

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІІІІІІІІІІ

(повне найменування інституту, назва факультету)

Радіотехніки та телекомунікації

(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до магістерської роботи

магістр

(рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень))

на тему

Кількісне охереда постійного живлення з використанням джерел з високою віддачею струму

Виконав: студент 6 курсу, групи ПТ-213
спеціальності (напряму підготовки)

172 Телекомунікації та радіотехніки
(код і назва напряму підготовки, спеціальності)

Родівський Сергій Геннадійович М.М.
(прізвище та ініціали)

Керівник Морозова С.В. С.В.
(прізвище та ініціали)

Рецензент Карпуків Л.М.
(прізвище та ініціали)

м. Запоріжжя
2018 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Запорізький національний технічний університет
 (повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут, факультет ІІРЕ ФРЕТ
 Кафедра Радіотехніки та телекомунікацій
 Рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень) магістр
 Спеціальність 192 Телекомунікації та радіотехніки
 (код і назва)
 Напрямок підготовки 0707 Радіотехніка
 (код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Морщовка С.В., к.т.н., доц.
 "10" 12 2018 року

З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Головізніну Сергію Геннадійовичу
 (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи _____

керівник роботи Морщовка Сергій Володимирович, к.т.н., доц.
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від "31" 10 2018 року № 305

2. Строк подання студентом роботи 10.12.2018 р.

3. Вихідні дані до роботи • Джерело постійної напруги. Технологія літій-іонних акумуляторів. Обґрунтування вибору за допомогою характеристик. Математична модель літій-іонного акумулятора. Конструкторські рішення по розробленому пристрою та його компонентах

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Джерело постійного електроживлення

2. Акумулятори. Їх характеристики та різновиди

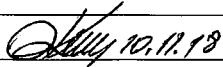
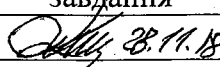
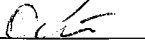
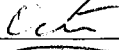
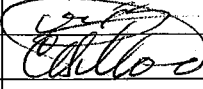
3. Математична модель літій-іонного акумулятора

4. Зробити конструкторські рішення

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

Схема структури ієрархічного блоку Lithium-Ion battery
Дві електричні-принципові схеми двох найпростіших DC-DC
перетворювачів. Схема електрична принципова для підвищувача
перетворювача напруги, для мікроконтролера NE 555 та схема
для контролера заряду АБ на базі мікросхеми TP40546

6. Консультанти розділів роботи

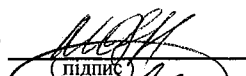
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	Прийняв виконане завдання
ОП	Коробко О.В. ст. викладач	 10.11.18	 28.11.18
	Остапенко В.В. доцент		
Нормоконтр. I-IV	Мороз Т.В. асистент кат. РІТ		
	Морщавка С.В.		

7. Дата видачі завдання 03.09.2018

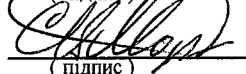
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
	1. Опитування схем DC-DC перетворювачів	1.09.18 - 15.09.18	
	2. Обґрунтування схеми для Li-Ion batt та дослідження по ній схемі	16.09.18 - 30.09.18	
	3. Розробка пристрою на базі знань з обґрунтованих досліджень	1.10.18 - 20.10.18	
	4. Обґрунтування вибору функціоналу пристрою елементів	21.10.18 - 4.11.18	
	5. Тестування приладу	5.11.18 - 14.11.18	

Студент


 (підпис)

Керівник роботи


 (підпис)
Головизнін С.П.
(прізвище та ініціали)Морщавка
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 84 с, 32 рис., 2 табл., 9 джерел.

Об'єкт дослідження – джерела електроживлення.

Мета роботи – розробка компактного джерела електроживлення з високою віддачею стуму.

В першому розділі описуються проблеми з електроживленням та опис пристроїв забезпечуючих безперервне постачання живлення. В другому розділі приведені декілька видів акумуляторів та критерії по котрим обирають їх до одних або інших пристроїв. В третьому необхідно розрахувати математичну модель літій-іонних акумуляторних батарей в середовищі MATLAB та отримати характеристики при різних значеннях току та температури. В четвертому розділі розташовуються технічні рішення які були прийняти під час виконання досліджень. П'ятий розділ дає техніко-економічне обґрунтування та оцінку собівартості розробляемого пристрою. Шостий розділ присвячений питанням охорони праці та безпеки життєдіяльності.

ДПЖ, ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ, ДЖЕРЕЛО ПОСТІЙНОГО ЖИВЛЕННЯ,
УНІВЕРСАЛЬНІ МОБІЛЬНІ БАТАРЕЇ, ЛІТІЙ-ІОННІ АКУМУЛЯТОРИ,
ПЕРЕТВОРЮВАЧ НАПРУГИ

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ	8
1 ДЖЕРЕЛО ПОСТІЙНОГО ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ.....	9
1.1 Загальні положення	9
1.2 Засоби боротьби з проблемами у електроживленні.....	10
1.3 Системи АВР.....	13
2 ВИБІР ТЕХНОЛОГІЇ	23
2.1 Акумулятори. Їх характеристики та різновиди	23
2.1.1 Саморозряд.....	26
2.1.2 Ефект пам'яті.....	26
2.1.2 Типи акумуляторів, критерії вибору та експлуатація.....	28
2.2 Обґрунтування вибору АБ	32
2.2.1 Характеристики.....	34
2.2.2 Вимоги до режимів заряду/розряду	36
3 МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ЛІТІЄВО-ІОННОГО АКУМУЛЯТОРА	40
3.1 Еквівалентна електрична схема акумулятора	40
3.2 Математична модель літіє-іонної АБ.....	42
3.2.1 Структурна схема акумулятора.....	42
3.2.2 Математична модель акумулятора	43
3.3 Імітаційна електроенергетична модель літій-іонної АБ.....	46
4 КОНСТРУКТОРСЬКІ РІШЕННЯ	53
4.1 Висновки з дослідження	53
4.2 Моделювання пристрою	53
4.2.1 Основні компоненти	57
5 ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ	67
5.1 Техніко-економічне обґрунтування	67

5.2	Розрахунок коефіцієнта технічного рівня	70
5.3	Розрахунок собівартості	70
6	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ...	75
6.1	Аналіз потенційних небезпек	75
6.2	Заходи із забезпечення безпеки	76
6.3	Заходи щодо виробничої санітарії та гігієни праці.....	79
6.4	Заходи з пожежної безпеки	80
6.5	Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях	82
	ВИСНОВКИ	86
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	87

ВСТУП

Джерела безперебійного електроживлення розвивалися паралельно з комп'ютерами та іншими високотехнологічними пристроями для надійного живлення цього обладнання, чого стандартні мережі електропостачання не мають можливості забезпечити. Найбільш широко поширені конструкції в якості окремого пристрою, що включає в себе акумулятор і перетворювач. Також в якості резервного джерела можуть застосовуватися маховики і паливні елементи.

Складне технологічне обладнання сучасного промислового виробництва не може нормально функціонувати, якщо електропостачання не є постійним. Для багатьох промислових підприємств перерва у електроживленні на декілька секунд або навіть на десяті частки секунди веде до порушення безперервного технологічного процесу і до зупинки виробництва. Також бувають випадки що відсутність живлення може бути причиною для втрати значного прибутку виробництва або до повної зупинки підприємства.

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

АВР	–	Автоматичне введення резерву
АБ	–	Акумуляторна батарея
ДПЖ	–	Джерело постійного живлення
КЗ	–	Коротке замикання
ККД	–	Коефіцієнт корисної дії
МЕК	–	Міжнародна електротехнічна комісія
УМБ	–	Універсальна мобільна батарея
СКУ	–	Система контролю і управління
BMS	–	Battery management system
UPS	–	Uninterruptible Power Supply

1 ДЖЕРЕЛО ПОСТІЙНОГО ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ

1.1 Загалні положення

Джерело постійного живлення – це джерело живлення яке забезпечує поставку потужність живлення при відключенні або погіршенні хімічних характеристик основного джерела.

Якщо допустимий час перерви живлення менше 0,2 сек можливо тільки використання джерел безперебійного живлення, із захисним автоматичними вимикачами ланцюга при коротком замиканні (коротке замикання (КЗ) – електричне з'єднання двох точок електричного кола з різними значеннями потенціалу, не передбачене конструкцією пристрою і порушує його нормальну роботу. Коротке замикання може виникати в результаті порушення ізоляції струмоведучих елементів або механічного дотику неізованих елементів) для зменшення часу перерви живлення в такому випадку неможлива або неефективна. Якщо допустимий час більш 0,2 сек можливе використання захистів електромережі або використання джерел безперебійного живлення. При допустимому часі 5 ... 20 сек можливо відмовитися від джерел безперебійного живлення.

Для електродвигунів провали напруги в мережі 0,4 kV тривалістю 0,3 ... 0,5 сек можуть привести до того, що вектори залишкової ЕРС електродвигунів можуть виявитися в протифазі з векторами напруги мережі. В результаті при відновленні живлення відбудеться спрацьовування електромагнітних розщеплень автоматичних вимикачів і остаточне відключення електродвигунів. При цьому провали напруги тривалістю менше 0,3 сек не становлять небезпеки, тому для електродвигунів боротьба з провалами напруги зазвичай спрямована на запобігання відключення контакторів в ланцюзі головного живлення 0,4 kV.

Однією з таких заходів є живлення ланцюгів управління контактора від джерела безперебійного живлення.

Також є місце бути персональним, переносним системам безперебійного електроживлення для пристроїв які потребують живлення вдалині від розеток. Такі пристрої живлення мають акумулятори котрі заряджаються поки користувач знаходиться у дома, роботі тощо; а у разі потреби, якщо з'являється необхідність у швидкій підзарядці, користувач з легкістю може це зробити поза зоною досягнення основних джерел електропостачання.

Вони важать небагато, займають небагато місця та не потребують особистих умов(окрім умов які відносяться до АБ).

1.2 Засоби боротьби з проблемами у електроживленні

Прилади здатні боротися з перебоями у постачанні електроживлення бувають двох типів:

- змінного струму;
- постійного струму.

Найпростіший UPS-ДПЖ постійного струму (рис. 1.4) найбільш просто вирішує проблему безперебійного електроживлення навантаження постійного струму. Випрямляч живить навантаження з невеликими переробками (або навіть без них) виконує функцію зарядного пристрою для акумулятора.

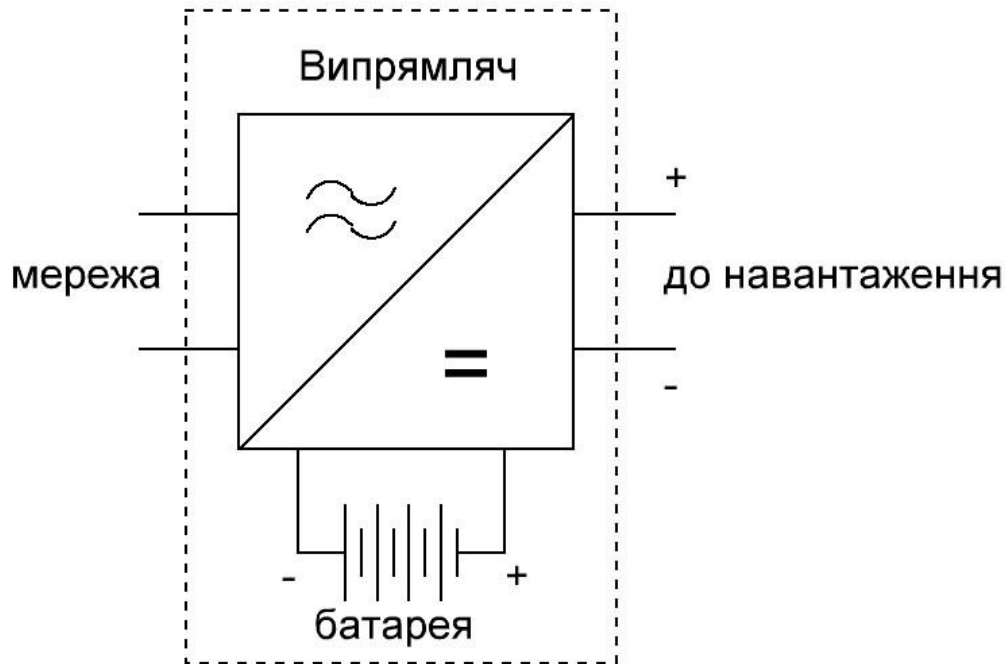


Рисунок 1.4 – UPS постійного струму

До ДПЖ постійного струму може підключатися система сигналізації, радіостанція або навіть цілий вузол зв'язку. Поки є напруга в мережі, UPS постійного струму живить навантаження і заряджає свій акумулятор. ДПЖ постійного струму відключає навантаження, щоб не вивести акумулятор з ладу.

ДПЖ змінного струму перетворює постійний струм від акумулятора у потрібний змінний. З цим завданням справляється інвертор.

UPS змінного струму (рис. 1.5) влаштовані набагато складніше цієї блок-схеми. Хороші UPS вміють стабілізувати напругу, виправляють викривлення електричної мережі, передають інформацію про стан електричної мережі комп'ютерів, в тому числі по локальних або глобальних інформаційних мереж. Отримавши від UPS сигнал про відключення електричної мережі, комп'ютер, наприклад файловий сервер, може вчасно безпечно відключитися, не втративши важливі дані.

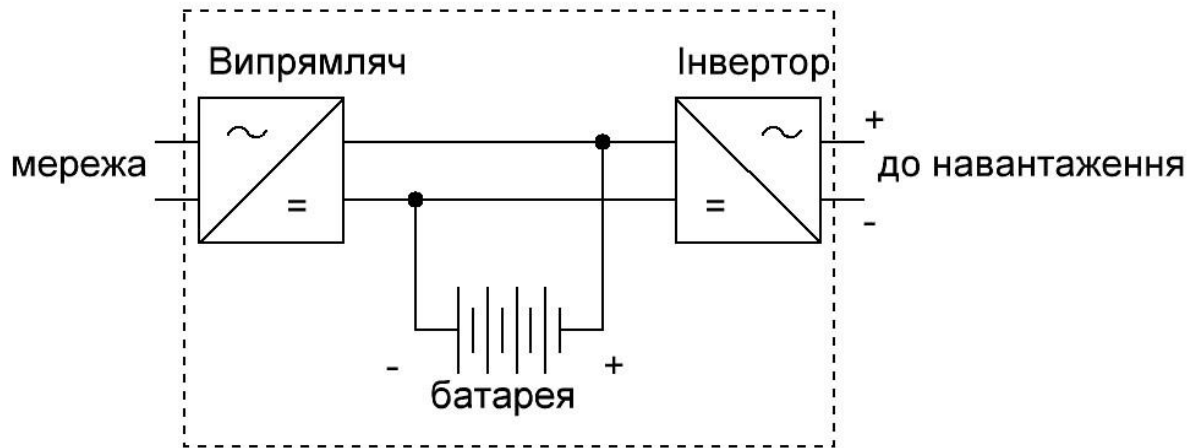


Рисунок 1.5 – ВЗУ змінного струму

Якщо в мережі є напруга ВЗУ живить навантаження від мережі одночасно заряджаючи свою АБ.

Тривалі перерви у живленні можливо уникнути використовуючи автоматичне введення резерву. Автоматичне включення резерву (АВР) – включення резервного живлення і обладнання (англ. Transfer switch) – пристрій для відновлення живлення шляхом автоматичного приєднання резервного джерела живлення при відключенні робочого джерела живлення, що приводить до знеструмлення електроустановок споживача, або для автоматичного включення резервного устаткування при відключенні робочого устаткування, що приводить до порушення нормального технологічного процесу. АВР забезпечує гарантоване електропостачання, коли допускається перерва на час введення в дію резервного джерела. Безперебійне електроживлення з "миттєвим" введенням в дію резервного джерела забезпечує джерело безперебійного електроживлення. При цьому короточасні перерви живлення будуть не тільки при короткому замиканні на будь-який з живильних АВР ліній, але і на лініях, що живлять сусідніх споживачів.

Безперебійне від гарантованого електроживлення відрізняється тим, що в разі гарантованого електроживлення допускається перерва на час введення в дію резервного джерела. У разі безперебійного електроживлення потрібно "миттєвий" введення в дію резервного джерела. Це важлива вимога обмежує коло придатних до застосування в джерелах безперебійного живлення резервних джерел. На практиці зазвичай може бути застосоване лише одне таке джерело – акумуляторна батарея (АБ).

1.3 Системи АВР

Резервна схема (Off-Line, Standby) – в нормальному режимі живлення підключеного обладнання здійснюється безпосередньо від первинної електричної мережі, яке ДПЖ фільтрує (високовольтні імпульси і електромагнітні перешкоди) пасивними фільтрами. При виході електроживлення з нормованих значень напруги (або її зникнення) навантаження автоматично перепідключатися до живлення від схеми, яка отримує електричну енергію від АБ за допомогою простого інвертора (рис. 1.1). При появі напруги в мережі в межах норми ДПЖ знову перемикає навантаження на живлення від первинного джерела.

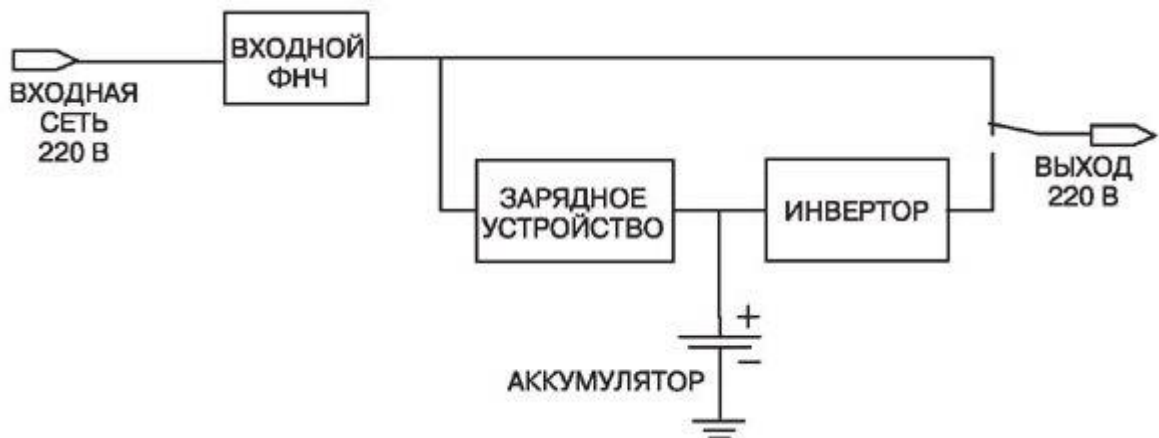


Рисунок 1.1 – „Резервна“ схема побудови ДПЖ

Переваги:

- за рахунок ККД близько 99% (при наявності напруги у мережі) практично безшумні і мають мінімальне тепловиділення;
- невисока вартість ДПЖ в цілому.

Недоліки:

- відносно довгий час перемикання (близько 6 ...10 мс) на живлення від батарей;
- Неможливість коригувати ні напругу, ні частоту (VFD по класифікації МЕК);
- несінусоїдальна форма вихідної напруги при роботі від батареї (апроксимована синусоїда, квазі-синусоїда).

Найчастіше ДПЖ, побудовані за такою схемою, використовується для живлення персональних комп'ютерів або робочих станцій локальних мереж початкового рівня, для яких не критично своєчасне відключення в разі неполадки в мережі. Практично всі пропоновані на ринку дешеві, малопотужні ДПЖ, побудовані за даною схемою.

Інтерактивна схема (Line-Interactive) – пристрій аналогічно попередньої схеми; додатково на вході присутній ступінчастий стабілізатор напруги на основі автотрансформатора, дозволяючи отримати регульовану вихідну напругу (VI по класифікації МЕК) (рис. 1.2). При роботі в нормальному режимі такі ДПЖ не коригують частоту, пасивні фільтри фільтрують зміну напругу на вході. При пропажі напруги ДПЖ переходить на живлення від інвертора, аналогічно попередньому.

Інвертори деяких моделей лінійно-інтерактивних ДПЖ видають напругу як прямокутної або трапецеїдальної форми, як у попереднього варіанту, так і синусоїдальної форми. Час перемикання менше, ніж в попередньому варіанті, так як здійснюється синхронізація інвертора з вхідною напругою. ККД такий як і у резервних.

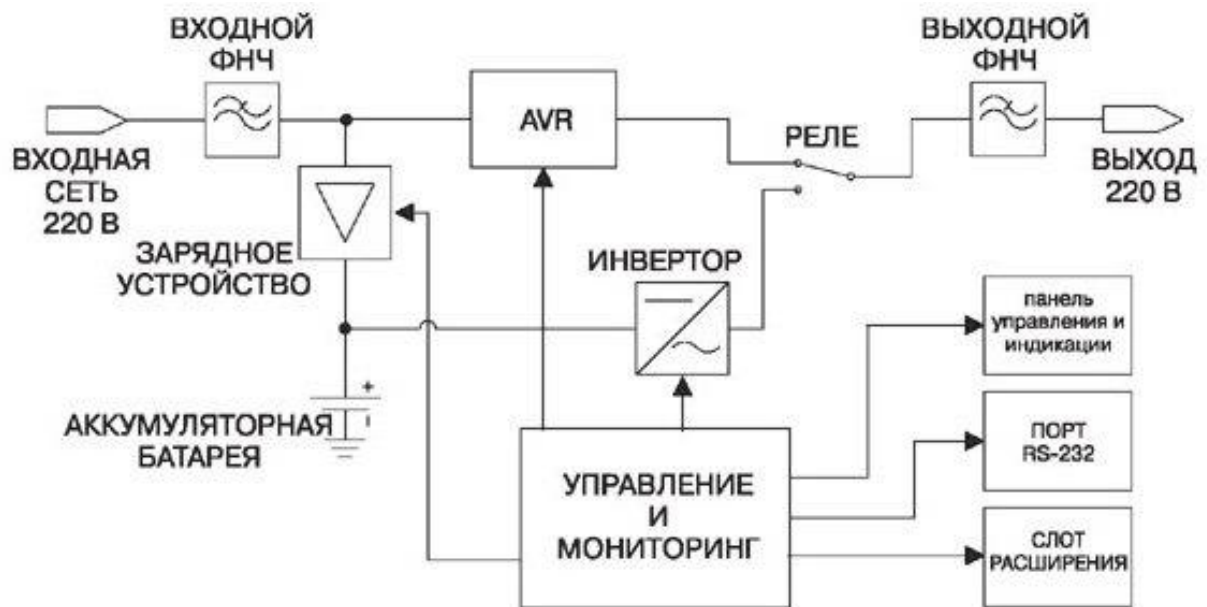


Рисунок 1.2 – "Інтерактивна" схема побудови ДПЖ

До недоліки можна віднести що в режимі «від мережі» не виконує функцію фільтрації піків, і забезпечує лише вкрай примітивну стабілізацію напруги (зазвичай 2-3 ступені автотрансформатора, що перемикаються релейно, функція називається «AVR»). У режимі «від батарей» деякі, особливо дешеві, схеми видають на навантаження частоту куди вище 50 Hz, і осцилограму змінного струму, що має мало спільного з синусоїдою. Це призводить до неможливості живлення приладів, які використовують, наприклад, асинхронні двигуни (майже вся побутова техніка, включаючи опалювальні системи). По суті, від такого ДПЖ можна жити тільки прилади, невимогливі до якості живлення, тобто, наприклад, всі прилади з імпульсними БП, де напруга живлення негайно випрямляється і фільтрується. Тобто комп'ютери і значна частина сучасної побутової електроніки. Також можна жити освітлювальні і обігрівальні прилади.

Переваги:

- за рахунок ККД близько 99% (при наявності напруги мережі) практично безшумні і мають мінімальне тепловиділення;
- невисока вартість ДПЖ в цілому.

Недоліки:

- відносно довгий час перемикання (близько 6...10 мс) на живлення від батарей;
- неможливість коригувати ні напругу, ні частоту (VFD по класифікації МЕК);
- несинусоїдальний форма вихідної напруги при роботі від батареї (апроксимована синусоїда, квазі-синусоїда).

Інтерактивна схема що зображена на рисунку 1.2 (Line-Interactive) – пристрій аналогічно попередій схемі; додатково на вході присутній ступінчастий стабілізатор напруги на основі автотрансформатора, дозволяючи отримати регульовану вихідну напругу (VI по класифікації МЕК). При роботі в нормальному режимі такі ДПЖ не коригують частоту. При пропажі напруги ДПЖ переходить на живлення від інвертора, аналогічно попередньому.

Інвертори деяких моделей лінійно-інтерактивних ДПЖ видають напругу як прямокутної або трапецеїдальної форми та і як у попереднього варіанту – синусоїдальної форми. Час перемикання менше, ніж в попередньому варіанті, так як здійснюється синхронізація інвертора з вхідною напругою. ККД такої ж високий, як і у резервних.

По суті, від такого ДПЖ можна жити тільки прилади, невимогливі до якості живлення, тобто, наприклад, всі прилади з імпульсними БП, де напругу живлення негайно випрямляється і фільтрується. Тобто комп'ютери і значна частина сучасної побутової електроніки. Також можна жити освітлювальні і обігрівальні прилади.

Режим подвійного перетворення (Online, double-conversion, онлайн) – використовується для живлення завантажених серверів (наприклад, файлових), високопродуктивних робочих станцій локальних обчислювальних мереж, а також будь-якого іншого обладнання, пред'являє підвищені вимоги до якості мережевого електроживлення. Принцип роботи полягає в подвійному перетворенні (double conversion) роду струму (рис. 1.3). Спочатку вхідний змінний струм перетвориться в постійний, потім назад в змінний струм за допомогою зворотного перетворювача. При пропажі вхідної напруги перемикання навантаження на живлення від акумуляторів не потрібно, оскільки акумулятори включені в ланцюг постійно (так званий буферний режим роботи акумулятора) і для цих ДПЖ параметр «час перемикавання» не має сенсу. Основна перевага даного виду ДПЖ: відсутність проміжку часу між зникненням зовнішньої напруги і початком живлення від батарей. ДПЖ подвійного перетворення мають невисокий ККД (від 80 до 96,5 %) в режимі on-line, через що відрізняються підвищеною тепловіддачею і рівнем шуму. Однак у сучасних ДПЖ середніх і високих потужностей провідних виробників передбачені різноманітні інтелектуальні режими, що дозволяють автоматично підлаштовувати режим роботи для підвищення ККД аж до 99 %. На відміну від двох попередніх схем, здатні корегувати не тільки напругу, але і частоту (VFI по класифікації МЕК).



Рисунок 1.3 – Схема побудови ДПЖ з подвійним перетворенням

Переваги:

- відсутність часу перемикання на живлення від батарей;
- синусоїдальна форма вихідної напруги, тобто можливість жити будь-яке навантаження, у тому числі опалювальні системи (в яких є асинхронні двигуни);
- можливість коригувати і напругу, і частоту (більше того, такий прилад одночасно є і найкращим з можливих стабілізаторів напруги).

Недоліки:

- Низький ККД (80-94%), підвищена гучність і тепловиділення. Практично завжди прилад містить вентилятор комп'ютерного типу, і тому не безшумний (на відміну від line-interactive ДПЖ);
- Висока вартість. Приблизно вдвічі-втричі вище, ніж line-interactive.

Універсальні мобільні батареї (УМБ)

Якихось десять років тому все було легко й просто – практично будь-який навантаження обраний мобільний телефон був здатний пропрацювати без

підзарядки як мінімум тиждень. Однак ті благодатні часи залишилися в минуло так як продуктивність і, відповідно, енергоспоживання сучасних смартфонів пішла далеко вперед. На жаль, темпи розвитку акумуляторних батарей серйозно відставали від цієї «гонки озброєнь». Певну роль в цьому зіграли споживачі, бажання яких не збігалися з можливостями, які вимагали надпотужні пристрої, та ще й в надтонкому корпусі.

Звичайно, в місті, проблема підзарядки акумуляторів, не створює аж надто серйозних проблем – автономності навіть самих ненажерливих гаджетів вистачає, щоб добігти від однієї розетки до іншої. Але і при цьому іноді забуваєш поставити пристрій на зарядку, а вже виїзд з ним хоча б на кілька днів на природу і зовсім буде неможливо.

І виробники, і споживачі постійно шукають альтернативні способи забезпечувати енергією мобільні пристрої. На сьогоднішній день, мабуть, найбільш надійним зовнішнім джерелом живлення є універсальна мобільна батарея (УМБ, powerbank).

УМБ є невеликою коробочкою, яка містить один або кілька акумуляторів і оснащена входом для власної зарядки і виходами для підключення зовнішніх пристроїв. Оскільки для сучасних гаджетів загальноприйнятим стандартом став USB-порт, то, як правило, саме він і є основним виходом УМБ. Для сумісності з іншими інтерфейсами в комплекті нерідко зустрічається набір перехідників.

Цей пристрій, звичайно ж, не може повністю замінити стандартну «зарядку», що працює від мережі. Мобільну батарею теж потрібно періодично заряджати, і навіть самі «ємні» з них здатні забезпечити максимум 4-5 циклів зарядки для смартфона або 2-3 – для планшета. Але, погодьтеся, навіть такий запас енергії істотно розширює можливості автономної роботи.

Перше, на що слід звернути увагу – це кількість виходів і струм, на який вони розраховані. Багато пристроїв досить прискіпливі до живлення – якщо номінальний споживаний зарядний струм перевищує можливості джерела, вони

можуть взагалі відмовитися заряджатися. Тому подумайте заздалегідь, що ви збираєтеся заряджати за допомогою УМБ.

Добре б звіритися з розділом «Характеристики» інструкції до вашого пристрою і дізнатися точний струм заряду – так ви гарантовано вбережете себе від неприємних сюрпризів. Приблизно можна сказати наступне: мобільні батареї з струмом 0,5 А підійдуть для MP3-плеєрів, простеньких телефонів – «дзвонилки» і деяких бюджетних смартфонів. Смартфон середнього класу або малопотужний планшет зажадають вже 1 А; а для більшості планшетів і деяких топових смартфонів потрібен вихід з струмом не менше 2 А а буває і всі 3 А.

Не страшно, якщо заявлений струм виходу УМБ більше, ніж необхідний струм заряду вашого пристрою. Номінальне значення струму – це просто максимум, який УМБ здатна віддати, а при зарядці буде споживатися рівно стільки, скільки потрібно заряджається пристрою.

Наявність декількох виходів USB – корисна функція: теоретично при цьому з'являється можливість заряджати відразу пару-трійку гаджетів. Однак є один нюанс: майже ніколи УМБ не здатний забезпечити заявлений струм на всіх своїх виходах одночасно. У переважній більшості випадків при наявності, наприклад, двох виходів 1 А і 2 А, пристрій може віддати сумарний струм не більше 2 А. Тому від такої мобільної батареї є можливість заряджати два моб. телефона, а телефон і планшет – вже немає.

Ще одна важлива характеристика на яку треба звернути увагу це ємність. Сумарна ємність вбудованих в УМБ акумуляторів найчастіше вказується в міліампер-годинах (mAh). Ємність 10000 mAh означає, що акумулятор здатний віддавати струм 1 А протягом десяти годин (або 0,5 А – 20 годин, або 2 А – 5 години, і так далі), при цьому напруга на акумуляторі може бути яким завгодно. Сучасні УМБ містять літєво-іонні або літєво-полімерні акумулятори з номінальним робочим напругою 3,7 V (насправді від 2,5-3 V у розрядженого акумулятора до 4,2-4,35 V у повністю зарядженого).

Але стандартна напруга USB-виходу – 5 V, тому мобільна батарея оснащена перетворювачем, що підвищує напругу акумулятора до цього значення. Закон збереження енергії ніхто не відміняв, і для отримання більш високої напруги доводиться відбирати у акумулятора і пропорційно більший струм, ніж знімається з виходу УМБ. Більш того, це перетворення відбувається з втратами – ККД простеньких пристроїв становить 70-80 %, більш просунутих – до 93-94 %. Тому при ємності вбудованих акумуляторів 10000 mAh УМБ може віддавати струм 1 А (при ККД перетворювача, наприклад, 85 %) протягом $10 \cdot 0,85 \cdot 3,7 / 5 = 6,24$ год. Скільки разів ви зможете зарядити при цьому свій телефон, звичайно, залежить ще й від особливостей самого телефону – в ньому теж є свій перетворювач, тільки понижуючий, і тут вже за високим ККД майже ніхто з виробників не женеться.

Крім цього, є й інші фактори – саморозряд батареї, втрата ємності з часом і т.д. Так що при оцінці кількості потенційних циклів заряду ви можете сміливо ділити результат початкових підрахунків ще на 2,5-3 рази.

Зрозуміло, запасені в УМБ енергія повинна звідкись братися. Тому будь-яка мобільна батарея забезпечена ще і входом для зарядки. На сьогоднішній день найчастіше це теж USB-порт – кількість наявних на руках у користувачів USB-зарядок дозволяє виробникові, найчастіше, навіть не класти зарядку в комплект. У деяких моделях USB-кабель вбудований і забирається в ниші в корпусі.

Тут слід звертати увагу на номінальний зарядний струм – чим він менший, тим довше буде заряджатися УМБ. При ємності деяких пристроїв в десятки тисяч міліампер-годин це вже дуже відчутно. Звичайно, швидкість заряду залежить і від використовуваного блоку живлення – дуже бажано, щоб його номінальний струм був не нижче, ніж вимагає мобільна батарея.

Мобільні батареї часто оснащуються додатковими функціями, які роблять користування пристроєм більш комфортним. Впершу чергу це

індикатори заряду батареї, що дозволяють оцінити залишок збереженої енергії. У найпростіших УМБ це світлодіод, який змінює колір залежно від рівня заряду або починає блимати при низькому заряді. У більшості пристроїв середнього класу індикатор являє собою лінійку з 2-5 світлодіодів, наочно показує залишок заряду. І нарешті, в дорогих УМБ зустрічаються цифрові дисплеї, на які виводиться значення заряду у відсотках, а іноді і інші параметри (наприклад, час, що залишився до закінчення зарядки).

Корисною може виявитися і функція автоматичного вимкнення УМБ після закінчення зарядки підключеного до неї пристрою: багато гаджети при наявності зовнішнього живлення не використовують вбудований акумулятор і не економлять енергію, так що є шанс просто розтратити заряд мобільного батареї даремно.

Висновок:

Перший розділ торкнувся огляду сучасних схеми джерел електроживлення. Також дан короткий огляд різних типів пристроїв.

2 ВИБІР ТЕХНОЛОГІЇ

2.1 Акумулятори. Їх характеристики та різновиди

Електричний акумулятор – хімічне джерело струму, джерело ЕРС багаторазового дії, основна специфіка якого полягає в оборотності внутрішніх хімічних процесів, що забезпечує його багаторазове циклічне використання (через заряд-розряд) для накопичення енергії та автономного електроживлення різних електротехнічних пристроїв і обладнання, а також для забезпечення резервних джерел енергії в медицині, виробництві, транспорті та в інших сферах.

У міру вичерпання хімічної енергії напруга і струм падають, акумулятор перестає діяти. Зарядити акумулятор (АБ) можна від будь-якого джерела постійного струму з великою напругою при обмеженні струму. Найбільш поширеним вважається зарядний струм (в амперах), пропорційний $1/10$ умовної номінальної ємності акумулятора (в ампер годинах).

Середнє розрядна напруга акумуляторів знаходиться в широкому діапазоні від 1,25 V у нікель-кадмієвих акумуляторів до 3,5 V у літієвих акумуляторів. З підвищенням швидкості розряду ємність акумуляторів зменшується (рис. 2.1), причому в мінімальному ступені у Ni-Cd і Ni-MH акумуляторів. Ємність також знижується при зниженні температури. Найбільше зниження ємності при низьких температурах спостерігається у нікель-залізних акумуляторів і мінімальне зниження – у нікель-кадмієвих зі спеченими електродами і у свинцевих акумуляторів. Високу питому потужність можна отримати від нікель-кадмієвих акумуляторів, свинцевих (стартерних і герметичних), нікель-цинкових і срібно-цинкових акумуляторів. Невисоку питому потужність мають нікель-залізні акумулятори. Питома масова енергія мінімальна у свинцевих акумуляторів і максимальна у літієвих акумуляторів.

Найбільшу напрацювання мають нікель-водневі акумулятори, низьким ресурсом характеризуються срібно-цинкові і нікель-цинкові акумулятори. Слід зазначити, що в міру циклювання зменшуються ємність, напруга і відповідно питома енергія акумуляторів, причому швидкості зниження питомої енергії у різних акумуляторів істотно різняться. Найменшою мірою знижуються ємність і енергія при циклюванні Ni-Cd акумуляторів. Напрацювання залежить від багатьох причин і насамперед від глибини розряду. Найбільш висока швидкість саморозряду відзначається у нікель-водневих і нікель-залізних акумуляторів, найменша – у срібно-кадмієвих та срібно-цинкових акумуляторів. До найбільш дешевим належать свинцеві акумулятори, до найбільш дорогих – нікель-водневі, срібно-кадмієві і срібно-цинкові акумулятори.

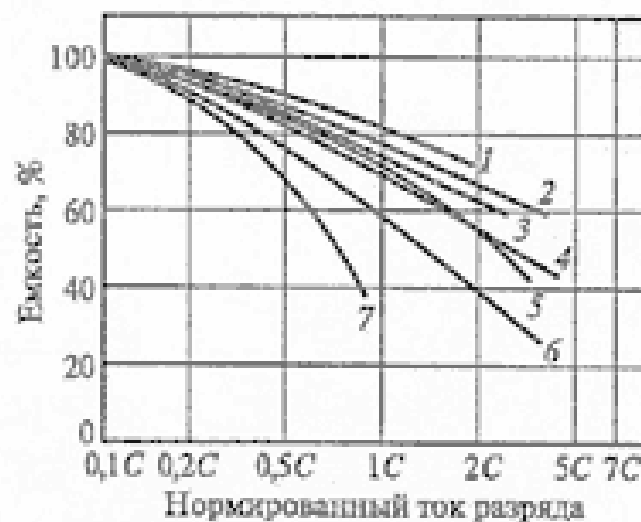


Рисунок 2.1 – Вплив струму розряду на ємність яка віддається акумулятором

Де 1 – нікель-кадмієві акумулятори зі спечених електродом і нікель-металгідридні акумулятори;

2 – срібно-цинкові акумулятори;

3 – нікель-кадмієві акумулятори з ламельним електродом;

- 4 – нікель-цинкові акумулятори;
- 5 – літієві акумулятори;
- 6 – свинцеві акумулятори;
- 7 – нікель-залізні акумулятори.

За ємність акумулятора найчастіше приймають кількість електрики рівне 1 С, при силі струму 1А протягом 1 сек, (при перекладі часу в годинник отримуємо 1 Ah = 3600 С). Однак приймають, а не вимірюють. Існує поширена помилка, що ємність акумулятора вимірюється в Ah, це не зовсім так, так як у $1\text{А} \cdot \text{сек} = 1\text{ С}$ або $1\text{ Ah} = 3600\text{ С}$ вимірюється кількість електрики або електричний заряд; за формулою:

$$Q = I \cdot t, \quad (2.1)$$

де Q – електричний заряд;

I – сила струму;

t – час протікання електричного струму.

Наприклад, позначення «12 V на 55 Ah» означає, що акумулятор видає кількість електрики 198 kC (кіло Кулон) за будь-яким контуру, при струмі розряду 55 А за 1 годину (3600 сек) до порогової напруги 10,8 V. Розрахунок показує, що при струмі розряду в 255 А акумулятор розрядиться за 12,9 хвилин. Як видно 55 Ah – це не ємність (електрична ємність вимірюється в Фарадах, $1\text{ F} = 1\text{C} / \text{V}$). Тому на акумуляторі написано кількість електрики Q , яке він видає при певному струмі розряду і певному часу його проходження.

Щільність енергії – кількість енергії на одиницю об'єму або одиницю ваги акумулятора.

2.1.1 Саморозряд

Саморозряд – це втрата акумулятором заряду після повної зарядки при відсутності навантаження. Саморозряд проявляється по-різному у різних типів акумуляторів, але завжди максимальний в перші години після заряду, а після – сповільнюється.

Для Ni-Cd акумуляторів вважають допустимим не більше 10 % Саморозряда за перші 24 години після проведення зарядки. Для Ni -МН саморозряд трохи менше. У Li-ion він дуже малий і значно себе проявляє тільки протягом декількох місяців.

У свинцево-кислотних герметичних акумуляторах саморозряд становить близько 40% За 1 рік зберігання при 20 °С, 15 % – при 5 °С. Якщо температури зберігання вищі, то саморозряд зростає: батареї при 40 °С втрачають ємності 40 % Всього за 4-5 місяців.

2.1.2 Ефект пам'яті

Ефект пам'яті акумулятора – зараз під ефектом пам'яті розуміється оборотна втрата, що має місце в деяких типах електричних акумуляторів при порушенні рекомендованого режиму зарядки, зокрема, при зарядці не повністю розрядився акумулятор. Назва пов'язана з зовнішнім проявом ефекту: акумулятор начебто «пам'ятає», що в попередні цикли роботи його ємність була використана повністю, і при розряді віддає струм тільки до «запомненої пісочниці».

Традиційно вважається, що, на відміну від Ni-Cd і Ni -МН акумуляторів, Li-Ion акумулятори повністю позбавлені ефекту пам'яті. За результатами досліджень вчених Інституту Пауля Шерера (Швейцарія) в 2013 році цей ефект був таки виявлений, але виявився нікчемний.

В даний час проглядаються два шляхи вирішення проблеми: внесення змін до алгоритми роботи системи управління батареями і розробка катодів зі збільшеною площею поверхні.

Причиною прояву ефекту пам'яті є збільшення кристалічних утворень активної речовини акумулятора і, як наслідок, зменшення площі активної поверхні його робочої речовини. Чим дрібніше кристалічні освіти активної речовини акумулятора, тим більше площа поверхні кристалічних утворень, а, отже, і максимальної кількості енергії, що запасається акумулятором, відповідно, при укрупненні кристалічних утворень в процесі експлуатації – площа їх поверхні зменшується, при цьому зменшується максимальний струм розряду і збільшується внутрішній опір елемента. Великі і гострі кристали також значно зменшують відстань між електродами, що призводить до більшого саморозряду елемента. Такі кристали можуть також проткнути сепаратор, що призведе до незворотного пошкодження елемента.

Уникнути ефекту пам'яті можна, якщо дотримуватися режиму використання акумулятора: доводити акумулятор до майже повної розрядки і тільки після цього його заряджати знову. Бажано теж не перевищувати рекомендовані заводом-виробником режими заряду і розряду.

До певної міри дія ефекту пам'яті зворотня: «тренування» акумулятора, тобто кілька циклів заряду до максимально можливої ємності і подальшого повного розряду може призводити до відновлення максимальної ємності до вихідного або близького до нього рівня. Дуже хороші результати показує метод заряду акумуляторів змінним асиметричним струмом.

Деякі сучасні зарядні пристрої мають функцію «дорозряда» акумуляторів перед зарядкою. При її активізації акумулятор перед зарядкою підключається до навантаження і розсіює на ній залишок заряду. Блок зарядки включається тільки після того, як буде зафіксовано різке падіння струму через навантаження, яке свідчить про повний розряд.

Типи акумуляторів, схильні до ефекту пам'яті:

- нікель-метал-гідридний (Ni -MH)
- нікель-кадмієвий (NiCd)
- сребряно-цинковий акумулятор
- літієво-іонний (Li-ion) Слід зазначити, що в цьому типі

акумуляторів мова йде виключно про принципову наявності ефекту, ніж чим про скільки-небудь помітний вплив його на роботу акумулятора.

2.1.2 Типи акумуляторів, критерії вибору та експлуатація

Багато типів акумуляторів мають різні обмеження, які необхідно враховувати при зарядці і подальшій експлуатації, наприклад NiMH акумулятор чутливі до перезаряду, літієві – до перерозряду, напрузі і температурі. NiCd і NiMH акумулятор мають так званий ефект пам'яті, що полягає в зниженні ємності в разі, коли зарядка здійснюється при повному обсязі розрядженому акумуляторі. Також ці типи акумуляторів мають помітним саморазрядом, тобто вони поступово втрачають заряд, не будучи підключеними до навантаження.

У більшості випадків можливість систематичного використання акумуляторів є тільки в портативних пристроях радіозв'язку та іншої цифрової техніки, де використовуються літієво-іонні акумулятори і система контролю заряду-розряду вбудована в пристрій. У бюджетному сегменті «прості» нікель-метал-гідридні і нікель-кадмієві акумулятори використовуються в якості бюджетної заміни лужних елементів живлення. Як джерело струму для бюджетного акумуляторного електроінструменту використовуються нікель-кадмієві акумулятори. Якщо в першому випадку зазвичай є можливість вибрати між бюджетним пристроєм «стандартного» заряду і зарядним пристроєм з контролем заряду (крапельний заряд, імпульсний заряд, прискорений заряд з контролем напруги і т.д.), то в другому випадку вибір

комплектуються, як правило, з трансформаторним джерелом живлення для зарядки постійним струмом, що при недотриманні технічних умов експлуатації акумулятора знижує термін його служби.

Розглянемо детальний опис деяких видів акумуляторів.

1. Свинцеві акумулятори (Pb). Реагентами в свинцевих акумуляторах служать діоксид свинцю (PbO_2) і свинець (Pb), електролітом – розчин сірчаної кислоти. Вони також називаються свинцево-кислотними акумуляторами. Їх поділяють на чотири основні групи; стартерні, стаціонарні, тягові та портативні (герметизовані). Найбільш поширені з свинцевих акумуляторів – стартерні акумулятори, призначені для запуску двигунів внутрішнього згорання і енергозабезпечення пристроїв машин. В останні роки в основному використовуються акумулятори, які не потребують догляду. До недоліків відносять невисокі питому енергію і напрацювання, погану збереженість заряду, виділення водню.

Недоліками кислотних акумуляторів є неможливість зберігання в розрядженому стані та труднощі виготовлення акумуляторів малих розмірів.

2. Нікель-кадмієві акумулятори (Ni-Cd). Зроки служби становить від 100 до 900 циклів заряду-розряду. Реагентами в нікель-кадмієвих акумуляторах служать гідроксид нікелю і кадмій, електролітом – розчин КОН, тому вони іменуються лужними акумуляторами. Існують три основні види нікель-кадмієвих акумуляторів: негерметичні з Ламельні (ламельні акумулятори) і спеченими електродами (безламельні акумулятори) і герметичні. Найбільш дешеві ламельні нікель-кадмієві акумулятори характеризуються плоскою розрядної кривої, високими ресурсом і міцністю, але не низькою питомою енергією. Питома енергія, швидкість розряду Ni-Cd акумуляторів зі спеченими електродами вище, вони працездатні при низьких температурах, але дорожче, характеризуються ефектом пам'яті і здатність до теплового розгону.

Застосовуються нікель-кадмієві акумулятори для живлення шахтних електровозів, підйомників, стаціонарного обладнання, засобів зв'язку та електронних приладів, для запуску дизелів і авіаційних двигунів і т.п.

Герметичні Ni-Cd акумулятори характеризуються горизонтальною розрядної кривої, високими швидкостями розряду і здатністю діяти при низьких температурах, але вони дорожче герметизованих свинцевих акумуляторів і характеризуються ефектом пам'яті. Застосовувалися для живлення портативної апаратури (стільникових телефонів, магнітофонів, комп'ютерів і т.д.), побутових приладів, іграшок і т.д. Недоліком нікель-кадмієвих акумуляторів є застосування токсичного кадмію.

3. Нікель-залізні акумулятори. Замість кадмію в цих акумуляторах використовується залізо. Через виділення водню з самого початку заряду акумулятори виробляють тільки в негерметичному варіанті. Вони дешевше нікель-кадмієвих акумуляторів, не містять токсичний кадмій, мають довгий термін служби і високу механічну міцність. Однак вони характеризуються високим саморазрядом, низькою віддачею по енергії, практично непрацездатні при температурі нижче $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Випускаються в призматичному вигляді і використовуються в основному як тягові джерела струму в шахтних електровозах, електрокарах і промислових підйомниках.

4. Нікель-цинкові акумулятори. Це лужні акумулятори, у яких негативний електрод – цинковий. Питома енергія нікель-цинкових акумуляторів приблизно в 2 рази вище питомої енергії Ni-Cd акумуляторів. Вони характеризуються горизонтальною розрядної кривої, високою питомою потужністю і відносно невисокою початковою ціною, проте ресурс їх малий, тому масового застосування не мають. Застосовуються для живлення портативної апаратури

5. Срібно-цинкові і срібно-кадмієві акумулятори. Активними матеріалами служать оксид срібла на позитивному і цинк або кадмій – на

негативному електродах відповідно, електролітом є розчин лугу. Характеризуються високими питомими енергіями і потужністю, низьким саморазрядом, але досить дорогі. Срібно-цинкові акумулятори мають незначний ресурс. Випускаються в призматической і дискової формах, застосовуються для живлення портативних приладів і апаратів, у військовій техніці.

6. Нікель-водневі акумулятори. Негативним електродом служить пористий газодифузійний електрод з платиновим каталізатором, на якому оборотно реагує газоподібний водень. Характеризуються високою питомою енергією і дуже високим ресурсом, але значним саморазрядом і дуже дорогі. Застосовувалися в космічній техніці.

7. Літієво-іонні акумулятори (Li-ion). В якості негативного електрода застосовується вуглецевий матеріал, в який можна зупинити впроваджуються іони літію. Активним матеріалом позитивного електрода зазвичай служить оксид кобальту, в який також можна зупинити впроваджуються іони літію. Електролітом є розчин солі літію в неводномуапротонному розчиннику. Акумулятори мають високу питому енергію, високий ресурс і здатні працювати при низьких температурах. Завдяки високій питомій енергії їх виробництво в останні роки різко збільшилася. Випускаються в циліндричної і призматичної формах. Вони застосовуються в стільникових телефонах, ноутбуках і інших портативних пристроях.

8. Літій-полімерні акумулятори(Li-pol). Власне, принципівих відмінностей в зазначених технологіях немає, проте при майже такій же щільності енергії, що у літій-іонних акумуляторів, літій-полімерні батареї можуть виготовлятися в різних пластичних геометричних формах (рис. 2.2), що особливо актуально для мініатюрних пристроїв. Нетрадиційні для звичайних акумуляторів форми літій-полімерних батарей дозволяють заповнювати весь вільний простір усередині портативного пристрою і не вимагають спеціального відсіку, як раніше. Таким чином, при застосуванні літій-полімерної батареї тієї

ж питомої ємності, що у традиційній циліндричній батареї, за рахунок вибору оптимальної форми і заповнення всіх невикористовуваних обсягів можна, не змінюючи форми самого портативного пристрою, зберігати на 20-30% більше енергії.



Рисунок 2.2 – Літій-полімерні акумулятори в корпусі з полімерної плівки різної форми без контролерів

Звичайні побутові літій-полімерні акумулятори не здатні віддавати великий струм, але існують спеціальні силові літій-полімерні акумулятори, здатні віддавати струм, в 10 і навіть 130 разів перевищує чисельне значення ємності в ампер-годинах. Вони широко застосовуються як акумулятори для радіокерованих моделей, а також в портативному електроінструменті і в деяких сучасних електромобілях.

Для проєкту було обрано само літієві-іонні акумулятори.

2.2 Обґрунтування вибору АБ

Технології безперервно розвиваються, і на зміну традиційно використовуваним нікель-кадмієвих та нікель-металгідридних батарей прийшли літій-іонні. При приблизно однаковій ваги одного елемента вони мають ємність

більшу, ніж розглянуті вище акумулятори (перевершуючи NiCd в 4-5, а NiMH в 3-4 рази), і дають більш високу напругу на одному елементі. Наприклад, напруга елемента найбільш поширених споживчих форматів у літій-іонних акумуляторів становить 3,6 V, що в три рази більше, ніж у NiCd та NiMH елементів. Отже, там, де колись були потрібні батареї з двох або трьох елементів, тепер можна використовувати тільки один. Що стосується кількості робочих циклів, то за цим параметром літєві елементи знаходяться між NiCd та NiMH акумуляторами. Однак технологія виготовлення Li-Ion-пристроїв швидко вдосконалюється, а разом з цим збільшується і термін служби батарей.

Літій-іонний акумулятор (Li-ion) – тип електричного акумулятора, який широко поширений в сучасній побутовій електронній техніці і знаходить своє застосування в якості джерела енергії в електромобілях і накопичувачах енергії в енергетичних системах. Це найпопулярніший тип акумуляторів в таких пристроях як стільникові телефони, ноутбуки, цифрові фотоапарати, відеокамери і електромобілі.

В літєвих батареях в якості анода використовується металевий літій – один з хімічно активних металів, найлегший, з найбільшим електрохімічним потенціалом, що забезпечує найвищу щільність енергії. Завдяки цьому теоретична питома ємність у акумуляторних батареях на основі літію максимальна, а джерела струму на основі літію володіють високими розрядними напругами. Однак хімічна активність літію дуже ускладнює технологічні процеси виготовлення і пред'являє жорсткі вимоги до герметичності джерела струму, що в кінцевому рахунку позначається на собівартості акумуляторних батарей.

2.2.1 Характеристики

Характеристики літій-іонних акумуляторів залежать від хімічного складу складових компонентів і варіюються в наступних межах:

- напруга одиничного елемента;
- номінальне: 3,7 V (у акумуляторів на максимальне напруження 4,35 V номінальну напругу одно 3,8 V) (при розряді до середини ємності струмом, по величині дорівнює п'ятій частині ємності акумулятора);
- максимальне: 4,2 V або 4,4 V (в акумуляторів на 4,35 V);
- мінімальне: 2,5-2,75-3,0 V (в залежності від ємності і максимальної напруги);
- питома енергоємність: 110 ... 243 W·год / кг;
- внутрішній опір: 5 ... 15 Ω / Ah;
- число циклів заряд / розряд до досягнення 80 % ємності: 600;
- час швидкого заряду: 15 хв, ... 1 годину;
- саморозряд залежить від температури зберігання і ступеня заряду.

При температурі 25 °C і заряді 100 % $\approx$ 1,6 % в місяць;

- струм навантаження щодо ємності C представлений в Ah:
- постійний: до 65 C;
- імпульсний: до 500 C;
- оптимальний: до 1 C;
- діапазон робочих температур : від -20 °C до +60 °C (найбільш оптимальна +20 °C).

Через перевищення напруги при зарядці акумулятор може загорітися, тому в корпус акумуляторів вбудовують контролер заряду акумуляторів, який захищає акумулятор від перевищення напруги заряду. Для прикладу наведений рисунок 2.2 циліндричного літій-іонного акумулятора конструкційно припаяний

до негативного контакту акумулятора і зворотного фольгованої стороною виконує його функції. На знімку частково демонтований і від'єднаний від провідника йде до позитивного контакту акумулятора. Також цей контролер може опціонально контролювати температуру акумулятора, відключаючи його при перегріванні, обмежувати глибину розряду і струм споживання.



Рисунок 2.3 – Контролер заряду (плата захисту)

Літієві акумулятори мають спеціальні вимоги при підключенні декількох «банок» послідовно. Зарядні пристрої для декількох акумуляторів забезпечуються схемою балансування осередків. Сенс балансування в тому, що електричні властивості банок можуть трохи відрізнятися, і якась банку досягне повного заряду раніше інших. При цьому необхідно припинити заряд цієї банки, продовжуючи заряджати інші. Цю функцію виконує спеціальний вузол балансування акумулятора (рис. 2.4), він шунтує заряджену банку так, щоб струм заряду йшов повз неї.

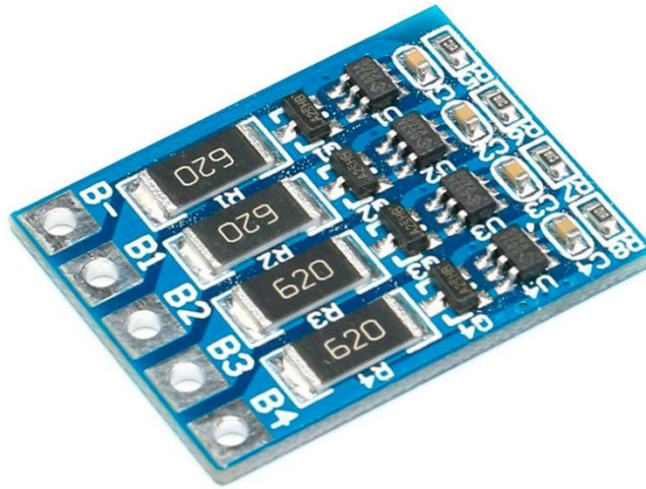


Рисунок 2.4 – Схемою балансування осередків BPS 4S

Слід мати на увазі, що стандартні елементи забезпечують більш високу ємність при середніх токах і висока напруга розряду в широкому діапазоні робочих температур, а елементи підвищеної ємності гарантують більш тривалий термін служби при малих токах.

2.2.2 Вимоги до режимів заряду/розряду

Глибокий розряд повністю виводить з ладу літій-іонний акумулятор. Також на життєвий цикл акумуляторів впливає глибина його розряду перед черговою зарядкою і зарядка струмами вище встановлених виробником. Вкрай чутливі вони і до напруги зарядки. Якщо його підвищити всього на 4 %, то акумулятори будуть удвічі швидше втрачати ємність від циклу до циклу. Струм зарядки залежить від різниці напруг між акумулятором і зарядним пристроєм і від опору як самого акумулятора, так і підводяться до нього проводів. Тому збільшення напруги зарядки на 4 % може призводити до збільшення струму зарядки в 10 разів. Це негативно позначається на акумуляторі. Він може

перегріватися та деградувати. Літієві акумулятори старіють, навіть якщо не використовуються.

Оптимальні умови зберігання (табл. 2.1) Li-ion акумулятор досягаються при 40% заряді від ємності акумулятора і температурі 0 ... 10 °C:

Таблиця 2.1 – Умови зберігання акумулятора для захисту ємності

Температура, °C	С 40 % зарядом, % за год	Со 100 % зарядом, % за год
0	2	6
25	4	20
40	15	35
60	25	40 за три місяця

Зниження ємності при низьких температурах

Як і в інших типах акумуляторів, розрядка в умовах низьких температур призводить до зниження віддається енергії, особливо при температурах нижче 0 °C. Так, зниження запасу віддається енергії при зниженні температури від + 20 °C до +4 °C призводить до зменшення віддається енергії на ~ 5-7 %, подальше зниження температури розрядки нижче 0 °C призводить до втрати віддається енергії на десятки відсотків і може призводити до передчасного вичерпання ресурсу. Хімія літій-іонних акумуляторів більш чутлива до температур заряджання, і воно оптимально при температурах ~ + 20 °C, а при температурах нижче +5 °C не рекомендоване.

На рисунках 2.5, 2.6 представляються розрядні характеристики літій-іонного акумулятора при різних токах і при різних температурах навколишнього середовища.

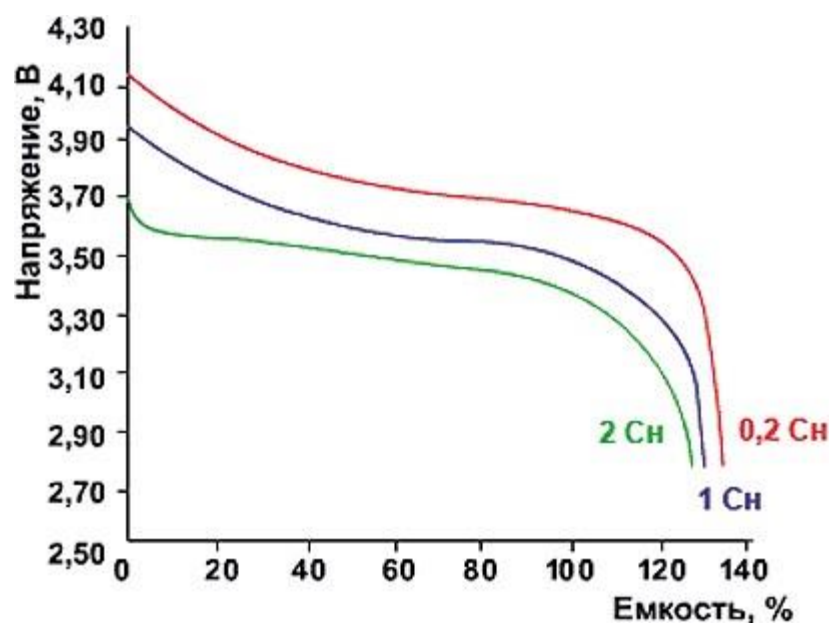


Рисунок 2.5 – Характеристики літій-іонного акумулятора при різних ток

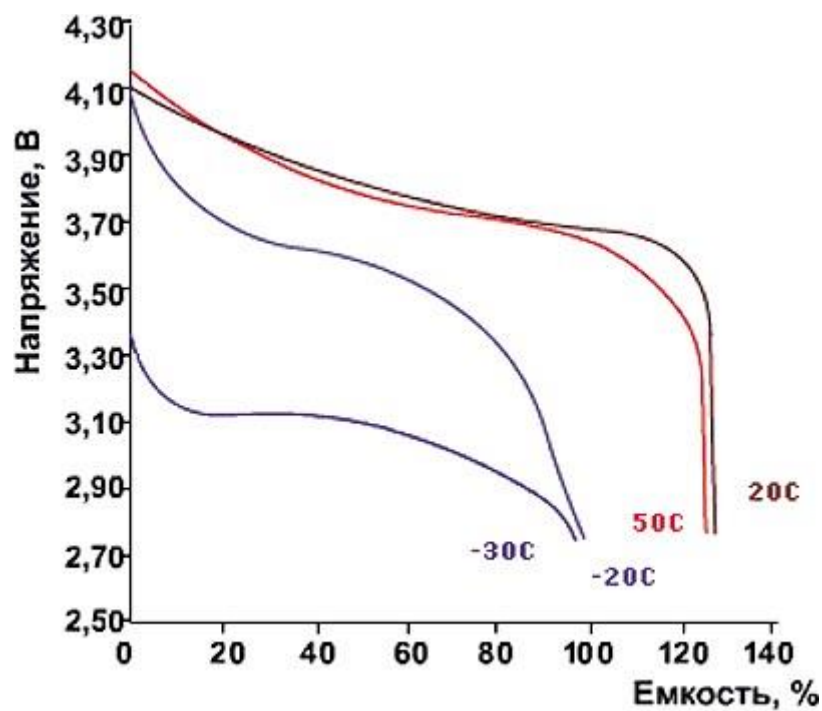


Рисунок 2.6 – характеристики літій-іонного акумулятора при різних температурах навколишнього середовища.

З переваг сучасних Li-Ion-акумуляторів в порівнянні з іншими технологіями можна відзначити наступні:

- найвищий рівень питомої ємності і щільності розрядного струму;
- мінімальний саморозряд (для деяких типів літій-іонних батарей при 20 °C - не більше 3 % за рік);
- тривалий термін служби (до 10 років);
- велика кількість циклів зарядки-розрядки (гарантується понад 1000 циклів);
- працездатність в широкому діапазоні температур;
- високе збереження запасеної енергії і постійна готовність до роботи.

Однак Li-Ion-технології як і раніше вимагають дотримання техніки безпеки, тому кожен пакет акумуляторів повинен бути обладнаний електричною схемою управління, щоб обмежити пікові напруги кожного елемента під час зарядки, а також запобігти зниженню напруги елемента при розрядці нижче допустимого рівня для довговічної роботи батарей . Крім того, слід обмежити максимальний струм зарядки і розрядки і контролювати температуру елемента. Для успішного вирішення цих завдань доцільно попередньо досліджувати поведінку акумуляторної батареї використовуючи математичну модель.

Висновок:

У другому розділі було проаналізовано сучасний стан ринку акумуляторів батарей. Дан короткий огляд різних типів акумуляторів. Більш докладно відображені характеристики Li-Ion-технології, як відібраної для проєкту.

3 МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ЛИТІЄВО-ІОННОГО АКУМУЛЯТОРА

3.1 Еквівалентна електрична схема акумулятора

Подібно до того, як при розрахунку і аналіз електричних ланцюгів джерело електричної енергії замінюють розрахунковим еквівалентом, доцільно і хімічне джерело струму представити у вигляді еквівалентної електричної схеми заміщення.

Еквівалентна електрична схема (ЕЕС) акумулятора отримана на основі вивчення характеристики розрядних і зарядних акумуляторів. В даний час є різні ЕЕС, які відомі та котрі розрізняють на 3 типи(рис. 3.1, рис. 3.2, рис. 3.3).

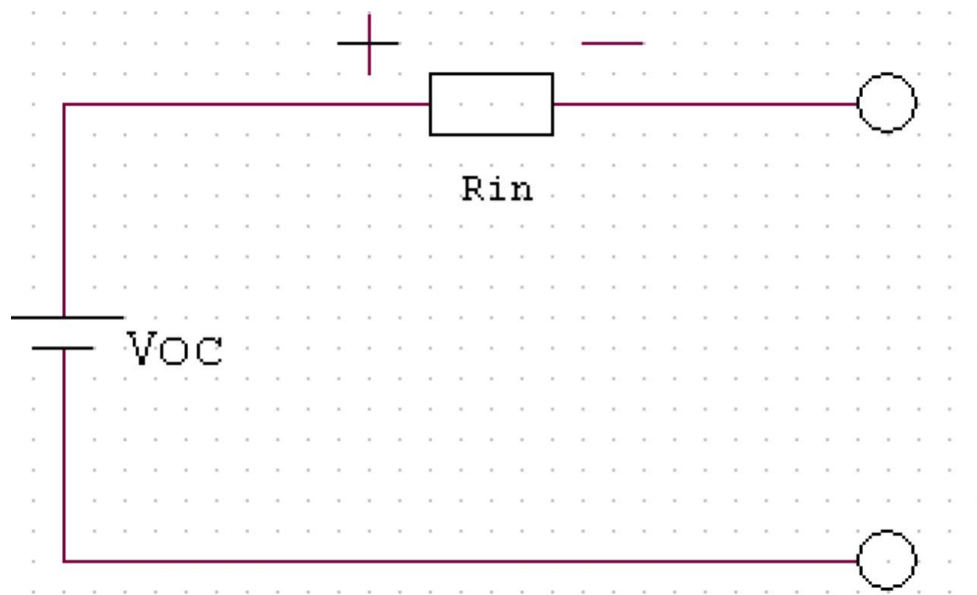


Рисунок 3.1 – Еквівалентна електрична схема акумулятора у вигляді R_{in}

Видно що в еквівалентній схемі (рис. 3.1) R_{in} включає тільки два елемента – ідеальне джерело V_{oc} і резистор R_{in} . Вона не враховує вплив внутрішньої і поточної температури, також не враховує хімічні реакції в акумуляторі, яка може збільшувати похибку. Тому ми звертаємо увагу до

моделі Тевеніна (Thevenin). У неї влючається резистор R і конденсатор C , які підключені паралельно щоб описати перенапруження акумулятора. (рис. 3.2).

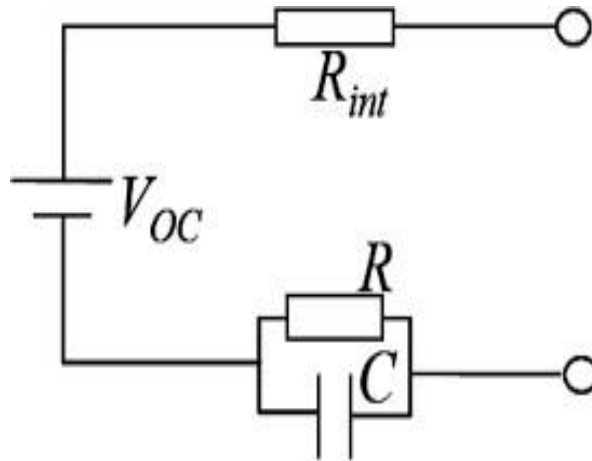


Рисунок 3.2 – Еквівалентна електрична схема акумулятора у вигляді Thevenin

Ця еквівалентна електрична схема (рисунок 3.2) акумулятора включається одну RC ланцюг, яким називається PNGV (партнерство нового покоління транспортних засобів) зараз дуже популярно приймають спостерігати за нею в лабораторії. Вона вважається вплив температури і баланс між акумуляторів.

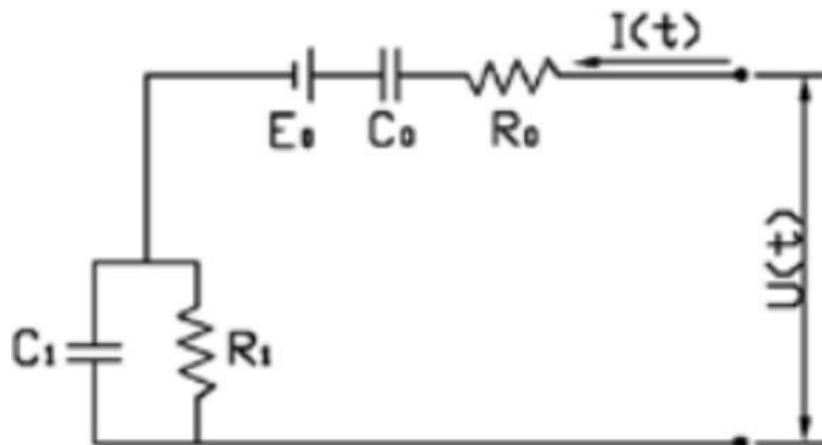


Рисунок 3.3 – Еквівалентна електрична схема акумулятора у вигляді PNGV

Вона описує внутрішній опір з R_0 , зміни електрорушійної сили з C_0 , поляризації батареї R_1 , C_1 . Модель має ясний фізичний зміст і більш високу точність. Вона має застосовність у багатьох робочих умовах. Рівняння стану просту також може бути отримана для аналізу.

3.2 Математична модель літіє-іонної АБ

3.2.1 Структурна схема акумулятора

На рисунку 3.4 представлена структурна схема акумулятора, яка допомагає створити і зрозуміти її математичну модель. Схема включає джерело управління напруги, внутрішній резистор (який представляє собою не більше 1Ω), ключ (який керується зарядом і розрядом при умові 1 і 0), фільтр втрати струму першого порядку, блок заряду і блок розряду, блок експоненційної динаміки зони.

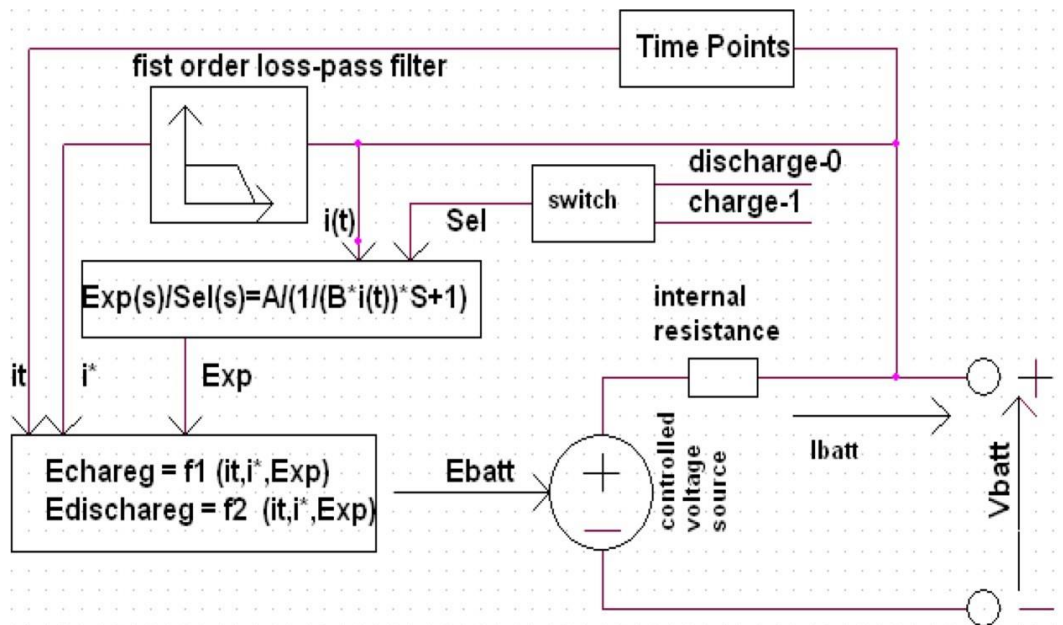


Рисунок 3.4 – Структурна схема акумулятора

Для того щоб моделювати її (рис. 3.4) необхідно дізнатися математичну модель літієво-іонних акумуляторів.

3.2.2 Математична модель акумулятора

У такий вираз показана математична модель літієво-іонного акумулятора без впливу температури.

а) Математична модель АБ при розряді ($i^* < 0$)

$$f_1(it, i^*, i, Exp) = E_0 - K \cdot \frac{Q}{Q-it} \cdot i^* - K \cdot \frac{Q}{Q-it} \cdot it + A \cdot \exp(-B \cdot it) \quad (3.1)$$

б) Математична модель АБ при заряді ($i^* > 0$)

$$f_1(it, i^*, i, Exp) = E_0 - K \cdot \frac{Q}{it+0.1 \cdot Q} \cdot i^* - K \cdot \frac{Q}{Q-it} \cdot it + A \cdot \exp(-B \cdot it) \quad (3.2)$$

Елементи математичних моделей представляють собою наступні значення:

- E_{batt} – Нелінійная напруга (V)
- E_0 – Постійна напруга (V)
- $Exp(s)$ – Експоненціальна динаміка зони (V)
- $Sel(s)$ – Представляє режим батареї. $Sel(s) = 0$ при розряді батареї, $Sel(s) = 1$ під час зарядки акумулятора.
- K – постійна поляризація (A-1) або поляризаційного опору (Ом)
- i^* – поточний струм низької частоти (A)
- i – струм батареї
- it – вийнята ємність (Ah)

- Q – максимальна ємність батареї
- A – Експоненціальное напруга (В)
- B – Експоненціальное ємність (Ah-1)

Якщо ми знаємо температуру, тоді форма математичної моделі літєво-іонних акумулятора зміниться.

1) Математична модель АБ при розряді ($i^* > 0$)

$$\begin{aligned}
 & f1(it, i^*, i, T, Ta) \\
 & = E_0(T) - K(T) \cdot \frac{Q(Ta)}{Q(Ta) - it} \cdot (i^* + it) + A \cdot \exp(-B \cdot it) - C \cdot it \\
 & V_{batt} = f1(it, i^*, i, T, Ta) - R(T) \cdot i
 \end{aligned} \tag{3.3}$$

2) Математична модель АБ при заряді ($i^* < 0$)

$$\begin{aligned}
 & f1(it, i^*, i, T, Ta) \\
 & = E_0(T) - K(T) \cdot \frac{Q(Ta)}{0.1 \cdot Q(Ta) + it} \cdot i^* - K(T) \cdot \frac{Q(Ta)}{Q(Ta) - it} \cdot it \\
 & + A \cdot \exp(-B \cdot it) - C \cdot it
 \end{aligned} \tag{3.4}$$

$$V_{batt} = f1(it, i^*, i, T, Ta) - R(T) \cdot i \tag{3.5}$$

де

$$E_0(T) = E_0|_{T_{ref}} + \frac{\partial E}{\partial T} (T - T_{ref}) \tag{3.6}$$

$$K(T) = K|_{T_{ref}} \cdot \exp(\alpha(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_{ref}})) \quad (3.7)$$

$$Q(Ta) = Q|_{Ta} + \frac{\Delta Q}{\Delta T} (Ta - T_{ref}) \quad (3.8)$$

$$R(T) = R|_{T_{ref}} \cdot \exp(\beta(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_{ref}})) \quad (3.9)$$

Елементи математичних моделей представляють собою наступні значення:

- T_{ref} – Номінальна температура навколишнього середовища (C)
- T – Внутрішня температура або осередка (C)
- Ta – температура навколишнього середовища (C)
- E/T – температурний коефіцієнт Реверсивний напруга (В / C)
- константа α – Арреніуса швидкості поляризаційного опору
- константа β – Арреніуса швидкості внутрішнього опору
- $\Delta Q / \Delta T$ – температурний коефіцієнт максимальної ємності (Ah / C)
- C – номінальний нахил кривої розряду (V / A). Для літій-іонних батарей з менш вираженими кривими розряду (таких як літій фосфат-заліза), цей параметр встановлюється рівним нулю.

Внутрішня температура (T) в будь-який момент часу (t) виражається у вигляді:

$$T(t) = L^{-1}(\frac{P_{loss}R_{th}+Ta}{1+s \cdot t_c}) \quad (3.10)$$

де R_{th} – тепловий опір осередків навколишнього середовища (°C / W) постійний;

t_c – Тепловий час, осередків до температури навколишнього середовища.

$$P_{loss} = (E_0(T) - V_{batt}(T)) \cdot i + \frac{\partial E}{\partial T} \cdot i \cdot T \quad (3.11)$$

де P_{loss} – загальне тепло, що виділяється (W) під час зарядки / розрядки процесу і задається.

3.3 Імітаційна електроенергетична модель літій-іонної АБ

Розроблено імітаційну енергетичну модель літій-іонного акумулятора. Методика моделювання та дослідження енергетичних процесів використовує інформаційну систему підтримки автоматизованного проектування і MATLAB.

При проектуванні автономних СЕП необхідно мати енергетичні моделі окремих елементів таких систем з метою визначення параметрів цих елементів. Найкращим чином це здійснюється з використанням імітаційного моделювання. Нами була зроблена спроба створення моделі СЕП в середовищі MatLab 7.9 (Simulink). Існуюча в пакеті MatLab модель АБ має суттєві недоліки, тому що не враховує:

- вплив температури на вихідну напругу;
- саморозряд АБ;
- деградаційні зміни АБ, пов'язані з часом;
- тепловиділення АБ.

Відповідно, поставлена задача доопрацювати зазначену модель і протестувати її з метою визначення працездатності моделі.

На рисунку 3.5 представлена модель літій-іонної акумуляторної батареї, створена в пакеті Simulink. Користувач може змінювати такі параметри, як максимальна ємність АБ, номінальна робоча напруга і температура навколишнього середовища. На рисунку 3.6 представлені налаштування параметрів акумуляторної батареї.

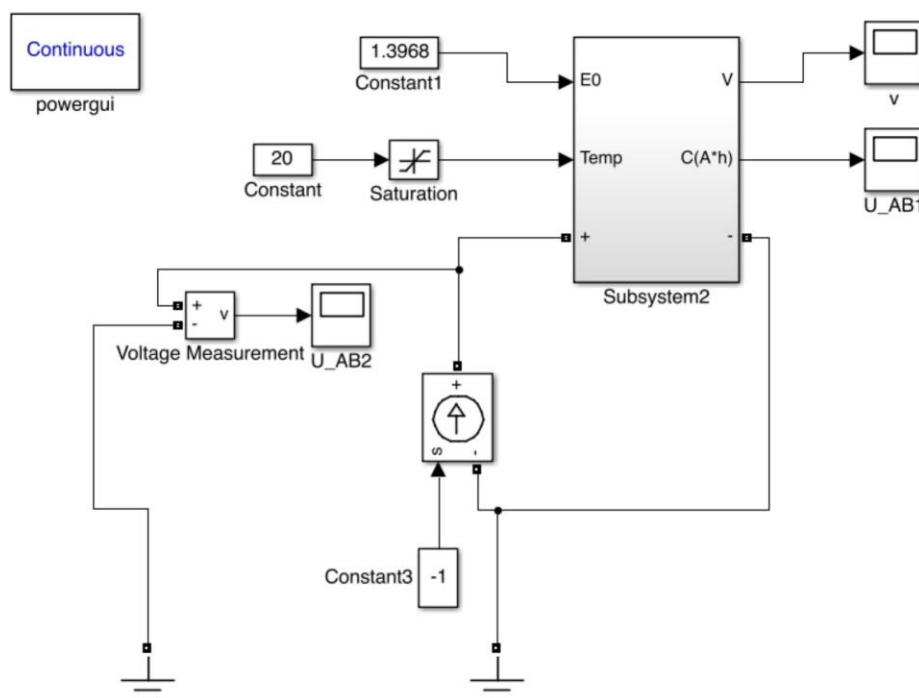


Рисунок 3.5 – Модель акумуляторної батареї

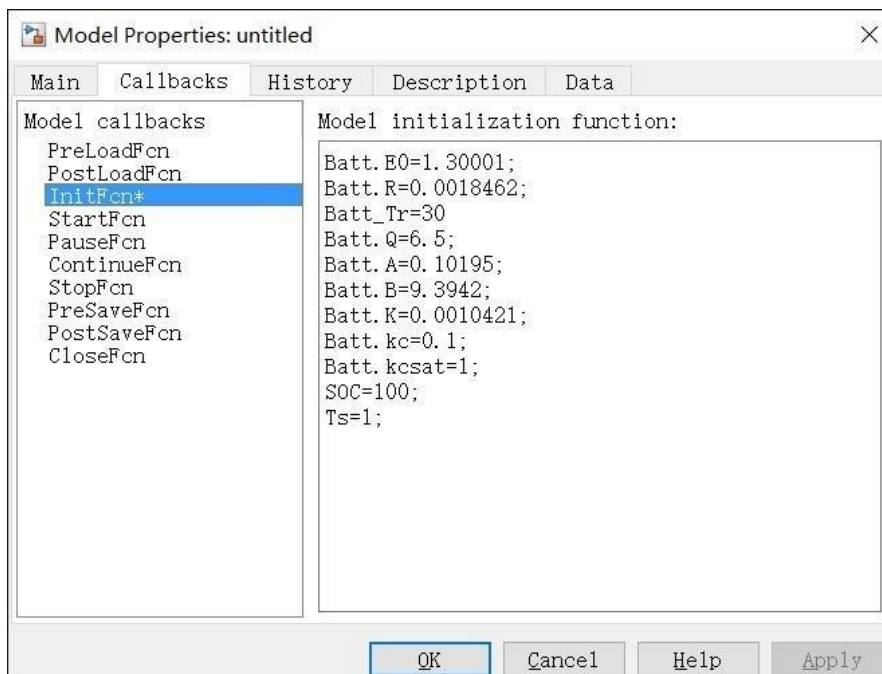


Рисунок 3.6 – Налаштування параметрів АБ

На рисунку 3.7 представлена ієрархічна структура блоку Lithium-Ion battery. Внесені в модель зміни відображені червоним кольором.

Блоки From9 та f(u)1 відповідають за залежність вихідної напруги від зовнішньої температури; блоки From10, From11 і f(u)2 контролюють залежність ємності АБ від зовнішньої температури і часу; блоки I_SR та I_S враховують саморазряд АБ, блок T розраховує температуру самої АБ.

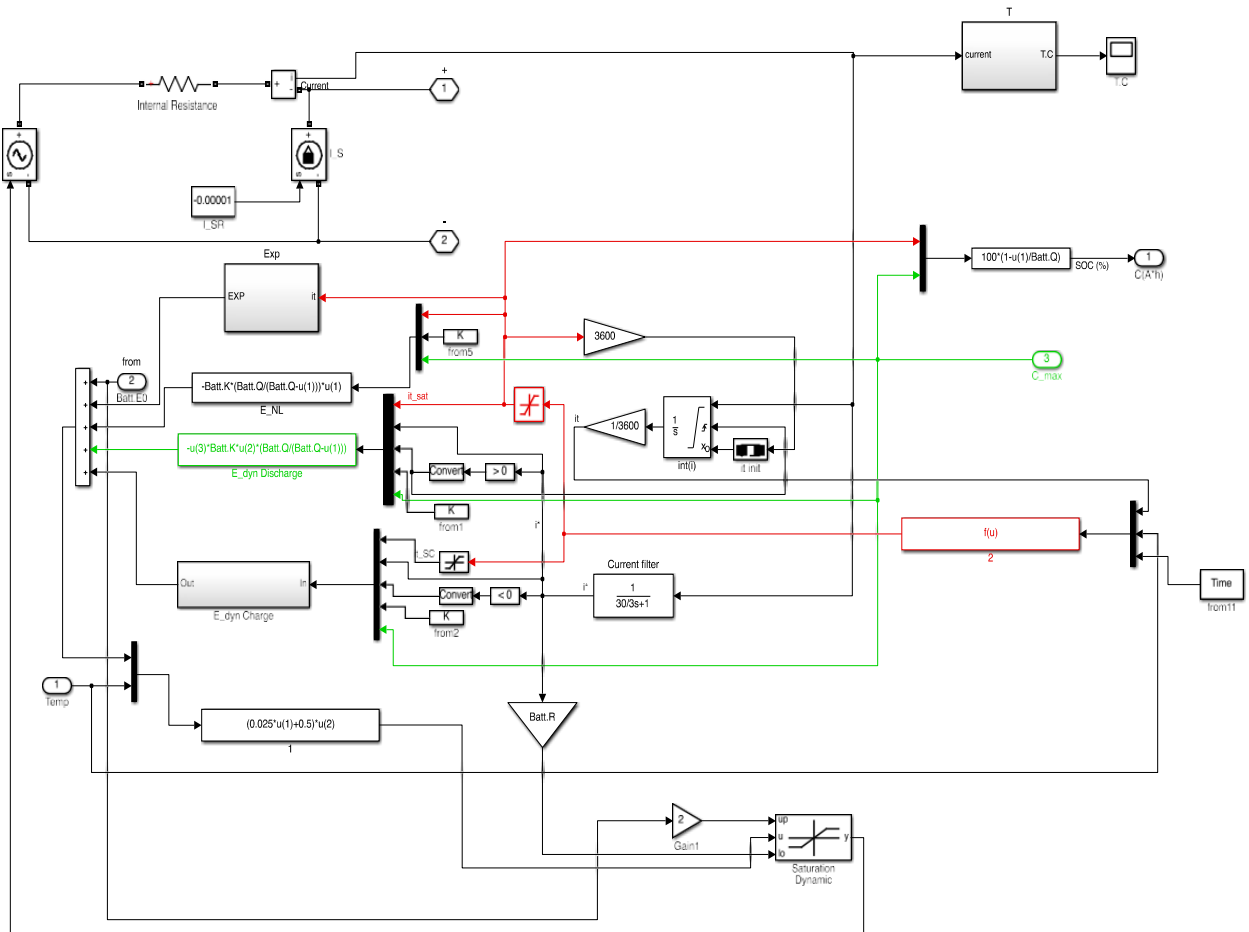


Рисунок 3.7 – Структура ієрархічного блоку Lithium-Ion battery

На рисунку 3.8 представлені математичні формули, за якими визначаються залежності

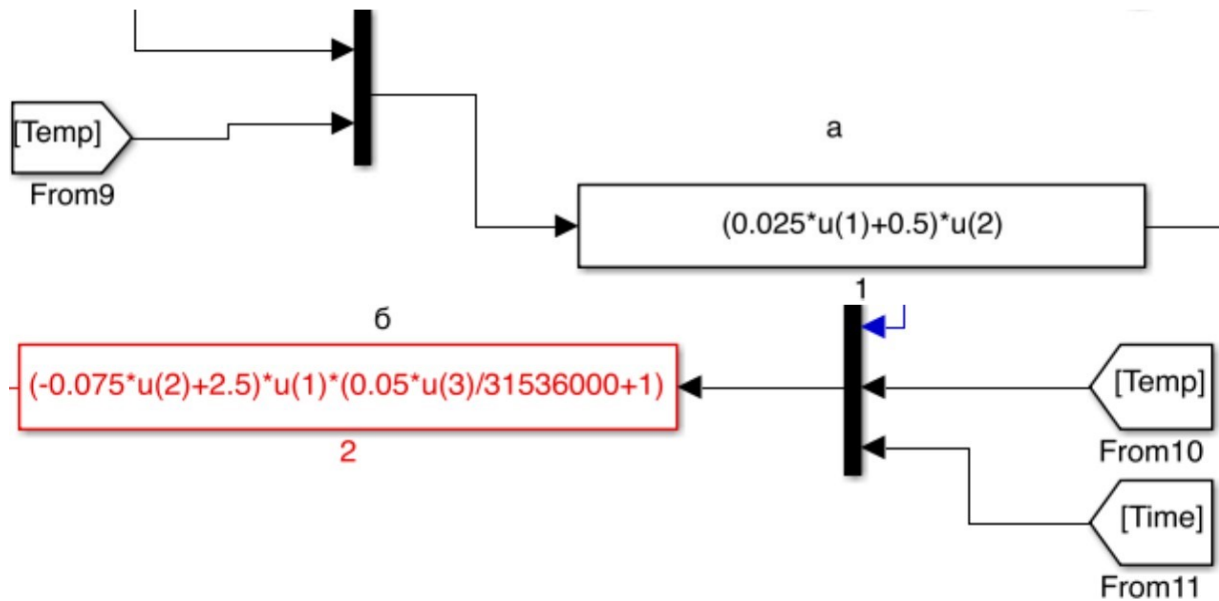


Рисунок 3.8 – Формули, що задають залежності напруги й ємності від температури і часу

де а – формула, що задає залежність $U=f(T)$
 б – формула, що задає залежність $C=f(T, time)$

Формули були отримані апроксимацією експериментальних розрядних кривих, представлених на рисунку 3.9.

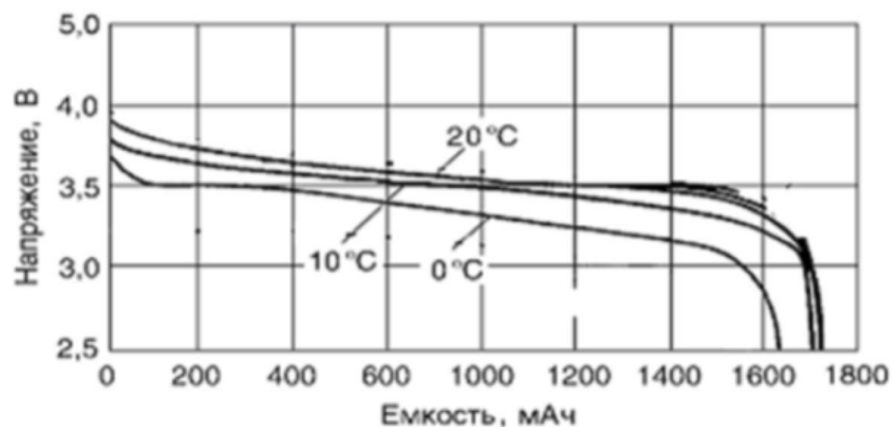


Рисунок 3.9 – Розрядні характеристики літій-іонної АБ, зняті при різних температурах

На рисунку 3.10 представлена розрядна характеристика напруги однієї АБ, знята при номінальній температурі 25 °С і струмі розряду 0.5 А.

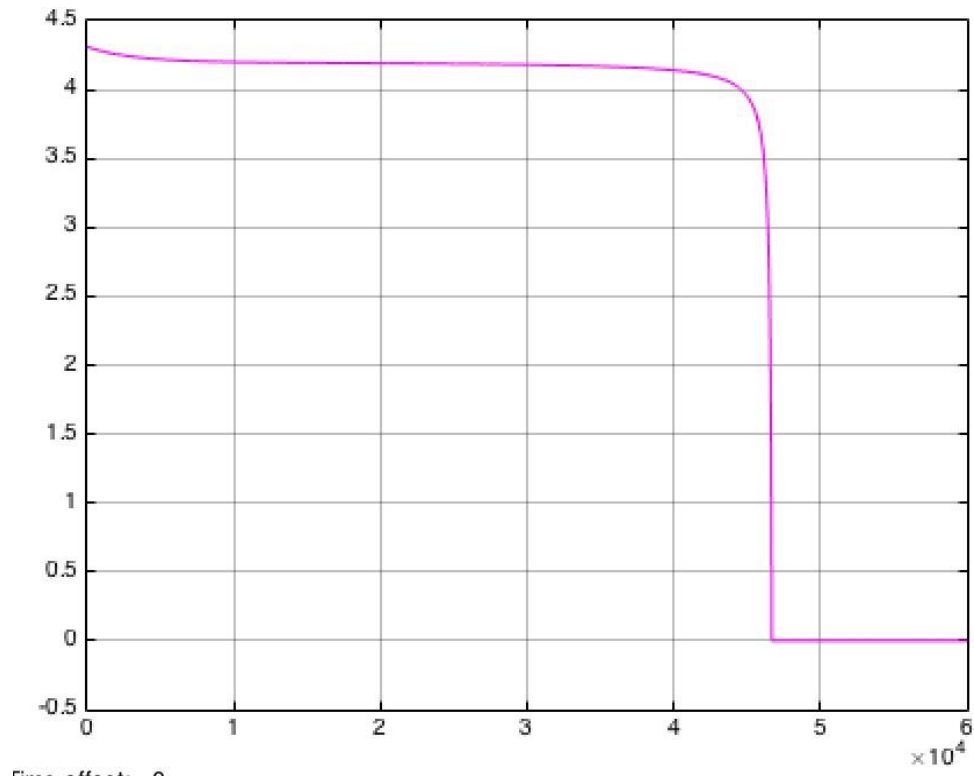
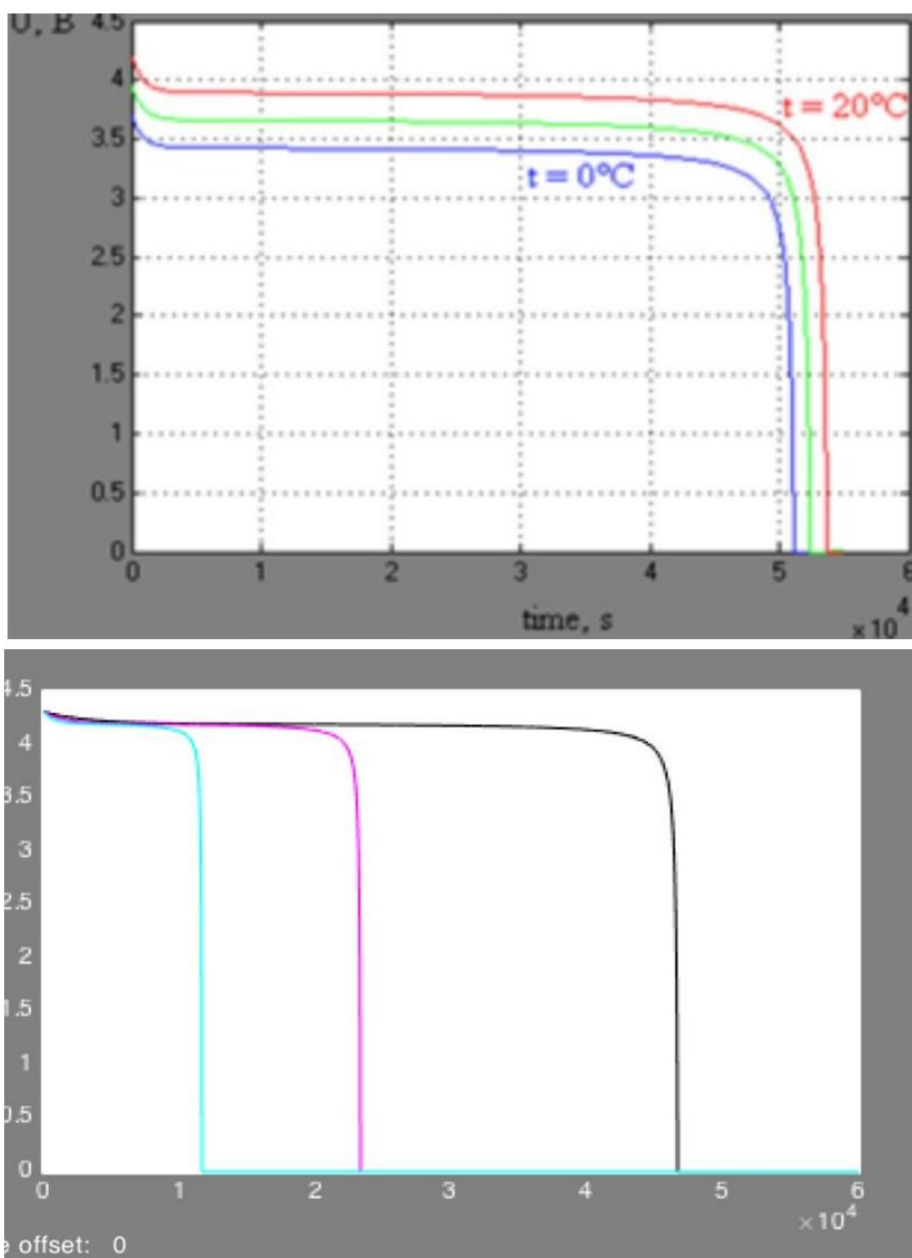


Рисунок 3.10 – Разрядная характеристика літій-іонної АБ

Як видно з графіків, при зниженні температури, знижуються максимальна напруга і ємність АБ; при збільшенні струму розряду АБ батарея розряджається швидше; максимальна напруга не змінюється

Роздивимось розрядні характеристики АБ, зняті при різних зовнішніх параметрах які зображені на рисунку 3.11

(a)



(б)

Рисунок 3.11 – Розрядні характеристики АБ, зняті при різних зовнішніх параметрах а і б

Де а – характеристики, зняті при різних температурах (0 °С, 10 °С, 20 °С).

б – характеристики, зняті при різних токах розряду (0.5 А, 1 А, 2 А).

На рисунку 3.12 представлена зарядна характеристика однієї АБ, знята при номінальній температурі 25 °С і при різних токах.

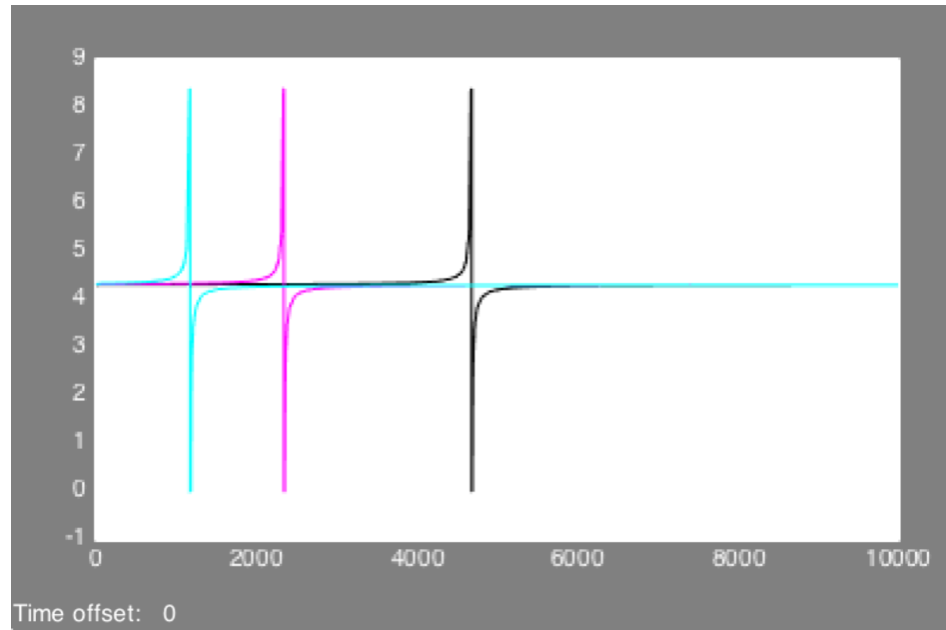


Рисунок 3.12 – Зарядні характеристики АБ, зняті при різних токах

Доопрацьована модель АБ, яка використовується в Simulink, що враховує зміни температури, саморозряд і деградаційні зміни АБ. Характеристики, отримані в ході тестування АБ, підтверджують її працездатність; модель може бути використана при проектуванні різних систем електроживлення.

Висновок:

В результаті була отримана модель літій іонного акумулятора. Результати моделювання дотаточно точно співвідносяться з результатами, отриманими при реальних дослідженнях.

4 КОНСТРУКТОРСЬКІ РІШЕННЯ

4.1 Висновки з дослідження

Завдяки тестуванню АБ отримані характеристики підтверджують її працездатність з цього зробили висновок що модель може бути використана при проектуванні різних систем електроживлення. Що ми і використаємо.

4.2 Моделювання пристрою

Розробляємий пристрій буде мати на борті DC-DC перетворювач. Найпростіші, які зображені на рисунках 3.2 та 3.3, виконують туж саму дію що і «старші брати» але служать для того, щоб жити невеликий малопотужний пристрій, наприклад світлодіод від батарейки 1.5 V.

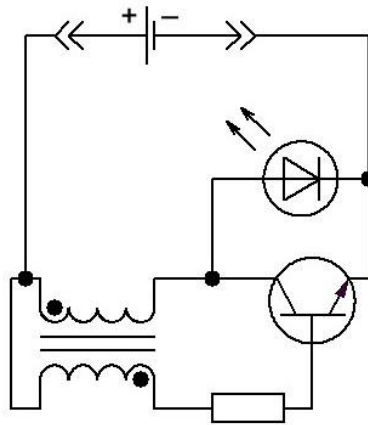


Рисунок 4.1 – Схема простого DC / DC перетворювача №1

Принцип роботи даного перетворювача лежить у наступному: при включенні, ток протікає через одну з обмоток трансформатора(трансформатора треба намотати здвоєним проводом на феритовому кільці, при цьому кількість

витків в діапазоні від 15 до 30) і емітерний перехід транзистора – відкриває його, в результаті чого він відкривається і більший струм починає текти через другу обмотку трансформатора у відкритий транзистор. В результаті в обмотці, підключеної до бази транзистора наводиться ЕРС, що замикає транзистор і струм через нього обривається. У цей момент енергія, запасені в магнітному полі трансформатора, в результаті явища самоіндукції, вивільняється і через світлодіод починає протікати струм, що змушує його світитися. Потім процес повторюється.

Резистор опором близько 1 кілоома. Транзистор бажано вибрати з мінімальною напругою насичення, ніж воно менше – тим більше розряджену батарейку можна використовувати. Світлодіод – будь-який в наяві (потужний багатокристальні буде світитися не в повну силу).

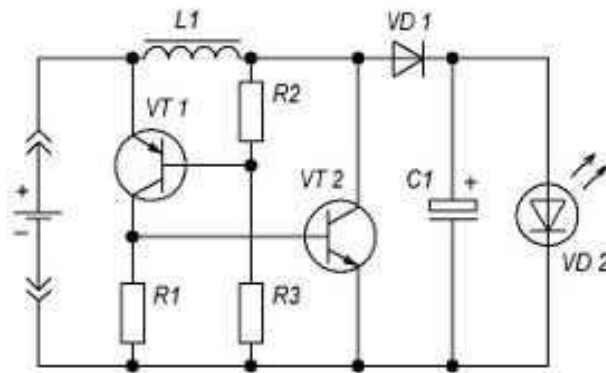


Рисунок 4.2 – Схема простого DC / DC перетворювача №2

Друга схема типовий перетворювач, виконаний на двох транзисторах. Принцип роботи зводиться до того, що струм через дросель періодично переривається транзистором VT2, а енергія самоіндукції направляється через діод в конденсатор C1 і віддається в навантаження. Транзистор VT1 може бути BC556 або BC327, а VT2 BC546 або BC337, діод VD1 - будь-який діод Шотткі, наприклад, 1N5818. Конденсатор C1 - будь-якого типу, ємністю від 1 до 33 мкF,

більше не має сенсу, тим більше, що можна і зовсім обійтися без нього. Резистори – потужністю 0,125 або 0,25 W наступних номіналів: R1 – 750 Ω , R2 – 220 k Ω , R3 – 100 k Ω .

Найважливіша деталь – дросель L1, його номінал також може відрізнятися від 100 до 470 μ H (експериментально перевірені номінали до 1 mH – схема працює стабільно), а струм на який він повинен бути розрахований не перевищує 100 mA. Світлодіод – будь-який, знову ж таки з урахуванням того, що вихідна потужність схеми досить невелика.

Ці дві найпростіші схеми дають поняття в схері перетворювачів напруги, один з яких буде використано при конструюванні моделі пристрою розробленого підчас виконання роботи.

Як аналогічне рішення розробленій схеми було придбано готовий DC-DC модуль XL6009 підвищуючий-понижуючий перетворювач 1,25-35 V для конструювання

Представляє собою пристрій, зібраний на монолітному ШІМ-регуляторі напруги XL6009 з частотою перемикання 400 kHz. Має вбудований тепловий захист і обмеження робочого струму.

Характеристики:

- номінальна вхідна напруга: постійне 5,0 – 32,0 V);
- максимальна вхідна напруга: постійне 36,0 V;
- діапазон регулювання вихідної напруги: постійне 1,25 – 35,0 V;
- максимальний струм навантаження: 3,0 A;
- обмеження робочого струму навантаження: 4,0 A;
- частота перемикання: 400 kHz;
- пульсація вихідної напруги: <50 mV;
- нестабільність вихідної напруги: <2,5%;
- ККД: до 94 %;
- робоча температура: -45 °C – + 85 °C;

- захист від перегріву: 125 °C;
- розміри: 48 x 25 x 14 мм;
- вага: 24 г.

Регулювання вихідної напруги в XL6009 проводиться за допомогою високоточного потенціометра.

При живленні навантаження з номінальним струмом споживання більше 1 А встановлений радіатор зверху на мікросхемі, дотримуючись ізоляції струмопровідних частин від радіатора.

Вхідна напруга, дотримуючись полярності, подається на вхідні контакти "IN+" та "IN-", вихідна напруга знімається з вихідних контактів "OUT +" та "OUT-". Шина "-" загальна, можна об'єднувати для підключення одним проводом.

XL6009 підвищуючий-понижуючий DC-DC перетворювач – ідеальне рішення для живлення схем з великим падінням напруги. На відміну від класичних стабілізаторів напруги практично не виділяє тепло, має низький струм споживання.

Застосовується XL6009 підвищуючий понижуючий перетворювач в:

- автомобільних адаптери для ноутбуків;
- в автомобільних і промислових пристроях, що вимагають напруження вище рівня напруги мережі живлення;
- в портативній електроніці;
- незамінний в сонячних фотоелектричних системах, системах, що використовують енергію вітру, і інших додатках, де присутній нестабільність напруги.

Що до схема розробляемого пристрою складається з котролера заряду для літєвих акумуляторів з функцією авто відключення при повній зарядці з індикацією зарядки та повного заряду батарей із захистом від КЗ(для прикладу було узято TP4056), відсік з паралельно з'єднаними батареями стандарту

18650 або 26650, вимикач живлення на 5 – 10 ампер (підійде кнопка від комп'ютерного блоку живлення), імпульсний DC- DC підвищуючий перетворювач призначений для підвищення напруги з акумулятора до USB роз'єму, та USB роз'єми. Підключення елементів показано на рисунку 4.3.

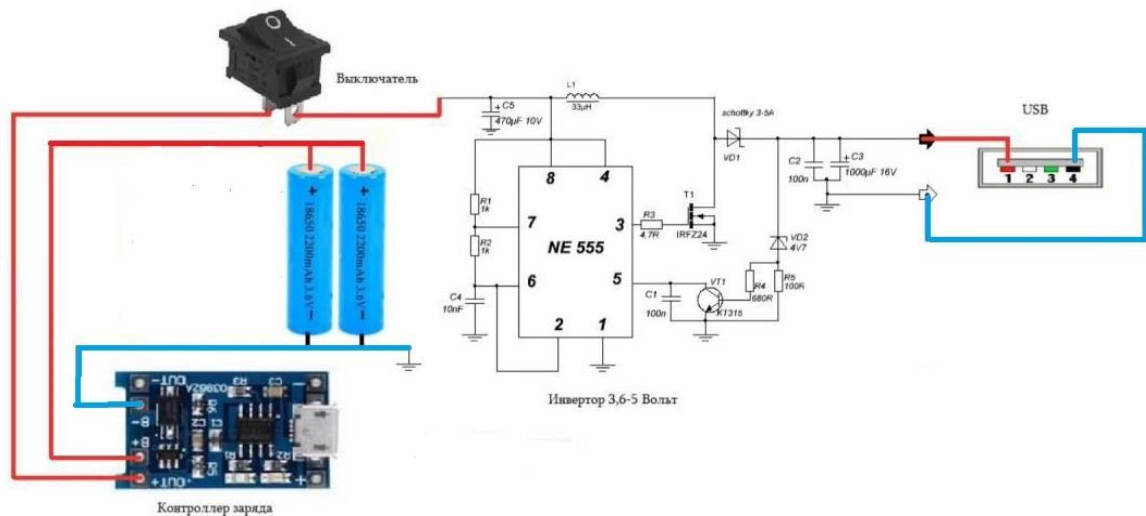


Рисунок 4.3 – Спрощена схема підключення елементів пристрою (з розробленою схемою інвертора)

4.2.1 Основні компоненти

Одним з основних компонентів у схемі є підвищувач DC-DC конвертор, інвертор або перетворювач напруги. Він призначений для підняття напруги літєвих акумуляторів з 3,7 V до рівня 5-30 V які необхідні наприклад для заряду мобільного телефону або живлення невеликих пристроїв таких як камери відіоспостереження, дрони, тощо.

Є велика кількість схем, на транзисторах на різноманітних, не дуже доступних, спеціалізованих мікросхемах є також варіанти покупки готових

модулів з Китаю, але для доступності та оригінальності було прийнято таке рішення для поставленої задачі.

Основні елементи на яких побудована система це:

- таймері 555 (рис. 4.5)
- польовому транзисторі середньої потужності (для цього підійдуть IRFZ 24/34/44/40/48 та iRFR 3505) з струмом від 10 А і вище (підійдуть транзистори від материнських плат)
- стабілітрон VD2 в яких 5 V для Uвих.
- всі резистори 0,25 W,
- дросель L1 можна запозичити з комп'ютерного БП (діаметр дроти не менше 0.8-1 мм, кількість витків 10-15 якщо намотувати на жовтих кільцях, (Можна намотувати на феритових гантельках або стержнях, кількість витків таж сама але діаметр дрота не менш 1мм);
- частотно задаючий вузол, для надання частоти таймеру, збудований на резистораввузол R1, R2 та конденсаторі C4. Таймер ж підключений в якості генератора прямокутних імпульсів. З таким розкладом компонентів робоча частота мікросхеми близько 48-50 kHz;
- затворний обмежувач R3 для польового транзистора з опором від 1 до 10 Ω ;
- невеликий транзистор VT1 зворотної провідності, підійде KT315 або будь-який інший малопотужний транзистор зворотної провідності;
- в якості випрямляча, діода VD1, взятий діод Шотки з мінімальним падінням напруги на переході від 5 А і вище, підійдуть також ультра швидкі діоди (можна використовувати здвоєні діоди Шотки з комп'ютерних БП в корпусі TO-220);
- пара ємностей C5 та C2, C3 по входу і виходу стоять в якості фільтрів живлення.

Цей інвертор (рис. 4.4) має перевага перед аналогами з Китаю – віддаваний вихідний струм може доходити до 5ампер і залежить від номіналів деяких з елементів(T1, VD1 та L1)

- івертор імпульсний;
- забезпечує високу ККД;
- високу стабілізацію вихідної напруги;
- не нагрівається під час роботи, з цього виходить що силові елементи на тепловідвід встановлювати не потрібно.

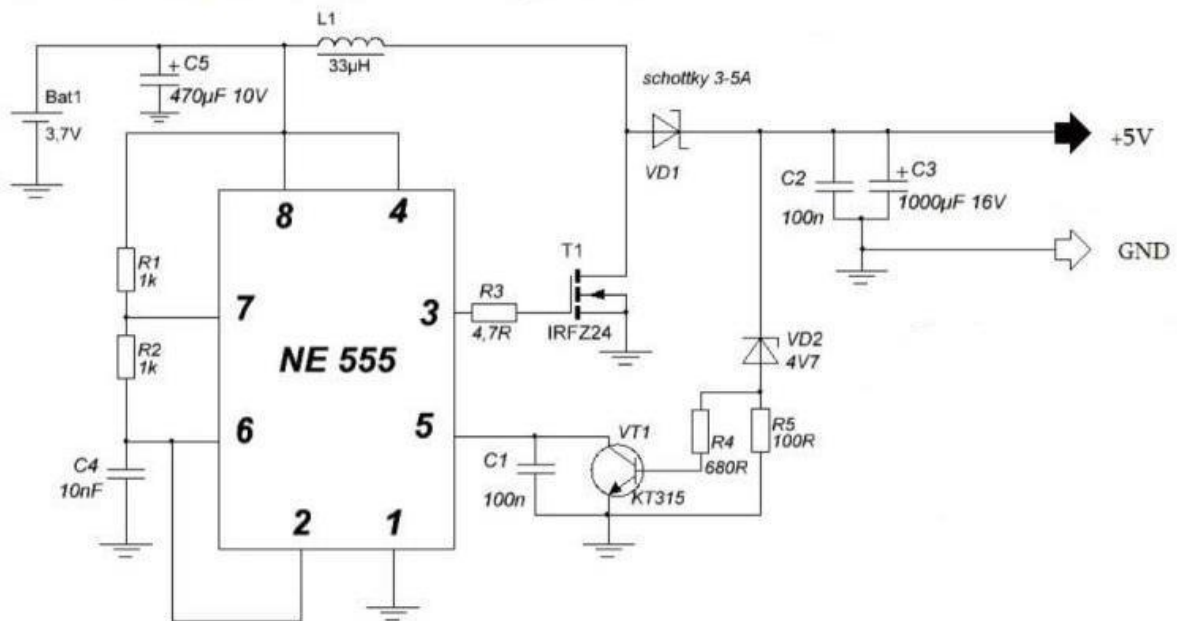


Рисунок 4.4 – Схема електрична-принципова підвищуючого перетворювача напруги



Рисунок 4.5 – Мікросхема NE555

Мікросхема таймера NE555 включає близько 20 транзисторів, 15 резисторів, 2 діода(рис.4.6). На мікросхемі 8 виводів (рис.4.7). Вихідний струм 200 мА, струм споживання приблизно на 3 мА більше. Напруга живлення від 4,5 до 18 вольт. Точність таймера не залежить від зміни напруги живлення і становить не більше 1% від розрахункового значення.

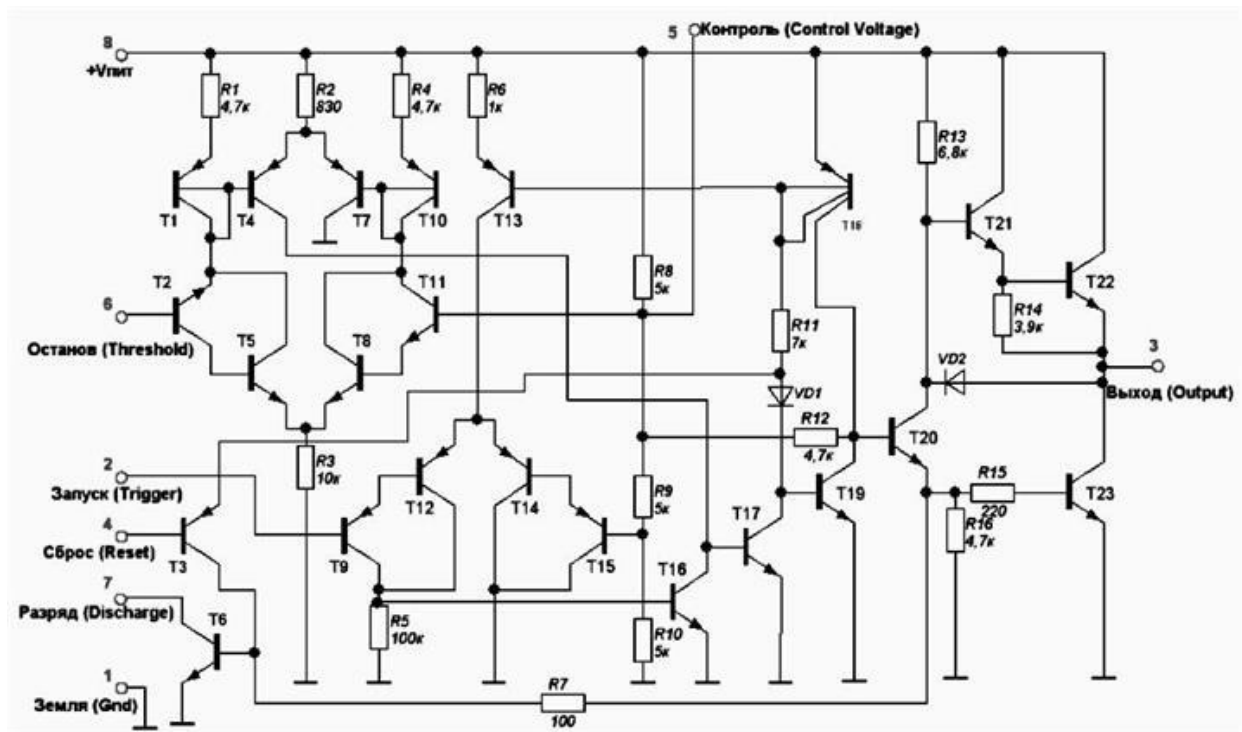


Рисунок 4.6 – Схема електрична-принципова таймера 555

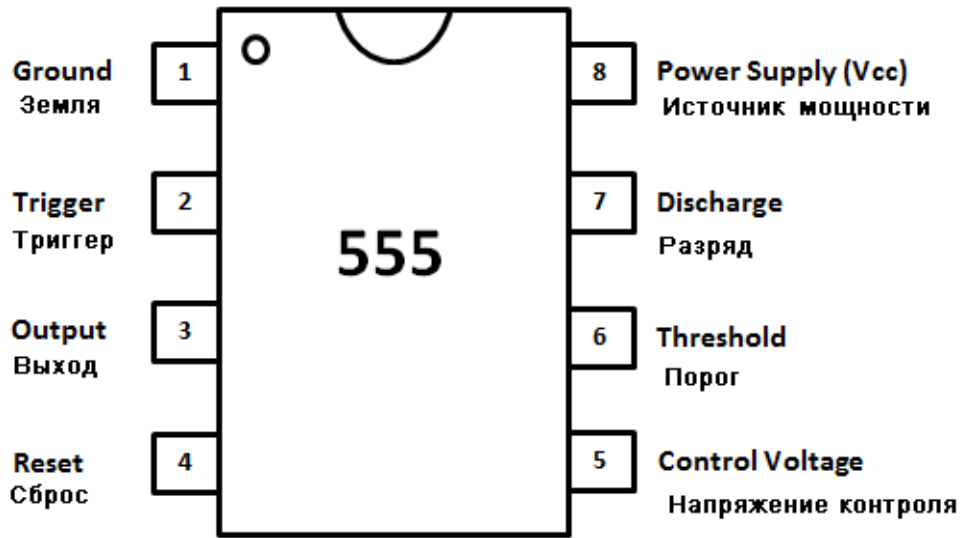


Рисунок – 4.7 Схема виводів таймера 555

Призначення виводів:

– вивід №1 – Земля. Висновок підключається до мінуса живлення або до загального проведення схеми;

– вивід №2 – Запуск. Є одним з входів компаратора №2. При подачі на цей вхід імпульсу низького рівня, який має бути не більше $1/3$ напруги живлення, відбувається запуск таймера, і на виведення №3 з'являється напруга високого рівня на час, який задається зовнішнім опором $R_a + R_b$ і конденсатором C . Даний режим роботи називається – режим моностабільний мультивібратора.

– вивід №3 – Вихід. Високий рівень дорівнює напрузі живлення мінус $1,7\text{ V}$. Низький рівень дорівнює приблизно $0,25\text{ V}$. Час перемикання з одного рівня на інший відбувається приблизно за 100 нс .

– вивід №4 – Скидання. При подачі на цей висновок напруги низького рівня (не більше $0,7\text{ V}$) стається збій таймера і на виході його встановиться напруга низького рівня.

– вивід №5 – Напруження контролю. Зазвичай, цей вивід не використовується. Однак його застосування може значно розширити функціональність таймера.

– вивід №6 – Поріг або Стоп. Цей висновок є одним з входів компаратора №1. При подачі на цей висновок імпульсу високого рівня (не менше $2/3$ напруги живлення), робота таймера зупиняється, і на виході таймера встановлюється напруга низького рівня.

– вивід №7 – Розряд. Цей висновок з'єднаний з колектором транзистора Т1, емітер якого з'єднаний із загальним проводом. При відкритому транзисторі конденсатор С розряджається через перехід колектор-емітер і залишається в розрядженому стані поки не закриється транзистор. Транзистор закритий, коли на виході таймера високий рівень і відкритий, коли на виході низький рівень.

– вивід №8 – Джерело живлення. Напруга живлення таймера становить від 4,5 до 16 V.

Таймер може працювати в двох режимах: моностабільний мультивибратор і генератор прямокутних імпульсів.

1. Моностабільний мультивібратор означає, що стабільний стан у таймера тільки одне, коли він вимкнений. У включений стан його можна перевести тимчасово, подавши на вхід таймера будь-якої сигнал. Час перебування таймера в активному режимі визначається RC ланцюгом.

2. Генератор прямокутних імпульсів. Мікросхема може видавати послідовність прямокутних імпульсів, параметри яких визначаються все тим же RC ланцюжком.

Далі роздивимось контролера для зарядки акумулятора а базі TP4056 до 1 А. Це автономний лінійний зарядний пристрій для Li-Ion з терморегуляцією зображено на рисунку 4.8.

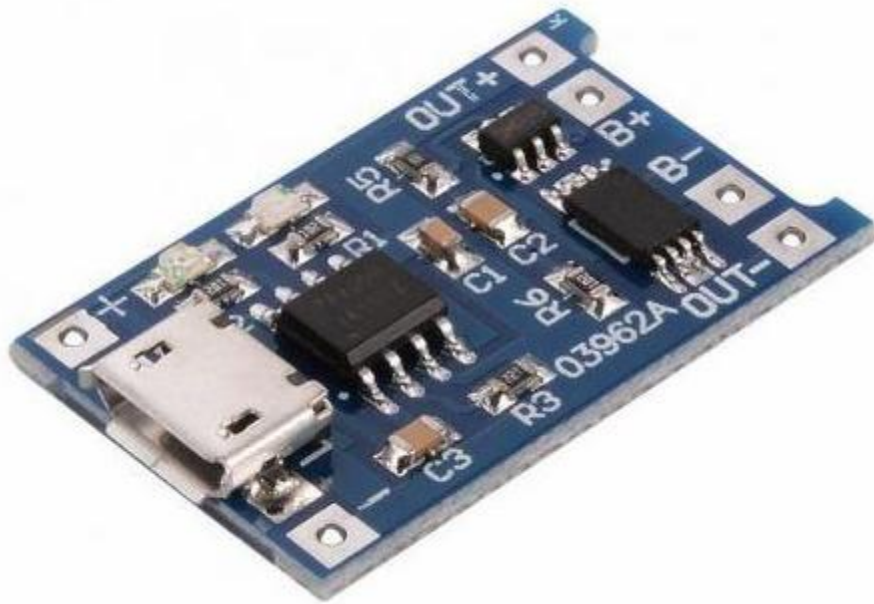


Рисунок – 4.8 Контролер для зарядки Li-Ion акумуляторів TP4056

Контролер TP4056 є повноцінним лінійним зарядним пристроєм постійного струму і напруги для одного осередку літій-іонних батарей. Його пакет SOP і мала кількість зовнішніх компонентів роблять TP4056 ідеально відповідним для портативних пристроїв. Крім того, TP4056 може працювати як з USB, так із мережевим адаптером.

Через внутрішню архітектуру PMOSFET і відсутності негативної ланцюга струму заряду не потрібен блокуючий діод. Теплова зворотний зв'язок регулює струм заряду, щоб обмежити температуру кристала під час роботи при високій потужності або при високій температурі навколишнього середовища. Напруга заряду фіксується на рівні 4,2 V, а струм заряду може бути запрограмований за допомогою одного резистора. TP4056 автоматично завершує цикл зарядки, коли зарядний струм падає до 0.1 запрограмованого значення після досягнення кінцевого значення плаваючого напруги. Інші функції включають в себе монітор струму, блокування напруги, автоматичну

підзарядку і два вихідних контакту стану для індикації закінчення заряду і наявності вхідної напруги.

Функції:

- програмований струм заряду до 1000 mA;
- не потрібно MOSFET, чутливий резистор або блокуючий діод;
- зарядка одиночних літій-іонних батарей безпосередньо від порту USB;
- попередньо встановлене зарядна напруга 4,2 V з точністю 1,5 %;
- автоматична підзарядка;
- плавний пуск;
- доступний радіатор в SOP-корпусі з 8 висновками, Радіатор необхідно підключити до висновку GND;

Абсолютні максимальні значення:

- вхідна напруга живлення (VCC): 8 V;
- струм заряду батареї: 1200 mA;
- робочий діапазон температур навколишнього середовища: від -40 °C до + 85 °C.

Мікросхема має 8 виводів які представлено на рис. 4.9.

1. TEMP (контакт 1): вхід для введення температури. Підключається висновок TEMP до виходу термистора NTC в літій-іонної акумуляторної батареї. Якщо напруга на контакті TEMP нижче 45 % або вище 80 % напруги живлення VIN більш 0,15 сек, це означає, що температура акумулятора дуже висока або низька, зарядка припиняється. Функція визначення температури може бути відключена заземленням виведення TEMP.

2. PROG (контакт 2): установка постійного струму зарядки. Встановлюється шляхом підключення резистора Riset від цього контакту до GND. У режимі попереднього зарядки напруга на виводі ISET регулюється до 0,2 В. У режимі постійного струму заряду напруга на виводі ISET регулюється

до 2 V. У всіх режимах під час зарядки напруга на виводі ISET можна використовувати для вимірювання струму заряду наступним чином: $I_{BAT} = V_{PROGRPROG} \times 1200 (V_{PROG} = 1 \text{ V})$

3. GND (контакт 3): клема заземлення.

4. VCC (контакт 4): позитивне вхідна напруга живлення. Є джерелом живлення внутрішньої ланцюга. Коли VIN падає до 30 mV від контактної напруги BAT, TP4056 переходить в сплячий режим з низьким енергоспоживанням, знижуючи струм висновків BAT до $<2 \text{ mA}$.

5. BAT (контакт 5): контактний роз'єм акумулятора. Підключається позитивний висновок акумулятора до контакту BAT. Висновок BAT споживає струм менш 2 mA в режимі відключення мікросхеми або в сплячому режимі. Висновок BAT забезпечує зарядний струм до батареї і забезпечує регульоване напруга 4,2 V.

6. STDBY – (контакт 6): вихід стану з відкритим стоком, кінець зарядки акумулятора. При завершенні зарядки акумулятора, висновок STDBY- підтягується до GND, в іншому випадку контакт STDBY- знаходиться в високоімпедансному стані.

7. CHRG – (контакт 7): вихід стану з відкритим стоком, Індикація стану зарядки. Коли акумулятор заряджається, висновок CHRG- підтягується до GND, в іншому випадку контакт CHRG- знаходиться в високоімпедансному стані.

8. CE (контакт 8): вхід включення мікросхеми. Високий рівень вхідного сигналу дає змогу встановити нормальний робочий режим. Низький рівень вхідного сигналу дає змогу встановити в сплячий режим. Висновок CE може управлятися логічним рівнем TTL або CMOS.

Нормальні умови експлуатації:

– вхідна напруга живлення (VCC): від 4 V до 8 V.

- струм в режимі заряду з встановленим струмом 1 А: від 150 мкА до 500 мкА.
- струм в режимі очікування (в сплячому режимі): від 55 мкА до 100 мкА.
- напруга регульованого виходу: від 4,137 V до 4,263 V.

Типова схема включення мікросхеми TP4056 зображена на рисунку 4.9.

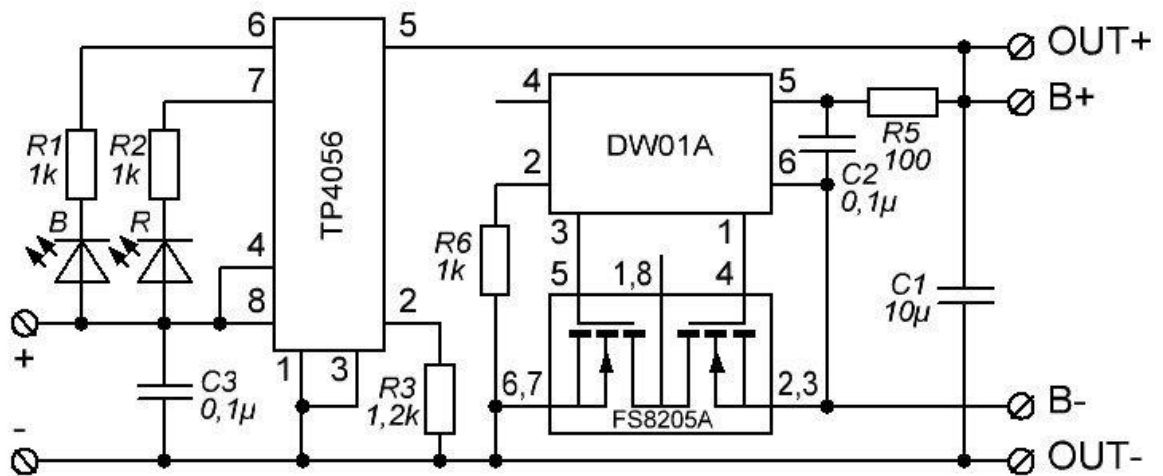


Рисунок 4.9 – Схема електрична-принципова TP4056

Тепер маючи знання і зібравши усі вище пречислені дії ми маємо можливість зібрати пристрій електроживлення з високою віддачею струму.

5 ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ

5.1 Техніко-економічне обґрунтування

У даній дипломній роботі розглядається «Компактне джерело постійного живлення з використанням батарей з високою віддачею струму». Призначений для забезпечення живлення при короткочасному відключенні основного джерела потужність. Є вторинним джерелом електроживлення.

Щоб полегшити нам життя, розробники прагнуть зменшити час заповнення втрати енергії пристроїв, простіше кажучи – швидко зарядити їх батарей. Провівши маркетингові дослідження (маркетингові дослідження – форма бізнес-дослідження і напрям прикладної соціології, яке фокусується на розумінні поведінки, бажань і переваг споживачів, конкурентів і ринків в диктуючій ринком економіці) дійшли висновків що розробка має високу актуальність у сучасному світі а її аналоги добре закріпились на ринку.

Джерело постійного живлення – це джерело живлення, забезпечує поставку потужність живлення при відключенні або погіршенні хімічних характеристик основного джерела.

За прототип було прийнято «УМБ Promate 10000 mAh», так как він найближче відповідає значенням (розмір, об'єм, маса та інші) та функціям (швидка зарядка) розробляемого приладу.

Прототип має за такі характеристики:

- ємність: 10000 mAh
- підходить для зарядки: мобільних телефонів
- тип зарядки: технологія швидкої зарядки
- заряджається від: USB
- технологія: Li-Ion
- виходи USB1/2: 3 A

- вхід DC: microUSB:5 V / 2 A, lightning connector: 5 V / 2 A, USB Type-C: 5 V / 3 A.
- розміри: 30 x 120 x 180 мм.
- вага: 345 г.

Порівняння з прототипом і визначення коефіцієнта технічного рівня наведено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Порівняння і визначення коефіцієнта технічного рівня

Найменування параметру виробу	Значення параметру		Покращення – «+», без змін – «0», погіршення – «-»	Значимість параметра в частках	Добуток значимості параметрів на відношення значень параметрів
	Прототип	Виріб			
1	2	3	4	5	6
Ємкість, mAh	10000	10200	+	0,1	0,102
Підходить для	Мобільних телефонів	Для будь яких гаджетів з підтримкою швидкої зарядки	+	0,05	0,1
Количество батарей	3	2	-	0,02	0,013
Ємкість батарей, Ah	3.3	3.7	+	0,1	0,112

Продовження таблиці 5.1

1	2	3	4	5	6
Тип зарядки	Швидка 3.0	Швидка віддача потужності, обмежена технологією приймального гаджету	+	0,1	0,2
Кількість циклів заряд-розряд без втрати ємності	1500	1500	0	0,1	0,1
Технологія	Li-Ion	Li-Ion	+	0,15	0,15
Расчетное время работы, мин	30	12	-	0,05	0,125
Кількість виходів	2	1	-	0,02	0,04
Кількість входів	3	1	-	0,03	0,09
Рабочая температура, °C	-10/+50	-10/+50	0	0,05	0,05
Особистості	Захист від потрапляння води	Захист від потрапляння води	0	0,04	0,04
Габариты, мм	30 x 120 x 180	30 x 110 x 160	+	0,15	0,3
Масса, кг	0,345	0,401	-	0,04	0,043
				1,0	1,886
Цена, грн	2000	1404	+		

5.2 Розрахунок коефіцієнта технічного рівня

Для розрахунку коефіцієнта технічного рівня треба визначити добуток значимості параметрів на відношення значень параметрів

$$K_{\text{тех. рів}_2} = 0,1 * \frac{10100}{10000} + 0,05 * \frac{2}{1} + 0,02 * \frac{2}{3} + 0,1 * \frac{3,7}{3,3} + 0,1 * \frac{2}{1} + 0,1 + 0,15 +$$

$$0,05 * \frac{30}{15} + 0,02 * \frac{2}{1} + 0,03 * \frac{3}{1} + 0,05 + 0,04 + 0,15 * \frac{2}{1} + 0,04 * \frac{0,401}{0,345} = 1,886$$

$$2000 * 1,886 = 3772$$

Тобто з висновків отриманих за розрахунками ми маємо пристрій майже у два рази кращій за характеристиками ніж прототип. Але він може бути недоцільним з точки зору собівартості.

5.3 Розрахунок собівартості

Собівартість продукції – це виражені в грошовій формі поточні витрати підприємства на її виробництво і збут. Собівартість показує, у що обходиться підприємству продукція. що виходить У неї включаються як перенесені на продукцію витрати минулої праці (амортизація основних фондів, вартість сировини, матеріалів, палива та інших матеріальних ресурсів), так і витрати на оплату праці (заробітна плата) всіх категорій працівників підприємства.

До розрахунків занесені приблизні ціни на комплектуючі які були.актуальні на час виконання розрахунків

До витрат відносяться витрати по експлуатації обладнання: заробітна плата робітників, які обслуговують обладнання (слюсарів, електромонтерів та ін.); вартість допоміжних матеріалів, необхідних для догляду за обладнанням і може входити "Паливо і енергія на технологічні цілі", якщо вона не дана

окремою статтею; та інші витрати.

1. Витрати на сировину і матеріали:

$$P_M = \sum_{i=1}^n m_i \cdot C_i \left(1 + \frac{H_{mzi}}{100} \right) - \sum_{i=1}^n m_{omxi} \cdot C_{omxi}, \quad (5.1)$$

де P_M – витрати на сировину і матеріали з урахуванням транспортно-заготівельних витрат, грн;

m_i – норма витрати і-го матеріалу на випуск одиниці продукції, кг;

C_i – ціна 1 кг і-го матеріалу, грн/кг;

H_{tz} – транспортно-заготівельні витрати, %;

m_{otxi} – величина зворотних відходів і-го матеріалу, кг;

C_{otxi} – ціна 1 кг зворотних відходів і-го матеріалу, грн/кг;

n – кількість використовуваних найменувань матеріалів, шт.

До розрахунків були розраховані та занесені такі данні:

- термоусадка: $13/100 \cdot 2 \cdot 1,05 = 0,27$ грн;
- флюз: $150/10 \cdot 5 \cdot 1,05 = 78,75$ грн;
- припій: $34/25 \cdot 5 \cdot 1,05 = 7,14$ грн;
- проводка: $10/1 \cdot 1 \cdot 1,05 = 1,05$ грн;
- резистори: $9/10 \cdot 5 \cdot 1,05 = 4,73$ грн;
- біполярні транзистори: $5 \cdot 1,05 = 5,25$ грн;
- польові транзистори: $10 \cdot 1,05 = 10,5$ грн;
- конденсатори: $35,50/70 \cdot 5 \cdot 1,05$ грн;
- ємність: $10 \cdot 1,05 = 10,5$ грн;
- діод Шоткі: $15 \cdot 1,05 = 15,75$ грн;
- діод стабілітрон: $1 \cdot 1,05 = 1,05$ грн.

Отримали $P_M = 132,4$ грн.

2. Покупні комплектуючі вироби, напівфабрикати і послуги кооперованих підприємств:

$$P_{\Pi} = \sum_{j=1}^m N_j \cdot C_j \left(1 + \frac{H_{mj}}{100} \right), \quad (5.2)$$

де N_j – норма витрати j -го комплектуючого виробу (напівфабрикату, послуг кооперованих підприємств), шт.

C_j – ціна одиниці j -го комплектуючого виробу (напівфабрикату, послуг), грн/шт.

До розрахунків були розраховані та занесені такі данні:

- дві АБ Li-Ion: $330 \cdot 1,05 = 346,5$ грн;
- схема балансування: $120 \cdot 1,05 = 126$ грн;
- печатна плата: $200 \cdot 1,05 = 210$ грн;
- холдер: $20 \cdot 1,05 = 21$ грн;
- вмикач: $10 \cdot 1,05 = 10,5$ грн.

Отримали $P_{\Pi} = 787,5$ грн.

3. Основна заробітна плата виробничих робітників:

$$Z_o = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^8 t_{ij} T_{cij} \left(\left(1 + \frac{H_{np}}{100} \right) \right), \quad (5.3)$$

де t_i – норма часу на виконання i -й операції, нормо-ч;

T_{ci} – годинна тарифна ставка робітника i -го розряду, грн/н-ч;

n – кількість операцій;

H_{np} – доплати за відрядно-преміальною системами оплати праці, за

шкідливість і за роботу в нічний час (с 22 до 6 ранку – вартість 1год + 1/7год), %.

Розрахунок:

$$40 \cdot 3 \cdot (1 + 2.28/100) = 122,77 \text{ грн}$$

Отримали: $Z_o = 122,77 \text{ грн}$.

4. Додаткова заробітна плата виробничих робітників:

$$Z_d = Z_o \cdot \frac{H_d}{100}, \quad (5.4)$$

де H_d – додаткова заробітна плата, % (звичайно 8-12 %).

Розрахунок:

$$122,77 \cdot 0,1 = 12,27 \text{ грн}$$

Отримали: $Z_d = 12,3 \text{ грн}$

5. Відрахування на соціальне страхування та інші фонди:

$$Z_{отч} = (Z_o + Z_d) \cdot \frac{H_{отч.}}{100}, \quad (5.5)$$

де $H_{отч.}$ – норма відрахувань (єдиний соціальний внесок), %.

Розрахунок:

$$123 + 12,3 \cdot 0,22 = 332,84 \text{ грн}$$

Отримали: $Z_{отч} = 332,84 \text{ грн}$.

Накладні витрати у розмірі 150% від $Z_o=184,5$ грн

Виходячи з цих п'яти розрахунків маємо можливість отримати підсумки що до собівартості.

Підсумок:

$$P_m(132,4\text{грн}) + P_n(714\text{грн}) + Z_o(123\text{грн}) + Z_d(332,84\text{грн}) + H_{\text{вит}}(184,5\text{грн}) = 1486,74\text{грн}$$

До підсумка добавимо прибуток підприємства та податок ПДВ та отримаємо:

$$1) 1486,74\text{грн} + 30\% \text{ прибуток} = 1486,74 + 446,02 = 1932,76\text{грн};$$

$$2) 1932,76 + 20\% \text{ податок ПДВ} = 1932,76 + 386 = 2319,31\text{грн};$$

Собівартість розробленого пристрою 2319,31 грн.

За отриманими розрахунками собівартості та коефіцієнта технічного рівня ми отримали значення які перевищують значення аналога. Пристрій що розробляється має велики потенціал для продажу.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Тема магістерської роботи – “Компактне джерело постійного живлення з використанням батарей з високою віддачею струму”, за для чого треба мати добре вентильоване приміщення з розетками 220 V, проведення досліджень та розрахунків у приміщенні з дослідницько-випробувальним обладнанням, паяльною станцією (ПС), персональним комп’ютером з виходом в інтернет (ПК), тому нижче розглянемо заходи по забезпеченню безпеки, виробничої санітарії, гігієни праці і пожежної безпеки для приміщення дослідницького типу (лабораторії, офісу, тощо) обладнаного ПК та ПС, а також заходи з цивільного захисту, у відповідності з методичними вказівками.

6.1 Аналіз потенційних небезпек

Основними потенційними небезпеками при проведенні робіт є такі:

- опіки при неправильному використанні ПС;
- небезпека ураження електричним струмом внаслідок недотримання правил електробезпеки або виходу з ладу електроприладів;
- незадовільні ергономічні характеристики робочого місця внаслідок нераціонального планування робочого місця, що може призвести до механічних травм, уражень електричним струмом;
- негативний вплив недостатнього освітлення робочої зони на зір та продуктивність роботи працюючого, внаслідок несправності освітлювальних приладів або неправильного проектування освітлювальної системи;
- негативний вплив незадовільних параметрів повітряного середовища робочої зони на здоров’я працюючого, внаслідок неправильного проектування системи вентиляції або несправності її несправності;

- негативний вплив підвищеного рівня шуму на психоемоційний стан працюючого, який пов'язаний з використанням застарілої периферійної техніки, кондиціонерів, копіювальної техніки, освітлювальних приладів;
- небезпека загоряння у зв'язку із несправністю електричного обладнання, недотримання, або порушення правил протипожежної безпеки обслуговуючим персоналом, що може призвести до пожежі.
- неправильні дії персоналу у надзвичайних ситуаціях.

6.2 Заходи із забезпечення безпеки

Приміщення офісу, в яких перебувають співробітники галузі управління персоналом, відносяться до приміщень без підвищеної небезпеки ураження електричним струмом.

Обладнання, що використовується в цих приміщеннях є споживачем електроенергії, що живиться від змінного струму 220 V від мережі з заземленою нейтраллю, та відноситься до електроустановок до 1000 V закритого виконання. За способом захисту людини від ураження електричним струмом відповідає згідно з ГОСТ 12.2.007.0-75* (2001) «ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности» І (стаціонарні комп'ютери,) та ІІ (освітлювальні прилади, кондиціонери, опалювальні пристрої, ноутбуки, сканери) класу захисту.

Згідно «Правилам улаштування електроустановок» (далі «ПУЕ») виконані такі групи заходів з електробезпеки:

Конструктивні заходи забезпечують захист від випадкового дотику до струмопровідних частин за допомогою їх ізоляції та захисних оболонок.

Згідно з ГОСТ 12.1.009-76 (1999) «ССБТ. Электробезопасность. Термины и определения» у приладах ІІ класу захисту використовується

подвійна ізоляція – електрична ізоляція, що складається з робочої і додаткової ізоляції

Так як згідно з НПАОП 40.1-1.32-01 «Правила устроюства електроустановок. Электрооборудование специальных установок» офісні приміщення у більшості своїй відносяться до класу пожежебезпечної зони П - Па (приміщення, в яких містяться тверді горючі речовини), тому передбачений ступінь захисту ізоляції обладнання IP44.

Під час паяння температура гарячого жала паяльника може перевищувати 400 °С.

Як правило паяльник розміщується в спеціально призначеному для цього кріпленні. Розігрітий паяльник прямо на столі або на робочій поверхні може призвести до пожежі або до обпалення частин тіла.

Під час пайки виділяються досить їдкі і токсичні випаровування. Треба переконатися, що робоче місце обладнано доброю вентиляцією, перешкоджаючою скупченню шкідливої пари. Якщо нема можливості чітко роздивитись місце з'єднання паянням, використовується збільшувальне скло.

Якщо паяльник має регульовану температуру жала, треба виставити таке його значення, яке рекомендується для даного типу припою.

Якщо є відхилення у здоров'ї, слід уникати припоїв, так як вони містять свинець. Як альтернатива звичайним припоєм можна використовувати безсвинцевий дротяний припій, спеціально розроблений для паяння електроніки. Не варто використовувати срібний і кислотний припої для робіт з електронікою – вони можуть серйозно зіпсувати схему

Схемно-конструктивні заходи призначені для забезпечення захисту від ураження електричним струмом при дотику до металевих оболонок, які можуть опинитися під напругою в результаті аварій.

Згідно з ГОСТ 12.1.030-81 (2001) «ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление» у приміщеннях галузі управління персоналом влаштовується занулення.

Організаційні заходи.

Експлуатація електроустановок і електроустаткування проводиться відповідно до НПАОП 40.1-1.01-97 «Правила безпечної експлуатації електроустановок» (далі «ПБЕЕ») та НПАОП 40.1-1.21-98 «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів» (далі «ПБЕЕС»).

Загальні ергономічні вимоги встановлено ДСТУ ISO 9241-1:2003 «Ергономічні вимоги до роботи з відеотерміналами в офісі. Частина 1. Загальні положення». Організація робочого місця передбачає: правильне розміщення робочого місця у виробничому приміщенні; вибір ергономічно обґрунтованого робочого положення, виробничих меблів з урахуванням антропометричних характеристик людини; раціональне компонування обладнання на робочих місцях; врахування характеру та особливостей трудової діяльності.

Розміри приміщення: довжина $A = 5,1$ м, ширина $B = 4,1$ м, висота $H = 2,5$ м.

Перш за все необхідно проаналізувати чи підходить дане приміщення для того, щоб розмістити в ньому комп'ютеризоване робоче місце.

Відповідно до НПАОП 0.00-1.28-10 «Правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин» є неприпустимим розташування приміщень у підвалах та цокольних поверхах. Також забороняється розташування вибухонебезпечних приміщень категорії А і Б (НАПБ Б.03.002-2007 «Нормы определения категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной безопасности») та виробництв з мокрими технологічними процесами поряд з приміщенням, де розташовуються ЕОМ (ПЕОМ), а також над такими приміщеннями, або під ними.

6.3 Заходи щодо виробничої санітарії та гігієни праці

Згідно ДБН В.2.5-28-2006 «Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення» в офісних приміщеннях використовується природне та штучне освітлення. Природне освітлення здійснено через світлові прорізи, які забезпечують коефіцієнт природної освітленості (КПО) не нижче 1,5%. Для захисту від прямих сонячних променів, які створюють прямі та відбиті відблиски на поверхні екранів і клавіатури, використовуються сонцезахисні пристрої, на вікнах встановлені жалюзі або штори. Штучне освітлення в приміщенні здійснено системою загального рівномірного освітлення. Значення освітленості на поверхні робочого столу в зоні розміщення документів становить 300-500 лк. Як джерела штучного освітлення в приміщенні застосовуються люмінесцентні лампи типу ЛБ.

Показники мікроклімату в офісних приміщеннях відповідають встановленим санітарно-гігієнічним вимогам ДСН 3.3.6-042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень», ГОСТ 12.1.005-88 (1991) «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» і ГН 2152-80 «Санітарно-гігієнічні норми допустимих рівнів іонізації повітря виробничих та громадських приміщень».

Роботи в приміщеннях обслуговування туристів, належать до категорії Іб – легка робота, тому встановлені наступні оптимальні значення параметрів мікроклімату:

- у холодний період року: температура 21 – 23 °С; відносна вологість: 40-60 %; швидкість переміщення повітря: 0,1 м/с;

- у теплий період року: температура 22 – 24 °С; відносна вологість: 40-60 %; швидкість переміщення повітря: 0,2 м/с.

Оптимальні рівні позитивних (n+) і негативних (n-) іонів у повітрі приміщення з ПК нормовані згідно ГН 2152-80 «Санітарно-гігієнічні норми

допустимих рівнів іонізації повітря виробничих та громадських приміщень» і становлять: $n^+ = 1500-30000$ (шт. на 1 см^3); $n^- = 3000-5000$ (шт. на 1 см^3). Підтримка оптимального рівня легких позитивних і негативних аероіонів у повітрі на робочих місцях забезпечено за допомогою біполярних коронних аеройонізаторів.

Дотримання вимог цих документів досягається оснащенням приміщень і транспортних засобів пристроями кондиціонування і вентиляції, дезодорації повітря, опалення згідно вимог ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування».

Рівні звукового тиску в октавних смугах частот, рівні звуку та еквівалентні рівні звуку на робочих місцях у приміщення нормуються згідно ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» та ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку».

Зниження рівня шуму в приміщенні здійснено за допомогою:

- використання більш сучасного обладнання;
- розташування принтерів та різноманітного устаткування колективного користування на значній відстані від більшості робочих місць працівників; – переведення жорсткого диска в режим сну (Standby), якщо комп'ютер не працює протягом визначеного часу;
- використання блоків живлення ПК з вентиляторами на гумових підвісках.

6.4 Заходи з пожежної безпеки

Закон України «Про пожежну безпеку» визначає загальні правові, економічні та соціальні основи забезпечення пожежної безпеки на території

України, регулює відносини державних органів, юридичних і фізичних осіб у цій галузі незалежно від виду їх діяльності та форм власності.

Пожежна безпека – стан об'єкта, при якому з регламентованою ймовірністю виключається можливість виникнення та розвиток пожежі і впливу на людей її небезпечних факторів, а також забезпечується захист матеріальних цінностей.

Для забезпечення пожежної безпеки в установах проводять пожежну профілактику, яка включає в себе комплекс організаційних і технічних заходів, спрямованих на забезпечення безпеки людей, на запобігання пожежі, обмеження її поширення, а також на створення умов для успішного гасіння пожежі.

Для ліквідації пожежі у початковій стадії її розвитку силами персоналу об'єктів застосовуються первинні засоби пожежогасіння. До них відносяться: вогнегасники, пожежний інвентар (покривала з негорючого теплоізоляційного полотна, ящики з піском, пожежні відра, совкові лопати, ломы, сокири тощо), системи автоматичного пожежогасіння.

Первинні засоби пожежогасіння, в залежності від категорії приміщень, можуть розташовуватись як окремо, так і в складі пожежних щитів.

Залежно від агрегатного стану й особливостей горіння різних горючих речовин і матеріалів пожежі за ДБН В.1.1.7-2002 «Пожежна безпека об'єктів будівництва» поділяються на відповідні класи.

В офісному приміщенні знаходиться дерев'яна мебель, електронна апаратура, бумажні носії інформації.

Клас пожежі у офісному приміщенні (згідно із ДБН В.1.1.7-2002 «Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва») – пожежі твердих речовин, переважно органічного походження, горіння яких супроводжується тлінням (деревина, пластмаси, папір) визначається як клас А. Категорія приміщення (згідно із НАПБ Б.03.002-2007 «Норми визначення категорій приміщень,

будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою») – визначається як категорії Д.

Визначення типу та розрахунок кількості первинних засобів пожежегасіння (згідно із ДБН В.1.1.7-2002 «Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва») – для адміністративного приміщення площею 20,91 м² слід застосовувати два порошкових вогнегасниками типу ВП–5 (НАПБ Б.03.002-2007 «Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою». ДБН В.1.1.7-2002 «Пожежна безпека об'єктів будівництва»). Крім цього адміністративні приміщення повинні бути обладнані автоматичними пожежними сповіщувачами, що реагують на підвищення температури, дим, полум'я. Наприклад, сповіщувачі моделей ДТЛ, ІТМ.

6.5 Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях

Ударною хвилею називається область різкого стиску середовища, що поширюється у вигляді сферичного шару від місця вибуху з надзвуковою швидкістю. Ударні хвилі класифікуються в залежності від середовища поширення. Ударна хвиля в повітрі виникає за рахунок передачі стиснення і розширення шарів повітря. Зі збільшенням відстані від місця вибуху хвиля слабшає і перетворюється на звичайну акустичну. Хвиля при проходженні через дану точку простору викликає зміни в тиску, що характеризуються наявністю двох фаз: стиснення та розширення. Період стиснення настає відразу і триває порівняно невеликий час в порівнянні з періодом розширення. Руйнівна дія ударної хвилі характеризують надлишковий тиск у її фронті (передній межі), тиск швидкісного напору, тривалість фази стиснення.

Ударна хвиля у воді відрізняється від повітряної значеннями своїх характеристик (великим надмірним тиском і меншим часом впливу). Ударна

хвиля в ґрунті при видаленні від місця вибуху стає подібна сейсмічній хвилі. Вплив ударної хвилі на людей і тварин може призвести до отримання безпосередніх чи непрямих поразок. Воно характеризується легкими, середніми, важкими і вкрай важкими ушкодженнями та травмами.

Вражаюче дія ударної хвилі характеризується величиною надлишкового тиску. Надмірний тиск – це різниця між максимальним тиском у фронті ударної хвилі і нормальним атмосферним тиском перед ним.

При надлишковому тиску 20-40 кПа незахищені люди можуть одержати легкі поразки (легкі забиті місця і контузії). Вплив ударної хвилі з надлишковим тиском 40-60 кПа призводить до поразок середньої важкості: втраті свідомості, ушкодженню органів слуху, сильним вивихів кінцівок, кровотечі з носа і вух. Важкі травми виникають при надлишковому тиску понад 60 кПа. Вкрай важкі поразки спостерігаються при надлишковому тиску понад 100 кПа.

Ударна хвиля ядерного вибуху може на значній відстані від центра вибуху завдавати поразки людям, руйнувати споруди і ушкоджувати бойову техніку. Ударна хвиля являє собою область сильного стиснення повітря, що розповсюджується з великою швидкістю у всі сторони від центра вибуху. Швидкість поширення її залежить від тиску повітря у фронті ударної хвилі; поблизу центра вибуху вона в декілька разів перевищує швидкість звуку, але із збільшенням відстані від місця вибуху різко падає.

Вражаюча дія ударної хвилі на людей і руйнуючу дію на бойову техніку, інженерні споруди і матеріальні кошти передусім визначаються надмірним тиском і швидкістю рушення повітря в її фронті. Незахищені люди можуть, крім того поранитися осколками скла, що летять з величезною швидкістю і обломками будівель, що руйнуються, падаючими деревами, а також частинами бойової техніки, що розкидаються, камінням і іншими предметами, що приводяться в рушення швидкісним натиском ударної хвилі. Найбільші непрямі поразки будуть спостерігатися в населених пунктах і в лісі; в цих випадках

втрати військ можуть виявитися більшими, ніж від безпосередньої дії ударної хвилі. Ударна хвиля здатна завдавати поразки і в закритих приміщеннях, проникаючи туди через щілини і отвори. Поразки, що наносяться ударною хвилею, поділяються на легкі, середні, важкі і надто важкі. Легкі поразки характеризуються тимчасовим пошкодженням органів слуху, загальною легкою контузією, ударами і вивихами кінцівок. Важкі поразки характеризуються сильною контузією всього організму; при цьому можуть спостерігатися пошкодження головного мозку і органів черевної порожнини, сильна кровотеча з носа і вух, важкі переломи і вивихи кінцівок. Міра поразки ударною хвилею залежить передусім від потужності і вигляду ядерного вибуху.

Механічне вплив ударної хвилі оцінюється за ступенем руйнувань, викликаних дією хвилі (виділяються слабе, середнє, сильне і повне руйнування). Енергетичне, промислове і комунальне обладнання в результаті дії ударної хвилі може отримати пошкодження, також оцінюються за їх тяжкості (слабкі, середні і сильні). Вплив ударної хвилі може призвести також до пошкоджень транспортних засобів, гідровузлів, лісових масивів. Як правило, шкода, яка завдається впливом ударної хвилі, дуже великий, він наноситься як здоров'ю людей, так і різним спорудам, устаткуванню і т.д.

Середнє руйнування проявляється в руйнуванні дахів і вбудованих елементів-внутрішніх перегородок, вікон, а також у виникненні тріщини у стінах, обвалення окремих ділянок горищних перекриттів і стін верхніх поверхів. Підвали зберігаються. Після розчистки і ремонту може бути використана частина приміщень нижніх поверхів. Відновлення будівель можливо при проведенні капітального ремонту.

Сильне руйнування характеризується руйнуванням несучих конструкцій і перекриттів верхніх поверхів, утворенням тріщин у стінах і деформацією перекриття нижніх поверхів. Використання приміщень стає неможливим, а ремонт і відновлення найчастіше недоцільним.

Повне руйнування. Руйнуються всі основні елементи будівлі, включаючи і несучі конструкції. Використовувати будівлі неможливо. Підвальні приміщення при сильних та повних руйнування можуть зберігатися і після розбору завалів частково використовуватися.

Ударною хвилею називається область різкого стиску середовища, що поширюється у вигляді сферичного шару від місця вибуху з надзвуковою швидкістю.

ВИСНОВКИ

Проведено аналіз сучасного стану розвитку ринку акумуляторних батарей і джерел постійного електроживлення. Оцінені перспективні напрямки розвитку.

Побудовано математичну модель батареї літіє-іонних акумуляторів в середовищі MATLAB. Отримано характеристики при різних ситуаціях (різних токах, різних температурах). Доопрацьована модель акумуляторної батареї, яка використовується в Simulink, що враховує зміни температури, саморозряд і деградаційні зміни АБ. Характеристики, отримані в ході тестування АБ, підтверджують її працездатність і те що модель може бути використана при проектуванні різних систем електроживлення.

Виконав проєктне моделювання джерела електроживлення який має великий потенціал по віддачі потужності. Для проєкту бума розроблена та представлена схема підвищуючого DC-DC конвертора яка має свої плюси по відношенню до існуючих аналогів.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Смирнов С.Е. Перспективные литиевые источники тока с полимерным электролитом. Справочник. // Вестник МЭИ. – № 2. 2004. – С.62-67.
2. Браун М. Источники питания. Расчет и конструирование. «Учебник» Перевод с англ. С.Л. Попова. – К.: МК-Пресс, 2007. – 288 с.
3. Готтлиб Ирвинг М. Источники питания. Инверторы, конверторы, линейные и импульсные стабилизаторы. Учебник. М.: Постмаркет, 2002. – 544 с.
4. Литиево-ионный аккумулятор, [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki>
5. Характеристики аккумуляторов, [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.18650.com.cn/news/15373317.html>
6. Моделирование математической модели литие-ионных аккумуляторов в среде MATLAB, [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.mathworks.com/help/physmod/sps/powersys/ref/battery.html>.
7. Моделирование математической модели литие-ионных аккумуляторов в среде MATLAB, [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.mathworks.com/help/physmod/sps/powersys/ref/battery.html>.
8. Способ заряда литиево-ионных аккумуляторов батарей, [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://kit-e.ru/articles/powersource/2012_11_119.php.
9. Эксплуатация и сохранение литиево-ионных аккумуляторов для инструмента, [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.wikidacha.ru/articles/?id=436>