

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(освітній ступінь (освітньо-кваліфікаційний рівень))

на тему: **Оцінка роботи акумуляторних батарей в системах побутового призначення**

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи ЕТ-41
спеціальності 141

Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва спеціальності)

Бичковський М.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник Сисак І.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль Мовчан Л.Т.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри Коваль В.П.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент
(підпис) (прізвище та ініціали)

Тернопіль
2026

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

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)

Кафедра Електричної інженерії
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Коваль В.П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«__» _____ 2026 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва спеціальності)

студенту Бичковський Максим Олександрович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Оцінка роботи акумуляторних батарей в системах побутового призначення

Керівник роботи Сисак Іван Михайлович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «31» грудня 2025 року № 4/7-1162

2. Термін подання студентом завершеної роботи червень 2026 року

3. Вихідні дані до роботи Перелік побутових приладів

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

1. Аналітичний розділ

2. Проектно-конструкторський розділ

3. Розрахунковий розділ

4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці

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

1. Презентація

2.

3.

4.

5.

6.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	Гурик О.Я., к.т.н., доцент кафедри МТ		
Нормоконтроль	Мовчан Л.Т., к.т.н., доцент		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ		
2	Аналітичний розділ		
3	Проектно-конструкторський розділ		
4	Розрахунковий розділ		
5	Безпека життєдіяльності, основи охорони праці		
6	Загальні висновки		
7	Оформлення пояснювальної записки		
8	Оформлення графічної частини		

Студент _____
(підпис)

Бичковський М.О.
_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Сисак І.М.
_____ (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії. Кафедра електричної інженерії, група ЕТ–41. - Т. : ТНТУ, 2026.

Стор. 67; рис. 37; табл. 7; креслень -; джерел 27; додатків 0.

Робота бакалавра виконана згідно завдання на тему: «Оцінка роботи акумуляторних батарей в системах побутового призначення».

Метою роботи є оцінка ефективності роботи акумуляторних батарей у системах побутового призначення. У процесі дослідження розглядається стабільність роботи електричних мереж. Також проводиться аналіз переваг і недоліків застосування акумуляторних батарей у побутових електроустановках.

Проведений огляд побутових приладів показав, що сучасна техніка широко використовує акумуляторні батареї як основне чи резервне джерело живлення, що забезпечує автономність, мобільність та безперервність роботи пристроїв. Показано, що посудомийна машина забезпечує безперервність виконання програми миття навіть у випадку зникнення електроживлення. Портативний зарядний пристрій Powerbank здатний забезпечити заряджання планшету, однак фактична ефективність його роботи є нижчою від паспортних характеристик. Показано, що робот-пилосос забезпечує автоматизований та безперервний процес прибирання завдяки функції відновлення роботи після заряджання акумулятора. Результати дослідження процесу заряджання зарядної станції EcoFlow RIVER показали, що заряд відбувається рівномірно та без різких коливань часу.

Ключові слова: побутове призначення, акумуляторні батареї.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	8
1.1 Типи акумуляторних батарей у побутових приладах.....	8
1.2 Літій-іонні акумулятори.....	13
1.3 Літій залізо-фосфатні акумулятори.....	14
1.4 Аналіз переваг і недоліків застосування акумуляторних батарей у побутових електроустановках.....	17
1.5. Постановка задач.....	22
2 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ	23
2.1 Огляд побутових приладів для подальших досліджень використання акумуляторних батарей.....	23
2.1.1 Посудомийна машина.....	23
2.1.2 Акумуляторнихпилосос.....	24
2.1.3 Портативний зарядний пристрій.....	25
2.1.4 Робот-пилосос.....	27
2.1.5 Планшет.....	29
2.1.6 Смартфон.....	30
2.1.7 Зарядні станції.....	32
2.2 Висновки до Розділу 2.....	34
3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	36
3.1 Дослідження роботи побутових приладів при використанні акумуляторних батарей та їх зарядки.....	36
3.1.1 Посудомийна машина.....	36
3.1.2 Акумуляторнихпилосос.....	37
3.1.3 Портативний зарядний пристрій, планшет, смартфон.....	38
3.1.3.1 Зарядка планшету від Ecoflow.....	38
3.1.3.2 Зарядка планшету від Powerbank.....	40

3.1.3.3 Зарядка смартфона від Ecoflow.....	42
3.1.3.4 Зарядка смартфона від Powerbank.....	43
3.1.4 Робот-пилосос.....	46
3.1.5 Зарядні станції.....	47
3.1.5.1 Зарядна станція EcoFlow River 256.....	47
3.1.5.2 Зарядна станція EcoFlow Delta 1024.....	48
3.2 Висновки до Розділу 3.....	50
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	54
4.1 Основні небезпечні фактори, які виникають під час експлуатації акумуляторних батарей у побутових системах.....	54
4.2 Вимоги, які висуваються до приміщень для встановлення акумуляторних батарей.....	56
4.3 Правила безпечного підключення акумуляторних батарей до інвертора та електромережі.....	57
4.4 Причини, які можуть призвести до перегріву або займання акумуляторних батарей.....	58
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	60
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	64

ВСТУП

Актуальність теми. Актуальність дослідження роботи акумуляторних батарей у системах побутового призначення зумовлена постійним зростанням потреб населення у надійному та безперебійному електропостачанні. У сучасних умовах значно збільшилася кількість побутових електроприладів та систем, чутливих до перебоїв електроживлення, що вимагає застосування ефективних засобів резервного накопичення енергії.

Особливої актуальності використання акумуляторних батарей набуло через нестабільність роботи електричних мереж, аварійні та планові відключення електроенергії, а також активний розвиток відновлюваної енергетики. Побутові системи накопичення енергії дають змогу забезпечити автономність електропостачання, підвищити енергонезалежність споживачів та ефективно використовувати енергію, отриману від сонячних електростанцій.

Сучасні технології виробництва акумуляторів, зокрема літій-іонних та літій-залізо-фосфатних батарей, сприяють підвищенню ефективності, безпечності та довговічності систем накопичення енергії. Водночас висока вартість обладнання, необхідність правильного вибору параметрів та забезпечення безпечної експлуатації потребують проведення детальної оцінки роботи акумуляторних батарей у побутових системах.

Таким чином, дослідження ефективності, переваг і недоліків використання акумуляторних батарей у системах побутового призначення є важливим завданням для підвищення надійності електропостачання, оптимізації споживання електроенергії та розвитку сучасних енергоефективних технологій.

Тому, оцінка роботи акумуляторних батарей в системах побутового призначення є актуальною задачею.

Метою кваліфікаційної роботи є оцінка ефективності роботи акумуляторних батарей у системах побутового призначення. У процесі дослідження розглядається стабільність роботи електричних мереж. Також

проводиться аналіз переваг і недоліків застосування акумуляторних батарей у побутових електроустановках.

Завдання:

1. Провести аналіз сучасних побутових приладів, що використовують акумуляторні батареї як основне чи резервне джерело живлення, та визначити їхні функціональні особливості.

2. Дослідити роботу побутової техніки в умовах зникнення електроживлення та оцінити здатність пристроїв до відновлення циклу роботи після відновлення напруги.

3. Виконати експериментальні дослідження автономної роботи акумуляторних приладів (акумуляторний пилосос, робот-пилосос) з оцінкою часу роботи, режимів навантаження та ефективності використання заряду.

4. Проаналізувати процес заряджання мобільних пристроїв (планшет, смартфон) від портативних джерел живлення та визначити основні параметри ефективності заряджання.

5. Порівняти ефективність роботи портативних зарядних пристроїв (Powerbank) та зарядних станцій.

6. Дослідити характер зміни рівня заряду акумуляторних станцій у процесі заряджання.

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Типи акумуляторних батарей у побутових приладах.

У побутових приладах використовуються різні типи акумуляторів, які відрізняються хімічним складом, ємністю, терміном служби та сферою застосування. Вибір типу акумулятора залежить від вимог до потужності, ваги, габаритів та вартості пристрою.

Основні типи акумуляторів у побутових приладах:

- Свинцево-кислотні акумулятори (SLA) [1, 2]

Це один із найстаріших і найбільш поширених типів акумуляторів. Вони мають невисоку вартість, просту конструкцію та здатні забезпечувати великі струми навантаження. Такі акумулятори використовуються у джерелах безперебійного живлення (UPS), аварійному освітленні, системах резервного живлення та деяких електричних транспортних засобах.

Недоліками є велика маса, порівняно невеликий термін служби та чутливість до глибокого розряду.

На рисунку 1.1 показано загальний вигляд свинцево-кислотного акумулятора [3]



Рисунок 1.1 - Загальний вигляд свинцево-кислотного акумулятора

- Нікель-кадмієві акумулятори (Ni-Cd) [1, 2]

Відзначаються високою надійністю, стійкістю до низьких температур і здатністю працювати при великих струмах. Раніше широко використовувалися у портативній техніці, електроінструментах та побутових приладах.

Основним недоліком є «ефект пам'яті», через який акумулятор втрачає частину ємності при неправильній експлуатації. Також кадмій є токсичним матеріалом, тому використання таких акумуляторів поступово скорочується.

На рисунку 1.2 показано загальний вигляд нікель-кадмієвого акумулятора [4]



Рисунок 1.2 - Загальний вигляд нікель-кадмієвого акумулятора

- Нікель-металогідридні акумулятори (Ni-MH) [2]

Є вдосконаленою альтернативою Ni-Cd акумуляторам. Вони мають більшу ємність і менший шкідливий вплив на навколишнє середовище. Часто застосовуються у фотоапаратах, дитячих іграшках, пультах дистанційного керування та інших портативних пристроях.

До недоліків належать саморозряд та чутливість до перезарядження.

На рисунку 1.3 показано загальний вигляд нікель-металогідридного акумулятора [5]



Рисунок 1.3 - Загальний вигляд нікель-металогідридного акумулятора

- Літій-іонні акумулятори (Li-Ion) [1, 2]

Найпоширеніший тип сучасних акумуляторів. Використовуються у смартфонах, ноутбуках, планшетах, електроінструментах, роботах-пилососах та інших побутових пристроях.

Перевагами є висока енергетична щільність, мала маса, відсутність ефекту пам'яті та тривалий термін служби. Недоліками є висока вартість і необхідність використання систем захисту від перегріву та перезарядження.

На рисунку 1.4 показано загальний вигляд літій-іонних акумуляторів [6]



Рисунок 1.4 - Загальний вигляд літій-іонних акумуляторів

- Літій-залізо-фосфатні акумулятори (LiFePO₄) [2]

Є різновидом літійових акумуляторів, які характеризуються підвищеною безпекою, довговічністю та стабільністю роботи. Використовуються у системах накопичення енергії, сонячних електростанціях, електротранспорті та резервному живленні будинків.

Їх перевагою є велика кількість циклів заряд-розряд і висока пожежна безпека, однак вони мають більші габарити порівняно зі звичайними Li-Ion акумуляторами.

На рисунку 1.5 показано загальний вигляд літій-залізо-фосфатного акумулятора [7]



Рисунок 1.5 - Загальний вигляд літій-залізо-фосфатного акумулятора

- Літій-полімерні акумулятори (Li-Pol або Li-Po)

Мають гнучку форму та невелику товщину, тому широко використовуються у смартфонах, дронах, смарт-годинниках і тонкій електроніці.

Вони забезпечують високу ємність при малих розмірах, але потребують дотримання правил безпечної експлуатації через ризик пошкодження або перегріву.

На рисунку 1.6 показано загальний вигляд літій-полімерного акумулятора [8]



Рисунок 1.6 - Загальний вигляд літій-полімерного акумулятора

На рисунку 1.7 наведено відповідну класифікацію.

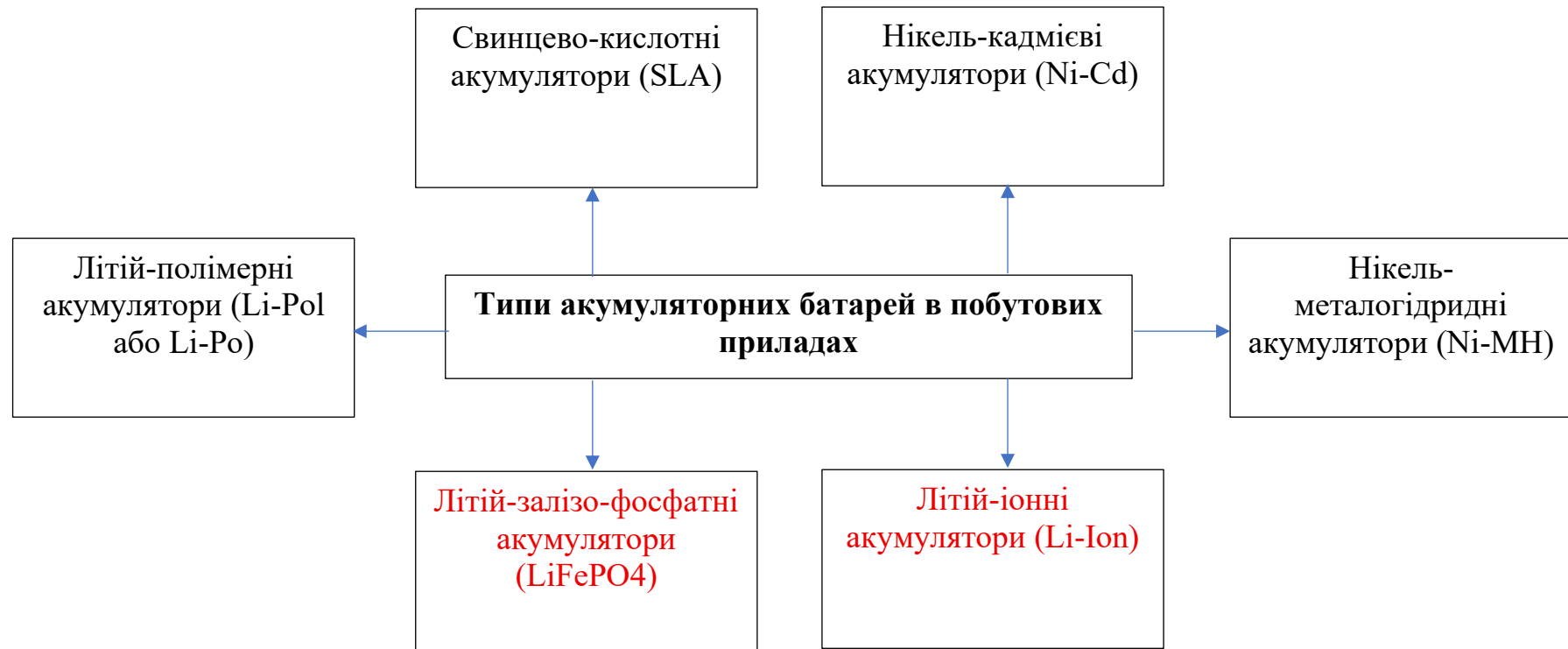


Рисунок 1.7 - Типи акумуляторних батарей в побутових приладах

Отже, кожен тип акумулятора має свої особливості та сферу застосування. У сучасних побутових приладах найбільшого поширення набули літій-іонні та літій-залізо-фосфатні акумулятори завдяки високій енергоємності, компактності та тривалому терміну експлуатації.

1.2 Літій-іонні акумулятори

Літій-іонні акумулятори є одним із найпоширеніших типів сучасних джерел накопичення електричної енергії. Їхня робота базується на переміщенні іонів літію між електродами під час процесів заряджання та розряджання. Завдяки високій енергоємності, невеликій масі та тривалому терміну служби такі акумулятори широко використовуються у побутовій техніці, мобільних пристроях, електротранспорті та системах резервного електропостачання [9].

Принцип роботи літій-іонного акумулятора полягає у накопиченні енергії під час заряджання та її віддачі під час розряджання. У процесі зарядки іони літію переміщуються через електроліт від катода до анода, де накопичуються. Під час використання акумулятора іони рухаються у зворотному напрямку, створюючи електричний струм для живлення навантаження.

Однією з головних переваг літій-іонних акумуляторів є висока щільність енергії. Це дозволяє накопичувати значну кількість електроенергії при відносно невеликих габаритах і масі. Крім того, такі акумулятори мають низький рівень саморозряду, швидко заряджаються та не мають ефекту пам'яті, який характерний для деяких інших типів акумуляторних батарей. Важливою перевагою також є високий коефіцієнт корисної дії та значний ресурс роботи, який може становити кілька тисяч циклів заряджання та розряджання.

Разом із перевагами літій-іонні акумулятори мають і певні недоліки. Вони чутливі до перезаряду, глибокого розряду та перегріву, тому потребують використання спеціальної системи керування батареєю — BMS. За порушення

умов експлуатації можливе перегрівання акумулятора або навіть займання. Також ефективність роботи батареї може знижуватися при низьких температурах.

Серед різновидів літій-іонних акумуляторів особливо популярними є літій-залізо-фосфатні акумулятори (LiFePO_4), які відзначаються підвищеною безпечністю, стабільністю роботи та тривалим терміном служби. Саме цей тип часто використовується у системах резервного живлення та сонячних електростанціях.

У сучасних системах електропостачання літій-іонні акумулятори відіграють важливу роль як засоби накопичення енергії. У гібридних та автономних сонячних електростанціях вони накопичують електроенергію, вироблену фотоелектричними модулями, та забезпечують живлення споживачів у періоди відсутності сонячного випромінювання або під час аварійних відключень електромережі. Завдяки високій ефективності та надійності літій-іонні акумулятори є найперспективнішим напрямом розвитку сучасних СЕП.

1.3 Літій залізо-фосфатні акумулятори

Літій-залізо-фосфатні акумулятори (LiFePO_4) є одним із найсучасніших та найперспективніших видів акумуляторних батарей, які широко використовуються у системах накопичення електричної енергії. Вони належать до класу літій-іонних акумуляторів, проте відрізняються використанням літій-залізо-фосфату як катодного матеріалу. Саме ця особливість забезпечує їм високу стабільність, безпечність та тривалий термін служби. У сучасних умовах розвитку альтернативної енергетики та зростання потреби у резервному електропостачанні LiFePO_4 акумулятори набувають дедалі більшого поширення як у побутових, так і в промислових електроустановках [10].

Основною функцією літій-залізо-фосфатних акумуляторів є накопичення електричної енергії з подальшим її використанням для живлення електричних споживачів. Вони можуть працювати як автономне джерело живлення або як

частина складної системи електропостачання. Найчастіше такі акумулятори використовують у гібридних та автономних сонячних електростанціях, системах резервного живлення будинків, офісів, підприємств, телекомунікаційних системах, електротранспорті та інших енергетичних установках.

Принцип роботи LiFePO_4 акумуляторів базується на русі іонів літію між електродами через електроліт. Під час заряджання іони літію переміщуються від катода до анода та накопичуються у структурі графітового анода. Під час розряджання процес відбувається у зворотному напрямку, внаслідок чого виникає електричний струм, який живить підключене навантаження. Завдяки стабільній кристалічній структурі фосфату заліза електроди менш схильні до руйнування, що значно збільшує ресурс роботи батареї.

Однією із головних переваг LiFePO_4 акумуляторів являється їхня висока пожежна та вибухова безпека. У порівнянні з іншими типами літій-іонних батарей вони мають значно кращу термічну стабільність. Це означає, що навіть у разі механічного пошкодження, короткого замикання або перезарядження ризик займання є набагато нижчим. Саме тому LiFePO_4 акумулятори вважаються одним із найбезпечніших типів літійових батарей для використання у житлових приміщеннях та об'єктах із постійним перебуванням людей.

Ще однією важливою перевагою є тривалий термін експлуатації. Більшість літій-залізо-фосфатних акумуляторів здатні витримувати від 3000 до 7000 циклів заряджання та розряджання залежно від умов роботи і глибини розряду. Для порівняння, традиційні свинцево-кислотні акумулятори мають значно менший ресурс і швидше втрачають ємність у процесі експлуатації. Завдяки цьому LiFePO_4 батареї можуть працювати понад 10–15 років. Це робить їх економічно вигідними у довгостроковій перспективі.

Важливою характеристикою LiFePO_4 акумуляторів є високий коефіцієнт корисної дії. Під час заряджання та розряджання втрати енергії є мінімальними, а ККД може досягати 95–98%. Це дозволяє ефективно використовувати накопичену електроенергію та зменшувати втрати у системах електропостачання. Крім того,

такі акумулятори забезпечують вихідну напругу стабільною майже протягом всього циклу розряду. Це позитивно впливає на роботу електрообладнання та інверторів.

LiFePO₄ акумулятори також мають низку конструктивних переваг. Вони є компактнішими та легшими за свинцево-кислотні батареї аналогічної ємності. Це значно спрощує їх монтаж, транспортування та експлуатацію. Невелика маса є особливо важливою для мобільних систем живлення, електромобілів, кемперів та переносних джерел енергії.

Для забезпечення безпечної та стабільної роботи літій-залізо-фосфатних акумуляторів використовується система керування батареєю — BMS (Battery Management System). Вона виконує контроль напруги кожного елемента, температури, струму заряджання та розряджання, а також захищає акумулятор від перевантаження, короткого замикання, глибокого розряду та перезарядження. Наявність BMS значно підвищує надійність і довговічність акумуляторної системи.

Особливо важливу роль LiFePO₄ акумулятори відіграють у системах сонячної енергетики. У фотоелектричних станціях вони накопичують надлишкову електроенергію, вироблену сонячними панелями у денний час, та забезпечують живлення споживачів уночі або під час недостатньої сонячної активності. У гібридних системах електропостачання акумулятори також можуть працювати разом із зовнішньою мережею та резервними генераторами, забезпечуючи безперервність електроживлення.

В умовах нестабільного електропостачання та частих аварійних відключень електроенергії LiFePO₄ акумулятори стають важливим елементом резервного живлення житлових будинків, офісів та підприємств. Вони дозволяють підтримувати роботу освітлення, комп'ютерної техніки, систем зв'язку, насосів, систем опалення та інших важливих електроприймачів. Завдяки швидкому часу заряджання та високій ефективності такі батареї є оптимальним рішенням для сучасних систем автономного енергозабезпечення.

Попри значну кількість переваг, LiFePO_4 акумулятори мають і певні недоліки. Основним із них є відносно висока вартість у порівнянні зі свинцево-кислотними батареями. Проте з урахуванням тривалого терміну служби, великої кількості циклів роботи та мінімальних витрат на обслуговування загальна економічна ефективність таких акумуляторів є досить високою. Також певним недоліком є зниження ефективності роботи при низьких температурах, тому у холодному середовищі необхідно використовувати системи підігріву або встановлювати батареї у приміщеннях із контрольованою температурою.

Таким чином, літій-залізо-фосфатні акумулятори є сучасним, надійним та ефективним засобом накопичення електричної енергії. Вони поєднують у собі високу безпеку, довговічність, енергоефективність та стабільність роботи, що робить їх одним із найкращих рішень для систем резервного та автономного електропостачання. Розвиток технологій виробництва та поступове зниження вартості сприяють подальшому поширенню LiFePO_4 акумуляторів у різних сферах енергетики та побутового використання.

1.4 Аналіз переваг і недоліків застосування акумуляторних батарей у побутових електроустановках

Переваги застосування акумуляторних батарей у побутових електроустановках [2, 11, 12,]:

Резервне живлення під час відключення електроенергії. Акумуляторні батареї забезпечують безперервне живлення побутових приладів в разі аварійного чи планового відключення електричної енергії. Це важливо для систем освітлення, систем опалення, холодильного обладнання та засобів зв'язку.

Накопичення електроенергії. Акумулятори дозволяють накопичувати електроенергію для подальшого використання. Вони можуть працювати спільно з сонячними електричними станціями чи іншими альтернативними джерелами електричної енергії.

Підвищення енергонезалежності. Використання акумуляторних систем зменшує залежність споживача від централізованої електромережі та підвищує автономність житлового будинку.

Стабілізація роботи електромережі. Акумуляторні батареї допомагають згладжувати короточасні перепади напруги та забезпечують стабільніше електроживлення для чутливого електронного обладнання.

Можливість економії електроенергії. У разі використання багатотарифних лічильників акумулятори можуть заряджатися в період низького тарифу, а накопичена енергія використовується у години пікового навантаження.

Екологічність при використанні з відновлюваними джерелами енергії. У поєднанні із сонячними панелями або вітровими установками акумуляторні батареї сприяють зменшенню споживання електроенергії з традиційних джерел.

Гнучкість застосування. Акумуляторні системи можуть використовуватися як у невеликих побутових пристроях, так і в системах резервного живлення будинків або квартир.

Недоліки застосування акумуляторних батарей у побутових електроустановках [2, 11]:

Висока вартість обладнання. Акумуляторні батареї, особливо сучасні літій-іонні або літій-залізо-фосфатні системи, мають досить високу вартість придбання та встановлення.

Обмежений термін служби. Кожен акумулятор має певну кількість циклів заряджання і розряджання, після цього його ємність поступово зменшується.

Необхідність технічного обслуговування. Деякі типи акумуляторів потребують регулярного контролю стану, температури, рівня заряду та перевірки системи захисту.

Втрати енергії при заряджанні та розряджанні. Частина електроенергії втрачається під час процесів накопичення та віддачі енергії, що знижує загальну ефективність системи.

Підвищені вимоги до безпеки. Акумуляторні батареї можуть становити небезпеку при неправильній експлуатації. Існує ризик перегріву, короткого замикання або займання, особливо у випадку пошкодження батареї.

Необхідність спеціального обладнання. Для роботи акумуляторної системи потрібні додаткові пристрої: інвертори, контролери заряду, системи моніторингу та захисту.

Залежність ємності від температури. Робота акумуляторів значно залежить від температурних умов; при низьких температурах їх ємність та ефективність можуть зменшуватися.

Проблеми утилізації. Відпрацьовані акумулятори містять хімічні речовини та потребують спеціальної утилізації для запобігання негативному впливу на навколишнє середовище.

На рисунку 1.8 показано переваги застосування акумуляторних батарей у побутових електроустановках.

На рисунку 1.9 показано недоліки застосування акумуляторних батарей у побутових електроустановках.



Рисунок 1.8 - Переваги застосування акумуляторних батарей у побутових електроустановках

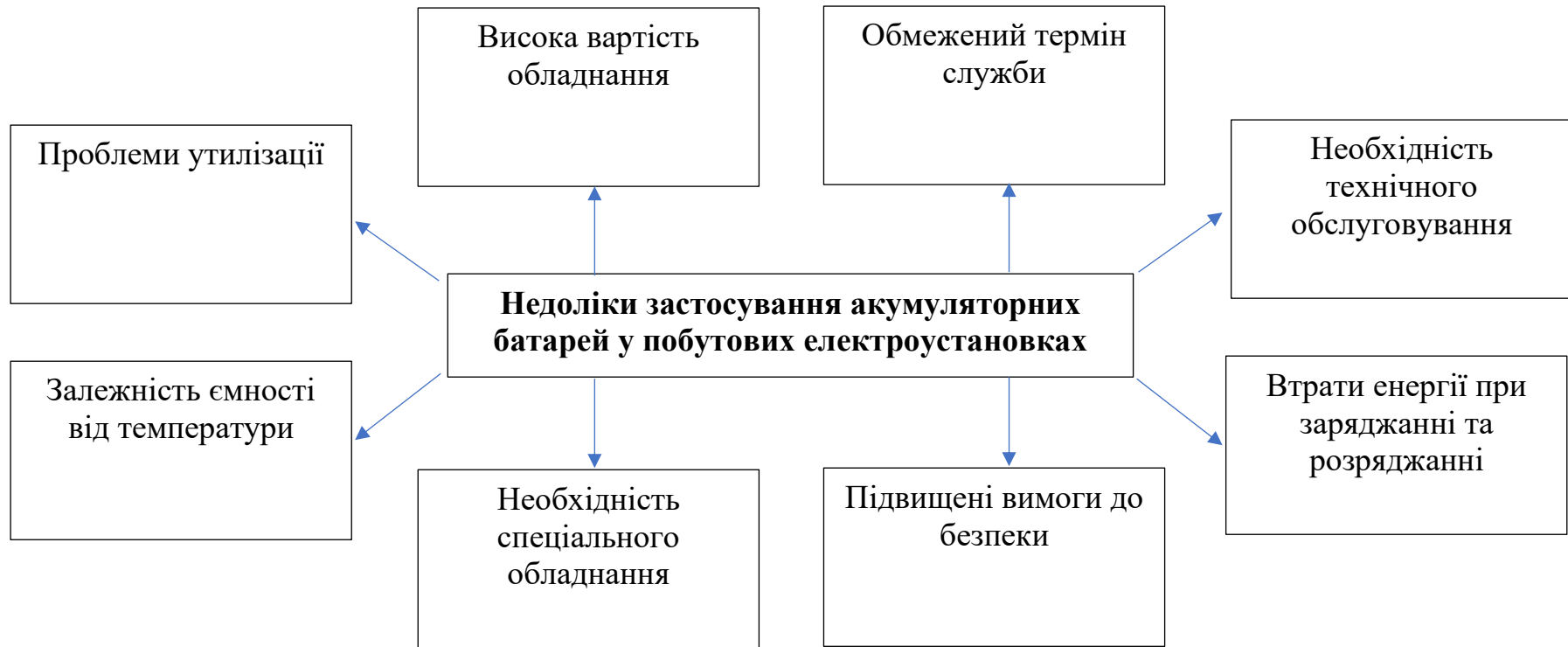


Рисунок 1.9 - Недоліки застосування акумуляторних батарей у побутових електроустановках

1.5 Постановка завдань

1. Провести аналіз сучасних побутових приладів, що використовують акумуляторні батареї як основне чи резервне джерело живлення, та визначити їхні функціональні особливості.
2. Дослідити роботу побутової техніки в умовах зникнення електроживлення та оцінити здатність пристроїв до відновлення циклу роботи після відновлення напруги.
3. Виконати експериментальні дослідження автономної роботи акумуляторних приладів (акумуляторний пиросос, робот-пиросос) з оцінкою часу роботи, режимів навантаження та ефективності використання заряду.
4. Проаналізувати процес заряджання мобільних пристроїв (планшет, смартфон) від портативних джерел живлення та визначити основні параметри ефективності заряджання.
5. Порівняти ефективність роботи портативних зарядних пристроїв (Powerbank) та зарядних станцій.
6. Дослідити характер зміни рівня заряду акумуляторних станцій у процесі заряджання.

2 РОЗРАХУНОК РОЗДІЛ

2.1 Огляд побутових приладів для подальших досліджень використання акумуляторних батарей.

2.1.1 Посудомийна машина

Посудомийна машина Electrolux SES42201SX — це вузька окремостояча модель шириною 45 см, розрахована на 9 комплектів посуду, яка поєднує економне споживання води та електроенергії з тихою роботою завдяки інверторному двигуну BLDC. Машина оснащена 8 програмами миття, системою сушіння AirDry для природного відкривання дверцят після завершення циклу, функцією відкладеного старту та сенсором чистоти води, що дозволяє оптимізувати процес миття. Також модель здатна відновлювати роботу після короткочасного зникнення електроенергії, що є особливо корисним в умовах нестабільного електропостачання.

На рисунку 2.1 показано загальний вигляд посудомийної машини Electrolux SES42201SX [13].



Рисунок 2.1 - Загальний вигляд посудомийної машини Electrolux SES42201SX

2.1.2 Акумуляторних пилосос

Акумуляторний пилосос Karcher KVA 2 — це компактна бездротова модель для щоденного сухого прибирання, яка поєднує високу силу всмоктування, малу вагу та зручність використання. Завдяки акумулятору пилосос може працювати до 40 хвилин без підзарядки, а шарнір із поворотом на 180° забезпечує хорошу маневреність під час прибирання під меблями та у важкодоступних місцях. Модель оснащена багатоступеневою HEPA-фільтрацією, що затримує до 99,9% пилу та алергенів, тому підходить для квартир із дітьми або домашніми тваринами. У комплект входять насадки для підлоги, меблів і щілин, а заряджання через USB-C робить використання ще зручнішим.

На рисунку 2.2 показано загальний вигляд акумуляторного пилососу Karcher KVA 2 [14].



Рисунок 2.2 - Загальний вигляд акумуляторного пилососу Karcher KVA 2

Karcher KVA 2 має ергономічну ручку з вбудованим світлодіодним індикатором заряду акумулятора, який дозволяє контролювати рівень заряду під час роботи. Завдяки цьому користувач може вчасно поставити пиросос на заряджання та уникнути раптового вимкнення під час прибирання. Ручка також забезпечує зручне утримання пирососа та комфортне керування навіть під час тривалого використання.

На рисунку 2.3 показано роботу вбудованого світлодіодного індикатора заряду акумулятора Karcher KVA 2.

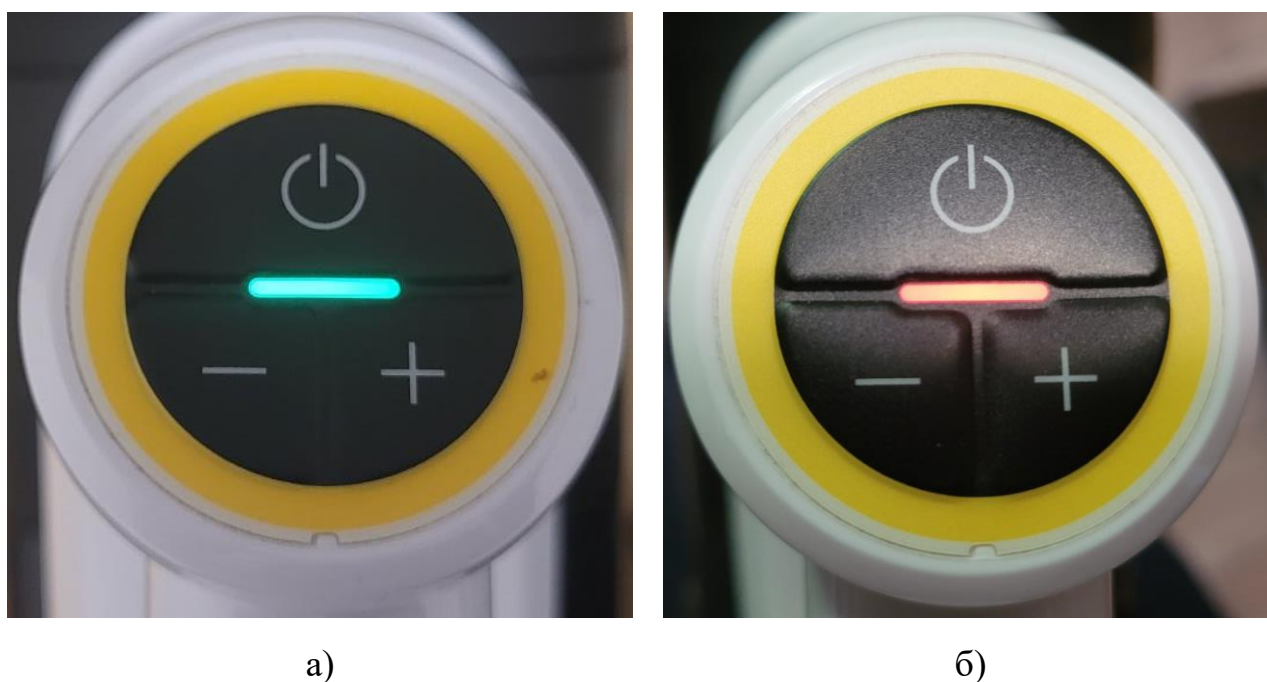


Рисунок 2.3 - Робота вбудованого світлодіодного індикатора заряду акумулятора Karcher KVA 2

а) заряджений стан; б) розряджений стан.

2.1.3 Портативний зарядний пристрій

ПЗП Luxoft E138 — це універсальний повербанк ємністю 11000 мА·год, призначений для заряджання смартфонів, планшетів і інших мобільних пристроїв в дорозі або під час відключення електроенергії. Модель оснащена двома USB-портами для одночасного заряджання кількох гаджетів, цифровим індикатором рівня заряду та міцним алюмінієвим корпусом, який забезпечує захист

акумулятора від механічних пошкоджень. Пристрій підтримує стандартну зарядку 5 В, має компактні розміри та зручний для щоденного використання чи подорожей.

На рисунку 2.4 показано загальний вигляд портативного зарядного пристрою Luxoft E138 [15].



Рисунок 2.4 - Загальний вигляд портативного зарядного пристрою Luxoft E138

На рисунку 2.5 показано індикатор зарядки Luxoft E138.



Рисунок 2.5 - Індикатор зарядки Luxoft E138

2.1.4 Робот-пилосос

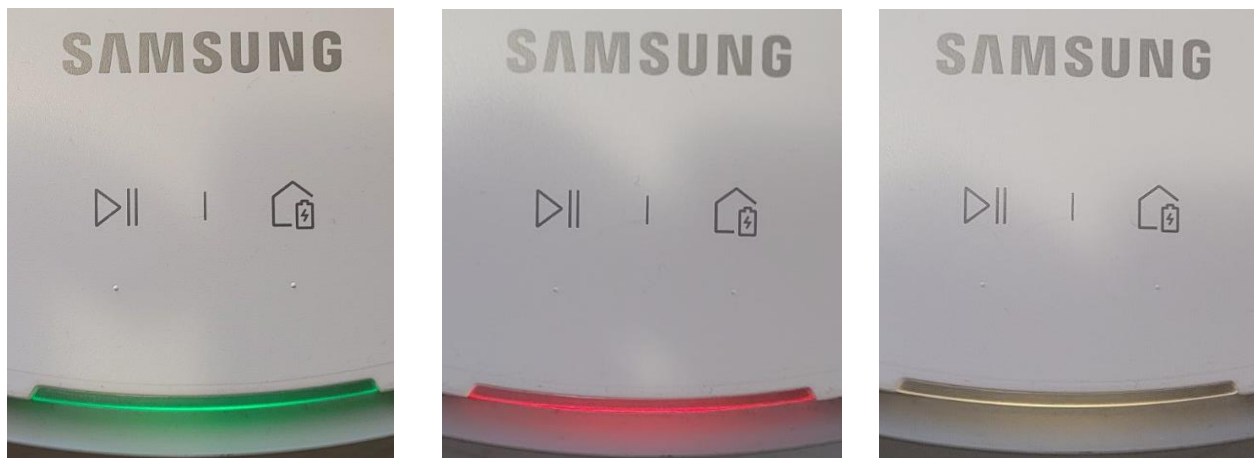
Samsung Jet Bot+ VR30T85513W — це сучасний робот-пилосос преміального класу, оснащений LiDAR-сенсором для точного сканування приміщення та побудови оптимального маршруту прибирання. Модель має потужний інверторний двигун, автоматичне регулювання сили всмоктування залежно від типу поверхні та станцію Clean Station, яка самостійно очищає контейнер від пилу, забезпечуючи більш гігієнічне використання. Пилосос підтримує керування через застосунок SmartThings, де можна створювати карти приміщень, встановлювати заборонені зони та запускати прибирання дистанційно. Акумулятор забезпечує до 90 хвилин автономної роботи, а система фільтрації HEPA ефективно затримує дрібний пил і алергени.

На рисунку 2.6 показано загальний вигляд робота-пилососа Samsung Jet Bot+ VR30T85513W [16].



Рисунок 2.6 - Загальний вигляд робота-пилососа Samsung Jet Bot+ VR30T85513W.

На рисунку 2.7 показано стан зарядки акумулятора робота-пилососа.



а)

б)

в)

Рисунок 2.7 - Стан зарядки акумулятора робота-пилососа.

а) заряджений стан; б) розряджений стан; в) зарядження.

На рисунку 2.8 показано загальний вигляд застосунку SmartThings.

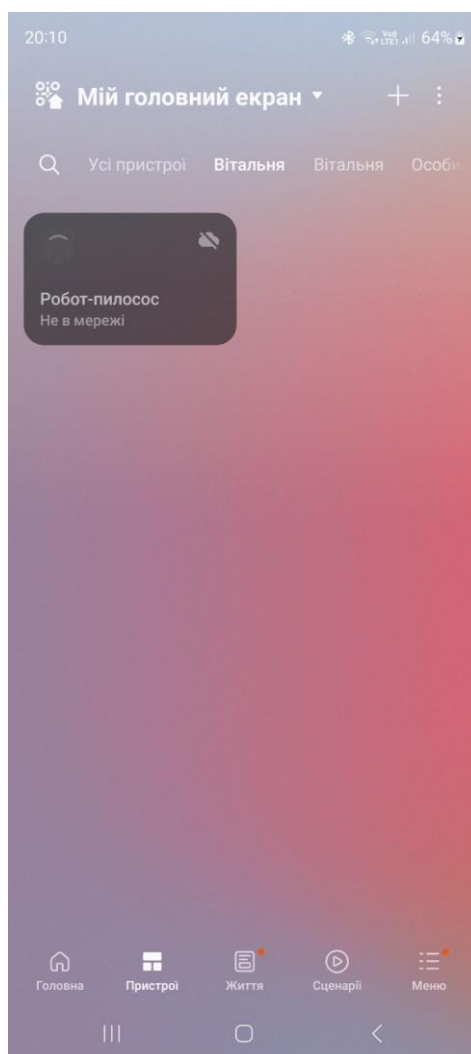


Рисунок 2.8 – Загальний вигляд застосунку SmartThings.

2.1.5 Планшет

Планшет Lenovo Tab M10 FHD Plus TB-X606F — це мультимедійний пристрій із 10,3-дюймовим Full HD IPS-дисплеєм, який підходить для перегляду відео, навчання, роботи з документами та вебсерфінгу. Модель оснащена восьмиядерним процесором MediaTek Helio P22T, 4 ГБ ОП і накопичувачем до 128 ГБ із можливістю розширення microSD-картою. Металевий корпус надає планшету преміального вигляду, а стереодинаміки із підтримкою Dolby Atmos забезпечують якісний об'ємний звук. Також пристрій має акумулятор 5000 мА·год, модулі Wi-Fi та Bluetooth 5.0, USB-C роз'єм і підтримує Android 9/10 залежно від версії прошивки.

На рисунку 2.9 показано загальний вигляд планшету Lenovo Tab M10 FHD Plus TB-X606F.

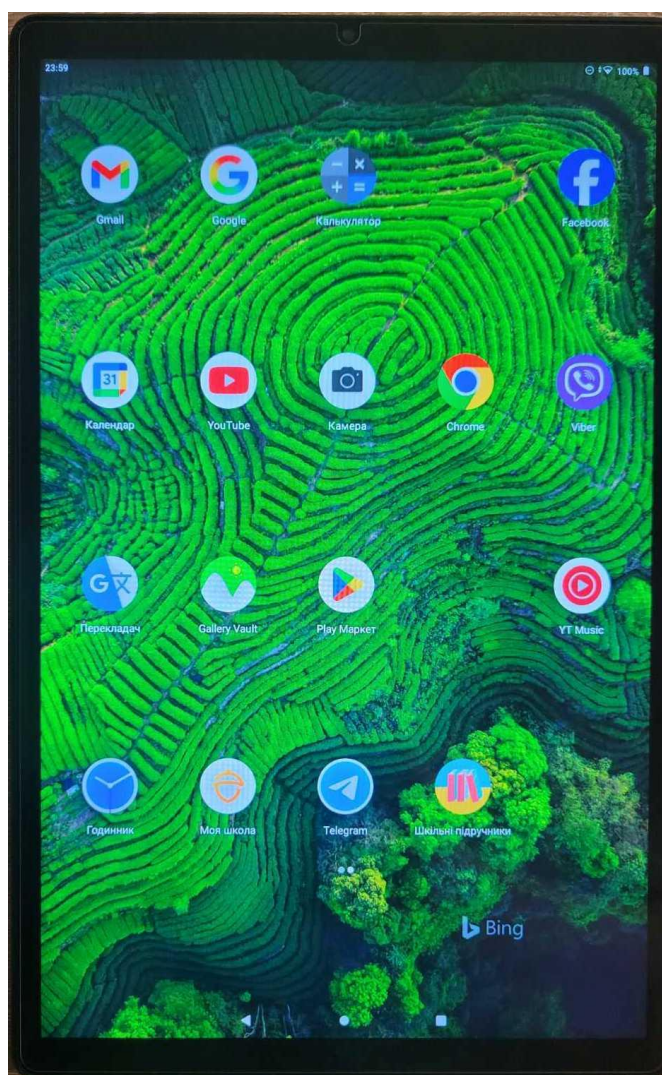


Рисунок 2.9 - Загальний вигляд планшету Lenovo Tab M10 FHD Plus TB-X606F.

В правому верхньому кутку рис. 2.9 відображено індикатор зарядки планшету.

На рисунку 2.10 показано загальний вигляд акумулятора планшету Lenovo Tab M10 FHD Plus TB-X606F [17].



Рисунок 2.10 - Загальний вигляд акумулятора планшету Lenovo Tab M10 FHD Plus TB-X606F.

2.1.6 Смартфон

Пристрій працює на процесорі Exynos 990 (або Snapdragon 865), має 8 ГБ ОП і 128 ГБ вбудованого сховища з можливістю розширення microSD. Смартфон оснащений потрібною камерою (12 Мп + 64 Мп + 12 Мп), що дозволяє робити якісні фото, 8К-відео та використовувати 30-кратний цифровий зум. Акумулятор ємністю 4000 мА·год підтримує швидку зарядку і бездротову зарядку.

Загальний вигляд смартфона Samsung S20 показано на рисунку 2.11



Рисунок 2.11 - Загальний вигляд смартфона Samsung S20

У правому верхньому кутку рис. 2.11 відображено індикатор зарядки смартфона.

На рисунку 2.12 показано загальний вигляд акумулятора смартфона Samsung S20 [18].



Рисунок 2.12 - Загальний вигляд акумулятора смартфона Samsung S20

2.1.7 Зарядні станції

Призначена для живлення невеликих побутових приладів та електроніки під час відключень електроенергії, подорожей або роботи поза мережею. Вона оснащена літій-залізо-фосфатною (LiFePO₄) батареєю з довгим ресурсом служби (до 3000 циклів), має вихідну потужність до 300 Вт (із піковим режимом до 600 Вт), а також підтримує заряджання від мережі, автомобіля, сонячних панелей і USB-C. Завдяки технології швидкої зарядки станція може повністю зарядитися приблизно за 1 годину, а її невелика вага та компактні розміри роблять її зручною для транспортування і використання в побуті чи на природі [21-25].

Загальний вигляд зарядної станції EcoFlow RIVER 2 256 показано на рисунку 2.13 [19].



Рисунок 2.13 - Загальний вигляд зарядної станції EcoFlow RIVER 2 256

Індикатор зарядки акумулятора зарядної станції можна побачити на дисплеї пристрою (рисунок 2.13).

Призначена для резервного живлення побутової техніки, електроніки та інструментів під час відключень електроенергії або автономного використання. Вона використовує довговічні LiFePO₄-акумулятори з ресурсом до 3000+ циклів і забезпечує номінальну вихідну потужність близько 1800 Вт, чого достатньо для живлення холодильника, котла, телевізора чи ноутбуків одночасно. DELTA 2 підтримує швидке заряджання від мережі (приблизно до 80% за ~50 хв), а також заряд від сонячних панелей і автомобіля, що робить її зручною для автономних систем. Завдяки модульності та можливості розширення ємності ця модель часто використовується як основа домашнього резервного енергоживлення або компактної міні-СЕС [21-25].

На рисунку 2.14 показано загальний вигляд зарядної станції EcoFlow DELTA 2 1024 [20].



Рисунок 2.14 - Загальний вигляд зарядної станції EcoFlow DELTA 2 1024.

Індикатор зарядки акумулятора зарядної станції можна побачити на дисплеї пристрою (рисунок 2.14).

Загальний вигляд застосунку EcoFlow показано на рисунку 2.15. В застосунку дуже зручно контролювати стан зарядки акумулятора зарядної станції.



Рисунок 2.15 - Загальний вигляд застосунку EcoFlow.

2.2 Висновки до Розділу 2

Проведений огляд побутових приладів показав, що сучасна техніка широко використовує акумуляторні батареї як основне чи резервне джерело живлення, що забезпечує автономність, мобільність та безперервність роботи пристроїв. Досліджені прилади — посудомийна машина, акумуляторний пилосос, робот-пилосос, планшет, смартфон, портативний зарядний пристрій та зарядні станції — мають різні типи та ємності акумуляторів, які адаптовані до умов їх

експлуатації. Особливу увагу привертають функції контролю рівня заряду, швидкого заряджання, відновлення роботи після зникнення електроживлення та інтеграції із мобільними застосунками, що підвищує ефективність і зручність використання техніки. Отримані результати свідчать про важливу роль акумуляторних батарей у сучасних побутових системах та доцільність подальших досліджень їх роботи, енергоефективності, надійності та безпеки експлуатації.

3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Дослідження роботи побутових приладів при використанні акумуляторних батарей та їх зарядки.

3.1.1 Посудомийна машина

Посудомийна машина підтримує функцію автоматичного відновлення роботи після зникнення електроживлення: у разі відключення електроенергії (ділянка 1-2) вона запам'ятовує етап виконання програми, а після відновлення живлення автоматично продовжує цикл миття з того місця, на якому робота посудомийної машини була перервана (ділянка 2-3).

На рисунку 3.1 показано цикл роботи посудомийної машини

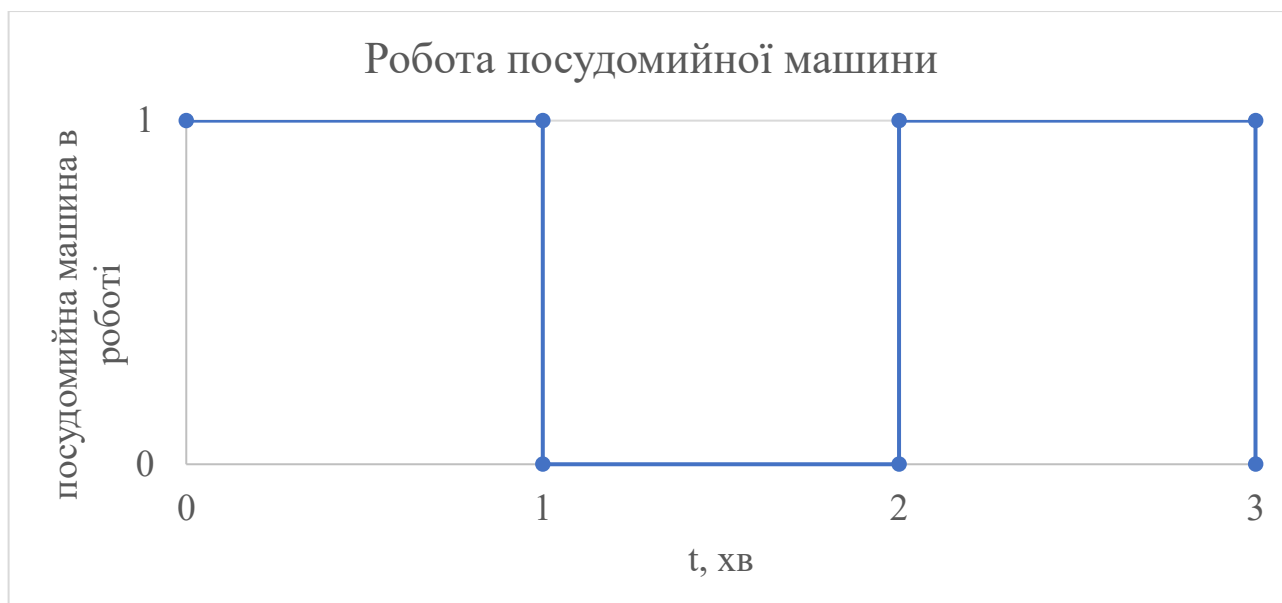


Рисунок 3.1 - Цикл роботи посудомийної машини.

3.1.2 Акумуляторних пилосос

Загальний час роботи – 15 хв

Загальний час перерви – 4 хв

Площа – близько 80 м²

Під час прибирання мінялася швидкість за допомогою кнопок + та – на ручці пилососу.

В таблиці 3.1 показано час роботи акумуляторного пилососу

Таблиця 3.1 - Час роботи акумуляторного пилососу

	Діапазон часу, хв	Перерва, хв	Діапазон часу, хв	Перерва, хв	Діапазон часу, хв	Перерва, хв	Діапазон часу, хв
	0 - 3	3 - 4	4 - 7	7 - 8	8 - 14	14 - 16	16 - 19
Кількість хвилин	3	1	3	1	6	2	3

На рисунку 3.2 показано роботу акумуляторного пилососу.

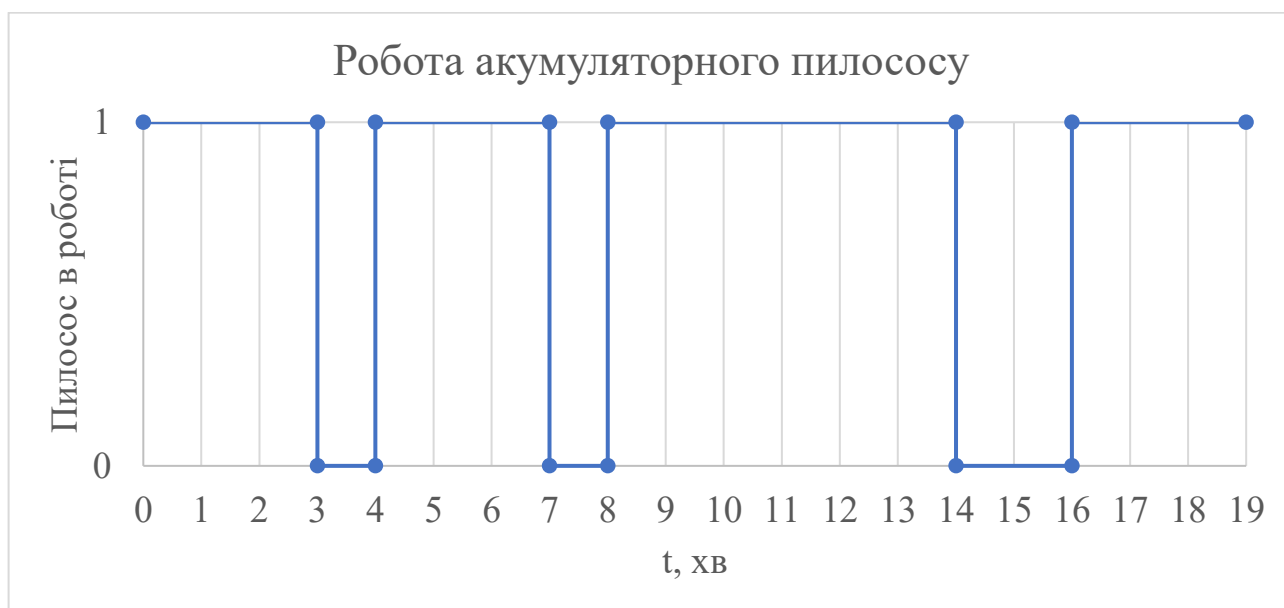


Рисунок 3.2 - Робота акумуляторного пилососу.

3.1.3 Портативний зарядний пристрій, планшет, смартфон

3.1.3.1 Зарядка планшету від Ecoflow

Вихідна потужність роз'єму USB-C 100 Wt (не враховує кабель)

Потужність EcoFlow 256 Wt

Ємність акумулятора планшету 5000 mAh, полімерний

В таблиці 3.2 показано зарядку планшету від EcoFlow River 2.

Таблиця 3.2 - Зарядка планшету від EcoFlow River 2

Потужність планшету, %	Потужність EcoFlow, %	Час t, хв
20	80	0
22	79	3
28	78	14
34	77	25
42	76	37
49	75	48
57	74	60
66	73	73
74	72	85
80	71	94

На рисунку 3.3 показано зарядку планшету від EcoFlow River 2.

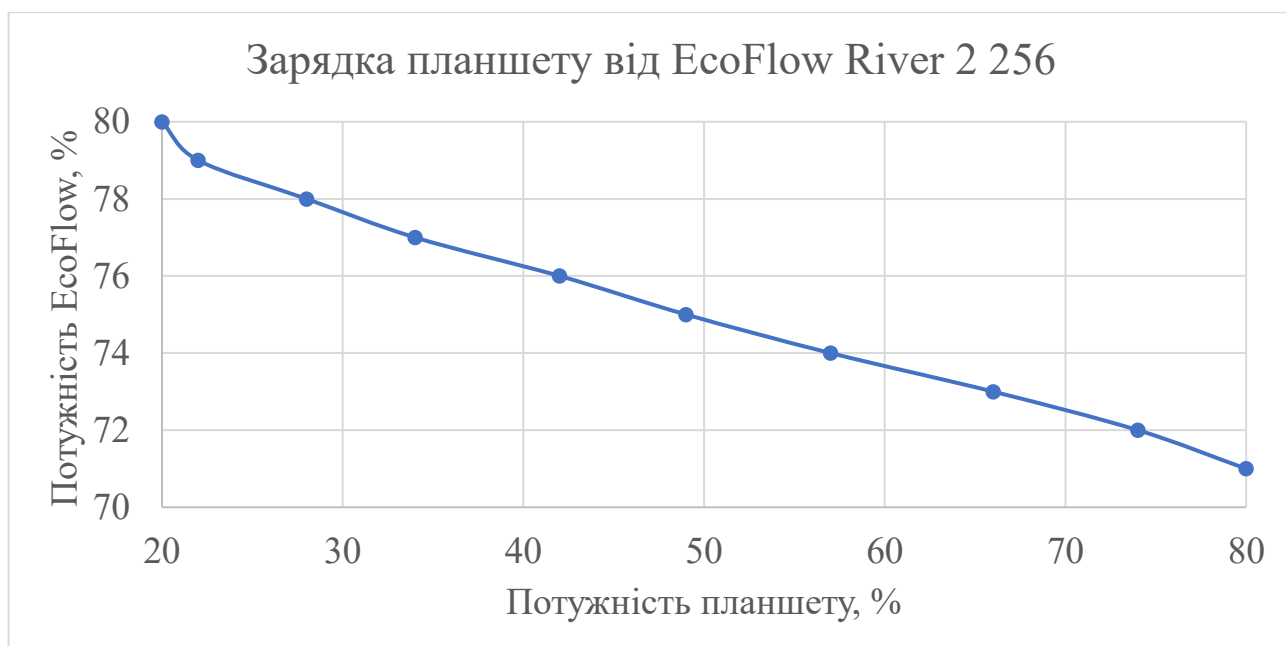


Рисунок 3.3 - Зарядка планшета від EcoFlow River 2

З рисунку 3.3 бачимо, що EcoFlow розрядився до 71%, потужність планшета становить 80%.

На рисунку 3.4 показано зарядку планшета від EcoFlow River 2 в часі.

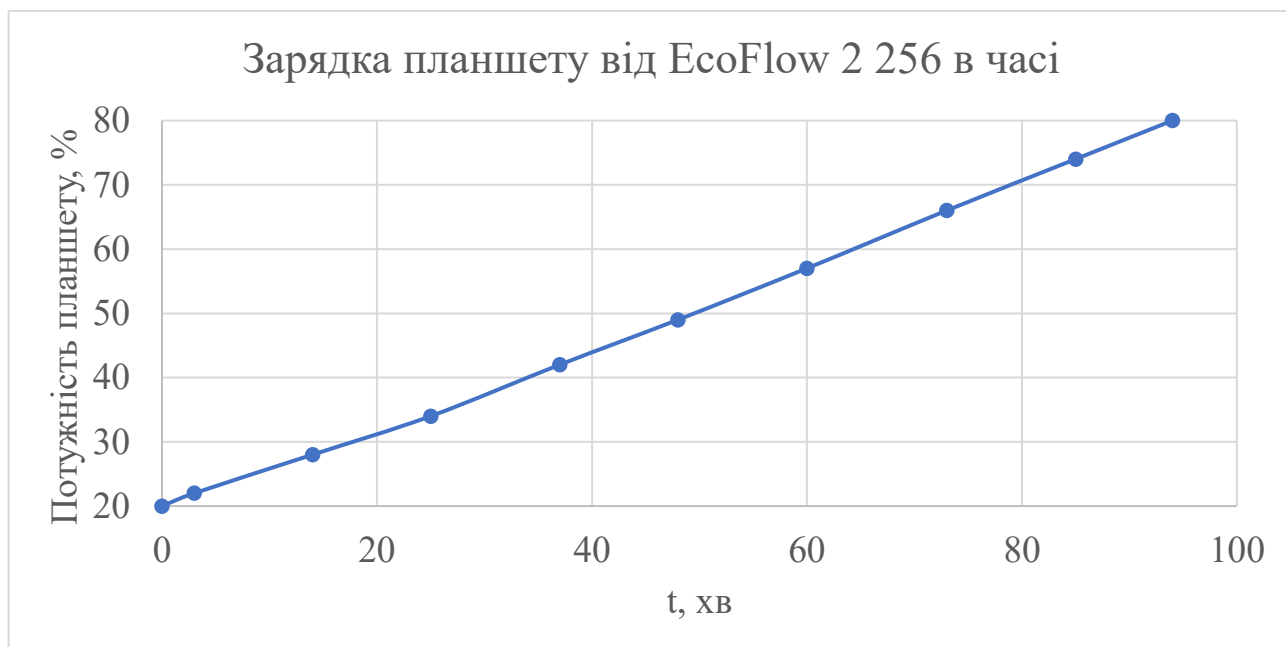


Рисунок 3.4 - Зарядка планшета від EcoFlow River 2 в часі.

З рисунку видно, що час зарядки одного відсотку потужності планшета складає в середньому 2 хв. Загальний час зарядки 60% складає 94 хв (1 година 34 хв).

3.1.3.2 Зарядка планшету від Powerbank

Вихідний струм Powerbank 2,1 А

Паспортна ємність Powerbank 11000 mAh

Ємність акумулятора планшету 5000 mAh, літій-полімерний

Якщо Powerbank працює у діапазоні від 20% до 80%, то його ємність має становити 6600 mAh, що є достатнім для зарядки планшету.

В таблиці 3.3 показано зарядку планшету від Powerbank.

Таблиця 3.3 - Зарядка планшету від Powerbank

Потужність планшету, %	Потужність Powerbank, %	Час t, хв	Потужність планшету, %	Потужність Powerbank, %	Час t, хв
20	80	0	41	49	41
21	80	1	42	48	43
22	78	3	43	46	44
23	77	5	44	45	45
24	74	9	45	44	47
25	72	11	46	42	49
26	71	13	47	41	51
27	69	15	48	39	52
28	68	17	49	38	54
29	66	19	50	36	56
30	65	21	51	34	59
31	63	23	52	33	61
32	62	25	53	31	63
33	60	27	54	30	64
34	59	29	55	28	66
35	58	31	56	27	68
36	56	33	57	26	69
37	55	34	58	24	71
38	53	36	59	23	73
39	52	38	60	21	74
40	51	39	61	20	76

На рисунку 3.5 показано зарядку планшету від Powerbank.

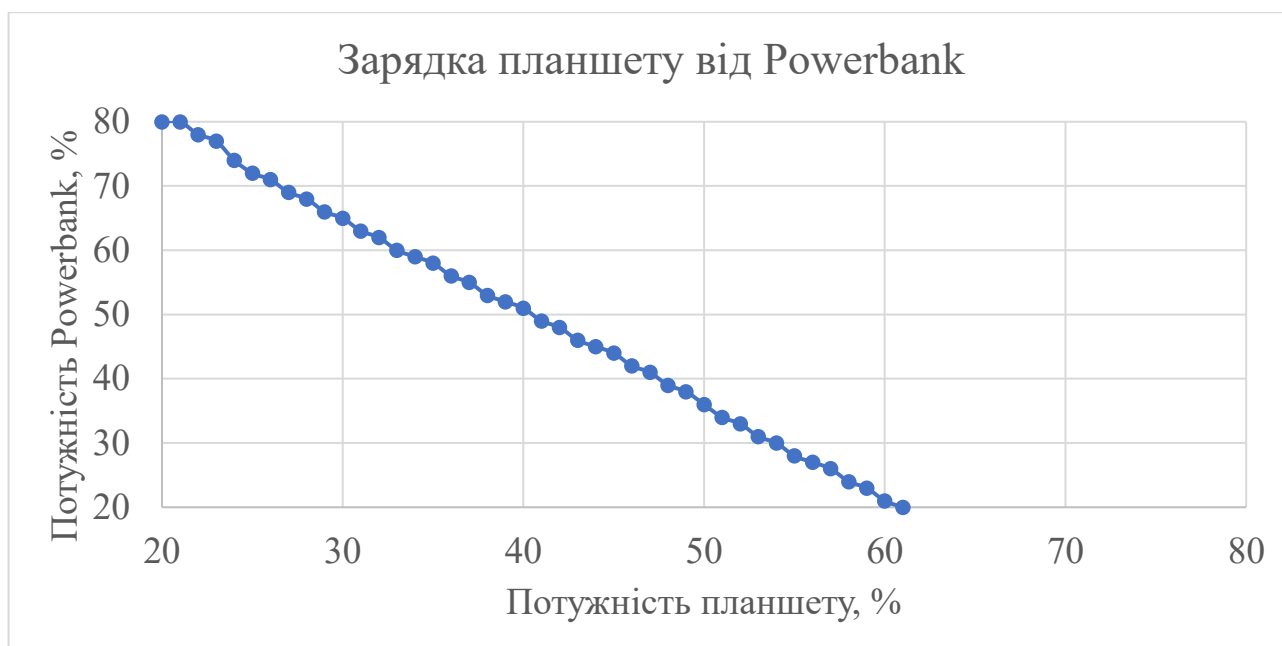


Рисунок 3.5 - Зарядка планшета від Powerbank

З рисунку бачимо, що Powerbank розрядився до 20%, проте потужність планшета становить лише 61%. Це свідчить про деградацію акумуляторної батареї Powerbank.

На рисунку 3.6 показано зарядку планшета від Powerbank в часі.

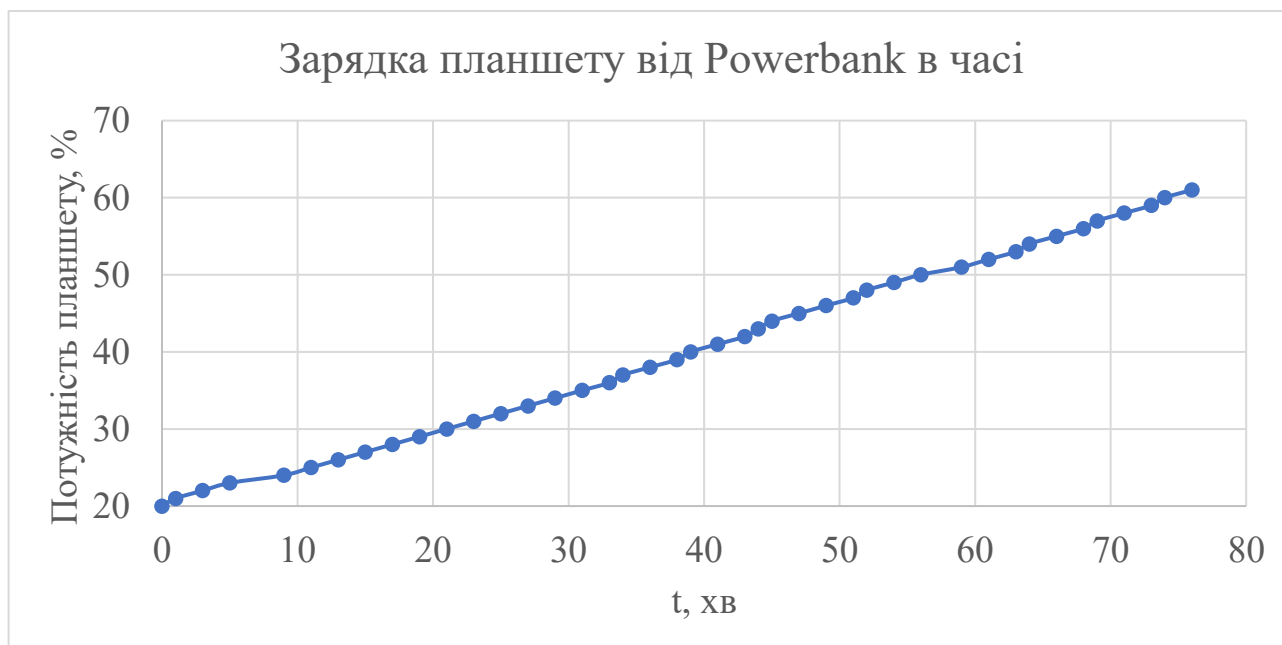


Рисунок 3.6 - Зарядка планшета від Powerbank в часі.

З рисунку видно, що час зарядки одного відсотку потужності планшета складає в середньому 2 хв. Загальний час зарядки 41% складає 76 хв (1 година 16 хв).

3.1.3.3 Зарядка смартфона від Ecoflow

Вихідна потужність роз'єму USB-C 100 Wt (не враховує кабель)

Потужність EcoFlow 256 Wt

Ємність акумулятора смартфона 4500 mAh, літій-іонний

В таблиці 3.4 подано зарядку смартфона від Ecoflow

Таблиця 3.4 - Зарядка смартфона від Ecoflow

Потужність смартфона, %	Потужність EcoFlow, %	Час t, хв
20	80	0
27	79	4
35	78	10
44	77	15
53	76	21
61	75	26
69	74	31
77	73	37
80	72	40

На рисунку 3.7 показано зарядку смартфона від Ecoflow.

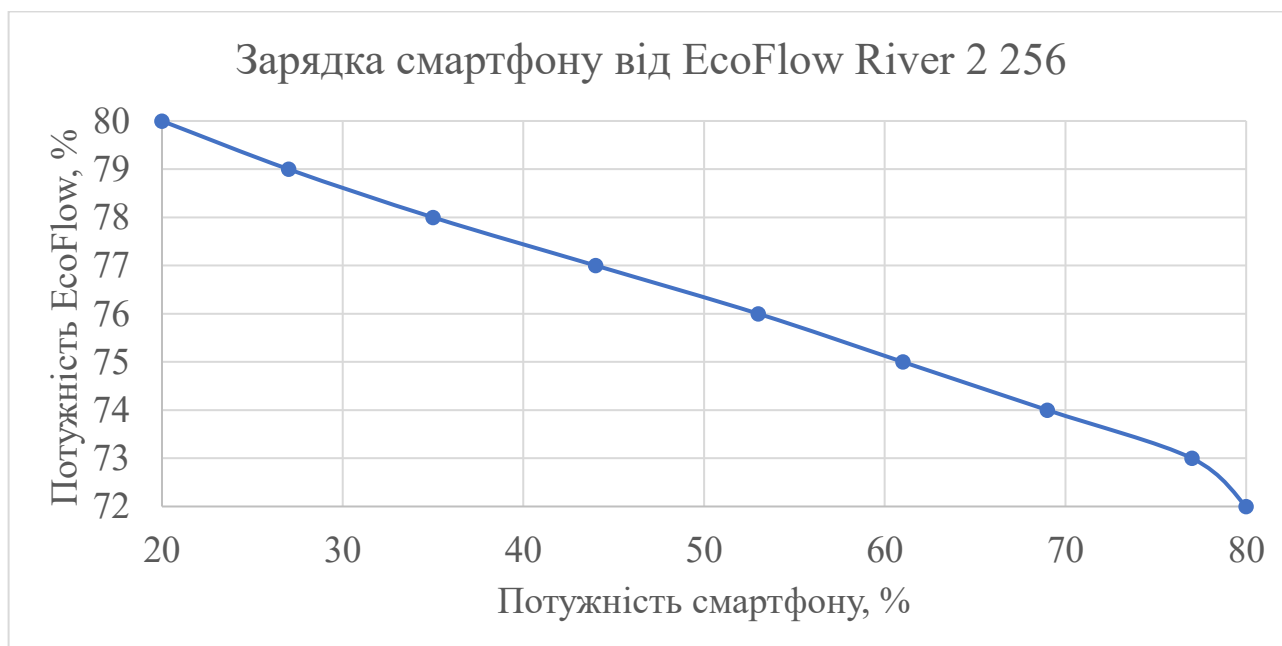


Рисунок 3.7 - Зарядка смартфона від Ecoflow

З рисунку бачимо, що EcoFlow розрядився до 72%, потужність планшету становить 80%.

На рисунку 3.8 показано зарядку смартфона від Ecoflow в часі.

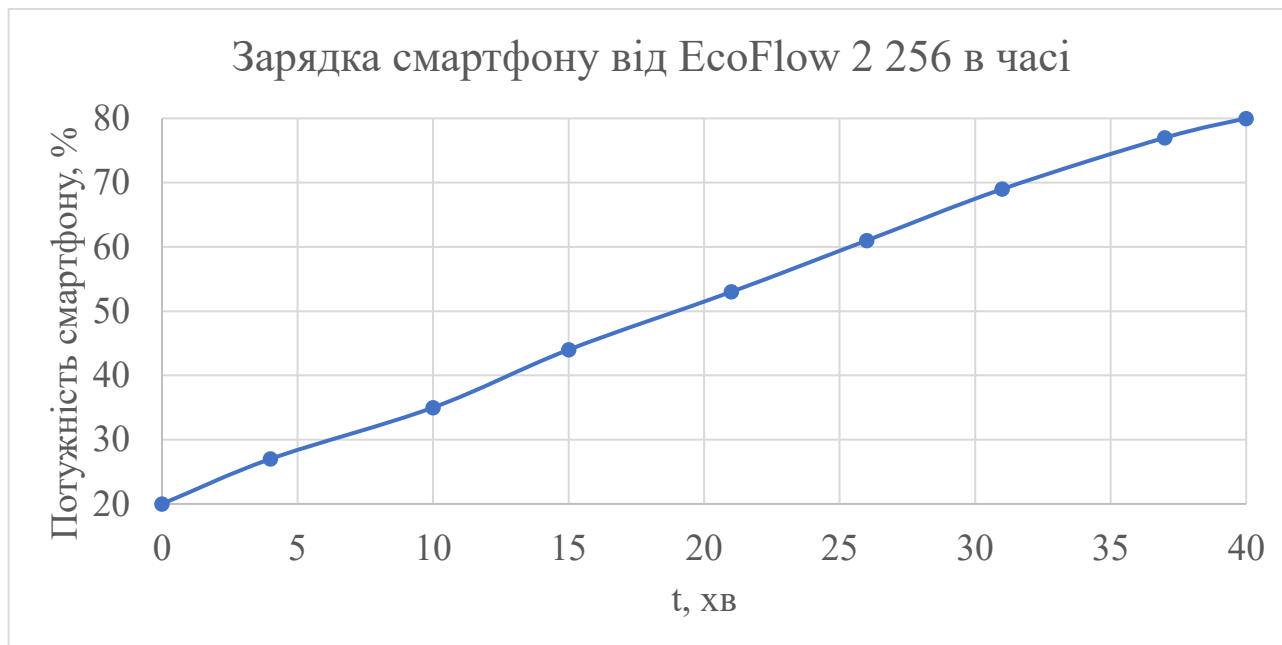


Рисунок 3.8 - Зарядка смартфона від Ecoflow в часі.

З рисунку видно, що час зарядки одного відсотку потужності смартфона складає в середньому близько 1 хв (орієнтовно 40 с.). Загальний час зарядки 60% складає 40 хв.

3.1.3.4 Зарядка смартфона від Powerbank

Вихідний струм Powerbank 2,1 А

Паспортна ємність Powerbank 11000 mAh

Ємність акумулятора смартфона 4500 mAh, літій-іонний

Якщо Powerbank працює у діапазоні від 20% до 80%, то його ємність має становити 6600 mAh, що є достатнім для зарядки смартфона.

В таблиці 3.5 показано зарядку смартфона від Powerbank.

Таблиця 3.5 - Зарядка смартфона від Powerbank

Потужність смартфону, %	Потужність Powerbank, %	Час t, хв	Потужність смартфону, %	Потужність Powerbank, %	Час t, хв
20	80	0	50	49	52
21	79	2	51	48	54
23	77	5	52	47	56
24	76	7	53	45	58
26	75	9	54	44	59
27	74	12	55	43	61
29	72	14	56	42	63
30	71	17	57	41	65
31	70	18	58	40	66
32	68	20	59	39	68
33	67	22	60	38	70
34	66	24	61	36	72
36	65	25	62	35	74
37	63	29	63	34	75
38	62	30	64	33	77
39	61	32	65	32	79
40	60	34	66	31	81
41	59	36	67	30	83
42	58	38	68	29	84
43	57	39	69	27	86
44	56	41	70	26	88
45	55	43	71	25	90
46	54	45	72	24	91
47	53	46	73	23	93
48	52	48	74	21	95
49	50	50	75	20	97

На рисунку 3.9 показано зарядку смартфона від Powerbank.

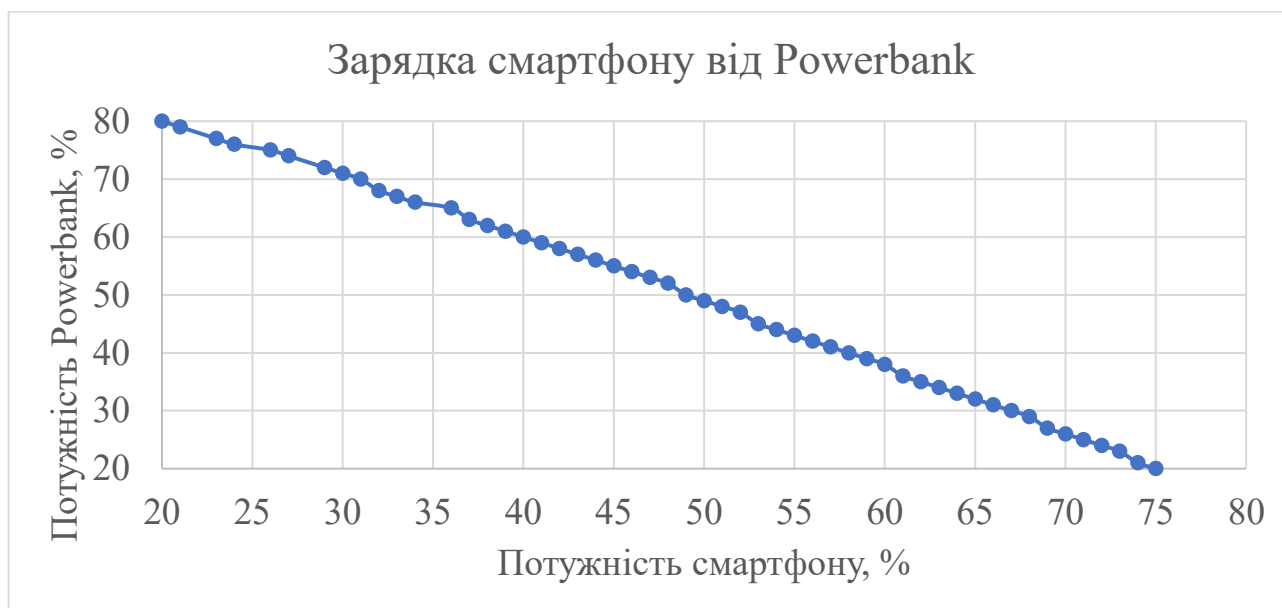


Рисунок 3.9 - Зарядка смартфона від Powerbank

З рисунку бачимо, що Powerbank розрядився до 20%, проте потужність смартфона становить лише 75%. Це свідчить про деградацію акумуляторної батареї Powerbank.

На рисунку 3.10 показано зарядку смартфона від Powerbank в часі.

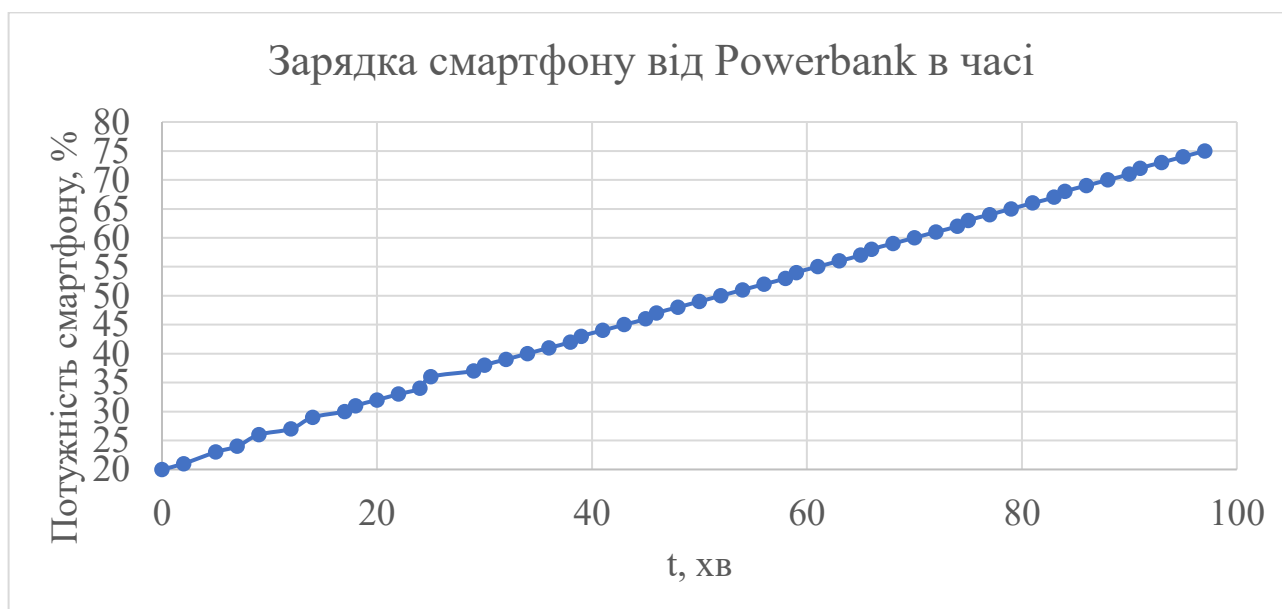


Рисунок 3.10 - Зарядка смартфона від Powerbank в часі.

З рисунку видно, що час зарядки одного відсотку потужності смартфона складає в середньому 2 хв. Загальний час зарядки 55% складає 97 хв (1 година 37 хв).

3.1.4 Робот-пилосос

Робот-пилосос оснащений функцією відновлення прибирання після зарядки: якщо під час роботи рівень заряду акумулятора стає низьким, він автоматично повертається на зарядну станцію, а після підзарядки запам'ятовує місце, де зупинився, і продовжує прибирання саме з цієї ділянки, не пропускаючи недоприбрані зони.

На рисунку 3.11 показано застосунок роботи роботу-пилососу.

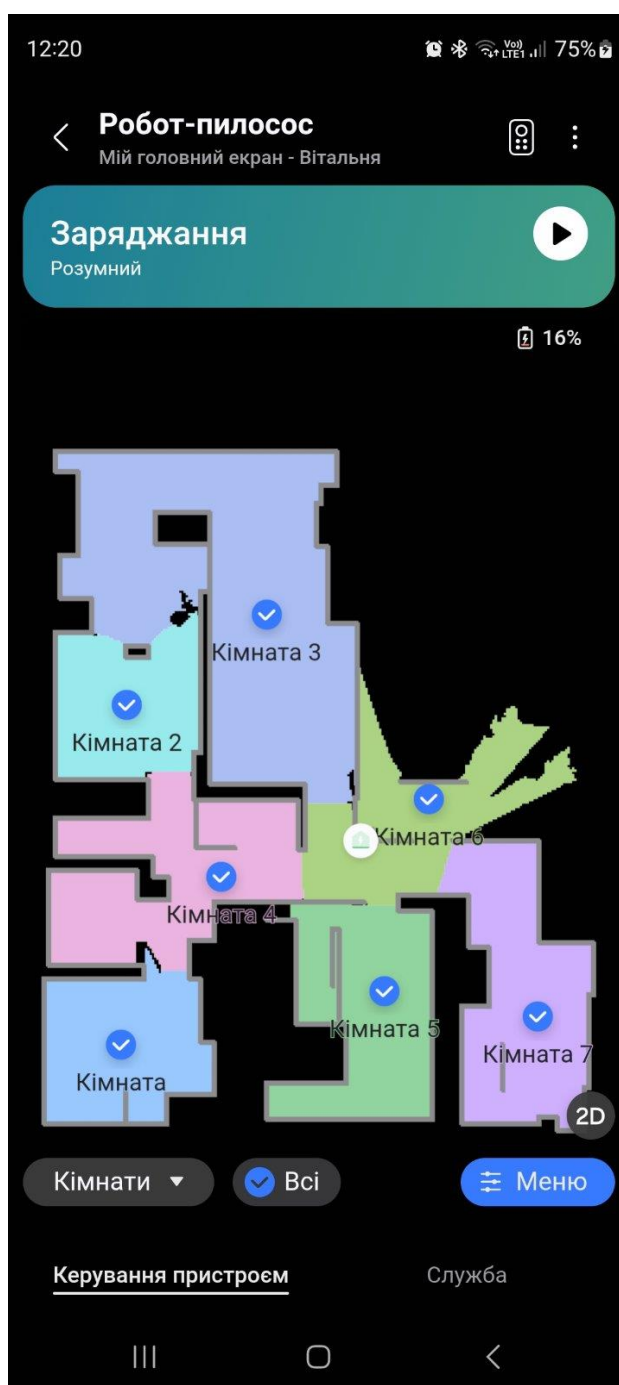


Рисунок 3.11 - Застосунок роботи роботу-пилососу

3.1.5 Зарядні станції

3.1.5.1 Зарядна станція EcoFlow River 256

В таблиці 3.6 подано процес заряду зарядної станції EcoFlow River.

Таблиця 3.6 - Процес заряду зарядної станції EcoFlow River.

Ємність зарядної станції C, %	Час t, хв	Ємність зарядної станції C, %	Час t, хв	Ємність зарядної станції C, %	Час t, хв
20	0,5				
21	1,1	41	11,4	61	22,3
22	1,5	42	11,9	62	22,9
23	1,9	43	12,5	63	23,4
24	2,4	44	13,0	64	24,0
25	2,8	45	13,6	65	24,5
26	3,3	46	14,1	66	25,1
27	3,8	47	14,7	67	25,6
28	4,3	48	15,2	68	26,2
29	4,9	49	15,8	69	26,7
30	5,4	50	16,3	70	27,3
31	5,9	51	16,8	71	27,8
32	6,5	52	17,4	72	28,4
33	7,0	53	17,9	73	28,9
34	7,6	54	18,5	74	29,5
35	8,1	55	19,0	75	30,0
36	8,7	56	19,6	76	30,6
37	9,2	57	20,1	77	31,1
38	9,8	58	20,7	78	31,7
39	10,3	59	21,2	79	32,2
40	10,8	60	21,8	80	32,8

На рисунку 3.12 показано процес заряду зарядної станції EcoFlow River.

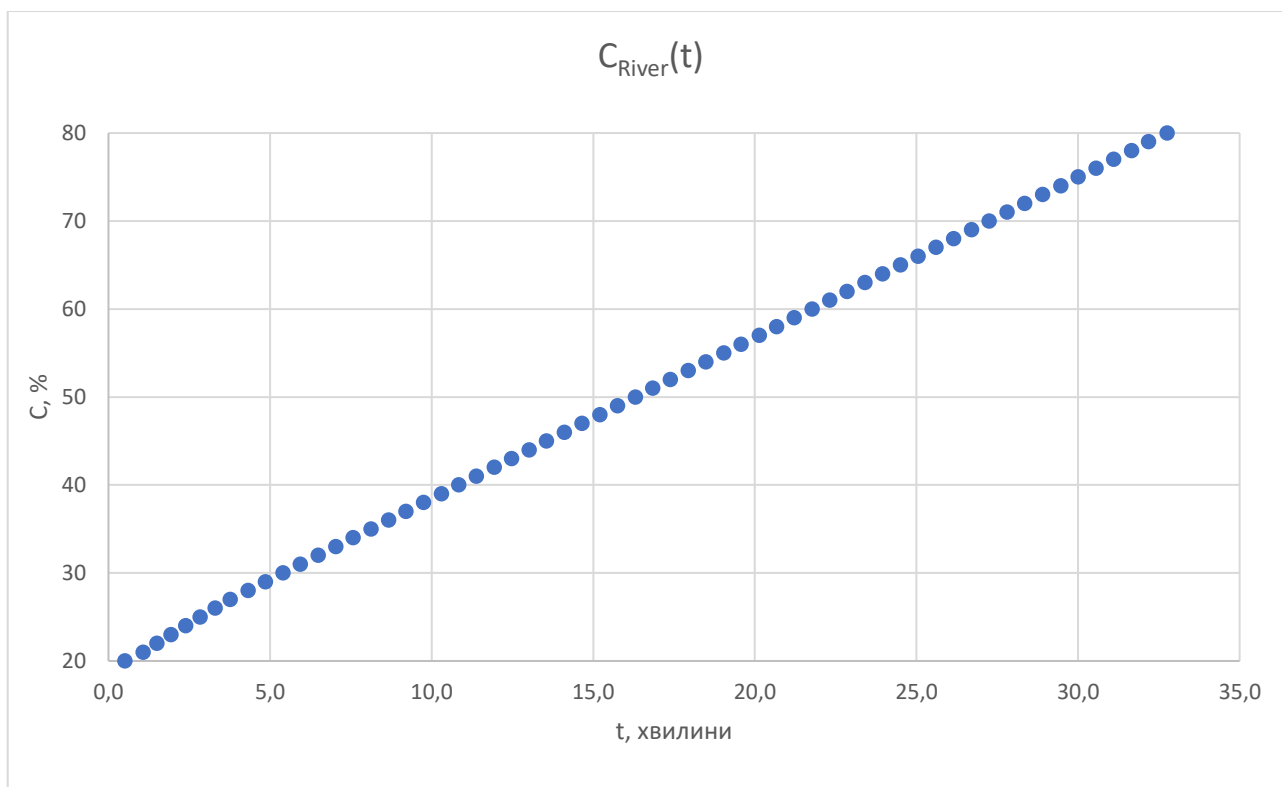


Рисунок 3.12 - Процес заряду зарядної станції EcoFlow River

З рисунку 3.12 видно, що процес заряду є плавний. Для зарядки 60% потрібно було 33 хв, тобто 1% буде заряджатися приблизно за 30 с.

3.1.5.2 Зарядна станція EcoFlow Delta 1024

В таблиці 3.7 подано процес заряду зарядної станції EcoFlow Delta.

Таблиця 3.7 - Процес заряду зарядної станції EcoFlow Delta.

Ємність зарядної станції С, %	Час t, хв	Ємність зарядної станції С, %	Час t, хв	Ємність зарядної станції С, %	Час t, хв
20	0,5				
21	1,0	41	11,5	61	22,8
22	1,5	42	12,0	62	23,4
23	2,0	43	12,5	63	24,0
24	2,5	44	13,0	64	24,6
25	3,0	45	13,5	65	25,2
26	3,5	46	14,0	66	25,7
27	4,0	47	14,6	67	26,2
28	4,5	48	15,2	68	26,7
29	5,1	49	15,8	69	27,3
30	5,6	50	16,4	70	27,9
31	6,1	51	16,9	71	28,5
32	6,6	52	17,5	72	29,1
33	7,1	53	18,1	73	29,7
34	7,6	54	18,7	74	30,3
35	8,1	55	19,3	75	30,9
36	8,6	56	19,9	76	31,5
37	9,1	57	20,5	77	32,1
38	9,6	58	21,1	78	32,7
39	10,3	59	21,6	79	33,2
40	10,9	60	22,2	80	33,8

На рисунку 3.13 показано процес заряду зарядної станції EcoFlow Delta.

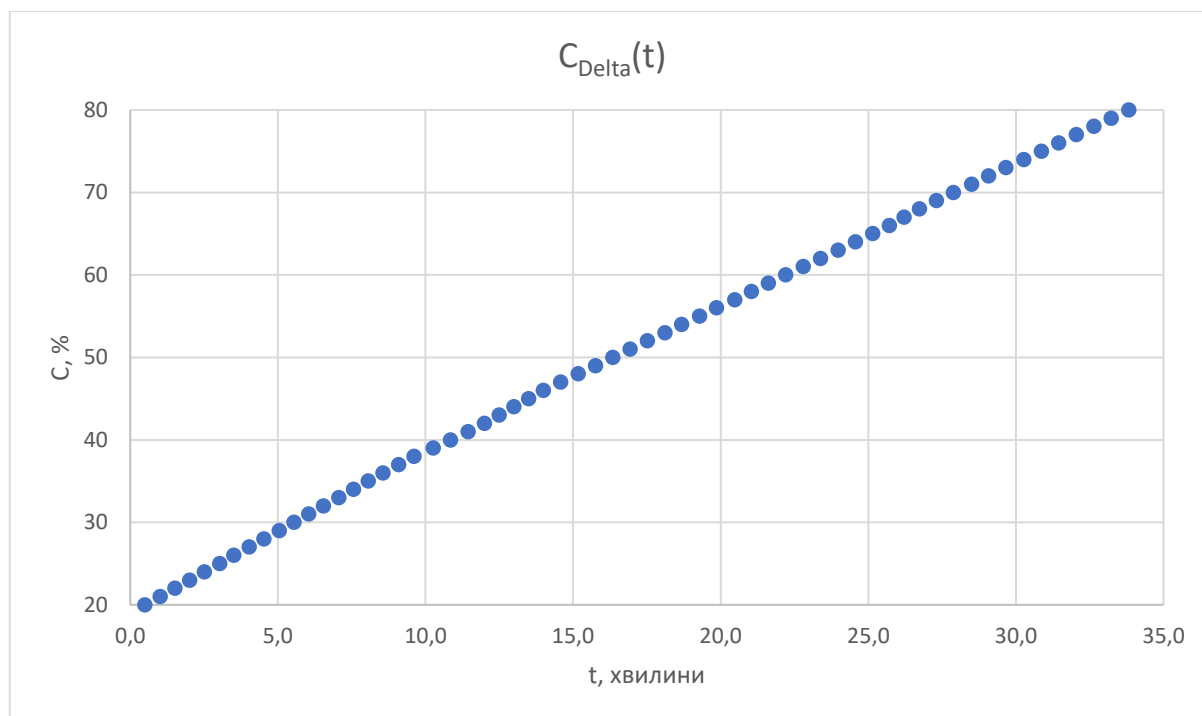


Рисунок 3.13 - Процес заряду зарядної станції EcoFlow Delta

З рисунку 3.13 видно, що процес заряду є плавний. Для зарядки 60% потрібно було 34 хв, тобто 1% буде заряджатися приблизно за 30 с.

3.2. Висновки до Розділу 3.

Посудомийна машина забезпечує безперервність виконання програми миття навіть у випадку зникнення електроживлення. Завдяки функції автоматичного відновлення роботи пристрій запам'ятовує поточний етап циклу та після подачі напруги продовжує роботу без необхідності повторного запуску користувачем. Це підвищує зручність експлуатації, зменшує ризик повторного споживання води й електроенергії та є важливою перевагою в умовах нестабільного електропостачання

Під час дослідження роботи акумуляторного пилососу було виконано прибирання приміщення площею близько 80 м² із періодичною зміною швидкості роботи за допомогою кнопок регулювання на ручці пристрою. Загальний час роботи пилососу становив 15 хвилин, а сумарний час перерв — 4 хвилини. Отримані результати показали, що акумуляторний пилосос забезпечує стабільну роботу протягом всього процесу прибирання та дозволяє ефективно регулювати потужність залежно від умов експлуатації. Наявність можливості зміни швидкості сприяє економнішому використанню заряду акумулятора та підвищує зручність користування пристроєм.

Зарядна станція EcoFlow RIVER 2 забезпечує стабільне та ефективне заряджання планшету Lenovo Tab M10 FHD Plus через роз'єм USB-C. За час експерименту рівень заряду планшету збільшився з 20% до 80%, тоді як заряд EcoFlow зменшився лише з 80% до 71%. Це свідчить про достатній запас енергії та високу ефективність роботи станції. Аналіз графіка заряджання показав, що середній час зарядки 1% акумулятора планшету становить приблизно 2 хвилини, а зарядження на 60% тривало 94 хвилини. Це підтверджує можливість використання портативних зарядних станцій як надійного резервного джерела живлення в умовах відсутності електропостачання.

Портативний зарядний пристрій Powerbank здатний забезпечити заряджання планшету, однак фактична ефективність його роботи є нижчою від паспортних характеристик. Незважаючи на заявлену ємність 11000 мА·год, під час експерименту рівень заряду Powerbank зменшився з 80% до 20%, тоді як заряд планшету збільшився лише з 20% до 61%, що свідчить про можливу деградацію акумуляторної батареї Powerbank у процесі експлуатації. Аналіз графіка показав, що середній час заряджання 1% акумулятора планшету становить близько 2 хвилин, а зарядження на 41% тривало 76 хвилин. Отримані результати підтверджують, що реальна корисна ємність Powerbank може бути суттєво меншою за номінальну, особливо після тривалого використання пристрою.

Зарядна станція EcoFlow RIVER 2 забезпечує швидке та стабільне заряджання смартфона через USB-C роз'єм. Під час експерименту рівень заряду

смартфону збільшився з 20% до 80% лише за 40 хвилин, тоді як рівень заряду EcoFlow зменшився з 80% до 72%, що свідчить про високу енергоефективність зарядної станції та незначні втрати енергії під час заряджання. Аналіз графіка показав, що середній час заряджання 1% акумулятора смартфона становить приблизно 40 секунд, що значно швидше порівняно із зарядкою планшета. Отримані результати підтверджують ефективність використання портативних зарядних станцій для швидкого резервного живлення в умовах нестабільного електропостачання.

Powerbank здатний забезпечити заряджання смартфона, проте фактична ефективність його роботи є нижчою від очікуваної. Під час експерименту рівень заряду смартфона збільшився з 20% до 75%, тоді як заряд Powerbank зменшився з 80% до 20%. Незважаючи на те, що розрахункова корисна ємність Powerbank у діапазоні роботи 20–80% повинна бути достатньою для повної зарядки смартфона, отримані результати свідчать про можливу деградацію акумуляторної батареї пристрою. Аналіз графіка показав, що середній час заряджання 1% акумулятора смартфона становить приблизно 2 хвилини, а зарядження на 55% тривало 97 хвилин. Це підтверджує, що зі збільшенням терміну експлуатації реальна ємність Powerbank зменшується. Це негативно впливає на ефективність заряджання мобільних пристроїв.

Робот-пилосос забезпечує автоматизований та безперервний процес прибирання завдяки функції відновлення роботи після заряджання акумулятора. У разі зниження рівня заряду пристрій самостійно повертається на зарядну станцію, а після поповнення енергії продовжує прибирання з місця зупинки, що дозволяє уникнути пропуску ділянок приміщення. Така функція підвищує ефективність автономної роботи робота-пилососа, оптимізує використання акумуляторної батареї та забезпечує зручність експлуатації без постійного контролю користувача.

Результати дослідження процесу заряджання зарядної станції EcoFlow RIVER показали, що заряд відбувається рівномірно та без різких коливань часу. За експериментальними даними встановлено, що підвищення рівня заряду з 20%

до 80% відбувається поступово, при цьому характер зарядної кривої має плавний вигляд. Зокрема, для накопичення 60% заряду було витрачено близько 33 хвилин, що відповідає середньому часу приблизно 30 секунд на 1% заряду. Отримані результати свідчать про стабільність процесу заряджання та ефективність використання зарядної станції в умовах побутового застосування, а також дозволяють оцінити її як надійне джерело накопичення електроенергії.

Результати дослідження процесу заряджання зарядної станції EcoFlow DELTA показали, що її заряд відбувається рівномірно та стабільно без різких змін часу накопичення енергії. За експериментальними даними встановлено, що збільшення рівня заряду з 20% до 80% характеризується плавною залежністю часу від відсотка зарядженості. Зокрема, для досягнення 60% заряду було витрачено близько 34 хвилин, що відповідає середньому значенню приблизно 30 секунд на 1% заряду. Отримані результати свідчать про ефективність і стабільність роботи зарядної станції, а також її придатність для використання в системах резервного та автономного електроживлення побутових споживачів.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Основні небезпечні фактори, які виникають під час експлуатації акумуляторних батарей у побутових системах

Під час експлуатації акумуляторних батарей у побутових системах електропостачання виникає комплекс небезпечних факторів, які необхідно враховувати для забезпечення безпечної роботи обладнання та запобігання аварійним ситуаціям. Акумуляторні системи, особливо ті, що використовуються у складі резервного живлення або сонячних електростанцій, поєднують електричні, хімічні та термічні ризики.

Одним із головних небезпечних факторів є ураження електричним струмом. Акумуляторні батареї, особливо високовольтні системи накопичення енергії, можуть становити значну небезпеку при обслуговуванні, монтажі або ремонті. Навіть при відносно низькій напрузі великий струм короткого замикання може спричинити серйозні травми, опіки або пошкодження інструментів. Небезпека зростає при порушенні ізоляції проводів або використанні несправного обладнання.

Важливим фактором є коротке замикання, яке може виникнути внаслідок неправильного підключення елементів, неякісних контактів або потрапляння металевих предметів на клеми. У разі короткого замикання різко зростає струм, що призводить до інтенсивного нагрівання провідників, плавлення ізоляції та можливого займання. У деяких випадках це може викликати пошкодження всієї акумуляторної системи.

Суттєву небезпеку становить перегрів акумуляторних батарей. Він може бути спричинений надмірним навантаженням, неправильними параметрами заряджання, відсутністю системи охолодження або експлуатацією в умовах високої температури навколишнього середовища. Перегрів призводить до прискореного зношування елементів, втрати ємності та зниження загальної надійності системи. У критичних випадках можливий тепловий розгін, особливо

у літій-іонних акумуляторах, що супроводжується виділенням великої кількості тепла, газів і навіть займанням або вибухом.

Окрему небезпеку становить виділення газів і хімічних речовин. У свинцево-кислотних акумуляторах під час заряджання відбувається електроліз води з виділенням водню та кисню. Накопичення водню в погано вентильованих приміщеннях створює вибухонебезпечне середовище. Крім того, при пошкодженні корпусу батареї можливий витік електроліту, який є агресивною хімічною речовиною і може викликати опіки шкіри, пошкодження очей та корозію металевих елементів обладнання.

Також небезпечними є механічні пошкодження акумуляторів. Удари, падіння або деформація корпусу можуть призвести до внутрішніх дефектів, порушення структури елементів і виникнення внутрішнього короткого замикання. Це часто стає причиною аварійних режимів роботи та втрати працездатності батареї.

Не менш важливим фактором є неправильна експлуатація та заряджання. Використання невідповідних зарядних пристроїв, перевищення допустимого струму заряджання або глибокий розряд значно скорочують термін служби акумуляторів і підвищують ризик аварій. Порушення рекомендацій виробника щодо режимів роботи може призвести до деградації елементів і втрати їхніх захисних властивостей.

Окремо слід виділити вплив температурних умов. Робота при низьких температурах знижує ефективність акумуляторів і збільшує внутрішній опір, тоді як високі температури прискорюють старіння та підвищують ризик термічних аварій. Саме тому для безпечної експлуатації важливо забезпечувати стабільний температурний режим і належну вентиляцію приміщень.

Таким чином, експлуатація акумуляторних батарей у побутових системах вимагає суворого дотримання правил електробезпеки, пожежної безпеки та технічної експлуатації, а також регулярного контролю стану обладнання для запобігання аварійним ситуаціям.

4.2 Вимоги, які висуваються до приміщень для встановлення акумуляторних батарей

До приміщень, у яких встановлюються акумуляторні батареї в побутових або резервних системах електропостачання, висувається ряд вимог, спрямованих на забезпечення електробезпеки, пожежної безпеки та надійної роботи обладнання.

Перш за все, приміщення повинно бути сухим і добре вентиляваним. Це особливо важливо для свинцево-кислотних акумуляторів, які під час заряджання виділяють водень. Наявність ефективної природної або примусової вентиляції дозволяє уникнути накопичення вибухонебезпечних газів і зменшує ризик перегріву обладнання.

Температурний режим у приміщенні має підтримуватися в межах, рекомендованих виробником акумуляторів, зазвичай приблизно від +10 до +25 °С. Надто низькі або високі температури негативно впливають на ємність, ресурс і безпеку роботи батарей.

Важливою вимогою є відсутність вологи та агресивних середовищ. Приміщення не повинно піддаватися затопленню, підвищеній вологості або впливу корозійно активних речовин, оскільки це може призвести до пошкодження електрообладнання та зниження ізоляційних властивостей.

Підлога та конструкції приміщення повинні бути виконані з негорючих або важкогорючих матеріалів. Це знижує ризик поширення пожежі у випадку аварійної ситуації. Також рекомендується забезпечити легкий доступ до акумуляторного обладнання для обслуговування та контролю стану.

Електрична частина приміщення повинна відповідати вимогам електробезпеки: всі струмоведучі частини мають бути захищені, а система повинна бути обладнана автоматичними захисними пристроями (запобіжниками, автоматичними вимикачами, контролерами заряду).

Окрему увагу приділяють пожежній безпеці. У приміщенні повинні бути передбачені первинні засоби пожежогасіння, такі як вогнегасники відповідного

типу, а також забороняється зберігання легкозаймистих матеріалів поблизу акумуляторних установок.

Крім того, приміщення повинно бути захищене від механічних пошкоджень і несанкціонованого доступу сторонніх осіб, особливо дітей або осіб без відповідної підготовки.

Таким чином, правильна організація приміщення для акумуляторних батарей є важливою умовою їх безпечної, довговічної та ефективної експлуатації в побутових системах електропостачання.

4.3 Правила безпечного підключення акумуляторних батарей до інвертора та електромережі

Безпечне підключення акумуляторних батарей до інвертора та електромережі є критично важливим етапом монтажу побутових систем резервного живлення або сонячних електростанцій. Недотримання правил може призвести до коротких замикань, виходу з ладу обладнання, пожежі або ураження електричним струмом.

Перш за все, перед виконанням будь-яких робіт необхідно повністю знеструмити систему: відключити інвертор від мережі змінного струму, вимкнути фотоелектричні модулі (якщо вони є) та переконатися у відсутності напруги на клемах. Роботи повинні виконуватися лише справним інструментом з ізольованими ручками.

Важливо дотримуватися правильної полярності підключення. Під'єднання «плюса» і «мінуса» у неправильному порядку може миттєво вивести з ладу інвертор або акумуляторну батарею та спричинити іскріння. Тому перед підключенням обов'язково перевіряють маркування клем і схему підключення.

Кабелі повинні відповідати струмовим навантаженням системи. Використання провідників недостатнього перерізу призводить до їх перегріву та втрат енергії. З'єднання мають бути надійно затиснуті, без ослаблених контактів, оскільки поганий контакт є однією з причин нагріву та пожеж.

Обов'язковим є встановлення захисних елементів — автоматичних вимикачів, запобіжників або DC-роз'єднувачів між акумулятором та інвертором. Вони дозволяють швидко відключити систему у разі аварійного режиму або короткого замикання.

Під час підключення акумуляторів у батарейні блоки необхідно дотримуватися однакової ємності та типу елементів. Не допускається змішування старих і нових батарей або різних типів акумуляторів, оскільки це призводить до нерівномірного заряджання та зниження ресурсу системи.

Також важливо уникати іскроутворення під час підключення. Спочатку під'єднують силові кабелі до інвертора, а потім до акумулятора, або застосовують спеціальні роз'єми, що зменшують ризик іскри. У деяких системах рекомендується попереднє заряджання конденсаторів інвертора.

Після монтажу необхідно перевірити правильність з'єднань, відсутність перегріву контактів та стабільність роботи системи під навантаженням. Усі роботи повинні виконуватися з дотриманням правил електробезпеки та лише кваліфікованим персоналом.

Отже, безпечне підключення акумуляторних батарей базується на правильній схемі монтажу, використанні захисних пристроїв, дотриманні полярності та забезпеченні якісних електричних з'єднань.

4.4 Причини, які можуть призвести до перегріву або займання акумуляторних батарей

Перегрів або займання акумуляторних батарей у побутових системах може виникати через поєднання електричних, термічних і експлуатаційних порушень. Найбільш поширеною причиною є перевантаження батареї, коли вона працює зі струмами, що перевищують допустимі значення. У такому режимі внутрішні елементи нагріваються, прискорюються хімічні реакції та може виникнути тепловий розгін.

Важливим фактором є неправильне заряджання. Використання

невідповідного зарядного пристрою або відсутність контролю напруги та струму призводить до перезаряду акумулятора. Це особливо небезпечно для літій-іонних батарей, у яких перезаряд може викликати деградацію електроліту, виділення газів і займання. У свинцево-кислотних акумуляторах перезаряд також спричиняє активне газовиділення і нагрівання.

Суттєвою причиною є коротке замикання. Воно може виникнути через пошкодження ізоляції, неправильне підключення або потрапляння сторонніх металевих предметів. При короткому замиканні різко зростає струм, що викликає інтенсивний нагрів провідників і внутрішніх елементів батареї, що може завершитися займанням.

До перегріву також призводить поганий контакт у з'єднаннях. Ослаблені або окиснені клеми збільшують перехідний опір, через що в місці контакту виділяється надлишкове тепло. Це може стати осередком локального перегріву і подальшого займання.

Небезпеку становить і недостатня вентиляція приміщення. При заряджанні акумулятори виділяють тепло і гази, а відсутність відведення тепла сприяє накопиченню високої температури та вибухонебезпечних сумішей, зокрема водню у свинцевих батареях.

Ще однією причиною є механічні пошкодження акумулятора — удари, деформація або проколи. Вони можуть порушити внутрішню структуру елементів, викликати внутрішнє коротке замикання і неконтрольоване нагрівання.

Також негативно впливають екстремальні температурні умови. Робота при високій температурі пришвидшує старіння батареї та знижує її стабільність, а при низьких температурах можливі порушення режимів заряджання, що теж підвищує ризик аварій.

Отже, перегрів і займання акумуляторних батарей найчастіше є наслідком порушення режимів експлуатації, неправильного монтажу або відсутності систем захисту та контролю.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Проведений огляд побутових приладів показав, що сучасна техніка широко використовує акумуляторні батареї як основне чи резервне джерело живлення, що забезпечує автономність, мобільність та безперервність роботи пристроїв. Досліджені прилади — посудомийна машина, акумуляторний пилосос, робот-пилосос, планшет, смартфон, портативний зарядний пристрій та зарядні станції — мають різні типи та ємності акумуляторів, які адаптовані до умов їх експлуатації. Особливу увагу привертають функції контролю рівня заряду, швидкого заряджання, відновлення роботи після зникнення електроживлення та інтеграції із мобільними застосунками, що підвищує ефективність і зручність використання техніки. Отримані результати свідчать про важливу роль акумуляторних батарей у сучасних побутових системах та доцільність подальших досліджень їх роботи, енергоефективності, надійності та безпеки експлуатації.

2. Посудомийна машина забезпечує безперервність виконання програми миття навіть у випадку зникнення електроживлення. Завдяки функції автоматичного відновлення роботи пристрій запам'ятовує поточний етап циклу та після подачі напруги продовжує роботу без необхідності повторного запуску користувачем. Це підвищує зручність експлуатації, зменшує ризик повторного споживання води й електроенергії та є важливою перевагою в умовах нестабільного електропостачання.

3. Під час дослідження роботи акумуляторного пилососу було виконано прибирання приміщення площею близько 80 м² із періодичною зміною швидкості роботи за допомогою кнопок регулювання на ручці пристрою. Загальний час роботи пилососу становив 15 хвилин, а сумарний час перерв — 4 хвилини. Отримані результати показали, що акумуляторний пилосос забезпечує стабільну роботу протягом всього процесу прибирання та дозволяє ефективно регулювати потужність залежно від умов експлуатації. Наявність можливості

зміни швидкості сприяє економнішому використанню заряду акумулятора та підвищує зручність користування пристроєм.

4. Зарядна станція EcoFlow RIVER 2 забезпечує стабільне та ефективне заряджання планшету Lenovo Tab M10 FHD Plus через роз'єм USB-C. За час експерименту рівень заряду планшету збільшився з 20% до 80%, тоді як заряд EcoFlow зменшився лише з 80% до 71%. Це свідчить про достатній запас енергії та високу ефективність роботи станції. Аналіз графіка заряджання показав, що середній час зарядки 1% акумулятора планшету становить приблизно 2 хвилини, а зарядження на 60% тривало 94 хвилини. Це підтверджує можливість використання портативних зарядних станцій як надійного резервного джерела живлення в умовах відсутності електропостачання.

5. Портативний зарядний пристрій Powerbank здатний забезпечити заряджання планшету, однак фактична ефективність його роботи є нижчою від паспортних характеристик. Незважаючи на заявлену ємність 11000 мА·год, під час експерименту рівень заряду Powerbank зменшився з 80% до 20%, тоді як заряд планшету збільшився лише з 20% до 61%, що свідчить про можливу деградацію акумуляторної батареї Powerbank у процесі експлуатації. Аналіз графіка показав, що середній час заряджання 1% акумулятора планшету становить близько 2 хвилин, а зарядження на 41% тривало 76 хвилин. Отримані результати підтверджують, що реальна корисна ємність Powerbank може бути суттєво меншою за номінальну, особливо після тривалого використання пристрою.

6. Зарядна станція EcoFlow RIVER 2 забезпечує швидке та стабільне заряджання смартфона через USB-C роз'єм. Під час експерименту рівень заряду смартфона збільшився з 20% до 80% лише за 40 хвилин, тоді як рівень заряду EcoFlow зменшився з 80% до 72%, що свідчить про високу енергоефективність зарядної станції та незначні втрати енергії під час заряджання. Аналіз графіка показав, що середній час заряджання 1% акумулятора смартфона становить приблизно 40 секунд, що значно швидше порівняно із зарядкою планшету. Отримані результати підтверджують ефективність використання портативних

зарядних станцій для швидкого резервного живлення в умовах нестабільного електропостачання.

7. Powerbank здатний забезпечити заряджання смартфона, проте фактична ефективність його роботи є нижчою від очікуваної. Під час експерименту рівень заряду смартфона збільшився з 20% до 75%, тоді як заряд Powerbank зменшився з 80% до 20%. Незважаючи на те, що розрахункова корисна ємність Powerbank у діапазоні роботи 20–80% повинна бути достатньою для повної зарядки смартфона, отримані результати свідчать про можливу деградацію акумуляторної батареї пристрою. Аналіз графіка показав, що середній час заряджання 1% акумулятора смартфона становить приблизно 2 хвилини, а зарядження на 55% тривало 97 хвилин. Це підтверджує, що зі збільшенням терміну експлуатації реальна ємність Powerbank зменшується, що негативно впливає на ефективність заряджання мобільних пристроїв.

8. Робот-пилосос забезпечує автоматизований та безперервний процес прибирання завдяки функції відновлення роботи після заряджання акумулятора. У разі зниження рівня заряду пристрій самостійно повертається на зарядну станцію, а після поповнення енергії продовжує прибирання з місця зупинки, що дозволяє уникнути пропуску ділянок приміщення. Така функція підвищує ефективність автономної роботи робота-пилососа, оптимізує використання акумуляторної батареї та забезпечує зручність експлуатації без постійного контролю користувача.

9. Результати дослідження процесу заряджання зарядної станції EcoFlow RIVER показали, що заряд відбувається рівномірно та без різких коливань часу. За експериментальними даними встановлено, що підвищення рівня заряду з 20% до 80% відбувається поступово, при цьому характер зарядної кривої має плавний вигляд. Зокрема, для накопичення 60% заряду було витрачено близько 33 хвилин, що відповідає середньому часу приблизно 30 секунд на 1% заряду. Отримані результати свідчать про високу стабільність процесу заряджання та ефективність використання зарядної станції в умовах побутового застосування, а також дозволяють оцінити її як надійне джерело накопичення електроенергії.

10. Результати дослідження процесу заряджання зарядної станції EcoFlow DELTA показали, що її заряд відбувається рівномірно та стабільно без різких змін часу накопичення енергії. За експериментальними даними встановлено, що збільшення рівня заряду з 20% до 80% характеризується плавною залежністю часу від відсотка зарядженості. Зокрема, для досягнення 60% заряду було витрачено близько 34 хвилин, що відповідає середньому значенню приблизно 30 секунд на 1% заряду. Отримані результати свідчать про високу ефективність та стабільність роботи зарядної станції, а також її придатність для використання в системах резервного та автономного електроживлення побутових споживачів.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Системи накопичення електричної енергії. Підручник / І.О. Сінчук, С.М. Бойко; під ред. доктора технічних наук, професора О.М. Сінчука. – Кривий Ріг, 2020. – 219 с.
2. Фесенко, А. П., Єршов, Р. Д., & Степенко, С. А. (2021). ОГЛЯД ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ АКУМУЛЯТОРНИХ БАТАРЕЙ ДЛЯ АВТОНОМНОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ НА ОСНОВІ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ. *Технічні науки та технології*, (1(7)), 177–186.
3. Акумулятор свинцево-кислотний тяговий LP 6-DZM-20 Ah • Краща ціна в Києві, Україні • Купити в Епіцентр. *Епіцентр К • Національна мережа торговельних центрів*. URL: <https://epicentrk.ua/ua/shop/mplc-akumulator-svincevo-kislotnij-tagovij-lp-6-dzm-20-ah-1eeec1c6-5ac5-6a22-a0ae-9bf70822626f.html> (дата звернення: 23.05.2026).
4. Нікель-кадмієві акумулятори: переваги, недоліки та застосування. *SHIELDEN Solar Company: Produces Inverters/Batteries/Energy Storage/Solar Systems*. URL: <https://uk.shieldenchannel.com/blogs/portable-power-station/nickel-cadmium-battery> (дата звернення: 23.05.2026).
5. Акумулятор VARTA Rechargeable accu HR6 2600mAh AA 1.2V Ni-MH - купити за найкращою ціною в Кривому Розі від компанії "Спортивний клуб VELIKAN" - 2725713279. "Спортивний клуб VELIKAN" - контакти, товари, послуги, ціни. URL: <https://vlkn.com.ua/ua/p2725713279-akkumulyator-varta-rechargeable.html> (дата звернення: 23.05.2026).
6. Плюси та мінуси літій-іонних акумуляторів 2026 - abal.com.ua. *abal.com.ua*. URL: <https://abal.com.ua/plyusy-i-minusy-litij-ionnyh-akkumulyatorov.html> (дата звернення: 23.05.2026).
7. Акумулятор FflyPower LiFePO4 12V/300AH, 3840W*h (літій-залізо-фосфатний акумулятор для ДБЖ (UPS)) - Enersun.com.ua. *Українські Енергетичні Системи*. URL: <https://enersun.com.ua/ua/akumulyator-fflypower->

[lifepo4-12v300ah-3840wh-litij-zalizo-fosfatnij-akumulyator-dlya-dbzh-ups/](#) (дата звернення: 23.05.2026).

8. Li-pol Літій-полімерні Акумулятори Акумулятори - Купити Li-Ion Акумулятори в Україні | батарейки.com.ua. *батарейки.com.ua*. URL: <https://xn--80aabspfh9bq.com.ua/kharakterystyky-ta-atrybuty-tovariv/typy-batareyok/attribute-lipol> (дата звернення: 23.05.2026).

9. Учасники проєктів Вікімедіа. Літій-іонний акумулятор – Вікіпедія. *Вікіпедія*. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Літій-іонний_акумулятор (дата звернення: 23.05.2026).

10. Учасники проєктів Вікімедіа. Літій-залізо-фосфатний акумулятор – Вікіпедія. *Вікіпедія*. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Літій-залізо-фосфатний_акумулятор (дата звернення: 23.05.2026).

11. Ольга , С., & Іванович, Б. . (2023). АКУМУЛЯЦІЯ ЕНЕРГІЇ. СУЧАСНИЙ СТАН І ПРОБЛЕМИ. *Grail of Science*, (34), 156–162. <https://doi.org/10.36074/grail-of-science.08.12.2023.32>

12. Хасан Обаїд. ЕНЕРГІЯ МАЙБУТНЬОГО. Акумуляторні системи накопичення енергії: Розуміння ключових понять та сфери застосування. 2024. 15 с.

13. Окремо стояча посудомийна машина Slimline < 45 см Сушка AirDry 700 PRO SES42201SX. *Electrolux Україна*. URL: <https://www.electrolux.ua/ua/kitchen/dishwashing/dishwashers/free-standing-dishwasher/ses42201sx/> (дата звернення: 23.05.2026).

14. Kärcher Акумуляторний пілосос KVA 2. *Cleaning equipment and pressure washers | Kärcher International*. URL: <https://www.karcher.com/ua-uk/home-garden/pilososi/kva-2-11987300.html> (дата звернення: 23.05.2026).

15. Портативний зарядний пристрій E138. URL: <https://impuls.kh.ua/ua/suvenirna-produktsiia/personalni-aksesuary/power-bank/portatyvnyi-zariadnyi-prystrii-e138.html> (дата звернення: 23.05.2026).

16. Робот пиросос Samsung Jet Bot+ VR30T85513W/UK Білий | Samsung Україна. *Samsung ua*. URL: <https://www.samsung.com/ua/vacuum-cleaners/robot/vr8500t-white-vr30t85513w-uk/> (дата звернення: 23.05.2026).
17. Аккумулятор Lenovo Tab M10 Plus TB-X606X TB-X606F L19D1P32, ціна 495 ₴: купити на Prom.ua | Україна, Львів. *Prom.ua*. URL: <https://prom.ua/ua/p1823629967-akkumulyator-lenovo-tab.html> (дата звернення: 23.05.2026).
18. Акумулятор для Samsung Galaxy S20 FE G780 / EB-BG781ABY (4500 mAh) 12 міс. гарантії купити в Києві. *AKC - інтернет-магазин гаджетів і аксесуарів, електроніка від aks.ua в Україні*. URL: <https://www.aks.ua/uk/item/view/577763/akkumulyator-samsung-g780-g781-galaxy-s20-fe-eb-bg781aby-4500-mah-12-mes-garantii.html> (дата звернення: 23.05.2026).
19. URL: <https://ecoflowukraine.com/5000000262/> (дата звернення: 23.05.2026).
20. URL: <https://ecoflowukraine.com/zariadna-stantsiia-ecoflow-delta-2-1024-vthod/> (дата звернення: 23.05.2026).
21. Стасів А., Сисак І. Забезпечення безперебійного електропостачання житлових та малих промислових споживачів у період блекаутів // Herald of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences. – 2025. – № 355(4). – DOI: <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2025-355-83>.
22. Стасів А. З. Використання зарядних станцій у періоди блекауту / А. З. Стасів, Н. В. Завацький, Іван Михайлович Сисак // Матеріали МНТК „Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій“, 28-29 травня 2025 року. — Т. : ФОП Паляниця В. А., 2025. — С. 60. — (Фізико-технічні основи розвитку нових технологій. Електротехніка та енергозбереження).
23. Стасів А. З. Причини вибухів зарядних станцій / А. З. Стасів, В. В. Миколишин, І. М. Сисак // VII International Scientific and Practical Conference «Theoretical and Practical Aspects of Modern Scientific Research», March 13, 2026; Seoul, South Korea, 2026. — С. 137-140. DOI: 10.36074/logos-13.03.2026

24. А.З. Стасів. Небезпека підключення зарядних станцій до електричної мережі через кабель типу «вилка-вилка» / А.З. Стасів, В.В. Миколишин, Е.Р. Приймачук, І.М. Сисак // Актуальні задачі сучасних технологій : зб. тез доповідей XIV міжнар. наук.-техн. конф. молодих учених та студентів, (Тернопіль, 11-12 грудня 2025) / М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін]. – Тернопіль : ФОП Паляниця В.А., 2025 – 417-420.

25. Стасів А. З., Сисак І. М. Правильна зарядка акумуляторних батарей зарядної станції ECOFLOW DELTA 2. «ΛΟΓΟΣ». 2026. С. 93–99. 10.36074/logos-10.04.2026

26. Гурик О.Я. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці [електронний ресурс]: //Інституційний репозитарій Atutor (код дисципліни ID 4656): офіційний сайт Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя – Тернопіль, 2017. – Режим доступу: <https://dl.tntu.edu.ua/index.php>.

27. Тарасенко М.Г., Коваль В.П., Буняк О.А., Мовчан Л.Т. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра для здобувачів першого рівня вищої освіти за ОПП Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка/ В.П. Коваль, М.Г. Тарасенко, О.А. Буняк, Л.Т. Мовчан – Тернопіль: ТНТУ, 2024. – 50 с.