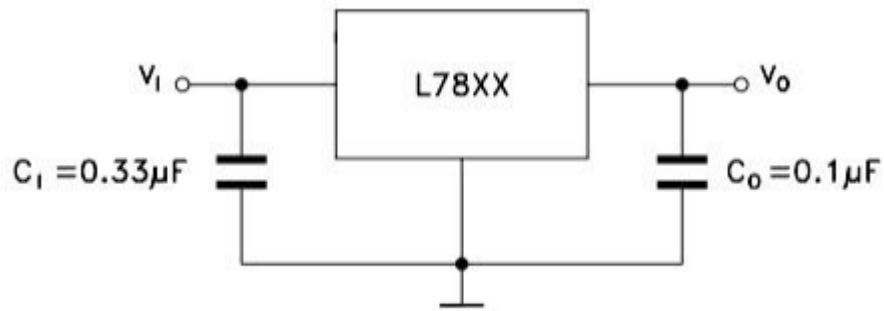


Рисунок 4.7 – Схема підключення стабілізатора L7805CV

Таблиця 4.6 – Характеристики стабілізатора STM- L7805CV

Виробник	STMicroelectronics
Номенклатурний номер виробника	L7805CV
Короткий опис	IC REGULATOR POS 5V TO-220
Категорія	Інтегральні схеми (IC)
Сімейство	PMIC — регулятори напруги
Напруга вихідна	+5V
Напруга вхідна	До +36V
Кількість регуляторів	1
Вихідний струм	1.5A
Робоча температура	0°C ~ 125°C
Монтажний тип	Наскрізний отвір
Корпус	TO – 220AB

Фільтр кварцовий.

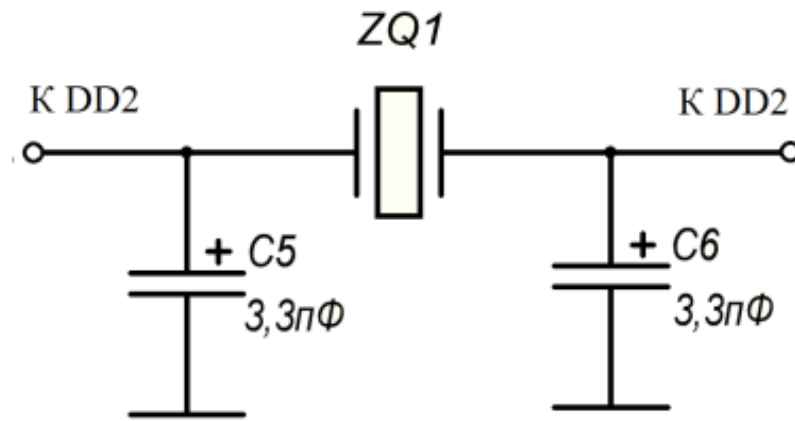


Рисунок 4.8 – Схема підключення кварцового фільтра

Таблиця 4.7 – Характеристики фільтра кварцового HC-49S-SMD 16.0 МГц

Категорія продукту:	Фільтр кварцевий
Виробник:	TKD
Розмір:	12 x 5 x 4,3 мм
Частота:	16,0 МГц
Допуск по частоті:	±10~50ppm
Ємність навантаження:	12 пф-ф
Стабільність частоти:	±30/±50ppm
Робоча температура:	-20 +70°C
Температура зберігання:	-40 +85°C
Шунтуюча ємність:	7 пФ макс.
Рівень управління:	100 мкВт макс.
Корпус:	HC-49S
Монтаж:	поверхневий
Старіння в рік (при 25°C)	5%

Живлення АЦП.

Для забезпечення точності показань АЦП мікроконтролера необхідне окреме

живлення напругою +5В. Мікросхеми TL431 і TL431А (рис. 4.9) є змінними регуляторами напруги з фіксованою стабілізованою напругою і широко використовуються в електронних пристроях.

Ці чіпи здатні регулювати вихідну напругу в діапазоні від 2,5 до 36 В за допомогою двох зовнішніх резисторів. Їх активний вихід має дуже круту характеристику, що робить їх відмінною альтернативою стабілітронам.

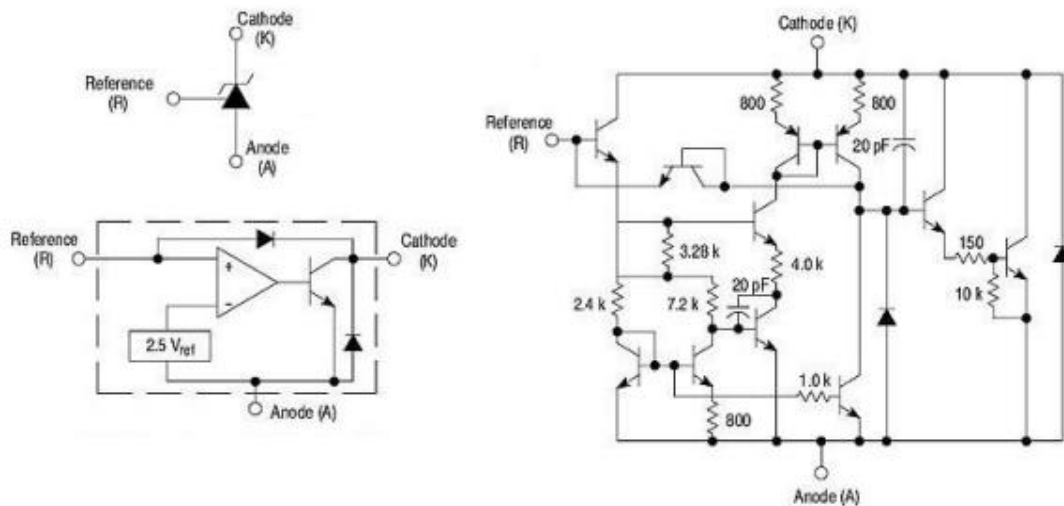


Рисунок 4.9 – Схема регулятора напруги - TL431A

Таблиця 4.8 – Характеристики регулятора TL431A

Категорія продукту:	Регульований стабілізатор
Мінімальна напруга:	2,5В
Максимальна напруга:	36В
Максимальний струм:	100МА
Ємність навантаження:	12 пф~
Робоча температура:	-40 +85°C
Температура зберігання:	-40 +85°C
Серія:	TL431A

Дисплей.

Модуль Z - LCD I2C Keypad Shield обраний як засіб відображення і введення

даних.

ЖК-модулі з алфавітно-цифровим відображенням здатні показувати значну кількість інформації з високою якістю та низьким рівнем споживання енергії.

Ці ЖК-модулі дозволяють успішно використовувати їх у ситуаціях з низькою або відсутньою освітленістю завдяки ефективному підсвічуванню.

Контролер HD44780 може керувати двома рядками, кожен з яких може вмістити до 40 символів, які можуть бути відображені на матриці символу розміром 5 x 7 точок. Хоча цей контролер також підтримує символи з матрицею 5 x 10 точок, проте вони майже не використовуються в сучасних ЖК-модулях, що дозволяє вважати, що фактично наявні тільки символи з матрицею 5 x 7 точок.

Таблиця 4.9– Характеристики модуля Z- LCD I2C Keypad Shield

Дисплей:	Символьний 16x02 (HD44780)
Підсвічування:	Синій з білими символами
Контраст:	налаштування потенціометром
Кнопки:	6 шт (5 зчитувальних і 1 перезавантаження)
Напруга живлення:	5 В
Інтерфейс:	I2C
I2C адреса:	0x2
Струм:	100МА

Конвертор рівня.

Для того, щоб ввімкнути високовольтні ключі, які використовуються в БП1 та БП2, виходи МК можуть подавати напругу не більше 5В. Для цього використовуються

польові транзистори КП959А з параметрами, які наведені в таблиці 4.10. КП959А є транзистором n-типу зі статичною індукцією та кремнієвим ключем епітаксійно-планарної структури з вертикальним каналом.

Таблиця 4.10 – характеристики транзистора КП959А

Категорія продукту:	Транзистор польовий
Виробник:	Эльтав
Упаковка / блок:	ТО-126
Найменування:	КП959А
Мінімальна робоча температура:	- 45° С
Максимальна робоча температура:	+125° С
Максимальна напруга стоку:	300В
Максимальний прямий струм	200МА
Максимальна напруга затвору	5В

Мікроконтролер.

Для керування пристроєм використовували малопотужний 8-разрядний КМОП мікроконтролер АТmega128. Цей мікроконтролер досягає продуктивності 1 млн. операцій в секунду / МГц завдяки виконанню більшості інструкцій за один машинний цикл. Часова діаграма роботи ШІМ зображена на рис. 36. Мікроконтролер АТmega128

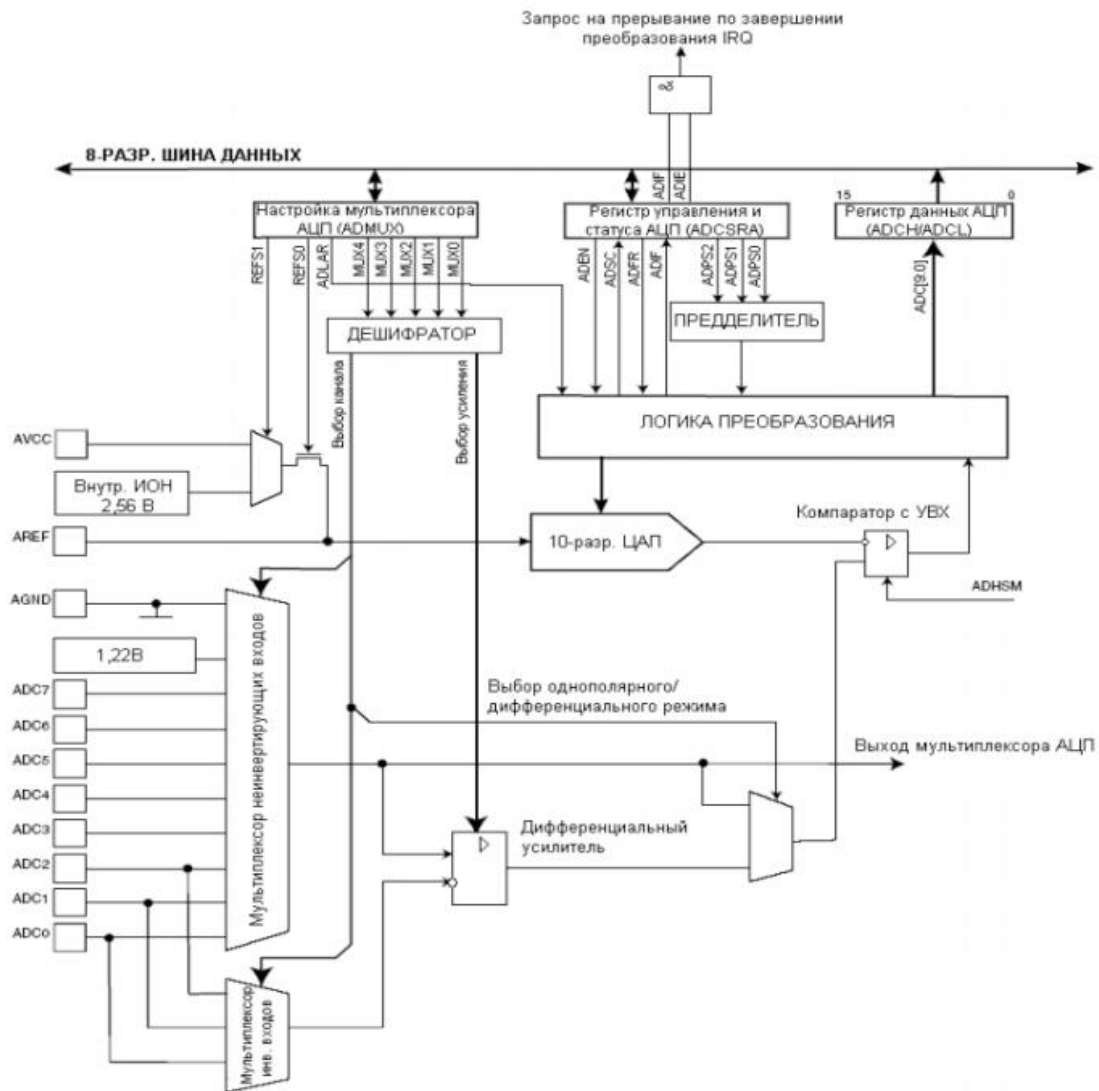


Рисунок 4.11 – Функціональна схема АЦП

4.2 Інтерфейс користувача та управління

Для того, щоб мати можливість керувати пристроєм з будь-якого пристрою, потрібно створити застосунок, який буде доступний на багатьох пристроях. Створення додатків, які можуть запускатися лише на одній платформі, не є доцільним, оскільки це потребує значної кількості навичок та особливостей розробки для кожної системи. Якщо додаток управління пристроєм може запускатися на різних платформах, це дозволить розширити коло користувачів агента моніторингу. Користувачі будуть впевнені, що їх платформа підтримується, тому вони можуть використовувати такий застосунок.

Розроблений додаток не потребує використання всіх переваг кожної платформи для запуску, а лише 49, які призначені для отримання даних під час

процесу підзарядки та простою, сповіщень та управління зарядним пристроєм.

Найкращим варіантом для створення інтерфейсу є створення кросплатформового застосунку, що працює на всіх пристроях. Оскільки більшість користувачів мають браузері на своїх пристроях, то використання технології PWA, яка заснована на компоненті webview, є розумним варіантом. Управління агентом зарядної станції реалізовано через веб-сторінку з інтерфейсом.

Прогресивний веб-додаток (PWA) - це веб-сайт, який розроблений з використанням технологій, що дозволяють надати йому деякі характеристики, що зазвичай притаманні мобільним додаткам.

Наприклад, PWA можна додати до головного екрана смартфона, надсилати push-повідомлення, отримувати доступ до апаратних засобів пристрою та працювати в автономному режимі. Progressive Web App може працювати стабільно навіть при нестійкому з'єднанні або відсутності мережі Інтернет, аналогічно до того, як це було б з повним доступом до мережі.

Розмір додатку є важливим фактором при виборі платформи для розробки. Нативні застосунки зазвичай мають середній розмір близько 25 Мб, що може створювати проблеми з обмеженням місця на смартфоні.

У порівнянні з ними середній розмір прогресивного веб-дodatка всього 2 Мб, що значно економить місце на пристрої.

Додатки, розроблені на базі PWA, можуть працювати в автономному режимі, для цього розроблено декілька підходів кешування даних, таких як Cache with fallback to Network, Network with fallback to Cache, Cache and Network race. Це дозволяє користувачам використовувати додаток навіть у випадку відсутності з'єднання з Інтернетом.

Так, ви праві. Підхід кешування з резервом для мережі, або "Cache with fallback to Network", дозволяє додатку спочатку перевірити, чи міститься запитана інформація в кеші.

Якщо так, то додаток використовує ці дані і не відправляє запит до сервера. Якщо ж запитаної інформації немає в кеші, додаток спробує отримати її з сервера, а якщо підключення до мережі відсутнє, то використовується кешована інформація. Цей підхід ефективний для даних, які змінюються рідко або не змінюються взагалі,

тому що при кожному запиті до сервера споживається додатковий трафік, що може бути непотрібним.

Підхід "Мережа з відкотом до кешу" забезпечує отримання актуальної версії ресурсу для онлайн-користувачів, а відсутність з'єднання з мережею дозволяє автономним користувачам використовувати версію з локального сховища.

Цей підхід застосовується для ресурсів, які часто оновлюються.

Підхід «Кеш і мережева гонка» використовується для одночасного пошуку даних в локальному сховищі та запиту онлайн-контенту. При цьому спочатку користувачеві відображається відповідь з кешу, а після отримання нових даних відбувається їх оновлення та відображення результату в локальному сховищі.

Цей підхід застосовується для ресурсів, які можуть змінюватись часто, і дозволяє підтримувати максимально швидку та актуальну роботу додатку.

У будь-якому шаблоні може статися так, що відповідь не знаходиться в кеші і не може бути отримана в режимі онлайн.

У такому випадку використовується статична HTML-сторінка, яка також кешується як частина додатку, і повідомляє користувача про відсутність з'єднання з мережею Інтернет.

Для успішної заміни нативного додатку PWA має виглядати та вести себе як додаток, написаний для обраної платформи.

Цього можна досягти за допомогою файлу `manifest.json`, який містить json-відформатовані властивості програми, такі як ім'я, посилання на головну сторінку, логотипи для різних екранів, кольори заставки, орієнтацію пристрою і т.д. Структура цього файлу показана на рисунку 4.12.

```

1  {
2  "name": "Агент моніторингу та управління",
3  "short_name": "RemoteControlAgent",
4  "description": "Додаток для моніторингу та управління зарядним процесом.",
5  "icons": [
6    {
7      "src": "icons/icon-32.png",
8      "sizes": "32x32",
9      "type": "image/png"
10   }
11 ],
12 "start_url": "/pwa/index.html",
13 "display": "fullscreen",
14 "theme_color": "#B12A34",
15 "background_color": "#B12A34"
16 }

```

Рисунок 4.12 — Структура файлу manifest.json

Service Worker - це дуже важлива складова PWA, оскільки він дозволяє кешувати всі необхідні ресурси і виконувати їх відтворення навіть у відсутності з'єднання з мережею Інтернет.

Також Service Worker дозволяє перехоплювати запити до сервера і повертати відповіді з кешу, зберігаючи тим самим трафік мережі та забезпечуючи швидку відповідь на запити.

Після того, як Service Worker зареєстровано в додатку, він може контролювати запити до сервера та кешувати відповіді.

Якщо запит відповіді знаходиться в кеші, Service Worker поверне відповідь з кешу без звернення до сервера. Якщо запиту немає в кеші, він буде передано на сервер, і Service Worker збереже відповідь у кеш.

Service Worker також може працювати в фоновому режимі, що дозволяє виконувати фонові завдання, такі як синхронізація даних, оновлення кешу, отримання повідомлень, навіть коли додаток закрито в браузері.

Отже, Service Worker є дуже важливою складовою PWA, оскільки він дозволяє забезпечити роботу додатку в офлайн-режимі та підвищити його продуктивність.



Рисунок 4.13— Обробка запитів з Service Worker

Так, коли запит відправляється з додатку, він спочатку проходить через Service Worker, який перевіряє, чи є відповідь у локальному сховищі, і якщо так, то вона повертається без запиту до серверу. Якщо

відповідь відсутня, то запит відправляється на сервер, і отримана відповідь кешується у локальному сховищі Service Worker для подальшого використання.

Це дозволяє зменшити кількість запитів до серверу і забезпечити швидке завантаження додатку, навіть при обмеженому з'єднанні з Інтернетом.

Для з'єднання з web-інтерфейсом агента моніторингу та управління зарядної станції електромобіля, користувач має підключитися до бездротової мережі, в якій розроблений агент, за допомогою свого смартфона або іншого електронного пристрою з браузером.

Після цього, необхідно відкрити браузер та перейти за посиланням IP адреси агента, яку призначив маршрутизатор бездротової точки доступу.

Після відкриття сторінки користувачеві буде запропоновано встановити додаток на робочий стіл. Інтерфейс користувача показано на рисунку 4.13.

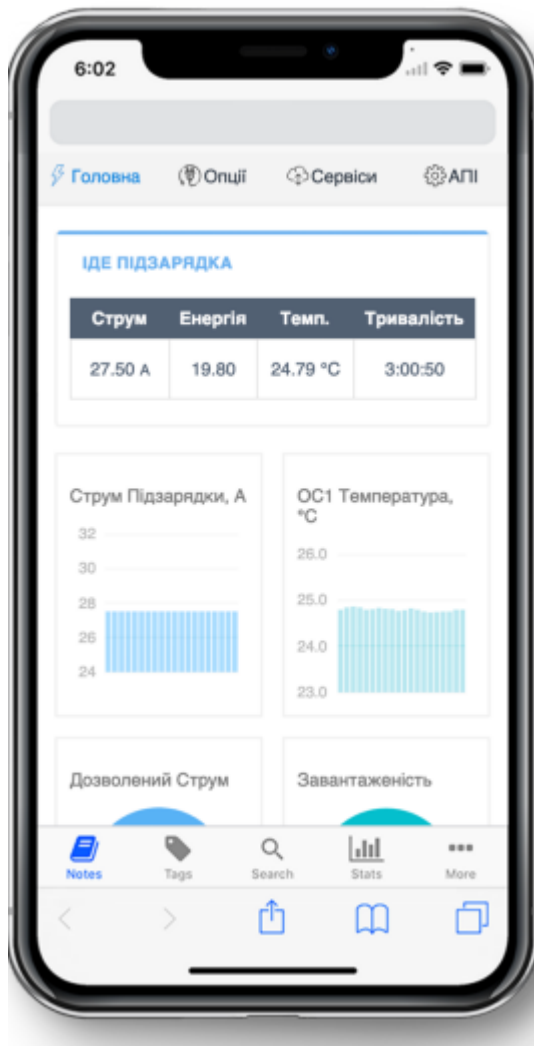


Рисунок 4.14 — Інтерфейс користувача

Як бачимо на показаному рисунку, на інтерфейсі користувача є два графіки для відстеження потужності підзарядки та температури. У розділі "Параметри" користувач може налаштувати пристрій, зокрема підключитися до нової бездротової мережі, додати нову мітку RFID, а також додати посилання на зовнішній сервіс управління потужністю пристроєм.

4.3 Опис API функціоналу кіберфізичної системи керування "розумною" зарядною станцією електромобіля

Для управління процесом підзарядки через зовнішніх автоматизованих агентів розроблено набір API функцій, що дозволяє отримувати інформацію про актуальний стан пристрою та передавати команди управління для обмеження потужності, початку

та зупинки процесу підзарядки. Для обміну API функціями використовується протокол WebSocket, який забезпечує постійний зв'язок і можливість двостороннього обміну даними навіть при динамічному IP-адресі.

Для підключення зарядного пристрою до агента моніторингу через інтерфейс користувача необхідно вказати посилання до серверу моніторингу у вигляді "protocol://ip:port/agent_id". Перший параметр вказує на протокол передачі даних, який може бути ws або wss для захищеного з'єднання. Другим параметром необхідно вказати IP-адресу або URL-адресу сервера агента моніторингу, до якого необхідно з'єднатися. Якщо використовується URL-адреса, програмне забезпечення спочатку звернеться до DNS-сервера для отримання актуального IP-адреси, а потім встановить з'єднання. Третім параметром є порт, до якого необхідно звернутися для встановлення з'єднання. Останній параметр слугує для ідентифікації зарядного пристрою на сервері агента. Усі параметри є обов'язковими для заповнення.

Крім того, шлях до серверу, вказаний користувачем, зберігається в енергонезалежній пам'яті, щоб його можна було використовувати при кожному перезапуску пристрою.

Після успішного встановлення з'єднання можна обмінюватись інформацією в двосторонньому напрямку між клієнтом та сервером за допомогою запитів, які можуть передаватись як від клієнта до сервера, так і від сервера до клієнта. Формат запитів для обміну інформацією відображено на рисунку 4.15

Схема передачі параметрів в розробленому протоколі управління та моніторингу має фіксований порядок значень, що дозволяє скоротити кількість символів для форматування та оптимізувати розмір повідомлень. Однак, такий підхід може накладати обмеження на послідовність передачі параметрів, а також викликати проблеми з доставкою в умовах нестабільного з'єднання, особливо в обмежених мережах з обмеженим трафіком, таких як стільникові, де можуть виникнути обмеження на швидкість передачі даних.

`flag:id:function:value1|value2`

Рисунок 4.15 — Формат протоколу обміну даними

Для скорочення розміру пакету повідомлення на 10-15 раз порівняно з протоколом JSON, розроблено протокол обміну даними, що використовує коротші функції та розділення значень. Такий підхід дозволяє уникнути ситуації, описаної вище, та покращити швидкість доставки в умовах нестабільного з'єднання. Опис значень даного протоколу можна знайти в таблиці 4.10

Таблиця 4.10. Опис протоколу обміну даними

Параметр	Опис значення
flag	Ця компонента відповідає за розпізнавання пакету як запиту або відповіді на оброблений запит і забезпечує, щоб значення було різним для запитів та їх відповідей.
id	Ця складова відповідає за унікальний ідентифікатор повідомлення всередині однієї сесії. Вона гарантує цілісність передачі даних та дозволяє ідентифікувати відповідь.
function	Назва функції для активації на віддаленому агенті моніторингу стану електромобіля або ринку електроенергії може бути "monitorState" або "monitorMarket", залежно від того, що саме потрібно моніторити.
value	При передачі параметрів в функцію, поле може містити масив значень, які розділяються вертикальною лінією. Кожне значення може бути числом або рядком, тобто можуть використовуватися різні типи даних.

Після аналізу архітектури протоколу взаємодії та агентів моніторингу та управління блоком зарядного пристрою електромобіля та зовнішнього агента збору інформації та віддаленого управління, залежно від навантаження електромережі, запропоновано набір реалізованих API функцій для автоматизованої комунікації з

описом у формі таблиці 4.10.

4.4 Висновок четвертого розділу

У четвертому розділі нашого дослідження ми зайнялися важливими аспектами розробки та розрахунку принципової електричної схеми для кіберфізичної системи керування "розумною" зарядною станцією електромобіля.

Ця схема відіграє ключову роль у функціонуванні системи та визначає основні електричні компоненти та їх взаємозв'язок.

Під час розробки електричної схеми, ми проводили розрахунки та аналізували різні аспекти, такі як напруги, струми, потужності та енергетичні параметри.

Метою було створення ефективної та надійної системи зарядки, яка б відповідала вимогам електромобілів та користувачів.

Крім того, ми розробили інтерфейс користувача, який є важливою частиною системи. Цей інтерфейс забезпечує зручний та інтуїтивно зрозумілий спосіб взаємодії користувача зі зарядною станцією.

Він містить різні функціональні можливості, такі як вибір режиму зарядки, моніторинг статусу зарядки та керування параметрами.

Результати розробки принципової електричної схеми та інтерфейсу користувача є важливим внеском у наше дослідження.

Вони дозволяють створити комплексну та ефективну кіберфізичну систему керування зарядною станцією, яка задовольняє потреби користувачів та сприяє розвитку електромобільної інфраструктури.

ВИСНОВОК

У роботі за результатами виконаних теоретичних та практичних досліджень створена кіберфізична система керування «розумною» зарядною станцією електромобіля.

У першому розділі ми розглянули існуючі прототипи та їх можливості, а також було проаналізовані методи вирішення проблем що можуть виникнути у ході проведення роботи.

У другому розділі були дослідженні компоненти системи та їх характеристики. Також було виявлено їх проблеми та нюанси під час використання. Був проведений аналіз проблем, та можливі шляхи їх усунення

У третьому розділі були розроблена система керування «розумною» зарядною станцією електромобіля. А саме був удосконалений алгоритм функціонування пристрою, та розроблена оновлена структурна схема пристрою.

У четвертому розділі був створений, розроблена та розрахована електрична схема для системи. А також розроблений інтерфейс користувача та API функціонал.

В майбутньому впровадження результатів роботи можуть дозволити удосконалювати наявні системи та покращувати їх.

За темою дипломної роботи опублікована одна стаття у фаховому науковому виданні “Вісник ХНУ” .

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Типи зарядок електромобілів. URL: <http://autogeek.com.ua/tipyi-zaryadok-elektromobiley-kakoy-vyibrat-chtobyizaryazhatsya-v-ukraine/> (дата звернення: 16.04.2023).
2. CHAdEMO Interface. URL: <http://chademo.com/> (дата звернення: 16.04.2023).
3. Gandomi A. and Haider M. Beyond the hype: Big data concepts, methods, and analytics. *International Journal of Information Management (IJIM)*. 2015. vol. 35, no. 2, pp. 137-144.
4. Video Analytics Hardware, Software, and Services Revenue to Reach \$3 Billion by 2022. URL: <https://www.embedded-vision.com/industry-analysis/market-analysis/video-analytics-hardware-software-and-services-revenue-reach-3-bil> (дата звернення: 16.04.2023).
5. Markov I. L. Limits on Fundamental Limits to Computation. *Computing Research Laboratory*. URL: <http://arxiv.org/abs/1408.3821> (дата звернення: 16.04.2023).
6. Programmable embedded platforms for remote and compute intensive image processing applications. URL: <http://gow.epsrc.ac.uk/NGBOViewGrant.aspx?GrantRef=EP/K009583/1> (дата звернення: 16.04.2023)
7. Stewart R., Duncan K., Michaelson G., Garcia P., Bhowmik D., Wallace A. RIPL: A Parallel Image Processing Language for FPGAs. *ACM Transactions on Reconfigurable Technology and Systems (TRET)*. 2018. vol. 11, no. 1, Mar., pp. 1-28.
8. High-level synthesis of dataflow programs for heterogeneous platforms. URL: <https://infoscience.epfl.ch/record/207992/files/EPFLTH6653.pdf>
9. Bacon D.F., Rabbah R., Shukla S. FPGA Programming for the Masses. *ACM Queue Magazine*. 2013. vol. 11, no. 2, pp. 40-52.
10. Gort M., Anderson J. Design Re-use for Compile Time Reduction in FPGA High-level Synthesis Flows. *Proceedings of IEEE International Conference on Field-Programmable Technology (FPT)*. 2014. pp. 4-11.

11. Gort M., Anderson J. Design Re-use for Compile Time Reduction in FPGA High-level Synthesis Flows. *Proceedings of IEEE International Conference on Field-Programmable Technology (FPT)*. 2014. pp. 4-11.
12. Baxter R., Booth S., Bull M., Cawood G., D'Mellow K., Guo X., Parsons M., Perry J., Simpson A., Trew A. High-Performance Reconfigurable Computing - the View from Edinburgh. *Proceedings of the Second NASA/ESA Conference on Adaptive Hardware and Systems (AHS)*. 2007. pp. 373-279.
13. Chenini H., D'érutin J.P., Aufrère R., Chapuis R. Parallel Embedded Processor Architecture for FPGA-based Image Processing using Parallel Software Skeletons. *EURASIP Journal on Advances in Signal Processing*. 2013. vol. 2013, no. 1, p. 153.
14. Natvig L., Jordan A., Eleyat M., Jahre M., Amundsen J. Multi- and Many-Cores, Architectural Overview for Programmers. *IEEE Embedded Systems Letters*. 2017. ch. 1, pp. 1-27.
15. Vajda A. Multi-core and Many-core Processor Architectures. *IEEE Embedded Systems Letters*. 2011. ch. 2, pp. 9-43.
16. Soft GPGPUs for Embedded FPGAs: An Architectural Evaluation. URL: <http://arxiv.org/abs/1606.06454>
17. Kapre N. Custom FPGA-based Soft-processors for Sparse Graph Acceleration. *Proceedings of IEEE International Conference on Application-specific Systems, Architectures and Processors (ASAP)*. 2015. pp. 9-16.
18. Lieske T., Reichenbach M., Ringlein B., Fey D. Dataflow Optimization for Programmable Embedded Image Preprocessing Accelerators. *Proceedings of IEEE International Conference on ReConFigurable Computing and FPGAs (ReConFig)*. 2016. pp. 1-8.
19. Wang H., Li Y., Qian J. Design and Implementation of an FPGA-Based Real-Time Video Surveillance System. *Journal of Real-Time Image Processing*. 2019. vol. 16, no. 3, pp. 723-734.
20. Puschner P., Rocha A., Silva C., Spars J., Tocchi A. T-CREST: Time-predictable Multi-core Architecture for Embedded Systems. *Journal of Systems Architecture (JSA)*. 2015. vol. 61, no. 9, pp. 449-471.

21. Heisswolf J., Zaib A., Weichslgartner A., Karle M., Singh M., Wild T., Teich J., Herkersdorf A., Becker J. The invasive network on chip - a multi-objective many-core communication infrastructure. In: Proc. *IEEE International Workshop on Architecture of Computing Systems (ARCS)*. 2014, pp. 1-8.
22. She D., He Y., Waeijen L., Corporaal H. A Co-Design Framework with OpenCL Support for Low-Energy Wide SIMD Processor. *Journal of Signal Processing Systems (JSPS)*. 2015. vol. 80, no. 1, pp. 87-101.
23. Puschner P., Rocha A., Silva C., Spars J., Tocchi A. T-CREST: *Time-predictable Multi-core Architecture for Embedded Systems*. *Journal of Systems Architecture (JSA)*. 2015. vol. 61, no. 9, pp. 449-471.
24. Heisswolf J., Zaib A., Weichslgartner A., Karle M., Singh M., Wild T., Teich J., Herkersdorf A., Becker J. *The invasive network on chip - a multi-objective many-core communication infrastructure*. In: Proc. *IEEE International Workshop on Architecture of Computing Systems (ARCS)*. 2014, pp. 1-8.
25. Boubekour M. Industrial applications for cyber-physical systems. *First International Conference on Embedded & Distributed Systems*. 2017. P. 17-18. DOI: 10.1109/EDIS.2017.8284020.
26. Grispos G., Glisson W.B., Choo K. R. Medical Cyber-Physical Systems Development: A Forensics-Driven Approach. In Proceedings of IEEE. *ACM Conference on Connected Health: Applications, Systems and Engineering Technologies (CHASE 2017)*. USA. 2017. P. 108-114. <http://dx.doi.org/10.1109/CHASE.2017.48>.
27. Jiafu Wan, Hehua Yan, Hui Suo, Fang Li. Advances in CyberPhysical Systems. Research School of Computer Science and Engineering. *South China University of Technology Guangzhou, China* DOI: 2011.11.001. 10.3837/tiis.
28. Sankavaram C, Kodali A, Pattipati K, An integrated health management process for automotive cyber-physical systems. *International Conference on Computing, Networking and Communications (ICNC)*. 2013. P. 82-86, doi: 10.1109/ICCNC.2013.6504058.
29. Kyoung-Dae Kim, Behrad Bagheri P.R., Shanhu Yang, Hung-An Kao, Jay Lee. An Overview and Some Challenges in Cyber-Physical Systems Some Challenges in Cyber-Physical Systems. *Cyber-physical Systems Architecture for SelfAware Machines in Industry*

4.0 Environment, *IFAC-Papers On Line*. 2015. № 48. P. 1622-1627, ISSN 2405-8963, <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2015.06.318>.

30. Hailing Fu., Zahra Sharif-Khodaei, Ferri Aliabadi M. H. An energyefficient cyber-physical system for wireless on-board aircraft structural health monitoring. *Mechanical Systems and Signal Processing*. 2019. №. 128. P. 352-368, ISSN 0888-3270.

31. Insup Lee, Oleg Sokolsky. Medical Cyber Physical Systems. *47th Design Automation Conference* №10. P.743-748. <http://dx.doi.org/10.1145/1837274.1837463>.

32. Arthur Gatouillat, Youakim Badr, Bertrand Massot, Ervin Sejdić. Internet of Medical Things: A Review of Recent Contributions Dealing with Cyber-Physical Systems in Medicine. *IEEE internet of things journal, IEEE*. 2018. №5. P.3810 - 3822.10.1109/JIOT.2018.2849014. hal-01836236.

33. Silva L.C., Almeida H.O., Perkusich A., Perkusich M. A Model-Based Approach to Support Validation of Medical Cyber-Physical Systems. *Sensors*. 2015. P.27625-27670. <https://doi.org/10.3390/s151127625>.

34. Li W., Meng W., Su C., Kwok L. F. Towards false alarm reduction using fuzzy if-then rules for medical cyber physical systems. *IEEE Access*. 2018. №6. P. 6530-6539.

35. AlZubi A.A., Al-Maitah M., Alarifi A. Cyber-attack detection in healthcare using cyber-physical system and machine learning techniques. *Soft Comput* 25. 2021. P.12319–12332 <https://doi.org/10.1007/s00500-021-05926-8>.

36. Guo K., Li N., Kang J., Zhang J. Towards efficient federated learning- based scheme in medical cyber-physical systems for distributed data. *Software: Practice and Experience*. 2021. №51. P. 2274-2289.

37. FENG, Jianshe, Development of An Integrated Framework for Cyber Physical System (CPS)-Enabled Rehabilitation System. *International Journal of Prognostics and Health Management*. 2021. №12.

38. Silva, L. C, Perkusich, M, Bublitz, F. M, Almeida, H. O, & Perkusich A. A model-based architecture for testing medical cyber-physical systems. *In Proceedings of the 29th Annual ACM Symposium on Applied Computing*. 2014. P. 25- 30.

39. Грудзинський Ю.Є. Технології сучасних кіберфізичних систем: навч. посіб. для студ. *КПІ ім. Ігоря Сікорського*, 2020. №327. с. 77

40. Montaner H., Silla F., Fröning H. A new degree of freedom for memory allocation in clusters. *Cluster Comput.* 2012. № 15. P. 101–123. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10586-010-0150-7>
41. Baklouti M., Krichene H., Abid M., Synchronous Communication-Based Many-Core SoC. *Arab J.* 2017. С. 845–857. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13369-016-2373-2>
42. Zhao J., Xu C., Zhang T. A Bandwidth-Aware Hybrid Cache Hierarchy Design with Nonvolatile Memories. *J. Comput. Sci. Technol.* 2016. № 31. С. 20–35. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11390-016-1609-7>
43. Кобець Б. Б. Інноваційне розвиток електроенергетики на базі концепції Smart Grid / Б. Б. Кобець, І. О. Волкова. – Москва: ІАЦ Енергія, 2010.
44. Zhao J., Xu C., Zhang T. A Bandwidth-Aware Hybrid Cache Hierarchy Design with Nonvolatile Memories. *J. Comput. Sci. Technol.* 2016. № 31. С. 20–35. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11390-016-1609-7>
45. Stoustrup J. Smart Grid Control: Overview and Research Opportunities / Jakob Stoustrup. – Берлін: Springer, 2018. – 262 с.
46. Natvig L., Iordan A., Eleyat M., Jahre M., Amundsen J. Multi- and Many-Cores, Architectural Overview for Programmers. *IEEE Embedded Systems Letters.* 2017. ch. 1, pp. 1-27.
47. Vajda A. Multi-core and Many-core Processor Architectures. *IEEE Embedded Systems Letters.* 2011. ch. 2, pp. 9-43.
48. Soft GPGPUs for Embedded FPGAs: An Architectural Evaluation. URL: <http://arxiv.org/abs/1606.06454>
49. Kapre N. Custom FPGA-based Soft-processors for Sparse Graph Acceleration. *Proceedings of IEEE International Conference on Fattah H. 5G LTE Narrowband Internet of Things (NB-IoT) / Hossam Fattah.* – Бока-Ратон: CRC Press, 2018. – 262 с.
50. Dahlman E. 5G NR: The Next Generation Wireless Access Technology / E. Dahlman, S. Parkvall, J. Skold. – Кеймбридж: Academic Press, 2018. – 466 с.
51. Seneviratne P. Beginning LoRa Radio Networks with Arduino: Build Long Range, Low Power Wireless IoT Networks / Pradeeka Seneviratne. – Нью-Йорк: Apress, 2019. – 324 с.

52. Vajda A. Multi-core and Many-core Processor Architectures. *IEEE Embedded Systems Letters*. 2011. ch. 2, pp. 9-43.
53. Гаспарян О. Стратегический маркетинг / Олена Гаспарян. – Москва: Альпіна Паблішер, 2018. – 224 с.
54. MIMO Power Line Communications: Narrow and Broadband Standards, EMC, and Advanced Processing / L. T. Berger, A. Schwager, P. Pagani, D. Schneider. – БокаРатон: CRC Press, 2017. – 710 с. – (1).
55. Carcelle X. Power Line Communications in Practice / Xavier Carcelle. – Норвуд: Artech House, 2009. – 379 с. – (1).
56. Goldfisher S. IEEE 1901 Access System: An Overview of Its Uniqueness and Motivation / S. Goldfisher, S. Tanabe. // *IEEE Communications Magazine*. – 2010. – С. 150–157.
57. Олеськів О. Вимірювальна техніка та метрологія. Міжвідомчий науково-технічний збірник / *Видавництво Національного університету «Львівська політехніка»*. 2015. № 76. С. 132–137.
58. Lu Y. Industry 4.0: A survey on technologies, applications and open research issues. *Journal of Industrial Information Integration*. 2017. № 6. P. 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2017.04.005>.
59. Бутч Г. The Unified Modeling Language User Guide / Г. Бутч, Р. Джеймс. – Бостон: The Unified Modeling Language User Guide, 2005. – 496 с.
60. Демарко Т. Deadline. Роман об управлении проектами / Том Демарко. – Москва: Манн, Иванов и Фербер, 2012. – 336 с.
61. Ларман К. Применение UML 2.0 и шаблонов проектирования / Крег Ларман. – Москва: Диалектика-Вильямс, 736. – 2019 с.
62. Черткова О. О. Программная инженерия. Визуальное моделирование программных систем. / Олена Олександрівна Черткова. – Москва: Юрайт, 2017. – 532 с.
63. Хассан Г. Хассан Гома: UML Проектирование систем реального времени, распределенных и параллельных приложений / Гома Хассан. – Москва: Литрес, 2016. – 702 с.

64. Палеха Ю. Основи менеджменту. Теорія і практика. / Ю. Палеха, Г. Мошек, І. Миколайчук. – Київ: Ліра-К, 2018. – 528 с.
65. Ек Д. Інноваційний менеджмент / Джей Ек. – Москва: Альпіна Паблішер, 2018. – 206 с.
66. Гаспарян О. Стратегический маркетинг / Олена Гаспарян. – Москва: Альпіна Паблішер, 2018. – 224 с.
67. Минетт С. В2В-маркетинг: разные подходы к разным типам клиентов. / Стив Минетт. – Москва: Вільямс, 2004. – 208 с.
68. Бураковський І. Світова економіка: глобальна фінансова криза / І. Бураковський, О. Плотніков. – Харків: Фоліо, 2010. – 415 с.
69. ISO/IEC 25023:2016 Systems and software engineering – Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE). Measurement of system and software product quality [Electronic resource] // *ISO.org*. Mode of acces: <https://www.iso.org/uk/standard/35747.html>.
70. Khaitan S. K., McCalley J. D., Design techniques and applications of cyberphysical systems / *A survey IEEE Systems Journal*. 2014. № 9(2). P. 350-365. <https://doi.org/10.1109/JSYST.2014.2322503>.
71. Faraone J., Gambardella G., Boland D., Fraser N., Blott M., Leong PHW. Customizing low-precision deep neural networks for FPGAs. / *28th International Conference on Field Programmable Logic and Applications (FPL), IEEE*. 2018. P. 97– 102
72. Lee, Ming-Chang. Software Quality Factors and Software Quality Metrics to Enhance Software Quality Assurance. *British Journal of Applied Science & Technology*. 2014 № 4. P.10 9734/VJAST/2014/10548.
73. Олеськів О. Вимірювальна техніка та метрологія. Міжвідомчий науково-технічний збірник / *Видавництво Національного університету «Львівська політехніка»*. 2015. № 76. С. 132– 137.
74. Lu Y. Industry 4.0: A survey on technologies, applications and open research issues. *Journal of Industrial Information Integration*. 2017. № 6. P. 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2017.04.005>.

75. Zhang W., Asiri A. M., Liu D. Nanomaterial-Based Biosensors for Environmental and Biological Monitoring of Organophosphorus Pesticides and Nerve Agents. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*. 2014. P. 1–10.

76. Tracy T., Fu Y., Roy I., Jonas E., Glendenning P. Towards Machine Learning on the Automata Processor. *High Performance Computing. ISC High Performance 2016. Lecture Notes in Computer Science*. 2016. V.9697. P. 200-218. doi:10.1007/978-3-319-41321-1_11.

77. Kim Y., Shin D., Lee J., Lee Y., Yoo H. A 0.55V 1.1mW artificialintelligence processor with PVT compensation for micro robots. *2016 IEEE International Solid-State Circuits Conference (ISSCC)*. 2016. P. 258-259. doi: 10.1109/ISSCC.2016.7418005.

78. Ma H. Internet of Things: Objectives and Scientific Challenges. *Journal of Computer Science and Technology*. 2011. № 26(6). P. 919-924. <https://doi.org/10.1007/s11390-011-1189-5>.

79. Мартинюк О.Р., Яшина О.М., Радельчук Г.І., Кустовський Р.С. Порівняння програмних метрик для оцінки якості програмних продуктів. *Вісник ХНУ: серія Технічні науки*. 2021. №5. С.166-169.

80. Pushkar O., Hrabovskyi Y. Methodology for developing an intelligent user interface for educational publications in the e-learning system. *Development Management*. 2019. V. 17. № 3. P. 23-34

81. Ghiani G., Manca M., Paternò F. Authoring context-dependent crossdevice user interfaces based on trigger/action rules. *Proceedings of the 14th international conference on mobile and ubiquitous multimedia. ACM*. 2015. P. 313– 322.

82. Pillai, A.S., Singh, K., Saravanan, V. A genetic algorithm-based method for optimizing the energy consumption and performance of multiprocessor systems. *Soft Comput*. 2018. № 22. С. 3271–3285. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00500-017-2789-y>

83. Gavrilov, V.S., Kazennov, G.G. Method of simulation the asymmetric memory access for solving synchronization problems in multiprocessor systems. *Russ Microelectron* 2014. № 43. С. 496–500. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1063739714070087>

84. Furugyan, M.G. Scheduling in Multiprocessor Systems with Additional Restrictions. *J. Comput. Syst. Sci. Int*. 2018. № 57. С. 222–229. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1064230718020077>

85. Lv, F., Cui, H.M., Wang, L. Dynamic I/O-Aware Scheduling for Batch-Mode Applications on Chip Multiprocessor Systems of Cluster Platforms. *J. Comput. Sci. Technol.* 2014. № 29. C. 21–37. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11390-013-1409-2>
- Regnier, P., Lima, G., Massa, E. Multiprocessor scheduling by reduction to uniprocessor: an original optimal approach. *Real-Time Syst.* 2013. № 49. C. 436–474. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11241-012-9165-x>

Додаток А
РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Замір значень АЦП.

```
#include <mega128.h>
#include <delay.h>
#include <stdio.h> // Alphanumeric LCD Module functions
#asm .equ __lcd_port=0x12 ;PORTD
#endasm
#include <lcd.h>
#define ADC_VREF_TYPE 0x40 // Read the AD conversion result
unsigned int read_adc(unsigned char adc_input)
{
    ADMUX=adc_input | (ADC_VREF_TYPE & 0xff);
    // Delay needed for the stabilization of the ADC input voltage delay_us(10);
    // Start the AD conversion
    ADCSRA|=0x40;
    // Wait for the AD conversion to complete
    while ((ADCSRA & 0x10)==0);
    ADCSRA|=0x10;
    return ADCW;
}
void main(void)
{
    char lcd_buffer[16]; unsigned int u; // ADC initialization
    // ADC Clock frequency: 500,000 кГц
    // ADC Voltage Reference: AVCC pin
    ADMUX=ADC_VREF_TYPE & 0xff;
    ADCSRA=0x81;
    // LCD module initialization
```

```
lcd_init(16); while (1) {
```

/*так як АЦП у нас 10-бітний, то максимальне число, яке поверне функція, read_adc()буде дорівнювати 1024, це число буде еквівалентом напруги на вході adc0.

Наприклад, якщо read_adc() повернув 512, то це означає, що на вхід adc0 ми подали половину опорної напруги

Щоб обчислити реальну напругу, нам потрібно скласти пропорцію опорна напруга - 1024 шукана напруга - adc У нас опорна напруга = 5

Шукана напруга = 5 * adc/1024, або Шукане напруга = 0,005*adc для простоти переведемо вольти в мілівольти, домножив на 1000 Шукана напруга = 0,005*adc*1000 */

u=read_adc(0) * 5;//викликаємо функцію для вимірювання напруги і передаємо їй номер ніжки, на якій потрібно виміряти напругу

```
lcd_clear();//чистимо дисплей перед виведенням
```

```
lcd_gotoxy(0,0); // переведення курсора в положення x=0 y=0
```

```
sprintf(lcd_buffer,"U = %i mv",u); // формуємо рядок для виводу
```

```
lcd_puts(lcd_buffer); //виводимо рядок на дисплей
```

```
delay_us(500); //робимо затримку 500 мс
```

```
};
```

```
}
```

```
>
```

Ініціалізація протоколу UART.

```
# include <mega128.h>
```

```
# include <stdio.h>
```

```
// USART Receiver interrupt service routine interrupt [ USART_RXC ] void
```

```
usart_rx_isr ( void )
```

```
{char data;
```

```
data = UDR;
```

```
if ( data == '1 ' ) PORTC.0 = 1;
```

```
if ( data == '0 ' ) PORTC.0 = 0;
```

```
}
```

```

void main ( void )
{
    // Port C initialization
    PORTC = 0x00;
    DDRC = 0x01;
    // USART initialization
    // Communication Parameters : 8 Data , 1 Stop , No Parity
    // USART Receiver : On
    // USART Transmitter : Off
    // USART Mode : Asynchronous
    // USART Baud Rate : 9600
    UCSRA = 0x00;
    UCSRB = 0x90 ;
    UCSRC = 0x86 ;
    UBRRH = 0x00;
    UBRRL = 0x33 ;
    // Global enable interrupts
    # asm ( " sei " ) while ( 1 )
};

```

Широтно – імпульсна модуляція.

```

# include <mega128.h>
# include <delay.h>
void main ( void )
{
    // Port B initialization
    PORTB = 0x00;
    DDRB = 0x02 ;
    // Timer / Counter 1 initialization
    TCCR1A = 0x40 ;
    TCCR1B = 0x09 ;

```

```

TCNT1H = 0x00
TCNT1L = 0x00;
ICR1H = 0x00;
ICR1L = 0x00;
OCR1AH = 0x00;
OCR1AL = 0x64;
OCR1BH = 0x00;
OCR1BL = 0x00;
while ( 1 )
{
    OCR1AL ++ ;
    // Збільшуємо регістр порівняння на 1 , щоб змінилася частота
    delay_ms (100);
};
}

```

Вивід інформації на дисплей через шину I2C.

```

#include <avr/io.h>
#include <compat/twi.h>
#include <avr/interrupt.h>

#define I2CSLAVE_ADDR    0x4E
#define PORT_DDR        0xB0 // PORTB Settings
#define PORT_IN         0xB1 // Get PINB
#define PORT_OUT        0xB2 // Set PORTB

unsigned char regaddr; // Store the Requested Register Address
unsigned char regdata;
// Store the Register Address Data

void i2c_slave_action(unsigned char rw_status)
{

```

```

switch(regaddr) {
// PORT case PORT_DDR:
if (rw_status == 0)
// read
regdata = DDRB;           else
// write
DDRB = regdata;
break;
case PORT_IN:
if (rw_status == 0)
// read
regdata = PINB;
break;
case PORT_OUT:
if (rw_status == 1)
// write
PORTB = regdata;
break;
}
}
ISR(TWI_vect)
{static unsigned char i2c_state;
unsigned char twi_status;
// Disable Global Interrupt cli();
//Get TWI Status Register, mask the prescaler bits (TWPS1,TWPS0)
twi_status=TWSR & 0xF8;
switch(twi_status)
{
case TW_SR_SLA_ACK: // 0x60: SLA+W received, ACK returned
i2c_state=0; // Start I2C State for Register Address required break;
case TW_SR_DATA_ACK: // 0x80: data received, ACK returned if (i2c_state

```

```

    == 0) {regaddr = TWDR; // Save data to the register address i2c_state = 1;}
else {
    regdata = TWDR; // Save to the register data i2c_state = 2;
}
break;

case TW_SR_STOP: // 0xA0: stop or repeated start condition received
while selected if (i2c_state == 2)
{
    i2c_slave_action(1); // Call Write I2C Action (rw_status = 1)
    i2c_state = 0; // Reset I2C State
}
break;

case TW_ST_SLA_ACK: // 0xA8: SLA+R received, ACK returned
case TW_ST_DATA_ACK: // 0xB8: data transmitted, ACK received
if (i2c_state == 1) {
    i2c_slave_action(0); // Call Read I2C Action (rw_status = 0)
    TWDR = regdata; // Store data in TWDR register
    i2c_state = 0; // Reset I2C State
}
break;

case TW_ST_DATA_NACK: // 0xC0: data transmitted, NACK received
case TW_ST_LAST_DATA: // 0xC8: last data byte transmitted, ACK
received
case TW_BUS_ERROR: // 0x00: illegal start or stop condition
default:i2c_state = 0; // Back to the Beginning State
}

// Clear TWINT Flag TWCR |= (1<<TWINT);
// Enable Global Interrupt sei();
}

int main(void)

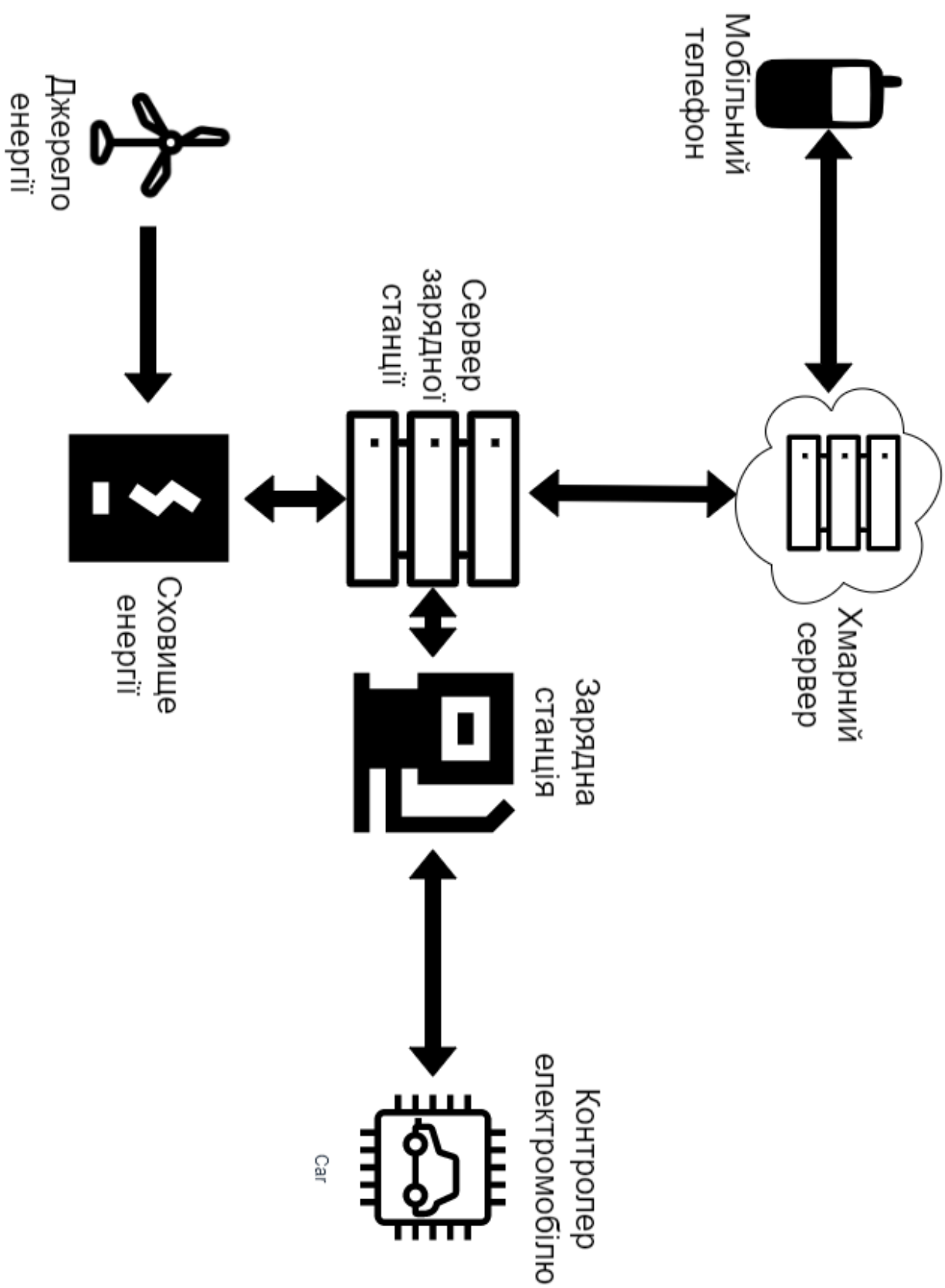
```

```

{
// TWI Pull UP
PORTC |= ((1<<PINC4) | (1<<PINC5));
// Initial I2C Slave
TWAR = I2CSLAVE_ADDR & 0xFE; // Set I2C Address, Ignore I2C
General Address 0x00
TWDR = 0x00; // Default Initial Value
    Interrupt Enable
    TWCR = (1<<TWINT) | (1<<TWEA) | (1<<TWEN) | (1<<TWIE);
    // Enable Global Interrupt sei();
    // Initial Variable Used regaddr=0;
    regdata=0;
    while (1) {
}

```

Додаток Б
Схема роботи системи



Додаток В

Презентація

Кіберфізична система керування «розумною» зарядною станцією електромобіля

АВТОР РОБОТИ:
СТ.ГР. КІІМ-21-1 ОБОЗОВИЙ О.В.
КЕРІВНИК РОБОТИ:
Д.Т.Н., ПРОФ. МАРТИНЮК В.В.

Хмельницький 2023

- Мета дослідження - розробка та вдосконалення кіберфізичної системи керування "розумною" зарядною станцією електромобіля. Ми прагнемо створити інтелектуальну систему, яка забезпечить оптимальне та ефективне керування процесом зарядки електромобіля, з урахуванням вимог сталого розвитку та використання зелених технологій.
- Об'єкт дослідження - кіберфізична система керування "розумною" зарядною станцією електромобіля. Ми досліджуємо функціональні можливості цієї системи, її компоненти та інтерфейси, з метою розробки та вдосконалення їх для досягнення оптимального та ефективного управління процесом зарядки електромобіля.
- Предмет дослідження - методи, алгоритми та технології, що використовуються у кіберфізичній системі керування "розумною" зарядною станцією електромобіля. Ми досліджуємо різні підходи до керування процесом зарядки, включаючи оптимізацію розподілу енергії, управління зворотними потоками, моніторинг та діагностику системи. Також ми досліджуємо взаємодію цієї системи з електромобілями, користувачами та енергетичною мережею з метою розробки та впровадження ефективних рішень у сфері зарядки електромобілів.

Задачі дослідження

1. Аналіз існуючих методів зарядки електромобілів та їх переваг та недоліків.
2. Розробка та оптимізація алгоритмів керування зарядною станцією для ефективної та швидкої зарядки електромобілів.
3. Розробка інтерфейсу користувача, який забезпечує зручне та інтуїтивно зрозуміле керування процесом зарядки.
4. Вивчення взаємодії між кіберфізичною системою зарядки та електромобілями, зокрема стандартів зв'язку та комунікації.
5. Розробка методів моніторингу та діагностики системи зарядки для підтримки безперервної роботи та попередження можливих несправностей.

- Алгоритм заряджання є одним з ключових елементів кіберфізичної системи керування "розумною" зарядною станцією електромобіля. Його розробка та оптимізація є важливим завданням для досягнення ефективності, швидкості та надійності процесу заряджання.
- Одним з головних аспектів алгоритму є управління часом зарядки. Він повинен враховувати необхідний час для повного заряджання кожного електромобіля, а також максимально зменшити час очікування для користувачів. При цьому важливо враховувати загальну потужність електричної мережі та розподілити її раціонально між електромобілями.
- Додатковим аспектом алгоритму заряджання є оптимізація використання енергії. Він повинен раціонально розподіляти електричну потужність залежно від енергетичних потреб кожного електромобіля, щоб забезпечити ефективне використання ресурсів та знизити надмірне споживання електроенергії.



Висновок

- У роботі за результатами виконаних теоретичних та практичних досліджень створена кіберфізична система керування «розумною» зарядною станцією електромобіля.
- У першому розділі ми розглянули існуючі протоколи та їх можливості, а також було проаналізовано методи вирішення проблем що можуть виникнути у ході проведення роботи.
- У другому розділі були досліджені компоненти системи та їх характеристики. Також було виявлено їх проблеми та знаєни під час використання. Був проведений аналіз проблем, та можливі шляхи їх усунення
- У третьому розділі були розроблена система керування «розумною» зарядною станцією електромобіля. А саме був удосконалений алгоритм функціонування пристрою, та розроблена оновлена структурна схема пристрою.
- У четвертому розділі був створений, розроблена та розрахована електрична схема для системи. А також розроблений інтерфейс користувача та API функціонал.
- В майбутньому впровадження результатів роботи можуть дозволити удосконалювати наявні системи та покращувати їх.
- За темою дипломної роботи опублікована одна стаття у фаховому науковому виданні "Вісник ХНУ".

Актуальність

- Актуальність теми "Кіберфізична система керування "розумною" зарядною станцією електромобіля" полягає у необхідності розвитку ефективних та інтелектуальних рішень для зарядки електромобілів, що відповідають сучасним вимогам сталого розвитку та зеленій транспортній енергетиці.
- На сьогоднішній день електромобілі стають все більш популярними вибором для пересування, особливо в контексті зменшення викидів вуглецю та залежності від нафтопродуктів. Однак, існують деякі виклики, пов'язані з ефективністю та доступністю інфраструктури зарядки електромобілів.
- У контексті електромобільної інфраструктури, розробка кіберфізичних систем керування "розумними" зарядними станціями є ключовим напрямом досліджень. Ці системи поєднують в собі фізичні та кібернетичні компоненти, що дозволяє створити інтелектуальні та автоматизовані рішення для оптимального управління процесом зарядки електромобілів.

ОТРИМАНІ НАУКОВІ РЕЗУЛЬТАТИ

- Отримані результати дослідження та розробки кіберфізичної системи керування "розумною" зарядною станцією електромобіля є об'єктивними для подальшого вдосконалення та покращення існуючих систем зарядки.
- Впровадження розроблених рішень може мати значний вплив на покращення ефективності, швидкості та доступності процесу зарядки електромобілів. Отримані алгоритми, технології та інтерфейси можуть слугувати основою для удосконалення наявних систем зарядки та їх адаптації до нових вимог та стандартів.
- Майбутнє застосування розробленої кіберфізичної системи можуть сприяти збільшенню кількості та розширенню інфраструктури зарядних станцій, а також поліпшенню керування енергетичними потоками. Це дозволить забезпечити більш зручне та надійне заряджання електромобілів для користувачів та сприяти зростанню популярності електромобільного транспорту.
- Таким чином, впровадження результатів даної роботи в майбутньому може сприяти вдосконаленню існуючих систем зарядки електромобілів, покращенню їх ефективності та розширенню мережі зарядних станцій, що приведе до прискорення переходу до сталого та екологічно чистого електромобільного транспорту.

- Одним із перших кроків у цьому напрямку є аналіз та дослідження наявних методів зарядки електромобілів та їх проблемності. Розуміння переваг та недоліків існуючих систем зарядки є важливим для визначення шляхів удосконалення та покращення цих систем.

- Дослідження наявних систем зарядки електромобілів включає огляд різних типів зарядних станцій, методів зарядки та варіантів вирішення, що використовуються на практиці. Це включає традиційні стаціонарні зарядні станції, швидкі зарядні станції та системи бездротової зарядки.

- Однак, наявні системи зарядки електромобілів стикаються з рядом проблем, які впливають на їх ефективність та зручність використання. Наприклад, обмежена кількість доступних зарядних станцій та їх нерівномірне розташування у певних місцях може призводити до довгих черг та нестабільності у забезпеченні послуги зарядки. Також виникають проблеми з керуванням енергетичними потоками та використанням електромережі під час зарядки електромобілів.

- Отже, дослідження наявних систем зарядки електромобілів та їх проблемності є актуальним завданням, яке вимагає уваги та вдосконалення. Шляхом аналізу існуючих проблем та недоліків можна розробити нові рішення та стратегії, що сприятимуть поліпшенню процесу зарядки електромобілів та забезпечать зручність та ефективність для користувачів.



РОЗРОБКА ТА РОЗРАХУНОК ПРИНЦИПОВОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СХЕМИ

- Початковим кроком є аналіз енергетичних потреб електромобілів та розрахунок вимог до зарядної станції. Враховуючи характеристики різних типів електромобілів, таких як їхній розряд, максимальну потужність зарядки та типи роз'ємів, можна визначити оптимальну потужність та функціональні можливості зарядної станції.
- На другому етапі проводиться розробка принципової електричної схеми, яка включає розташування та підключення ключових компонентів системи. Це може включати зарядні модулі, керуючі пристрої, комунікаційні інтерфейси та системи безпеки. Важливим аспектом є врахування стандартів та протоколів, що забезпечують сумісність системи з різними моделями електромобілів та іншими інфраструктурними рішеннями.
- Остаточним етапом є розрахунок електричних параметрів системи, таких як напруга, струм, потужність та витрата енергії. Це включає детальний аналіз розподілу електроенергії, оптимізацію електричних параметрів та врахування факторів безпеки та ефективності. Результатом цього етапу є розрахунок та визначення оптимальної конфігурації елект

ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!

Додаток Г
Копія публікації

Довідка: ВОТТП 8/15/23

Видання: Вимірювальна та обчислювальна техніка у технологічних процесах

Категорія фаховості видання: фахове видання України, у якому можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора наук, кандидата наук та ступеня доктора філософії, категорії «Б» (наказ МОН №1643 від 28.12.2019). Напрямок – технічні науки за спеціальностями – 121, 122, 123, 125, 126, 151, 152, 172.

Назва статті: КІБЕРФІЗИЧНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ «РОЗУМНОЮ» ЗАРЯДНОЮ СТАНЦІЄЮ ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ

Автори: Обозовий О.В. (Хмельницький національний університет)

Номер, у який прийнято статтю: №2, до друку рекомендовано буде до 30 червня 2023 року.

16.05.2023

Начальника відділу
інтелектуальної власності та трансферу технологій

Ю.В.Кравчик

І.С.Мартинюк



КІБЕРФІЗИЧНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ «РОЗУМНОЮ» ЗАРЯДНОЮ СТАНЦІЄЮ ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ

В роботі на основі проведеного аналізу методів проведення наукових досліджень удосконалено систему заряджання електромобілів. Це вдосконалення дозволяє покращити системи заряджання електромобілів а також модифікувати вже наявні станції для їх подальшого «гібридного» використання.

Keywords: розумна зарядна станція, кіберфізична система, заряджання, веб-інтерфейс, бази даних, управління, комунікація, інтеграція, протокол.

CYBERPHYSICAL CONTROL SYSTEM OF THE "INTELLIGENT" ELECTRIC CAR CHARGING STATION

In the work, based on the analysis of the methods of conducting scientific research, the charging system for electric vehicles has been improved. This improvement makes it possible to improve electric vehicle charging systems and also to modify already existing stations for their further "hybrid" use.

Keywords: smart charging station, cyber-physical system, charging, web interface, databases, management, communication, integration, protocol.

1. Вступ

Це правда, що в Україні розвиток електрозаправок починає набирати обертів, і багато великих міст вже мають мережу публічних зарядних станцій. Також можна встановлювати зарядні станції в особистому гаражі або на ділянці біля будинку.

Електротранспорт включає в себе гібридні автомобілі, які поєднують у собі електромотор та бензиновий чи дизельний двигун з метою зменшення витрат палива та викидів шкідливих речовин. У класичному гібриді енергія накопичується під час гальмування, тоді як модель Plug-In можна заряджати від мережі для збільшення запасу ходу. Послідовні гібриди працюють за принципом, коли двигун внутрішнього згоряння крутить генератор, який заряджає батарею, і в таких електромобілях відсутній саме двигун внутрішнього згоряння. Електромотор з'єднаний з батареєю, яка заряджається від мережі та при гальмуванні. [1].

Щодо оренди електромобілів, то це дійсно може бути хорошим варіантом для тих, хто хоче спробувати їзду на електромобілі, але не готовий купувати його. Багато компаній пропонують оренду на декілька днів або тижнів, щоб клієнт міг оцінити всі переваги та недоліки такого автомобіля. Однак, перед орендою необхідно вивчити умови оренди та врахувати додаткові витрати на зарядку.

Це дійсно дуже гарна новина, що українська індустрія зарядних станцій та електричних автозаправних станцій активно розвивається. Це допоможе забезпечити зручний доступ до зарядних станцій для власників електромобілів в різних частинах України. Крім того, це стимулює розвиток ринку електромобілів в Україні та сприяє зниженню викидів шкідливих речовин в атмосферу. До того ж, наявність українських виробників зарядних станцій сприятиме розвитку внутрішнього ринку та зменшенню залежності від імпорту зарядних станцій. Все це зробить Україну більш сталим та зеленим країною.

Це дійсно дуже важливо для популяризації електротранспорту. Розвинута інфраструктура зарядних станцій є ключовим фактором для збільшення кількості власників електромобілів, оскільки дозволяє їм заряджати свої транспортні засоби в зручний час та місце. Мобільні станції, які можна використовувати як вдома, так і в дорозі, додатково розширюють можливості для зарядки електромобілів. Більш доступна та широка інфраструктура зарядних станцій може стимулювати попит на електротранспорт в Україні та сприяти його подальшому розвитку.

Це дійсно дуже швидко! EcoFactor Charge розробляє зарядні станції з різними стандартами зарядки, такими як CHAdeMO, CCS, AC Type 2 та інші, щоб задовольнити потреби різних типів електромобілів. Такі швидкі зарядні станції дозволяють заряджати електромобілі на дорозі протягом коротких перерв у подорожі, що є дуже важливою частиною інфраструктури зарядки. Крім того, зарядні станції EcoFactor мають додаткові функції, такі як моніторинг стану станції, збір статистичних даних та можливість здійснювати платежі за зарядку за допомогою мобільного додатка або інших електронних платіжних систем.

2. Аналіз відомих методів, рішень та розробка алгоритму функціонування.**1. Різниця в алгоритмах заряджання.**

Різні алгоритми різняться по ефективності зарядки, часу зарядки, термінам служби батареї та вартості. Проте дослідники досі що неспроможні визначити, який їх найбільш підходить додатку, оскільки було розроблено безліч алгоритмів; у кожного є свої переваги та недоліки.

Наприклад, метод заряджання постійним струмом і постійною напругою займає більше часу, ніж багатоступінчастий алгоритм заряджання струмом, а вартість дослідження останнього вище, ніж першого.

Враховуючи сильні та слабкі сторони кожного алгоритму, мета полягає в тому, щоб підібрати кожному алгоритму відповідну програму.

Метод заряджання постійним струмом полягає в регулюванні вихідної напруги зарядного пристрою або резистора, підключеного послідовно до батареї, щоб підтримувати постійний струм. Він використовує постійне значення струму від початку зарядки до кінця. Оскільки нікель-кадмієві батареї легко поляризуються під час звичайного заряджання, електроліт безперервно виробляє водень і кисень, незалежно від того, чи це алгоритм заряджання за допомогою звичайної постійної напруги чи постійного струму.

Під впливом внутрішнього високого тиску кисень проникає всередину негативного електрода і взаємодіє з кадмієвою пластинкою з утворенням CdO, що призводить до зниження ефективної ємності пластини. Оскільки допустима потужність струму батареї поступово зменшується з ходом процесу заряджання, батарея буде перезаряджатися на наступному етапі заряджання. Зрештою, це також призводить до різкого падіння ємності акумулятора.

Широко використовується зарядка постійною напругою. Під час роботи автомобіля стартерний акумулятор заряджається постійною напругою. Якщо вказане постійне значення напруги є відповідним, акумулятор можна повністю зарядити.



Рисунок 1 – Загальна структурна схема взаємодії всіх об'єктів системи.

При включенні пристрою мікроконтролер (МК) опитує джерела живлення для визначення їх стану і передає команди на блок комутації 1 (БП1), який, у свою чергу, підключає їх до перетворювача імпульсів. Мікроконтролер також отримує інформацію про напругу на вході перетворювача імпульсів і стан акумулятора EV. Без такої інформації підключення не відбувається і пристрій переходить на зарядку внутрішнього акумулятора.

Отримана інформація виводиться оператору через блок налаштування режиму та конвертер UART-CAN. Імпульсні перетворювачі регулюють струм і напругу для зарядки акумулятора електромобіля. Управління ключами конвертера здійснюється мікроконтролером через драйвер. Обидва блоки комутації забезпечують необхідні режими роботи зарядного пристрою.

Блок перемикача 1 має 4 стани:

- Внутрішня батарея приладу підключається до перетворювача імпульсів;
- мережа підключена;
- підключення сонячних елементів;
- Ніякого зв'язку.

У вимкненому стані команди з МК не надходять, тому вхід перетворювача залишається непідключеним. А через блок перемикачання 2, в цьому випадку вихід перетворювача імпульсів буде підключений до внутрішньої батареї.

На підставі отриманих показників оператор вибирає джерело зарядної напруги та встановлює час початку зарядки.

Отримавши команду «Пуск», МК видає команди БП 1 і 2 на порівняння значень напруги на вході і виході імпульсного перетворювача. З перетворювача сигнал, пропорційний значенню напруги, передається в МК, де перетворюється в цифровий сигнал. Використовуйте блок налаштування режиму для відображення цифрового індикатора напруги для користувача.

Потім обмін між МК і EV (якщо підключено) через конвертер UART-CAN. Конвертер MCP2551-I/P є високошвидкісним трансивером CAN. Він діє як інтерфейс між контролером протоколу CAN і фізичною шиною.

Пристрій підтримує роздільний диференціальний прийом і передачу CAN контролерів. В результаті зарядний пристрій отримує інформацію про стан акумулятора електромобіля. Блок комутації 2 відповідає за вибір того, який акумулятор заряджається: внутрішній зарядний пристрій чи зовнішній EV.

2. Розробка інтерфейсу користувача

Для того, щоб мати можливість керувати пристроєм з будь-якого пристрою, потрібно створити застосунок, який буде доступний на багатьох пристроях. Створення додатків, які можуть запускатися лише на одній платформі, не є доцільним, оскільки це потребує значної кількості навичок та особливостей розробки для кожної системи. Якщо додаток управління пристроєм може запускатися на різних платформах, це дозволить розширити коло користувачів агента моніторингу. Користувачі будуть впевнені, що їх платформа підтримується, тому вони можуть використовувати такий застосунок. Розроблений додаток не потребує використання всіх переваг кожної платформи для запуску, а лише 49, які призначені для отримання даних під час процесу підзарядки та простою, сповіщень та управління зарядним пристроєм.

Найкращим варіантом для створення інтерфейсу є створення кросплатформового застосунку, що працює на всіх пристроях. Оскільки більшість користувачів мають браузер на своїх пристроях, то використання технології PWA, яка заснована на компоненті webview, є розумним варіантом. Управління агентом зарядної станції реалізовано через веб-сторінку з інтерфейсом.

Прогресивний веб-додаток (PWA) - це веб-сайт, який розроблений з використанням технологій, що дозволяють надати йому деякі характеристики, що зазвичай притаманні мобільним додаткам. Наприклад, PWA можна додати до головного екрана смартфона, надсилати push-повідомлення, отримувати доступ до апаратних засобів пристрою та працювати в автономному режимі. Progressive Web App може працювати стабільно навіть при нестійкому з'єднанні або відсутності мережі Інтернет, аналогічно до того, як це було б з повним доступом до мережі.

Розмір додатку є важливим фактором при виборі платформи для розробки. Нативні застосунки зазвичай мають середній розмір близько 25 Мб, що може створювати проблеми з обмеженням місця на смартфоні. У порівнянні з ними середній розмір прогресивного веб-дodatка всього 2 Мб, що значно економить місце на пристрої.

Додатки, розроблені на базі PWA, можуть працювати в автономному режимі, для цього розроблено декілька підходів кешування даних, таких як Cache with fallback to Network, Network with fallback to Cache, Cache and Network case. Це дозволяє користувачам використовувати додаток навіть у випадку відсутності з'єднання з Інтернетом.

3. Висновки

У нашому діалозі ми розглянули тему кіберфізичної системи розумної зарядної станції електромобіля. Основні аспекти, які були визначені та обговорені, включають:

Інтеграція кіберфізичних аспектів: Підкреслили значення поєднання фізичних та кібернетичних компонентів у системі, яка об'єднує зарядну станцію та електромобіль, датчики, алгоритми управління та мережеве з'єднання.

Автоматизоване управління: Обговорили використання алгоритмів та методів автоматизованого управління для оптимізації процесу зарядки електромобілів, зокрема урахування потужності мережі, попередження перевантаження та розподіл електричної енергії.

Використання сенсорних даних: Обговорили збір даних у реальному часі за допомогою сенсорів, розташованих на зарядній станції та електромобілі, і їх роль у моніторингу стану станції, виявленні несправностей та прогнозуванні попиту на зарядку.

Мережеве з'єднання та обробка даних: Розглянули використання мережевого з'єднання для передачі даних між компонентами системи, а також обробку даних на центральному сервері з використанням алгоритмів машинного навчання та прогностичних моделей.

На основі проведеного аналізу методів проведення наукових досліджень визначено, що метод багатофакторного експерименту найбільш ґрунтовно дозволяє дослідити вплив одночасно різних зовнішніх факторів на інформаційну систему. Цей метод є комплексним і дозволяє отримати статистичні дані при різних сценаріях тестування, визначити допустимі межі впливу різних зовнішніх факторів на інформаційну систему та їх різних сукупностей, а також розробити комплекс рекомендацій по експлуатації та технічному обслуговуванню інформаційної системи.

Ці аспекти відображають наукову новизну кіберфізичної системи розумної зарядної станції електромобіля і показують важливість інтеграції фізичних та кібернетичних складових для створення ефективної та інтелектуальної системи зарядки.

Література

1. R. Wieringa, Empirical research methods for technology validation: Scaling up to practice. *J. Syst. Softw.* 2013. Lee, Ming-Chang. Software Quality Factors and Software Quality Metrics to Enhance Software Quality Assurance. *British Journal of Applied Science & Technology*. 2014 № 4. P.10 9734/BJAST/2014/10548.
2. Олесків О. Вимірювальна техніка та метрологія. Міжвідомчий науково-технічний збірник / Видавництво Національного університету «Львівська політехніка». 2015. № 76. С. 132–137.
3. Lu Y. Industry 4.0: A survey on technologies, applications and open research issues. *Journal of Industrial Information Integration*. 2017. № 6. P. 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2017.04.005>.
4. Zhang W., Asiri A. M., Liu D. Nanomaterial-Based Biosensors for Environmental and Biological Monitoring of Organophosphorus Pesticides and Nerve Agents. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*. 2014. P. 1–10.
5. Tracy T., Fu Y., Roy I., Jonas E., Glendenning P. Towards Machine Learning on the Automata Processor. *High Performance Computing. ISC High Performance 2016. Lecture Notes in Computer Science*. 2016. V.9697. P. 200-218. doi:10.1007/978-3-319-41321-1_11.
6. Kim Y., Shin D., Lee J., Lee Y., Yoo H. A 0.55V 1.1mW artificialintelligence processor with PVT compensation for micro robots. 2016 IEEE International Solid-State Circuits Conference (ISSCC). 2016. P. 258-259. doi: 10.1109/ISSCC.2016.7418005.
7. Ma H. Internet of Things: Objectives and Scientific Challenges. *Journal of Computer Science and Technology*. 2011. № 26(6). P. 919-924. <https://doi.org/10.1007/s11390-011-1189-5>.
8. Power Line Communications: Theory and Applications for Narrowband and Broadband Communications over Power Lines / H.Ferreira, L. Lampe, J. Newbury, T. Swart. – Нью-Джерсі: John Wiley & Sons, 2010. – 210 с.
9. Lampe L. Power Line Communications: Principles, Standards and Applications from Multimedia to Smart Grid, 2nd Edition / L. Lampe, A. Tonello, T. Swart. – Хобокен: John Wiley & Sons, 2016. – 624 с.
10. MIMO Power Line Communications: Narrow and Broadband Standards, EMC, and Advanced Processing / L. T.Berger, A. Schwager, P. Pagani, D. Schneider. – БокаРатон: CRC Press, 2017. – 710 с. – (1).

Ім'я користувача:
Кафедра КІ

Дата перевірки:
17.05.2023 19:35:05 EEST

Дата звіту:
17.05.2023 19:49:52 EEST

ID перевірки:
1015134323

Тип перевірки:
Doc vs Internet + Library

ID користувача:
100005591

Назва документа: **Обозовий_Кіберфізична система керування «розумною» зарядною станцією електромобіл...**

Кількість сторінок: 94 Кількість слів: 15468 Кількість символів: 117243 Розмір файлу: 6.81 MB ID файлу: 1014815572

2.66% Схожість

Найбільша схожість: 1.28% з Інтернет-джерелом (<https://ela.kpi.ua/handle/123456789/31880>)

1.96% Джерела з Інтернету 81 Сторінка 96

0.94% Джерела з Бібліотеки 98 Сторінка 96

0.05% Цитат

Цитати 1 Сторінка 97

Посилання 1 Сторінка 97

0% Вилучень

Немає вилучених джерел

Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Замінені символи 3

Anti-Plagiarism v-15.257

Максимальне співпадіння з одним документом 4.0%

Словниці перевірки: en_US, pl_PL, ua_UA. Помилки в документах: 9%

ID: 113552 Назва: МІКР Кіберфізична система керування «розумною» зарядною станцією електромобіля» Додано в БД: 2023-05-17 Автора: О.В.Обозовий Керівник: В.В.Марцінюк Консультант: Опонент:	Документ		Сумарний збіг по Базі Даних	
	Символи	Лексеми	Символи	Лексеми
	97307	853	5489 (6%)	73 (9%)

Джерело плагіату

ID	Опис	Назвисть плагіату в документі	
		Символи	Лексеми

РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Здобувач: Обозовий Олексій Вадимович

Тема: Кіберфізична система керування «розумною» зарядною станцією електромобіля

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Обсяг кваліфікаційної роботи:

Кількість листів креслень —; кількість сторінок записки 74

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень У роботі вдосконалено наявні системи та розроблена нова гнучка система для всіх типів заряджання

2. Висновок про відповідність роботи дипломному завданню Кваліфікаційна робота магістра відповідає виданому завданню

3. Характеристика виконання кожного розділу, ступінь використання останніх досягнень науки і техніки і передових методів роботи: У роботі за результатами виконаних теоретичних та практичних досліджень створена кіберфізична система керування «розумною» зарядною станцією електромобіля. У першому розділі ми розглянули існуючі прототипи та їх можливості, а також було проаналізовані методи вирішення проблем що можуть виникнути у ході проведення роботи. У другому розділі були дослідженні компоненти системи та їх характеристики. Також було виявлено їх проблеми та нюанси під час використання. Був проведений аналіз проблем, та можливі шляхи їх усунення У третьому розділі були розроблена система керування «розумною» зарядною станцією електромобіля. А саме був удосконалений алгоритм функціонування пристрою, та розроблена оновлена структурна схема пристрою. У четвертому розділі був створений, розроблена та розрахована електрична схема для системи. А також розроблений інтерфейс користувача та API функціонал. В майбутньому впровадження результатів роботи можуть дозволити удосконалювати наявні системи та покращувати їх

6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки роботи: —

7. Відгук про роботу в цілому: В загальному робота виконана на задовільному рівні.

8. Інші зауваження: =

9. Оцінка кваліфікаційної роботи:

Розглянувши позитивні та негативні сторони представленої кваліфікаційної роботи вважаю, що робота заслуговує оцінки «задовільно» 3.00 (E)

Рецензент (прізвище, ім'я, по батькові, посада, місце роботи) _____

д.ф-м.н. професор, Бедрашук А.П., завідувач кафедри

“ 18 травня ” _____ 2023р.



Завідувачу кафедри КПС
д-р.техн.наук, проф. Говорущенко Т. О.

Олександр Олександрович
ІІБ здобувача вищої освіти

ФІТ, 2 курсу, групи КІ2М-21-1

ЗАЯВА

З правилами чинного Положення «Про дотримання академічної доброчесності в Хмельницькому національному університеті» від 26.09.2020 (зі змінами від 26.11.2020), згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений (а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на плагіатоповіщений (а) та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (Unicheck та Anti-Plagiarism) та використання роботи для виявлення плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота для перевірки університетом надається в друкованому та електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

18.05.23

дата



підпис

РІШЕННЯ ЕКСПЕРНОЇ КОМІСІЇ
КАФЕДРИ КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ІНФОМАЦІЙНИХ СИСТЕМ
ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Підтверджуємо ознайомлення з результатом звіту подібності щодо роботи, генерованого системою виявлення текстових збігів/ідентичності/схожості:

Назва: Кіберфізична система керування «розумною» зарядною станцією електромобіля

Автор: Обозовий Олексій Вадимович

Спеціальність: 123 – Компютерна інженерія

Освітня програма: освітньо-наукова

Науковий керівник: Мартинюк Валерій Володимирович, д.т.н, професор

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом. Робота приймається до захисту.	відповідає
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована. Відкоригований варіант має бути поданий на кафедру за 2 дні до захисту, разом із заявою щодо самостійності виконання письмової роботи та ідентичності друкованої та електронної версії роботи	
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. В зв'язку з цим мета роботи та поставлені завдання не були досягнені. Робота може бути допущена до захисту (наступного року) після того як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	

Підтвердження:

Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом, оскільки:

- 1) усі запозичення фрагментарні, або мають належним чином оформленні посилання;
- 2) окремі виявлені збіги є загальноживаними фразами або виразами, про що свідчить посилання системи на збіг з джерелами на один фрагмент речення;
- 3) в якості запозичень в окремих місцях системою зафіксовано послідовності формул та кодів, які є вхідними даними до великої кількості задач і не можуть розглядатися як об'єкт авторських прав і, відповідно, їх порушення;
- 4) всі зафіксовані системою ознаки модифікації тексту відносяться до комбінування латинських символів зі українськомовними скороченнями індексів в формулах, що не є модифікацією тексту.

Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів/ідентичності/схожості Unichack, складає 3.97% і адресується до 566 першоджерела; та системою Anti-Plagiarism складає 28%, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру наукового дослідження і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

Керівник роботи

Гарант ОП

Завідувач кафедри КІС

В.В.Мартинюк

О. С. Савенко

Т. О. Говорущенко