

**МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА**

01.11 – МР. 2224 “С” 2023.12.07. 019 ПЗ

**ПІДБЕРЕЗНЬОГО ВІТАЛІЯ ГЕННАДІЙОВИЧА**

2024 р.

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

**Факультет механіко-технологічний**  
УДК 631.333:633.2

**ПОГОДЖЕНО**  
Декан  
механіко-технологічного  
факультету, д.т.н., професор

\_\_\_\_\_ В.В. Братішко

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2024 р.

**ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ**  
Завідувач кафедри  
технічного сервісу та інженерного  
менеджменту ім. М.П. Момотенка,  
д.т.н., професор

\_\_\_\_\_ І.Л. Роговський

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2024 р.

**МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА**

**на тему: «Удосконалення методів та засобів зарядки АКБ електричних  
автомобілів»**

Спеціальність: 274 «Автомобільний транспорт»  
(код і назва)

Освітня програма: «Автомобільний транспорт»

Орієнтація освітньої програми: освітньо-професійна

**Гарант освітньої програми:**

Д.т.н, професор, \_\_\_\_\_ В.Д. Войтюк

**Керівник магістерської роботи**

ДОЦЕНТ, К.Т.Н.  
науковий ступінь та вчене звання

\_\_\_\_\_ підпис

О.В. Надточій

\_\_\_\_\_ ПІБ

**Виконав**

\_\_\_\_\_ підпис

В.Г. Підберезній

\_\_\_\_\_ ПІБ студента

Київ – 2024

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ  
Факультет механіко-технологічний

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри  
технічного сервісу та інженерного  
менеджменту ім. М.П. Момотенка,  
д.т.н., професор

\_\_\_\_\_ І.Л. Роговський  
“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2023 р.

**ЗАВДАННЯ  
ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ**

**Підберезньому Віталію Геннадійовичу**

Спеціальність 274 – «Автомобільний транспорт»  
(код і назва)

Освітня програма: «Автомобільний транспорт»

Орієнтація освітньої програми: освітньо-професійна

Тема магістерської роботи: «Удосконалення методів та засобів зарядки АКБ  
електричних автомобілів»

Затверджена наказом ректора НУБіП України від "07" грудня 2023 р.  
№ 2224"С".

Термін подання завершеної роботи на кафедру 30 жовтня 2024 року  
(рік, число, місяць)

Вихідні дані до роботи: технологія обробітку ґрунту, конструкції технічних  
засобів для її реалізації.

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

- 1.Огляд стану електромобільного транспорту
- 2.Передумови удосконалення зарядки акумулятора електромобіля
3. Розрахунок конструктивних та технологічних параметрів балансування  
напруги на комірках акумулятора.
4. Маркетинговий аналіз запропонованих рішень
- 5.Охорона праці та навколишнього середовища.

**Дата видачі завдання** “21” грудня 2023 р.

Керівник магістерської роботи \_\_\_\_\_ О.В. Надточій  
підпис прізвище

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_ В.Г. Підберезній  
підпис прізвище

## РЕФЕРАТ

Структура й обсяг магістерської роботи

Магістерська робота: 70с., 24 рис., 27 табл., 41 джерело.

Ключові слова: електромобіль, елемент живлення, модуль балансування напруги,  $\text{LiFePO}_4$ .

Актуальність теми. Розробка нової ідеї застосування акумулятора в електромобілях.

**Мета роботи.** Дослідження процесу балансування напруги на комірках акумулятора при використанні різних за точністю модулів захисту комірок від перезаряду.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі задачі:

- Експериментальна модель комірки батареї;
- Розробка алгоритму балансування комірок;
- Розробка методики дослідження;

**Об'єкт дослідження.** Процес зарядки електромобілів.

**Предмет дослідження.** Модуль для балансування комірок акумулятора.

**Методи дослідження:** експериментальне моделювання зарядної характеристики та моделювання алгоритму балансування комірок за допомогою Excel.

Практичне значення одержаних результатів роботи полягає у можливості порівняти затрачений час зарядки для акумулятора з різними по точності схемами контролю перезарядки. Та оцінити доцільність використання більш точніших схем контролю перезарядки.

## ЗМІСТ

Вступ	7
Розділ 1. Електромобілі в сучасних електричних мережах	8
1.1. Історія розвитку електромобілів	8
1.2. Стан електромобільного транспорту в Україні та світі	11
1.3. Особливості зарядки автомобілів	15
1.4. Основні компоненти електромобіля	21
Розділ 2. Способи зарядження акумулятора	26
2.1. Способи балансування напруги на комірках акумулятора	27
2.2. Схема захисту від перезаряду	30
2.3. Аналіз та вибір елементів живлення	31
2.4. Вибір параметрів зарядної станції	33
Розділ 3. Дослідження зарядження акумулятора з використанням модуля захисту та балансування напруги	35
3.1. Розробка алгоритму балансування напруги	35
3.2. Зарядна характеристика обраного акумулятора LiFePO <sub>4</sub>	37
3.3. Методологія дослідження	40
3.4. Результати досліджень	42
Розділ 4. Маркетинговий аналіз пропонованого впровадження	46
4.1. Опис ідеї впровадження	46
4.2. Технологічний аудит ідеї впровадження	47
4.3. Аналіз ринкових можливостей запуску проекту впровадження	48
4.4. Розроблення ринкової стратегії проекту впровадження	51
4.5. Розроблення маркетингової програми проекту впровадження	52
Розділ 5. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	54
5.1. Визначення основних і шкідливих виробничих небезпек.	54
5.2. Технічне рішення та організаційні заходи з безпеки і гігієни праці та виробничої санітарії.	54
5.2.1. Електробезпека	54
5.2.2. Вимоги щодо організація робочих місць для ВДТ ПЕОМ	57

5.2.3 Правила безпеки під час експлуатації електронно обчислювальних машин	58
5.2.4 Відповідність параметрів мікроклімату в робочій зоні санітарним нормам	59
5.2.5 Вимоги до освітлення робочих місць ВДТ ПЕОМ	60
5.2.6 Заходи щодо нормалізації умов праці	60
5.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях	61
5.3.1 Вимоги щодо організації ефективної роботи системи оповіщення персоналу при надзвичайних ситуаціях	61
5.3.2 Обов'язки та дії персоналу у разі виникнення надзвичайної ситуації	63
5.3.3 Пожежна безпека	64
Висновки	66
Перелік використаних джерел	67

## ВСТУП

Електромобілі, як альтернативний вид транспорту, набувають значного інтересу, який призводить до зростання попиту на них. В розвинених країнах електромобілі стають більше доступними. Уряди цих країн проводять реформи для простого та швидкого придбання і користування цим видом транспорту. Попит на електромобілі також залежить від зарядної інфраструктури, яка повільніше з'являється і яка є не від'ємною складовою цього транспорту. Звичайно електромобілі можна заряджати вдома, але для подолання більш далеким дистанцій потрібні зарядні станції. Якщо надійність електромережі низька в години пік то це ще одна глобальна проблема, яка тягне за собою значні витрати на переобладнання та модернізацію розподільчих мереж. Ще однією проблемою є втрати електроенергії, які залежать від значного та тривалого навантаження.

Отже, існує необхідність стабілізації режимів зарядки електромобілів, для зменшення втрат електроенергії в розподільних мережах. А саме, необхідно створити електромережу зі споживачами та промоделювати різні сценарії заряджання електрокарів для різних існуючих графіків зарядки. На основі отриманих даних втрат потужності, відхилення напруги та спожитої потужності електромобілями, потрібно визначити сценарій заряджання, який відповідає мережі

# РОЗДІЛ 1. ЕЛЕКТРОМОБІЛІ В СУЧАСНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ

## 1.1 Історія розвитку електромобілів

Електромобіль з'явився раніше, ніж двигун внутрішнього згорання. На Першій міжнародній виставці електрики 1881 року, у Парижі, презентували перший триколісний електромобіль Густава Трове, який розвивав швидкість 12 км/год при дальності ходу 14 – 26 км. Вперше у Німеччині у 1888 році, був розроблений електромобіль Флокена (Рис. 1.1). Першим у США електричним електромобілем можна вважати електричний чотириколісний екіпаж компанії Morrison Electric, створений у 1891 р. Екіпаж було оснащено електричним двигуном Siemens потужністю 4 кінських сили, з яким він міг розвивати швидкість до 32 км/год (20 миль на годину) і був розрахований на 6 – 12 пасажирів. Електричні батареї забезпечували запас ходу до 80 км (50 миль).



Рис. 1.1. Електромобіль Флокена (1888 рік).

Керування автомобілем здійснювалося за допомогою керма із запатентованим механізмом рейкової передачі. За всю історію компанією було виготовлено 11 таких екіпажів. Електромобіль La Jamais Contente 29 квітня або 1 травня 1899 року встановив рекорд швидкості на суші – першим у світі подолавши бар'єр у 100 км/год, він досяг 105,882 км/год. Згодом відомий американський конструктор електромобілів Волтер Бейкер досяг швидкості 130 км/год. Електромобіль «Борланд Електрик» проїхав від Чикаго до Мілуокі (167

км) на одній зарядці, а наступного дня (після перезарядження) електромобіль повернувся до Чикаго своїм ходом. При цьому середня швидкість склала 55 км/год.

У 1898 році конструктор Фердинанд Порше сконструював передньоприводний електромобіль «System Lohner- Porsche», який мав два мотор-колеса. Через два роки він представив повноприводну версію цього авто, оснащену чотирма мотор-колесами, названу «Toujours-Contente» («завжди задоволена») на Паризькому автосалоні 1890 р., де вона завоювала звання найкращого авто салону. У 1889 у м. Елізабет (штат Нью-Джерсі у США) Ендрю Райкер створив компанію з виробництва механічних транспортних засобів «Riker Motor Vehicle Company» (укр. Компанія Механічних Транспортних Засобів Райкера) для виробництва електромобілів із електродвигунами власного виготовлення. У 1900 році компанія виробляла 4-місні криті електричні екіпажі, що мали на борту 48 акумуляторних елементів та два електричні двигуни на задніх колесах.

У 1901 році Фердинанд Порше представив перше у світі гібридне авто Lohner-Porsche Mixte Hybrid, оснащене чотирма мотор-колесами, кожне з яких мало потужність 2,5-3,5 к.с. і могло на короткий час розвивати до 7 к.с. Але замість важких батарей як джерела енергії авто було оснащено двигуном внутрішнього згоряння, що виконував роль генератора. Спочатку запас ходу і швидкість електромобілів та бензинових екіпажів були приблизно однаковими. Головним мінусом електромобілів була складна система підзарядки: оскільки тоді ще не існувало вдосконалених перетворювачів змінного струму на постійний, зарядку здійснювали вкрай складним способом — для зарядки потрібен був електромотор, що працював від змінного струму і крутив вал генератора, до якого були під'єднані батареї електромобіля. У 1906 р. було винайдено порівняно простий в експлуатації діодний міст (випрямляч струму), але суттєво це проблему підзарядки не вирішило.

На конкурсі 1904 р. у Парижі були навіть парадоксальні авто Жанто і Кріжера: газоліново-електричні, які діяли непогано. У ньому газоліновий мотор приводив у рух динамо-машину, яка давала струм для електричного

двигуна. Виявилося, що така електрична трансмісія поглинає відсотків на 20 менше енергії, ніж звичайна механічна та зручна для регулювання швидкості».

Відродження інтересу до електромобілів відбулося в 1960-ті роки через екологічні проблеми автотранспорту і особливо у 1970-ті через різке зростання вартості бензину у результаті енергетичної кризи 1973 р. Але після 1982 року інтерес до електромобілів знову впав через зміну кон'юнктури на нафтовому ринку.

У 2007 р. знову почалося розгортання промислового виробництва електромобілів. 22—23 травня 2010 р. перероблена в електромобіль Daihatsu Mira EV, творіння Японського клубу електромобілів, проїхала 1003,184 кілометри на одному заряді акумулятора. 24 серпня 2010 р. електромобіль «Venturi Jamais Contente» з літій-іонними акумуляторами, на солоному озері у штаті Юта, встановив рекорд швидкості 495 км/г на дистанції в 1 км. Під час заїзду автомобіль розвивав максимальну швидкість 515 км/год. 27 жовтня 2010 р. електромобіль «lekker Mobil», конвертований з мікровену Audi A2, здійснив рекордний пробіг на одній зарядці з Мюнхена до Берліна довжиною 605 км в умовах реального руху дорогами загального користування, причому були увімкнені всі допоміжні системи, у тому числі опалення. Електромобіль з електродвигуном потужністю 55 кВт було створено фірмою «lekker Energie» на основі літій-полімерного акумулятора «Kolibri» фірми «DBM Energy». В акумуляторі було запасено 115 кВт\*г, що дозволило електромобілю проїхати весь маршрут із середньою швидкістю 90 км/г (максимальна на окремих ділянках маршруту становила 130 км/г) і зберегти після фінішу 18 % від початкового заряду. Представник фірми «lekker Energie» стверджує, що акумулятор «Kolibri» здатен забезпечити сумарний ресурсний пробіг до 500 км. 29 листопада 2010 р. переможцем конкурсу «Європейський автомобіль року» вперше оголошено електромобіль Nissan Leaf.

Першим українським електромобілем вважається ЗАЗ-968 Електро. Експериментальну машину розробив Запорізький машинобудівний інститут 1973 року. Автомобіль мав електродвигун потужністю 4 кВт і систему рекуперації енергії — тобто, батареї підзаряджалися при гальмуванні. Батарея

машини важила близько 400 кг, а на одній зарядці

«Електрозапорожець» міг подолати 100 км. Через рік електромобіль отримав золоту медаль на Всесоюзній виставці науково-технічної творчості молоді. Його збиралися запустити в серійне виробництво. Але фінансування на ЗАЗ- 968 Електро так і не виділили.

## **1.2. Стан електромобільного транспорту в Україні та світі**

Популярність електромобілів в Україні також поступово зростає. Станом на 1 червня 2024 року в Україні зареєстровано 64459 електромобілів. 28865 були повністю електричними транспортними засобами та 35594 – гібридними. Це більше, ніж у всіх сусідніх з Україною країнах разом узятих. Можна зробити висновок, що Україна є лідером мобільності електромобілів у регіоні Східної Європи.

Станом на 1 серпня 2021 року в Україні зареєстровано 46 тисяч «зелених» автомобілів. З них 23000 були повністю електричними транспортними засобами.

Станом на 1 січня 2019 року в Україні зареєстровано 19884 електричних автомобілів і звичайних гібридів, з них 10714 електричних і 9170 гібридів. За 2018 рік кількість електромобілів збільшилася на 73% (5557 автомобілів). Частка ринку електромобілів у загальній кількості нових та вживаних автомобілів, вперше зареєстрованих протягом 2018 року, становила 2,8% на основі 5557 із загальної кількості 198600 перших зареєстрованих автомобілів. За 2019 рік у цій країні зареєстровано 7542 транспортних засобів. Ринок комерційних електромобілів виріс ще більше – у півтора рази.

В Норвегії 65% із 176276 нових автомобілів, проданих у 2023 році, були повністю електричними. Норвегія, країна з населенням 5 мільйонів, є європейським лідером із впровадження електромобілів. Популярний Nissan Leaf, створений понад 10 років тому, продовжував домінувати на українському ринку. Кожен четвертий електромобіль, зареєстрований у країні 2023 року, був Leaf. Іншими популярними автомобілями українців у 2023 році були Tesla

Model 3 (827 зареєстрованих автомобілів) та Chevrolet Volt (762 зареєстровані автомобілі). На три вищезгадані моделі припадає майже 55% ринку електромобілів країни.

Суттєве зростання попиту на електричні автомобілі відбулося у 2018 році, коли з 1 січня був скасований ПДВ на імпорт таких транспортних засобів. Ще раніше було скасоване мито 10%. Проте одна з причин відмови від придбання електрокарів, це відсутність інфраструктури.

Уряд України прийняв закон про бюджет на 2019 рік, який продовжив діючі податкові пільги 2018 року для автомобілів із підключенням до 2023 року. Як нові, так і вживані BEV (без розширювачів запасу бензину) можна імпортувати без ПДВ, імпортного мита та акцизний збір. Відповідно до закону, нові автомобілі, як, наприклад, Tesla Model 3, можна придбати за нижчою ціною, ніж у будь-якій іншій країні Європи. Це стимулювало попит у 2018 році, і ця тенденція, тривала до 2019 року. У листопаді 2018 року імпорт електромобілів становив майже 250% від рівня листопада 2017 року.

Використання електромобілів у різних країнах розрізняється, оскільки впровадження електромобілів із підзарядкою від мережі залежить від споживчого попиту, ринкових цін, наявності інфраструктури для зарядки та державної політики, наприклад стимули до купівлі. Електромобілі зазвичай поділяються на повністю електричні або акумуляторні електромобілі (BEV), які працюють лише від акумуляторних батарей, і гібриди (PHEV), які поєднують живлення від акумулятора з двигунами внутрішнього згоряння. Популярність електромобілів стрімко зростає завдяки державним субсидіям, їхньому збільшеному запасу ходу та меншій вартості акумуляторів,

а також бережливому ставленню до навколишнього середовища. Проте на кінець 2020 року парк електромобілів складав лише 1% усіх пасажирських автомобілей на дорогах світу, з яких дві третини становили чисті електромобілі.

Сукупний об'єм продажу легкових електромобілей, дозволених для використання на дорогах, досягнув 1 млн одиниць в вересні 2015 р., 5 млн в грудні 2018 р. і досяг відмітку в 10 млн в 2020 р. До кінця 2021 року на дорогах світу було приблизно 17,5 мільйонів легкових автомобілей з модулем,

що підключається. Продажі легкових автомобілей з модулем, що підключається, досягли 9% світового ринку продажів нових автомобілей в 2021 році в порівнянні з 4,6% в 2020 році і 2,5% в 2019 році. Ринок PHEV зміщується в сторону повністю електричних акумуляторних автомобілей. Глобальне співвідношення між BEV і PHEV збільшилось з 56:44 в 2012 році до 60:40 в 2015 році і виросло до 74:26 в 2019 році. Співвідношення 71:29 було вже в 2021 році.

Станом на грудень 2021 року в Китаї був найбільший парк легальних легкових автомобілей з модулем, що підключається, близько 7,8 мільйона одиниць, що складає 46% світового парку, що використовується. Китай також домінує в використанні електромобілей і електробусів : в 2019 році його парк досяг більше 500 000 автобусів, що складає 98% світового парку і 247 500 електричних легкових комерційних автомобілей, що складає 65% світового парку.

Станом на кінець 2021 року в Європі налічувалось приблизно 5,5 млн електромобілей, що складало більше 32% світового парку. В Європі також знаходиться другий по величині в світі парк електричних легких комерційних автомобілей, що налічує приблизно 220 000 фургонів. Станом на грудень 2021 року сукупні продажі в США склали 2,32 мільйона автомобілей при цьому Каліфорнія вказана, як найбільший регіональний ринок в США, де до листопада було продано 1 мільйон електромобілей.

Станом на грудень 2021 року Німеччина є ведучою європейською країною з 1,38 мільйонами автомобілей, що підключаються до мережі, зареєстрованих з 2010 року. Доля ринку продаж нових автомобілей в цьому сегменті , 86,2% в 2021 році. В жовтні 2018 року більше 10% всіх легкових автомобілей на норвежських дорогах були електричними, а в 2021 році ця доля виросла до 22%. До 2019 року в Нідерландах буде сама висока щільність зарядних станцій для електромобілей в світі.

У Сполучених Штатах та Європейському союзу станом на 2020 рік загальна вартість володіння сучасними електромобілями нижча, ніж у еквівалентних автомобілів з ДВЗ, через нижчі витрати на заправку та технічне

обслуговування. Зарядити електромобіль можна на різних зарядних станціях, ці зарядні станції можуть бути встановлені як у будинках, так і в громадських місцях.

У 2021 році у всьому світі було продано 6,6 мільйона електромобілів з підзарядкою від мережі, що більш ніж удвічі перевищує продаж у 2020 році, а частка ринку на світовому ринку нових автомобілів склала 9%. На повністю електричні автомобілі припадало 71% продажів автомобілів, що підключаються в 2021 році. Станом на грудень 2021 року на дорогах світу було 16 мільйонів електромобілів, що підключаються. Багато країн встановили державні стимули для електромобілів, податкові пільги, субсидії та інші негрошові стимули, у той час як кілька країн ухвалили закони про поетапну відмову від продажів автомобілів, що працюють на викопному паливі, для скорочення забруднення повітря і обмеження зміни клімату.

Tesla Model 3 стала найбільш продаваним електромобілем у світі на початку 2020 року, а в червні 2021 року стала першим електромобілем, який подолав позначку 1 мільйон глобальних продажів. Більш ранні моделі, що набули широкого поширення, включають японський Mitsubishi i-MiEV і Nissan Leaf.

Опитування 2022 показало, що 33% покупців автомобілів в Європі оберуть бензиновий або дизельний автомобіль при покупці нового автомобіля.

67% респондентів згадали про вибір гібридної чи електричної версії. Зокрема, було виявлено, що електричні автомобілі віддають перевагу лише 28% європейців, що робить їх найменш переважним типом транспортних засобів.

39% європейців воліють гібридні автомобілі, а 33% воліють бензинові або дизельні автомобілі. З іншого боку, 44% китайських покупців автомобілів, швидше за все, куплять електромобіль, у той час як 38% американців оберуть гібридний автомобіль, 33% віддадуть перевагу бензину або дизелю, і лише 29% виберуть електромобіль. Саме для ЄС 47% покупців автомобілів старше 65 років, ймовірно, куплять гібридний автомобіль, тоді як 31% молодших респондентів не вважають гібридні автомобілі хорошим варіантом. 35% віддали б перевагу бензиновому або дизельному автомобілю, а

24% — електромобілю замість гібрида. У ЄС лише 13% від населення взагалі не планують мати автомобіль.

Швеція планує відкрити першу дорогу для постійного заряджання електромобілів до 2025 року. Очікується, що до початку 2025 року буде оголошено про обрану технологію заряджання.

### **1.3. Особливості зарядки електромобілів**

Більшість електромобілів використовують провідне з'єднання для подачі електроенергії для заряджання. Вилки для заряджання електромобілів не є універсальними у всьому світі. Однак транспортні засоби, що використовують один тип вилки, можуть заряджатися на інших типах зарядних станцій за допомогою адаптерів для вилок. Роз'єм типу 2 є найпоширенішим типом вилки, але у Китаї та Європі використовуються різні версії. Роз'єм типу 1 (також званий SAE J1772) поширений у Північній Америці, але рідко зустрічається в інших країнах, оскільки не підтримує трифазну зарядку. Бездротова зарядка, будь то для стаціонарних автомобілів або як електрична дорога, менш поширена станом на 2024 рік, але використовується в деяких містах для таксі.

Електромобілі зазвичай заряджаються вночі від домашньої зарядної станції. Іноді відомий як точка зарядки, зарядний пристрій для настінної розетки або просто зарядний пристрій у гаражі чи зовні будинку. Станом на 2024 рік, типові домашні зарядні пристрої мають потужність 7 кВт, але не всі з них підтримують інтелектуальну зарядку. Порівняно з транспортними

засобами, що працюють на викопному паливі, потреба у зарядці з використанням суспільної інфраструктури зменшується через можливість заряджання вдома. Автомобілі можуть бути підключені до мережі та починати кожен день з повної зарядки. Зарядка від стандартної розетки також можлива, але дуже повільна.

Громадські зарядні станції майже завжди швидкі, ніж домашні зарядні пристрої, багато з яких подають постійний струм, щоб уникнути вузького місця, пов'язаного з автомобільним перетворювачем змінного струму в постійний,

станом на 2024 рік, найшвидшим з них є 350 кВт.

Зарядження електромобіля за допомогою громадських зарядних станцій займає більше часу, ніж заправлення автомобіля, що працює на викопному паливі. Швидкість, з якою автомобіль може заряджатися, залежить від потужності заряджання зарядної станції та власної здатності автомобіля отримувати заряд. Станом на 2024 деякі автомобілі на 400 вольт, а деякі на 800 вольт. Підключивши автомобіль, який підтримує дуже швидке заряджання, до зарядної станції з дуже високою швидкістю зарядки, можна зарядити акумулятор автомобіля до 80% за 15 хвилин. Транспортним засобам та зарядним станціям з нижчою швидкістю заряджання може знадобитися до 2 годин, щоб зарядити акумулятор до 80%. Як і у випадку з мобільним телефоном, останні 20% займають більше часу, тому що системи сповільнюються, щоб безпечно зарядити акумулятор і уникнути пошкодження.

Зарядна станція, також звана зарядним пристроєм для електромобілів або обладнанням для живлення електромобілів (EVSE), є частиною обладнання, яке подає електроенергію для зарядки електромобілів (включаючи гібриди, місцеві електромобілі, вантажівки, автобуси та інші).

Хоча батареї можна заряджати тільки від джерела постійного струму, більшість електромобілів мають вбудований перетворювач змінного струму на постійний, який дозволяє підключати їх до стандартної побутової розетки змінного струму. Недорогі малопотужні зарядні станції також забезпечуватимуть живлення змінного струму, відоме як «зарядні станції змінного струму». Щоб полегшити заряджання більш високої потужності, для якої потрібні перетворювачі змінного струму в постійний набагато більшого розміру, перетворювач вбудований в зарядну станцію, а не в автомобіль, і станція подає вже перетворену потужність постійного струму безпосередньо в автомобіль, минаючи бортовий перетворювач автомобіля. Вони відомі як "зарядні станції постійного струму". Більшість електричних моделей автомобілів можуть працювати як від змінного, так і від постійного струму.

Зарядні станції оснащені роз'ємами, що відповідають різним стандартам.

Зарядні станції постійного струму зазвичай оснащені декількома роз'ємами для живлення різних транспортних засобів.

Зарядні станції змінного струму підключають бортову схему заряджання автомобіля безпосередньо до джерела змінного струму. Рівень змінного струму 1 підключається безпосередньо до стандартної побутової розетки 120 В (у Північній Америці), здатний подавати 6-16 А (0,7-1,92 кВт)

залежно від потужності виділеного ланцюга. Рівень змінного струму 2: використовується побутова або комерційна потужність 240 В для подачі від 6 до 80 А (1,4-19,2 кВт). Він забезпечує значне збільшення швидкості заряджання порівняно із зарядкою змінним струмом рівня 1. При швидкому зарядженні постійним струмом потужність мережі проходить через випрямляч змінного струму в постійний, перш ніж досягти акумуляторної батареї автомобіля, минаючи бортовий випрямляч. Рівень постійного струму 1 забезпечує максимальну потужність 80 кВт за 50–1000 В. Рівень постійного струму 2 забезпечує максимальну потужність 400 кВт при 50-1000 В.

Зарядка електромобіля у недалекому майбутньому буде таким же простим й звичним явищем, як, наприклад, заправка автомобіля дизельним паливом або бензином. Але сьогодні ера електрокарів тільки настає і можна стверджувати, що таке масштабне використання електротяги в автомобілях, поїздах та інших транспортних засобах актуальне, а значить перспективне. Розглянемо режими зарядки електромобілів, градацію, якої дотримуються в усьому світі.

Зарядити електромобіль можна в будь-якому місці, де є електромережа, і це безперечна перевага електромобілів. Сучасні електромобілі пристосовані для зарядки двома способами: змінним (AC) та постійним (DC) струмом. Зарядка електромобіля постійним струмом належить до «швидкої зарядки», це режим 4. Зарядка електромобіля змінним струмом відбувається через зарядний пристрій, який вбудовано в кожен електромобіль, і це «повільний заряд». Залежність кожного з режимів зарядки й часу в таблиці 1.1.

Найпоширеніший і найбільш простий спосіб зарядки електромобіля – це зарядка від звичайної розетки в гаражі, на дачі чи деінде. Всі електричні

розетки євростандарту розраховані на показники 220/230 Вольт, 16 Ампер, що дозволяє безпечно підключати споживачів потужністю до 3,5 кВт. Кабель для зарядки електромобілів, як і сам заряд цим способом, приблизно і розрахований на ці параметри. Режим заряду 1 передбачає зарядку від мережі змінного струму напряму без додаткових захисних пристроїв, що робить такий режим не безпечним на 100% (від теплового перевантаження й короткого замикання), відповідно менш популярним у сучасних електрокарах. Час повної зарядки таким способом складає 10-12 годин з розрахунку ємності батареї 30-35 кВт\*год.

Таблиця 1.1 – Значення часу та швидкості зарядження електромобілів у різних режимах зарядження.

Режими заряду	Потужність заряду	Час	Швидкість
Режим 2	до 2 кВт (однофазна мережа АС)	12 – 14 годин	Повільно
Режим 3	3кВт (однофазна мережа АС)	6 – 8 годин	Стандартний заряд
Режим 3	7кВт (одно/три – фазна мережа АС)	3 – 4 години	Стандартний заряд
Режим 3	11кВт (одно/три – фазна мережа АС)	2 – 3 години	Прискорений заряд
Режим 3	22кВт (одно/три – фазна мережа АС)	1 – 2 години	Прискорений заряд
Режим 4	50кВт (зарядка постійним струмом DC)	20 – 30 хвилин	Швидкий заряд

Режим заряду 2 електротягової батареї електромобіля по суті такий же, як і в першому випадку, але з використанням зарядного кабелю зі спеціальним блоком захисту, який розташовується на самому кабелі. Такі кабелі з блоком захисту розраховані на напругу мережі 220/230V~ для Європи та 110/120V~ для США, і якщо купити електромобіль у США з американським кабелем для зарядки, то треба змінити його на європейський, що підійде для наших мереж.

Режим 3 – зарядка змінним струмом підвищеної потужності. Це найпоширеніший режим зарядки, що застосовується на паркінгах, заправних

станціях та в інших громадських місцях. Такий тип зарядки можливий завдяки спеціальній зарядній станції, здатній видавати струм змінної напруги великої потужності, що неможливо у звичайних домашніх умовах, де розетки обмежені своєю здатністю в 16 Ампер (3,5 кВт). Такі спеціальні зарядні станції здатні давати вихідний струм від 7,2 до 43 кВт в залежності від підключення – однофазного або трифазного. Час повноцінного заряду батареї в такому режимі складає від 0,5 до 4 годин. Як правило, підзарядити свій електромобіль від такого зарядного пристрою можна безкоштовно, звернувшись до адміністрації закладу, на території якого встановлена зарядка. У більшості випадків такі станції забезпечені спеціальним пристроєм для зчитування карток, наприклад, зарядні пристрої з RFID ідентифікацією, де доступ забезпечується завдяки наявності RFID-карти, яку необхідно прикласти до спеціального сканера на самій станції. RFID- картку зазвичай видає адміністрація закладу.

Режим 4 – найшвидший варіант заряду батареї електромобіля. Кожен електромобіль забезпечений своєю (вже вбудованою) зарядною станцією, до якої подається живлення змінного струму, а вже від неї йде заряд на батарею постійним струмом. Але режим 4 має свою особливість – в ньому використовується постійний струм. Такий варіант заряду з принциповою відмінністю від попередніх режимів, де використовується змінний струм, заряджає електромобіль постійним струмом великої потужності. Тут також особливі роз'єми, найпопулярніший стандарт CHAdeMO. Зарядити свого електричного коня такою зарядкою можна дуже швидко, приблизно за 30 хвилин, але на сьогодні зарядних станцій даного типу дуже мало. Одна з причин – поки що висока ціна. Ще одна особливість швидкого заряду електромобіля полягає в тому, що заряд батареї в такому режимі сягає рівня 80% швидко, а інші 20% заряду розтягуються на довший термін. Це пов'язано з технологічними процесами зарядки/розрядження та направлено на збільшення терміну служби тягової батареї.

У періоди пікового навантаження, коли вартість генерації може бути дуже високою, електромобілі з можливістю підключення до мережі можуть

вносити енергію до мережі. Потім ці транспортні засоби можна заряджати в непікові години за нижчими тарифами, допомагаючи поглинути надлишковий виробіток енергії в нічний час. Акумулятори в транспортних засобах є розподіленою системою зберігання для буферизації енергії.

В автомобілях Tesla, наприклад, найбільш важливим способом збереження високовольтної батареї є залишення автомобіля підключеним до мережі, коли ним не користуються. Це особливо важливо, якщо не планується водити протягом кількох тижнів.

Коли автомобіль не працює і відключений від мережі, він періодично використовує енергію акумулятора для системних тестів та підзарядки низьковольтної батареї, коли це необхідно.

Немає жодних переваг у тому, щоб чекати, поки рівень заряду батареї стане низьким перед заряджанням. Фактично, батарея працює найкраще при регулярній зарядці. Якщо батарея розрядиться до 0 %, інші компоненти можуть бути пошкоджені або вимагати заміни (наприклад, низьковольтна батарея).

Пікова швидкість заряджання акумулятора може трохи знизитися після великої кількості сеансів швидкого заряджання постійним струмом, наприклад, у зарядних пристроях. Щоб забезпечити максимальний запас ходу та безпеку батареї, швидкість заряду батареї знижується, коли батарея надто холодна, коли батарея майже повністю заряджена, а також коли стан батареї змінюється залежно від використання та віку. Ці зміни в стані батареї обумовлені фізикою батареї та можуть збільшити загальну тривалість суперзарядки на кілька хвилин з часом. Можна мінімізувати час заряджання за допомогою Планувальник поїздок, щоб прогріти акумулятор під час руху до зарядного пристрою.

Ніколи не дозволяється батареї повністю розряджати. Навіть коли модель не рухається, її акумулятор дуже повільно розряджається для живлення бортової електроніки. Акумулятор може розряджати зі швидкістю приблизно 1% на день, хоча швидкість розряду може змінюватись в залежності від факторів навколишнього середовища (наприклад, холодна погода), конфігурації автомобіля та вибраних налаштувань.

Можуть  
20

виникнути ситуації, коли повинні залишити авто відключеним від мережі на тривалий час (наприклад, в аеропорту під час подорожі). У цих ситуаціях треба пам'ятати про 1%, щоб переконатися, що залишається акумулятор із достатнім рівнем заряду. Наприклад, за двотижневий період (14 днів) акумулятор може розрядитися приблизно на 14%.

Розрядження акумулятора до 0% може призвести до пошкодження компонентів автомобіля. Для захисту від повної розрядки авто переходить в режим зниженого енергоспоживання, коли рівень заряду, що відображається, падає приблизно до 0%. У цьому режимі батарея перестає підтримувати бортову електроніку та допоміжну низьковольтну батарею. Як тільки цей режим низького споживання енергії активний, негайно треба підключити модель, щоб запобігти запуску від зовнішнього джерела та заміні батареї низької напруги.

Для заряджання електромобіля Tesla на громадській зарядній станції необхідно підключити відповідний адаптер до зарядного порту автомобіля, а потім підключити зарядний роз'єм станції до адаптера. Треба поєднати роз'єм із зарядним портом і повністю вставити. Коли роз'єм правильно вставлено, заряджання починається автоматично.

#### **1.4. Основні компоненти електромобіля**

Електромобілі прийнято позначати аббревіатурою EV (від Electrical Vehicle), хоча це словосполучення підходить для будь-якого транспорту на електротязі, від катерів до літаків. Точніша аббревіатура – EC (Electric Car) чомусь не прижилася, зате наявну тепер часто додатково уточнюють. У сучасній класифікації чисті електромобілі позначають як BEV (від Battery) – до таких відносяться лише ті машини, котрі не мають інших джерел енергії, окрім батарей. Отже, електромобіль (Рис. 1.2.), акумуляторний електромобіль або повністю електричний автомобіль – це автомобіль, який рухається одним або декількома електродвигунами, що використовують тільки енергію, що зберігається в акумуляторних батареях. Ключові компоненти

повністю електричного автомобіля: електродвигун, трансмісія, тягова батарея, інвертор, акумулятор, система охолодження, зарядний блок, гальма.



Рис.1.2. Будова електромобіля.

Електродвигун головний агрегат будь-якого електрокара (Рис. 1.3). Для приводу електромобіля використовують безколекторні мотори. Найбільш ефективний з них – так званий синхронний електродвигун змінного струму з постійними магнітами, в якості ротора. Мінуси – ціна (при виготовленні магнітів використовуються рідкісні метали), а також труднощі в управлінні через постійне магнітне поле. Тому такі мотори застосовують у дорогих та потужних електромобілях, наприклад, Porsche Taycan та Tesla Model S.

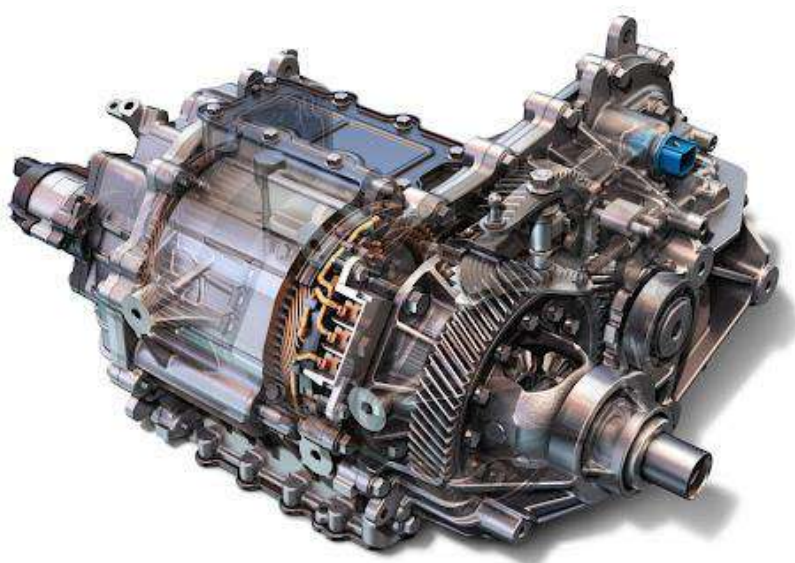


Рис. 1.3. Двигун електромобіля

Найчастіше застосовують менш дорогі у виробництві електродвигуни з індукційними котушками замість магнітів, що теж працюють від змінного струму. Вони можуть бути синхронними (наприклад, у Renault Zoe), але частіше обертання ротора відстає від обертання магнітного поля, котре створюється котушками статора. Через це такі двигуни називають асинхронними. У них нижчий ККД, зате вони простіші в управлінні. Такими двигунами оснащується, наприклад, Audi e-tron.

Всі двигуни, котрі застосовуються в електромобілях, розвивають дуже високий крутний момент, буквально з нульових оборотів, можуть розкручуватися до дуже високих швидкостей та змінювати напрямок обертання. Тому електромобілям не потрібна складна багатошвидкісна коробка передач та важка трансмісія, як автомобілям з ДВЗ. Досить простого та надійного редуктора з пониженням (зазвичай у вигляді планетарної передачі), підключеного безпосередньо до двигуна. На потужних та швидких машинах його може доповнювати двоступенева коробка, що дозволяє поєднати потужну тягу на низах з високою максимальною швидкістю.

Тягова батарея (Рис. 1.4) найдорожчий вузол електромобіля. Сьогодні вона являє собою набір елементарних акумуляторів (осередків), який управляється цілою системою з мікроконтролерів. Батареї розрізняються за ємністю, робочою напругою (на EV – від 350 до 800 Вольт), а також формою, адаптованою підкомпонування конкретної моделі електромобіля.

Відрізняються вони й осередками, при виготовленні яких можуть використовуватись різні матеріали. Наприклад, нікель-металгідридні акумулятори вже вважаються застарілими, а найпопулярнішими визнані літієві осередки кількох різновидів. У перспективі мають з'явитись батареї нового покоління, які сьогодні розробляються десь у надрах електротехнічних компаній.

Інвертор (Рис. 1.5) пристрій, який є сполучною ланкою між електродвигуном та батареєю. З назви випливає, що головне призначення цього блоку – перетворення струму, адже батарея видає та приймає постійний струм, а двигун працює на змінному. Однак повноваження цієї «коробочки»

набагато ширші: вона ж за командою від педалей електромобіля керує поздовжнім прискоренням або уповільненням електромобіля, регулюючи потоки енергії від батареї до двигуна і назад (при рекуперації на гальмуванні).



Рис. 1.4. Акумуляторна батарея LiFe електромобіля.



Рис. 1.5. Перетворювач для електромобіля in 48-100V out 12V 15A USB 5V 1A

Електричний двигун набагато менше гріється, і не потребує потужного охолодження. Однак у будь-якого BEV все одно можна зустріти і радіатор, і систему теплових магістралей, які потрібні для тягової батареї. Адже найефективніше вона працює лише в обмеженому діапазоні температур, а при великому навантаженні, частих перехідних циклах розряд/заряд під час руху

або при швидкісному зарядженні сильними струмами – сильно гріється. Терморегулювання може знадобитися інвертору, через який протікають струми дуже високої сили. Водночас система охолодження, що працює в режимі «теплого насоса» (як інверторний кондиціонер у приміщеннях), здатна з мінімальними енерговитратами забезпечити комфорт у салоні.

Процес заряджання електромобіля насправді набагато складніший, ніж може здатися з боку, тому для його контролю в машинах є окремий електронний блок. Адже електромобіль має вміти приймати заряд із різних джерел — від побутової розетки до спеціальних надпотужних терміналів, які, у свою чергу, теж бувають кількох форматів — європейських, американських, японських та китайських. Єдиного світового стандарту для зарядних станцій поки що, на жаль, не вироблено. Одні заряджають батареї змінним струмом, інші, практично минаючи інвертор, більш потужним постійним. Дуже залежить від способу заряду й час, який потрібний для поповнення запасів енергії.

Теоретично, BEV міг би обійтися без звичних гальмівних механізмів, уповільнюючись за рахунок силового опору, який створює електромотор в режимі генератора. Але на практиці всі електромобілі мають гальмівні колодки, диски, гідромагістралі з гальмівною рідиною, оскільки навантаження на них нижче, гальмівні механізми електромобіля зношуються набагато повільніше.

## РОЗДІЛ 2. СПОСОБИ ЗАРЯДЖЕННЯ АКУМУЛЯТОРА

Розглянемо зарядження акумулятора, за допомогою постійного струму. Напруга на акумуляторі змінюється під час зарядки, в той час як струм підтримує фіксовану швидкість. Зарядка припиняється, коли напруга акумулятора досягає максимального значення. Цей спосіб зарядки дозволяє відстежувати струм, що надходить на акумулятор. З іншого боку, зарядка з високим струмом може викликати перегрів і витік електроліту в деяких акумуляторах. Цей метод може використовуватися для літій-іонних акумуляторів, якщо напруга знаходиться в межах діапазону. Якщо напруга виходить за допустимі межі, функції безпеки повинні перервати зарядку.

Метод постійного струму і постійної напруги є домінуючим методом зарядки для літій-іонних акумуляторів. Цей метод є компромісом між швидкістю зарядки і безпекою зарядки. Він розділений на два ступені: ступінь постійного струму і ступінь постійної напруги. На першій стадії, поки струм підтримується постійним, напруга на клеммах збільшується. Коли напруга на клеми досягає попередньо встановленого значення затиску, зарядка переходить в стадію постійної напруги. На цій стадії зарядний струм зменшується, щоб підтримувати постійну напругу на клеммах. На рисунку 2.1 показаний профіль струму і напруги зарядки таким методом.

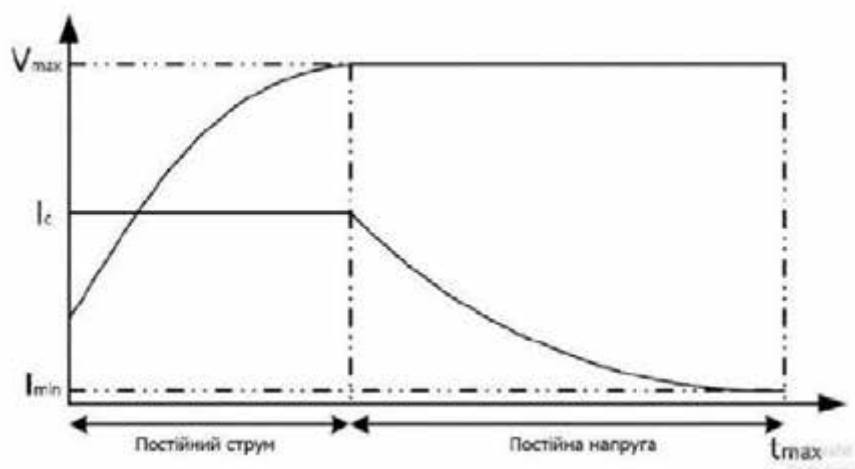


Рисунок 2.1. Метод постійного струму і постійної напруги

У такому випадку зарядка на останній стадії стає повільнішою, але безпечнішою.

## 2.1. Способи балансування напруги на комірках акумулятора

Пасивне балансування, сама проста схема обходу струму, здійснюється шляхом виведення зайвої енергії у вигляді тепла на баластний резистор. Схема такого балансування зображена на рисунку 2.2.

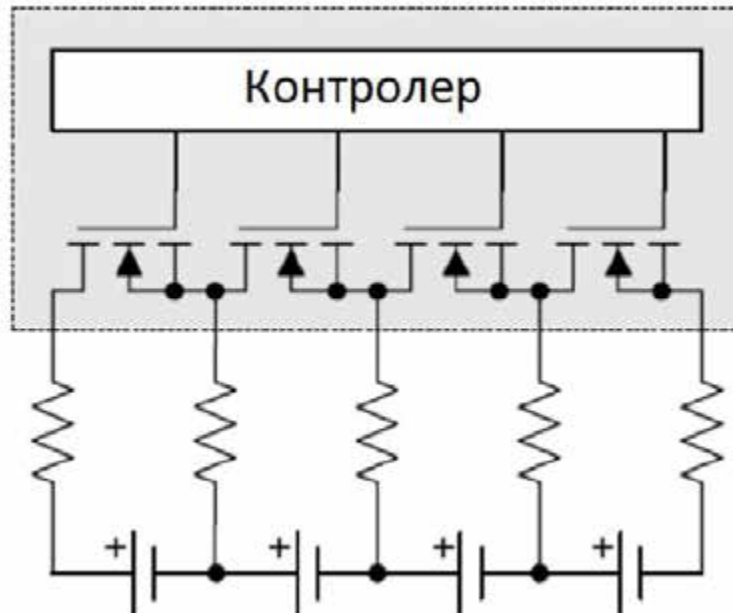


Рисунок 2.2. Приклад пасивної схеми балансування.

Контролер балансування використовується для контролю того, які комірки будуть перенаправлені на резистори. На рисунку 1.3 показана ємність після пасивного балансування комірок.

На рисунку 2.3 показана ємність після пасивного балансування комірок.

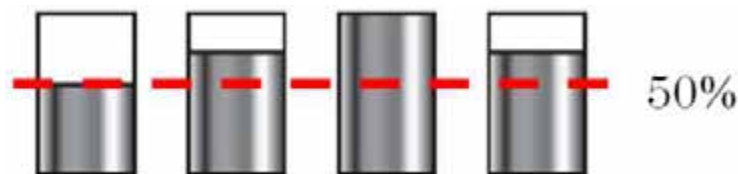


Рисунок 2.3. Приклад пасивного балансування.

Ємність становить всього 50% після пасивної балансування, оскільки надлишкова енергія втрачається через резистори. Тут потрібно вирівняти комірки між собою, найменш заряджена комірка визначає рівень ємності після балансування. У цьому прикладі загальна ємність становить лише половину після повного балансування. Пасивне балансування не повинне застосовуватися під час розряду, оскільки воно зменшує доступну ємність батареї. Більш складніша конденсаторна схема балансування зображена на рисунку 2.4:

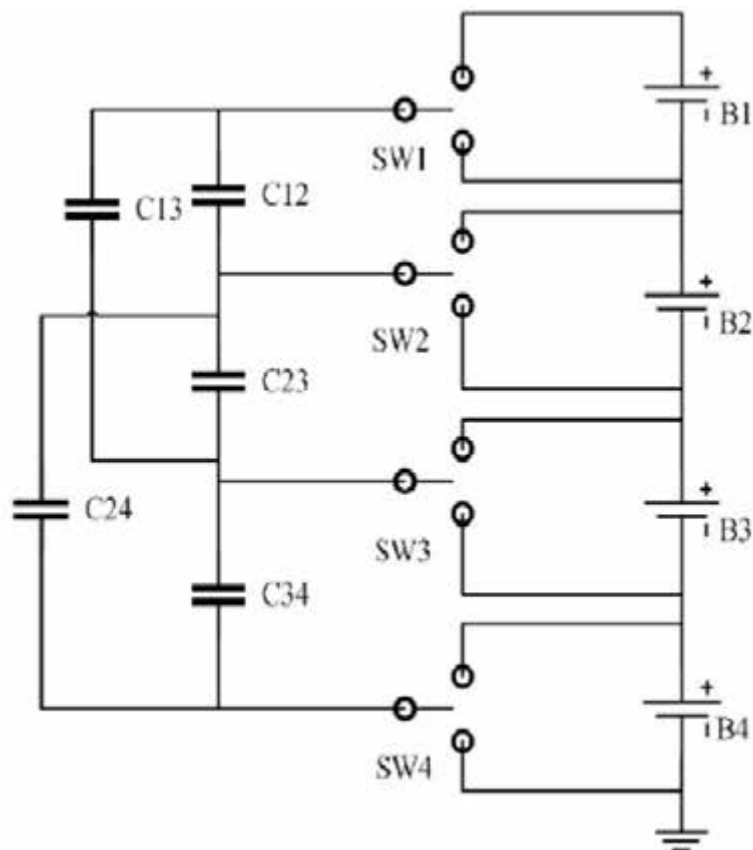


Рисунок 2.4. Конденсаторна пасивна схема балансування.

Балансування відбувається між сусідніми елементами батареї в два етапи. На першому етапі конденсатор паралельний елементу батареї з більш високою напругою, і заряд в такому випадку передається від елемента до цього конденсатора. На другому етапі конденсатор паралельний сусідній комірці з більш низькою напругою, і заряд вже передається від конденсатора до цієї комірки. Цей процес триває до тих пір, поки комірки не отримують однакове значення напруги. Швидкість балансування низька через низький струм балансування. Крім того, коли незбалансовані елементи знаходяться на різних кінцях, заряд повинен переміщатися в кілька етапів через сусідні елементи, що знижує швидкість і ефективність балансування.

Різниця між активним і пасивним балансуванням полягає в тому, що активне балансування перенаправляє енергію між комірками. Наприклад передає енергію від елемента з більш високою напругою до елемента з більш низькою напругою. Основною перевагою в порівнянні з пасивним балансуванням є те, що активне балансування можна використовувати як під час зарядки, так і при розрядці. Приклад схеми активного балансування можна

знайти на рисунку 2.5. Існують різні способи реалізації активного балансування, і вони описані нижче.

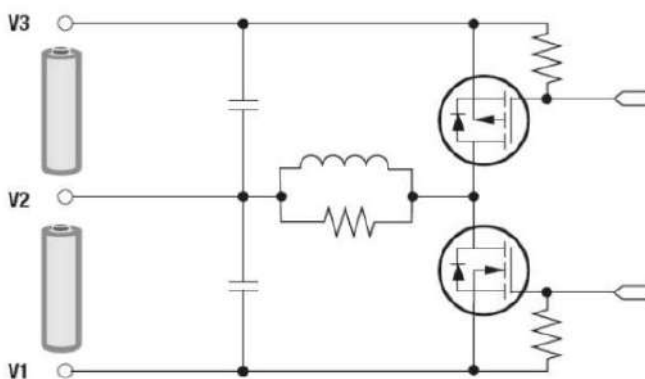


Рисунок 2.5. Приклад активної схеми балансування.

Така схема використовує трансформатор з первинною обмоткою, включеною на батарею, і вторинною обмоткою, яка може перемикатися на комірки осередки. Використовуються імпульси енергії від всієї батареї, а не від окремих заряджених комірок, для зарядки решти комірок.

З поліпшенням методів балансування комірок виникає необхідність в більш досконаліх алгоритмах для успішного виконання та керування балансуванням. В залежності від структури схеми використовуються різні за складністю алгоритми балансування, які ускладнюють керування процесом балансування.

Для пасивного балансування простіше, оскільки енергія згорає. Основна задача до алгоритмів балансування у такому випадку лише розподілити балансування за часом, щоб уникнути проблем з нагріванням.

Активне балансування передає струм в інші комірки. Складність може полягати в апаратних обмеженнях, тому струми повинні передаватися для безлічі комірок, щоб досягти місця призначення. Тому потрібні інтелектуальні алгоритми. Стандарти активної балансування відсутні, так як деякі різні виробники використовують різні методи.

Недоліки пасивного балансування:

- балансування може бути виконана тільки під час зарядки або після зарядки;
- енергія втрачається у вигляді тепла;

- може бути необхідним охолодження, так як резистори випромінюють тепло.

## 2.2. Схема захисту від перезаряду

В аналогових схемах балансування функцію контролю за напругою зазвичай виконує компаратор, забезпечений опорною напругою. Найпоширеніша вітчизняна мікросхема TL431, в якій є компаратор з опорною напругою. Приклад такої схеми зображено на рисунку 2.6.

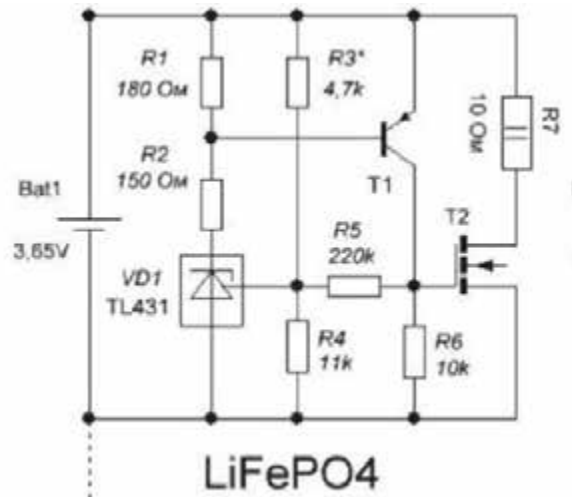


Рисунок 2.6. Принципова схеми аналогового модуля захисту комірки для LiFePo4 елемента.

Схема працює наступним чином, коли напруга на окремій секції, досягне певної величини, подається команда на включення силового ключа, який підключить паралельно секції баластовий резистор. При цьому, струм зарядки буде менше ніж струм, що протікає через баластний резистор, відповідно підвищення напруги на секції – припиниться. При цьому зарядка інших секцій, напруга на яких ще не досягло максимально допустимих значень - продовжується. Закінчиться процес заряду тим, що спрацюють балансири всіх секцій акумулятора. При розряді акумулятора до 2,5 Вольта, TL431 - відкривається, відповідно відкривається і транзистор T1. При цьому потенціал колектора підвищується, і частина напруги через резистор R5 надходить в ланцюг керуючого електрода TL431. При цьому TL431 входить в насичення. Верхня межа напруги задається за допомогою ділника напруги R3, R4. Відповідно точність цих резисторів, а також точність самого компаратора

впливає на результат. Тому виникає необхідність дослідити та встановити вимоги для точності такого модуля. Перевагами є проста та дешева реалізація, що дозволяє використовувати таку схему для кожної комірки. Недоліком є невелика точність, що в даній роботі буде додатково коректуватись за допомогою більш прецизійного модуля.

В якості модуля балансування краще використовувати схему з активним балансуванням, оскільки вона має ряд переваг у порівнянні з пасивним балансуванням. Для модуля захисту слід враховувати, що використання приведеної аналогової схеми захисту потребує встановленню вимог щодо точності для дільників напруги та компаратора.

### **2.3. Аналіз та вибір елементів живлення**

Літій-іонні акумулятори є найбільш популярним накопичувачем енергії в електромобілях[4]. Більшість літій-іонних акумуляторів використовують вуглець в якості матеріалу анода. На основі їх катодних матеріалів існує як мінімум п'ять успішних комерційних акумуляторів: оксид літій-кобальту ( $\text{LiCoO}_2$ ), оксид літій-марганцю ( $\text{LiMnO}_4$ ), оксид літій-нікелю-марганцюкобальту (NCM), літій-нікель-кобальт- оксид алюмінію (NCA), і фосфат літій-заліза ( $\text{LiFePO}_4$ ). Титан також може бути використаний в якості матеріалу анода, і відповідним комерційним продуктом є літій-оксидтитанова (LTO) батарея.

Акумулятор  $\text{LiCoO}_2$  - це перша і найбільш комерційно успішна літійіонна батарея. Основними обмеженнями є висока вартість, низька термостабільність і висока швидкість втрати ємності при високому струмі. Вдосконаленою версією є NCA, в якій менше Co-матеріалу для зниження вартості. Акумулятор NCA широко використовується в комерційних електромобілях, таких як Tesla. Однак спостерігається висока швидкість втрата ємності, коли температура вище  $40\text{ }^\circ\text{C}$ , через зростання межі розділу твердих електролітів (SEI).

Акумулятор  $\text{LiMnO}_4$  просувається тому, що Mn дешевше і менш токсичний, ніж Co. Однак цей тип батареї також має високу швидкість завмирання ємності. Акумулятор NCM був винайдений шляхом додавання Co в

акумулятор  $\text{LiMnO}_4$  для підвищення його стабільності. Ця батарея NCM має питому ємність, аналогічну батареї  $\text{LiCoO}_2$ , але має меншу вартість. Акумулятор  $\text{LiFePO}_4$  має нижчу ціну і більш стабільну роботу в порівнянні з вище згаданим. Завдяки кращій стабільності він має тривалий термін служби і високу швидкість зарядки. Тим не менш, він має задовільні показники питомої і об'ємної ємності.

Характеристики напруги літій-іонних акумуляторів зображено на рисунку 2.6.

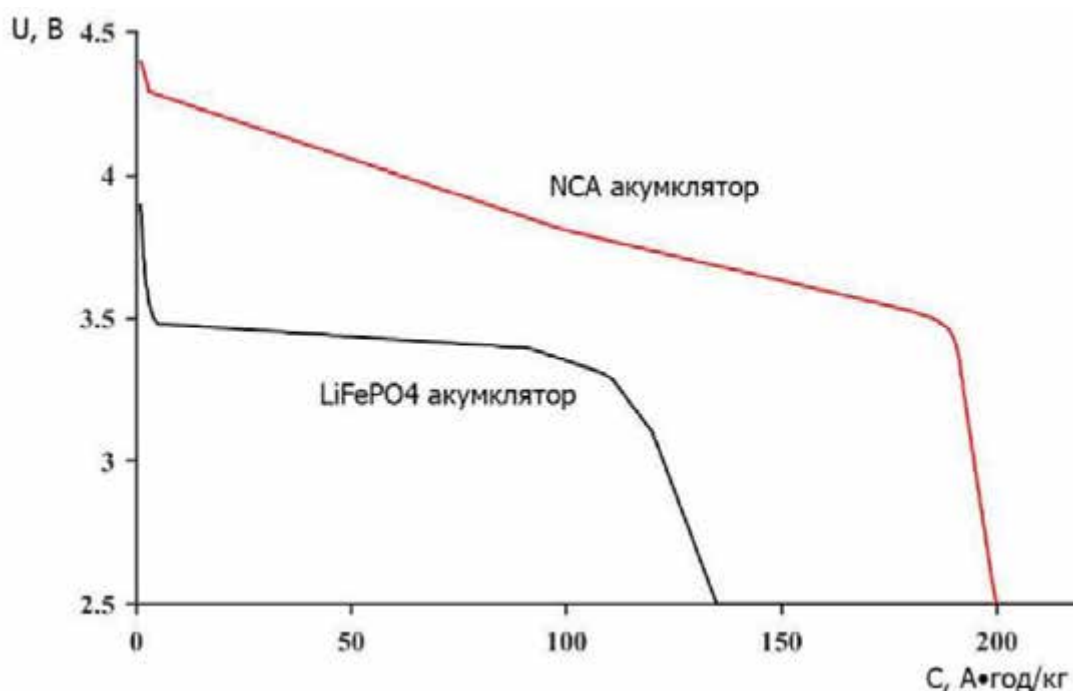


Рисунок 2.6. Напруга на акумуляторі в залежності від питомої ємності акумулятора.

Виходячи з характеристик напруги на клеммах літій-іонних акумуляторів, видно що для  $\text{LiFePO}_4$  майже на всьому діапазоні ємності напруга приблизно однакова, в той час як на NCA напруга постійно змінюється. Тому при виборі  $\text{LiFePO}_4$  необхідно поставити задачу щодо забезпечення точності спрацювання модуля захисту від перезаряду, оскільки похибка в пару десятих вольт призведе до великої різниці в ємності.

## 2.4. Вибір параметрів зарядної станції

Не всі методи зарядження підходять для літій-іонних елементів через їх чутливості до перегріву та чутливості до зміни напруги. У порівнянні з іншими технологіями кількість паразитарних процесів невелика, що зводить до мінімуму переваги використання більш складних методів зарядки. Наприклад, імпульсне зарядження мінімізує утворення газу в елементі, але такої проблеми немає для неводного Li-Ion. Згідно системам акумуляторів електромобілів, перезарядка є найбільшим фактором в скороченні терміну служби акумулятора. Основний модуль балансування буде вмонтований в зарядну станцію, а все інше нічим не буде відрізнятися від вже існуючих. Тому доречно розглянути їх параметри, щоб встановити вимоги до модуля, та параметри для проведення дослідження.

Для акумуляторної батареї в електромобілі рівень потужності зарядного пристрою визначає швидкість зарядки і, отже, необхідний час. У таблиці 2.1 наведені параметри зарядки деяких комерційних електромобілів. Через високу ємності акумулятора для швидкої зарядки слід використовувати зовнішні зарядні пристрої рівня 3.

Таблиця 2.1. Параметри зарядки деяких комерційних автомобілів.

Автомобіль	Виробник акумулятора	Тип акумулятора	Рекомендований струм зарядки, А
Chevrolet Volt PHEV	A 123	LiFePO4	12
Mitsubishi i-MiEV	Toshiba	NCM	8
Nissan Leaf	Nissan AEC	LiFePO4	10
Tesla Roadster	Panasonic	NCA	30-40

Як видно з таблиці в середньому зарядні станції розраховані на зарядку струмом 10А, тому використаємо це значення для нашого дослідження. Тобто орієнтуємось, що зарядна станція, яка наведена у структурній схемі на рисунку 2.7 буде такою ж як уже існуючі на ринку.

На ринку 2.8 представлені різні бренди зовнішніх зарядних пристроїв від таких компаній, як Schneider, Aero Viroment, Nissan і Fuji Electric. Рисунок 2.2 показує кілька прикладів.



Рисунок 2.7 .Структурна схема пристрою зарядження акумулятора.



Рисунок 2.8. Зарядні станції: а) Schneider Electric; б) Aero Viroment; в) Nissan Nsqc-44; г) Efacec Qc50; д) Fuji Electric.

Єдиною відмінністю є те що зарядна станцію буде мати прецизійний модуль балансування рисунок 2.7.

### **Висновки за розділом.**

Для дослідження обрано акумулятор LiFePO<sub>4</sub>, оскільки він має низьку ціну а також завдяки кращій стабільності має тривалий термін служби і високу швидкість зарядки. Відповідно до параметрів розглянутих зарядних станцій для дослідження обрано струм зарядки 10А. На основі переваг в розглянутих способах зарядження акумуляторів прийнято рішення виконувати балансування меншим струмом, що зробить цей процес безпечнішим.

## РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАРЯДЖЕННЯ АКУМУЛЯТОРА З ВИКОРИСТАННЯМ МОДУЛЯ ЗАХИСТУ ТА БАЛАНСУВАННЯ НАПРУГИ

### 3.1. Розробка алгоритму балансування напруги

Зарядна станція, подає струм на акумулятор, в свою чергу модуль балансування, який вмонтований в зарядну станцію, задає режим зарядки (звичайний або режим балансування). Модуль балансування являє собою сучасний BMS пристрій, який має всі необхідні функції для моніторингу за станом комірки, а саме захист від перезаряду та контроль температури. Саме цей модуль в режимі балансування в порядку черги буде підключатись окремо до кожної комірки та дозаряджувати її по більш точним параметрам, а також контролювати температуру комірки, що суттєво важливо на стадії завершення зарядки. Зарядна станція буде з'єднуватись з глобальною мережею та вести аудит зарядки по даному акумулятору, на основі якого в подальших циклах зарядки буде визначатися, за допомогою штучного інтелекту, кращий алгоритм та послідовність зарядки комірок в режимі балансування. Тобто алгоритм зарядки визначається на стороні зарядної станції за допомогою передачі команд на контролер акумулятора, який зображено на рисунку 3.1.



Рисунок 3.1. Структурна схема акумулятора.

В свою чергу контролер формує керуючий сигнал, який подається на схеми керування коміркою, відповідно одна із комірок за допомогою цієї схеми керування буде увімкнена до прецизійного модуля балансування. Модуль захисту комірки аналоговий пристрій, який розглядався в другому розділі, слугує для захисту перезаряду комірки у режимі звичайної зарядки та захисту від розряду комірки до критичної напруги. Отже алгоритм балансування акумулятора наступний:

1. Очікування зарядження всіх комірок акумулятора у звичайному режимі, тобто до тих пір, поки не спрацюють всі модулі захисту від перезаряду. У такому випадку всі комірки заряджаються одночасно, а загальний час зарядки в звичайному режимі рівний часу зарядки комірки, яка заряджалась найдовше.

2. Зміна струму зарядки на менший, як аналізувалось в попередньому розділі, за для безпечнішого завершення зарядки.

3. Вибір не повністю зарядженої комірки для дозарядження модулем балансування, випадковим чином або якщо наявна статистика, тоді за допомогою штучного інтелекту. Якщо всі комірки повністю зарядженні зарядка припиняється, наступні пункти не повторюються.

4. Формування контролером акумулятора сигналу, який подається на всі схеми контролю коміркою (рисунок 3.1) та в якому задана конкретна схема контролю комірки (вибрана в п.3), що переключить комірку до модуля балансування, а всі інші будуть відключенні від зарядки.

5. Періодична перевірка температури на комірниці (функція моніторингу модуля балансування напруги), у випадку коли температура критична, перехід до зарядки наступної комірки (вертаємось в п.3).

6. У разі спрацювання функції перезаряду, в пам'яті контролера позначається, що комірка заряджена повністю і відбувається перехід до наступної комірки (вертаємось в п.3). У дослідженні послідовність вибраних комірок не впливає на результат, оскільки все одно весь час балансування сумується. Додавання пауз в алгоритм для покращення безпеки зарядки не розглядається, оскільки це вже інша задача, в якій потрібно враховувати ще й температуру комірки.

### 3.2. Зарядна характеристика обраного акумулятора LiFePO4

Для розробки методології дослідження необхідна зарядна характеристика обраного елемента живлення. Розглянемо наведену характеристику в специфікації та отримаємо її експериментальним шляхом. Розглянемо зарядну характеристику наведену в специфікації для обраного акумулятора рисунок 3.2.

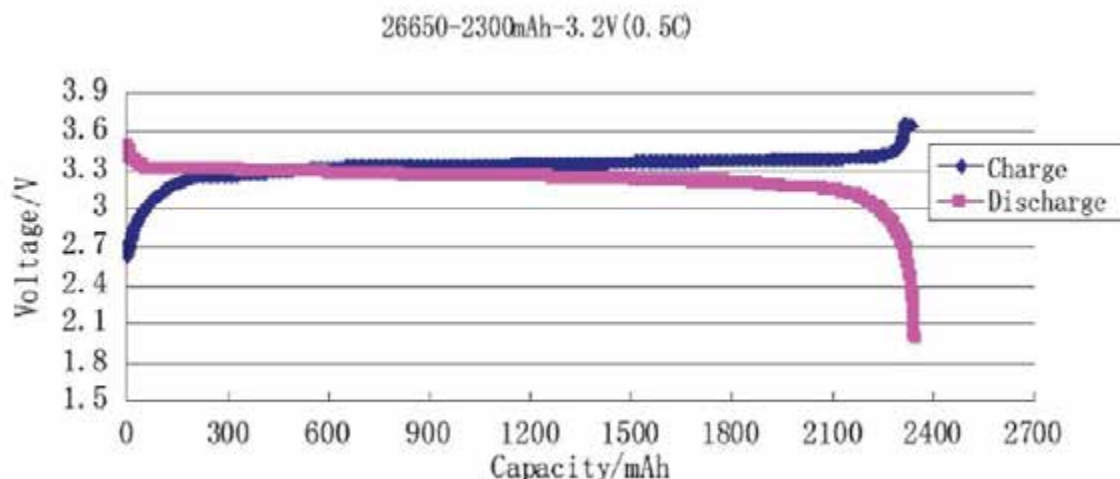


Рисунок 3.2. Зарядна та розрядна характеристика елемента живлення LiFePO4.

Зарядна крива має плавну зміну напруги в залежності від зміни ємності акумулятора, тому для модуля захисту від перезаряду похибка в декілька десятих вольт спровокує великий розкид ємності акумулятора. Оскільки вирішено використовувати дешеву реалізацію схеми захисту для кожної комірки акумулятора цей недолік буде виправляти модуль балансування. Балансування виконується на другій стадії заряду, і як описувалось вище, його потрібно виконувати при меншому струмі, отже буде затрачатись більше часу. До того ж кожна комірка при балансуванні буде заряджатись окремо, тобто цей час ще буде перемножуватись на кількість комірок. Тому виникає необхідність змодельювати та дослідити час зарядки в залежності від розкиду параметрів елементів модуля захисту та встановити обмеження для його точності, які будуть задовольняти маркетингові вимоги проекту.

У відповідності з поставленим завданням виміряно експериментально зарядну характеристику, у якості зразка взято елемент живлення 26650 LiFePO4

ємністю 2400 мА·год [10]. Вимірювання виконується за допомогою пристрою Fenix ARE-C1 [11], пристрій зображено на рисунку 3.2.



Рисунок 3.2 Пристрій зарядки та вимірювання параметрів акумулятора  
Пристрій заряджає елемент та виводить екран значення напруги та ємності акумулятора. Схема вимірювання зображена на рисунку 3.3.

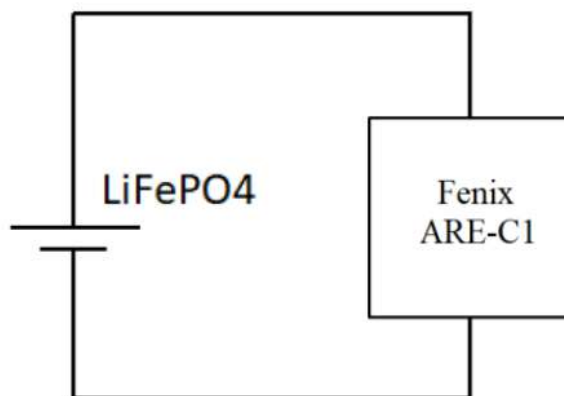


Рисунок 3.3 Схема вимірювання ємності та напруги елемента живлення  
Результати виміру занесено в таблицю 3.1. Отримуємо наступний графік рисунок 3.4.

Для апроксимації побудуємо залежність  $C(U)$  на ділянці напруги 3,25-3,65 та за допомогою Excel побудуємо лінію тренда. Експериментальним шляхом визначено, найкраще підходить поліноміальна апроксимація 3 степеню, результати побудови на рисунку 3.5.

Поліноміальна апроксимація використовується для опису величин, що поперемінно зростають. Вона корисна для аналізу даних, які мають нестабільну величину. Ступінь полінома визначається кількістю екстремумів кривої. Поліном третього ступеня має один або два екстремуми.

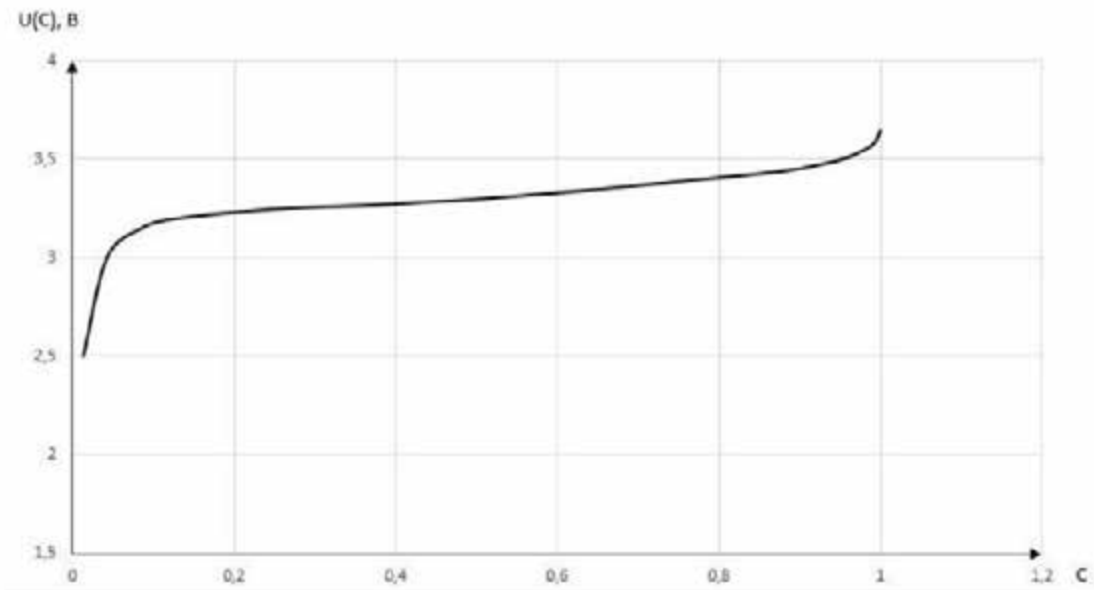


Рисунок 3.4 – Зарядна характеристика для 26650 LiFePO4.

Експериментально знята крива відповідає характеристиці в специфікації для даного елемента [10].

Таблиця 3.1. Результати вимірювання ємності та напруги елемента живлення.

<b>U,В</b>	<b>C<sub>абс</sub>, мАгод</b>	<b>C,%</b>
2,5	30	1,25
3,0	100	4,17
3,15	200	8,33
3,2	300	12,5
3,25	600	25,0
3,27	900	37,5
3,3	1200	50,0
3,34	1500	62,5
3,39	1800	75,0
3,44	2100	87,5
3,47	2200	91,67
3,51	2300	95,83
3,58	2380	99,17
3,65	2400	10,0

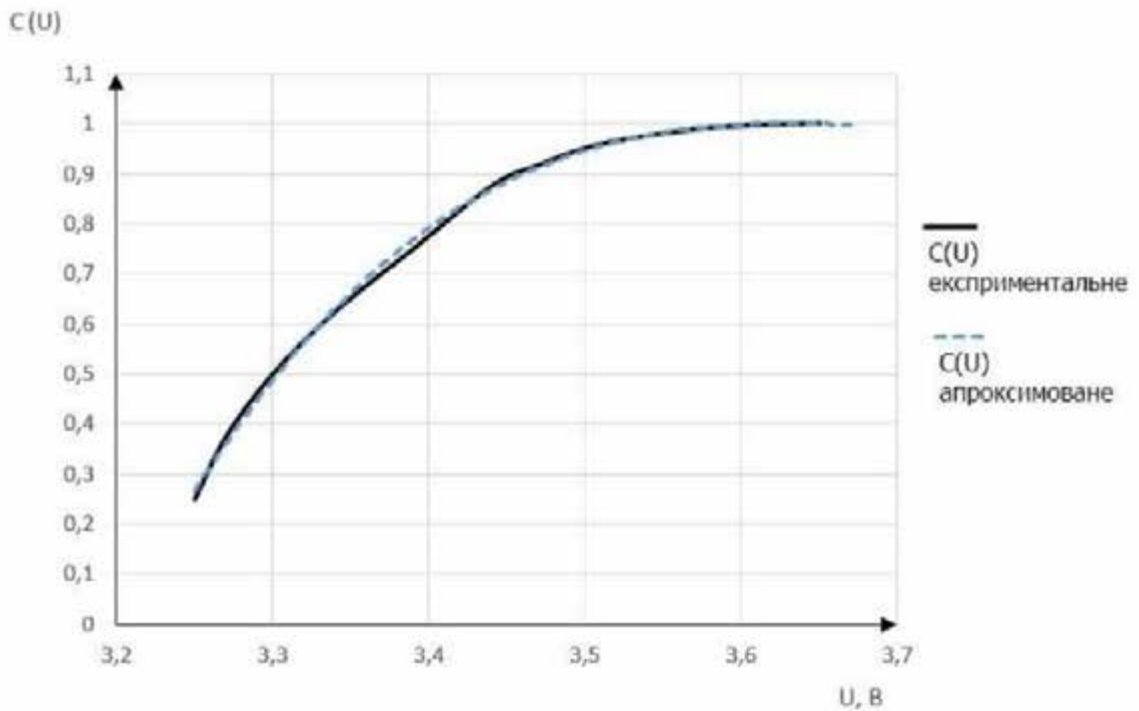


Рисунок 3.5 – Експериментальна та апроксимована характеристика заряду на ділянці напруги 3,25-3,65 В. За допомогою Excel отримуємо наступну апроксимовану функцію:

$$C(U) = 7,5851U^3 - 8,4803U^2 + 315,83U - 390,83 \quad (3.1)$$

На обраній ділянці апроксимована функція майже повністю співпала з експериментальною.

### 3.3. Методологія дослідження

Вхідні дані:  $I_1$  – струм зарядки акумулятора у звичайному режимі. Як аналізувалось в другому розділі в середньому зарядні станції заряджають струмом 10А, тому для дослідження обрано саме таке значення.  $I_2$  – струм зарядки акумулятора у режимі балансування, як описувалось вище, за для компромісу між швидкістю і безпекою краще завершувати зарядку з меншим струмом, тому для дослідження обрано 5А.

$C_a$  – абсолютна ємність комірки. Для дослідження обрано 10 А·год для всіх комірок.  $Y$  – максимальне відхилення модуля захисту. Значення відносно якого проводиться дослідження. Тобто, якщо потрібно провести дослідження для модуля захисту з точністю  $\pm 5\%$ , то  $Y=0,05$ .  $U_n$  – номінальна напруга, при

якій спрацьовує модуль захисту (без урахування точності модуля). Дослідження проводиться для 16 комірок, для дослідження обрано наступні дані таблиця 4.2

Таблиця 4.2. Дані для дослідження 16-ти комірок.

Номер модуля	Початкова відносна ємність комірки, %	Глибина відхилення, %
1	0	0,00
2	50	0,00
3	30	0,05
4	10	0,10
5	40	0,20
6	20	0,30
7	50	0,50
8	5	0,80
9	10	1,00
10	50	-0,05
11	10	-0,10
12	40	-0,20
13	20	-0,30
14	30	-0,50
15	15	-0,80
16	5	-1,00

Початкова відносна ємність комірки  $C_0$  вибрана випадковим чином. Як видно з таблиці обраний один із найгірших варіантів, де комірки суттєво розбалансовані.

Глибина відхилення  $H$  (значення від -1,00 до 1,00) коефіцієнт, який показує у скільки разів відхилення на поточній комірці менше від заданого максимального  $Y$ , а знак визначає в яку сторону буде відхилення на поточній комірці. Тобто можна записати так:

$$H_i = \frac{Y_i}{Y},$$

де  $Y_i$  значення точності модуля захисту для поточної комірки Глибина відхилення обрана довільним чином, так щоб охопити весь діапазон відхилень для заданої в дослідженні точності, тобто щось походить до ряду фібоначі. Відповідно точна напруга, при якій спрацює модуль захисту розраховується наступним чином:

$$U_i = Y_i \cdot U_H,$$

де  $U_{п}$  - номінальна напруга, при якій спрацьовує модуль захисту. За допомогою формули 3.1 розраховуємо відносну ємність комірок  $C_{1i}(U_i)$  перед режимом балансування. Відповідно час зарядки таких комірок визначається як:

$$t_{1i} = \frac{(C_{1i} - C_0) \cdot C_a}{I_1},$$

Час балансування розраховується наступним чином:

$$t_{2i} = \frac{(1 - C_{1i} - C_0) \cdot C_a}{I_2}$$

Загальний час зарядки акумулятора розраховується:

$$t = \max(t_u) + \sum t_{2i}$$

Оскільки у звичайному режимі комірки заряджаються одночасно, тому береться час комірки з найдовшою зарядкою/

### 3.4. Результати досліджень

По розробленій методиці та вхідних даних проведемо дослідження. Отримаємо наступні діаграми:

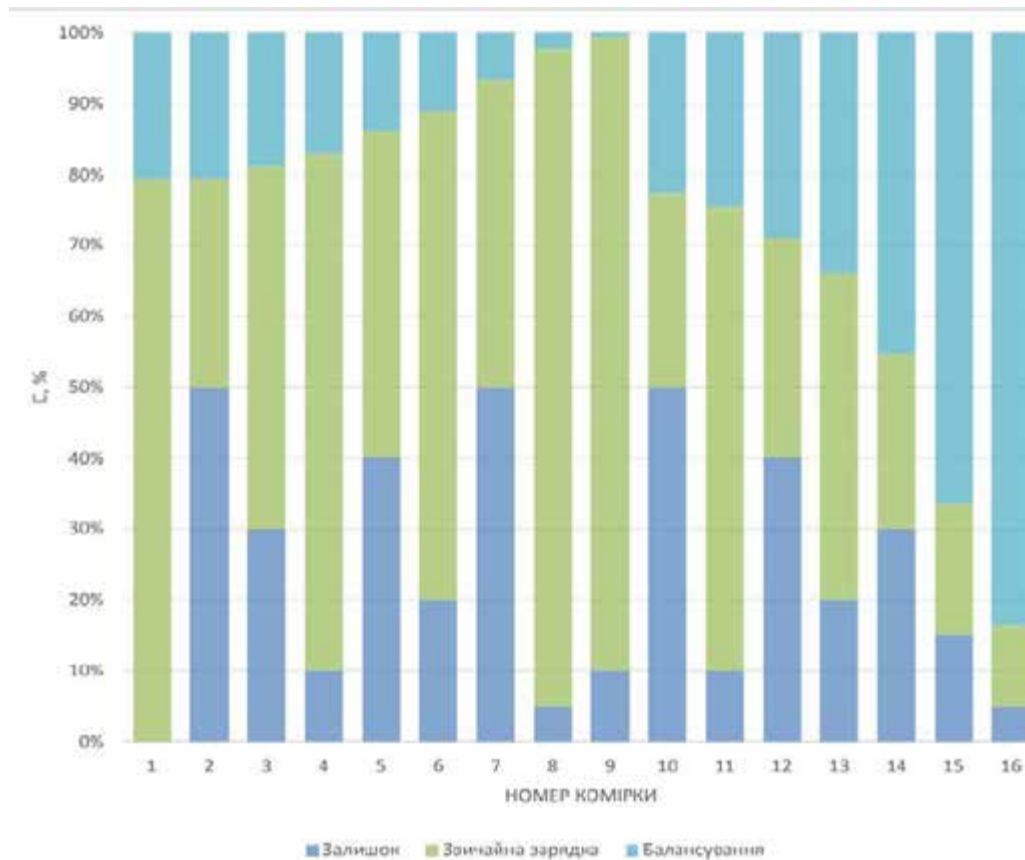


Рисунок 3.6 – Дослідження №1.

Напруга переходу в режимі балансування  $3,4 \text{ В} \pm 5\%$  ( $U_{\text{мін}} = 3,23 \text{ В}$ ;  $U_{\text{макс}} = 3,57 \text{ В}$  ). Час повної зарядки 9,26 год. Діаграма заряду зображена на рисунку 3.6.

Як видно на 9 та 16 комірках(де найгірша точність модуля захисту) звичайна зарядка припиниться буде тривати майже до кінця у першому, а у другому припиниться при 20% і решту ємності дозарядить модуль балансування. Такий варіант не підходить.

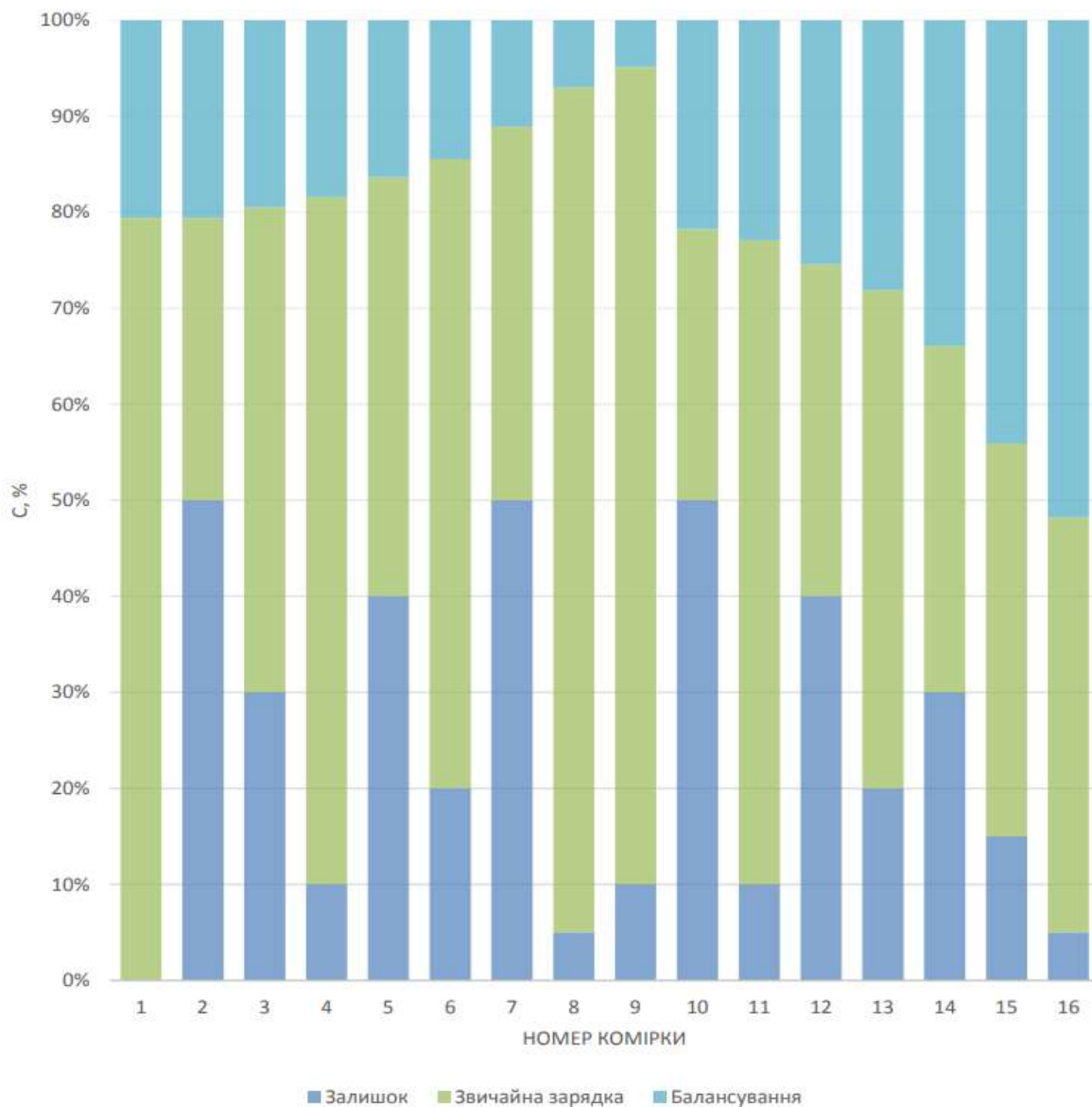


Рисунок 3.7 – Дослідження №2.

Напруга переходу в режимі балансування  $3,4 \text{ В} \pm 3\%$  ( $U_{\text{мін}} = 3,30 \text{ В}$ ;  $U_{\text{макс}} = 3,50 \text{ В}$  ). Час повної зарядки 8,10 год. Діаграма заряду зображена на рисунку 3.7. Ситуація краща ніж у попередньому дослідженні, але на 9 та 16 комірках все одно не задовільні результати.

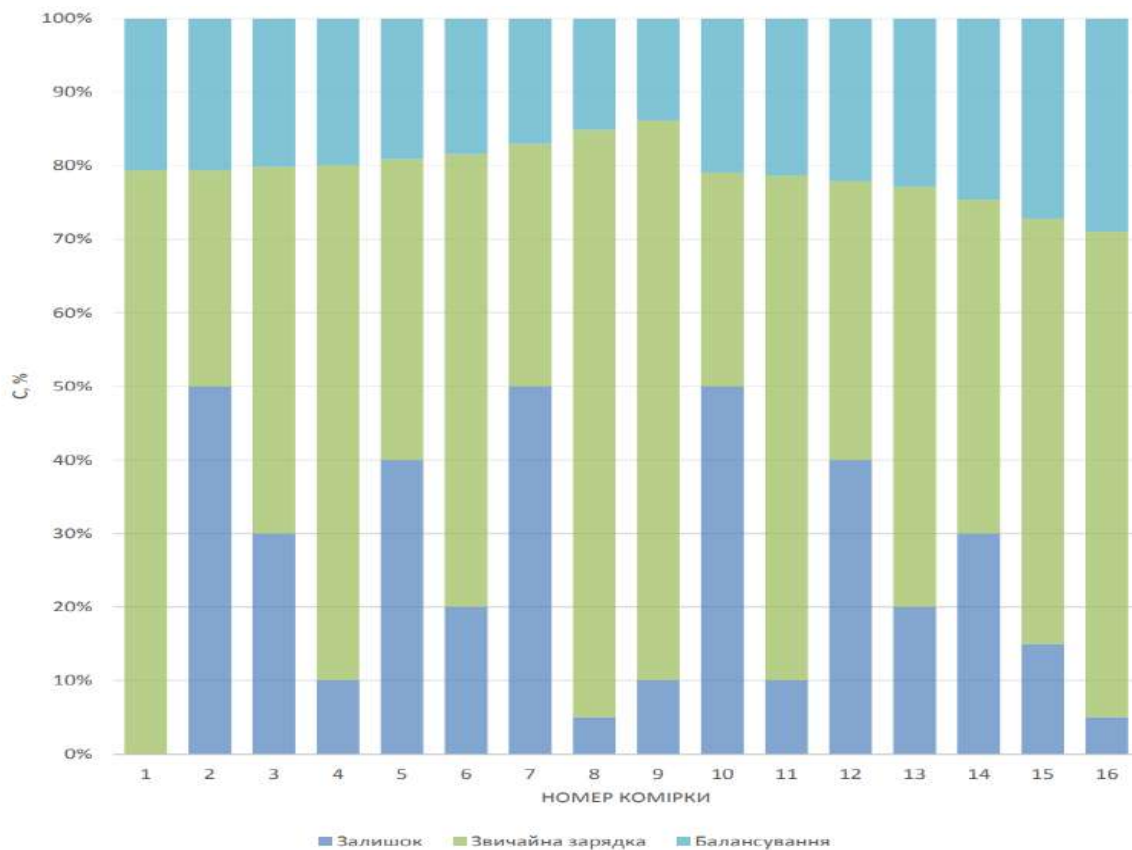


Рисунок 3.8 – Дослідження №3

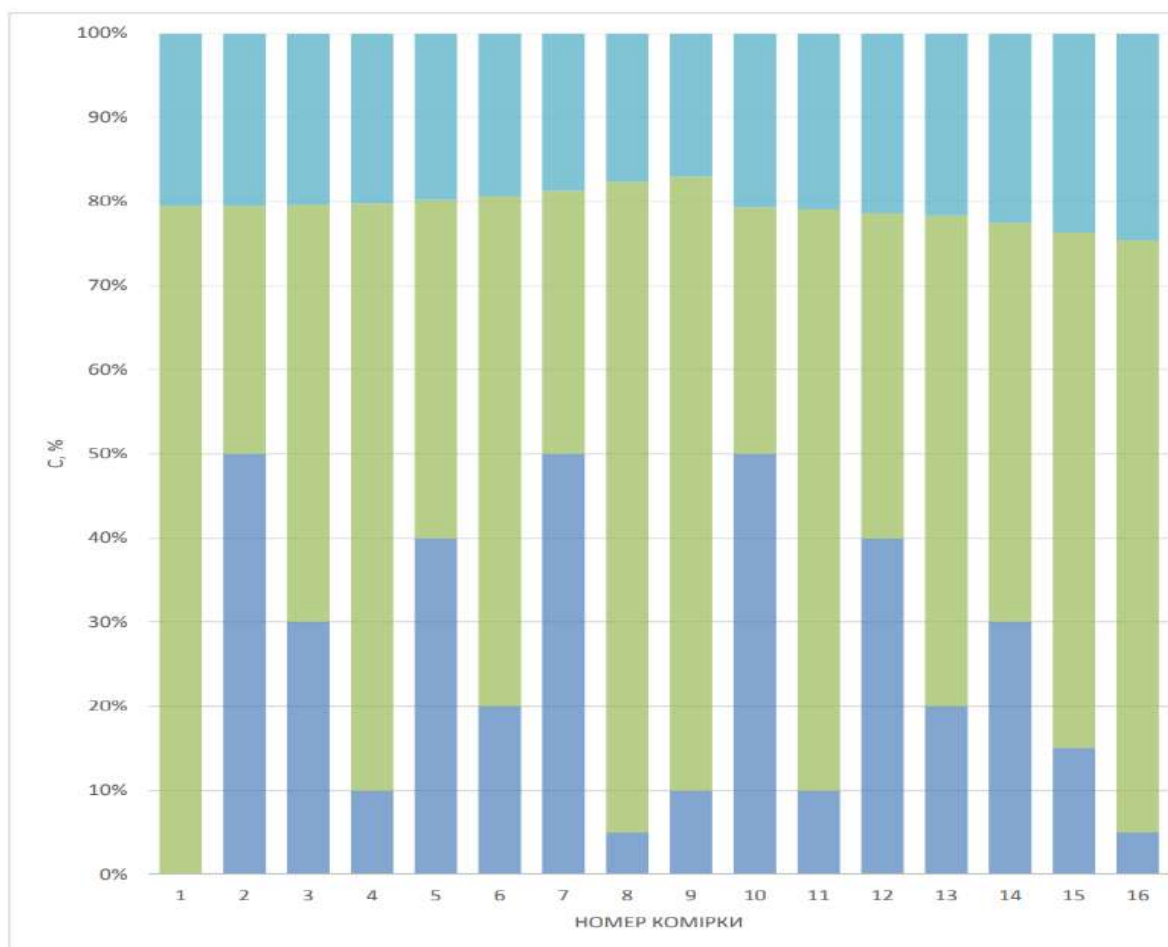


Рисунок 3.9 – Дослідження №4

Напруга переходу в режимі балансування  $3,4 \text{ В} \pm 1\%$  ( $U_{\text{мін}} = 3,37 \text{ В}$ ;  $U_{\text{макс}} = 3,43 \text{ В}$  ). Час повної зарядки 7,46 год. Діаграма заряду зображена на рисунку 3.8. Результат набагато кращий, але вимоги до точності модулів захисту за високі.

Напруга переходу в режимі балансування  $3,4 \text{ В} \pm 0,5\%$  ( $U_{\text{мін}} = 3,38 \text{ В}$ ;  $U_{\text{макс}} = 3,542 \text{ В}$  ). Час повної зарядки 7,40 год. Діаграма заряду зображена на рисунку 3.9. Час повної зарядки майже не змінився у порівнянні з попереднім дослідженням, але вимоги до модуля захисту зросли, отже немає сенсу проводити дослідження для більшої точності.

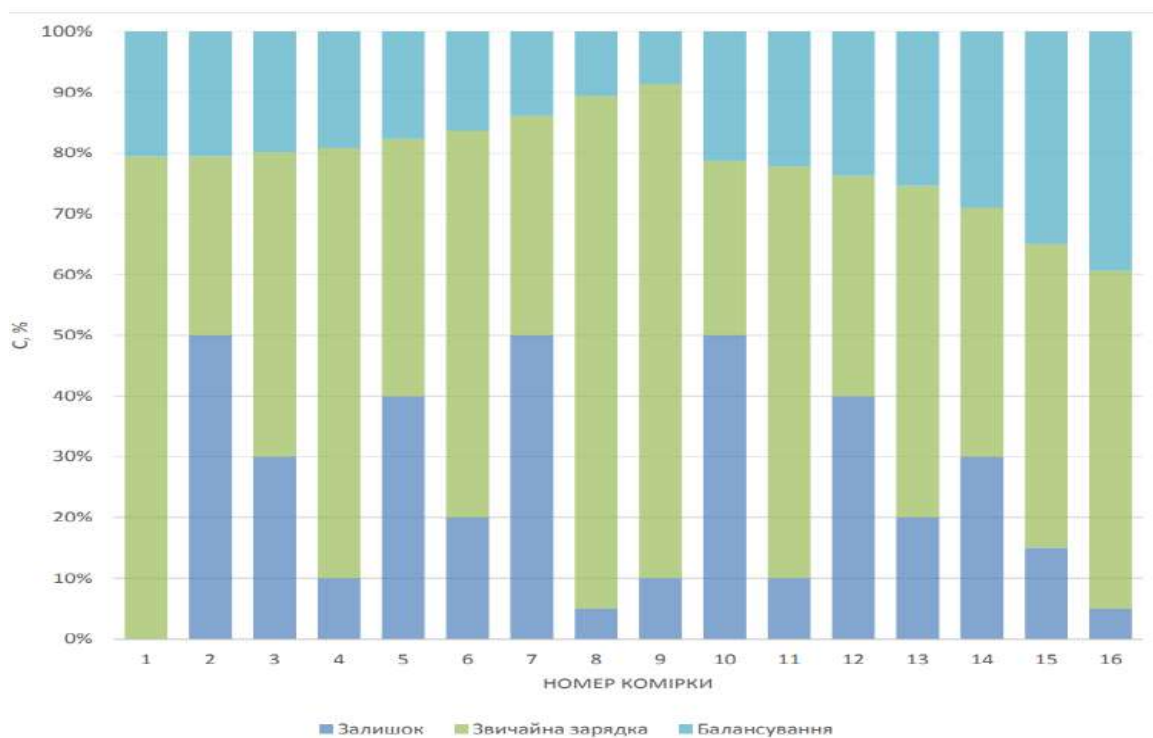


Рисунок 4.10 – Дослідження №5

Напруга переходу в режимі балансування  $3,4 \text{ В} \pm 2\%$  ( $U_{\text{мін}} = 3,33 \text{ В}$ ;  $U_{\text{макс}} = 3,47 \text{ В}$  ). Час повної зарядки 7,71 год. Діаграма заряду зображено на рисунку 4.10. Найбільш підходящі значення у дослідженні №5. Час зарядки не набагато більший ніж в точніших модулів захисту і точність модулів захисту задовольняють маркетингові вимоги стартап проєкту, а розкид значень напруги не переходить критичні значення для обраного елемента живлення. Тобто модуль захисту від перезаряду спрацьовує на безпечному рівні заряду, після чого вступає в роботу модуль балансування.

## РОЗДІЛ 4. МАРКЕТИНГОВИЙ АНАЛІЗ ПРОПОНОВАНОГО ВПРОВАДЖЕННЯ

### 4.1. Опис ідеї впровадження

Проаналізуємо зміст ідеї впровадження, можливі напрямки застосування, основні вигоди які може отримати користувач товару та відмінності від існуючих аналогів та замінників.

Таблиця 4.1. Опис ідеї впровадження.

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Альтернативний, швидкий спосіб скористатись енергією для електромобіля	Особисті	Не витратити свій час на зарядку електромобіля. Не піддавати зносу свій акумулятор.
	Комерційні	

. Конкурентами є компанії які надають у користування власний автомобіль. Вагомою перевагою представленого стартапу є політика користування та не висока вартість, а також зручність.

Таблиця 4.2. Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї впровадження

№ п/п	Техніко-економічні характеристики ідеї	Товари конкурентів		W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
		Проект впровадження	Конкурент			
	Простота користування					✓
	Швидкий сервіс					✓
	Дешевизна послуг					✓

## 4.2 Технологічний аудит ідеї впровадження

У межах даного підрозділу проводиться аудит технології, за допомогою якої можна реалізувати ідею проекту. Для реалізації цього проекту потрібно вибрати мову програмування чи середовище програмування.

Оглянуто три варіанти:

1. Mathcad — система комп'ютерної алгебри з класу систем автоматизованого проектування, орієнтована на підготовку інтерактивних документів з обчисленнями і візуальним супроводженням, відрізняється легкістю використання і застосування для колективної роботи.

2. Microsoft Excel - це програма, призначена для роботи з електронними таблицями, яка дозволяє зберігати, організовувати і аналізувати інформацію. дозволяє працювати з різними форматами даних.

3. Мова програмування JavaScript — динамічна, об'єктно-орієнтована мова програмування. Реалізація стандарту ECMA Script. Найчастіше використовується для створення сценаріїв веб-сторінок, що надає можливість на стороні клієнта (пристрої кінцевого користувача) взаємодіяти з користувачем, керувати браузером, асинхронно обмінюватися даними з сервером, змінювати структуру та зовнішній вигляд веб-сторінки.

Таблиця 4.3. Технологічна здійсненність проекту впровадження.

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технології	Доступність технології
1	Дослідження процесу зарядки акумулятора та балансування комірок, при різних параметрах схем захисту	Mathcad	Так	Так
2		Microsoft Excel	Так	Так
3		JavaScript	Ні	Так
Обрана технологія реалізації ідеї проекту: Microsoft Excel				

### 4.3 Аналіз ринкових можливостей запуску проекту впровадження

Наведемо визначення ринкових можливостей, які можна використати під час ринкового впровадження проекту, та ринкових загроз, які можуть перешкодити реалізації проекту. Визначення ринкових можливостей дозволяє спланувати напрями розвитку проекту із урахуванням стану ринкового середовища, потреб потенційних клієнтів та пропозицій проектів-конкурентів.

Таблиця 4.4. Попередня характеристика потенційного ринку проекту впровадження

№ п/п	Показники стану ринку	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	1000
2	Загальний обсяг продаж, ум. од.	Невідомий
3	Динаміка ринку	Зростає
4	Наявність обмежень для входу	Невідома
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Існують
6	Середня норма рентабельності в галузі, %	Невідома

За результатами аналізу важно зробити висновок щодо привабливості для входження за попереднім оцінюванням. Визначимо потенційні групи клієнтів.

Таблиця 4.5. Характеристика потенційних клієнтів проекту впровадження

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1	Зручність сервісу, зростання електромобілів на ринку	Власники автомобілів, маршрутне таксі, громадський транспорт	Невідомі	Доступність

Проведемо аналіз ринкового середовища: складемо таблиці факторів, що сприяють ринковому впровадженню проекту, та факторів, що йому перешкоджають.

Таблиця 4.6. Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Новий тип акумуляторів	Новий тип може вирішити проблему із швидкістю зарядки, або покращити зносостійкість акумулятора	. Вихід з ринку

Таблиця 4.7 Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Нові вимоги до живлення електромобілів	Зміна електричних характеристик	Розроблення різних моделей продукції

Проведемо аналіз пропозиції: визначимо загальні риси конкуренції на ринку.

Таблиця 4.8. Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства
Тип конкуренції - монополістична	Одне підприємство майже зайняло усю нішу	Значний
За рівнем конкурентної боротьби - національне	Дане підприємство відомо по усьому світу	Значний
За галузевою ознакою - внутрішньогалузева	Конкуренція виконується в рамках однієї галузі	Значний
Конкуренція за видами товарів - невідомо		
За характером конкурентних переваг - цінова	Товар даного підприємства має дуже високу вартість	Значний
За інтенсивністю - невідомо		

Проведемо більш детальний аналіз умов конкуренції у галузі.

Таблиця 4.9. Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товаризамінники
	Невідомо	Послуги таксі, оренда автомобілів	Невідомо	Невідомо	Невідомо
Висновки	Невідомо	Є можливість виходу на ринок	Невідомо	Невідомо	Невідомо

За результатами аналізу можна зробити висновок, що працювати на даному ринку можна незважаючи на конкурентну ситуацію. Для поширення продукту він повинен володіти рядом факторів, які відрізняють його від існуючого конкурента. Перелічимо фактори конкурентоспроможності.

Таблиця 4.10 — Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування
1	Простота користування	Дана розробка не вимагає від користувача особливих знань у галузі
2	Дешевизна послуг	Електрична енергія дешевша, ніж паливо
3	Швидкий сервіс	Розраховуються найкращі показники для конкретного проекту

Проведемо аналіз сильних та слабких сторін проекту впровадження.

Таблиця 4.11. Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін проекту

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів - конкурентів у порівнянні з проектом, що розробляється							
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	
1	Простота користування	15					✓			
2	Дешевизна послуг	10		✓						
3	Швидкий сервіс	15			✓					

Проведемо SWOT-аналіз.

Таблиця 4.12. SWOT-аналіз проекту впровадження

Сильні сторони: користування Швидкий сервіс	Простота послуг Дешевизна	Слабкі сторони: Невідома компанія Відсутність стартового капіталу
Можливості: Нові технології	Розширення функціоналу	Загрози: Послуги-замінники

З огляду на SWOT-аналіз можна прийти до висновку що нема потреби розробляти альтернативи ринкового впровадження цього проекту.

#### 4.4 Розроблення ринкової стратегії проекту впровадження

Розроблення ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку, а саме опис цільових груп потенційних споживачів.[9].

Таблиця 4.13. Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Власники електромобілів	Готові	Високий	У сегменті значна конкуренція	Важко
2	Комерційні працівники	Готові	Високий	У сегменті не значна конкуренція	Важко
Які цільові групи обрано: науковці, розробники радіоелектронної апаратури					

Для роботи в обраних сегментах ринку сформулюємо базову стратегію розвитку.

Таблиця 4.14. Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції	Базова стратегія ринку
1	Диференційований маркетинг	Простота, дешевизна, швидкодія	Стратегія спеціалізації

Виберемо конкурентну поведінку.

Таблиця 4.15. Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопроходьцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкуренту?	Стратегія конкурентної поведінки
1	Так	Так	Ні	Заняття конкурентної ніші

Розробимо стратегію позиціонування, що полягає у формуванні ринкової позиції, за яким споживачі мають ідентифікувати проект.

Таблиця 4.16. Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного проекту впровадження	Вибір асоціацій, які мають сформулювати комплексну позицію власного проекту
1	Зручність			

#### 4.5 Розроблення маркетингової програми проекту впровадження

Сформуємо маркетингову концепцію товару, який отримає споживач.

Таблиця 4.17. Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами
1	Розходи електромобіля	Не втрачати час на зарядку електромобіля	Швидкодія

Таблиця 4.18. Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові
1. Товар за задумом	Послуга зарядженого акумулятора
2. Товар у реальному виконанні	Являє собою мережу зарядних станцій та оборот акумуляторів для оренди
3. Товар із підкріпленням	До продажу: невідомо
	Після продажу: невідомо

Визначимо цінові межі, якими необхідно керуватись при встановленні ціни на товар.

Таблиця 4.19. Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товаризамінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар
1	100-500 ум. од.	Невідомо	Високий	50-200 ум. од.

Визначимо оптимальну систему збуту.

Таблиця 4.20. Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1	Невідома	Вільний доступ до товару	Невідома	Вільний доступ до товару

Розробимо концепцію маркетингових комунікацій

Таблиця 4.21. Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
1	Невідома	Інтернет, наукові публікації	Можливості проекту	Донести про можливість проекту	Донесення про можливість та сильні сторони проекту

**Висновки за розділом.** За результатами проведеного аналізу можна зробити висновок, що є можливість ринкової комерційності проекту оскільки на ринку є попит на таку сферу послуг.

## РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Оскільки ця робота має дослідницький напрям, що вимагає застосування засобів обчислювальної техніки, основну увагу було приділено питанням щодо забезпечення безпеки та комфортних умов на робочих місцях користувачів ВДТ ЕОМ з урахуванням вимог ДСТУ.9241:6-2004, ДСанПІН 3.3.2.007-08 та ДНАОП 0.00-1.31-99. В даному розділі визначені основні потенційно небезпечні і шкідливі фактори, що виникають під час роботи виконання науково дослідницької роботи. Розглянуто вплив цих факторів на користувачів ВДТ ПЕОМ. Також запропоновано відповідні технічні рішення та організаційні заходи безпеки і гігієни праці, та визначено основні дії з безпеки в надзвичайних ситуаціях.

### **5.1 Визначення основних і шкідливих виробничих небезпек.**

Основні небезпечні та шкідливі фактори при проведенні наукових досліджень, які пов'язані з використанням ПЕОМ, є такі: – електромагнітне випромінювання радіочастотного діапазону; – недостатня освітленість робочих місць; – електростатичне поле ВДТ ПЕОМ; – випромінювання оптичного діапазону(ультрафіолетове, інфрачервоне і випромінювання видимого діапазону); – тривале перебування в положенні сидячи, що викликає застійні явища в організмі людини; – підвищений рівень шуму; – наявність шкідливих речовин в повітрі робочої зони; – можливість виникнення надзвичайних ситуацій; – група психофізичних факторів: перевантаження фізичне та психологічне;

### **5.2. Технічне рішення та організаційні заходи з безпеки і гігієни праці та виробничої санітарії.**

#### **5.2.1. Електробезпека**

Відповідно до ДСТУ 12.2.007.0-75 електроустаткування в робочому приміщенні (крім ВДТ ПЕОМ - II клас та вимірювальної техніки — 0I клас) відноситься до I класу, так як воно має робочу ізоляцію відповідно до ДСТУ

12.1.009-76 і підключається до електромережі за допомогою трьохконтактних вилок, один з виводів яких підключений до заземленого виводу розетки. Підключення устаткування виконане відповідно до вимог ПУЕ й ДНАОП 0.00-1.21-98. Робоче приміщення нежарке, сухе, відноситься до класу приміщень без підвищеної небезпеки поразки персоналом електричним струмом, оскільки відносна вологість повітря не перевищує 75%, температура не більше 35°C, відсутні хімічно агресивні середовища (ПУЕ-87, ПБЕ й ОНТП24-86), а також відсутня можливість одночасного дотику до металоконструкцій будівлі, що мають контакт із землею, та до струмопровідних елементів електроустаткування. Живлення електроприладів у робочому приміщенні здійснюється від трьохфазної мережі із глухозаземленою нейтраллю напругою 220 В і частотою 50 Гц із використанням автоматів струмового захисту. У приміщенні застосована схема занулення. Для зменшення значень напруг дотику й відповідних їм величин струму, при нормальному й аварійному режимах роботи електроустаткування необхідно виконати повторне захисне заземлення нульового дроту. Виконаємо електричний розрахунок електромережі на перевірку вимикаючої здатності автоматів струмового захисту. Розрахунок на вимикаючу здатність, включає визначення значення струму К.З. і перевірку кратності його стосовно номінального струму пристроїв максимального струмового захисту. Вихідні дані для розрахунку: а)  $U_{\phi} = 220\text{В}$  — фазова напруга;

б) кабель чотирьох жильний, матеріал — алюміній ( $\rho = 0,028 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2 / \text{м}$ );  
 в) відстань від трансформатора до споживача ( $L$ ) = 150 м; г) номінальний струм спрацьовування автомата захисту ( $I_{\text{ном}}$ ) = 15 А. Струм однофазного К.З. визначається по формулі:

$$I_{\text{кз}} = \frac{U_{\phi}}{R_{\phi} + R_0 + \frac{Z_m}{3}} = \frac{220}{2,3 + 2,4 + 0,16} = 45 \text{ А}$$

де:  $R_{\phi} = 2,3 \text{ Ом}$  - активний опір фазного проводу;

$R_0 = 2,4 \text{ Ом}$  - активний опір нульового проводу;

$Z_{m/3} = 0,16 \text{ Ом}$ — розрахунковий опір трансформатора потужністю 250 Вт.

Кратність струму однофазного короткого замикання стосовно номінального струму спрацювання автомата захисту. Для надійної роботи автомата захисту повинна виконуватись наступна:

$$K = \frac{I_{\text{кз}}}{I_{\text{ном}}} = 1,4$$

де  $I_{\text{кз}}$  - струм короткого замикання;  $I_{\text{ном}}$  - номінальний струм спрацювання автомата захисту ( $I_{\text{ном}} = 20 \text{ А}$ ). Підставивши значення отримаємо

$$K = 2,25$$

З розрахунків видно, що при однофазному К.З. автомат струмового захисту буде надійно спрацювати.

При однофазному К.З. максимальне значення напруги яка появиться на корпусі при аварійному режимі за час спрацювання максимального струмового захисту,  $U_{\text{max}}$ . щодо землі:  $U_{\text{max}} = I_{\text{кз}} R_0 = 45 \cdot 2,4 = 108 \text{ В}$ . Ця напруга менша  $U_{\text{доп}} = 500 \text{ В}$  ( $t_{\text{ді}} < 0,1 \text{ сек.}$ ) згідно ГОСТ 12.1.038-88. З метою зниження  $U_{\text{max}}$ . як у нормальному, так і у аварійному режимі варто використовувати повторне заземлення нульового дроту.

Струм короткого замикання (КЗ) визначається за формулою:

$$I_{\text{кз}} = \frac{U_{\phi}}{(R_{\phi} + R_{\text{н}} + Z_{\text{T}})} \quad (5.1)$$

де  $U_{\phi}$  - фазова напруга мержі, становить 220 В;  $R_{\phi}$  - опір фазового проводу, становить 1,6 Ом;  $R_{\text{н}}$  - опір нульового проводу, становить 0,1 Ом; Підставимо значення у формулу (5.1), остаточно отримаємо:

$$I_{\text{кз}} = \frac{220}{(1,6 + 1,6 + 0,12)} \approx 66,26 \text{ А}$$

Для надійного спрацювання автоматів струмового захисту необхідно, щоб виконувалась умова

$$I_{\text{кз}} \geq 1,4 \cdot I_{\text{авт.макс}}$$

Відповідно, струм відключення автомата  $I_{\text{авт.}}$  повинен бути не більше:

$$I_{\text{авт.макс}} = \frac{I_{\text{кз}}}{1,4} = \frac{66,26}{1,4} \approx 47,32 \text{ А}$$

Мережа в робочому приміщенні обладнана автоматом струмового захисту, розрахованого на струм  $I_{авт} = 15$  А. Таким чином, струм КЗ при виникненні аварійної ситуації в ( $I_{кз}/I_{авт} = 66,26/15 \approx 4,42$ ) рази перевищує номінальний струм спрацювання автомату, що задовольняє встановленим нормам.

Напруга дотику до зануленого обладнання визначають за формулою:

$$U_{дот} = I_{кз} \cdot R_{н} = 66,26 \cdot 1,6 \approx 106,01 \text{ В}$$

Напруга дотику ( $U_{дот} < U_{доп} = 500 \text{ В}$ ) за час спрацювання автоматів струмового захисту ( $t < 0,1 \text{ с}$ ) не перевищує допустимого значення, що відповідає вимогам ДСТУ 12.1.038-88.

### **5.2.2 Вимоги щодо організація робочих місць для ВДТ ПЕОМ**

Комп'ютерна техніка, яка встановлена в даному приміщенні - сучасна, виконана з необхідними вимогами щодо охорони праці. Наприклад відеомонітри мають тип LR/NI (Low Radiation), особливістю якого є низький рівень випромінювання екрана монітору. Тип NI (Non-Interlaced) має послідовне розгорнення, що сприяє меншому стомленню очей при роботі з ВДТ. ВДТ ПЕОМ являється джерелом як електромагнітних випромінювань (м'якого рентгенівського, ультрафіолетового, інфрачервоного та радіочастотного діапазону) так і електричного поля. ВДТ ПЕОМ - це пристрій, який створений для візуального відображення інформації, яка була збережена електронним засобом. Складається з: дисплейного екрана, системного блока обробки виведеної інформації і клавіатури. При неправильному положенні під час тривалої роботи за комп'ютером, можна викликати в організмі людини такі види фізіологічних захворювань, як сколіоз — дугоподібне викривлення хребта, чи остеохондроз - дистрофічний процес у кістковій та хрящовій тканині. Частіше всього користувачі комп'ютерної техніки скаржаться на біль у руках, плечових суглобах, шиї, у верхній частині ніг та у спині. Основні симптоми захворювань, що пов'язані з постійним інтенсивним використанням клавіатури, це больові відчуття у суглобах та м'язах кистей рук, оніміння та

дуже повільна рухливість пальців, судоми м'язів кистей рук, поява ниючого болю в ділянках зап'ястя. Саме праця за клавіатурою потребує найбільш інтенсивної динамічної роботи кістково-м'язового апарату кистей рук і одночасного статичного напруження м'язів передпліччя і плеча. Виконання однотипних, фізично неважких рухів кистей, що здаються зовсім не обтяжливими для людини, можуть призвести навіть до функціональних змін в її організмі, при цьому розвиватися вони можуть непомітно протягом декількох років.

Слід зауважити, що не тільки робота за клавіатурою призводить до даного виду порушень в організмі. Як згадувалось вище, використання в роботі такого пристрою як "миша" також несприятливо впливає на організм користувача комп'ютерної техніки. Маніпулюючи нею людина здійснює велику кількість дрібних однотипних рухів, що призводить до постійного навантаження на кисть руки, передпліччя та плече. Все це обумовлює появу неприємних, а згодом і болісних відчуттів у ділянці зап'ястка, у ліктьовому і особливо плечовому суглобах. Таким чином, можна констатувати, що основне перенапруження опорнорухової системи людини при роботі з комп'ютерною технікою спричиняється, в першу чергу багатогодинною напруженою роботою в одноманітному положенні сидючи, а значить і обмеженою загальною руховою активністю (гіподинамією), а також однотипним інтенсивним циклічним навантаженням, які мають місце при роботі з клавіатурою та з пристроєм типу "миша". Крім того, праця користувачів персональних комп'ютерів супроводжується активізацією уваги й інших вищій психічних функцій, а також може супроводитися порушенням режиму праці і відпочинку.

### **5.2.3 Правила безпеки під час експлуатації електроннообчислювальних машин**

Правила безпеки під час експлуатації ВДТ ЕОМ регламентуються ДСТУ ISO 9241:6-2004 та ДНАОП 0.00—1.31—99, які встановлюють вимоги безпеки та санітарно-гігієнічні вимоги до обладнання робочих місць користувачів ЕОМ і працівників, що виконують обслуговування, ремонт та налагодження ЕОМ, та

роботи з застосуванням ЕОМ, відповідно до сучасного стану техніки та наукових досліджень у сфері безпечної організації робіт з експлуатації ЕОМ та з урахуванням положень міжнародних нормативно-правових актів з цих питань (директиви Ради Європейського союзу 90/270/ЄЕС, 89/391/ЄЕС, 89/654/ЄЕС, 89/655/ЄЕС, стандарти ISO, МРПІІ).

#### **5.2.4 Відповідність параметрів мікроклімату в робочій зоні санітарним нормам**

Для нормалізації мікроклімату, згідно з ДСН 3.3.6.042—99. «Державні санітарні норми параметрів мікроклімату у виробничих приміщеннях», приміщення з ЗОТ обладнане системою опалення, а також системою кондиціонування повітря з індивідуальним регулюванням температури та об'єму повітря, що подається. Для захисту від перегрівання в теплий період року та радіаційного охолодження - в зимовий, приміщення обладнане жалюзі і екранами. На робочому місці роботи виконуються сидячи і не потребують фізичного напруження. Таким чином їх можна віднести до категорії Іа, що охоплює види діяльності з витратами енергії до 120 ккал/год. Відповідно до ДСН 3.3.6.042—99 «Державні санітарні норми параметрів мікроклімату у виробничих приміщеннях» та ДСТУ 12.005-88. Параметри мікроклімату, що нормуються: температура ( $t, C$ ) і відносна вологість ( $W, \%$ ) повітря, швидкість руху повітря ( $V, м/с$ ). Оптимальні та допустимі параметри мікроклімату для умов, що розглядаються (категорія робіт та період року) наведені в табл.5.2.

Таблиця 5.2. Параметри мікроклімату.

Період Року	Оптимальні			Допустимі		
	$t, C$	$W, \%$	$V, м/с$	$t, C$	$W, \%$	$V, м/с$
Теплий	23-25	40-60	0,1	22-28	55	0,2-0,1
Холодний	22-24	40-60	0,1	21-25	75	$\leq 0,1$

Фактичні параметри мікроклімату в робочій зоні відповідають приведеним вище нормам ДСН 3.3.6.042—99.

## **5.2.5 Вимоги до освітлення робочих місць ВДТ ПЕОМ**

Приміщення з ЕОМ повинні мати природне і штучне освітлення відповідно до ДБН В 2.5—28—2006. Природне світло повинно проникати через бічні світлопрорізи, зорієнтовані, як правило, на північ чи північний схід, і забезпечувати коефіцієнт природної освітленості не нижче 1,5 %. Розрахунки коефіцієнта природної освітленості проводяться відповідно до ДБН В.2.5—28—2006. Приміщення з ВДТ, ЕОМ мають бути оснащені природним і штучним освітленням відповідно до ДБН В.2.5—28—2006. Природне освітлення має здійснюватись через світлові прорізи, які орієнтовані переважно на північ чи північний схід і обладнані регульовальними пристроями відкривання та жалюзями, завісками, зовнішніми козирками. Приміщення має бічне природне та штучне освітлення, центральне водяне опалення. У приміщенні три вікна розміром 2х2,2 м. Штучне освітлення забезпечує чотири люмінесцентних світильники з лампами ЛБ — 40, розміщених у ряд. Отже, усі вимоги до освітлення робочого місця відповідають параметрам освітлення приміщення, де проводяться дослідження.

## **5.2.6 Заходи щодо нормалізації умов праці**

Для усунення шкідливого впливу НРВ на організм інженерів програмістів можна рекомендувати скоротити час перебування за екраном дисплея до годин у зміну, причому після 2 годин безупинної роботи радиться 30-хвилинна перерва (бажано на відкритому повітрі). З метою автоматичної підтримки параметрів мікроклімату в необхідних межах протягом всіх сезонів року, очищення повітря від пилюки і шкідливих речовин, зниження рівня іонізації в помешканні лабораторії проводиться вентиляція за допомогою двох витяжних вентиляторів типу АИСИ-4 і щоденне вологе прибирання. Світильники розташовані в два ряди і під'єднані до різних фаз електромережі для усунення мерехтіння світлового потоку (коефіцієнт пульсації менше 10%) Для послаблення шкідливого впливу електростатичних полів у лабораторії застосовуються захисні скляні фільтри (екрани) з електропровідним покриттям,

що має відвід для заземлення, що прикріплюється на екран монітора. Для зниження рівня шуму в лабораторії використовується шумопоглинаюче облицювання з перфорованим покриттям: гіпсові плити товщиною 7-9 мм із заповненням із склотканини.

### **5.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях**

Безпека в надзвичайних ситуаціях регламентується ПЛАС. Основними складовими частинами ПЛАС є розробка технічних рішень та організаційних заходів щодо оповіщення, евакуації та дій персоналу у разі виникнення надзвичайних ситуацій, а також визначення основних заходів з пожежної безпеки.[11]

#### **5.3.1 Вимоги щодо організації ефективної роботи системи оповіщення персоналу при надзвичайних ситуаціях**

Для підвищення безпеки в надзвичайних ситуаціях (НС) пропонується встановлення системи оповіщення (СО) виробничого персоналу. Оповіщення виробничого персоналу у разі виникнення НС, наприклад при пожежі, здійснюється відповідно до вимог НАПБ А.01.003-2009. Оповіщення про НС та управління евакуацією людей здійснюється одним з наступних способів або їх комбінацією: — поданням звукових і (або) світлових сигналів в усі виробничі приміщення будівлі з постійним або тимчасовим перебуванням людей; - трансляцією текстів про необхідність евакуації, шляхи евакуації, напрямок руху й інші дії, спрямовані на забезпечення безпеки людей; - трансляцією спеціально розроблених текстів, спрямованих на запобігання паніці й іншим явищам, що ускладнюють евакуацію; - ввімкненням евакуаційних знаків "Вихід"; - ввімкненням евакуаційного освітлення та світлових покажчиків напрямку евакуації; - дистанційним відкриванням дверей евакуаційних виходів; Як правило, СО вмикається автоматично від сигналу про пожежу, який формується системою пожежної сигналізації або системою пожежогасіння. Також з приміщення оперативного (чергового) персоналу СО (диспетчера пожежного поста) слід передбачати можливість запуску СО вручну, що забезпечує надійну

роботу СО не тільки при пожежі, а і у разі виникнення будь-якої іншої НС. Згідно з вимогами ДБН В.1.1-7-2002 необхідно забезпечити можливість прямої трансляції мовленнєвого оповіщення та керівних команд через мікрофон для оперативного реагування в разі зміни обставин або порушення нормальних умов евакуації виробничого персоналу.

Оповіщення виробничого персоналу про НС /пожежу/ здійснюється за допомогою світлових та/або звукових оповіщувачів - обладнуються всі виробничі приміщення. СО повинна розпочати трансляцію сигналу оповіщення про НС (пожежу), не пізніше трьох секунд з моменту отримання сигналу про НС (пожежу). Пульти управління СО необхідно розміщувати у приміщенні пожежного поста, диспетчерської або іншого спеціального приміщення (в разі його наявності). Ці приміщення повинні відповідати вимогам пунктів ДБН В.2.5- 56-2014 "Інженерне обладнання будинків і споруд. Пожежна автоматика будинків і споруд". Кількість звукових та мовленнєвих оповіщувачів, їх розміщення та потужність повинні забезпечувати необхідний рівень звуку в усіх місцях постійного або тимчасового перебування виробничого персоналу. Звукові оповіщувачі повинні комбінуватися зі світловими, які працюють у режимі спалахування, у таких випадках: - у приміщеннях, де люди перебувають у шумозахисному спорядженні; - у приміщеннях з рівнем шуму понад 95 дБ. Допускається використовувати евакуаційні світлові покажчики, що автоматично вмикаються при отриманні СО командного імпульсу про початок оповіщення про НС /пожежу/ та (або) аварійному припиненні живлення робочого освітлення. Вимоги до світлових покажчиків "Вихід" приймаються відповідно до ДБН В.2.5-28-2006 "Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення". СО в режимі "Тривога" повинна функціонувати протягом часу, необхідного для евакуації людей з будинку, але не менше 15 хвилин. Вихід з ладу одного з оповіщувачів не повинен призводити до виведення з ладу ланки оповіщувачів, до якої вони під'єднанні.

Електропостачання СО здійснюється за I категорією надійності згідно з "Правилами устрою електроустановок" (ПУЕ) від двох незалежних джерел енергії: основного — від мережі змінного струму, резервного — від

аккумуляторних батарей тощо. Перехід з основного джерела електропостачання на резервний та у зворотному напрямку в разі відновлення централізованого електропостачання повинен бути автоматичним. Тривалість роботи СО від резервного джерела енергії у черговому режимі має бути не менш 24 годин. Тривалість роботи СО від резервного джерела енергії у режимі "Тривога" має бути не менше 15 хвилин. Звукові оповіщувачі повинні відповідати вимогам ДСТУ EN 54-3:2003 "Системи пожежної сигналізації. Частина 3. Оповіщувачі пожежні звукові". Світлові оповіщувачі, які працюють у режимі спалахування, повинні бути червоного кольору, мати частоту мигтіння в межах від 0,5 Гц до 5 Гц та розташовуватись у межах прямої видимості з постійних робочих місць.[12]

### **5.3.2 Обов'язки та дії персоналу у разі виникнення надзвичайної ситуації**

У разі виявлення ознак НС працівник, який їх помітив, повинен негайно повідомити про це засобами зв'язку органи ДСНС та пожежної охорони, вказати при цьому адресу, кількість поверхів, місце виникнення пожежі, наявність людей, а також своє прізвище; - повідомити про НС керівника, адміністрацію, пожежну охорону підприємства; - організувати оповіщення людей про НС; - вжити заходів щодо евакуації людей та матеріальних цінностей; - вжити заходів щодо ліквідації наслідків НС з використанням наявних засобів. Керівник та пожежна охорона установки, яким повідомлено про виникнення пожежі, повинні:

- перевірити, чи викликані підрозділи ДСНС;
- вимкнути у разі необхідності струмоприймачі та вентиляцію;
- у разі загрози життю людей негайно організувати їх евакуацію, та їх рятування, вивести за межі небезпечної зони всіх працівників, які не беруть участь у ліквідації НС;
- перевірити здійснення оповіщення людей про НС;
- забезпечити дотримання техніки безпеки працівниками, які беруть участь у ліквідації НС ;

— організувати зустріч підрозділів ДСНС, надати їм допомогу у локалізації і ліквідації НС.

Після прибуття на НС підрозділів ДСНС та бути забезпечений безперешкодний доступ їх до місця, де виникла НС.

### 5.3.3 Пожежна безпека

Відповідно до НАПБ Б.03.002-2007 робоче приміщення лабораторії відноситься до категорії В по вибухопожежній небезпеці. Відповідно до ПУЕ (ДНАОП 0.00-1.32-01) клас робочих зон приміщення лабораторії по пожежонебезпеці — П-Па. Можливими причинами пожежі в приміщенні є несправність електроустаткування, коротке замикання проводки, і порушення протипожежного режиму (використання побутових нагрівальних приладів, паління). У зв'язку з цим, відповідно до вимог ПБЕ та ПУЕ, необхідно передбачити наступні заходи: 1. Ретельну ізоляцію всіх струмоведучих провідників до робочих місць, періодичний огляд та перевірку ізоляції. 2. Строге дотримання норм протипожежної безпеки на робочих місцях. 3. Відповідні організаційні заходи (заборона паління, інструктаж).

Дотримано усі вимоги ДБН В.1.1-7-2003 по вогнестійкості будинку і ширині евакуаційних проходів і виходів із приміщень назовні. Значення основних параметрів шляхів евакуації приведені в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4. Характеристики і норми евакуаційних виходів

Параметр	Фактичне значення	Норма
Висота дверних прорізів	2,0 м	Не менше 2 м
Ширина дверних прорізів	1,5 м	Не менше 0,8 м
Ширина проходу для евакуації	Більше 1,5 м	Не менше 1 м
Ширина коридору	3 м	Не менше 2 м
Число виходів з коридору	2	Не менше 2
Ширина сходової клітки	1,5 м	Не менше 1 м
Висота поруччя сходів	1 м	Не менше 0,9 м

Приміщення обладнане чотирма пожежними датчиками типу ДТЛ (площа, що знаходиться під захистом одного датчика, становить 15 м<sup>2</sup> ),

відстань між датчиками рівна 4 м, що відповідає нормам ДБНВ 2.5-56-2014. Відповідно до ДСТУ 12.4.009-75 й ISO 3941-77 для гасіння пожежі в робочому приміщенні лабораторії (клас пожежі „E» — наявність електрообладнання під напругою) використовуються два вогнегасники вуглекислотно–брометиленові ОУБ-3. Вибір вогнегасної речовини ґрунтується на тому, що у вогні можуть опинитись електричні пристрої, що знаходяться під напругою. Таким чином, кількість, розміщення й вміст первинних засобів гасіння пожеж цілком задовольняють всім вимогам ДСТУ 3675-98 й ISO 3941-77. Крім того, у коридорі є 2 пожежних крана і ящик з піском. Дотримано усіх заходів безпеки відповідно до ДСТУ 12.3.019-80 і НАПБ А.01.001-2004 «Правила пожежної безпеки в Україні».

## ВИСНОВКИ

1. Відмінність дослідженого модуля балансування напруги від існуючих на ринку, полягає в тому, балансування відбувається для кожної комірки окремо за допомогою одного і того ж модуля, що дозволяє застосувати його для акумуляторів з різною кількістю комірок. Перевагою є те що можна розробити дешевий нескладний акумулятор. Недоліком є те що такий підхід збільшує час зарядки акумулятора, але це не є принципово в рамках розробленого стартап проекту.

2. Експериментальна модель елемента живлення допомогла отримати апроксимовану функцію зарядки та можливість розрахувати момент спрацювання модуля захисту, який необхідний для побудови процесу балансування комірок.

3. Дослідження, що були проведені, показали як різна точність модуля захисту впливає на час зарядки, а також на розбалансованість комірок. Найкращий результат отриманий у дослідженні №5. Час зарядки 7,46 год, напруга переходу в режим балансування  $3,4 \text{ В} \pm 2\%$   $3,4 \text{ В} \pm 3\%$  ( $U_{\text{мін}} = 3,33 \text{ В}$ ;  $U_{\text{макс}} = 3,47 \text{ В}$ ). Оскільки досліджувався один із найгірших варіантів даний результат є сприятливий до маркетингових вимог стартап проекту, а розкид значень напруги не переходить критичні значення для обраного елемента живлення.

4. Графічні результати дослідження, показують як модуль захисту справляється із своєю задачею, та підкреслюють необхідність процесу балансування.

5. Розроблений алгоритм балансування напруги на комірках.

## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Електромобіль.  
URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A7%D0%B8%D1%81%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%96\\_%D0%BC%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B4%D0%B8](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A7%D0%B8%D1%81%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%96_%D0%BC%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B4%D0%B8)
2. Конструкція електромобіля: як влаштована «зелена машина».  
URL: <https://go-tou.com/ua/news/electric-car-design-how-do-electric-cars-work>
3. Зарядка електромобіля від мережі 220В – поради з експлуатації авто.  
URL: <https://oncharger.com.ua/a406540-zaryadka-elektromobilya-seti.html>
4. Способи зарядки електромобілів: 4 режими та швидка зарядка.  
URL: [https://electricashop.com.ua/ua/articles/112.sposobi\\_zaryadki\\_elektromobiliv\\_4\\_rezhimi\\_ta\\_shvidka\\_zaryadka](https://electricashop.com.ua/ua/articles/112.sposobi_zaryadki_elektromobiliv_4_rezhimi_ta_shvidka_zaryadka)
5. Пожежа в електромобілі: причини виникнення та правила гасіння.  
URL: <https://euroservis.com.ua/ua/pozharnaya-bezopasnost-elektromobilya/>
6. Електроенергетичні системи та устаткування. URL: [https://previous.techned.org.ua/2018\\_3/st9.pdf](https://previous.techned.org.ua/2018_3/st9.pdf)
7. Використання електричного автомобіля за країнами. URL: [https://uk.wikicsu.ru/wiki/Electric\\_car\\_use\\_by\\_country](https://uk.wikicsu.ru/wiki/Electric_car_use_by_country)
8. Чисельні методи.  
URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A7%D0%B8%D1%81%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%96\\_%D0%BC%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B4%D0%B8](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A7%D0%B8%D1%81%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%96_%D0%BC%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B4%D0%B8)
9. Будько В.І. Особливості зарядження акумуляторної батареї електромобілю від стаціонарної вітроелектричної станції / В.І. Будько // Відновлювана енергетика. – 2014. – №2. – С.16–19.
10. Будько В.І. Дослідження режимів паралельної роботи тягових джерел живлення екомобілю / В.І. Будько // Відновлювана енергетика. – 2014. – №4. – С.31–34.
11. Будько В.І. Автономні енерговузли на основі відновлюваних джерел енергії з різними системами акумуляування енергії / В.І. Будько // Відновлювана енергетика. – 2015. – №2. – С.21–25.

12. Будько В.І. Аналіз доцільності впровадження зарядних станцій електромобілів на основі відновлюваних джерел енергії в Україні / В.І. Будько // Відновлювана енергетика. – 2016. – №4. – С.32–41.

13. Будько В.І. Аналіз особливостей роботи та специфіки роботи зарядних режимів свинцево-кислотних та нікель-залізних акумуляторних батарей / В.І. Будько // Відновлювана енергетика. – 2017. – №1. – С.17–24.

14. Будько В.І. Аналіз особливостей роботи та специфіки роботи зарядних режимів нікель-металогідридних та літєвих акумуляторних батарей / В.І. Будько // Відновлювана енергетика. – 2017. – №2. – С.17–25.

15. Будько В.І. Розроблення математичної моделі роботи автономної зарядної станції електромобілів від вітроелектричних установок / В.І. Будько // Відновлювана енергетика. – 2017. – №3. – С.6–13.

16. Будько В.І. Застосування теорії черг для описання процесу заряду електромобілів на автономних заправочних станціях на основі відновлюваних джерел енергії / В.І. Будько // Відновлювана енергетика. – 2017. – №4. – С.27–32.

17. Павлов В.Б. Зарядження електромобілів від відновлюваних джерел / В.Б. Павлов, В.І. Будько // Технічна електродинаміка. – 2017. – №6. – С.32–35.

18. Павлов В.Б. Особливості роботи автономних зарядних станцій електромобілів з використанням вітроелектричних установок та буферних акумуляторів енергії / В.Б. Павлов, С.О. Кудря, В.І. Будько, В.М. Кириленко, В.Ю. Іванчук // Технічна електродинаміка. – 2019. – №4. – С. 70-76.

19. Патент на корисну модель №129991 Україна, МПК F03D9/00 H02j7/00. Пристрій для зарядження акумуляторних батарей / В.Б. Павлов, В.М. Головка, В.П. Коханевич, М.О. Шихайлов, В.Є. Павленко, В.І. Будько.; заявник та правовласник Інститут відновлюваної енергетики НАН України, – №u201804673 ; заявл. 27.04.18 ; опубл. 26.11.18 ; Бюл. №22.

20. Остапчук О.В. Перспективи використання джерел розподіленої генерації в енергосистемі України / О.В. Остапчук, В.І. Будько // Міжнародна науково-практична конференція —Енергозбереження та енергоефективність - 2018, Дніпро, 2018р. .– С.36–38.

21. Тарифи на електроенергію для домогосподарств України [Електронний ресурс]. Режим доступу: [http://www.nerc.gov.ua/data/filearch/catalog1/Prezentatsia\\_optymizatsia\\_taryfiv\\_na\\_lectro.pdf](http://www.nerc.gov.ua/data/filearch/catalog1/Prezentatsia_optymizatsia_taryfiv_na_lectro.pdf)

22. Кудря С.О. Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії : Підручник / С.О. Кудря. – К.: НТУУ «КПІ», 2012. – 492 с.

23. Резцов В.Ф., Суржик Т.В. Синергетичний метод аналізу причин виникнення автоколивальних режимів у процесах перетворення енергії відновлюваних джерел / В.Ф. Резцов, Т.В. Суржик // Відновлювана енергетика. – 2017. – №1. – С.14–17.

24. Лежнюк П.Д., Бартецький А.А., Бартецька І.А. Оптимізація роботи фотоелектричних станцій для забезпечення балансової стійкості енергосистеми // Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І.Вернадського. Серія: Технічні науки. – Том 29, №5, частина 2. – 2018. – С. 114–118.

25. Barsukov Y. Battery cell balancing: What to balance and how //Texas Instruments. – 2009.

26. Affanni A. EV Battery State of Charge: Neural network based estimation, 2003 . — 35 с

27. M. C. Falvo, I. S. Bayram, "EV charging stations and modes: International standards" - 2014, pp. 1064-1139.

28. The fast charging station for Electric Vehicle produced by Schneider. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.schneiderelectric.com/products/au/en/1800-electric-vehicle-recharginginfrastructures/1830-evlink-quick-charge/60852-evlink-fast-charge/>

29. Aero 50kW fast charger for EV. [Електронний ресурс]. Режим доступу: [http://evsolutions.avinc.com/products/public\\_charging/public\\_charging\\_b](http://evsolutions.avinc.com/products/public_charging/public_charging_b).

30. The fast charging station for Electric Vehicle from Nissan. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.pluginamerica.org/accessories/nissansqc-44-series/>

31. Efacec EV Level three fast Charging station. [Электронный ресурс].Режим  
 доступу:[http://www.efacec.pt/Presentationlayer/efacec\\_produto\\_01.aspx?idioma=2&idProduto=456/](http://www.efacec.pt/Presentationlayer/efacec_produto_01.aspx?idioma=2&idProduto=456/)
32. Fuji fast charging station for Electric Vehicle. [Электронный ресурс].  
 Режим доступу: <http://www.americas.fujielectric.com/systems/ev-charger/>.
33. Battery specification 26650 LIFEPO4 BATTERY. [Электронный ресурс].  
 Режим  
 доступу:<https://docsemea.rsonline.com/webdocs/12fd/0900766b812fdd10.pdf>
34. Model operation manual. URL:  
[https://www.tesla.com/ownersmanual/modely/en\\_us/GUID-E414862C-CFA1-4A0B-9548-BE21C32CAA58.html](https://www.tesla.com/ownersmanual/modely/en_us/GUID-E414862C-CFA1-4A0B-9548-BE21C32CAA58.html)
35. Electric vehicle safety.  
 URL:<https://www.interventionprevention.com/en/safety-of-electric-vehicles/>
36. The Next-Generation Simulation Software. URL:  
<https://www.gridlabd.org/>
37. Electric car. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Electric\\_car](https://en.wikipedia.org/wiki/Electric_car)
38. Метод НЬЮТОНА.  
 URL:[https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B4\\_%D0%9D%D1%8C%D1%8E%D1%82%D0%BE%D0%BD%D0%B0](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B4_%D0%9D%D1%8C%D1%8E%D1%82%D0%BE%D0%BD%D0%B0)
39. Basic GridLAB-D documentation. URL: <http://gridlab-d.sourceforge.net/wiki/index.php/Welcome>
40. IEEE PES Test Feeder. URL: <https://cmte.ieee.org/pes-testfeeders/resources/>
41. Spatio-temporal modelling of electric vehicle charging demand and impacts on peak household electrical load. URL:  
<https://link.springer.com/article/10.1007/s11625-013-0235-3>