

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії
(Охорона (назва факультету))
Кафедра комп'ютерних систем та мереж
(повна назва кафедри)

Магістр

на тему: Методи та засоби тестування літієвих акумуляторів
комп'ютеризованою системою

(підпис)

(прізвище та ініціали)

(підпис)

(прізвище та ініціали)

(підпис)

(прізвище та ініціали)

(підпис)

(прізвище та ініціали)

(підпис)

(прізвище та ініціали)

м. Тернопіль
2025

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

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії

(повна назва факультету)

Кафедра комп'ютерних систем та мереж

(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

доц. Осухівська Г.М.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

17 листопада 2025 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю

123 Комп'ютерна інженерія

студенту

Наконечному Віталію Володимировичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи

Методи та засоби тестування літієвих акумуляторів

комп'ютеризованою системою

Керівник роботи

Баран Ігор Олегович., к.т.н., доц.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом по університету від «14» листопада 2025 року № 4/7-988

2. Термін подання студентом роботи 16.12.2025

3. Вихідні дані до роботи

наукові літературні джерела

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

1 Аналіз предметної області. 2 Вибір методів та засобів. Принципова схема

3. Алгоритмічне забезпечення.

4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

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

1. Тема, Актуальність дослідження. 2. Мета, задачі, об'єкт, предмет, новизна дослідження

3. Параметри та області застосувань акумуляторів різного типу.

4. Структурна схема пристрою.

5. Схема вузла електронного навантаження

6. Блок-схема алгоритму дій щодо вимірювання ємності акумулятора.

7. Блок-схема алгоритму вимірювання внутрішнього опору акумулятора за змінним струмом.

8. Висновки..

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Охорона праці</i>	<i>Осухівська Г.М., доцент</i>	<i>04.12.2025</i>	
<i>Безпека в надзвичайних ситуаціях</i>			

7. Дата видачі завдання 17.11.2024.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	<i>Аналіз існуючих методів та засобів розв'язання науково-технічних проблем, що відповідають тематиці кваліфікаційної роботи.</i>	<i>17.11-21.11.25</i>	<i>Виконано</i>
2.	<i>Обґрунтування актуальності дослідження</i>	<i>22.11-24.11.25</i>	<i>Виконано</i>
3.	<i>Аналіз предмету дослідження та предметної області</i>	<i>25.11-29.11.25</i>	<i>Виконано</i>
4.	<i>Проведення дослідження методів та засобів аналітичного опрацювання даних</i>	<i>30.11-04.12.25</i>	<i>Виконано</i>
5.	<i>Оформлення розділу «Аналіз предметної області»</i>	<i>05.12-07.12.26</i>	<i>Виконано</i>
6.	<i>Оформлення розділу «Вибір методів та засобів. Принципова схема»</i>	<i>08.12-09.12.25</i>	<i>Виконано</i>
7.	<i>Оформлення розділу «Алгоритмічне забезпечення»</i>	<i>10.12-11.12.25</i>	<i>Виконано</i>
8.	<i>Оформлення розділу «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях»</i>	<i>04.12-10.12.25</i>	<i>Виконано</i>
9.	<i>Нормоконтроль</i>	<i>10.12-14.12.25</i>	
10.	<i>Попередній захист роботи</i>	<i>16.12.25</i>	<i>Виконано</i>
11.	<i>Захист кваліфікаційної роботи</i>	<i>22.12.25</i>	

Студент

(підпис)

Наконечний В.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Баран І.О.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Наконечний В.В. Методи та засоби тестування літєвих акумуляторів комп'ютеризованою системою: робота на здобуття кваліфікаційного ступеня магістра: спец. 123 — комп'ютерна інженерія / наук.кер. І.О. Баран. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2025.

Ключові слова: акумулятор, АЦП, електронне навантаження, ємність, зарядження / розрядження, шина I²C

У роботі розглянуто поняття акумуляторної комірки та акумуляторної батареї, описані їх основні типи (NiMH, NiCd, LiIon, LiPol), наведено ключові параметри акумуляторів.

Описано основні методи контролю тих акумуляторних параметрів, які регламентуються ДСТУ. Проведено огляд присутніх на вітчизняному ринку пристроїв для тестування акумуляторів. Продемонстровано їх ключові технічні характеристики, а також переваги та недоліки. На основі формування вимог розроблена структурна схема пристрою для контролю параметрів акумуляторів.

Розроблена схема електрична принципова пристрою тестування акумуляторів, що дозволяє проводити вимірювання параметрів акумуляторів відповідно до вимог ДСТУ. Схема побудована на мікроконтролері, що містить розрядні ланцюги і необхідні вузли для вимірювання і комутації, а також необхідні елементи для взаємодії з користувачем.

Створено алгоритмічне забезпечення функціонування окремих етапів роботи приладу.

ANNOTATION

Nakonechnyi V. Methods and means of lithium batteries testing with a computerized system. Master's Graduation Thesis: speciality 123 — Computer engineering / supervisor I.O. Baran. Ternopil: Ternopil Ivan Puluj National Technical University, 2025.

Keywords: battery, ADC, electronic load, capacitance, charging/discharging, I²C bus

Thesis considers the concept of a battery cell and a battery, describes their main types (NiMH, NiCd, LiIon, LiPol), and provides key battery parameters.

The main methods for controlling those battery parameters that are regulated by DSTU are described. A review of battery testing devices available on the domestic market is conducted. Their key technical characteristics, as well as advantages and disadvantages, are demonstrated. Based on the formation of requirements, a structural diagram of a device for controlling battery parameters is developed.

An electrical schematic diagram of a battery testing device has been developed, which allows measuring battery parameters in accordance with DSTU requirements. The circuit is built on a microcontroller containing discharge circuits and the necessary nodes for measurement and switching, as well as the necessary elements for interaction with the user.

Algorithmic support for the functioning of individual stages of the device operation has been created.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ	8
ВСТУП.....	9
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ	11
1.1. Поняття акумулятора та акумуляторної комірки	11
1.2. Основні типи акумуляторних батарей та їх основні параметри	12
1.2.1. NiMH акумулятори	14
1.2.2. NiCd акумулятори	16
1.2.3. LiIon акумулятори	16
1.2.4. LiPol акумулятори	20
Висновки до розділу 1	22
РОЗДІЛ 2. ВИБІР МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ. ПРИНЦИПОВА СХЕМА.....	23
2.1. Методи контролю основних параметрів акумуляторів	23
2.2. Огляд ринкових пропозицій пристроїв тестування акумуляторів	26
2.2.1. Цифровий вимірювач параметрів акумуляторів JUNTEK VAT1100	26
2.2.2. Вимірювач ємності акумуляторів ZH-YU ZB206+.....	29
2.2.3. Електронне навантаження EBC-A10H з функцією тестування акумуляторів	30
2.2.4. Аналізатор акумуляторних батарей Foxwell BT100Pro.	31
2.3. Структурна схема пристрою для контролю параметрів акумуляторів	32
2.4. Розробка принципової схеми пристрою	34
2.4.1. Вузол електронного навантаження	34
2.4.2. Вузол тестування змінного струму	37
2.4.3. Вузол комутації	40
2.4.4. Вузол вимірювання силового струму акумулятора.....	41
2.4.5. Вузол АЦП	42
2.4.6. Мікроконтролерний вузол.....	43
Висновки до розділу 2	46

РОЗДІЛ 3. АЛГОРИТМІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	47
3.1. Вибір режиму вимірювання.	47
3.2. Вимірювання напруги на акумуляторі.....	49
3.3. Вимірювання ємності акумулятора.....	49
3.4. Вимірювання внутрішнього опору акумулятора змінного струму.....	51
3.5. Вимірювання внутрішнього опору акумулятора за постійним струмом	52
3.6. Ємність акумулятора за короткого режиму розрядження	54
Висновки до розділу 3	56
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	58
4.1. Охорона праці.....	58
4.2. Планування та порядок проведення евакуації населення з районів наслідків впливу НС техногенного та природного характеру	61
Висновки до розділу 4	64
ВИСНОВКИ.....	65
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	66
ДОДАТОК А. Тези конференції	

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

C – ємність акумулятора в ампер-годинах (Ah).

It – приведений розрядний струм, яким акумулятор розряджається упродовж 1 години.

Атенюатор – пристрій, що знижує інтенсивність сигналу без суттєвого спотворення його форми.

АЦП – аналогово-цифровий перетворювач.

ПЗ – програмне забезпечення.

ЦАП – цифро-аналоговий перетворювач.

ВСТУП

Актуальність теми. Акумулятори та акумуляторні батареї як вторинні електрохімічні джерела електричної енергії знайшли найширше застосування, як у промисловості, так і в побуті. Продовження ресурсу акумуляторів і акумуляторних батарей є особливим і актуальним завданням, оскільки, з одного боку, дозволяє скоротити експлуатаційні витрати не тільки у виробничо-промисловій сферах, а також і в особистих бюджетах. Тому розробка апаратних рішень, що дозволяють реалізувати алгоритми тестування акумуляторів і акумуляторних батарей, що задовольняють вимог ДСТУ у цій галузі і дозволяють модифікувати і модернізувати ПЗ, а також розвивати платформні рішення з мінімальними апаратними змінами.

При використанні акумуляторів виділяють два періодичні процеси в їх експлуатації - етапи заряду та розряду. При експлуатації батарей акумуляторів, особливо в промислових та відповідальних засобах важливо розуміти поточний стан акумулятора, його ресурс, що залишився. У цьому можуть допомогти вимірювання основних характеристик, регламентованих ДСТУ для відповідних типів акумуляторів. Як правило, це внутрішні опори, які виміряні та обчислені на постійному та змінному струмі, характеристики разового короткого розрядження, періодичних процедур заряджання/розряджання.

У зв'язку з цим зручно мати пристрій, що дозволяє провести тестування перерахованих параметрів і надати інформацію про виміряні та обчислені параметри у зручному, читаному вигляді і при цьому надає можливості до модернізації ПЗ без перероблень, або з мінімальною модернізацією схемотехнічних рішень.

Мета дослідження: створення максимально універсального з апаратної точки зору рішення для побудови пристрою тестування акумуляторів з можливістю реалізації вимог різних ДСТУ шляхом програмної модернізації.

Завдання кваліфікаційної роботи:

- зібрати дані про основні типи акумуляторів та акумуляторних батарей,

поширених зараз на ринку;

- дослідити наявні рішення пристроїв для тестування акумуляторів та акумуляторних батарей;
- провести аналіз вимог ДСТУ щодо випробування акумуляторів та їх батарей на основі літієвої технології;
- спроектувати електричну принципову схему пристрою для тестування акумуляторів та їх батарей із можливістю керованого розрядження та вимірюванням характеристик, зазначених у відповідних ДСТУ.

Об'єкт дослідження: тестування акумуляторних батарей, котрі базуються на літієвих технологіях.

Предмет дослідження: апаратне та алгоритмічне забезпечення процесу тестування акумуляторних батарей.

Методи дослідження: фундаментальні положення комп'ютерної інженерії; методи контролю параметрів акумуляторів, що регламентуються ДСТУ EN 60622:2016.

Наукова новизна отриманих результатів:

- отримав подальший розвиток процес тестування параметрів акумуляторів із застосуванням спеціалізованого обладнання відповідно до вимог ДСТУ.

Практичне значення результатів кваліфікаційної роботи. Розробку зручно використовувати не тільки для автомобілів чи електротранспорту, але і в домашніх умовах, оскільки зараз дуже актуальним є проблеми із відключенням електромережі, тому акумуляторні батареї стали значно ширше використовувати.

Публікації. Окремі результати дослідження апробовано на XIII науково-технічній конференції «Інформаційні моделі, системи та технології» (Тернопіль, ТНТУ ім. І. Пулюя, 17-18 грудня 2025 р) як опубліковані тези.

Структура роботи. Робота складається з пояснювальної записки та графічної частини. Пояснювальна записка складається з вступу, 4 розділів, висновків, списку використаної літератури та додатків.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

1.1. Поняття акумулятора та акумуляторної комірки

Хімічні джерела живлення, до яких належать гальванічні елементи та їх батареї, а також акумуляторні батареї, поділяють на первинні та вторинні. До первинних джерел струму відносять гальванічні елементи, які генерують напругу за рахунок первинної хімічної реакції, що відбувається в них. Акумулятори відносять до вторинних джерел напруги, що передбачає, що за рахунок процесу заряду відбувається регенерація хімічного середовища і з'являється можливість вторинного її використання для генерації електричної енергії. При цьому процес заряду виникає, коли струм протікає в напрямку, протилежному напрямку розряду.

Призначення акумуляторів - автономне електроживлення електронних та електротехнічних пристроїв різного призначення, резервування джерел основного живлення у всіх галузях діяльності людини.

Розрізняють поняття акумулятора або елементарної акумуляторної комірки і акумуляторної батареї, що складається з типового набору акумуляторних комірок. В акумуляторній батареї, у загальному випадку, акумуляторні комірки можуть з'єднуватися між собою як послідовно, для збільшення напруги на клеммах акумуляторної батареї, так і паралельно, для збільшення ємності акумуляторної батареї.

Якщо розглядати зовнішній, щодо акумулятора, контур замкненого ланцюга, то процес розряду протікає в напрямку від позитивного полюса акумулятора через зовнішній замкнутий ланцюг до негативного полюса акумулятора. Відповідно, якщо створити струм, який всередині акумулятора протікає від позитивного до негативного електрода, почнеться процес заряду акумулятора [1].

Термінологія, що відноситься до акумуляторів, як хімічних джерел струму, регламентується спеціальним ДСТУ [2].

1.2. Основні типи акумуляторних батарей та їх основні параметри

Принцип дії акумуляторів базується на хімічних реакціях, які можуть протікати під дією розрядного струму одним чином, а під дією зарядного струму іншим. При цьому при заряді, акумуляторну комірку можна розглядати як електролітичну комірку, в якій відбувається процес електролізу. На аноді та катоді акумуляторного осередку відбуваються різні реакції.

Наступним великим типом акумуляторних батарей є лужні акумулятори. У таких акумуляторах як електроліт використовують лужні розчини: або водний розчин КОН, також відомий як «їдкий калій», або водний розчин NaOH - «їдкий натрій». В даний час найпоширенішими типами лужних акумуляторів є акумулятори з електродом нікель-кадмієвого типу (NiCd акумулятори) і нікель-металогідридні акумулятори (NiMH акумулятори).

З розвитком хімії процесів акумуляторів з'явилися літієві акумулятори . У літієвих акумуляторів виділяють літій-іонні та літій-полімерні типи акумуляторів.

У літій-іонному акумуляторі як катод використовують алюмінієву фольгу, яка відокремлюється пористими сепараторами різних типів від анода, виконаного з мідної фольги. У таких акумуляторах позитивний іон літію переносить електричний заряд. Такий іон літію вбудовують у кристалічні ґрати графіту, отримуючи LiC_6 , в оксиди, отримуючи LiMO_2 або солі металів – LiMRON.

Таким чином, виходячи з наведеного вище, можна виділити, що в даний час на ринку найбільш широко представлені і набули найбільшого поширення такі основні типи акумуляторів:

- NiMH акумулятори;
- NiCd акумулятори;
- Lilon акумулятори;
- LiPol акумулятори;

– лужні акумулятори.

Ці типи акумуляторів використовують різні хіміко-фізичні процеси і мають різні масо-габаритні та експлуатаційні властивості.

Зведемо в табл. 1.1 основні параметри цих акумуляторів.

Таблиця 1.1

Параметри акумуляторів різного типу

Параметр	Pb-кислотні	NiCd	NiMH	Li-ion		
				Кобальт літію	Літій марганцеві	Літій-феро-фосфатні
Питома густина енергії, Вт-ч/кг	30-50	45-80	60-120	150-190	100-135	90-120
Життєвий цикл (80% розряду)	200-300	1000	300-500	500- 1000	500-1000	1000-2000
Час швидкої зарядки, год	8-16	~1	2-4	2-4	<1	<1
Терпимість до перезарядки	Висока	Середня	Низька	Низька. Не переносять постійне перезаряджання		
Саморозрядження/місяць (при кімнатній температурі), %	5%	20%	30%	<10%		
Номінальна напруга,	2	1,2	1,2	3,6	3,8 ⁸	3,3
Напруга відсічення при зарядці (В/елемент, 1С)	2,25-2,4			4,2		3,6
Напруга відсічення при розрядці (В/елемент, 1С)	1,75	1,00		2,5-3,0		2,8
Піковий струм навантаження	5С	20С	5С	>3С	>30С	>30С
Температура заряджання, °С	-20...+50	0...+45		0...+45		
Температура розрядки, °С	-20...+50	-20...+65		-20...+60		
Вимоги до обслуговування	3-6 місяців (підзарядка)	30-60 днів (розрядка)	60-90 днів (розрядка)	Не потрібно		
Вимоги до безпеки	термічно стабільні	Термічно стабільні. Зазвичай використовуються термозапобіжники		Обов'язковий захисний контур		

Зазначимо, що в табл. 1.1 зведені найбільш комерційно поширені типи

аккумуляторів, в той же час існує ще множина типів аккумуляторів [3].

У табл. 1.2 зведемо основні сфери застосування найбільш поширених типів аккумуляторів.

Таблиця 1.2

Області застосування основних типів аккумуляторів

Тип	ЕРС (В)	Область застосування
Свинцево-кислотні Pb	2,1	Тролейбуси, трамваї, повітряні судна, автомобілі, мотоцикли, електронавантажувачі, штабелери, електротягачі, аварійне електропостачання, джерела безперебійного живлення
Нікель-кадмієві Ni-Cd	1,2	Заміна стандартного гальванічного елемента, будівельні електроінструменти, тролейбуси, повітряні судна
Нікель-метал-гідридні Ni-MH	1,2	Заміна стандартного гальванічного елемента, електромобілі
Літій-іонні Li-ion	3,7	Мобільні пристрої, будівельні електроінструменти, електромобілі
Літій-полімерні Li-pol	3,7	Мобільні пристрої, електромобілі
Нікель-цинкові Ni-Zn	1,6	Заміна стандартного гальванічного елемента

Електричні та експлуатаційні власне характеристики аккумулятора перебувають у залежності від матеріалу електродів та складу електроліту [3].

Розглянемо кожен із перерахованих типів аккумуляторів більш докладно.

1.2.1 NiMH аккумулятори. Це є нікель-метал-гідридні аккумулятори [4]. Їх фізична суть ґрунтується на накопиченні водню в об'ємі анода. Такий анод виготовляється із сплаву, що дозволяє абсорбувати водень. Як такий сплав виступає сплав нікелю з лантаном.

При підключенні аккумулятора до зовнішнього джерела струму відбувається заряд аккумулятора, який виражається в накопиченні в об'ємі анода електронів

Структура NiMh аккумулятора крім описаних раніше електродів включає в себе сепаратор, що розділяє електроди. У циліндричному типі аккумуляторів

сепаратор розташовується між електродами і цей бутерброд згортається трубочкою і поміщається в анодну склянку. Зверху згорнутих електродів та сепаратора розташовується термозахист, захисний клапан та катодний контакт. Навколо анодної склянки розташовується ізолятор. Структура типового циліндричного NiMh акумулятора показана на рис. 1.1.

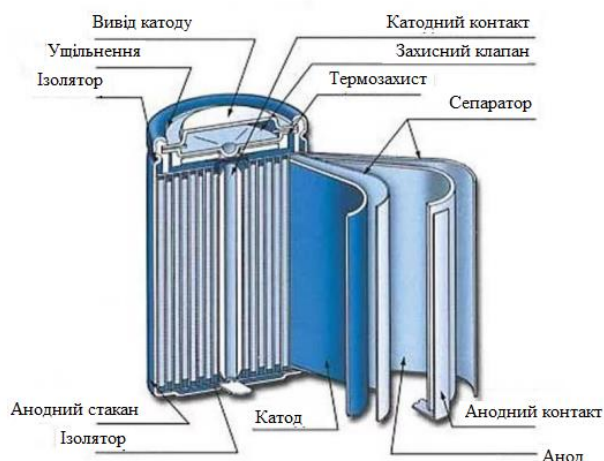


Рис. 1.1. Структура типового циліндричного NiMh акумулятора

З позиції безпеки NiMh акумулятори, як правило вибухо- та пожежобезпечні. Як додатковий захід безпеки можна вбудовувати в зарядні пристрої термістори чи інші схемотехнічні рішення, які обмежуватимуть зарядний струм, що протікає через них при підвищенні температури акумулятора під час заряджання.

Якщо процесі експлуатації NiMh акумуляторів відбувається або неповний розряд, або неповний заряд, то класичні акумулятори, зазвичай, виявляють так званий «ефект пам'яті». Цей ефект виникає через зростання кількості кристалів в обсязі електроліту і на поверхні електродів при проходженні окислювально-відновної реакції. При цьому площа контакту електродів з електролітом зменшується, а отже знижується ємність акумуляторів. Відновлення ємності можна досягти під час проведення поспіль кількох циклів розряду-заряду, чи, так званим, тренуванням. Воно полягає в заряді акумуляторів імпульсним струмом з короткочасним негативним імпульсом. У такому режимі відбувається руйнування

кристалів, що утворилися раніше, і ємність акумуляторів певним чином відновлюється. Однак, якщо зростання кристалів подолато деякий поріг, то зміни можуть бути незворотними і акумулятор виводиться з експлуатації.

1.2.2. NiCd акумулятори. Використовують електроди, виготовлені з гідроксиду оксиду нікелю один і металевого кадмію як другий. Максимальна напруга NiCd акумуляторів відразу після заряду становить 1.3 В, опускаючись протягом короткого часу до 1.2 В і на цьому рівні утримується з невеликим зниженням майже до повного розрядження. Нікель-кадмієві акумулятори мають досить високий термін експлуатації при оцінці за часом, а в циклах це близько 2000 циклів заряду-розряду. Крім цього, нікель-кадмієві акумулятори забезпечують хороші експлуатаційні показники при знижених температурах і при негативних температурах втрачають ємність лише незначно [5]. Також, нікель-кадмієві акумулятори можуть віддавати практично повну потужність при високих струмах розрядження за короткі інтервали часу.

До основних недоліків нікель-кадмієвих акумуляторів відносять велику вартість матеріалів у порівнянні з деякими іншими типами акумуляторів, а також безумовно високу швидкість саморозрядження.

На відхід нікель-кадмієвих акумуляторів з масового ринку значною мірою впливають успіхи у побудові акумуляторів високої ємності NiMH типу, а також висока токсичність матеріалів при їх утилізації.

Однак великі вентильовані батареї нікель-кадмієвих акумуляторів використовують в аварійному освітленні, резервному живленні і т.п.

1.2.3. LiIon акумулятори. Літій-іонні акумулятори мають внутрішню структуру, показану на рис. 1.2.

Літій-іонні акумулятори поділяються на такі типи [6].

– літій-кобальтові (ICR) - мають найбільш високу ємність, обмежений ресурс і високі вимоги до умов роботи, вихідна напруга – 3...4.2В, питома енергоємність – 250Вч/кг, максимальний струм розрядження - 2С, тривалий

робочий струм розрядження -1С Вибухонебезпечні і можуть спалахувати або при глибокому розрядженні при перевантаженні або при значних струмах споживання, що перевищують номінальні;

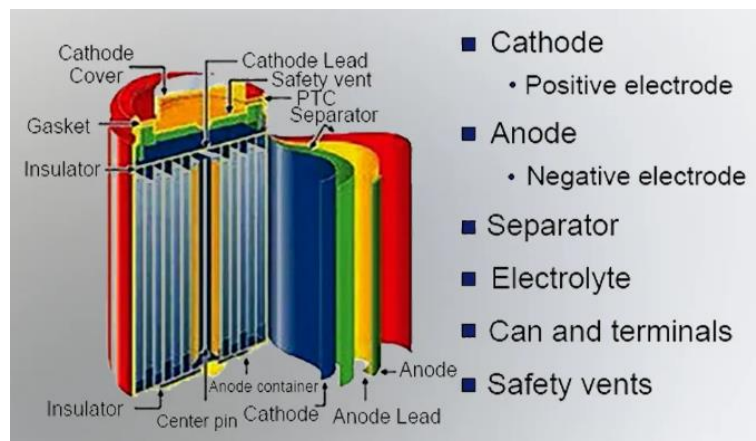


Рис. 1.2. Структура Li-Ion акумулятора

— літій-нікель-марганець-кобальт-оксидний (NMC), мають номінальну напругу 3.7В з діапазоном робочої напруги 2.6-4.3 В, струмовіддачу до 2С, до 1000 циклів заряджання/ розрядження, при частковому розрядженні – до 5000 циклів;

— літій-нікель-кобальт-алюміній-оксидний (NCA) [7] має питому щільність енергії від 200 до 260 Вт*ч/кг, число циклів до 500 максимальна напруга на елементі 4.2В та діапазон робочих напруг 3.0-3.6В;

— літій-марганцеві (IMR або INR) – ці акумулятори мають діапазон робочих напруг від 2.5 до 4.2В, едельну енергоємність 14-150 Вт год/кг та ресурс за часом експлуатації до 6 років, а за циклами зарядження/ розрядження - до 1000 циклів. Ці акумулятори втрачають працездатність при температурах нижче -10°C, мають низький рівень саморозрядження і як правило не схильні до займання і вибухів;

— літій залізофосфатні акумулятори (LiFePO₄, LiFe, LFP, IFR) – у таких акумуляторах катод виконують з ферофосфату літію, анод - складовий. Основою анода є мідна підкладка, на яку наноситься тим чи іншим способом графіт. Оскільки такі акумулятори мають у сукупності дуже привабливі

споживчі характеристики: невисоку питому вартість, низьку токсичність при утилізації та виготовленні, тривалий термін служби вимірюваний і в часі і в циклах зарядження/ розрядження, такі акумулятори широко використовують в електромобілях споживчого, комерційного і технологічного сегментів, стаціонарних установках. На даний момент частка таких акумуляторів, що використовуються для електромобілів, становить близько 30% всього ринку. Таке широке використання в електротранспорті обумовлено низькою пожежонебезпечністю таких акумуляторів, але з іншого боку, що більш актуально для України - такі акумулятори неможливо заряджати на морозі. До інших особливостей таких акумуляторів відносять більш тривалий ніж в інших типів термін служби акумуляторів у часовому вимірі, мають стабільну напругу розрядження. З часом літій фосфатні акумулятори повільніше втрачають ємність при експлуатації порівняно з іншими типами літєвих акумуляторів;

– літій-титанатні акумулятори (LTO) [8] мають найширший робочий температурний діапазон від -60 до +60°C діапазон робочих напруг однієї комірки т 1.6 до 2.7В, номінальна напруга однієї комрки таких акумуляторів 2.3В, величина питомої енергоємності близько 100Вт/год, мають найбільший ресурс за циклами розряджання/заряджання – до 15000, оскільки мають найнижчий внутрішній опір зі всіх модифікацій LiIon акумуляторів, що дозволяють використовувати надшвидкий заряд великими струмами і великими струмами розряджати акумулятор у разі потреби, мають наднизьке власне саморозрядження – близько 0.02% на добу.

За рахунок того, що напруга літій-титанатних акумуляторів нижча, ніж загалом у інших типів літій іонних акумуляторів, вони мають порівняно меншу питому енергію – 30- 11-Вт * год / кг. Через це, незважаючи на їх гігантський ресурс, використання таких акумуляторів в електроніці, що вимагає максимальну щільність енергії в об'ємі акумулятора не набуло поширення. Мають теоретично найбільшу затребуваність для автомобілебудування, але великий ресурс акумуляторів виробники автомобілів сприймають як ринковий недолік, що призводить до зниження кількості необхідних продажів.

Для літій - іонних акумуляторів при їх з'єднанні в батареї досить актуальним стає завдання вирівнювання напруги на послідовно включених комірках. Різні випадки, що виникають при заряджанні/ розрядженні літій-іонних акумуляторів, показано на рис. 1.3.

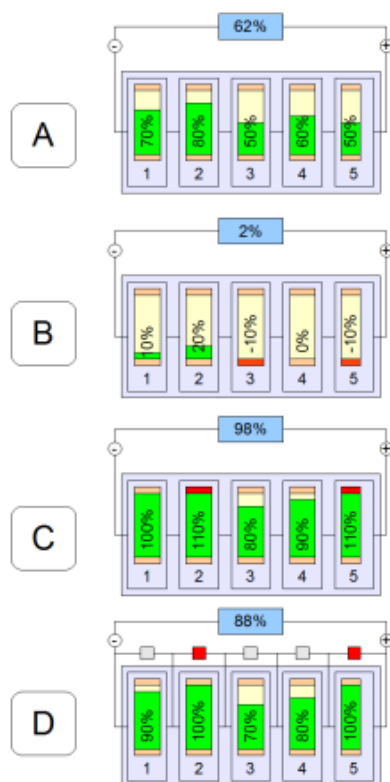


Рис. 1.3. Ситуації, що виникають при заряді літій-іонних батарей акумуляторів

Ситуація А: процес розрядження комірок батареї під час роботи.

Ситуація В: перерозрядження комірок за відсутності балансувального контрольного пристрою.

Ситуація С: перезаряд комірок за відсутності балансувального контрольного пристрою.

Ситуація Д – недозаряджені до номінальної ємності комірки.

Для того, щоб мінімізувати негативний ефект від перерахованих ситуацій до складу пристроїв, що живляться від батарей акумуляторів або самі батареї акумуляторів вбудовують плати контролера-вирівнювача напруги.

Цей контролер відстежує рівень напруги на кожній комірці акумуляторної

батареї або відключає акумуляторну батарею від навантаження, якщо відбувається перерозрядження комірок, або відключає комірки від зарядного пристрою, якщо напруга на комірці досягає верхнього заданого значення. При цьому контролер заряду відключає від зарядного пристрою комірки, що досягли необхідної напруги і залишає заряджатися комірки, напруга на яких ще не досягла необхідного рівня.

Такі контролери називають контролером або балансувальною платою або загальноприйнятою англomовною аббревіатурою BMS (Battery Management System - система управління батареєю).

Недоліками, загальними для всіх типів літій-іонних акумуляторів, є їхня підвищена вогнебезпека, особливо при пошкодженні захисних корпусів, висока ймовірність втрати працездатності при перерозрядженні, а також значні втрати ємності при роботі на морозі.

Літійовий акумулятор, що спалахнув, здатний горіти навіть без доступу повітря, оскільки при його горінні виділяються речовини, що підтримують горіння, а у разі літій-ферум-фосфатних акумуляторів навіть кисню, що робить або неможливим, або значно утрудненим їх гасіння.

Вважається, що літій-іонні акумулятори не мають ефекту пам'яті, проте він був виявлений у 2013 році, незважаючи на те, що його величина досить незначна.

1.2.4. LiPol акумулятори. Є вдосконаленою версією [9] літій -іонних акумуляторів, у яких сепаратор виготовляється з полімерних матеріалів. Це дозволяє виготовляти акумулятори або їх батареї, не скручуючи в циліндр/спіраль багат шарові структури анод/сепаратор/катод, а розташовуючи їх плоским чином, отримуючи тонкі акумулятори. Товщина однієї комірки може бути нижчою за 3 мм. Але в порівнянні з літій-іонними акумуляторами їх ресурс за циклами заряду та за часом експлуатації менший майже вдвічі. Головною відмінністю Li-Pol акумуляторів від Li-Ion є можливість виготовлення батарей з максимальним розрядним струмом до 130С.

Вважається, що через відсутність металевого корпусу вибухонебезпечність літій-полімерних акумуляторів нижче ніж літій-іонних, а ось за пожежонебезпеку - вище. Надійність літій-полімерних акумуляторів нижча, ніж літій-іонних, термін служби у них також майже вдвічі менший за термін служби літій-іонних акумуляторів.

На рис. 1.4 наведено вигляд однієї з комірок LiPol акумулятора



Рис. 1.4. Зовнішній вигляд однієї комірки Li-Pol акумулятора

Внутрішня структура Li-Pol акумулятора показана на рис. 1.5.

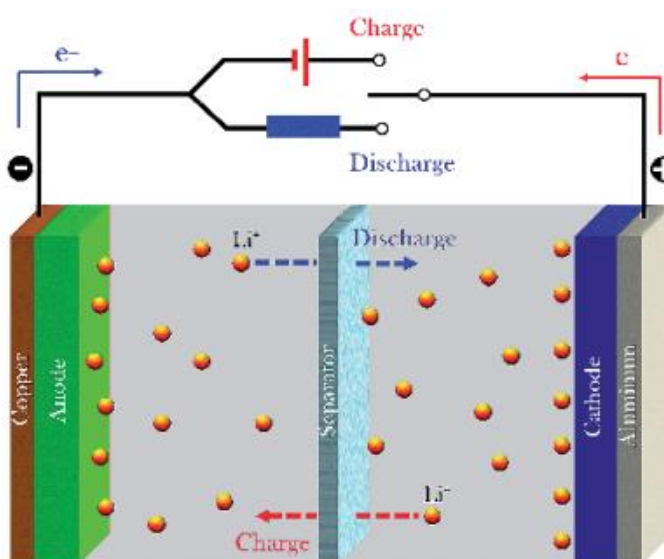


Рис. 1.5. Структура комірки Li-Pol акумулятора

Як і в літій-іонних акумуляторах, іони літію переміщуються від катода до анода при зарядці та у зворотному напрямку - при роботі акумулятора на навантаження. При цьому, на відміну від текстильного сепаратора в літій іонних акумуляторах, в літій-полімерних акумуляторах іони літію переміщуються в електроліті, що представляє собою додані в полімер солі літію. Рівень напруги на осередку літій-полімерного акумулятора змінюється від 2.7...3 В розрядженому стані до 4.2В зарядженому.

Основні правила при роботі з літій-полімерними акумуляторами:

- максимальна напруга заряду – 4.2В;
- не допускати короткого замикання, що призводить до перегріву та возгорання акумулятора;
- не допускати підвищення температури акумулятора вище 60°C%;
- не порушувати герметичність оболонки, що може призвести до загоряння\$
- стежити за рівнем розрядження не нижче 3В на комірку;
- не зберігати у розрядженому стані;
- після перебування на морозі піднімати температуру акумулятора перед зарядом;
- для зберігання слідкувати, щоб напруга акумулятора була близько половини діапазону зміни напруги між максимальним і мінімальним значеннями.

Висновки до розділу 1

Проаналізовано предметну область дослідження, зокрема описано поняття акумулятора і акумуляторної комірки, наведені основні типи акумуляторних батарей (NiMH, NiCd, LiIon, LiPol) та їх основні параметри.

Окрім технічних характеристик кожного типу, також представлені їх переваги та недоліки.

Значна увага приділена ситуаціям, котрі трапляються при заряді літій-іонних батарей акумуляторів.

РОЗДІЛ 2

ВИБІР МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ. ПРИНЦИПОВА СХЕМА

2.1. Методи контролю основних параметрів акумуляторів

Опишемо основні методи контролю параметрів акумуляторів, які використовуються на сьогоднішній день, і регламентуються ДСТУ. Розглянемо, в першу чергу [10], який насамперед «встановлює основні технічні вимоги, вимоги до позначення, маркування, розміри, а також методи випробувань для визначення основних характеристик та інші вимоги до літєвих акумуляторів і батарей, що застосовуються в устаткуванні, призначеному для портативного застосування».

Для визначення номінальної ємності акумуляторної батареї визначають розрядну характеристику та проводять наступні дії:

- акумулятори мають бути заряджені до номінального струму;
- акумулятори витримують при температурі навколишнього повітря щонайменше 1 год;
- випробуваний акумулятор розряджають струмом $0,2I_t, A$, відстежуючи необхідну величину кінцевої напруги;
- підраховують ємність акумулятора, в ідеалі вона повинна збігатися зі значенням, що вказується виробником як номінальна для акумулятора.

Характеристика короткого режиму розрядження знімається за таким алгоритмом:

- акумулятор повністю заряджений;
- акумулятор або батареї витримуються при кімнатній ≥ 1 год;
- акумулятор або батарея розряджаються постійним струмом $1.0 \cdot I_t$, до встановленого значення кінцевої напруги;
- значення ємності в ампер-годинах, отримане для попереднього пункту, має бути не менше номінального для випробуваного акумулятора.

Збереження та віддачу заряду вимірюють наступним чином:

- акумулятор або батарея повністю заряджається при кімнатній

температурі, попередньо перебуваючи при цій температурі не менше години;

- акумулятор або батарея розряджаються постійним струмом $0,2It$ при температурі навколишнього середовища до встановленої кінцевої напруги;

- акумулятор зберігається протягом 28 діб, а потім у нього вимірюється ємність, яка повинна бути не менше ніж 70% для акумулятора і 60% для батареї.

Стійкість при циклічності (напрацювання у циклах):

- акумулятор або батарея повністю заряджається при кімнатній температурі, попередньо перебуваючи при цій температурі не менше години;

- акумулятор або батарея розряджаються постійним струмом $0,2It$ при температурі навколишнього середовища до встановленої кінцевої напруги;

- акумулятор або батарея повністю заряджається при кімнатній температурі методом, який вказує виробник;

- акумулятор або батарею піддають циклам розрядження-зарядження до тих пір, поки отримана ємність не стане менше 60% номінальної ємності;

- число циклів, після яких ємність стане менше 60% номінальної, має бути більше, ніж зазначені в табл. 2.1 величини.

Граничні параметри ємностей акумуляторів після тих чи інших випробувань зведено до табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Вимоги для стандартних типів акумуляторів та батарей на їх основі

Найменування параметра	Значення параметра для	
	акумулятора	батареї
Ємність при $(20\pm5)^{\circ}\text{C}$ (номінальна ємність), у % від $C, A^{*}\text{год}$, не менше	100	100
Ємність при $(20\pm5)^{\circ}\text{C}$ (номінальна ємність), у % від $C, A^{*}\text{год}$, не менше	30	30
Ємність при короткому режимі розрядження при $(20\pm5)^{\circ}\text{C}$ (номінальна ємність), у % від $C, A^{*}\text{год}$, не менш	70	60

Найменування параметра	Значення параметра для	
	акумулятора	батареї
Збереження заряду (ємності) у % від $C, A \cdot \text{год.}$ не менше	70	60
Віддача заряду (ємності) у % від $C, A \cdot \text{год.}$ не менш	85	85
Віддача ємності після зберігання, у % від $C, A \cdot \text{год.}$ не менше	50	50
Довговічність при циклуванні, кількість циклів не менша	400	300
Електростатичне розрядження	-	Роботоздатна

Випробування з визначення внутрішнього опору батареї можна виконувати двома способами: випробуванням змінним струмом або випробуванням постійним струмом.

Регламентовано, що якщо над акумулятором необхідно провести обидва типи випробувань, спочатку проводять випробування по змінному струму, а потім - по постійному. У такому разі зникає потреба у проведенні циклу розрядження /зарядження між випробуваннями.

Перед проведенням випробувань мають бути проведені такі дії:

- акумулятор або батарея повністю заряджається при кімнатній температурі, попередньо перебуваючи при цій температурі не менше години,
- акумулятор або батарея розряджаються постійним струмом $0,2I_t$ при температурі навколишнього середовища до встановленої кінцевої напруги,
- акумулятор або батарея повністю заряджається при кімнатній температурі методом, який вказує виробник.

Після виконання цих дій можна приступати до проведення випробувань.

Відповідно до викладеного, ми можемо сформулювати такі вимоги до пристрою діагностики акумуляторів:

- можливість вимірювати напругу на акумуляторі/батареї;
- можливість вимірювати струм, що протікає через акумулятор/батарею;
- вимірювання інтервалів часу, протягом яких відбувається комутація ;

- керувати комутаційними пристроями (реле, транзистори), які підключають до акумулятора необхідне на різних етапах навантаження;
- індикація результатів вимірювань;
- пристрій для вибору режиму вимірювання та вибору типу акумуляторів, що випробовуються пристроєм, котрий розробляється.

Похибки вимірювань також наведені у ДСТУ. Для напруги це 1%, для струму – 1%, для ємності 1%, для температури 2%, для часу 0,1%.

2.2. Огляд ринкових пропозицій пристроїв тестування акумуляторів

В даний час на ринку представлені різноманітні пропозиції тестерів параметрів акумуляторних батарей. Подібні прилади можна розділити на кілька основних типів:

- тестери автомобільних акумуляторів, розраховані працювати з кислотними типами акумуляторів, використовуваних як стартерні батареї в автомобілях з ДВЗ;
- тестери акумуляторів, розраховані на використання з певними типами акумуляторів: Li-Ion, Li-Pol, NiMHg, NiCd;
- універсальні зарядно-діагностичні комплекси, що включають до свого складу зарядні пристрої, електронні навантаження для управління процесом розрядження, а також функції вимірювання та розрахунку нормованих різними стандартами параметрів акумуляторів.

Відповідно розрізняються цінові категорії, масогабаритні показники та функціонал цих пристроїв. Розглянемо деякі з них із різних цінових категорій.

2.2.1. Цифровий вимірювач параметрів акумуляторів JUNTEK VAT1100. Це вимірювальний прилад, що має рідкокристалічний сенсорний екран, на якому побудовано інтерфейс взаємодії з користувачем [11]. Функціонально він дозволяє вимірювати напругу, струм, споживану потужність і електроенергію, а також ємність акумулятора, що тестується. За допомогою виносного термодатчика він

дозволяє вимірювати температуру акумуляторної батареї.

Конструктивно вимірювач розділений на блоки за функціями, що виконуються : у нього є окремий вимірювальний блок і окремий блок індикації.

Зовнішній вигляд вимірювача показаний на рис. 2.1.



Рис. 2.1. Зовнішній вигляд вимірювача JUNTEK VAT1100

Зв'язок між цими блоками може будуватися або за проводовим каналом - за допомогою USB кабелю, або по бездротовому каналу стандарту NRF. Живлення здійснюється від зовнішньої напруги 10-30В [11].

Деякі його характеристики наведені в табл. 2.2.

Прилад підтримує кілька способів підключення до тестованого навантаження:

- живлення від акумулятора, що тестується. У цьому випадку акумуляторна батарея повинна мати напругу від 10 до 100В (рис. 2.2);
- використання окремого джерела енергії (мережевого блока живлення або акумулятора) для живлення;
- використовуються вбудовані ланцюги управління зовнішнім реле, що виконує захисні функції.

Характеристики пристрою JUNTEK VAT1100

Назва	Величина, розмірність
Діапазон вимірювання напруги	0 ~ 100 В
Діапазон виміру струму	0 ~ 100 А
Діапазон виміру температури	-20 ~ 120 °С
Потужність відображення на дисплеї	0 % ~ 100%
Діапазон вимірювання потужності	0 ~ 200 кВт
Діапазон вимірювання ємності батарей	0 ~ 2000 кА-год
Роздільна здатність	0.001 А-г
Діапазон вимірювання електроенергії	0 ~ 4000 кВт-год
Похибка вимірювання напруги	$\pm 2 \%$
Похибка вимірювання струму	$\pm 5\%$
Потужність споживана вимірювальним модулем	близько 0.4 Вт
Живлення	5 В

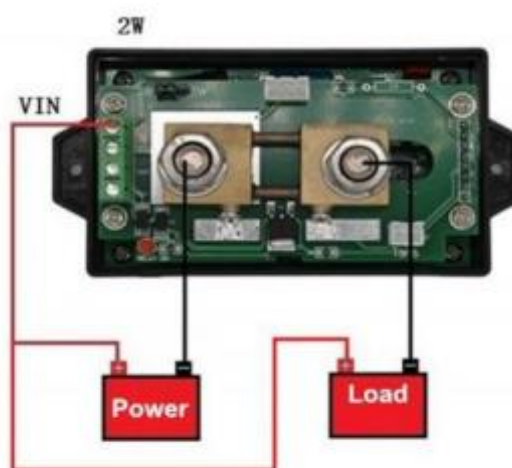


Рис. 2.2. Підключення тестера JUNTEK VAT1100 при живленні його від тестованого акумулятора з зовнішнім навантаженням, що підключається

До переваг цього приладу можна віднести бездротовий канал зв'язку між силовим та інформаційним модулями, а також можливість використання додаткових захисних ланцюгів на основі реле.

Недоліками є не зовсім зручне під'днання навантаження і тестованих джерел до вимірювального шунту приладу, що потребує покриття корпусу приладу.

Вартість пристрою становить 2400 грн (за даними українських інтернет-магазинів).

2.2.2. Вимірювач ємності акумуляторів ZH-YU ZB206+. Цей прилад [12] постачається в мінімалістичному конструктивному оформленні: у вигляді розпаяної плати безкорпусному варіанті. Зовнішній вигляд вимірювача ємності показаний на рис. 2.3.



Рис. 2.3. Вимірювач ZH-YU ZB206+

У табл. 2.3 представлені окремі його технічні характеристики.

Таблиця 2.3

Характеристики пристрою ZH-YU ZB206+

Назва	Величина, розмірність
Напруга живлення	DC12V/5V (опціонально)
Робочий струм	<35 mA
Максимальна вхідна напруга	8.5V
Максимальна похибка струму розрядження	1% + 2 mA
Помилка вимірювання напруги	1% -3D
Розмір друкованої плати (без мідних опор)	97 x 62 x 38 мм

Для індикації показів вимірювань і обчислень використовується чотирирозрядний семисегментний індикатор. Для зміни налаштувань величини струму вставки використовуються дві кнопки. Для використання меню призначена третя кнопка.

До переваг цієї моделі відносять:

- коректний вимір струму та напруги акумулятора,
- зручність користування меню для вибору кінцевих значень вимірювань ,
- можливість продовження тестування після відключення живлення, проведені часткові виміри зберігаються у пам'яті пристрою.

Недоліки:

- незручні комутації для виконання вимірювання внутрішнього опору,
- відсутні вимірювання опору на змінному струмі 1кГц,
- нестійкі виміри та їх показання.

Орієнтовна вартість приладу 400 грн.

2.2.3. Електронне навантаження EVC-A10H з функцією тестування акумуляторів. Зовнішній вигляд пристрою показано на рис. 2.4.



Рис. 2.4. Зовнішній вигляд приладу EVC-A10H

Його характеристики наведені в табл. 2.4.

Характеристики пристрою ЕВС-А10Н

Назва	Величина, розмірність
Живлення	19-24 В 4 А або від 220 В (із вбудованим БЖ)
Діапазон вхідної напруги	0.00-30.00 В
Діапазон вихідної напруги	до 18 або 22 В
Струм навантаження	0.05-10.00 А,
Струм заряду	- 0.05-5.00 А
Режим навантаження	СС, СН
Режим заряду	CV

Електронне навантаження має ПЗ. Головне вікно включає велику область для побудови графіків, за замовчуванням виводиться струм і напруга, але можна включити відображення і графіка потужності.

Правіше розташовується область індикації та управління, де відображається поточна напруга, встановлений струм навантаження, а в режимі заряду реальний, потужність і час з моменту старту тесту.

Трохи нижче керування режимами, кнопки запуску тесту, зупинки, зміни струму навантаження без зупинки тесту (тільки в режимі навантаження) і кнопка «Монітор», в цьому режимі навантаження працює як логер струму і напруги ніяк не впливаючи на процес.

У самому низу рядок, де виводяться: назва пристрою, режим роботи і параметри, напруга на початку і наприкінці тесту, ємність мАг, Втг, середня напруга за весь тест, колір відповідності графіків [13].

2.2.4. Аналізатор акумуляторних батарей Foxwell BT100Pro. Його зовнішній вигляд представлений на рис. 2.5.

Характеристики аналізатора Foxwell BT100Pro від виробника [14] наведені в табл. 2.5.



Рис. 2.5. Зовнішній вигляд Foxwell BT100Pro

Таблиця 2.5

Характеристики пристрою Foxwell BT100Pro

Назва	Величина, розмірність
Номинальна напруга акумуляторів, що тестуються	6 і 12 В
Пусковий струм	від 100 до 1100 А;
Типи акумуляторів	гелеві, абсорбційні, кислотні
Тестування у стандартах	CCA, BCI, CA, MCA, LIS, DIN, IEC, EN, SAE
Фіксація результатів тестування	через 3с після початку вимірювання
Напруга, що тестується	6-18 вольт постійного струму;
Робочий діапазон температур:	-20 С – 60 С

Для під'єднання до акумуляторів, що тестуються, передбачені крупнорозмірні затискачі типу «крокодил».

2.3. Структурна схема пристрою для контролю параметрів акумуляторів

У підрозділі 2.1 були сформульовані основні вимоги до пристрою, що розробляється: можливість комутувати навантажувальний опір, приєднуючи його

до акумулятора для споживання від нього струмів різних номіналів відповідно до ДСТУ, для цього до складу розроблюваного пристрою необхідно включити силовий комутатор. Для вибору режиму вимірювання та зручності користувача, до складу пристрою необхідно включити кнопкову клавіатуру для вибору режимів вимірювання та екран, на якому відображалися б поточні режими та меню користувача. Крім цього, було б зручно, щоб виміряні значення зберігалися в пам'яті пристрою. Відповідно, центральним обробним вузлом доцільно вибрати мікроконтролер.

Для визначення величини внутрішнього опору акумулятора по змінному струму виділимо окремий модуль, який генеруватиме змінну напругу відповідно до вимог ДСТУ і відстежуватиме величину змінної складової струму, що протікає при цьому через акумулятор.

Для отримання необхідних аналогових керуючих сигналів будемо використовувати ЦАП.

Аналогові сигнали, що знімаються з різних точок схеми через АЦП будемо подавати в мікроконтролер для проведення необхідних обчислень.

Для вимірювання напруги, оскільки об'єктом вимірювання є акумуляторна батарея, можна використовувати шунти та подільники напруги з відповідними перетворювачами сигналів.

Таким чином, структурну схему пристрою, що розробляється, можна зібрати з окремих блоків, як показано на рис. 2.6.

На цій схемі показаний мікроконтролер, що виконує функції обчислювача, модуль вимірювання струму, модуль вимірювання напруги, що під'єднується безпосередньо до клем акумулятора, екран для відображення інтерфейсу користувача та результатів вимірювань/обчислень, а також клавіатура для вибору режиму роботи.

Також на схемі вказано окремий блок для генерації змінної напруги, необхідного при визначенні внутрішнього опору акумулятора змінного струму.

Блок живлення включає в себе як власне блок живлення, так і необхідні для працездатності схеми перетворювачі постійної напруги.

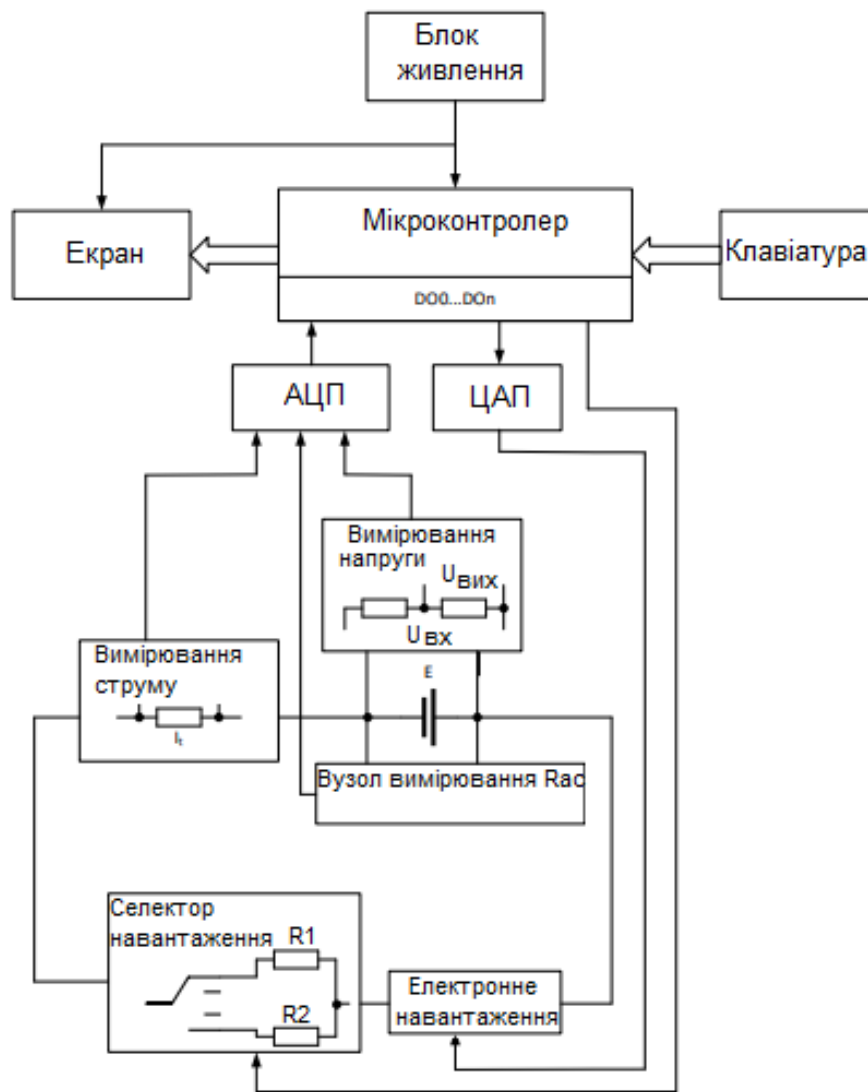


Рис. 2.6. Структурна схема пристрою для тестування акумуляторних батарей

2.4. Розробка принципової схеми пристрою

Почнемо розробку в наступній послідовності: спочатку розробимо периферійні вузли - вузол електронного навантаження і вузол тестування по змінному струму, потім вузли комутації, вузол АЦП і на завершальному етапі - виберемо мікроконтролер виходячи з отриманих за фактом необхідних входів / виходів і необхідних інтерфейсів. На останньому етапі підберемо дисплей модуль перетворення постійної напруги.

2.4.1. Вузол електронного навантаження. Як основу для розрахунків візьмемо схему, розглянуту в [15]. Перевагою цієї схеми є можливість

масштабувати необхідну кількість каналів споживання струму, керування споживаним струмом за допомогою єдиного керуючого напруги низького рівня та можливість модернізації схеми з додаванням до неї вузла узгодження з мікроконтролером.

Схема ґрунтується на елементарній комірці, в якій польовий транзистор використовується як навантаження з керованим струмом споживання. Зовнішній вигляд такої комірки показано на рис. 2.7.

Транзистор VT1 є регульованим навантаженням і працює в активному режимі, керуючи струмом, що протікає через резистор R1, що виконує роль навантажувального опору, на якому виділяється основна потужність навантаження. Керуюча напруга на транзистор надходить з виходу операційного підсилювача DA1 через дільник напруги на резисторах R3 і R4, при цьому в початковий момент імпульсу резистор R4 виконує також роль струмообмежуючого резистора.

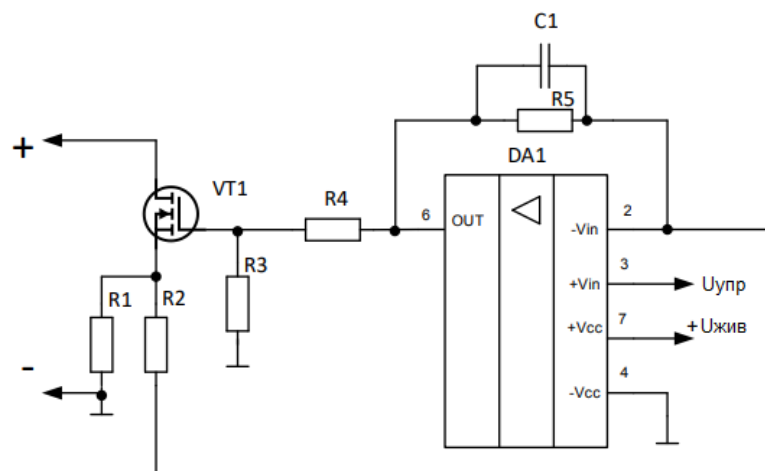


Рис. 2.7. Схема однієї навантажувальної комірки на польовому транзисторі

Негативний зворотний зв'язок організований на резисторах R2, R5 і конденсаторі C1, який згладжує високочастотні пульсації напруги в ланцюгу зворотного зв'язку, стабілізуючи частково роботу каскаду на операційному підсилювачі. У ланцюг зворотного зв'язку через резистор R2 надходить сигнал зворотного зв'язку, пропорційний падінню напруги на навантаженні R1 і змінює

величину вхідної напруги підсилювача таким чином, щоб компенсувати відхилення струму через транзистор і R1 під дією зовнішніх обставин.

Змінюючи величину напруги управління $U_{упр}$ на вході операційного підсилювача можна змінювати - зменшувати або збільшувати величину вихідної напруги, а як наслідок - величину напруги управління на затворі транзистора VT1, змінюючи тим самим його стан на більш закриті або більш відкриті, як наслідок, змінюючи струм, що протікає через нього і резистор навантаження.

Для зниження рівня струму, що припадає на один транзистор при роботі з акумуляторами з ємностями близько максимального прийнятого значення рівного 10000 мАг, що відповідає розрядному струму режиму короткого розряду в 10А, вважатимемо, що у нас паралельно працює кілька комірок. Це особливо важливо, якщо враховувати, що транзистор працює в активному режимі і на ньому виділяється значна потужність.

Виберемо як транзистор активного навантаження транзистор IRFP260N, що випускається фірмою International Rectifier [16].

Як шунтовий резистор R1, що є давачем струму, виберемо резистор опором 0,22 Ом і потужністю розсіювання $P=0,22 \cdot 2,5^2=1.375$ Вт, вибираємо із запасом резистор SQP- 5Вт-0,22-5% [17].

Опір резисторів у ланцюзі зворотного зв'язку вибираємо рівними $R5 = 220\text{k}\Omega$, $R2 = 1\text{k}\Omega$. Це дасть коефіцієнт посилення каскаду, що інвертує, на операційному підсилювачі $K=220$, що дозволить значно посилити сигнал з шунта R1. Виберемо резистори RC0804FR-220KL та RC0804FR-1,0KL.

Як R3, R4 можна вибрати резистори RC0804FR01KL і RC0804FR-1,6KL.

Як конденсатор C1 вибираємо модель GRM31MR72A13KA01L ємністю 1нФ в корпусі 1206 на допустиму напругу 100В і точністю 10%.

Операційний підсилювач живиться від джерела напруги +9В.

Оскільки раніше було вирішено, що ми використовуємо чотири канали подібних комірок, а на ринку пропонуються мікросхеми, що містять у своєму складі чотири операційні підсилювачі, наприклад LM324 [18], то як операційні підсилювачі і використовуватимемо елементарні комірки цієї мікросхеми.

Для управління вихідною напругою операційних підсилювачів, як джерело напруги $U_{упр}$ на рис. 2.7 використовуватимемо ЦАП моделі MCP4725 [19].

Відмінною рисою цього ЦАП є підключення до джерела сигналу, у нашому випадку до мікроконтролера, по шині I²C, що спрощує власне з'єднання у схемі.

Скомпонувавши чотири канали електронного навантаження з урахуванням розміщення чотирьох операційних підсилювачів в одному корпусі, об'єднанням стоків польових транзисторів і їх підключенням до позитивного полюсу тестованого джерела, загальних точок кожного каналу і їх підключенням до негативного полюса джерела енергії, отримаємо схему, представлену на рис. 2.8.

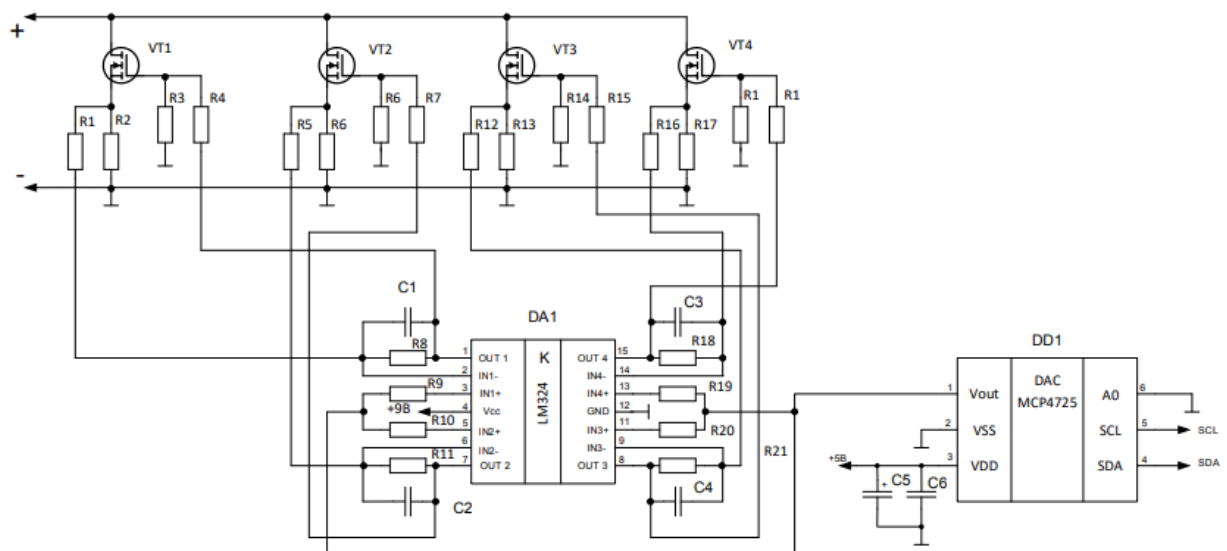


Рис. 2.8. Схема вузла електронного навантаження

2.4.2. Вузол тестування змінного струму. Функціонування вузла тестування за змінним струмом вирішує дві задачі: генерування змінної напруги з частотою 1 кГц і підтримка незмінним струму, що споживається від акумулятора. Відповідно, для вирішення цих двох завдань до складу вузла тестування по змінному струму входить два модулі: модуль генерації напруги та модуль контролю струму.

Побудуємо перший модуль на основі мікросхеми - інтегрального генератора КР1006ВІ1. Ця мікросхема призначена для побудови ланцюгів, що задають час, які можуть працювати як в режимі очікування, так і в режимі автогенерації. Типова схема включення мікросхеми в генераторному режимі

показу на рис. 2.9.

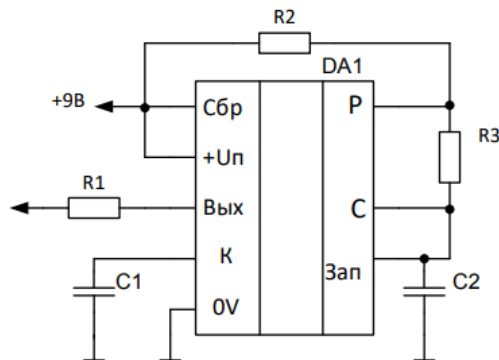


Рис. 2,9. Типова схема включення мікросхеми КР1006В11 в автоколивальному режимі

Через резистор R1 будемо подавати імпульси зі змінною складовою на транзистори, як показано на рис. 2.10.

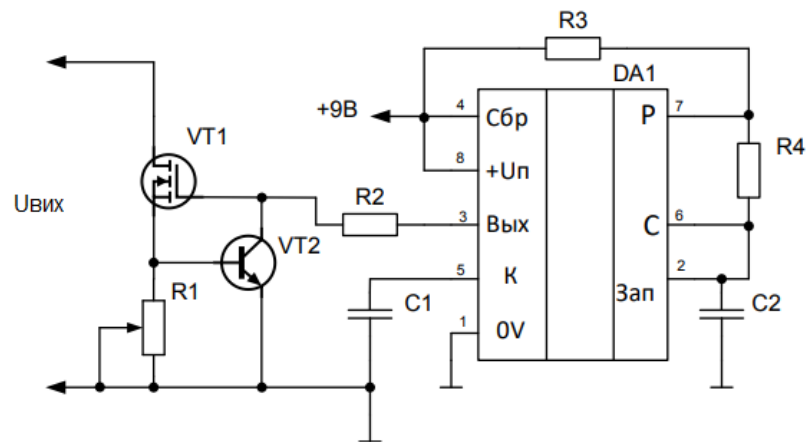


Рис. 2.10. Схема вузла генератора імпульсів

Параметри імпульсів - тривалість і пауза, що задаються за допомогою елементів R3, R4 і конденсатора C2.

Транзистор VT2 керується напругою на резисторі R1 і керує підтримкою стану затвора VT1 таким чином, щоб вузол VT1, VT2, R1 підтримував вихідний струм, що фіксується, джерела імпульсів.

Приймаємо резистори RC0804FR-5,1KL, RC0804FR-4,3KL, конденсатор

GRM31MR72A16KA01L

Резистор R2 приймаємо рівним 22кОм та вибираємо резистор RC0804FR-22KL.

Як транзистор VT1 вибираємо польовий транзистор BUZ10 [20].

Як VT2 - біполярний транзистор BC548B [21].

Як резистора R1 вибираємо змінний резистор опором 100 Ом для підстроювання величини вихідної напруги генератора СПЗ-4АМ, 0.25 Вт, 100 Ом, 3-20, 20%.

Таким чином, вибір параметрів генератора імпульсів напруги частотою 1кГц закінчено. Перейдемо до схеми контролю за споживаним від акумулятора струмом під час проведення вимірювання опору змінного струму. Цю схему побудуємо на основі схемотехнічної пропозиції, опублікованої в публікації [22]. Змінений варіант схеми показано на рис. 2.11.

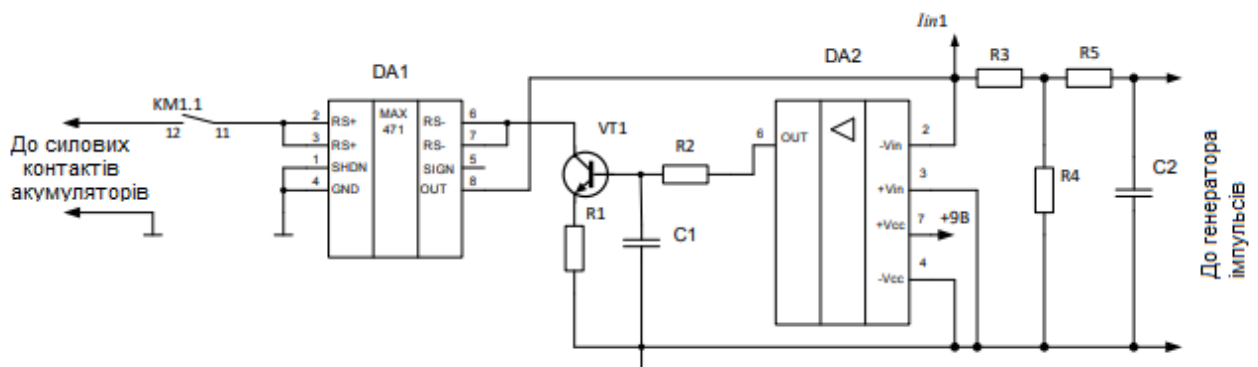


Рис. 2.11. Схема вузла вимірювача пульсуючого струму акумулятора

Схема працює в такий спосіб. Напруга, що надходить з генератора імпульсів, через операційний підсилювач DA2 управляє рівнем струму, що протікає через транзистор VT1. Струм колектора цього транзистора є струмом, що споживається від акумулятора і проходить через вимірювач струму DA1. Відмасштабоване аналогове значення вимірюваного струму надходить на модуль АЦП, цифровий код якого передається в мікро контролер. Резистори R4 і R5 утворюють дільник напруги, що масштабує вхідну напругу, що надходить від

генератора імпульсів.

Резистор R3 для операційного підсилювача DA2 є вхідним резистором, а вихідна напруга вимірювача струму DA1 є сигналом ланцюга зворотного зв'язку. Таким чином, досягається стабільність імпульсного струму, що споживається від акумулятора. Конденсатор C1 згладжує можливі пульсації вихідної напруги DA1, додатково стабілізуючи роботу VT1 і збільшуючи стабільність змінного струму, що споживається від акумулятора.

Режим роботи цього модуля підбирають, змінюючи вихідну напругу модуля генератора імпульсів за допомогою змінного резистора R1 на рис. 2.7.

Для модуля контролю струму вибираємо такі компоненти.

Як вимірювач струму DA1 будемо використовувати мікросхему MAX471.

Як біполярний транзистор VT1 візьмемо транзистор моделі BC548B, як і в генераторі імпульсів напруги.

Як операційний підсилювач DA2 візьмемо модель MAX400.

2.4.3. Вузол комутації. Призначення вузла комутації полягає в підключенні необхідного вузла - або вузла контролю за змінною напругою, або вузла електричного навантаження до акумулятора, що тестується.

Для того, щоб максимально знизити опір вузла комутації, а отже максимально зменшити падіння напруги на комутувальних елементах, побудуємо цей вузол на основі електромеханічних реле, станом яких через узгоджувальні елементи керуватиме мікроконтролер.

Схема вузла комутації показана на рис. 2.12.

На цій схемі KM1 і KM2 - електромеханічні реле, нормально відкриті контактні групи яких KM1.1 і KM2.1 підключають до акумулятора або вузол тестування змінного струму, або електронне навантаження, відповідно.

Як реле виберемо модель NRP-15-C-05D виробництва NCR.

Для комутації реле мікроконтролером використовуються транзистори VT1 та VT2, що працюють у ключовому режимі. Як цих транзистори для скорочення номенклатури виберемо ті ж транзистори, що і раніше - BC548B.

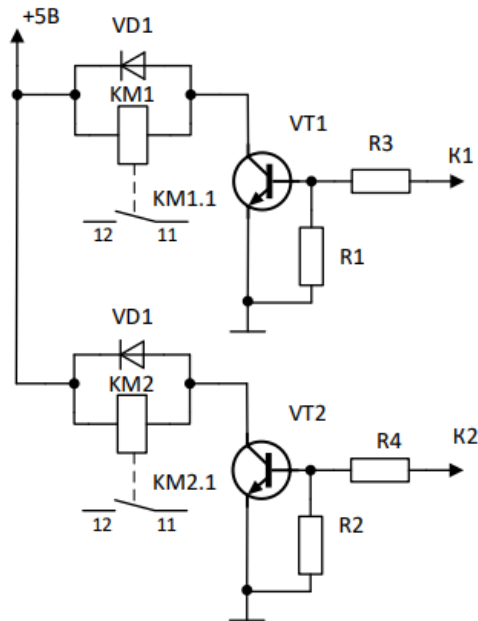


Рис. 2.12. Схема вузла комутації

Для того, щоб уникнути виникнення напруг зворотної полярності при комутації обмоток реле паралельно до них встановлені зустрічно включені діоди, через які в моменти відключення обмотки розсіюється запасена в них енергія. Як ці елементи вибираємо діоди 1N5822 [23].

2.4.4. Вузол вимірювання силового струму акумулятора. Для вимірювання струму, що споживається від акумулятора навантаженням, який може мати значення до 10-15А призначений вузол, схема якого показана на рис. 2.13.

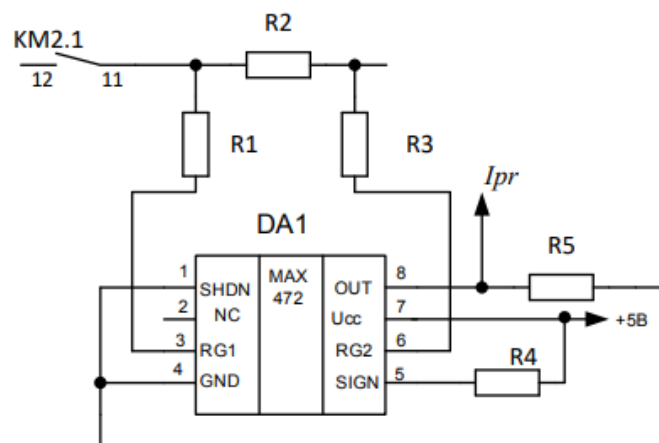


Рис. 2.13. Вузол вимірювання силового струму

На цьому рисунку роль вимірювального перетворювача виконує мікросхема Max472 фірми Maxim [24]. На відміну від MAX471, описаного раніше, в цій мікросхемі використовується не вбудований, а зовнішній шунт R2, напруга з якого через резистори R1 і R3 надходить на входи вбудованих підсилювачів і масштабується у вихідний струм, що змінюється пропорційно струму навантаження. На підключеному до виходу 8 (OUT) мікро схеми резисторі R5 виділяється напруга, яка потім подається на модуль АЦП і далі аналізується мікроконтролером.

Як резистора R2 вибираємо резистор RX27-1 0.01 Ом 5W 5% / SQP5 [25] і включаємо паралельно два таких резистори для одержання опору 5мОм.

Резистори R1 R2 вибираємо RC0402JR-0750RL [26] .

Резистор R5 – RC0805FR-072KL [27] .

Резистор R4 - RC 1 206FR-07 100KL [28].

2.4.5. Вузол АЦП. Для введення в мікроконтролер у нас є такі сигнали :

- вхідна напруга комірок акумулятора - 5 штук;
- значення напруги, пропорційного струму, що споживається від акумулятора , і надходить з виходу вузла вимірювання струму - 1 шт;
- значення напруги, пропорційного струму акумулятора при тестуванні на змінному струмі - 1 шт.

Таким чином, у нас виходить 7 вимірюваних напруг, які треба перетворити на цифрову форму і передати в мікроконтролер.

Для виконання цієї операції оберемо АЦП моделі ADS1115 [29].

Схема модуля АЦП з використанням двох мікросхем ADS1115 показана на рис. 2.14.

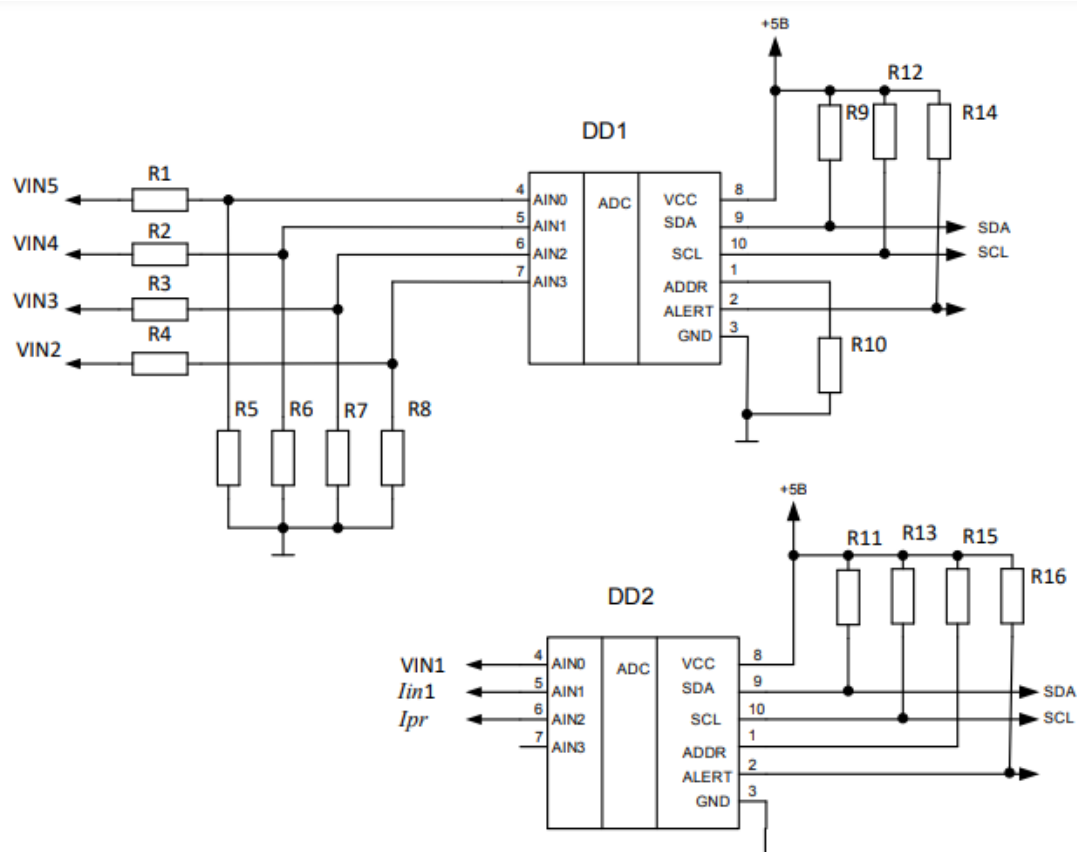


Рис. 2.14. Схема модуля АЦП

Входи VIN1...VIN5 призначені для подачі на них напруг з комірок акумулятора з балансувального роз'єму акумулятора, на вхід *Iin1* подається напруга пропорційна змінному струму модуля тестування по змінному струму, на вхід *Ipr* надходить напруга, пропорційно розрядному режимі через електронне навантаження.

2.4.6. Мікроконтролерний вузол. Як мікроконтролер нам необхідно вибрати пристрій, який має шину I²C, входи для функціонування 3 кнопок для роботи користувача та кнопку скидання, два цифрових виходи для керування двома реле та живленням 5В.

Візьмемо один з найпоширеніших для цього рівня виробів мікроконтролерів - ATmega328P.

Його технічні характеристики наведені в табл. 2.6.

підключення зовнішніх АЦП до мікроконтролера шини I²C на апаратному рівні.

Опори резисторів R1...R3, що підтягують потенціал виводів мікроконтролерів, до яких підключені кнопки для користувача SW1... SW3 до напруги живлення.

Кнопки вибираємо моделі TS-A6PG, розраховану на напругу до 12 В та струм до 50мА.

На конденсаторах C1 C2 і кварцовому резонаторі ZQ1 зібраний зовнішній вузол задаючого тактового генератора. Вибираємо кварцовий резонатор на 16МГц.

Як дисплей вибираємо модель графічного дисплея Waveshare Electronics 14657. Цей дисплей має діагональ 0,91 дюйма, роздільна здатність 128x32 точки, сірий рівень, що задається 16 розрядами, драйвер дисплея SSD1306. Робоча напруга цього екрану 3.3В - 5В. Зовнішній вигляд дисплея показано рис. 2.16.



Рис. 2.16. Зовнішній вигляд дисплея Waveshare Electronics 14657 з лицьової та зворотної сторони

Результуючу схему всього пристрою тестування акумуляторів показано на рис. 2.17.

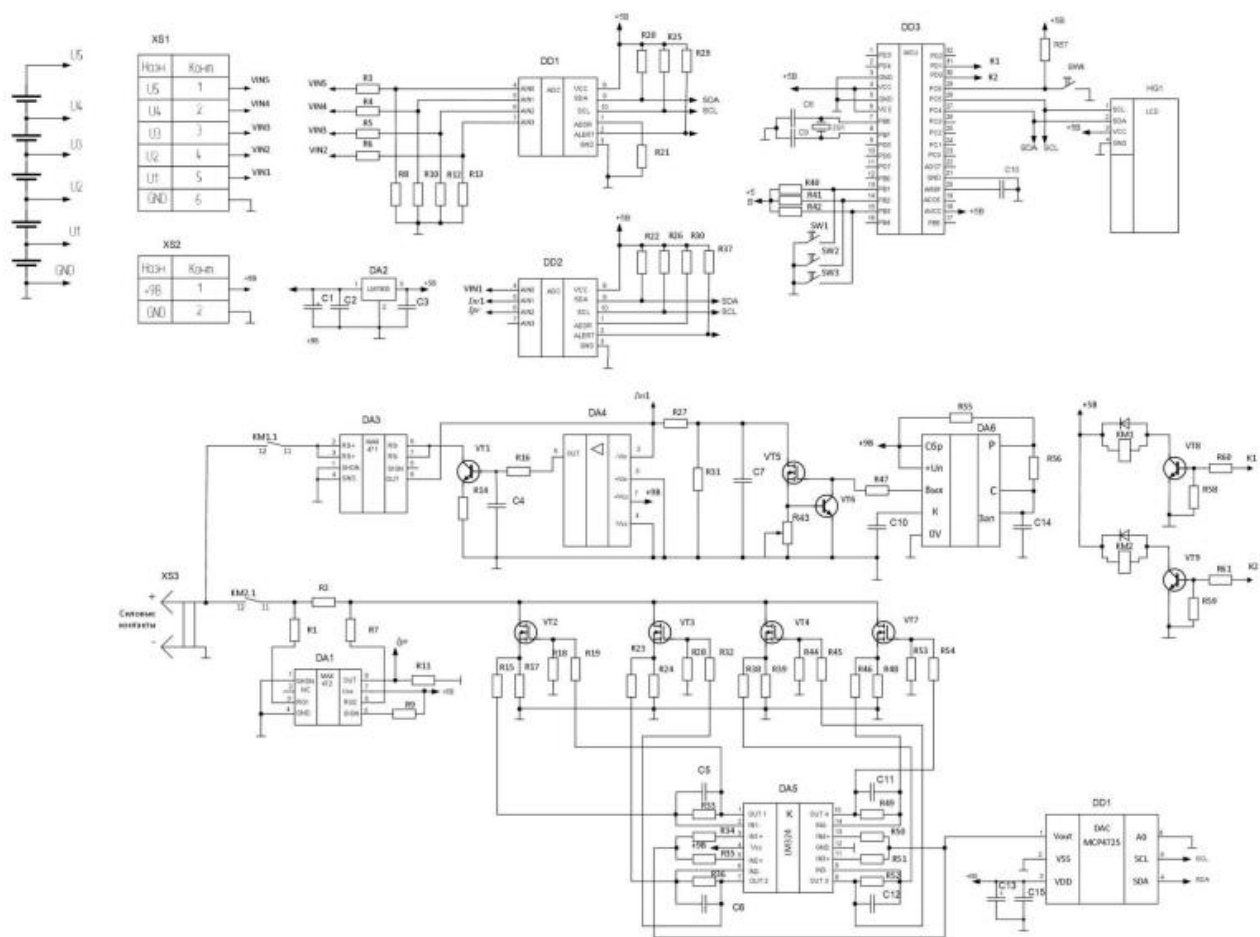


Рис. 2.17. Повна схема пристрою для тестування акумуляторів

Висновки до розділу 2

У другому розділі описано ключові методи контролю параметрів акумуляторів, котрі застосовуються станом на зараз, і регламентуються ДСТУ EN 60622:2016. Здійснено огляд окремих наявних на ринку пропозицій пристроїв тестування акумуляторів. Наведено їх основні технічні характеристики, переваги та недоліки. На основі раніше проведеного аналізу і формування вимог до розробки створена структурна схема пристрою для контролю параметрів акумуляторів.

Також розроблено принципову схему пристрою із детальним описом усіх складових її вузлів (електронного навантаження, тестування за змінним струмом, комутації, АЦП та мікроконтролер і дисплей).

РОЗДІЛ 3

АЛГОРИТМІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

У роботі пристрою в першу чергу орієнтуватимемося на алгоритми роботи з акумуляторами за ДСТУ EN 60622:2016. При цьому має виконуватися низка послідовних дій, які з позиції макрорівня вимірювань ДСТУ є службовими.

Мікроконтролер здійснює ініціалізацію своєї внутрішньої периферії. Виставляє на всіх виходах комбінацію логічних рівнів, що розмикають всі силові ланцюги і відключають від акумулятора все навантаження.

Після цього з'являється початковий екран, що надає користувачеві можливість вибору режиму роботи і мікроконтролер переходить в режим очікування реакції користувача і вибору наступної дії.

Опишемо, як будуть проводитися всі ці дії стосовно розробленої структурної схеми в п. 2.3.

3.1. Вибір режиму вимірювання

Користувач вибирає натисканням кнопок «вгору» або «вниз» з меню методом послідовного перебору тип акумулятора, кількість послідовно з'єднаних комірок акумулятора і його номінальну ємність та підтверджує вибір натисканням кнопки «введення».

Блок схема, що описує перелічені нижче дії, показана на рис. 3.1.



Рис. 3.1. Блок-схема етапу ініціалізації

Підтвердивши свій вибір, він переходить на рівень проведення вимірювань та вибирає перебором одну з п'яти позицій:

- вимірювання напруги на акумуляторі;
- вимірювання ємності акумулятора;
- вимірювання внутрішнього опору акумулятора по змінному струму;
- вимірювання внутрішнього опору акумулятора по постійному струму;
- ємність акумулятора за короткого режиму розрядження.

Після вибору користувач натискає кнопку введення та потрапляє на відповідний екран дії.

3.2. Вимірювання напруги на акумуляторі

Для виконання цих дій необхідно відключити навантаження, виставити на комутаторі напруги комбінацію, що підключає атенюатор з максимальним коефіцієнтом поділу, після чого провести опитування порту АЦП, до якого підключається атенюатор з максимальним коефіцієнтом поділу.

Якщо після вимірювань на цьому вході виходить максимально можливе цифрове значення, то встановлюється прапор переповнення, комутатор відключається від акумулятора і на екран виводиться повідомлення про те, що напруга на акумуляторі перевищує максимально допустиму.

Якщо на вході АЦП виходить напруга менша, ніж дві третини діапазону поточного вимірювання, то мікроконтролер видає команду на переключення на ступінь масштабуючого атенюатора з меншим коефіцієнтом поділу.

Якщо виміряна напруга лежить у діапазоні між двома третинами та максимальним значенням, то здійснюються послідовні ітерації.

Передбачимо можливість підключення до нашого тестера не тільки силових полюсів акумулятора або акумуляторної батареї, але і балансуєчого роз'єму, що дозволить вимірювати напруги кожної комірки акумуляторної батареї Li-Ion або Li-pol типу. Відповідно, мікроконтролер зчитує через багатоканальний АЦП значення напруги кожної комірки батареї і за запитом користувача виводить їх на екран. Всі зчитані значення мікроконтролер зберігає у своїй оперативній пам'яті.

3.3. Вимірювання ємності акумулятора

Відповідно до вимог ДСТУ, описаних вище, для визначення фактичної ємності акумулятора необхідно повністю заряджений акумулятор розряджати струмом $0,2I_t$ до величини кінцевої напруги 2,6В. Для цього мікроконтролер подає керуючий сигнал на підключення розрядного навантаження до акумулятора і виставляє режим його роботи з розрядним струмом $0,2 I_t$, при цьому значення I_t береться як число, що дорівнює номінальній ємності акумулятора або

аккумуляторної батареї, яку користувач вводить на етап. Наприклад, якщо користувач ввів номінальну ємність 2000мАч, то розрядний струм дорівнюватиме 2А.

Блок-схема цієї частини дій показано на рис. 3.2.



Рис. 3.2. Блок-схема алгоритму дій щодо вимірювання ємності аккумулятора

Мікроконтролер безперервно відстежує значення напруги на акумуляторі (одній комірці), фіксуючи поточну тривалість часу розрядження підсумовуючи фіксовані такти лічильника і як тільки величина напруги стане рівною 2.6В, відключає розрядне навантаження від акумулятора і обчислює значення номіналу розрядного струму 0,2 It. Обчислене значення висвітиться на екрані пристрою і мікроконтролер очікує натискання кнопки користувача для виконання наступних операцій.

3.4. Вимірювання внутрішнього опору акумулятора змінного струму

Для проведення випробувань щодо визначення внутрішнього опору акумулятора змінного струму, мікроконтролер, після відповідного вибору користувача виконує наступні дії:

- вимірює напругу на акумуляторі чи акумуляторній батареї;
- якщо напруга вище величини кінцевої напруги 2.6В, то подається команда на підключення до силових клем акумулятора вузла з вимірювання по змінному струму, який генерує змінну напругу частотою 1кГц і такої величини, щоб пульсації напруги на клеммах акумулятора не перевищували 20мВ споживаного від акумулятора струму і утримання його на такому рівні, щоб знову напруга на акумуляторі не перевищувала 20мВ;
- утримують вузол змінної напруги підключеним до акумулятора протягом 10 секунд;
- після 10 секунд вимірюють і фіксують середньоквадратичне значення змінної напруги на акумуляторі та середньоквадратичне значення змінної складової струму, що протікає через акумулятор;
- обчислюють величину внутрішнього опору акумулятора;
- отримане значення внутрішнього опору акумулятора за змінним струмом мікроконтролер висвічує на екрані і чекає подальших дій користувача.

Блок-схема алгоритму вимірювання внутрішнього опору акумулятора за змінним струмом показана на рис. 3.3.

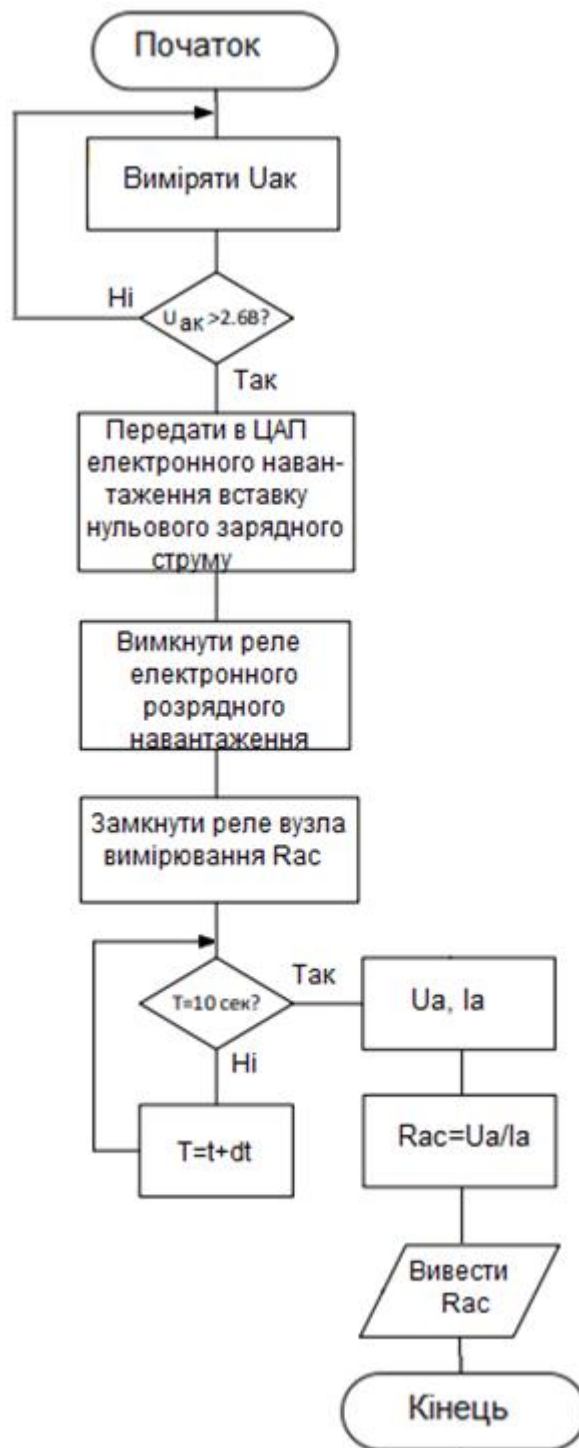


Рис. 3.3. Блок-схема алгоритму вимірювання внутрішнього опору акумулятора за змінним струмом

3.5. Вимірювання внутрішнього опору акумулятора за постійним струмом

Для цього мікроконтролер виконує наступні дії:

- передає у модуль електронного навантаження вставку на споживання струму величиною $0,2 \cdot I_t$;
- подає команду на підключення модуля навантаження до акумулятора;
- запускає відлік 10 секунд і після закінчення цього інтервалу часу фіксує напругу U_1 ;
- після фіксації напруги U_1 контролер відправляє в електронне навантаження вставку споживання струму величиною I_t ;
- через 1 секунду розряду акумулятора струмом I_t мікроконтролер вимірює на ньому і фіксує напругу U_2 ;
- за виміряними значеннями напруги і струму обчислюється значення R_{dc} і виводить його на екран.

Блок-схема алгоритму вимірювання внутрішнього опору акумулятора по постійному струму показана на рис. 3.4.

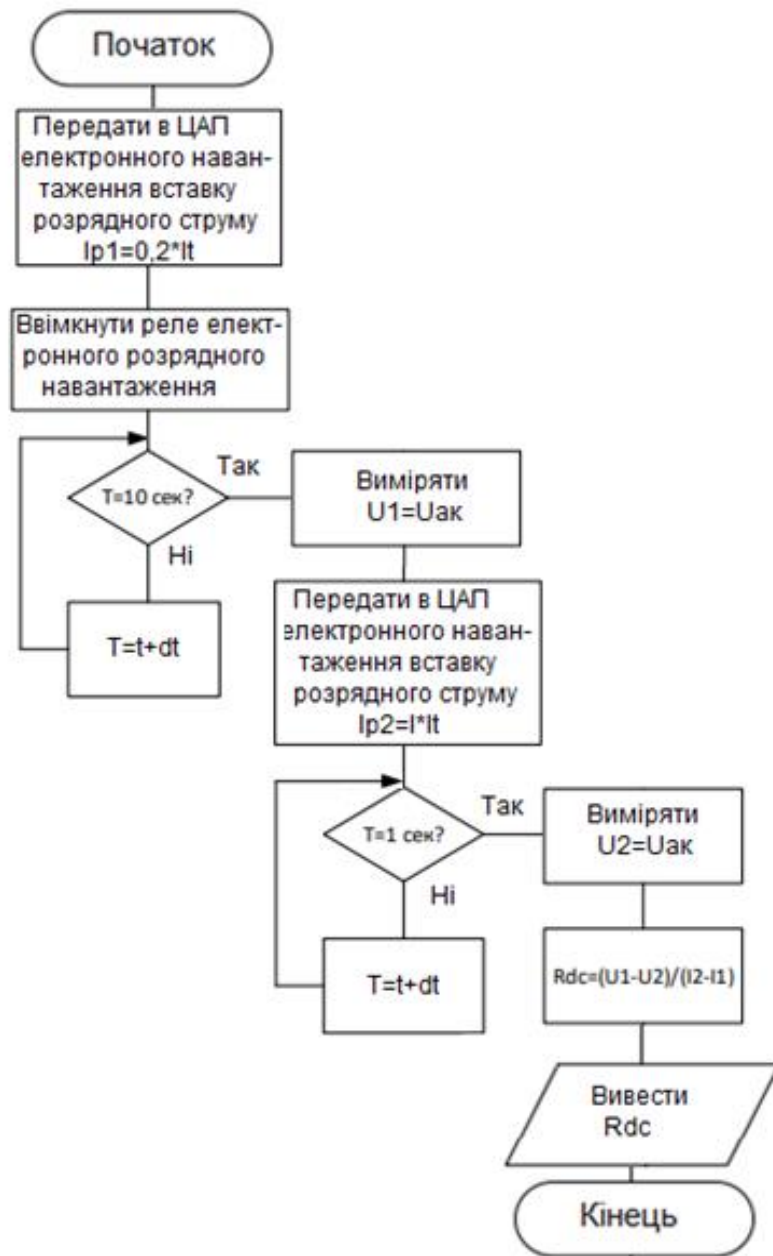


Рис. 3.4. Блок-схема алгоритму вимірювання внутрішнього опору акумулятора по постійному струму

3.6. Ємність акумулятора за короткого режиму розрядження

Так званий короткий режим розрядження має на увазі розрядження попередньо зарядженого акумулятора струмом з величиною $1.0 \cdot I_t$ до величини встановленого значення кінцевої напруги. Тому мікроконтролер виконуватиме такі операції:

- після вибору відповідної дії користувачем мікроконтролер замикає

контакт, що підключає електронне навантаження до акумулятора;

- мікроконтролер відправляє в модуль електронного навантаження dставку розрядного струму I_t відповідно до обраного користувача номінального значення ємності акумулятора або батареї;

- модуль електронного навантаження розряджає акумулятор до тих пір, поки напруга на клеммах акумулятора не досягне величини встановленого значення кінцевої напруги або значення за замовчуванням в 2.6В;

- як тільки значення кінцевої напруги буде досягнуто, мікроконтролер відключає модуль електронного навантаження від акумулятора;

- мікроконтролер підраховує імпульси вбудованого генератора упродовж усього часу розрядки для підрахунку його сумарної тривалості, помноживши отримане значення годинника на величину розрядного струму;

- обчислене значення ємності акумулятора при короткому режимі розряду висвітлюється на екрані;

- мікроконтролер очікує на наступні дії користувача.

Блок-схема алгоритму вимірювання ємності акумулятора при короткому режимі розряду відображена на рис. 3.5.



Рис. 3.5. Блок-схема алгоритму вимірювання ємності акумулятора за короткого режиму розряду

Висновки до розділу 3

У цьому розділі сформульовані основні етапи дії алгоритму роботи

керуючого мікроконтролера пристрою для тестування акумуляторів для вирішення поставлених у роботі завдань та розроблено відповідне алгоритмічне забезпечення.

Наведені алгоритми роботи окремих етапів роботи (вибору режиму вимірювання, вимірювання напруги і ємності на акумуляторі, вимірювання внутрішніх опорів за змінного та постійного струму та ємність акумулятора за короткого розрядження).

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1. Охорона праці

Метою кваліфікаційної роботи магістра є створення максимально універсального з апаратної точки зору рішення для побудови пристрою тестування акумуляторів з можливістю реалізації вимог різних ДСТУ шляхом програмної модернізації. Оскільки, проведення такого роду робіт передбачає застосування комп'ютерної техніки, зокрема ПК та периферійних пристроїв, то обов'язковим є дотримання вимог з охорони праці і техніки безпеки.

Для ефективної і безпечної роботи працівників із застосування методів та засобів тестування літєвих акумуляторів комп'ютеризованою системою, необхідно організувати безпечні умови праці. При цьому керівник організації несе безпосередню відповідальність за порушення нормативно-правових актів з охорони праці [38]. Окрім цього, на робочих місцях працівників необхідно забезпечити дотримання вимог, затверджених Наказом Мінсоцполітики від 14.02.2018 за № 207 «Про затвердження Вимог щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями». Згідно Вимог приміщення, де розміщені робочі місця операторів, крім приміщень, у яких розміщені робочі місця операторів великих ЕОМ загального призначення (сервер), мають бути оснащені системою автоматичної пожежної сигналізації відповідно до цих вимог;

- переліку однотипних за призначенням об'єктів, які підлягають обладнанню автоматичними установками пожежогасіння та пожежної сигналізації, затвердженого наказом Міністерства України з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи від 22.08.2005 N 161, зареєстрованого в Міністерстві юстиції України 05.09.2005 за N 990/11270 (НАПБ Б.06.004-2005);

- Державних будівельних норм «Інженерне обладнання будинків і споруд. Пожежна автоматика будинків і споруд», затверджених наказом Держбуду

України від 28.10.98 N 247 (далі - ДБН В.2.5-56:2014, з димовими пожежними сповіщувачами та переносними вуглекислотними вогнегасниками.

В інших приміщеннях допускається встановлювати теплові пожежні сповіщувачі. Приміщення, де розміщені робочі місця операторів, мають бути оснащені вогнегасниками, кількість яких визначається згідно з вимогами ДСТУ 4297:2004 «Пожежна техніка. Технічне обслуговування вогнегасників». Загальні технічні вимоги і з урахуванням граничнодопустимих концентрацій вогнегасної рідини відповідно до вимог НАПБ А.01.001-2014. Приміщення, в яких розміщуються робочі місця операторів сервера загального призначення, обладнуються системою автоматичної пожежної сигналізації та засобами пожежогасіння відповідно до вимог ДБН В.2.5-56:2014, НАПБ А.01.001-2014 і вимог нормативно-технічної та експлуатаційної документації виробника. Проходи до засобів пожежогасіння мають бути вільними.

Лінія електромережі для живлення комп'ютера та периферійних пристроїв повинні бути виконаними як окрема групова трипровідна мережа шляхом прокладання фазового, нульового робочого та нульового захисного провідників. Нульовий захисний провідник використовується для заземлення (занулення) електроприймачів. Не допускається використовувати нульовий робочий провідник як нульовий захисний провідник. Нульовий захисний провідник прокладається від стійки групового розподільного щита, розподільного пункту до розеток електроживлення. Не допускається підключати на щиті до одного контактного затискача нульовий робочий та нульовий захисний провідники.

Площа перерізу нульового робочого та нульового захисного провідника в груповій трипровідній мережі має бути не менше площі перерізу фазового провідника. Усі провідники мають відповідати номінальним параметрам мережі та навантаження, умовам навколишнього середовища, умовам розподілу провідників, температурному режиму та типам апаратури захисту, вимогам НПАОП 40.1-1.01-97.

У приміщенні, де одночасно експлуатуються понад п'ять комп'ютерів, на помітному, доступному місці встановлюється аварійний резервний вимикач, який

може повністю вимкнути електричне живлення приміщення, крім освітлення. Комп'ютери повинні підключатися до електромережі тільки за допомогою справних штепсельних з'єднань і електророзеток заводського виготовлення.

У штепсельних з'єднаннях та електророзетках, крім контактів фазового та нульового робочого провідників, мають бути спеціальні контакти для підключення нульового захисного провідника. Їхня конструкція має бути такою, щоб приєднання нульового захисного провідника відбувалося раніше, ніж приєднання фазового та нульового робочого провідників. Порядок роз'єднання при відключенні має бути зворотним. Не допускається підключати комп'ютери до звичайної двопровідної електромережі, в тому числі – з використанням перехідних пристроїв. Електромережі штепсельних з'єднань та електророзеток для живлення комп'ютерної техніки повинні бути виконаними за магістральною схемою, по 3-6 з'єднань або електророзеток в одному колі. Штепсельні з'єднання та електророзетки для напруги 12 В та 42 В за своєю конструкцією мають відрізнятися від штепсельних з'єднань для напруги 127 В та 220 В. Штепсельні з'єднання та електророзетки, розраховані на напругу 12 В та 42 В, мають візуально (за кольором) відрізнятися від кольору штепсельних з'єднань, розрахованих на напругу 127 В та 220 В.

При підвищенні ефективності розробки системи збору телеметричної інформації та параметрів руху маневруючого виробу із можливістю запису даних у файл у текстовому вигляді, важливим, з точки зору охорони праці, є забезпечення достатньої величини природного та штучного освітлення, які визначені у НПАОП 0.00-7.15-18. Організація робочого місця фахівця із проектування та реалізації системи збору телеметричної інформації та параметрів руху маневруючого виробу із можливістю запису даних у файл у текстовому вигляді повинна забезпечувати відповідність усіх елементів робочого місця та їх розташування ергономічним вимогам ДСТУ 8604:2015 «Дизайн і ергономіка. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи. Загальні ергономічні вимоги».

Таким чином, у результаті аналізу вимог щодо охорони праці користувачів комп'ютерів, визначено особливості організації робочих місць, вимог з електробезпеки, природного та штучного освітлення для ефективної і безпечної роботи фахівців застосування методів та засобів тестування літєвих акумуляторів комп'ютеризованою системою.

4.2. Планування та порядок проведення евакуації населення з районів наслідків впливу НС техногенного та природного характеру

В умовах неповного забезпечення захисними спорудами в містах та інших населених пунктах, що мають об'єкти підвищеної небезпеки, основним засобом захисту населення є евакуація і розміщення його у зонах, які є безпечними для проживання людей [39].

Евакуації підлягає населення, яке проживає в населених пунктах, що знаходяться у зонах можливого катастрофічного затоплення, можливого небезпечного радіоактивного забруднення, хімічного ураження, в районах виникнення стихійного лиха, аварій і катастроф (якщо виникає безпосередня загроза життю та здоров'ю людей). Залежно від обставин, які склалися на час надзвичайної ситуації, може бути проведено загальну або часткову евакуацію населення тимчасового або безповоротного характеру. Загальна евакуація проводиться за рішенням Кабінету Міністрів України для всіх категорій населення і планується на випадок:

- можливого небезпечного радіоактивного забруднення територій навколо атомних електростанцій (якщо виникає безпосередня загроза життю та здоров'ю людей, які проживають в зоні ураження);
- виникнення загрози катастрофічного затоплення місцевості з чотиригодинним добіганням проривної хвилі.

Часткова евакуація проводиться за рішенням Кабінету Міністрів України у разі загрози або виникнення надзвичайної ситуації техногенного та природного характеру [39].

У сфері захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру евакуація населення планується на випадок:

- аварії на атомній електростанції з можливим забрудненням території; усіх видів аварій з викидом сильнодіючих отруйних речовин; загрози катастрофічного забруднення місцевості :

- лісових і торф'яних пожеж, землетрусів, зсувів, інших геофізичних і гідрометеорологічних явищ з тяжкими наслідкам, що загрожують населеним пунктам.

Загальна евакуація проводиться шляхом вивезення основної частини населення з міст і небезпечних районів усіма видами наявних транспортних засобів на відповідній адміністративній території та виведення найбільш витривалої його частини пішки. Часткова евакуація проводиться з використанням транспортних засобів, що експлуатуються за діючим графіком. На органи виконавчої влади, органи місцевого самоврядування та керівників об'єктів, які проводять евакуацію населення, покладається:

- планування і проведення евакуації працівників та членів їх сімей;
- подання до відповідних транспортних органів розрахунків потреби у транспортних засобах для вивезення працівників і членів їх сімей до безпечних районів;

- контроль за плануванням, підготовкою і проведенням евакуаційних заходів підвідомчими об'єктами;

- визначення та підготовка безпечного району для розміщення евакуйованих працівників і членів їх сімей.

Інші заходи та порядок проведення евакуації викладено у постанові Кабінету Міністрів від 26 жовтня 2001р. № 1432 про затвердження Положення про порядок проведення евакуації населення у разі загрози або виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру.

У плані евакуації, складовою частиною якого є карта (схема), зазначаються:

- висновки з оцінки обстановки у разі виникнення надзвичайної ситуації;
- порядок оповіщення населення про початок евакуації;
- кількість населення, яке підлягає евакуації, за віковими категоріями;
- терміни проведення евакуації;
- склад евакуаційних органів і терміни приведення їх у готовність;
- кількість населення, яке вивозиться різними видами транспортних засобів окремо і виводиться пішки;
- розподілення об'єктів за збірними евакуаційними пунктами, пунктами посадки, районами (пунктами) розміщення та евакуаційними напрямками; маршрути евакуації;
- райони (пункти) розміщення евакуйованого населення; пункти посадки на транспортні засоби, пункти висадки у безпечному районі, порядок доставки населення з пунктів висадки до районів (пунктів) розміщення;
- заходи щодо організації приймання, розміщення, захисту та життєзабезпечення евакуйованого населення у безпечному районі;
- порядок організації управління і зв'язку.

План приймання і розміщення евакуйованого населення включає також розділ з транспортного забезпечення евакуації, в якому зазначається [39]:

- кількість транспортних засобів кожного виду і термін їх подачі до пунктів посадки;
- кількість населення, яке підлягає евакуації;
- терміни відправлення евакуйованого населення у безпечні райони;
- терміни прибуття евакуйованого населення до пунктів посадки;
- маршрути руху транспортних засобів;
- кількість рейсів.

З отриманням рішення (сигналу) про проведення евакуації евакуаційні комісії уточнюють завдання керівникам об'єктів щодо проведення евакуаційних заходів, контролюють стан оповіщення населення, його збору, формування колон (через начальників маршрутів), забезпечують переміщення їх до пунктів

евакуації, а також разом з транспортними службами - готовність транспортних засобів до перевезень, уточнюють порядок їх використання, підтримують постійний зв'язок з начальниками маршрутів та з органами виконавчої влади безпечних районів, інформують їх про хід евакуації.

У разі оголошення евакуації громадяни самостійно на міських транспортних засобах, які у цей період працюють цілодобово, прибувають на збірні евакуаційні пункти. Працівники цих пунктів розподіляють громадян, які підлягають евакуації, за транспортними засобами, інструктують їх і забезпечують посадку на транспортні засоби.

Евакуйовані громадяни повинні мати при собі паспорт, військовий квиток, документ про освіту, трудову книжку або пенсійне посвідчення, свідоцтво про народження, гроші і цінності, продукти харчування і воду на 3 доби, постільну білизну, необхідний одяг і взуття загальною вагою не більш як 50 кілограмів на кожного члена сім'ї. Дітям дошкільного віку вкладається у кишеню або пришивається до одягу записка, де зазначається прізвище, ім'я та по батькові, домашня адреса, а також ім'я та по батькові матері і батька.

Висновки до розділу 4

В цьому розділі проаналізовано важливі питання охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях, висвітлено питання планування та порядку проведення евакуації населення з районів наслідків впливу НС техногенного та природного характеру.

ВИСНОВКИ

В результаті виконаної роботи здійснено огляд основних типів акумуляторів, представлених на ринку, їх структури, процесів, котрі відбуваються в них, експлуатаційних особливостей. Зафіксовані їх переваги та недоліки.

Виконано огляд та аналіз основних характеристик представлених на ринку пристроїв для тестування акумуляторів та акумуляторних батарей. Встановлено, що можна виділити пристрої з мінімальними вимірюваннями: напругами акумулятора і комірок акумуляторних батарей, ємності батарей з довільними виробниками, що вибираються самостійно, розрядними процесами. Як правило, це прилади з низької цінової категорії. Крім цього, на ринку є діагностичні пристрої, що мають у своєму складі вузли електронного навантаження і дозволяють виконувати в тому числі і короткі цикли розрядження акумуляторів / акумуляторних батарей. Проте аналіз виявив малу кількість виробів, які здійснюють тестування відповідно до вимог ДСТУ.

Проведено аналіз вимог ДСТУ до тестування акумуляторів та акумуляторних батарей. Встановлено алгоритм проведення вимірювань та наступних обчислень необхідних ДСТУ параметрів.

Розроблено структурну та принципову схеми пристрою тестування акумуляторів. Розроблений пристрій містить модулі, керовані мікроконтролером, зокрема електронного навантаження, модуль вимірювань за змінним і постійним струмом, модулі вимірювання основного струму акумулятора і струмів в режимі виміру за змінним струмом, модулі АЦП, власне мікроконтролер і рідкокристалічний матричний екран, елементи для управління.

Розроблено алгоритмічне забезпечення функціонування пристрою для забезпечення вимог ДСТУ із тестування акумуляторів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Акумуляторна батарея (АКБ). призначення, будова і типи. URL: <https://green-way.com.ua/uk/dovidniki/pidruchnyk-po-vlashtuvannju-avtomobilja/rozdil43-akumuljatorna-batareja-pryznachennja-budova-i-vydy> (дата звернення: 10.12.2025).
2. ДСТУ 2310-93 Джерела струму електрохімічні. Терміни та визначення. Київ. 1993.
3. Електричний акумулятор. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Електричний_акумулятор (дата звернення: 10.12.2025).
4. Ni-Mh (Нікель-метал гідридні) акумулятори. URL: <https://xn--80aabsfh9bq.com.ua/kharakterystyky-ta-atrybuty-tovariv/typy-batareyok/type-ni-mh-rechar?srsId=AfmBOorGOпAKpc3xQhoZmqNgtgHBVX0K1oPeo36Eed7zRoVgzyDq24ZT> (дата звернення: 10.12.2025).
5. Нікель-кадмієвий акумулятор: вичерпний посібник для покупців. URL: <https://uk.shieldenchannel.com/blogs/portable-power-station/nickel-cadmium-battery> (дата звернення: 10.12.2025).
6. Що таке літій-іонні акумулятори URL: <https://www.roypow.com/uk/blog/what-are-lithium-ion-batteries/> (дата звернення: 10.12.2025).
7. Розкриття унікальних характеристик літій-іонних акумуляторів різних типів. URL: <https://cmbatteries.com/uk/розкриття-унікальних-характеристик-різних-типів-літій-іонних-аккумуляторів/> (дата звернення: 10.12.2025).
8. Що таке літій-титанатні акумулятори? Переваги, застосування та майбутні тенденції URL: <https://battery.swapstation.com/uk/what-is-a-lithium-titanate-battery/> (дата звернення: 10.12.2025).
9. Що таке акумулятор літій-полімерний. URL: <https://foton.ua/ua/faq/chto-takoe-akkumulyator-litij-polimernyj.html> (дата звернення: 10.12.2025).

10. ДСТУ EN 60622:2016 Акумулятори та акумуляторні батареї, які містять лужні чи інші некіслотні електроліти. Герметизовані нікель-кадмієві призматичні одиночні акумулятори, що перезаряджаються. Київ. 2016.

11. Бездротовий ватраметр JUNTEK VAT1100. URL: <https://codi.com.ua/ua/p1258705935-besprovodnoj-vattmetr-juntek.html?srsltid=AfmBOooK2b3JwFnKGQ7DMHI-gtcqLlwOtYv6g20whAfxb3V4yXSYihHO> (дата звернення: 10.12.2025).

12. Вимірювання внутрішнього опору акумулятора схема ZH-YU ZB206+. URL: <https://share.google/ZKrUBQmZF965ZoXfu> (дата звернення: 10.12.2025).

13. Електронне навантаження тестер акумуляторів ZKETECH EBC-A10H з підтримкою циклів заряд-розряд підключення до PC. URL: <https://turismo.in.ua/ua/p1364586269-elektronnaya-nagruzka-tester.html> (дата звернення: 10.12.2025).

14. Тестер акумуляторів Foxwell BT100Pro. URL: https://vagcom.com.ua/ua/tsifrovoy-tester-akkumulyatornoy-batarei-foxwell-bt100-pro/?srsltid=AfmBOoorkFnSeLw-LGIF5DY_IGXexnm26jXytyxvzvaATZdG4DdbTvRC (дата звернення: 10.12.2025).

15. Електронне навантаження DIY своїми руками. URL: <https://usamodelkina.ru/12450-jelektronnaja-nagruzka-https://myproject.com.ua/instruktsiia-po-zbirthsi-elektronne-navantazhennia-diy-svoimyu-rukamy-150vt.html> (дата звернення: 10.12.2025).

16. IRFP260NPBF. HEXFET® Power MOSFET. PD - 94004B // URL : <https://www.infineon.com/cms/en/product/power/mosfet/n-channel/irfp260n/> (дата звернення: 10.12.2025).

17. Резистор 5 Вт 0,22 Ом SQP-5 27. URL: <https://radiostore.com.ua/ua/p844404726-rezistor-sqp.html> (дата звернення: 10.12.2025).

18. LM324, LM324A, LM324E, LM224, LM2902, LM2902E, LM2902V, NCV2902 Single Supply Quad Operational Amplifiers. DATA SHEET. Publication

Order Number: LM324/D. October, 2021 – Rev. 31// Semiconductor Components Industries, LLC.

19. MCP4725. 12-Bit Digital-to-Analog Converter with EEPROM Memory in SOT-23-6. DS22039D. // 2009 Microchip Technology Inc.

20. BUZ10. N - CHANNEL 50V - 0.06Ω - 23A TO-220 STripFET. MOSFET. // STMicroelectronics GROUP OF COMPANIES.

21. BC546B, BC547A, B, C, BC548B, C. Amplifier Transistors. DATA SHEET. Publication Order Number: BC546/D . August, 2021 – Rev. 8. - Semiconductor Components Industries, LLC, 2012.

22. Схема вимірювача вихідного опору батарей. URL: <https://radiostorage.net/899-skhema-izmeritelya-vyhodnogo-soprotivleniyabatarej.html> (дата звернення: 10.12.2025).

23. 1N5822 URL: <https://imrad.com.ua/ua/1n5822-1-253431> (дата звернення: 10.12.2025).

24. MAX471/MAX472. Precision, High-Side Current-Sense Amplifiers. 19-0335; Rev 2; 12/96 . Maxim Integrated Products.

25. RX27-1 0.01 Ом 5W 5% / SQP5 URL: <https://asenergi.com/catalog/rezistory-moshchnye/sqp.html> (дата звернення: 10.12.2025).

26. RC0402JR-0750RL URL: <https://imrad.com.ua/ua/rc0402jr-070rl-8> (дата звернення: 10.12.2025).

27. 0.125Вт 0805 2 кОм, 1%, Чип резистор (SMD). URL: <https://www.digikey.com/en/products/detail/yageo/RC0805FR-072KL/727664> (дата звернення: 10.12.2025).

28. 0.25Вт 1206 100 кОм, 1%, Чип резистор (SMD). URL: <https://www.digikey.com/en/products/detail/yageo/RC1206FR-07100KL/728492?s=N4IgTCBcDaIEoGECMYAMA2AYnAtKg7EqqgNIAyIAugL5A> (дата звернення: 10.12.2025).

29. ADS1113, ADS1114, ADS1115 Ultra-Small, Low-Power, 16-Bit Analog-to-Digital Converter with Internal Reference. SBAS444B –MAY 2009– REVISED OCTOBER 2009. Texas Instruments Incorporated.

30. Наконечний В.В. Методи контролю основних параметрів акумуляторів // Інформаційні моделі, системи та технології: Праці XIII наук.-техн. конф. (Тернопіль, ТНТУ ім. І. Пулюя, 17-18 грудня 2025 р.) с. 133.

31. Наконечний В.В. Алгоритм вимірювання ємності акумулятора за короткого режиму розрядження // Інформаційні моделі, системи та технології: Праці XIII наук.-техн. конф. (Тернопіль, ТНТУ ім. І. Пулюя, 17-18 грудня 2025 р.) с. 134.

32. Луцик Н.С., Луцків А.М., Осухівська Г.М., Тиш Є.В. Програма та методичні рекомендації з проходження практики за тематикою кваліфікаційної роботи для студентів спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія» другого (магістерського) рівня вищої освіти усіх форм навчання. Тернопіль. ТНТУ. 2024. 45 с.

33. Луцик Н. С., Луцків А. М., Осухівська Г. М., Тиш Є. В. Методичні рекомендації до виконання кваліфікаційної роботи магістра для студентів спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія» другого (магістерського) рівня вищої освіти усіх форм навчання. Тернопіль. ТНТУ. 2024. 44 с.

34. Варавін А.В., Лещишин Ю.З., Чайковський А.В. Методичні вказівки до виконання курсового проєкту з дисципліни «Дослідження і проєктування комп'ютерних систем та мереж» для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія» усіх форм навчання. Тернопіль. ТНТУ, 2024. 32 с.

35. Микитишин А. Г., Митник М. М., Стухляк П. Д., Пасічник В. В. Комп'ютерні мережі. Книга 1 [навчальний посібник]. Львів : «Магнолія 2006», 2013. 256 с.

36. Микитишин А. Г., Митник М. М., Стухляк П. Д., Пасічник В. В. Комп'ютерні мережі. Книга 2. [навчальний посібник]. Львів : "Магнолія 2006", 2014. 312 с..

37. Palamar A., Palamar M., Osukhivska H. Real-time Health Monitoring Computer System Based on Internet of Medical Things. CEUR Workshop Proceedings, 3rd International Workshop on Information Technologies: Theoretical and Applied Problems (ITTAP 2023), Ternopil, Ukraine, Opole, Poland, November 22–24, 2023. Vol. 3628. P. 106-115.
38. Заїкіна Д., Глива В. Основи охорони праці та безпека життєдіяльності. 2019. URL: <https://doi.org/10.31435/rsglobal/001> (дата звернення: 10.12.2025).
39. Безпека в надзвичайних ситуаціях. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання / укл.: Стручок В. С. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. 156 с.

ДОДАТОК А
Тези конференції

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ

МАТЕРІАЛИ

ХІІ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

**«ІНФОРМАЦІЙНІ МОДЕЛІ,
СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ»**



17-18 грудня 2025 року

ТЕРНОПІЛЬ
2025

V. Kravchyk AUTOMATED ROAD TRAFFIC ACCIDENT RECOGNITION IN VIDEO MONITORING SYSTEMS USING COMPUTER VISION ALGORITHMS	
В. Кравчик, Г. Осухівська МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ВИЯВЛЕННЯ ДОРОЖНЬО-ТРАНСПОРТНИХ ПРИГОД КОМП'ЮТЕРИЗОВАНИМИ СИСТЕМАМИ ВІДЕОНАГЛЯДУ	
V. Kravchyk, G. Osukhivska METHODS AND MEANS OF DETECTING ROAD TRAFFIC ACCIDENTS USING COMPUTERISED VIDEO SURVEILLANCE SYSTEMS	126
І. Лемєга, Р. Королюк ОГЛЯД МІКРОКОНТРОЛЕРІВ, ПРИЗНАЧЕНИХ ДЛЯ СИСТЕМ РОЗУМНОГО ДОМУ	
I. Lemega, R. Koroliuk REVIEW OF MICROCONTROLLERS FOR SMART HOME SYSTEMS	127
Р. Лесик ДОСЛІДЖЕННЯ АДАПТИВНИХ АЛГОРИТМІВ РЕГУЛЮВАННЯ КОГНІТИВНОГО НАВАНТАЖЕННЯ У ВЕБТРЕНАЖЕРІ ПАМ'ЯТІ	
R. Lesyk RESEARCH ON ADAPTIVE ALGORITHMS FOR COGNITIVE LOAD REGULATION IN A WEB MEMORY TRAINER	128
А. Луцків, Д. Гаврада АНАЛІЗ ТА КЛАСИФІКАЦІЯ БІОМЕТРИЧНИХ СИСТЕМ ЗА ТИПАМИ ОЗНАК	
A. Lutskev, D. Havrada ANALYSIS AND CLASSIFICATION OF BIOMETRIC SYSTEMS BY FEATURE TYPES	129
А. Луцків, В. Комарницький ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМИ МОНИТОРИНГУ ТА ВІДДАЛЕНОГО ООНОВЛЕННЯ ІОТ-ПРИСТРОЇВ	
A. Lutskev, V. Komarnytskyi DESIGN OF A MONITORING AND REMOTE UPDATE SYSTEM FOR IOT DEVICES	130
І. Мудрий СПОСОБИ ЗАПОБІГАННЯ ВТРАТІ ДАНИХ В КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМАХ	
I. Mudryi METHODS OF PREVENTING DATA LOSS IN COMPUTER SYSTEMS	131
В. Наконечний МЕТОДИ КОНТРОЛЮ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ АКУМУЛЯТОРІВ	
V. Nakonechnyi METHODS OF CONTROLLING THE MAIN PARAMETERS OF BATTERIES	132
В. Наконечний АЛГОРИТМ ВИМІРЮВАННЯ ЄМНОСТІ АКУМУЛЯТОРА ЗА КОРОТКОГО РЕЖИМУ РОЗРЯДЖЕННЯ	
V. Nakonechnyi ALGORITHM FOR MEASURING BATTERY CAPACITY IN SHORT DISCHARGE MODE	133
В. Невмержицький, Н. Стадник СИСТЕМА МОНИТОРИНГУ ТЕМПЕРАТУРИ ВОДИ В БАСЕЙНІ	
V. Nevmerzhytskyi, N. Stadnyk POOL WATER TEMPERATURE MONITORING SYSTEM	134
Г. Осухівська, А. Коритко, А. Паламар	135

МЕТОДИ КОНТРОЛЮ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ АКУМУЛЯТОРІВ

UDC 621.31

V. Nakonechnyi

METHODS OF CONTROLLING THE MAIN PARAMETERS OF BATTERIES

Опишемо основні методи контролю параметрів акумуляторів, які використовуються на сьогоднішній день, і регламентуються ДСТУ. Розглянемо, в першу чергу [1], який насамперед «встановлює основні технічні вимоги, вимоги до позначення, маркування, розміри, а також методи випробувань для визначення основних характеристик та інші вимоги до літєвих акумуляторів і батарей, що застосовуються в устаткуванні, призначеному для портативного застосування».

Для визначення номінальної ємності акумуляторної батареї визначають розрядну характеристику та проводять наступні дії: акумулятори мають бути заряджені до номінального струму; акумулятори витримують при температурі навколишнього повітря щонайменше 1 год; випробуваний акумулятор розряджають струмом $0,2I_t$, відстежуючи необхідну величину кінцевої напруги; підраховують ємність акумулятора, в ідеалі вона повинна збігатися зі значенням, що вказується виробником як номінальна для акумулятора.

Характеристика короткого режиму розрядження знімається за таким алгоритмом:

- акумулятор повністю заряджений;
- акумулятор або батареї витримуються при кімнатній ≥ 1 год;
- акумулятор або батарея розряджаються постійним струмом $1.0 \cdot I_t$, до встановленого значення кінцевої напруги;
- значення ємності в ампер-годинах, отримане для попереднього пункту, має бути не менше номінального для випробуваного акумулятора.

Збереження та віддачу заряду вимірюють наступним чином:

- акумулятор або батарея повністю заряджається при кімнатній температурі, попередньо перебуваючи при цій температурі не менше години;
- акумулятор або батарея розряджаються постійним струмом $0,2I_t$ при температурі навколишнього середовища до встановленої кінцевої напруги;
- акумулятор зберігається протягом 28 діб, а потім у нього вимірюється ємність, яка повинна бути не менше ніж 70% для акумулятора і 60% для батареї.

Стійкість при циклічності (напрацювання у циклах):

- акумулятор або батарея повністю заряджається при кімнатній температурі, попередньо перебуваючи при цій температурі не менше години;
- акумулятор або батарея розряджаються постійним струмом $0,2I_t$ при температурі навколишнього середовища до встановленої кінцевої напруги;
- акумулятор або батарея повністю заряджається при кімнатній температурі методом, який вказує виробник;
- акумулятор або батарею піддають циклам розряджання-заряджання до тих пір, поки отримана ємність не стане менше 60% номінальної ємності.

Література

1. ДСТУ EN 60622:2016 Акумулятори та акумуляторні батареї, які містять лужні чи інші неокислотні електроліти. Київ. 2016

УДК 621.35

В. Наконечний

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

АЛГОРИТМ ВИМІРЮВАННЯ ЄМНОСТІ АКУМУЛЯТОРА ЗА КОРОТКОГО РЕЖИМУ РОЗРЯДЖЕННЯ

UDC 621.35

V. Nakonechnyi

ALGORITHM FOR MEASURING BATTERY CAPACITY IN SHORT DISCHARGE MODE

Так званий короткий режим розрядження має на увазі розрядження попередньо зарядженого акумулятора струмом з величиною $1.0 \cdot I_t$ до величини встановленого значення кінцевої напруги [1]. Тому мікроконтролер виконуватиме такі операції:

— після вибору відповідної дії користувачем мікроконтролер замикає контакт, що підключає електронне навантаження до акумулятора;

— мікроконтролер відправляє в модуль електронного навантаження дставку розрядного струму I_t відповідно до обраного користувача номінального значення ємності акумулятора або батареї;

— модуль електронного навантаження розряджає акумулятор до тих пір, поки напруга на клеммах акумулятора не досягне величини встановленого значення кінцевої напруги або значення за замовчуванням в 2.6В;

— як тільки значення кінцевої напруги буде досягнуто, мікроконтролер відключає модуль електронного навантаження від акумулятора;

— мікроконтролер підраховує імпульси вбудованого генератора упродовж усього часу розрядки для підрахунку його сумарної тривалості, помноживши отримане значення годинника на величину розрядного струму;

— обчислене значення ємності акумулятора при короткому режимі розряду висвітлюється на екрані;

— мікроконтролер очікує на наступні дії користувача.

Блок-схема алгоритму вимірювання ємності акумулятора при короткому режимі розряду відображена на рис. 1.

Література

1. ДСТ

У EN 60622:2016 Акумулятори та акумуляторні батареї, які містять лужні чи інші некіслотні електроліти. Київ. 2016.



Рисунок 1. – Блок-схема роботи алгоритму