

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ
ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

на тему:

**«Система автоматизованого керування процесом
заряду акумуляторних батарей різних типів»**

Виконав: студент 4 курсу групи Акт-41

Спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-
інтегровані технології

(шифр і назва)

Бавдик О. С.

(Прізвище та ініціали)

Керівник: к.е.н. Станько В. Ю.

(Прізвище та ініціали)

Рецензент: к.т.н., доцент Сиротюк С.В.

(Прізвище та ініціали)

ДУБЛЯНИ-2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

перший (бакалаврський) рівень вищої освіти
151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

“ЗАТВЕРДЖУЮ”
Завідувач кафедри _____
д.т.н., проф. А.М. Тригуба
“ _____ ” _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу студенту
Бавдик Олександр Степанович

1. Тема роботи: «Система автоматизованого керування процесом заряду акумуляторних батарей різних типів»

Керівник роботи Станько Володимир Юрійович, к.е.н.
Затверджені наказом по університету 30.12.2022 року № 453/к-с.

2. Строк подання студентом роботи 10.06.2023 р.

3. Початкові дані до роботи: 1. Вимоги до побудови інформаційних систем.
2. Науково-технічна і довідкова література. 3. Засоби створення, обладнання мова програмування. 4. Методика створення інформаційних систем.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки:

Вступ

Види і характеристики акумуляторних батарей

Огляд існуючих систем керування зарядкою акумуляторів

Розробка автоматизованої системи керування процесом заряду акумуляторних батарей

Практичне використання системи автоматизованого керування процесом заряду акумуляторних батарей різних типів

Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

Висновки та пропозиції.

Бібліографічний список.

Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу: 1) Презентація із головними результатами кваліфікаційної роботи.

6. Консультанти з розділів:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1, 2, 3, 4	<i>Станько В.Ю., в.о. доцента кафедри інформаційних систем та технологій</i>		
5	<i>Городецький І.М., доцент кафедри управління проектами та безпеки виробництва</i>		

7. Дата видачі завдання 30.12.2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів роботи	Приміт-ка
1.	<i>Написання першого розділу та означення головних завдань роботи</i>	<i>30.12.2022 – 03.02.2023</i>	
2.	<i>Виконання другого розділу та формування головних показників для розрахунків</i>	<i>06.02.2023 – 03.03.2023</i>	
3.	<i>Виконання третього розділу, розрахунків та розробка листів</i>	<i>06.03.2023 – 14.04.2023</i>	
4.	<i>Написання розділу: «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях»</i>	<i>17.04.2023 – 05.05.2023</i>	
5.	<i>Вартісне оцінення ефективності пропозицій роботи</i>	<i>08.05.2023 – 19.05.2023</i>	
6.	<i>Завершення оформлення розрахунково-пояснювальної записки та аркушів графічної частини</i>	<i>22.05.2023 – 09.06.2023</i>	
7.	<i>Завершення роботи в цілому</i>	<i>09-16.06.2023</i>	

Студент _____ Бавдик О.С.
(підпис)

Керівник роботи _____ Станько В.Ю.
(підпис)

УДК 621.355

Система автоматизованого керування процесом заряду акумуляторних батарей різних типів

Бавдик О.С. Кафедра ІТ – Дубляни, Львівський НУП, 2023.

Кваліфікаційна робота: 70 с. текстової частини, 2 таблиці, 15 рисунків, 23 джерела.

Проведено огляд існуючих методів зарядки, управління параметрами зарядки для автоматизованих систем керування, комунікаційні протоколи, можливості інтеграції з різними системами, а також системи безпеки і захисту акумуляторів.

Проаналізовано системи, що керують параметрами зарядки, такими як струм, напруга, час зарядки та температура, розкрито можливості регулювання цих параметрів для досягнення оптимальної зарядки акумуляторів.

Розглянуто автоматизовані системи керування зарядкою, які використовують мікроконтролери та програмні рішення, що дає змогу вивчити їх можливості, алгоритми та методи регулювання зарядки.

Досліджено комунікаційні протоколів, таких як CAN, Modbus та інші, розглянуло можливості використання стандартних протоколів для комунікації між системою керування зарядкою та акумулятором.

Запропоновано розширення можливостей інтеграції системи керування зарядкою з енергетичними системами та зовнішніми джерелами живлення дають змогу та оптимізувати роботу зарядної системи з іншими джерелами енергії.

Вдосконалено метод захисту акумуляторів від небезпечних ситуацій та покращено систему безпеки зосередив увагу на методах контролю стану АКБ.

Розроблено заходи щодо охорони праці.

Ключові слова: акумулятор, система заряду, керування процесом заряду, утилізація батарей.

Key words: battery, charge system, control of the charge process, disposal of batteries.

Зміст

ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1 ВИДИ І ХАРАКТЕРИСТИКИ АКУМУЛЯТОРНИХ БАТАРЕЙ.....	8
1.1. Використання акумуляторних батарей	8
1.2. Основні характеристики акумуляторів	11
1.3. Свинцево-кислотні акумулятори	12
1.4. Нікель-кадмієві (Ni-Cd) акумулятори	23
1.5. Нікель-металогідридні (Ni-MH) акумулятори.....	24
1.6. Li-Ion акумулятори.....	25
1.7. Літій-залізо-фосфатні акумулятори.....	28
РОЗДІЛ 2 ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ЗАРЯДКОЮ АКУМУЛЯТОРІВ.....	32
2.1. Традиційні методи зарядки	33
2.2. Управління параметрами зарядки.....	35
2.3. Комунікаційні протоколи.....	36
2.4. Контролер зарядки/розрядки Li-Ion	38
2.5. Дослідження робочих параметрів літєвих акумуляторів	39
РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ЗАРЯДУ АКУМУЛЯТОРНИХ БАТАРЕЙ.....	45
3.1. Проектування архітектури автоматизованої системи керування зарядом.....	45
3.2. Складання алгоритму роботи системи керування зарядкою акумуляторних батарей.....	46
3.3. Проектування зарядних пристроїв	49
РОЗДІЛ 4 ПРАКТИЧНЕ ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ЗАРЯДУ АКУМУЛЯТОРНИХ БАТАРЕЙ РІЗНИХ ТИПІВ	54
4.1. Використання системи зарядки для автомобільних акумуляторів	54
4.2. Використання системи зарядки для портативних пристроїв	56

РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	58
5.1. Аналіз небезпеки під час роботи за комп'ютером.....	58
5.2. Освітлення та вентиляція в робочому приміщенні.....	59
5.3. Інструкція з охорони праці під час роботи за комп'ютером.....	59
5.4. Правове регулювання утилізації батарей та акумуляторів	61
5.4.1. Загальні положення.....	61
5.4.2. Законодавство України про регулювання утилізації акумуляторних батарей та акумуляторів	61
5.4.3. Державний контроль та відповідальність у сфері хімічних джерел струму.....	64
5.4.4. Алгоритм дій громадян щодо утилізації батарейок і акумуляторів ...	65
ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ	66
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	68

ВСТУП

Стрімкий розвиток суспільства вкотре вказав на гостру залежність людини від електроенергії. Її відсутність може призвести до непередбачуваних наслідків, тому сьогодні, як ніколи енергоефективність та сталість грають важливу роль, в нашому повсякденному житті. Для можливості забезпечення автономного та економного живлення спостерігається значний попит на використання акумуляторних батарей у різних галузях, таких як електромобілі, сонячна енергія, побутова електроніка та інші. Отже, використання акумуляторних батарей стало необхідним для забезпечення енергії різноманітним пристроям та системам. Це призводить до необхідності розробки ефективних систем керування зарядкою для забезпечення оптимальної роботи та тривалості життя акумуляторних батарей.

Акумуляторні батареї, що застосовуються у різних пристроях мають різні типи та вимоги до зарядки. Однак, ефективна та безпечна зарядка акумуляторних батарей є складним завданням. Різні типи акумуляторів вимагають різних параметрів зарядки, таких як напруга, струм, час зарядки та інші. Неправильна зарядка може призвести до погіршення їхньої продуктивності, скорочення терміну служби акумуляторів або навіть до їх пошкодження та вибухонебезпечних наслідків.

Існуючі традиційні методи зарядки акумуляторних батарей можуть мати свої обмеження та недоліки, такі як неправильна зарядка, невідповідність потребам різних типів батарей, перегрів, що призводить до скорочення тривалості життя. Розробка автоматизованих систем керування дозволить вирішити ці проблеми та покращити ефективність зарядки. Ефективне керування зарядкою дозволить оптимізувати використання батарей, забезпечить стабільне та безпечне живлення і продовжить тривалість їх служби.

Розвиток нових технологій зарядки акумуляторів стає предметом активного дослідження. Автоматизовані системи керування зарядкою дозволять впровадити інтелектуальні алгоритми, зв'язок між пристроями та використання нових методів зарядки, що веде до покращення продуктивності та безпеки.

Розробка систем автоматизованого керування процесом заряду акумуляторних батарей сприяє досягненню цілей сталого розвитку, таких як зменшення використання паливних ресурсів, зменшення викидів CO₂ та створення екологічно чистих рішень.

Отже, тема "Система автоматизованого керування процесом заряду акумуляторних батарей різних типів" є надзвичайно актуальною та важливою з урахуванням зростання використання акумуляторних батарей, необхідності оптимізації їх зарядки, розвитку нових технологій та досягнення стратегічних цілей сталого розвитку. Така система повинна враховувати особливості різних типів акумуляторів та автоматично налаштовувати параметри зарядки для кожного типу. Вона має забезпечувати оптимальну енергоефективність, тривалість служби акумуляторів та їх безпеку під час процесу зарядки.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка ефективної системи, яка забезпечує автоматизоване керування процесом заряду акумуляторних батарей різних типів.

Головним завданням є забезпечення безпечних та оптимальних умов заряду, що дозволить підтримувати високу продуктивність акумуляторів, забезпечувати їхню тривалу роботу та запобігати можливим пошкодженням.

Дана мета досягається шляхом виконання наступних завдань:

- провести аналіз недоліків класичних методів зарядки;
- провести аналіз методів зарядки;
- створення стенду для дослідження зарядки;
- дослідження процесу заряду в функції струму та напруги;
- розробка алгоритму зарядки на основі отриманих даних;
- розробка автоматизованої системи контролю заряду, яка дозволить вести автоматичну зарядку батареї в функції струму за запропонованим алгоритмом;
- за допомогою розробленої системи збільшити експлуатаційні характеристики акумуляторів за рахунок контролю недозарядження і недопущення перезарядження при різних температурах.

Для досягнення поставленої мети та реалізації завдань, проведено аналіз літературних джерел щодо існуючих систем керування зарядкою акумуляторів, досліджено різні типи акумуляторних батарей та їхні електричні параметри. Після цього була розроблена архітектура системи керування зарядкою, вибрані відповідні компоненти та розроблено алгоритм керування процесом заряду.

Результати кваліфікаційної роботи будуть сприяти покращенню ефективності та безпеки процесу зарядки акумуляторних батарей різних типів. Отримана система керування зарядкою матиме практичне застосування у різних сферах, включаючи промисловість, енергетику та побутове використання.

РОЗДІЛ 1

ВИДИ І ХАРАКТЕРИСТИКИ АКУМУЛЯТОРНИХ БАТАРЕЙ

1.1. Використання акумуляторних батарей

Акумуляторні батареї є важливими елементами багатьох систем, які використовуються для домашнього та промислового застосування.

В промисловому виробництві акумуляторні батареї мають широке використання, де вони забезпечують надійне живлення для різноманітних процесів та обладнання. Наведемо декілька прикладів використання:

- *Електромобілі.* Акумуляторні батареї є ключовим компонентом в електромобілях, де вони забезпечують живлення для приводу автомобіля.
- *Сховища енергії.* Акумуляторні батареї використовуються для зберігання енергії, згенерованої сонячними панелями. Це дозволяє використовувати сонячну енергію, коли вона потрібна, навіть коли сонце не світиться. Крім того, вони використовуються в сховищах енергії для зберігання та підтримки резервного живлення в електричних мережах та промислових об'єктах.
- *Робототехніка.* Акумуляторні батареї використовуються для живлення роботів, автономних систем. Вони забезпечують незалежність від джерела живлення та можливість рухатися або функціонувати безперервно.
- *Електрообладнання та автоматизація.* Акумуляторні батареї використовуються для живлення різного обладнання, такого як підйомні механізми, автономні транспортні засоби, мобільні робочі станції та інші. Вони забезпечують енергію для незалежного функціонування та маневреності в робочих середовищах.
- *Безперебійне живлення (UPS).* Акумуляторні батареї використовуються в системах безперебійного живлення (UPS), що дозволяє підтримувати живлення в разі відключення або збою мережі. UPS забезпечують неперервне живлення для обладнання, яке не може переносити перерви

в електропостачанні, таке як сервери, медичні пристрої, телекомунікаційна апаратура тощо.

- *Енергозбереження та зменшення пікового навантаження.* Акумуляторні батареї використовуються для збереження електричної енергії пікового навантаження або відновлювальних джерел енергії. Вони допомагають зменшити використання дорогих джерел енергії та забезпечити стабільність живлення в процесі промислового виробництва.
- *Автономні системи безпеки.* Акумуляторні батареї використовуються в автономних системах, таких як сигналізаційні системи, освітлення в аварійних ситуаціях, датчики безпеки та інші. Вони забезпечують надійне живлення без потреби постійного підключення до електричної мережі.
- *Електричні станції та підстанції.* Акумуляторні батареї використовуються для зберігання електричної енергії на електричних станціях та підстанціях. Це дозволяє згладжувати коливання виробництва та споживання електроенергії та забезпечує стабільну постачання електрики.

Загалом, використання акумуляторних батарей в промисловому виробництві дозволяє підвищити ефективність, знизити витрати на енергію, забезпечити стабільність живлення та покращити екологічну стійкість процесів виробництва.

Використання акумуляторних батарей в домашньому та промисловому секторах є важливим кроком у напрямку сталого розвитку та використання більш чистих та ефективних джерел енергії.

Використання акумуляторних батарей серед населення забезпечує багато переваг та зручність в повсякденному побутовому використанні. Наприклад:

- *Побутова електроніка.* Акумуляторні батареї використовуються в різних побутових пристроях, таких як мобільні телефони, ноутбуки, планшети, годинники, фото та відеокамери, музичні плеєри,

аккумуляторний електроінструмент та інші електричні пристрої. Вони надають можливість користуватися цими пристроями в будь-якому місці без прив'язки до електричної розетки.

- *Електромобілі.* Акумуляторні батареї використовуються для живлення електричних автомобілів, що дозволяє замінити традиційні джерела палива і зменшити викиди вуглекислого газу.
- *Резервне живлення.* Акумуляторні батареї використовуються для забезпечення резервного живлення в разі відключення основного джерела електропостачання. Вони можуть бути встановлені в домашніх системах живлення, сонячних панелях або системах електропостачання для зберігання енергії.
- *Портативні АКБ.* Акумуляторні батареї дозволяють людям мати доступ до енергії під час подорожей або відсутності електричної розетки. Наприклад, під час кемпінгу, в поїздках на автомобілі або навіть просто під час прогулянок, портативні акумулятори допомагають заряджати пристрої та забезпечують зручність у використанні.
- *Сонячні електростанції.* Акумуляторні батареї використовуються для зберігання енергії, отриманої від сонячних панелей. Це дає можливість використовувати сонячну енергію навіть у вечірні та нічні години, коли сонце не світить.

Використання акумуляторних батарей сприяє зменшенню використання одноразових батарей, які мають негативний вплив на навколишнє середовище через утворення відходів. Акумулятори можна перезаряджати багато разів, що дозволяє ефективно використовувати їх ресурси та знижує кількість відходів.

Все більше людей усвідомлюють переваги використання акумуляторних батарей у різних аспектах свого життя, і це призводить до їх все більшого поширення серед населення.

1.2. Основні характеристики акумуляторів

Акумулятор від лат. *accumulare* – «нагромаджувати» – хімічне джерело електричного струму багаторазової дії, основна специфіка його роботи полягає в зворотності внутрішніх хімічних процесів, що забезпечує його багаторазове використання (через заряд-розряд) для накопичення електричної енергії та автономного електроживлення різноманітних електротехнічних пристроїв та систем. Прилад для нагромадження електричної енергії з метою дальшого її використання. [12, 31]

Акумулятор є здатним накопичувати електричну енергію і, за потреби, видавати її у зовнішню мережу. Електрична енергія накопичується в акумуляторі, коли через нього протікає струм від зовнішнього джерела. Цей процес, відомий як зарядка акумулятора, супроводжується перетворенням електричної енергії на хімічну. Під час розрядки акумулятора відбувається зворотне перетворення хімічної енергії на електричну.

Точніше кажучи, термін "акумулятор" використовується для опису одного елемента акумуляторної батареї. Однак іноді термін "акумулятор" використовується для посилання на всю акумуляторну батарею (АКБ), незалежно від кількості в ній елементів.

Для того, щоб акумулятор став джерелом струму, його потрібно зарядити. Для зарядки через акумулятор пропускають струм від будь-якого джерела. Після того, як акумулятор зарядиться, його можна використовувати як самостійне джерело струму.

Полюси акумуляторів позначені знаками "+" та "-". Під час зарядки позитивний полюс з'єднують з позитивним полюсом джерела струму, а негативний полюс - з негативним полюсом.

Одним з важливих електричних параметрів є напруга, яка може змінюватися від 1 до 4,2 Вольта.

Параметри розповсюджених в даний час типів акумуляторів можна переглянути в таблиці 1.

Таблиця 1

Основні характеристики розповсюджених типів акумуляторів

Характеристика	Хімічні системи акумулятора				
	Свинцево-кислотні	Нікель-кадмієві	Нікель-метал-гідридні	Літій-іонний	Літій-полімерні
Умовне позначення	Pb, SLA	NiCd	NiMH	Li-ion	Li-Polymer
Щільність енергії, $Вт \cdot г/кг$	30	40-60	60-80	100-150	150-200
Напруга на елемент, V	2,0	1,25	1,25	3,6	2,7
Струм навантаження, A	$0,2 \cdot C$	$>2 \cdot C$	$(0,5-1,0) \cdot C$	$<1 \cdot C$	$0,2 \cdot C$
Кількість робочих циклів заряду/розряду (зменшення ємності до 80%)	200-500	1500	500	500-1000	1000-6000
Діапазон температур роботи, $^{\circ}C$	-20...+60	-40...+60	-20...+60	-20...+60	-20...+60
Мінімальний період заряду, $г$	8-16	1-2	2-4	2-4	8-15
Стійкість до перезаряду	Висока	Середня	Низька	Дуже низька	Дуже низька
Саморозряд за місяць	5-15 %	20 %	30 %	<10 %	<5 %
Періодичність обслуговування, днів	90-180	30	60-90	Непотрібно	Непотрібно

1.3. Свинцево-кислотні акумулятори

Свинцево-кислотний акумулятор або свинцево-кислотна акумуляторна батарея (англ. Lead-acid battery) – електричний акумулятор із категорії вторинних батарей, спосіб роботи якого заснований на електрохімічних реакціях свинцю і діоксиду свинцю в кислому сірчаному середовищі. [14]

Прості та доступні тому що при їх виготовленні використовують не дорогі матеріали в якості електродів свинець і розчин сірчаної кислоти. Зазвичай вони використовуються в автомобілях. Бувають з напругою 12 і 24 вольти постійного струму. Свинцево-кислотну батарею було винайдено в 1859 році французьким фізиком Гастоном Планте. Він є найдавнішим типом акумулятора з коефіцієнтом корисної дії ККД, у межах 80% винайдений у 1859-1860 роках Гастоном Планте (співробітник лабораторії Олександра Беккереля). В 1878 році Камілл Фор удосконалив його конструкцію, покривши пластини акумулятора свинцевим суриком.[14]

За будовою свинцево-кислотні акумулятори бувають:

- кислотний;
- кальцієвий;
- GEL – гелевий акумулятор;
- AGM-акумулятор;
- EFB-акумулятор.

Переваги герметичних свинцево-кислотних (SLA) акумуляторних батарей:

- відносно невисока вартість;
- повна відсутність "ефекту пам'яті";
- низький саморозряд;
- в сучасних герметичних свинцево-кислотних акумуляторах, в залежності від середньої глибини розрядки, кількість циклів може досягати 800-1000.[14]

Недоліки SLA-батарей:

- акумуляторні батареї SLA мають найнижчу питому ємність, хоча в багатьох випадках це може бути і некритичним;
- на відміну від Ni-Cd SLA страшенні глибокі цикли розряду (це безпосередньо веде до скорочення кількості циклів "заряду-розряду").

Свинцево-кислотні акумуляторні батареї широко використовуються у різних системах як резервне джерело електроживлення. Зокрема, вони застосовуються в системах безперебійного живлення (ДБЖ), телекомунікаційних системах, приймально-передавальному устаткуванні зв'язку, системах аварійної подачі електроенергії, аварійному освітленні та сигналізації, охоронних і протипожежних системах, електронних касових апаратах, а також в автономному устаткуванні й інших пристроях, які вимагають надійного джерела резервного живлення (рисунок 1).

Крім того, акумулятори знаходять широке застосування для живлення електрообладнання транспортних засобів. Вони використовуються як стартерні автомобільні батареї для запуску двигуна, а також як тягові батареї (EVB) з глибоким циклом заряду-розряду в електричних транспортних засобах.



Рисунок 1. Свинцево-кислотный АКБ RL 12-50

Свинцевий акумулятор найпростішої конструкції складається з двох електродів. Позитивний електрод містить двоокис свинцю (темно-коричневий колір), а негативний електрод містить губчастий свинець (сірий колір). Помістивши ці електроди у посудину з електролітом - розчином сірчаної кислоти у дистильованій воді, між ними виникає різниця потенціалів. У сучасних свинцевих акумуляторах електроди представлені свинцевими решітками, на які нанесена активна маса у формі пластин. Початкова активна маса решіток складається з порошку дрібнорозмеленого свинцю, який збагачується легуючими матеріалами для надання пластинам необхідних технологічних властивостей (рисунок 2).

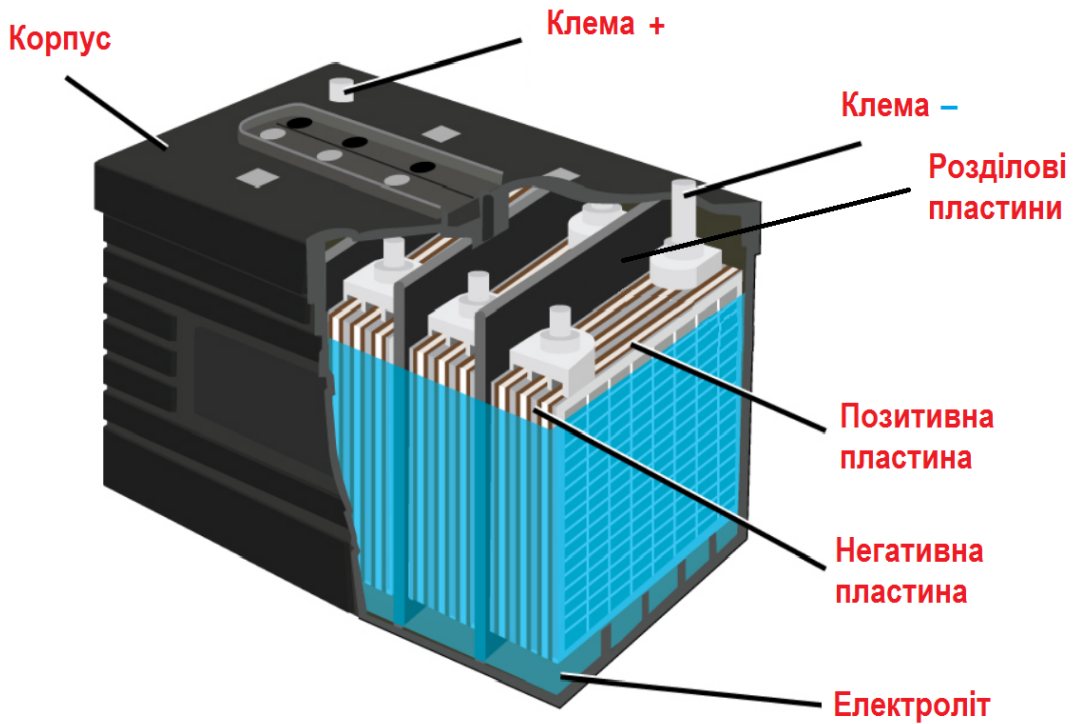
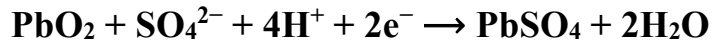


Рисунок 2. Влаштування свинцево-кислотної батареї у розрізі.

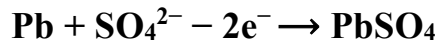
При під'єднанні навантаження до акумулятора, свинцеві пластини з активною масою, разом з електролітом і навантаженням, утворюють замкнутий електричний коло. Усередині акумулятора починається хімічна реакція, яка призводить до зміни складу активної маси на обох електродах і зниження щільності електроліту. Це призводить до появи електричного струму в колі. Цей процес називається розрядом акумулятора. Коли до акумулятора під'єднують зовнішнє джерело струму, починається зворотний процес – заряджання. Під час заряджання активна частина пластин відновлює свій первинний склад, відповідно це призводить до збільшення щільності електроліту.

Впродовж розряду акумулятора під дією реакції відбувається вихід води, а на пластинах обох типів утворюється сірчаноокислий свинець. Через розбавлення дистильованою водою розчину сірчаної кислоти знижується її концентрація і різниця потенціалів між виводами. Оскільки сірчаноокислий свинець має низьку питому провідність – зростає внутрішній опір акумулятора. Електрохімічні реакції (зліва направо – під час розряджання, справа наліво – у разі заряджання).

Хімічні реакції на аноді (+):



Хімічні реакції на катоді (-):



Ємність є однією з основних характеристик свинцево-кислотних акумуляторів. Вона визначається як максимальний корисний заряд, який може бути повністю переданий під час розрядження акумулятора до певної кінцевої розрядної напруги. Ємність вимірюється в ампер-годинах і обчислюється як добуток розрядного струму (в амперах) на тривалість розряду (в годинах).

Важливо зазначити, що ємність акумулятора не є постійною величиною, оскільки вона залежить від хімічних реакцій, які відбуваються всередині акумулятора.

Розрядна ємність акумулятора залежить від різних конструктивних і технологічних параметрів, а також від умов його експлуатації. Кількість активної маси і електроліту, товщина і геометрія електродів є важливими конструктивними параметрами, що впливають на ємність. Технологічні параметри, такі як склад активних матеріалів і пористість, також мають значний вплив на ємність акумулятора. Експлуатаційні параметри, включаючи температуру електроліту і силу розрядного струму, також впливають на розрядну ємність.

Для зарядження свинцево-кислотного акумулятора його пластини підключають до зарядного пристрою з урахуванням полярності (кольору затискачів), що викликає зворотну хімічну реакцію. Внаслідок цього з електроліту поглинається вода, збільшуючи концентрацію кислоти, тож на пластині з від'ємним (-) потенціалом (катод) виділяється металевий свинець, а на пластині з додатним (+) потенціалом (анод) – його двоокис (рисунок 3). [14]

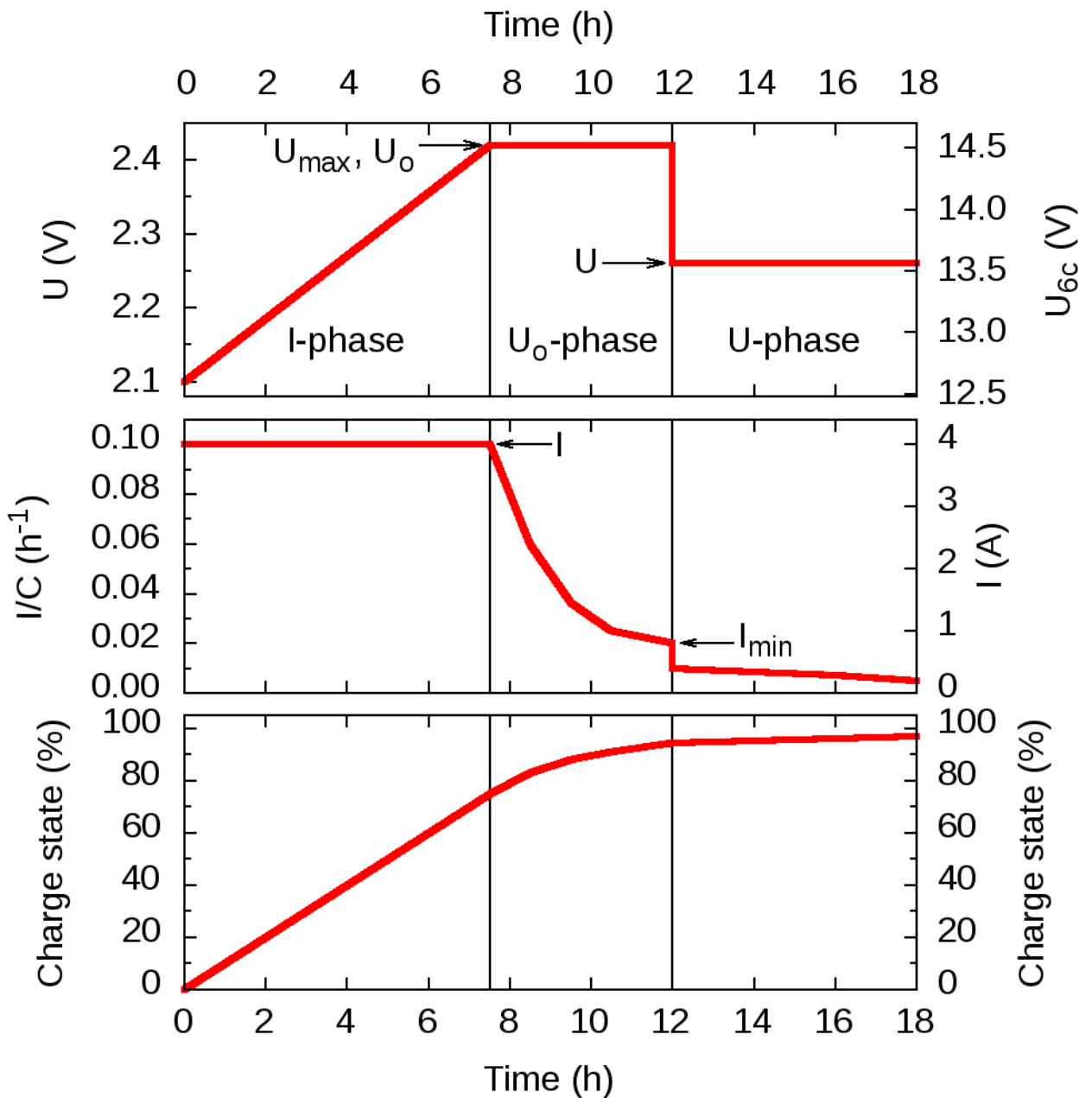


Рисунок 3. Особливості заряджання свинцево-кислотного акумулятора
(Час заряджання позначено на горизонтальній осі. По вертикальних осях: напруга (один елемент та батарея 12 В), струм (у частках від ємності та в амперах; тут для батареї 40 А·год), ступінь заряду (у відсотках).

Для заряджання свинцево-кислотного акумулятора потрібно використовувати відповідний контролер заряду, також відомий як зарядний пристрій. Це дозволяє уникнути шкідливого перезаряджання акумулятора і обмежити газоутворення, особливо в закритих свинцево-кислотних акумуляторах з регульованим клапаном. Зарядні пристрої для відкритих

свинцево-кислотних батарей з рідким електролітом менш критичні, оскільки втрати, спричинені газоутворенням, можуть бути врівноважені додаванням дистильованої води. Дегазація також сприяє перемішуванню кислоти і запобігає небажаному її розшаруванню.

Розумні зарядні пристрої, придатні для свинцево-кислотних акумуляторів, зазвичай спочатку надають максимальний зарядний струм (приблизно 20% від ємності акумулятора) до тих пір, поки напруга кожного елемента не досягне значення від 2,3 до 2,35 В. Це зазвичай займає 5-7 годин. Після досягнення цієї напруги зарядний пристрій переходить до режиму підтримки постійної напруги 13,8 вольт. Повне зарядження батареї може зайняти до доби, залежно від її стану.

Важливо не розряджати свинцево-кислотний акумулятор надмірно, оскільки це може призвести до його непридатності. Не рекомендується розряджати акумулятор нижче 80% ємності, що відповідає щільності електроліту приблизно 1,16 г/см³. Якщо рівень розряду впаде нижче цього значення, акумулятор вважається глибоко розрядженим і його слід негайно зарядити. [21, 17, 22] Захист від глибокого розряду (або захист від надмірного розряду) використовується для запобігання розряду акумулятора нижче критичного рівня. Це особливо важливо для свинцево-кислотних акумуляторів, оскільки глибоке розрядження може завдати шкоди їхнім елементам і зменшити їхню довговічність. Зазвичай в акумуляторах встановлюють захистний механізм, який відключає розрядний струм або споживання енергії, коли напруга досягає критичного рівня. Це дозволяє попередити глибоке розрядження і зберегти акумулятор від пошкоджень.

Контролер заряду відповідає за регулювання процесу зарядки акумулятора, щоб уникнути перезарядження. Він контролює напругу, струм і час зарядки, щоб забезпечити оптимальні умови для зарядження акумулятора без перевищення рекомендованих меж. Контролер заряду може переключатися між різними режимами зарядки (наприклад, швидка зарядка, підтримка постійної напруги), враховуючи потреби акумулятора і його стан. Це допомагає підтримувати

акумулятор в оптимальному стані заряду і запобігає його перезаряджанню, що може призвести до перегріву, втрати ємності або пошкодження акумулятора.

Разом захист від глибокого розряду та контролер заряду допомагають зберегти і продовжити життєвий цикл свинцево-кислотного акумулятора, забезпечуючи оптимальні умови розрядження та зарядки.

Наприклад:

- правильна напруга заряджання залежить від навколишньої температури: 13,8...14,5 В (чим холодніше — вища напруга);
- після повного заряджання (і від'єднання АКБ), його напруга швидко знижується до 13,2 В, потім повільно до 12,6...12,7 В;
- напругу акумулятора слід виміряти через 12 годин після заряджання, щоби забезпечити точність вимірювання;
- водень виділяється, коли напруга перевищує 14,4 В;
- у разі глибокого розряду АКБ, її бажано зарядити слабким постійним струмом до напруги 16,5 В;
- типовий зарядний струм чисельно становить від 1/10 ємності акумулятора;
- швидкість саморозряду — близько 3...20% на місяць.

Ємність свинцево-кислотного акумулятора зазвичай вимірюється за номінальною місткістю, яка визначається шляхом розрядження протягом 20 годин при струмі 0,05С (де С - це ємність акумулятора в ампер-годинах).

Якщо розрядний струм збільшується до 50 А, акумулятор буде працювати протягом 30 хвилин (0,5 години) і віддасть 25 ампер-годин в навантаження. При такому режимі розряду ємність акумулятора буде вдвічі меншою.

З хімічної точки зору всі процеси у свинцево-кислотних акумуляторах є ідентичними. Відмінності в експлуатаційних характеристиках обумовлені конструкцією і використовуваною технологією. Зазвичай автомобільні акумулятори є дешевшими за інші типи.

Варто зазначити, що автомобільні акумулятори не є практичним вибором для використання як резервне джерело електропостачання.

Конструкція автомобільного акумулятора передбачає наявність значної кількості вільного електроліту (через особливості експлуатації, такі як потужні струми пуску двигуна і робота в зимовий період). Ця конструкція ускладнює фіксацію пластинного пакету.

Глибокий розряд або постійні часткові розрядження свинцево-кислотних акумуляторів неприпустимі, через те що тоді виникає сульфатація пластин, на їх поверхні виникають білі кристали сірчаноокислого свинцю, які не розчинні в електроліті сірчаної кислоти, сульфатні відкладення зрештою розширюються, розтріскуючи пластини та руйнуючи батарею.

Сульфатація також виникає за недостатнього рівня розчину кислоти, коли пластини лише частково заповнені електролітом.

Глибока сульфатація призводить до підвищеного виділення газу в акумуляторі, через що він може, за відсутності захисного пристрою, вибухнути (найчастіше просто репнути).

Глибоке розрядження або постійні часткові розряди свинцево-кислотних акумуляторів є небажаними, оскільки це сприяє сульфатації пластин. На поверхні пластин утворюються білі кристали сірчаноокислого свинцю, які не розчиняються в електроліті. З часом сульфатні відкладення поширюються, що призводить до тріщин та пошкоджень пластин, а також загибелі акумулятора.

Сульфатація також може виникати, якщо рівень кислоти в електроліті недостатній, коли пластини не заповнені повністю електролітом (рисунок 4).

Глибока сульфатація призводить до збільшеного утворення газу у внутрішній частині акумулятора, що може призвести до вибуху, якщо відсутні захисні пристрої. Це особливо часто трапляється випадково, коли акумулятор піддається значному навантаженню без належного контролю.

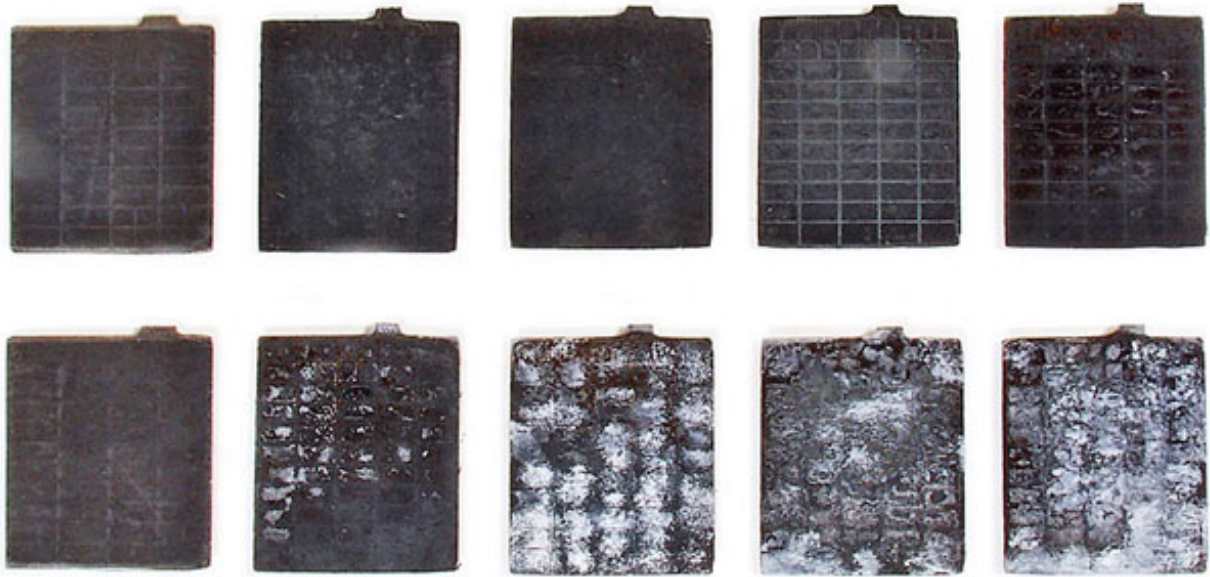


Рисунок 4. Сульфатація пластини 12V батареї

Поверхнева сульфатація виникає під час активної експлуатації акумулятора. Проте, глибока сульфатація може призвести до повної втрати функціональності пристрою.

При глибокому розрядженні акумулятора, особливо в автомобільних стартерних акумуляторах, відбувається розкладання активної маси на позитивному електроді, що призводить до зменшення його ємності. Розрядження автомобільних акумуляторів нижче залишкового рівня напруги 11,2 В є небажаним. Більшість побутових пристроїв, які живляться від акумуляторів, автоматично вимикаються при залишковій напрузі в межах 9,5-10,5 В.

Для пристроїв, які використовуються як резервне джерело живлення, герметичні свинцево-кислотні акумулятори (VRLA) є більш підходящими. Існують дві технології: Absorptive Glass Mat (AGM) і гелеві акумулятори. AGM-акумулятори мають пористий заповнювач-сепаратор зі скловолокна, просочений рідким електролітом. Така конструкція дозволяє утримувати електроліт всередині сепаратора, подібно до губки. Гелеві акумулятори мають гелеподібний

електроліт, який залишається нерухожим завдяки додаванню кремнію до сірчаної кислоти.

Пластини в обох типах акумуляторів є однаковими, але різні методи рекомбінації (що забезпечують герметичність) мають різну фізичну природу. AGM-акумулятори є більш доступними за ціною і дозволяють розряджати і заряджати великі струми. Вони менш чутливі до умов заряджання і не постраждають від короткочасного короткого замикання. Тому AGM-акумулятори широко застосовуються. Гелеві акумулятори мають переваги, такі як більший ресурс в циклічному режимі, і тому вони більш підходять для застосувань, наприклад, у системах автономного живлення на сонячних батареях. У більшості інших пристроїв, де використовується буферний режим заряджання з рідкими розрядами, гелеві акумулятори рідко використовуються.

Фактичний термін служби акумуляторних батарей залежить від максимальної кількості циклів заряджання/розряджання і в реальних умовах роботи зазвичай не досягає номінального терміну експлуатації в 5-10 років (такі терміни є умовними).

Важливо зрозуміти, що напруга 12 В на клеммах акумулятора не є прямим показником його номінальної ємності, тому неможливо точно визначити стан акумулятора лише за напругою.

Багато виробників джерел безперебійного живлення (ДБЖ) рекомендують використовувати акумулятори з певною ємністю для кожної конкретної моделі, що допомагає досягти оптимальної продуктивності системи. Деякі ДБЖ можуть мати вбудований блок управління струмом заряджання, що дозволяє заряджати акумулятори з різною ємністю. Проте, такі ДБЖ зазвичай мають вищу вартість. Навіть у таких ДБЖ все ж існують обмеження стосовно ємності акумуляторів, які можна використовувати.

Свинцево-кислотні акумулятори мають декілька переваг, таких як довговічність (при належному використанні до 10 років), низька вартість, надійність, низький внутрішній опір та відсутність ефекту "пам'яті". Проте, вони також мають свої недоліки, такі як велика маса, використання отруйних

речовин, обмеження заряджання та розряджання при низьких температурах, неможливість зберігання у розрядженому стані, можливість випуску газів при неправильному використанні та значний саморозряд.

Свинцево-кислотні акумулятори з ємністю 1 А·год зазвичай мають меншу силу струму порівняно з лужними акумуляторами. Вони мають вищу робочу напругу, але меншу питому енергію та коротший строк служби при циклічному використанні до повного розрядження. Такі акумулятори частіше застосовуються у буферному режимі, де вони можуть працювати до 10-12 років.

1.4. Нікель-кадмієві (Ni-Cd) акумулятори

В різних країнах світу виробляють нікель-кадмієві акумулятори з приблизно 1950 року. На сьогоднішній день більше половини всіх портативних пристроїв використовують саме нікель-кадмієві акумулятори.

Основні переваги цього типу акумуляторів включають:

- Низьку вартість.
- Високу стійкість до змін температури.
- Хорошу здатність витримувати великі струми заряду і розряду завдяки малому внутрішньому опору, що дозволяє передавати великі струми (інші типи акумуляторів не мають такої можливості).
- Велику кількість циклів заряду-розряду.

Серед усіх типів акумуляторів, нікель-кадмієві акумулятори найкраще зберігають свою максимальну ємність і забезпечують багато циклів заряду та розряду, навіть при глибокому розряді (до 1 В на елемент).

Недоліки нікель-кадмієвих акумуляторів включають:

- Присутність так званого "ефекту пам'яті", коли акумулятор зберігає пам'ять про попередні заряди та розряди і може зазнавати обмежень у ємності.
- Екологічну шкідливість, оскільки кадмій є високотоксичною речовиною. Це призводить до додаткових проблем з його переробкою.

- Порівняно низьку питому ємність, хоча це може бути не критичним у всіх випадках.

1.5. Нікель-металогідридні (Ni-MH) акумулятори

Акумулятори Ni-MH стали відомими на ринку з кінця 80-х років. Основною причиною їх розробки і виробництва була більш висока щільність енергії у порівнянні з Ni-Cd.

Деякі переваги сучасного Ni-MH акумулятора порівняно з Ni-Cd включають:

- Велику питому ємність (на 30% більше значення ємності при тих самих габаритних розмірах) і меншу вагу.
- Меншу схильність до "ефекту пам'яті".
- Наявність меншої кількості токсичних металів у складі, що робить його екологічно чистим.

На жаль, у Ni-MH акумуляторів є деякі недоліки порівняно з Ni-Cd:

- Вони мають значно меншу кількість циклів заряду-розряду.
- Ціна Ni-MH акумуляторів вища, хоча це не завжди головна проблема, якщо користувач цінує компактність і легкість.
- Вони працюють при меншому температурному діапазоні, ніж Ni-Cd акумулятори.
- В порівнянні з Ni-Cd і Li-Ion акумуляторами, Ni-MH має найнижчу здатність передавати великі струми.
- Ni-MH акумулятори чутливі до глибоких розрядів, що безпосередньо впливає на їх тривалість служби.
- Саморозряд більше ніж в 1,5 рази вище, ніж у Ni-Cd, що важливо при зберіганні.

Ni-MH акумулятори не сприймають великі зарядні струми, як Ni-Cd, через значне виділення тепла під час зарядки. Вони вимагають більш складного алгоритму виявлення повного заряду у зарядних пристроях. Сучасні Ni-MH батареї мають внутрішній зчитувач температури для точного виявлення повного

заряду. Перезарядка Ni-MH акумулятора в дешевому зарядному пристрої без автоматичного відключення може призвести до перегріву і повного пошкодження акумулятора.

1.6. Li-Ion акумулятори

Літій-іонні акумулятори розпочали виробляти на початку 90-х років. Основною перевагою літій-іонних акумуляторів є їх висока питома ємність у порівнянні з Ni-Cd, що є щонайменше вдвічі більшою.

Літій є дуже легким металом з найбільшим електрохімічним потенціалом, що дозволяє досягнути високої енергетичної ємності. Крім того, Li-Ion має низький рівень саморозряду і повністю уникає "ефекту пам'яті", що дозволяє частково заряджати і не повністю розряджений акумулятор. За даними більшості виробників, кількість циклів "заряду-розряду" для Li-Ion акумуляторів трохи більше, ніж у Ni-MH.

Однак, літій є лужним металом, який розкладається на повітрі і взаємодіє з багатьма елементами, витісняючи їх з їх солей. Літійні батареї мають бути зберігані в герметичних умовах та у гасі, оскільки вони нестабільні на повітрі. Термін зберігання з частковим використанням або без експлуатації становить кілька років. Якщо порушувати режим експлуатації літій-іонних батарей, вони швидко зношуються і старіють, що може призвести до порушення температурної стабільності. При досягненні температури плавлення літію відбувається бурхлива реакція, відома як "вентиляція з викидом полум'я".

Літій-іонні акумулятори використовують сполуку LiCoO_2 як катод (позитивний електрод) та графіт як анод (негативний електрод), подібний до матеріалу, який міститься в олівцях. Більшість батарей також мають рідкий електроліт, який дозволяє іонам літію переміщуватися між електродами. Електроліт складається з літієвої солі, наприклад LiPF_6 , розчиненої в органічному розчиннику, наприклад, суміші етиленкарбонату і диметилкарбонату (рисунок 5).

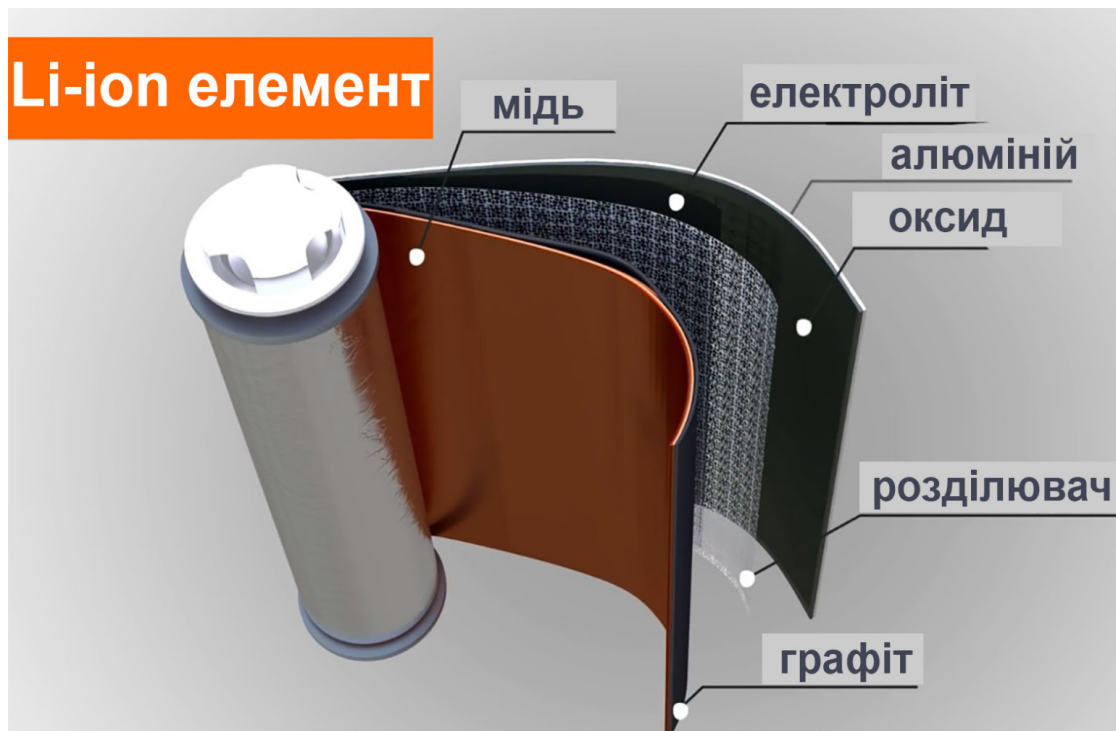


Рисунок 5. Влаштування літій іонних акумуляторів

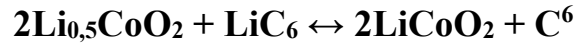
Під час розрядки батареї іони літію рухаються від негативного електрода до позитивного електрода, тоді як електрони проходять через зовнішній електричний ланцюг, утворюючи електричний струм. Варто зазначити, що анод виготовляють не з літію, а використовують його іони в хімічних реакціях. Це знижує щільність заряду, але значно підвищує безпеку оборотних хімічних реакцій, які виникають під час експлуатації.:

Хімічна реакція, яка відбувається під час роботи літій-іонного акумулятора, базується на сполуках, що містять літій. Найпоширенішою комбінацією є використання сполуки LiCoO_2 як катоду (позитивного електрода) і графіту як аноду (негативного електрода). Більшість батарей мають рідкий електроліт, що дозволяє іонам літію переміщуватися між електродами.

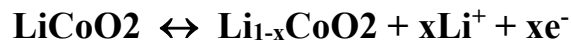
Під час розрядки батареї, іони літію рухаються від анода до катода через рідкий електроліт, тоді як електрони проходять через зовнішній електричний ланцюг, створюючи електричний струм. Під час зарядки цей процес відбувається в зворотному напрямку, заряджаючи іони літію на аноді та катоді.

Зазначеною реакцією забезпечується обернена хімічна реакція під час зарядки і розрядки літій-іонного акумулятора, що дозволяє зберігати та використовувати енергію в батареї.

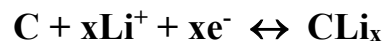
Хімічна реакція під час роботи літій-іонного акумулятора (рисунок 6):



На аноді:



На катоді:



Під час заряджання акумулятора відбувається зворотна реакція, але на практиці в акумуляторі також відбувається багато різноманітних побічних реакцій. Ці побічні реакції є причиною того, що літій-іонний акумулятор не є довговічним і з часом втрачає здатність тримати електричний заряд. Електроди і електроліт можуть реагувати між собою під дією зовнішнього джерела струму, і в такому випадку відбуваються побічні хімічні реакції. Продуктами цих реакцій можуть бути сполуки, такі як LiF, полімери і гази CO₂ та H₂, що може призводити до здуття батареї.

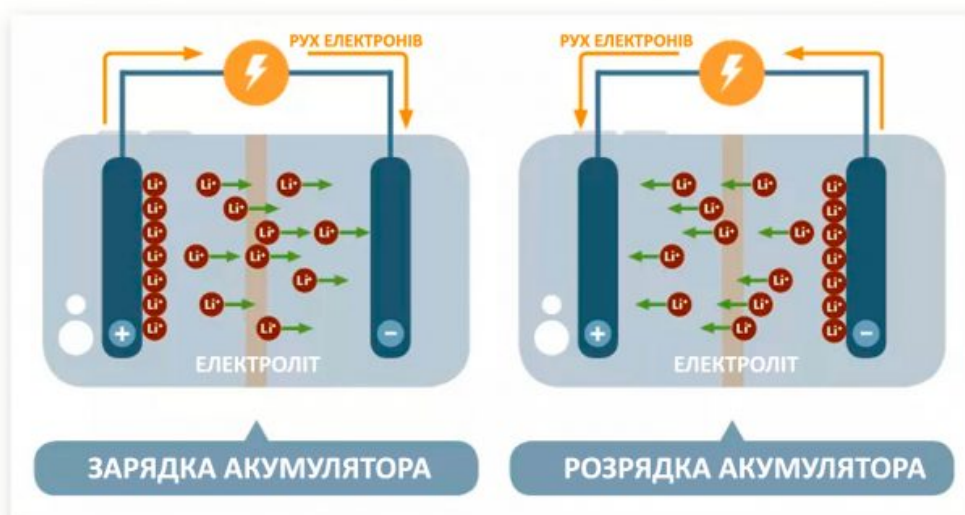


Рисунок 6. Хімічні процеси в Li-Ion акумуляторі.

Найпоширенішими типами літій-іонних акумуляторів є Li-Ion та Li-Pol. Літій-іонні батареї широко використовуються у смартфонах, планшетах, ноутбуках, «розумних» годинниках, фотоапаратах та інших гаджетах. Вони мають високу енергетичну щільність та низький саморозряд, але втрачають ємність з часом, навіть якщо не використовуються. Літій-іонні батареї потребують обережного ставлення, вони повинні бути захищені від ударів і падінь, а також уникати перегрівання. Повне розрядження батареї слід уникати, оскільки це може зменшити її ємність. Такі батареї мають приблизно 1000 циклів заряду-розряду. Вони також нагріваються під час роботи і швидко втрачають енергію, що вимагає особливого догляду та безпечних умов використання.

Літій-полімерні акумулятори виготовляються з використанням спеціального полімерного електроліту, який може набувати різної форми. Вони мають кілька переваг, зокрема підвищений рівень безпеки (без рідкого електроліту, який може витікати), тривалий термін експлуатації до 6000 циклів заряду-розряду та повільніше втрачають енергію. Проте ці переваги впливають на вартість, яка є декілька разів вищою, ніж у літій-іонних акумуляторів.

1.7. Літій-залізо-фосфатні акумулятори

Літій-залізо-фосфатний акумулятор (LiFePO_4 або LFP) є типом літій-іонної батареї, в якій використовується LiFePO_4 як катодний матеріал (рисунок 7).

Цей тип акумулятора був вперше відкритий у 1996 році професором Джоном Гуденафом з Техаського університету як потенційний катодний матеріал для літій-іонних акумуляторів. LiFePO_4 відрізняється від традиційного матеріалу LiCoO_2 значно меншою вартістю, меншою токсичністю і вищою термостійкістю.

Основні переваги LiFePO_4 полягають у його високій стабільності, безпечності та тривалому терміні служби. Він має високу теплостійкість, низький ризик вибуху або загоряння, і є менш вразливим до побічних реакцій під час зарядки та розрядки. Крім того, він володіє високою ефективністю, швидкою здатністю до заряду та розряду, а також може працювати в широкому діапазоні температур.

Літій-залізо-фосфатні акумулятори знайшли широке застосування в електричних автомобілях, сонячних батареях, електроінструментах та інших високоефективних пристроях, де вимагається безпека, довговічність і стабільна робота.

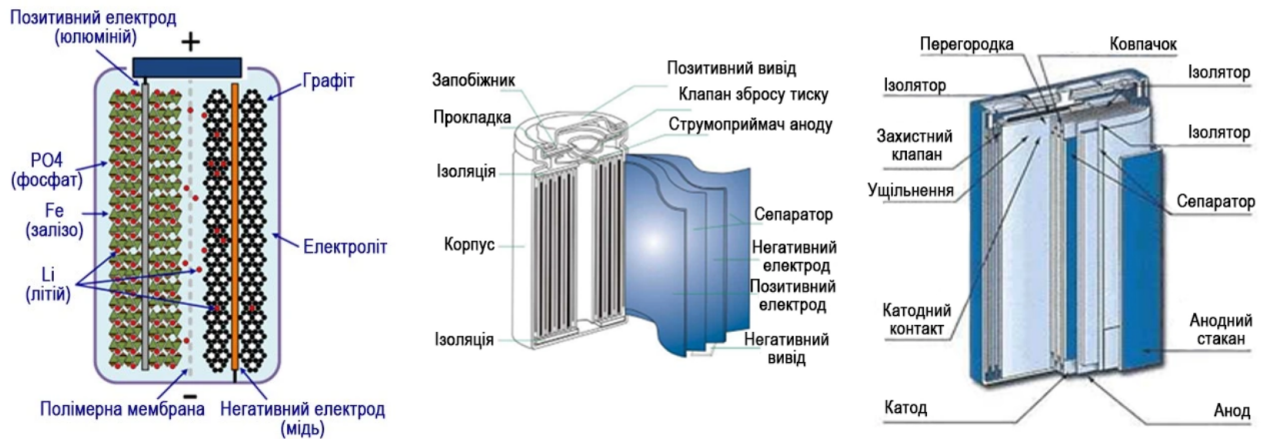


Рисунок 7. Конструкція літій-залізо-фосфатні акумуляторів

LiFePO₄ акумулятори мають кілька характеристик, які роблять їх привабливими для різних застосувань:

- напруга;
- щільність енергії;
- саморозряд;
- термін експлуатації;
- циклічна стійкість;
- потужність розряду;
- робочий діапазон температур.

Напруга LiFePO₄ акумулятора залежить від його стану заряду. Повністю заряджений акумулятор має напругу близько 3.65 В, повністю розряджений - близько 2.0 В, а робоча напруга знаходиться в діапазоні 3.0-3.3 В. Ця стабільна напруга робить їх зручними для застосування у системах, де потрібна сталість напруги.

LiFePO₄ акумулятори мають високу щільність енергії, яка знаходиться в діапазоні від 90 до 160 Вт*год/кг. Це означає, що вони можуть зберігати багато енергії на одиницю маси.

LiFePO₄ акумулятори мають низький рівень саморозряду, приблизно 3-5% на місяць. Це означає, що вони зберігають енергію довше без суттєвих втрат.

Залежно від умов використання, LiFePO₄ акумулятори можуть мати тривалість служби від 15 до 25 років. Це робить їх довговічними та економічно вигідними варіантами.

Кількість циклів заряду/розряду, що витримує акумулятор без втрати 20% ємності, залежить від струму та глибини розряду. Вона може бути в діапазоні від 2,000 до 7,000 циклів. Це означає, що акумулятор може бути заряджено та розряджено багато разів протягом свого терміну служби.

LiFePO₄ акумулятори можуть видавати високі пікові струми розряду до 8C (де C - це ємність акумулятора, тобто, якщо ємність акумулятора становить 1000 мАг, то 8C буде 8 А). Допустимий довготривалий струм розряду зазвичай становить до 3C.

LiFePO₄ акумулятори можуть працювати в широкому діапазоні температур, від -30 до +55 °C. Це дає їм можливість працювати надійно в різних кліматичних умовах.

Загалом, LiFePO₄ акумулятори є безпечними, енергоефективними, стійкими до температурних впливів та мають довгий термін служби. Вони знаходять широке застосування у різних галузях, включаючи сонячні батареї, електричні автомобілі, електроінструменти та інші пристрої, де важлива стабільність та безпека роботи акумуляторів.

Великий термін служби під час циклічних навантажень, робоча напруга 3,2 В, температурна та пожежна безпека, широкий діапазон експлуатації, низька вартість та екологічна безпека роблять LiFePO₄ акумулятори привабливими для масового використання.

BMS (система керування акумулятором) є важливою складовою LiFePO₄ системи. Вона виконує різні функції для забезпечення безпеки та ефективності роботи акумулятора. Основні функції BMS включають:

- запобігання перезаряду;
- запобігання перерозряду;
- балансування елементів;
- контроль температури;
- контроль та комунікація.

BMS контролює процес зарядки акумулятора та запобігає перезаряду, що може призвести до його пошкодження або небезпеки.

BMS моніторить рівень розряду акумулятора та перешкоджає його перерозряду, що може призвести до пошкодження акумулятора або зниження його ємності.

LiFePO₄ акумулятори складаються з кількох окремих елементів, і деякі з них можуть мати різний ступінь заряду або розряду. BMS виконує функцію балансування, що дозволяє рівномірно розподілити заряд та розряд між всіма елементами, забезпечуючи їх оптимальну роботу.

BMS моніторить температуру акумулятора та регулює процес зарядки-розрядки відповідно. Це допомагає уникнути небезпечного перегріву акумулятора та підтримує його оптимальну роботу у широкому діапазоні температур.

Деякі BMS можуть мати інтерфейси для контролю та комунікації з пристроєм заряду-розряду або зовнішніми системами. Це дозволяє здійснювати моніторинг, налаштування та комунікацію з акумуляторною системою за допомогою спеціальних програм або пристроїв.

Застосування LiFePO₄ акумуляторів разом з BMS є широким, включаючи електричні автомобілі, сонячні батареї, резервне живлення, електричні скутери, робочі інструменти та інші електронні пристрої.

РОЗДІЛ 2

ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ЗАРЯДКОЮ АКУМУЛЯТОРІВ

Для ознайомлення зі станом сучасних розробок та дослідження переваг і недоліків наявних систем, проведено огляд існуючих систем керування зарядкою акумуляторів які включає наступні аспекти:

- Традиційні методи зарядки. Були досліджені методи постійного струму, постійної напруги та комбінованого підходу. Вивчалися їх переваги, недоліки та обмеження для різних типів акумуляторів.
- Управління параметрами зарядки. Аналізувалися системи, які регулюють параметри зарядки, такі як струм, напруга, час зарядки та температура. Досліджувалися різні методи регулювання цих параметрів для досягнення оптимального заряду акумуляторів.
- Автоматизовані системи керування. Були оглянуті автоматизовані системи керування зарядкою, які використовують мікроконтролери або програмні рішення для автоматичного контролю процесу зарядки. Вивчалися їх можливості, алгоритми та методи регулювання зарядки.
- Комунікаційні протоколи. Проводилось дослідження протоколів зв'язку, які використовуються для комунікації між системою керування зарядкою та акумулятором. Розглядалися можливості використання стандартних протоколів, таких як CAN, Modbus або інші.
- Інтеграція з енергетичними системами. Аналізувалася можливість інтеграції системи керування зарядкою з енергетичними системами, такими як сонячні панелі або електричні мережі. Досліджувалася взаємодія та оптимізація роботи зарядної системи з іншими джерелами енергії.
- Безпека та захист. Вивчалися методи захисту акумуляторів від надмірного заряду, перезаряду, перегріву та інших небезпечних ситуацій. Оглядалася система безпеки та методи контролю стану акумуляторів.

Огляд існуючих систем керування зарядкою акумуляторів був зроблений з метою отримання інформації про сучасні досягнення та виявлення прогалин, які потребують уваги при розробці нової системи автоматизованого керування процесом зарядки акумуляторних батарей різних типів.

2.1. Традиційні методи зарядки

Використовуються для зарядки акумуляторних батарей і включають постійний струм, постійну напругу та комбіновані методи. Кожен з цих методів має свої особливості, переваги та недоліки.

Постійний струм (Constant Current, CC). Цей метод зарядки використовує стабільний струм, щоб зарядити акумуляторну батарею. Початковий етап зарядки, коли акумулятор ще не досягнув свого максимального заряду, характеризується високим струмом, який зменшується по мірі зближення до повної зарядки. При цьому напруга на акумуляторі постійно зростає, оскільки опір зарядки зменшується. Цей метод швидко заряджає акумулятор, але потребує контролю напруги для запобігання перевищенню максимальної напруги акумулятора під час зарядки. Цей метод широко використовується для зарядки свинцево-кислотних (Pb-acid) акумуляторів.

Постійна напруга (Constant Voltage, CV). Цей метод використовує постійну напругу для зарядки акумулятора. Спочатку надається висока напруга, щоб швидко зарядити акумулятор, а потім напруга збільшується поступово для заряджання до повної ємності. У цьому методі зарядки струм зарядки зменшується поступово, коли акумулятор наближається до свого максимального заряду. При досягненні максимальної напруги акумулятора, зарядний пристрій переходить у режим постійної напруги, де напруга підтримується на певному рівні, а струм зарядки поступово зменшується. Цей метод дозволяє досягнути повного заряду акумулятора без ризику перезарядки. Однак, час зарядки може бути тривалим, особливо для акумуляторів з великою ємністю. Цей метод широко використовується для зарядки літій-іонних (Li-ion) та нікель-метал-гідридних (NiMH) акумуляторів.

Комбінований метод: Деякі системи зарядки комбінують постійний струм та постійну напругу для досягнення швидкого та ефективного заряду акумулятора. Початково застосовується постійний струм для швидкого заряду, а коли акумулятор наближається до свого максимального заряду, переходять до режиму постійної напруги для досягнення повного заряду. Такі комбіновані методи можуть поєднувати переваги швидкого заряду та запобігання перезарядки. Цей метод може бути застосований для різних типів акумуляторів.

Традиційні методи зарядки є широко використовуваними в промисловості та побутових пристроях. Вони є простими у реалізації та надійними, але мають певні обмеження, особливо для різних типів акумуляторів. Кожен з традиційних методів має свої переваги та недоліки. Наприклад, постійний струм дозволяє швидко заряджати акумулятор, але може бути небезпечним, якщо не контролювати струм. Постійна напруга забезпечує безпечну та керовану зарядку, але може бути більш тривалою. Комбінований метод поєднує переваги обох підходів, але вимагає складнішого керування процесом зарядки.

Проблемами традиційних методів зарядки акумуляторів:

- Недооптимізована зарядка. Традиційні методи зарядки не завжди забезпечують оптимальний режим зарядки для конкретного типу акумулятора. Це може призводити до перезарядки або недозарядки, що впливає на продуктивність та тривалість життя батареї.
- Не енергоефективні. Традиційні методи зарядки можуть бути не енергоефективними, що призводить до зайвих витрат електроенергії. Наприклад, постійний струм зарядки протягом усього процесу може бути неоптимальним для батареї.
- Можливий перегрів. Неконтрольована температура під час зарядки може призводити до перегріву акумулятора, що може спричинити його пошкодження або навіть загоряння.
- Зменшення тривалості життя АКБ. Неправильна зарядка акумулятора може призводити до його поступової деградації та скорочення

тривалості служби. Наприклад, надмірна зарядка може спричинити кристалізацію електроліту або втрату активного матеріалу.

- Відсутність інтелектуального керування. Традиційні методи зарядки можуть бути обмеженими в плані керування та моніторингу процесу. Відсутність інтелектуальних алгоритмів та системи контролю може ускладнювати оптимальне керування зарядкою.

Враховуючи специфіку різних типів акумуляторів, важливо вибрати правильний метод зарядки, який забезпечить оптимальну продуктивність, тривалість служби та безпеку акумуляторів. При розробці системи автоматизованого керування зарядкою необхідно вивчити та порівняти ці методи, а також врахувати специфічні вимоги різних типів акумуляторів.

Для досягнення оптимального заряду різних типів акумуляторних батарей, можуть бути необхідні більш складні та автоматизовані системи керування зарядкою.

2.2. Управління параметрами зарядки

Важливою складовою системи автоматизованого керування процесом зарядки акумуляторних батарей різних типів є процес управління параметрами зарядки. Він включає контроль та регулювання параметрів зарядки, таких як струм, напруга, час зарядки та температура, з метою досягнення оптимального заряду акумулятора.

Основні етапи управління параметрами зарядки включають:

- Визначення потрібних параметрів. Залежно від типу акумулятора та його специфікацій, визначаються оптимальні значення струму, напруги, часу зарядки та температури. Ці параметри можуть бути рекомендаціями виробника акумулятора або встановлені на основі результатів досліджень та експериментів.
- Моніторинг параметрів. Система керування зарядкою повинна постійно моніторити значення струму, напруги, часу та температури під час

процесу зарядки. Це може бути досягнуто за допомогою датчиків та вимірювальних пристроїв, що знаходяться в системі.

- Регулювання параметрів. На основі моніторингу система керування зарядкою здатна регулювати значення струму, напруги та часу зарядки для досягнення оптимального режиму зарядки. Наприклад, якщо напруга досягла заданого максимального рівня, система може знизити струм зарядки для уникнення перевантаження акумулятора.
- Контроль температури: Температура є важливим параметром під час зарядки акумулятора. Система керування зарядкою повинна моніторити температуру акумулятора та вживати заходів для запобігання перегріву. Наприклад, система може знижувати струм або призупиняти процес зарядки, якщо температура перевищує безпечний поріг.
- Захист від перезарядки та перенавантаження. Система керування зарядкою повинна мати механізми захисту, що дозволяють уникнути перезарядки та перенавантаження акумулятора. Це може бути досягнуто шляхом автоматичного припинення зарядки після досягнення повної зарядки або встановлення меж перегрузки.

Ефективне управління параметрами зарядки вимагає використання датчиків, контролерів та алгоритмів, які забезпечують відповідну регуляцію та моніторинг зарядки, що в свою чергу дозволить забезпечити оптимальну продуктивність, тривалість служби та безпеку акумуляторних батарей різних типів. Розробка ефективної системи автоматизованого керування дозволить впровадити точні та надійні методи контролю параметрів зарядки, покращуючи ефективність та надійність процесу зарядки акумуляторів, також досягти оптимальної продуктивності та тривалості життя акумуляторів різних типів.

2.3. Комунікаційні протоколи

Важливим елементом для забезпечення взаємодії та обміну даними між компонентами системи автоматизованого керування процесом заряду

акумуляторних батарей відносяться комунікаційні протоколи. Вони визначають формати даних, правила передачі та прийому інформації між пристроями.

Розглянемо кілька поширених комунікаційних протоколів, які часто використовуються у системах керування зарядкою акумуляторів:

CAN (Controller Area Network). CAN є стандартним протоколом, розробленим для використання в автомобільній промисловості. Він дозволяє передавати дані між різними пристроями, такими як контролери зарядки, акумулятори та датчики, по шині з високою швидкістю та надійністю.

Modbus. Modbus є протоколом, який широко використовується в промислових автоматизованих системах. Він дозволяє здійснювати зчитування та запис даних між пристроями через різні фізичні медіа, такі як RS-485 або TCP/IP.

MQTT (Message Queuing Telemetry Transport). MQTT є легким протоколом, розробленим для передачі повідомлень між пристроями в мережі Інтернет речей (IoT). Він забезпечує ефективну передачу даних, оптимізовану для обміну повідомленнями у розподіленій системі.

Bluetooth. Bluetooth є бездротовим протоколом зв'язку, який широко використовується для з'єднання мобільних пристроїв. Він може бути використаний для безпроводового зв'язку між контролером зарядки та смартфоном або іншими пристроями для моніторингу та керування зарядкою.

Wi-Fi. Wi-Fi є стандартом бездротового мережевого зв'язку, який може бути використаний для підключення системи керування зарядкою до локальної мережі або Інтернету. Це дозволяє віддалено керувати процесом зарядки та отримувати дистанційний моніторинг.

Ці комунікаційні протоколи мають свої особливості та застосування. Вибір протоколу залежить від потреб конкретної системи керування зарядкою, характеристик пристроїв та вимог до зв'язку та інтеграції з іншими системами.

2.4. Контролер зарядки/розрядки Li-Ion

Мікросхема Micro USB модуля розроблена з метою надати безпечну та ефективну зарядку для літій-іонних і літій-полімерних акумуляторів. Вона має ряд захисних функцій, які дозволяють запобігти перезаряду, перерозряду та перевантаженню акумулятора (рисунок 8).

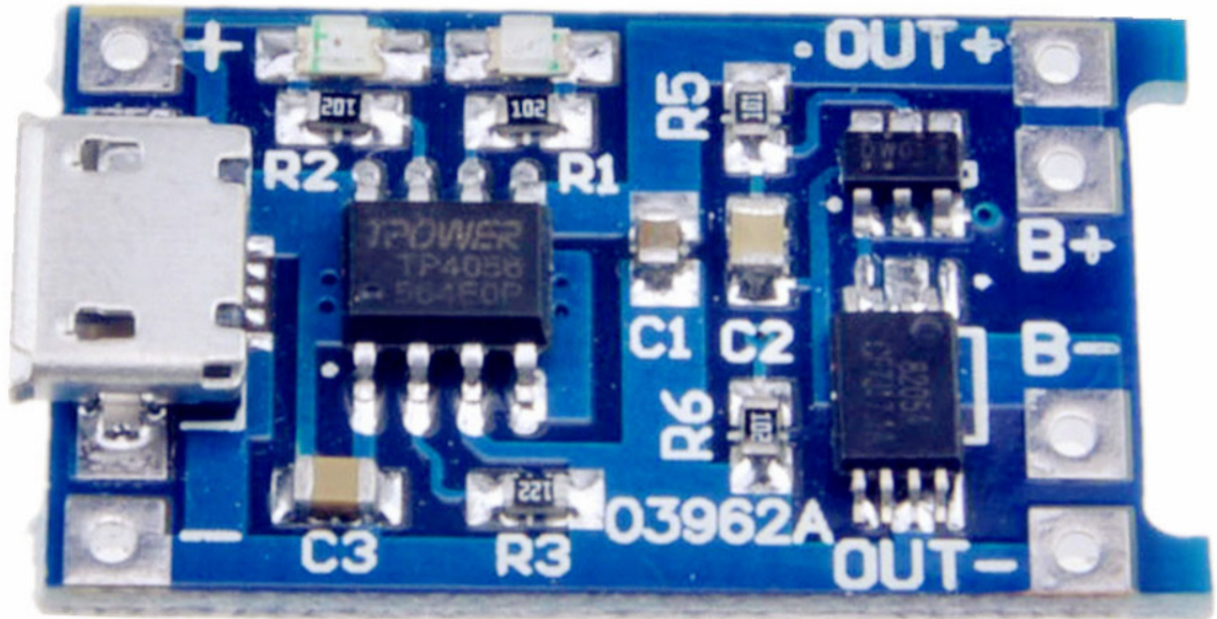


Рисунок 8. Контролер заряду-розряду Li-Ion АКБ

Перш за все, модуль має захист від перезаряду. Це означає, що коли напруга на акумуляторі досягає максимально допустимого рівня 4.2 В, мікросхема відключає подачу струму та зупиняє процес зарядки. Це дозволяє уникнути перевищення оптимальної напруги зарядки, що може призвести до пошкодження акумулятора або навіть його вибуху (рисунок 9).

Друга функція захисту полягає в захисті від перерозряду. Якщо рівень заряду акумулятора знижується до мінімально допустимого рівня 2.7 В, мікросхема також відключає струм і перестає розряджати акумулятор. Це дозволяє попередити надмірний розряд, що може призвести до погіршення її потужності та тривалості служби.

Остання функція захисту полягає в захисті від перевантаження по струму. Якщо розрядний струм акумулятора перевищує максимально допустиме

значення, мікросхема знову відключає струм, щоб уникнути можливого пошкодження акумулятора або його перегріву.

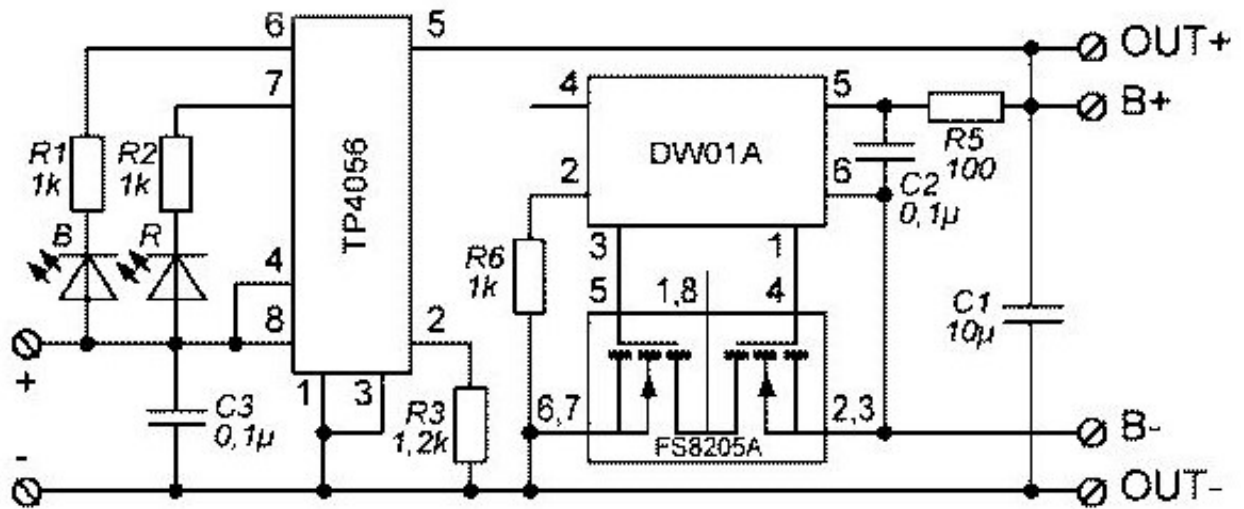


Рисунок 9. Схема контролера заряду-розряду Li-Ion акумулятора

Ці захисні функції вбудовані в Micro USB модуль, що дозволяє забезпечити безпеку та довговічність акумулятора під час зарядки. Крім того, на платі також розташований захист акумуляторної батареї по струму при живленні від неї через вихід пристрою. Це ще більше забезпечує надійність і безпеку під час використання акумулятора в пристрої.

Застосування таких захисних режимів дозволяє покращити безпеку та ефективність зарядки акумулятора, забезпечуючи оптимальні умови для його роботи та тривалості служби.

2.5. Дослідження робочих параметрів літійових акумуляторів

Для проведення дослідження робочих параметрів акумулятора, в даному випадку Li-Ion акумуляторів моделі LGAAS318650, важливо зрозуміти їх характеристики та вплив різних умов на їх роботу.

Номінальна ємність акумулятора складає 2800 mAh, що вказує на максимальну кількість електричної енергії, яку він може зберігати при повному

заряді. Номінальна напруга становить 3.7 В, що є оптимальним значенням для роботи акумулятора.

Максимальна напруга акумулятора складає 4.2 В. Це значення вказує на максимально допустиму напругу заряду, після досягнення якої потрібно припинити процес зарядки, щоб уникнути перезаряду акумулятора.

Струм заряджання акумулятора складає 1 А, що вказує на оптимальний струм, який потрібно подавати на акумулятор під час процесу зарядки. Струм віддачі, тобто максимальний струм, який акумулятор може постачати, становить 5 А. Це важлива характеристика, яка вказує на максимальний струм, який може витримати акумулятор при розрядці.

Мінімальна напруга розряду акумулятора становить 3.2 В. Це значення вказує на мінімально допустиму напругу, при досягненні якої потрібно припинити розрядку акумулятора, щоб уникнути перерозряду та погіршення його робочих характеристик (рисунок 10).

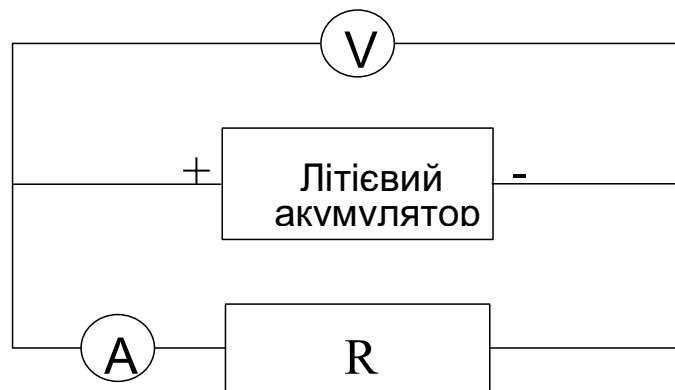


Рисунок 10. Схема розрядки літієвого акумулятора.

Дослідження розряду акумулятора дозволить отримати інформацію про його здатність зберігати енергію та тривалість роботи при різних навантаженнях. Це дозволить нам краще розуміти робочі параметри акумулятора та оптимізувати процес зарядки та використання його в системі автоматизованого керування.

Результати проведених досліджень процесу розряду акумулятора показані в таблиці 2.

Таблиця 2

Дослідження робочих параметрів Li-Ion акумулятора

Час, хвилини	Напруга, В	Сила струму, мА	Ємність, мАгод	Час, хвилини	Напруга, В	Сила струму, мА	Ємність, мАгод
1	4,1	770	12,93	126	3,43	580	9,76
2	3,95	760	12,76	127	3,43	570	9,6
3	3,83	760	12,76	128	3,43	570	9,6
4	3,83	760	12,76	129	3,43	580	9,76
5	3,82	760	12,76	130	3,43	580	9,76
6	3,81	760	12,76	131	3,43	580	9,76
7	3,79	760	12,76	132	3,43	580	9,76
8	3,8	750	12,6	133	3,41	550	9,26
9	3,79	760	12,76	134	3,4	560	9,43
10	3,77	740	12,43	135	3,39	560	9,43
11	3,77	730	12,26	136	3,39	560	9,43
12	3,76	740	12,43	137	3,38	560	9,43
13	3,75	730	12,26	138	3,38	560	9,43
14	3,75	740	12,43	139	3,38	560	9,43
15	3,75	730	12,26	140	3,38	570	9,6
16	3,74	740	12,43	141	3,38	560	9,43
17	3,79	680	11,43	142	3,38	560	9,43
18	3,78	690	11,6	143	3,38	560	9,43
19	3,78	680	11,43	144	3,38	560	9,43
20	3,78	680	11,43	145	3,38	560	9,43
21	3,78	680	11,43	146	3,38	560	9,43
22	3,77	680	11,43	147	3,38	560	9,43
23	3,77	680	11,43	148	3,37	560	9,43
24	3,77	680	11,43	149	3,37	560	9,43
25	3,76	680	11,43	150	3,37	560	9,43
26	3,76	680	11,43	151	3,37	560	9,43
27	3,76	680	11,43	152	3,37	560	9,43
28	3,75	680	11,43	153	3,37	560	9,43
29	3,75	670	11,26	154	3,37	560	9,43
30	3,74	670	11,26	155	3,36	570	9,6
31	3,74	670	11,26	156	3,35	570	9,6
32	3,74	670	11,26	157	3,35	570	9,6
33	3,73	670	11,26	158	3,34	560	9,43
34	3,73	670	11,26	159	3,34	560	9,43
35	3,72	670	11,26	160	3,34	570	9,6
36	3,72	670	11,26	161	3,33	570	9,6
37	3,72	670	11,26	162	3,33	560	9,43
38	3,71	660	11,1	163	3,33	560	9,43
39	3,71	660	11,1	164	3,33	560	9,43
40	3,7	650	10,93	165	3,32	560	9,43
41	3,7	650	10,93	166	3,32	560	9,43
42	3,7	650	10,93	167	3,32	560	9,43
43	3,69	650	10,93	168	3,32	560	9,43
44	3,69	640	10,76	169	3,32	570	9,6
45	3,69	640	10,76	170	3,32	570	9,6
46	3,69	640	10,76	171	3,32	570	9,6
47	3,69	640	10,76	172	3,32	540	9,1
48	3,68	630	10,6	173	3,34	540	9,1
49	3,68	630	10,6	174	3,34	540	9,1
50	3,68	630	10,6	175	3,34	550	9,26
51	3,67	640	10,76	176	3,31	570	9,6
52	3,68	630	10,6	177	3,31	570	9,6
53	3,68	630	10,6	178	3,3	570	9,6
54	3,68	630	10,6	179	3,3	570	9,6

Час, хвилини	Напруга, В	Сила струму, мА	Ємність, мАгод	Час, хвилини	Напруга, В	Сила струму, мА	Ємність, мАгод
55	3,67	630	10,6	180	3,29	570	9,6
56	3,67	640	10,76	181	3,29	560	9,43
57	3,67	630	10,6	182	3,28	560	9,43
58	3,66	640	10,76	183	3,28	560	9,43
59	3,66	630	10,6	184	3,27	560	9,43
60	3,65	630	10,6	185	3,32	560	9,43
61	3,65	640	10,76	186	3,27	560	9,43
62	3,64	630	10,6	187	3,26	560	9,43
63	3,64	630	10,6	188	3,26	570	9,6
64	3,64	630	10,6	189	3,26	570	9,6
65	3,63	630	10,6	190	3,26	560	9,43
66	3,63	630	10,6	191	3,26	570	9,6
67	3,63	630	10,6	192	3,26	560	9,43
68	3,62	630	10,6	193	3,26	570	9,6
69	3,62	630	10,6	194	3,26	570	9,6
70	3,61	630	10,6	195	3,26	570	9,6
71	3,61	640	10,76	196	3,25	570	9,6
72	3,6	630	10,6	197	3,24	570	9,6
73	3,6	640	10,76	198	3,24	570	9,6
74	3,6	640	10,76	199	3,23	570	9,6
75	3,6	640	10,76	200	3,22	570	9,6
76	3,6	630	10,6	201	3,21	570	9,6
77	3,59	630	10,6	202	3,21	570	9,6
78	3,59	630	10,6	203	3,21	570	9,6
79	3,58	630	10,6	204	3,21	570	9,6
80	3,56	590	9,93	205	3,21	570	9,6
81	3,56	590	9,93	206	3,21	570	9,6
82	3,55	590	9,93	207	3,21	570	9,6
83	3,55	590	9,93	208	3,2	560	9,43
84	3,55	590	9,93	209	3,2	560	9,43
85	3,54	590	9,93	210	3,19	570	9,6
86	3,54	590	9,93	211	3,18	570	9,6
87	3,54	590	9,93	212	3,16	570	9,6
88	3,54	590	9,93	213	3,16	570	9,6
89	3,54	590	9,93	214	3,15	570	9,6
90	3,54	590	9,93	215	3,15	570	9,6
91	3,54	590	9,93	216	3,15	570	9,6
92	3,53	590	9,93	217	3,15	570	9,6
93	3,53	590	9,93	218	3,15	570	9,6
94	3,52	590	9,93	219	3,14	560	9,43
95	3,51	590	9,93	220	3,12	560	9,43
96	3,5	590	9,93	221	3,11	570	9,6
97	3,5	600	10,1	222	3,1	570	9,6
98	3,51	590	9,93	223	3,1	570	9,6
99	3,52	600	10,1	224	3,09	570	9,6
100	3,53	590	9,93	225	3,09	570	9,6
101	3,55	590	9,93	226	3,08	570	9,6
102	3,54	600	10,1	227	3,07	570	9,6
103	3,54	590	9,93	228	3,05	570	9,6
104	3,54	590	9,93	229	3,06	570	9,6
105	3,54	590	9,93	230	3,05	570	9,6
106	3,53	590	9,93	231	3,04	560	9,43
107	3,53	600	10,1	232	3,04	560	9,43
108	3,53	590	9,93	233	3,03	560	9,43
109	3,52	600	10,1	234	3,01	560	9,43
110	3,51	600	10,1	235	3	560	9,43
111	3,51	590	9,93	236	2,98	560	9,43
112	3,5	600	10,1	237	2,98	560	9,43

Час, хвилини	Напруга, В	Сила струму, мА	Ємність, мАгод	Час, хвилини	Напруга, В	Сила струму, мА	Ємність, мАгод
113	3,5	590	9,93	238	2,97	560	9,43
114	3,5	590	9,93	239	2,94	560	9,43
115	3,49	600	10,1	240	2,93	560	9,43
116	3,49	590	9,93	241	2,92	560	9,43
117	3,49	590	9,93	242	2,88	560	9,43
118	3,44	600	10,1	243	2,87	560	9,43
119	3,43	590	9,93	244	2,84	560	9,43
120	3,43	590	9,93	245	2,81	570	9,6
121	3,43	590	9,93	246	2,78	560	9,43
122	3,43	590	9,93	247	2,76	570	9,6
123	3,43	580	9,76	248	2,71	560	9,43
124	3,43	570	9,6	249	2,69	560	9,43
125	3,43	570	9,6	250	2,64	570	9,6

Результати проведеного дослідження розрядки акумулятора дозволяють отримати важливу інформацію про його робочі характеристики та можливості використання. Зокрема, тривалість розрядки становила 255 хвилин, а сумарна отримана ємність складає 2518 мАгод. Ці дані дають змогу побудувати розрядну характеристику, яка відображає залежність напруги та струму від рівня розряду акумулятора.

Розрядна характеристика дозволяє визначити, в якому проміжку розрядки акумулятор може забезпечити необхідні параметри роботи навантаження. Наприклад, на основі цих даних можна встановити, при якій нарузі акумулятор може забезпечити потрібний струм для живлення певного пристрою.

Після обробки отриманих даних було складено наступні графіки залежності які зображено на рисунку 11 та 12:

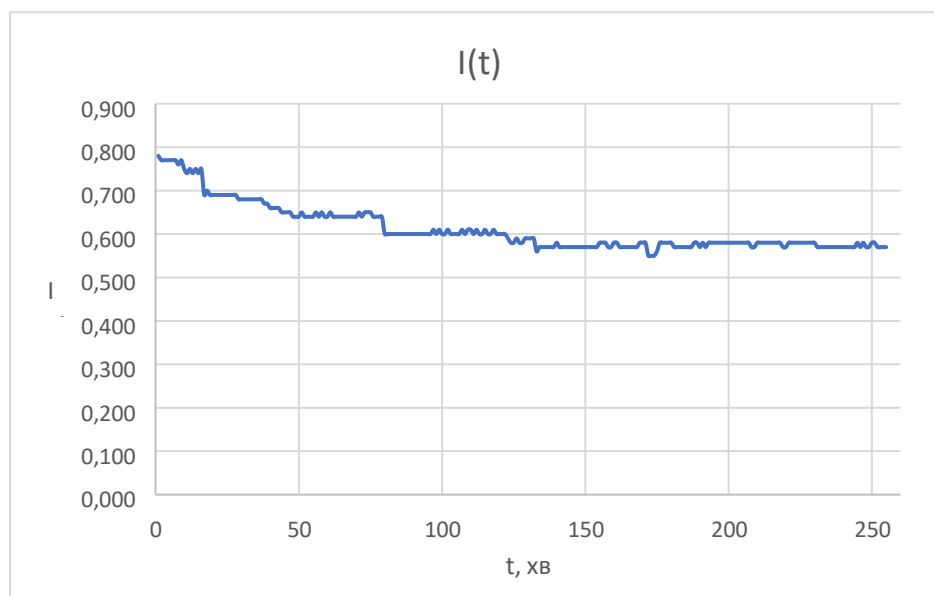


Рисунок 11. Зміна розрядного струму з часом.

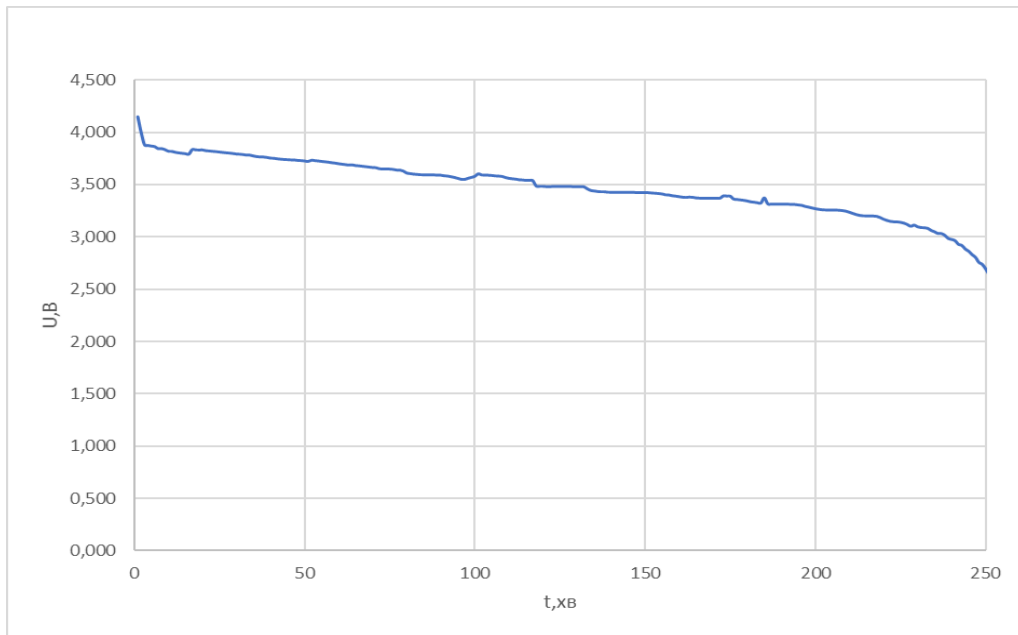


Рисунок 12. Зміна розрядної напруги з часом

Це дослідження дозволяє визначити реальну ємність та потужність акумуляторної батареї. Це важливо аналізу якості та характеристик акумуляторів для певного застосування, оскільки знання реальної ємності та потужності допомагає забезпечити необхідну енергетичну потребу системи.

Таким чином, отримані дані про розрядку акумулятора є цінними для визначення його можливостей та використання в певних умовах, а також для раціонального планування використання акумуляторних батарей.

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ЗАРЯДУ АКУМУЛЯТОРНИХ БАТАРЕЙ

3.1. Проектування архітектури автоматизованої системи керування зарядом

Провівши аналіз різних систем керування зарядом можемо зробити визначити елементи системи керування зарядкою акумуляторних батарей яка буде включати наступні компоненти:

- Датчики. Система буде оснащена датчиками для моніторингу рівня заряду батареї, температури, струму, напруги та інших параметрів. Датчики допомагають збирати вхідні дані, необхідні для керування процесом зарядки.
- Керуючий модуль. Відповідатиме за приймання вхідних даних від датчиків, аналізуватиме їх і прийматиме рішення про оптимальні параметри зарядки. Керуючий модуль може використовувати алгоритми керування, такі як PID-регулятор, алгоритми штучного інтелекту або генетичні алгоритми, щоб оптимізувати процес зарядки.
- Контролери зарядки. Забезпечать функціональність зарядки, включаючи контроль струму зарядки, напруги та інших параметрів. Вони можуть використовувати PWM (широтно-імпульсну модуляцію) для керування струмом зарядки та забезпечення оптимального заряду батареї.
- Комунікаційний інтерфейс. Дозволить системі взаємодіяти з іншими пристроями або системами, наприклад, з підключеними пристроями для моніторингу та керування, або з центральною системою управління.
- Консоль керування. Інтерфейс взаємодії з оператором або користувачем системи. Консоль може включати інтерфейси користувача, візуалізацію даних, можливість задавати параметри зарядки, отримувати статуси та повідомлення про стан батареї.

- Модуль захисту і безпеки. Захисні механізми від перезарядки, захист від короткого замикання, захист від перевантаження та захист від високої температури. Ці механізми забезпечують безпеку зарядки та попередять можливі пошкодження батареї.
- Запис та аналіз даних. Система може мати можливість записувати дані про процес зарядки, параметри батареї та інші важливі дані. Це дозволяє проводити аналіз та вдосконалення системи керування зарядкою.

3.2. Складання алгоритму роботи системи керування зарядкою акумуляторних батарей

Із зростанням популярності використання акумуляторних батарей у різних сферах життя, починаючи від домашнього використання і закінчуючи промисловими застосуваннями виникає потреба постійному заряджанню АКБ. Акумулятори є важливими джерелами енергії, які забезпечують мобільність і незалежність від мережі живлення. Проте, ефективне та безпечне заряджанню акумуляторних батарей є однією з ключових проблем, з якими стикаються користувачі.

Традиційні методи зарядки, такі як постійний струм або напруга, не завжди забезпечують оптимальний процес зарядки, а також можуть призводити до перезарядки, підвищення температури або втрати потужності внаслідок неправильного управління. Окрім того, різні типи акумуляторних батарей мають свої унікальні вимоги до процесу зарядки, що ще більше ускладнює завдання.

У зв'язку з цим, розробка системи автоматизованого керування процесом заряду акумуляторних батарей забезпечувати оптимальний та безпечний процес зарядки, враховуючи особливості кожного типу батареї, її стан та поточні параметри.

Представлений алгоритм роботи системи керування зарядкою акумуляторних батарей заснований на аналізі даних, прийнятті рішень та контролі параметрів зарядки. Цей алгоритм має за мету покращити ефективність та надійність процесу зарядки акумуляторних батарей різних типів,

забезпечуючи оптимальні умови зарядки та запобігаючи можливим проблемам, таким як перезарядка або підвищення температури.

Алгоритм роботи системи керування зарядкою акумуляторних батарей:

1. Ініціалізація системи:

- Встановлення початкових значень параметрів, таких як максимальний струм зарядки, напруга зарядки, температурні обмеження та інші.
- Перевірка наявності з'єднання з батареєю та підключення до неї.

2. Зчитування даних:

- Зчитування поточних значень параметрів батареї, таких як рівень заряду, температура, струм та напруга.
- Збір інших додаткових даних, які можуть бути необхідні для аналізу та керування процесом зарядки.

3. Аналіз даних:

- Оцінка стану батареї на основі зчитаних даних та порівняння їх з заданими критеріями, такими як мінімальний та максимальний рівень заряду, оптимальна температура, обмеження струму тощо.
- Визначення потреби в зарядці або розрядці батареї. Наприклад, якщо рівень заряду батареї нижче заданого порогового значення, система визначає, що батарея потребує зарядки.

4. Прийняття рішення:

- Враховуючи стан батареї та інші фактори, система приймає рішення щодо оптимального режиму зарядки. Наприклад, вона може визначити, що потрібна константна напруга або константний струм зарядки для досягнення оптимального рівня заряду.
- Визначення тривалості цього режиму, яка може залежати від початкового рівня заряду, поточного струму зарядки та інших факторів.

- Визначення режиму заряду. Режим може бути швидким зарядом, повільним зарядом, плавним зарядом, циклічним зарядом або іншим, в залежності від характеристик АКБ та вимог.
5. Керування зарядкою:
- Встановлення відповідних значень струму та напруги для зарядки батареї, відповідно до прийнятого рішення.
 - Стеження за процесом зарядки та регулювання параметрів згідно визначеного режиму. Наприклад, система контролює вихідні значення струму та напруги, регулює їх для підтримання оптимального заряду та уникнення перевантаження акумулятора.
6. Моніторинг та захист:
- Постійний моніторинг параметрів зарядки, таких як струм, напруга, температура та рівень заряду.
 - Виявлення потенційних проблем, таких як перезарядка, перевантаження, підвищена температура тощо.
 - Застосування захисних заходів у разі виявлення аномалій, наприклад, зниження струму, зупинка зарядки або сповіщення про помилку. Наприклад, система може вимкнути живлення або зменшити струм зарядки, якщо виявлено перевантаження акумулятора або підвищену температуру.
 - Мікроконтролер може керувати світлодіодними індикаторами або іншими візуальними засобами, щоб показувати стан заряду АКБ або будь-які помилки чи помилкові умови.
7. Завершення процесу зарядки:
- Після досягнення заданого рівня заряду або після завершення заданого часу зарядки, система припиняє подавати струм та вимикає зарядний пристрій.
 - Виконання необхідних завершальних дій, таких як повідомлення про завершення зарядки, запис даних про процес зарядки тощо.
8. Запис та звітність:

- Запис даних про процес зарядки, такі як тривалість, спожита енергія, рівень заряду до та після зарядки.
- Запис помилок або відхилень від заданих параметрів.
- Звіти або статистика про ефективність та продуктивність системи керування зарядкою.

Цей алгоритм дозволяє заряджати АКБ з використанням оптимальних параметрів заряду, а також підтримувати її напругу та силу струму на відповідному рівні, що сприяє повному заряду та тривалому життю АКБ.

3.3. Проектування зарядних пристроїв

Для заряду акумуляторів існують різні способи, які використовуються залежно від області застосування. Найпоширеніші з них включають:

- Заряд за постійним струмом ($I=\text{const}$). Акумулятор заряджається за постійного струму, який підтримується на постійному рівні протягом усього процесу зарядки.
- Заряд за постійною напругою ($U=\text{const}$). Акумулятор заряджається за постійної напруги, яка підтримується на постійному рівні протягом усього процесу зарядки.
- Комбінований спосіб. Заряд акумулятора проводиться за постійного струму до досягнення визначеної напруги, після чого напруга підтримується на сталому рівні до тих пір, поки струм не знизиться до встановленого значення.
- Заряд за переривчастим струмом. Заряд акумулятора відбувається шляхом послідовних періодів заряду та пауз, коли зарядний струм вмикається та вимикається циклічно.
- Заряд асиметричним струмом. Заряд акумулятора відбувається за допомогою нерівномірних струмів заряду, де струми нерівномірно розподіляються протягом процесу зарядки.

У залежності від вимог і специфіки застосування акумуляторів, можуть використовуватись різні види заряду, такі як швидкий заряд, циклічний заряд, плаваючий заряд та компенсаційний підзаряд.

Швидкий заряд використовується для швидкого заповнення акумулятора до певного рівня ємності, зазвичай до 90%, після чого автоматично переходиться на меншу швидкість заряду до повної ємності.

Циклічний заряд вимагає постійної напруги або постійного струму заряду для заряджання акумулятора.

Плаваючий заряд є методом підтримки зарядженої батареї шляхом постійної зворотної постійної напруги, яка компенсує втрати ємності в активній частини батареї.

Компенсаційний підзаряд використовує постійний струм заряду для досягнення повного заряду батареї та підтримки її в повній зарядженому стані.

На практиці часто застосовується комбінація різних методів заряду, що надає ефективну та оптимальну зарядку акумуляторів.

Для заряду малопотужних акумуляторів за постійною напругою може використовуватись трививідний інтегральний стабілізатор напруги, який допомагає підтримувати стабільний рівень вихідної напруги, наприклад *KP149EH5A* показаний на рисунку 13.

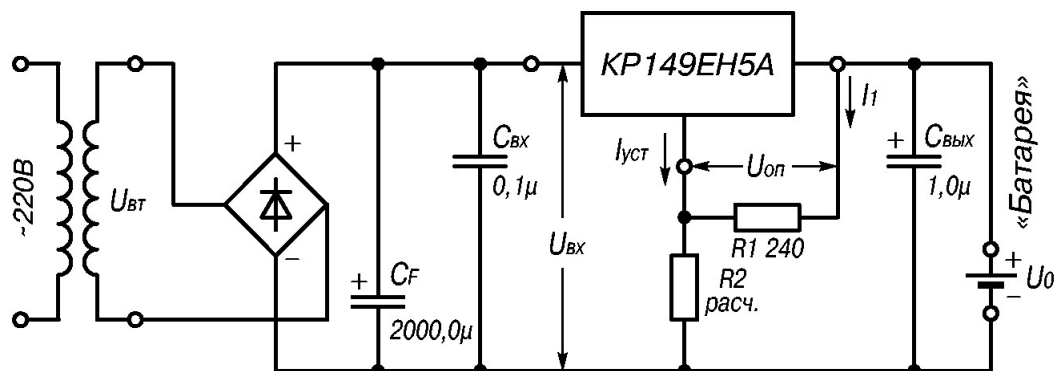


Рисунок 13. Схема зарядного пристрою з постійною вихідною напругою (режим плаваючого заряду)

Для даної схеми справедливий вираз:

$$U_0 = U_{оп} \left(1 + \frac{R1}{R2} \right) + I_{уст} R2$$

де U_0 – напруга, що дорівнює різниці максимальної напруги на зарядженому акумуляторі і вихідній напрузі інтегрального стабілізатора напруги;

$U_{оп}$ – вихідна напруга інтегрального стабілізатора напруги;

$I_{уст}$ – струм внутрішнього стабілізатора інтегральної мікросхеми.

Використання змінного резистора R2 з шунтуванням постійним резистором є можливим для досягнення необхідної вихідної напруги та забезпечення захисту схеми від струму короткого замикання.

Змінний резистор може бути використаний для регулювання вихідної напруги. Шунтування постійним резистором дозволяє управляти величиною опору змінного резистора, забезпечуючи необхідний рівень вихідної напруги. При цьому, сумарний опір змінного резистора та постійного резистора повинен дорівнювати розрахунковому значенню опору.

Одночасно з цим, шунтування постійним резистором також допомагає захистити схему від струму короткого замикання. Якщо струм короткого замикання виникає у схемі, значна частина цього струму буде проходити через постійний резистор, що дозволяє обмежити струм та запобігти його небезпечному впливу на схему.

Використання змінного резистора з шунтуванням постійним резистором дозволяє досягнути регулювання вихідної напруги і забезпечити захист схеми, забезпечуючи безпечну та стабільну роботу зарядного пристрою акумулятора.

Ці різні способи заряду акумуляторів використовуються залежно від конкретних потреб та вимог застосування, дозволяючи ефективно заряджати та підтримувати працездатність акумуляторних батарей.

На рисунку 14 зображений зарядний пристрій з джерелом постійного струму та можливістю автоматичного обмеження напруги. Джерело струму, що використовується в пристрої, реалізоване на основі транзистора VT2 та світлодіода VD1. Спадання напруги на світлодіоді визначає напругу емітер-база

транзистора VT2, яка в свою чергу задає струм джерела струму. Таким чином, світлодіод виконує функцію індикатора, показуючи ступінь заряду акумулятора.

Транзистор VT1 використовується для обмеження напруги на навантаженні. Коли напруга заряду акумулятора досягає певного значення, встановленого шляхом підбору резистора R1, транзистор VT1 закривається, що призводить до припинення протікання струму через світлодіод VD1. Це свідчить про досягнення акумулятором встановленої напруги заряду і вимагає відключення зарядного пристрою.

Світлодіод може показувати ступінь заряду акумулятора, наприклад, гаснути при повному заряді акумулятора. Це дає нам можливість візуально спостерігати за станом заряду акумулятора.

Ці параметри, такі як напруга заряду (12 В) та максимальний струм заряду (100 мА), вказані як номінали на схемі, можуть варіюватися в залежності від конкретних вимог і характеристик акумулятора, який ви заряджаєте.

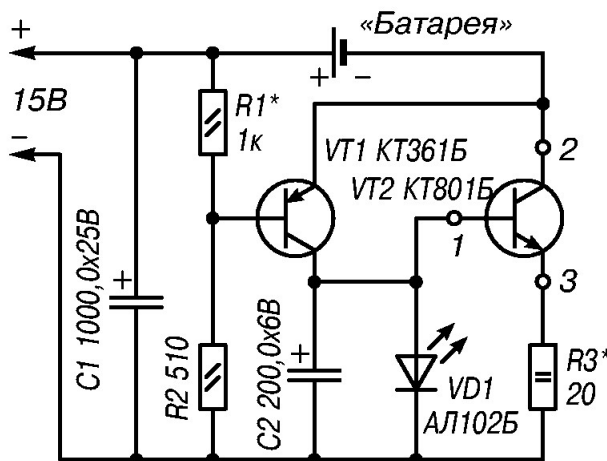


Рисунок 14. Схема автоматичного зарядного пристрою (режим плаваючого заряду)

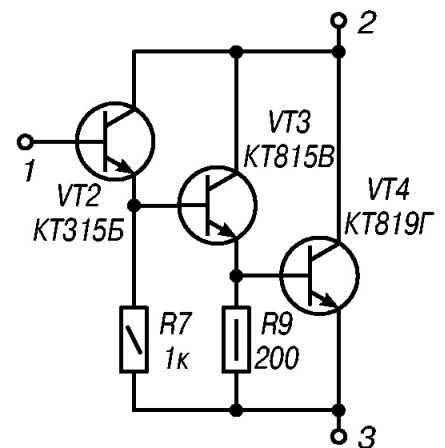


Рисунок 15. Схема складеного транзистору

Запропоновані зарядні пристрої не вимагають окремих приладів для виміру струму і напруги, оскільки вони використовують автоматичне обмеження

струму і напруги. Це означає, що пристрій самостійно регулює струм заряду і автоматично вимикається при досягненні встановленої напруги заряду.

Якщо потрібно заряджати акумулятори великої ємності, наприклад, автомобільні акумулятори, можливо збільшити струм заряду до 5 А. В такому випадку, транзистор VT2 може бути замінений складеним транзистором, зображеним на рисунку 15. Такий складений транзистор забезпечує більшу потужність тепловідведення, оскільки великі струми заряду можуть створювати значну теплову втрату.

Важливо враховувати, що при збільшенні струму заряду до 5 А необхідно правильно вибрати компоненти, зокрема транзистори і резистори, щоб вони витримували високий струм і не перегрівалися. Також потрібно забезпечити ефективне тепловідведення, щоб уникнути перегріву пристрою під час зарядки.

Зазначена зміна транзистора VT2 на складений транзистор дозволить забезпечити більшу потужність і, відповідно, збільшений струм заряду. Однак, при таких модифікаціях важливо мати на увазі електричну безпеку та виконувати правильні розрахунки, щоб уникнути перевантаження та пошкодження акумуляторів чи самого зарядного пристрою.

РОЗДІЛ 4

ПРАКТИЧНЕ ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ЗАРЯДУ АКУМУЛЯТОРНИХ БАТАРЕЙ РІЗНИХ ТИПІВ

4.1. Використання системи зарядки для автомобільних акумуляторів

Розроблена система може використовуватися для зарядки автомобільних акумуляторів з метою підтримки їх оптимального рівня заряду та забезпечення надійної роботи.

Система зарядки витримує рекомендації виробника щодо оптимального струму та напруги для зарядки конкретного типу автомобільного акумулятора. Це дозволяє досягти належного рівня зарядки без ризику перезарядки або підзарядки, що може негативно вплинути на життєвий цикл акумулятора.

Система зарядки має функцію автоматичного керування, яка контролює струм та напругу зарядки, а також відстежує рівень заряду акумулятора. Це забезпечує оптимальну ефективність та тривалість життя акумулятора. Також підтримує функцію дозарядки зарядки, яка дозволяє тримати автомобільний акумулятор у належному стані, коли транспортний засіб не використовується протягом тривалого періоду. Це особливо корисно в разі довгострокового зберігання автомобіля або використання його лише в рідкісних випадках.

Система має вбудовані захисні механізми, які запобігають перевантаженню акумулятора під час зарядки. Вона контролюють струм та напругу, щоб забезпечити безпеку та запобігти можливим пошкодженням акумулятора. Система зарядки спрощує процес заряду.

Основні переваги використання системи зарядки для автомобільних акумуляторів включають наступне:

- зарядка відповідно до вимог виробника;
- автоматичне керування процесом зарядки;
- функція підтримки заряду;
- захист від перевантажень;

– зручність у користуванні.

У практичному використанні система зарядки дозволяє ефективно та безпечно заряджати автомобільні акумулятори, підтримуючи їх в готовності до використання. Вона забезпечує оптимальний рівень заряду, продовжує життєвий цикл акумулятора та допомагає уникнути проблем, пов'язаних з недостатнім або надмірним зарядом.

Також розроблена нами система зарядки може бути використана для AGM (абсорбуючого гелевого матового) акумулятора з метою забезпечення ефективної та безпечної зарядки.

Система зарядки витримує рекомендацій виробника щодо оптимальних значень струму та напруги для зарядки AGM акумулятора. Це допомагає уникнути перезаряду або підзарядки, що можуть призвести до пошкодження акумулятора.

Система зарядки автоматично контролює струм, напругу та час зарядки, щоб досягти оптимального рівня зарядки для AGM акумулятора. Це сприяє підтримці найвищої ефективності зарядки та тривалості життя акумулятора.

Система зарядки має функції захисту, такі як запобігання перегріву, перезаряду або короткого замикання. Це дозволяє забезпечити безпеку під час зарядки AGM акумулятора та запобігти пошкодженню акумулятора або виникненню небезпечних ситуацій.

Система зарядки має інтуїтивно зрозумілий інтерфейс та налаштування, що дозволяє легко користуватись ними навіть без спеціальних знань або досвіду. Це робить їх практичними для широкого кола користувачів.

Також може моніторити стан заряду акумулятора, що дозволяє користувачеві в реальному часі відстежувати рівень зарядки та стан акумулятора. Це допомагає забезпечити належне управління та підтримку акумулятора.

Загалом, система зарядки є цінними інструментами для ефективного та безпечного заряджання AGM акумуляторів. Вона сприяє підтримці оптимальних умов зарядки та продовженню життя акумулятора, забезпечуючи безпеку та спрощення процес управління зарядкою.

4.2. Використання системи зарядки для портативних пристроїв

Система зарядки для портативних пристроїв, таких як смартфони, планшети, навушники та інші електронні гаджети, може бути використана для забезпечення швидкої та зручної зарядки цих пристроїв у будь-якому місці. Основні кроки для використання системи зарядки для портативних пристроїв наступні:

1. Ознайомтеся з інструкціями виробника. Важливо ознайомитися з інструкціями виробника вашого портативного пристрою. Дотримуйтесь рекомендацій щодо часу зарядки, оптимальних параметрів зарядки та інших вказівок.
2. Виберіть підходящий режим зарядки. Існує багато різних систем зарядки для портативних пристроїв. Виберіть систему зарядки, яка найкраще підходить для вашого пристрою та ваших потреб.
3. Підключення пристрою до системи зарядки. Залежно від типу системи зарядки, вам може знадобитися підключити свій портативний пристрій за допомогою спеціального USB-кабелю, адаптера або іншого з'єднання. Переконайтеся, що ви використовуєте сумісні кабелі та з'єднання.
4. Поставте систему зарядки в роботу. Увімкніть або активуйте систему зарядки, щоб почати процес зарядки пристрою.
5. Спостерігайте за процесом зарядки. Під час зарядки спостерігайте за індикаторами стану зарядки, світлодіодні індикатори або дисплей, що показують рівень та процес заряду. Спостерігайте за цими індикаторами, щоб бути впевненими, що зарядка відбувається належним чином.
6. Відключіть пристрій після завершення зарядки. Після завершення зарядки вашого портативного пристрою від'єднайте його від системи зарядки. Забезпечте безпеку відключення, щоб уникнути пошкодження портативного пристрою або системи зарядки.

Зберігайте систему зарядки у безпечному місці: Після використання зберігайте систему зарядки в безпечному місці, щоб уникнути пошкоджень або втрати.

Ці кроки допоможуть вам ефективно використовувати систему зарядки для портативних пристроїв і забезпечити постійне живлення вашого пристрою навіть у подорожах або відсутності оригінального зарядного пристрою.

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1. Аналіз небезпеки під час роботи за комп'ютером

Виявлено, що під час використання комп'ютера найбільше небезпеки загрожують зоровій, опорно-руховій та нервово-психічній системам. Досі точні причини цих проблем не встановлені, будь-то випромінювання або статична поза.

Головним джерелом небезпеки є дисплей, який випромінює різні види випромінювання, такі як рентгенівське, ультрафіолетове, інфрачервоне та електромагнітне. Існують норми для кожного з цих видів випромінювання, але вони варіюються в залежності від країни. Однак ці норми враховують опромінення всього організму, тоді як фактично вплив спостерігається лише на верхню частину тулуба. Комплексний вплив всіх цих полів на здоров'я людини все ще потребує дослідження.

Відеодисплеї також порушують рівновагу між позитивно й негативно зарядженими іонами у повітрі, що також негативно впливає на здоров'я. Щоб уникнути цього, важливо забезпечити належну вентиляцію робочого приміщення та проникнення свіжого повітря до робочого місця. Встановлено чіткі розміри столу та стільця для роботи з комп'ютером, оскільки неправильна постава може негативно позначитися на скелетно-м'язовій системі. Робочий стіл повинен бути просторим, з підставкою для ніг, а робочий стілець – регульованою висотою, нахилом сидіння та спинки.

Є два джерела випромінювання – системний блок і монітор:

1. Системний блок створює електромагнітне поле, а також шум від вентиляторів. Шкода від електромагнітного поля виникає лише при високому рівні. Однак комп'ютер створює значно менше поля, ніж мобільний телефон.
2. Монітор має два основних шкідливих фактори. Перший – бета-випромінювання, яке створює зображення на екрані. Другий – висока

напруга, яка викликає іонізацію повітря. Бета-випромінювання поширюється з монітора в двох напрямках – вперед і назад. На сьогоднішній день монітори мають дуже низький рівень бета-випромінювання, а електрони виходять за межі екрану лише на кілька сантиметрів. Основне випромінювання монітора спрямоване назад, тому "зона ураження" розповсюджується на відстань до метра-півтора. Висока напруга також перетворює молекули повітря на шкідливі позитивні іони. Виробники моніторів і телевізорів ставлять жорсткі вимоги до використання високих напруг, що є позитивним фактором.

5.2. Освітлення та вентиляція в робочому приміщенні

Згідно з правилами, освітлення при роботі з комп'ютером має падати зліва, а відстань від очей до екрана повинна бути близько 50 сантиметрів. Крім того, крісло слід налаштувати таким чином, щоб очі були на одному рівні з центром монітора. Експерти підкреслюють, що саме очі зазнають найбільшого навантаження під час роботи з комп'ютером. Довгий період спостереження за екраном призводить до зменшення частоти моргання. Це викликає почервоніння, подразнення та сльозотечу, що в свою чергу може призвести до погіршення зору. Наближена відстань до екрану, малий розмір шрифту, мерехтіння та неправильне освітлення в кінцевому підсумку можуть сприяти розвитку короткозорості. Якщо ви помічаєте почервоніння, сльозотечу, печіння та головний біль, це ознаки втоми очей, і вам слід взяти перерву для відпочинку. Однак, краще не доводити свої очі до такого стану, а забезпечувати їм відповідний відпочинок.

5.3. Інструкція з охорони праці під час роботи за комп'ютером

Персонал, що працює на комп'ютері, повинен дотримуватися вимог інструкції, що розроблена на основі Санітарних норм і правил, нести особисту відповідальність за дотримання вимог безпеки своєї праці та уникати створення

небезпечних або шкідливих виробничих факторів для інших працівників чи комп'ютерної техніки. Під час роботи з комп'ютером шкідливими і небезпечними факторами є:

- електромагнітне випромінювання;
- електростатичні поля;
- потужні іонізуючі випромінювання;
- загальна втома;
- втомлюваність очей;
- ризик ураження електричним струмом;
- пожежна безпека.

Режими праці та відпочинку при використанні комп'ютера повинні бути організовані залежно від типу та категорії трудової діяльності. Трудову діяльність можна розділити на 3 групи:

- Група А – робота з читанням інформації з екрану комп'ютера з переднім запитом;
- Група Б – робота з введенням інформації;
- Група В – творча робота в режимі діалогу.

Основною роботою з комп'ютером слід вважати таку, що займає від 50% часу від загального часу за комп'ютером. Для видів трудової діяльності встановлюються 3 категорії важкості і напруженості роботи з комп'ютером, які визначаються:

- для групи А – за загальною кількістю прочитаних знаків протягом робочого часу з комп'ютером, але не більше 60 000 знаків;
- для групи Б – за загальною кількістю прочитаних або введених знаків протягом робочого часу з комп'ютером, але не більше 40 000 знаків;
- для групи В – за загальним часом безпосередньої роботи з комп'ютером, але не більше 6 годин протягом робочого часу за комп'ютером.

Для забезпечення оптимальної працездатності і збереження здоров'я під час робочого часу з комп'ютером необхідно встановлювати регламентовані перерви.

Перед початком роботи необхідно переконатися, що монітори комп'ютера мають антиблікове покриття (крім групи А) з коефіцієнтом відображення не більше 0,5. Покриття також повинно забезпечувати зняття електростатичного заряду з поверхні екрана, захищати від іскріння і накопичення пилу. Корпус монітора повинен забезпечувати захист від іонізуючих та неіонізуючих випромінювань. Необхідно перевірити правильне розташування комп'ютера, забезпечивши відстань не менше 0,8 метра між стіною з віконними прорізами і столом. Відстань між робочими столами повинна бути не менше 1,2 метра. Заборонено розміщення другого робочого місця позаду комп'ютера.

5.4. Правове регулювання утилізації батарей та акумуляторів

5.4.1. Загальні положення

Хімічні джерела струму – джерела електричної енергії, яка виробляється шляхом перетворення хімічної енергії в електричну, що складаються з одного чи декількох неперезаряджувальних первинних елементів або перезаряджувальних вторинних елементів (акумуляторів), у тому числі інтегрованих у вироби промислового чи побутового призначення.

Сфера хімічних джерел струму - відносини, що виникають при розробці, виробництві, реалізації, імпорті та експлуатації хімічних джерел струму, заготівлі та утилізації відпрацьованих хімічних джерел струму.

5.4.2. Законодавство України про регулювання утилізації акумуляторних батарей та акумуляторів

Батареї та акумулятори дуже небезпечні відходи, які підлягають утилізації відповідно до законодавства України. Відходи батарей та акумуляторів містять у

собі токсичні хімічні елементи: кадмій, ртуть, свинець, сірчана кислота, а також небезпечний електроліт.

Для забезпечення навколишнього середовища та здоров'я людини від згубних наслідків відходів батарей та акумуляторів є їх утилізація.

Нормативною базою України щодо регулювання утилізації акумуляторних батарей та акумуляторів є:

- Конституція України
- Кодекс України про адміністративні правопорушення
- Закон України «Про відходи» (втратить чинність 09.07.2023 року)
- Закон України «Про хімічні джерела струму»
- Закон України «Про управління відходами»

Закон України «Про відходи» встановлює, що відходи - будь-які речовини, матеріали і предмети, що утворилися у процесі виробництва чи споживання, а також товари (продукція), що повністю або частково втратили свої споживчі властивості і не мають подальшого використання за місцем їх утворення чи виявлення і від яких їх власник позбувається, має намір або повинен позбутися шляхом утилізації чи видалення (стаття 1).

Закон регулює відносини, пов'язані з утворенням, збиранням і заготівлею, сортуванням, перевезенням, зберіганням, обробленням (переробленням), утилізацією, видаленням, знешкодженням та захороненням відходів, що утворюються в Україні, перевозяться через її територію, вивозяться з неї, а також з перевезенням, обробленням та утилізацією відходів, що ввозяться в Україну як вторинна сировина (стаття 4 Закону України «Про відходи»). Закон передбачає державний контроль та відповідальність у сфері використання відходів.

Порядок утилізації батарей та акумуляторів ємність яких більше 7 А/год. в Україні регулюється Законом України «Про хімічні джерела струму» (далі - Закон).

Даним Законом регулюються особливості відносин, що виникають у зв'язку із закупівлею хімічних джерел струму за державні кошти та/або в межах державного оборонного замовлення, відносин, пов'язаних з реалізацією хімічних

джерел струму, які є виробами військового призначення або подвійного використання та/або містять дорогоцінні метали, визначаються окремими законодавчими актами України, що регулюють такі відносини (стаття 1 Закону).

Державний контроль і нагляд за якістю хімічних джерел струму та забезпеченням екологічної безпеки технологічних процесів виробництва здійснюється центральним органом виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері державного контролю за додержанням законодавства про захист прав споживачів (Державна служба України з питань безпечності харчових продуктів та захисту споживачів), центральним органом виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері державного екологічного контролю (Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України), в порядку, встановленому законом (частина четверта статті 15 Закону).

Статтею 17 Закону визначені обов'язки юридичних та фізичних осіб (суб'єктів підприємницької діяльності), які використовують хімічні джерела струму.

Статтею 18 Закону передбачено, що заготівля відпрацьованих хімічних джерел струму здійснюється спеціалізованими виробництвами з утилізації та спеціалізованими підприємствами з утилізації безпосередньо або через мережу приймальних пунктів.

Закон визначає сплату екологічного грошового закладу, якій покладається на юридичних та фізичних осіб - суб'єктів підприємницької діяльності, які використовують у своїй діяльності хімічні джерела струму ємністю 7 А/год та більше, та становить п'ять відсотків від ціни хімічного джерела струму, визначеної без урахування податку на додану вартість (стаття 19 Закону).

Утилізація відпрацьованих хімічних джерел струму здійснюється на спеціалізованому виробництві з утилізації чи спеціалізованим підприємством з утилізації із застосуванням технологій і устаткування, що забезпечують екологічну безпеку технологічних процесів утилізації відпрацьованих хімічних джерел струму та вилучення вторинної сировини для використання у

виробництві хімічних джерел струму, з додержанням вимог нормативно-правових актів, екологічних вимог та норм цього Закону (стаття 20 Закону).

5.4.3. Державний контроль та відповідальність у сфері хімічних джерел струму

Відповідальність у сфері хімічних джерел струму, передбачена Законом та Кодексом України про адміністративні правопорушення.

Державний контроль у сфері хімічних джерел струму здійснюють центральні та місцеві органи виконавчої влади та органи місцевого самоврядування - стосовно реалізації загальнодержавних, галузевих та регіональних програм у сфері хімічних джерел струму (стаття 22 Закону).

Згідно з вимогами статті 827 Кодексу України про адміністративні правопорушення порушення порядку обліку придбання та експлуатації хімічних джерел струму або порядку обліку обсягів накопичення відпрацьованих хімічних джерел струму та передачі їх на утилізацію - тягнуть за собою накладення штрафу на посадових осіб від трьох до п'яти неоподатковуваних мінімумів доходів громадян.

Ненадання в установленому порядку інформації або надання неправдивої інформації щодо обсягів придбання та експлуатації нових хімічних джерел струму, обсягів накопичення відпрацьованих хімічних джерел струму та передачі їх на утилізацію - тягнуть за собою накладення штрафу на посадових осіб від п'яти до десяти неоподатковуваних мінімумів доходів громадян.

Не передача в установленому порядку відпрацьованих небезпечних хімічних джерел струму ємністю 7 А/год та більше на утилізацію підприємствам, що здійснюють діяльність із заготівлі та утилізації відпрацьованих хімічних джерел струму, - тягне за собою накладення штрафу на громадян від одного до трьох неоподатковуваних мінімумів доходів громадян і на посадових осіб - від п'яти до десяти неоподатковуваних мінімумів доходів громадян.

5.4.4. Алгоритм дій громадян щодо утилізації батарейок і акумуляторів

Оскільки батарейки та акумулятори містять небезпечні хімічні реагенти і речовини, вони здатні завдати серйозної шкоди екології внаслідок порушення вимог їхньої утилізації. Одна батарейка може забруднити до 10 кв. м. площі.

Таким чином, для збереження екології від забруднення відпрацьовані батарейки і акумулятори необхідно здавати до маркованого сортувальних боксів, які розташовані в супермаркетах і торгових центрах, магазинах електроніки та аксесуарів до них. У великих містах контейнери для прийому батарейок на утилізацію встановлюються і в інших прохідних місцях.

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

У даній роботі був проведений аналіз існуючих методів зарядки для автомобільних акумуляторів. Виявлено, що класичний метод зарядки постійною напругою не є оптимальним через залежність внутрішнього опору акумулятора від температури. У результаті експерименту були визначені оптимальні параметри заряду, включаючи струм заряду, напругу, час і температуру.

Система автоматизованого керування процесом заряду акумуляторних батарей різних типів є ефективним інструментом для оптимізації зарядного процесу і підвищення ефективності використання акумуляторів.

Вона дозволяє контролювати та регулювати параметри заряду, такі як струм, напруга, час зарядки та температура, для досягнення оптимальної зарядки і продовження терміну служби акумуляторів.

Система забезпечує автоматичне керування процесом заряду, що дозволяє уникнути помилок та забезпечити безпечну та ефективну роботу.

Інтеграція системи зарядки з енергетичними системами, такими як сонячні панелі або електричні мережі, дозволяє використовувати різні джерела енергії для заряду акумуляторів і підвищує енергоефективність системи.

Розроблена система контролю і управління процесом заряду, заснована на мікропроцесорному управлінні, дозволяє заряджати автомобільний акумулятор за запропонованим імпульсним алгоритмом. Це підвищує термін експлуатації та безвідмовність роботи акумулятора.

Робота має практичне значення для подальшого розвитку технологій зарядки акумуляторних батарей, зокрема для автомобільних акумуляторів. Результати дослідження сприятимуть створенню більш стабільних та ефективних систем енергозабезпечення в різних сферах нашого життя.

Рекомендується розробити систему контролю і управління зарядкою, яка використовує імпульсний алгоритм зарядки для автомобільних акумуляторів.

Для реалізації системи зарядки необхідно використовувати мікропроцесорне управління, що дозволить точно керувати параметрами зарядки і підвищити надійність та тривалість роботи акумулятора.

Рекомендується провести додаткові дослідження для оптимізації параметрів імпульсного заряду та визначення їх впливу на тривалість експлуатації акумуляторів.

Результати цього дослідження можуть бути використані для розробки більш стабільних та ефективних систем енергозабезпечення, як для автомобілів, так і для інших портативних пристроїв.

Кваліфікаційна робота має велике значення для подальшого розвитку технологій зарядки акумуляторних батарей та сприятиме створенню більш стабільних та ефективних систем енергозабезпечення для різних сфер нашого життя.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Електропостачання : підручник / П. О. Василега. – Суми : Сумський державний університет, 2019. – 521 с.
2. Закон України «Про управління відходами» Верховна Рада України; Документ 2320-ІХ, набирає чинності, поточна редакція – Редакція від 31.03.2023 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2320-20#Text>
3. Закон України «Про хімічні джерела струму» (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2006, N 33, ст. 279). Верховна Рада України. 2006 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3503-15#Text>
4. Інтелектуальні електричні мережі: елементи та режими: За заг. ред. акад. НАН України О.В. Кириленка / Інститут електродинаміки НАН України. – К.: Ін-т електродинаміки НАН України, 2016. – 400 с.
5. Кодекс України про адміністративні правопорушення. // Офіційний вебпортал парламенту України [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/80731-10#Text>
6. Конституція України (чинна з 1996 р. зі змінами) // Офіційний портал Верховної Ради України. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/254%D0%BA/96-%D0%B2%D1%80#Text>
7. Мокін Б.І., Мокін О.Б. Теорія автоматичного керування. Методологія та практика оптимізації: Навчальний посібник. – Вінниця: ВНТУ. – 2013. – 210с.
8. Новацький А. О. Імпульсна та цифрова електроніка: навчальний посібник / А. О. Новацький. – Київ : НТУУ «КПІ», 2014. – 385 с. [Електронне видання] – Режим доступу до ресурсу: <https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/12372/1/%d0%86%d0%9c%d0%9f-%d0%9d%d0%90%20%d0%a2%d0%90%20%d0%a6%d0%98%d0%a4%d0%a0-%d0%92%d0%90%20%d0%95%d0%9b%d0%95%d0%9a%d0%a2%d0%a0-%d0%9a%d0%90-%d0%9f%d0%9e%d0%a1-%d0%9a-2014.pdf>

9. Норматив утворення відходів // Словник-довідник з екології : навч.-метод. посіб. / уклад. О. Г. Лановенко, О. О. Остапішина. – Херсон : ПП Вишемирський В. С., 2013. – С. 131.
10. Про внесення змін до деяких законів України щодо удосконалення умов підтримки виробництва електричної енергії з альтернативних джерел енергії: Закон України від 21.07.2020. № 810-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/810-20#Text>.
11. Про затвердження Правил експлуатування акумуляторних свинцевих стартерних батарей колісних транспортних засобів і спеціальних машин, виконаних на колісних шасі: Наказ Міністерства транспорту та зв'язку України від 02.07.2008 N 795. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0689-08#Text>
12. Український тлумачний словник: Близько 250 000 слів / укл. та гол. ред. В'ячеслав Бусел. – Київ; Ірпінь: Перун, 2016. – 1692 с.
13. Шембель О. М., Білогуров В. А. Основні характеристики сучасних хімічних джерел струму різних електрохімічних систем // Сучасна спеціальна техніка. Науково-практичний журнал. — № 2(17), 2009. (с.:66-86)
14. Вікіпедія. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B2%D0%B8%D0%BD%D1%86%D0%B5%D0%B2%D0%BE-%D0%BA%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%BE%D1%82%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%B0%D0%BA%D1%83%D0%BC%D1%83%D0%BB%D1%8F%D1%82%D0%BE%D1%80
15. ABB solar inverters. Product manual REACT-3.6/4.6-TL (from 3.6 to 4.6 kW). [Online].URL: www.abb.com/solarinverters.
16. Automatic Battery Charger/Посібник користувача для автоматичного зарядного пристрою/технічного обслуговування. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://manuals.plus/m/2ae34f24b4614c5b9780abac235b68b5631e7c792ef09ec2d00be3da1a994e8b_optim.pdf

17. Berechnungsgrundlagen Blei-Säure-Batterien. 3d-help.valentin-software.com.
18. Conext Multi-Cluster Power System. URL: https://www.sosvetom.ru/images/data/gallery/198_2765_Conext_Multi-Cluster_Power_System_Planning_Guide.pdf.
19. Conext SW. Hybrid Inverte. URL: <https://www.se.com/ww/en/product-range-presentation/61645-conext-sw/>
20. Gibridnyy setevoy invertor Growatt 10000 HY [Online]. URL: <https://alfa.solar.ru/gibridnyj-setevoj-invertor-growatt-hybrid-10000-hybrid494.html>.
21. Holze, Rudolf (2005-04). Heinz-Albert Kiehne: Batterien. Journal of Solid State Electrochemistry 9 (4). c. 238–238. ISSN 1432-8488. doi:10.1007/s10008-004-0588-8.
22. Sailer, Hansjörg (2012-01). Keine "Beförderung" iSd EKHG bei bloßer Mithilfe bei der LKW-Entladung. Juristische Blätter 134 (1). c. 52–54. ISSN 0022-6912. doi:10.1007/s00503-011-0127-5.
23. Shavolkin O. Simulation model of the photovoltaic system with a storage battery for a local object connected to agrid with multi-zone tariffication / O. Shavolkin, I. Shvedchykova, S. Demishonkova // 2020 IEEE 7th International Conference on Energy Smart Systems (ESS), Kyiv, Ukraine, 2020, P. 368-372. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9160112>.