

БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

КРБ.СІ-14.00.00.000 ПЗ

Група СІ-21-1

Дмитро ПАЛАМАР

2025

Міністерство освіти і науки України
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
Інститут інформаційних технологій
Кафедра інформаційно-телекомунікаційних технологій та систем

Паламар Дмитро Ігорович

(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК _____
(індекс)

БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

Розроблення автоматизованої системи контролю параметрів акумуляторної батареї

(назва роботи)

Системна інженерія – інтернет речей

(назва освітньої програми)

151-Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

(шифр і назва спеціальності)

Робота містить результати власних досліджень, використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело:

Здобувач освітнього ступеня _____ **Д.І. Паламар**
(підпис, ініціали та прізвище здобувача)

Науковий керівник _____ **Еліяшів Олег Миронович, к.т.н.**
(підпис, прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання керівника)

Допущено до захисту
Завідувач кафедри

_____ **Заміховський Л.М.**
(посада) (підпис) (дата) (ініціали та прізвище)

Івано-Франківськ – 2025

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

(повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут Інформаційних технологій

Кафедра Інформаційно-телекомунікаційних технологій та систем

Освітній рівень бакалавр

Спеціальність 151-Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ІТТС д.т.н., проф.

Л.М.Заміховський

«___» _____ 2025 року

**З А В Д А Н Н Я
НА БАКАЛАВРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ**

Паламар Дмитру Ігоровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розроблення автоматизованої системи контролю параметрів акумуляторної батареї

керівник роботи Еліяшів Олег Миронович, к.т.н.

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від "05" травня 2025 року № 281/7

2. Строк подання студентом роботи _____

3. Вихідні дані до роботи Матеріали та результати отримані під час проходження переддипломної практики, технічні вимоги, методичні вказівки.

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

Порівняльний аналіз існуючих систем контролю параметрів акумуляторних батарей

Вибір апаратних технологій та середовища розробки

Розробка апаратної частини

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

Структурна схема

Електрична принципова схема

Друкована плата

6. Дата видачі завдання _____

РЕФЕРАТ

Розрахунково-пояснювальна записка: 65 сторінок, 32 рисунків, 2 таблиці, 15 посилань.

Об'єктом дослідження є система контролю і діагностування параметрів акумуляторних батарей різного типу.

Мета роботи – розробка автоматизованої системи контролю і діагностування параметрів акумуляторних батарей.

Розглянуто особливості будови та технічні характеристики акумуляторних батарей, особливості їх діагностування, а також типові розглянуто реалізацію автоматизованої системи контролю параметрів акумуляторних батарей різного типу.

В першій частині роботи проведено аналіз основних типів акумуляторних батарей та основних способів їх діагностування.

В другій частині здійснено розробку структурної схеми системи, принципової схеми системи, здійснено підбір комплектуючих системи контролю.

В третій частині здійснено аналіз роботи системи, роботу графічного меню, параметрів налаштування системи.

АКУМУЛЯТОРНА БАТАРЕЯ, ЄМНІСТЬ, СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ, МІКРОКОНТРОЛЕР, ДИСПЛЕЙ, ДАВАЧ, АЛГОРИТМИ.

ABSTRACT

Calculation and explanatory note: 65 pages, 32 figures, 2 tables, 15 references.

The object of the study is a system for monitoring and diagnosing parameters of various types of batteries.

The purpose of the work is to develop an automated system for monitoring and diagnosing parameters of batteries.

The structural features and technical characteristics of batteries, the features of their diagnosis, and the typical implementation of an automated system for monitoring parameters of various types of batteries are considered.

In the first part of the work, an analysis of the main types of batteries and the main methods of their diagnosis is carried out.

In the second part, a structural diagram of the system, a schematic diagram of the system, and the selection of components for the control system are carried out.

In the third part, an analysis of the system operation, the operation of the graphical menu, and system configuration parameters are carried out.

**BATTERY, CAPACITY, PARAMETER CONTROL SYSTEM,
MICROCONTROLLER, DISPLAY, SENSOR, ALGORITHMS.**

ЗМІСТ

	с.
ПЕРЕЛІК ОСНОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ	7
ВСТУП	8
1 АНАЛІЗ АКУМУЛЯТОРНИХ БАТАРЕЙ ТА МЕТОДІВ ЇХ ДІАГНОСТУВАННЯ	10
1.1 Аналіз конструкцій акумуляторних батарей	10
1.2 Електричні характеристики акумуляторних батарей	21
1.3 Способи перевірки АКБ	26
2 РОЗРОБЛЕННЯ СТРУКТУРИ ТА БУДОВИ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ АКБ	34
2.1 Типові заводські випробування АКБ	34
2.2 Розроблення структурної схеми системи контролю АКБ та формування вимог	37
2.3 Обґрунтування вибору мікроконтролера.....	42
2.4 Розроблення електричної принципової схеми	45
2.5 Розроблення друкованої плати	50
3 АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ РОБОТИ СИСТЕМИ	53
3.1 Розроблення графічного терміналу системи	53
3.2 Опис режимів управління	56
ВИСНОВКИ	62
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ НА ДЖЕРЕЛА	63
БІБЛІОГРАФІЧНА ДОВІДКА	65

					КРБ.СІ-14.00.00.000ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Паламар</i>				<i>Розроблення автоматизованої системи контролю параметрів акумуляторної батареї</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перев.</i>	<i>Еліяшів</i>						5	65
<i>Н. контр.</i>	<i>Возний</i>				ІФНТУНГ ар.СІ-21-1			
<i>Затв.</i>	<i>Заміховський</i>							

ПЕРЕЛІК ОСНОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ

АКБ	– акумуляторна батарея
ДП	– друкована плата
МК	– мікроконтролер
ПК	– персональний комп'ютер
ФС	– функціональна схема
ЕРС	– електрорушійна сила
ККД	– коефіцієнт корисної дії

					КРБ.СІ-15.00.00.000ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

ВСТУП

Основним способом захисту обладнання від можливих неполадок в електромережі на підприємствах різних галузей є встановлення джерела безперебійного живлення на різного типу акумуляторах. Відсутність напруги для систем і пристроїв певного класу може бути надзвичайно фатальним: хірургічні та медичні системи життєзабезпечення потребують постійного живлення, і вимоги до наявності живлення дуже суворі; охоронні системи; системи екстреного зв'язку та передачі інформації.

У процесі роботи, з різних причин акумулятори стають непридатними і планові перевірки не завжди, вчасно виявляють поломку. Це може призвести до виходу з ладу обладнання на виробництві або ще тяжких наслідків.

Для своєчасного виявлення погіршення параметрів або виходу з ладу акумуляторних батарей необхідно застосовувати діагностичну систему, яка здатна визначати працездатність батареї як у режимі холостого ходу, так і під навантаженням. Така система повинна забезпечувати оперативне виконання всіх вимірювань та обчислень із високою точністю.

Сьогодні мікропроцесорна техніка активно впроваджується в різні галузі, поступово витісняючи традиційні цифрові пристрої, побудовані на «жорсткій логіці». Розвиток мікропроцесорів в електронній промисловості відбувається такими швидкими темпами, що кожне нове покоління процесорів знижує актуальність попереднього, яке вже через кілька років стає морально застарілим і знімається з виробництва. Універсальність, системна гнучкість, відносна простота конструювання пристроїв та майже необмежені можливості щодо ускладнення алгоритмів обробки даних забезпечують мікропроцесорним технологіям широкі перспективи. Водночас традиційна цифрова електроніка сьогодні застосовується переважно як допоміжний засіб для розширення функціональності мікропроцесорних систем та їх взаємодії з зовнішніми пристроями.

					КРБ.СІ-15.00.00.000ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Метою бакалаврської роботи є розробка пристрою для тестування акумуляторних батарей.

На сьогоднішній день літій-іонні та свинцево-кислотні акумулятори широко використовуються для живлення різноманітної портативної радіоелектронної техніки. Насамперед це стосується мобільних телефонів, кількість яких лише в межах однієї країни сягає десятків мільйонів. Акумулятор є ключовим елементом мобільного пристрою, оскільки від його якості залежить стабільність зв'язку та тривалість автономної роботи. З огляду на те, що вартість літій-іонних акумуляторів залишається відносно високою, особливо важливо мати можливість оцінити їхній технічний стан і прийняти обґрунтоване рішення щодо подальшого використання або заміни.

Ця бакалаврська робота присвячена розробці пристрою призначеного для діагностування акумуляторних батарей.

					<i>КРБ.СІ-15.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
						9
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

1 АНАЛІЗ АКУМУЛЯТОРНИХ БАТАРЕЙ ТА МЕТОДІВ ЇХ ДІАГНОСТУВАННЯ

1.1 Аналіз конструкцій акумуляторних батарей

Для забезпечення живлення електричного обладнання транспортних засобів у випадках, коли колінчастий вал двигуна внутрішнього згоряння обертається з низькою частотою або коли сам двигун не працює, застосовують хімічне джерело електроенергії — акумуляторну батарею.

Акумулятори можуть бути виконані як у вигляді окремого елемента, так і у вигляді батареї, що складається з кількох послідовно з'єднаних елементів, об'єднаних у спільному корпусі. У деяких моделях акумуляторів передбачені вбудовані електронні системи керування, які здійснюють контроль процесу заряджання та забезпечують захист від неправильних умов експлуатації [1].

Однією з ключових властивостей акумуляторної батареї є здатність до відновлення — після розряду вона знову може накопичувати електричну енергію та віддавати її у зовнішнє коло. Це досягається шляхом подачі на батарею електричного струму у зворотному напрямку, тобто здійсненням процесу заряджання [2].

Переважає більшість акумуляторів оцінюється не лише за вартістю, але й за рядом основних експлуатаційних характеристик, серед яких: кількість циклів заряд–розряд, максимальний строк зберігання, ємність, габаритні розміри, робочий температурний діапазон, можливість швидкого заряджання тощо.

Свинцево-кислотні акумулятори на сьогодні залишаються найпоширенішим типом серед акумуляторних джерел живлення. Вони були розроблені ще у 1859 році французьким фізиком Гастоном Планте.

					КРБ.СІ-15.00.00.000ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Основний принцип дії свинцево-кислотних акумуляторів ґрунтується на електрохімічних реакціях, що відбуваються між свинцем та діоксидом свинцю у середовищі сірчаної кислоти.

Також існують кілька різновидів класичних свинцево-кислотних акумуляторів з рідким електролітом, наприклад:

- Antomin 2,3-4: акумуляторні батареї з 2,3-4% вмістом сурми у матеріалі пластин;
- Hybrid: акумуляторні батареї комбінованої (гібридної) конструкції, у яких негативні пластини виконані з кальцієвого сплаву свинцю, позитивні - з малосурм'янистого;
- Ca/Ca: акумуляторні не обслуговувані батареї, у яких пластини виготовлені зі сплавів свинцю, легованого кальцієм;
- PbCa/Silver: акумуляторні не обслуговувані батареї, у яких пластини виготовлені зі складних свинцево-кальцієвих сплавів з додаванням срібла (технологія Varta).

AGM (Absorbent Glass Mat) — це одна з технологій виробництва свинцево-кислотних акумуляторів. Основна відмінність батарей, виготовлених за технологією AGM (див. рис. 1.1), полягає в тому, що електроліт у них не перебуває в рідкому стані, а абсорбований у спеціальному скловолокнистому сепараторі. Це конструктивне рішення обумовлює низку відмінностей у властивостях таких акумуляторів порівняно з класичними моделями [2,3].

Перевагою є:

- Стійкість до вібрації;
- можливість встановлення в будь-якому положенні та відсутності в необхідності обслуговувати;
- конструкція, що не вимагає обслуговування;
- герметична будова що запобігає витоку кислоти;
- впевнена робота за низьких температур (-30 °C);
- можливість роботи в нестандартному положенні (на боці).

					<i>КРБ.СІ-15.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

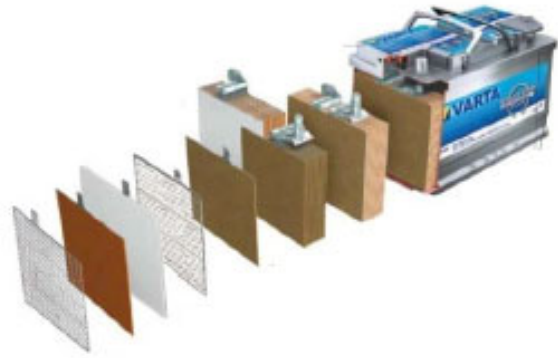


Рисунок 1.1 – Свинцево-кислотний акумулятор технології AGM

На рис. 1.2 представлений взаємозв'язок напруги і температури АКБ AGM.

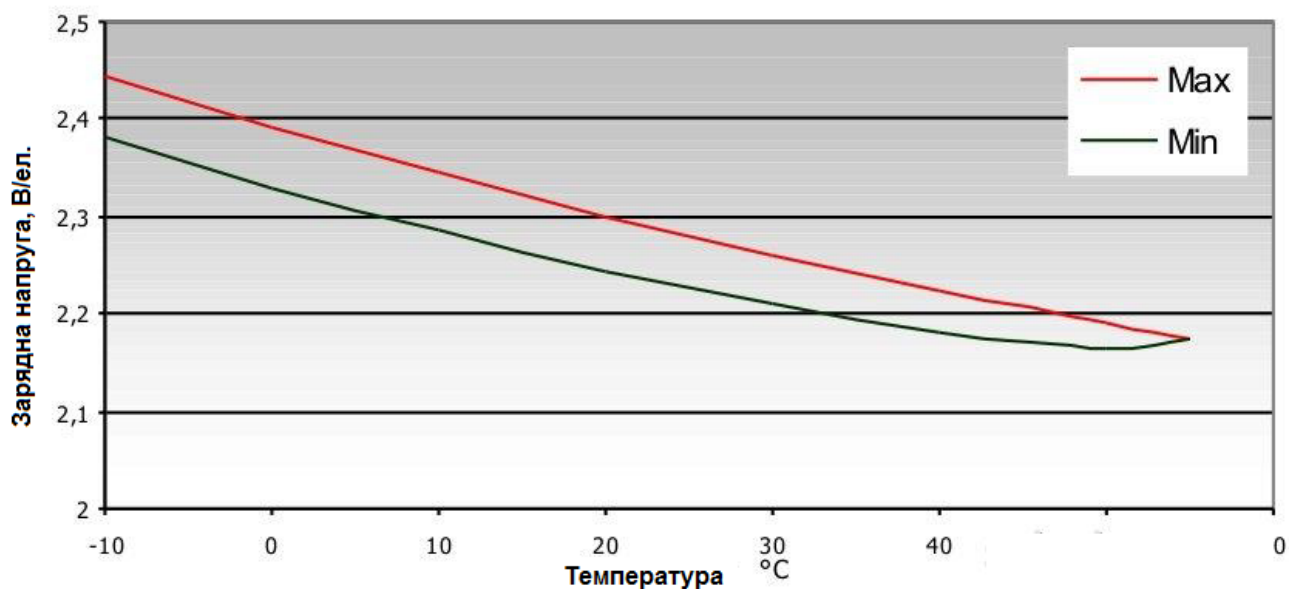


Рисунок 1.2 – Взаємозв'язок напруги зарядки і температури АКБ AGM

На даному графіку представлена залежність зарядної напруги від температури навколишнього середовища, яка показує, що чим нижче температура, тим більшу напругу можна подати для повної зарядки акумуляторної батареї [4].

Також існує конструкція акумуляторних батарей типу ОПТИМА (рис. 1.1.3), що має всі переваги батарей AGM, але в той же час відрізняється від них конструктивно [5,6]. В АКБ ОПТИМА пластини не прямокутні та плоскі (як у батареях «класичної» конструкції), а є довгими стрічками, щільно скрученими в рулон (інноваційна система SPIRALCEL®-TECHNOLOGY).



Рисунок 1.3 - AGM акумуляторна батарея конструкції ОПТИМА

Внаслідок використання такої конструкції батареї ОПТИМА можуть не тільки безпечно працювати в будь-якому положенні та витримувати вібрації, які не може витримати жодна батарея «класичної» конструкції, але й здатна працювати з пошкодженим корпусом, наприклад, з пробоїнами.

Конструкція SPIRALCEL®-TECHNOLOGY дає можливість використовувати такі батареї не тільки як стартерні і не тільки в автомобілях, але і для живлення електроприладів, а також як бортові джерела струму на катерах і яхтах. Крім перерахованих переваг батареї ОПТИМА мають кращі пускові характеристики (струм холодного прокручування) та більший термін служби. Така технологія дозволяє значно знизити товщину свинцевих стрічок і на 50-100% збільшити їхню активну площу в порівнянні зі звичайними пластинами свинцево-кислотних акумуляторів. Спеціальна конструкція мінімізує опір і забезпечує рівномірний тиск по всій поверхні елементів, таким

					<i>КРБ.СІ-15.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		13

чином гарантуючи швидку віддачу енергії та збільшення терміну служби в 1.5-2 рази в порівнянні зі звичайними акумуляторами. Велика площа поверхні активних елементів також скорочує час заряджання акумулятора (рис 1.4).

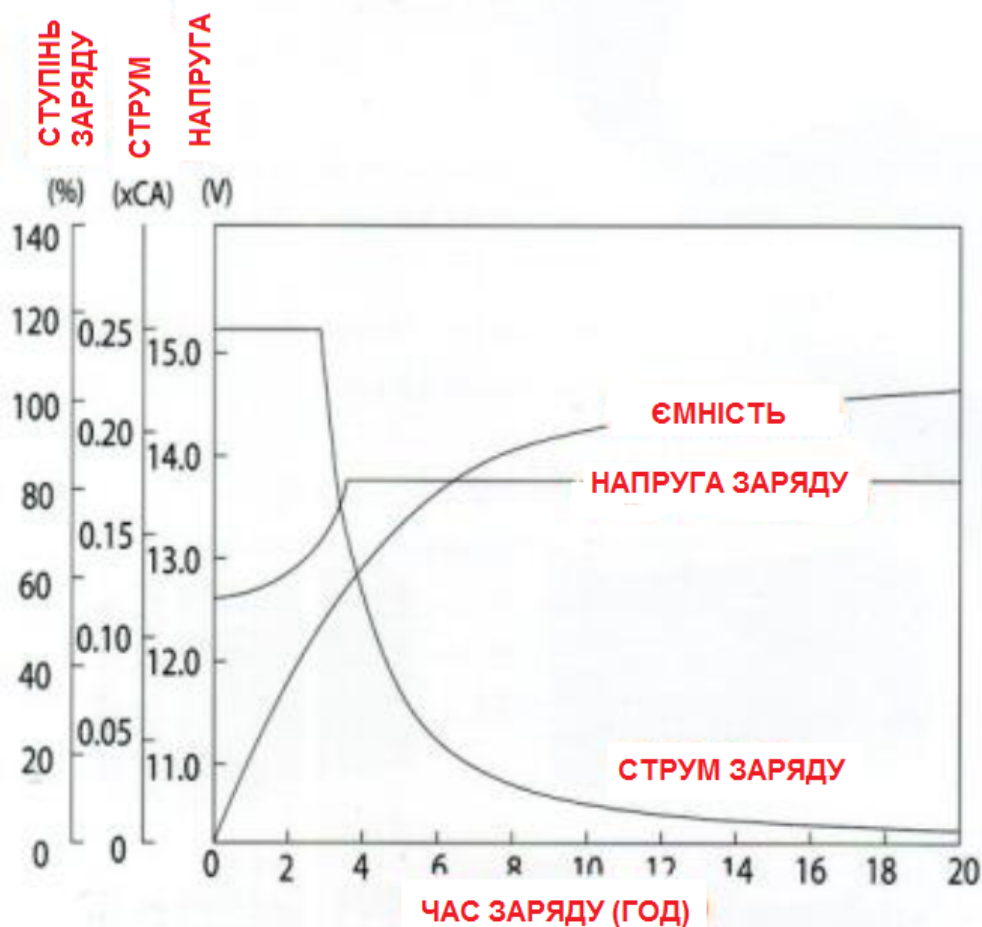


Рисунок 1.4 – Зарядна характеристика AGM акумуляторів

АКБ марки ОПТИМА мають такі характеристики:

- надійність і максимальна потужність під час старту забезпечуються незалежно від числа глибоких розрядів. Акумулятори ОПТИМА перевірялися під час запуску дизельних двигунів різних транспортних засобів при температурах від -40 до +40 °С;
- ідеальні для сезонного використання, зберігають пускові якості навіть після року зберігання без підзарядки;
- абсолютна безпека батарей ОПТИМА полягає в тому, що розчин електроліту в абсорбованому вигляді знаходиться в закритій герметичній

системі, в корпусі з довговічного і стійкого до ударних і температурних впливів пластику. Витік електроліту неможливий навіть при розбитому корпусі;

- встановлювати акумулятор ОПТІМА можна в будь-якому положенні, навіть вгору дном, що робить його ідеально придатним для установки в обмеженому просторі;

- важлива перевага ОПТІМА перед звичайним акумулятором полягає в тому, що ОПТІМА не вимагає обслуговування, оскільки є повністю закритою системою;

- на відміну від гелевих акумуляторів, для підзарядки ОПТІМА підходить більшість стандартних зарядних пристроїв.

Гелеві акумулятори (Gelled Electrolite) - це модифікація стандартних свинцево-кислотних акумуляторних батарей, в яких замість рідкого електроліту використовується так званий «загущений електроліт». В електроліт додається загусник (сполуки кремнію), в результаті чого він переходить з рідкого стану в гелеподібний. «Гелеподібність» електроліту запобігає можливості його виливання і виключає газовиділення в процесі експлуатації батареї. Основний недолік, властивий гелевим батареям - підвищений внутрішній опір (наслідок, що електроліт менш текучий). Це перешкоджає отриманню високих струмів, і саме тому гелеві батареї мало застосовуються як стартерні автомобільні батареї, і використовуються, в основному, як резервні джерела живлення. На рис. 1.5 представлена зарядна характеристика гелевого АКБ [7].

Літєво-іонні (Li-Ion) акумуляторні батареї - тип акумулятора що широко почав поширюватись як в сучасній побутовій електронній техніці, так і в електромобілях. Перший літєво-іонний акумулятор представила світу корпорація Sony в 1991 [7].

					<i>КРБ.СІ-15.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

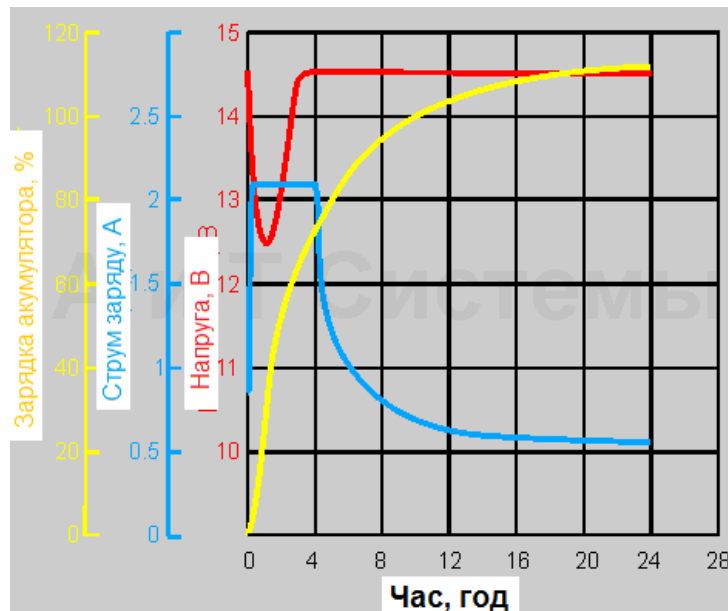


Рисунок 1.5 – Зарядна характеристика гелевих акумуляторів

Перевагами літєво-іонних акумуляторних батарей (рис. 1.6) є:

- висока енергетична щільність;
- низький саморозряд;
- простота обслуговування.

Недоліками:

- акумулятори Li-ion схильні до вибухового руйнування при перезаряді або перегріві;
- мають більш короткий життєвий цикл у порівнянні з іншими типами акумуляторів.



Рисунок 1.6 - Літій-іонна (Li-Ion) АКБ

						КРБ.СІ-15.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата			16

Техніко-експлуатаційні характеристики літієво-іонної акумуляторної батареї включають наступні параметри:

- питома енергетична щільність: 110...200 Вт·год/кг;
- внутрішній електричний опір: 150...250 мОм (для батареї з напругою 7,2 В);
- кількість циклів заряд–розряд до зниження ємності на 20 %: 500–1000;
- тривалість швидкого заряджання: від 2 до 4 годин;
- рівень саморозряду при кімнатній температурі: до 7 % на рік;
- граничне значення напруги на елементі при повному заряді: 4,18...4,20 В;
- мінімальна напруга на елементі при повному розряді: 2,5...2,75 В;
- температурний діапазон експлуатації: від –20 до +60 °С;
- потреба в технічному обслуговуванні: не передбачена.

Перші дослідницькі роботи, пов'язані зі створенням літієвих батарей, розпочалися ще у 1912 році, проте лише через шістдесят років, у 70-х роках ХХ століття, ці джерела живлення вперше були використані у побутових електроприладах. Важливо зазначити, що на той час йшлося саме про батареї, а не акумулятори. Спроби розробити літієві акумуляторні елементи (тобто ті, що підлягають перезарядженню) спершу не увінчалися успіхом через складнощі, пов'язані з гарантуванням їх безпечного функціонування. Літій, як найлегший метал серед усіх, володіє найвищим електрохімічним потенціалом і забезпечує найбільшу енергетичну щільність. Акумулятори, в основі яких — металеві літієві електроди, відзначаються як високою напругою, так і значною ємністю. Однак у ході численних досліджень, що проводилися у 1980-х роках, було виявлено, що під час циклічного режиму роботи (заряд–розряд) структура літієвого електрода зазнає змін, що знижують його термічну стабільність і створюють загрозу втрати контролю над тепловими процесами. У разі розвитку подібної ситуації температура елемента стрімко досягає точки плавлення літію, що провокує інтенсивну реакцію з виділенням горючих газів і подальшим

					КРБ.СІ-15.00.00.000ПЗ	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

займанням. Наприклад, значну партію літєвих акумуляторів для мобільних телефонів, яка була поставлена до Японії в 1991 році, довелося відкликати після серії інцидентів із їх загорянням.

У зв'язку з високою хімічною активністю літію дослідники зосередилися на створенні неметалевих акумуляторів на основі літєвих іонів. Хоча ці рішення дещо поступаються в енергетичній щільності, завдяки впровадженню низки захисних заходів при заряджанні та розряджанні вдалося значно підвищити безпеку експлуатації. Так з'явилися так звані літій-іонні акумулятори (Li-ion) [6].

Енергетична щільність Li-ion акумуляторів, як правило, у два рази вища порівняно зі стандартними нікель-кадмієвими (NiCd) джерелами живлення, а завдяки впровадженню нових активних матеріалів очікується її подальше зростання — до рівня, що втричі перевищуватиме аналогічний показник для NiCd. Окрім значної ємності, Li-ion акумулятори під час розряду демонструють поведінку, подібну до NiCd — форма їхніх розрядних кривих схожа, відмінність полягає лише в рівні напруги.

На даний момент існує велика кількість варіантів літій-іонних акумуляторів. Хоча кожен тип має свої переваги й обмеження, зовні розрізнити їх практично неможливо. Тому зосередимося лише на загальних характеристиках, властивих усім Li-ion акумуляторам, а також розглянемо чинники, що зумовили появу літій-полімерних варіантів акумуляторних батарей (рис. 1.6).

Основні переваги:

- висока енергетична щільність, що забезпечує більшу ємність за тих самих габаритів у порівнянні з нікельвмісними акумуляторами;
- низький рівень саморозряду;
- підвищена напруга одного елемента (3,6 В замість 1,2 В, як у NiCd та NiMH), що дозволяє спростити конструкцію пристроїв — найчастіше використовується лише один елемент. Таке рішення широко застосовується в

					<i>КРБ.СІ-15.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

мобільних телефонах, зокрема в моделях Nokia. Однак для досягнення тієї ж потужності необхідно забезпечити вищий струм, що, у свою чергу, потребує мінімального внутрішнього опору елемента;

- низькі витрати на обслуговування — за рахунок відсутності ефекту пам'яті, немає потреби у регулярному повному розряді для підтримки ємності.

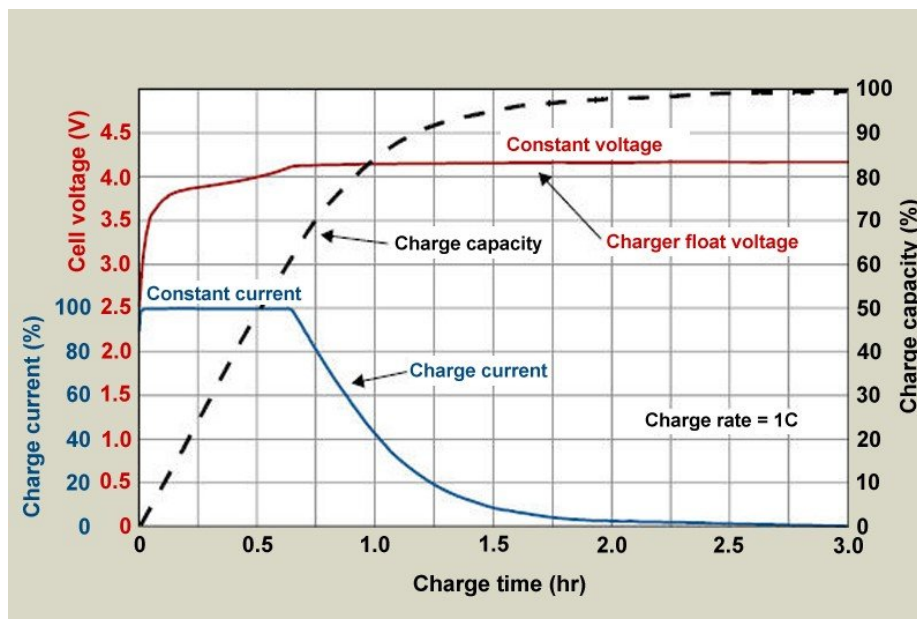


Рисунок 1.6 – Зарядна характеристика Li-ion акумуляторів

Недоліки:

- потреба в інтегрованій захисній електроніці (що підвищує загальну вартість), яка контролює напругу на елементах під час заряду, обмежує глибину розряду, стежить за температурою та регулює граничні значення струму заряду і розряду. Це дозволяє практично усунути ризик металізації літію;

- процес старіння акумулятора відбувається навіть у неробочому стані. Для більшості Li-ion акумуляторів характерне поступове зниження ємності, яке починає проявлятися вже через рік незалежно від умов експлуатації. Через 2–3 роки багато акумуляторів можуть вийти з ладу. Слід зазначити, що й інші типи акумуляторів з часом погіршують свої характеристики (особливо це стосується NiMH, які чутливі до високих температур навколишнього середовища);

- вища собівартість у порівнянні з NiCd джерелами живлення;

- складність при швидкому тестуванні (наприклад, за допомогою аналізаторів типу Cadex C7xxx), оскільки технологія виготовлення Li-ion акумуляторів досі зазнає змін і не є повністю стандартизованою.

Технологічний процес виготовлення літій-іонних акумуляторів постійно вдосконалюється: оновлення відбувається приблизно кожні пів року, тож передбачити їхню поведінку після тривалого зберігання досить складно.

Отже, попри всі позитивні якості, Li-ion акумулятори мають обмеження, пов'язані з експлуатаційною безпекою та високою ціною. Саме спроби усунути ці недоліки стали поштовхом до створення літій-полімерних акумуляторів (Li-pol або Li-polymer).

Головна відмінність Li-pol від традиційних Li-ion рішень закладена в самій назві — вона пов'язана з типом використаного електроліту. У перших розробках 1970-х років застосовувався твердий полімерний електроліт, що нагадував пластик і не проводив електричний струм, але дозволяв проходження іонів (заряджених частинок або їхніх груп). Такий електроліт фактично замінював класичний пористий сепаратор, просочений рідким електролітом.

Така особливість конструкції значно спрощує процес виробництва, характеризується більшою безпекою та дозволяє випускати тонкі за формою акумулятори. До того ж, відсутність електроліту унеможливорює займання. При цьому товщина елемента складає орієнтовно одного міліметра.

Хоча характеристики та ефективність обох систем багато в чому подібні, унікальність Li-ion полімерного (можна його і так назвати) акумулятора полягає в тому, що в ньому все ж таки використовується твердий електроліт, що замінює пористий сепаратор. Гелевий електроліт додається тільки збільшення іонної електропровідності.

					<i>КРБ.СІ-15.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

1.2 Електричні характеристики акумуляторних батарей

Головним показником, який визначає якість акумуляторної батареї з урахуванням її маси та габаритів, є електрична ємність. Вона вимірюється в ампер-годинах і визначається як кількість електричного заряду, що може бути отриманий під час розрядження акумулятора сталим струмом до встановленої кінцевої напруги.

Згідно з класифікацією, визначеною у стандарті ДСТУ 896-1-95, номінальна ємність акумулятора (позначається як $C_{ном}$) встановлюється на основі часу розряду струмом, що відповідає десятигодинному режиму, до кінцевої напруги 1,8 В на елемент за умови, що середня температура електроліту під час розряду становить 20 °С.

Якщо під час проведення розряду середнє значення температури електроліту відрізняється від 20 °С, тоді отримане значення фактичної ємності (позначається як $C_{ф}$) необхідно скоригувати, зводячи його до стандартної температури 20 °С за допомогою відповідної формули:

$$C_{ном} = \frac{C_{ф}}{1 + z(t - 20)} \quad (1.1)$$

де z - температурний коефіцієнт ємності;

t – температура електроліту, °С.

При оцінці ємності батареї середню температуру визначають за температурою контрольних елементів, що вибираються з розрахунку один контрольний елемент з шести, а кінцева напруга розряду батареї розраховують за кількістю n елементів в батареї.

Ємність акумуляторів при роботі в скорочених режимах розряду є меншою порівняно з номінальним значенням. Для температури електроліту в межах (20 ± 5) °С, залежно від типу електродів, така ємність повинна відповідати мінімальним значенням, наведеним у таблиці 1.1, з урахуванням необхідності забезпечення допустимого діапазону коливань напруги для апаратури електрозв'язку.

					КРБ.СІ-15.00.00.000ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Зазвичай при введенні в експлуатацію акумуляторів із коротким терміном зберігання на першому циклі розряду батарея повинна забезпечити віддачу не менше 95 % ємності, передбаченої у таблиці 1.1 для 10-, 5-, 3- та 1-годинного режимів розряду. Натомість у період з 5-го до 10-го циклу (залежно від вимог виробника) акумулятор повинен досягати вже повного рівня ємності — не менше 100 % від значень, наведених у таблиці 1.1, для всіх вказаних режимів: 10-, 5-, 3-, 1-, 0,5- та 0,25-годинного.

Таблиця 1.1 – Ємність акумуляторів після розряду

Режим розряду, год	10	5	3	1	0,5	0,25
Кінцева напруга розряду, В/ ел	1,8	1,8	1,8	1,75	1,75	1,70
Ємність акумуляторів з електродами великої поверхності, А-ч	1,0 C _{НОМ}	0,82 C _{НОМ}	0,75 C _{НОМ}	0,5 C _{НОМ}	0,35 C _{НОМ}	0,22 C _{НОМ}
Ємність акумуляторів з панцирними електродами, А-ч	1,0 C _{НОМ}	0,82 C _{НОМ}	0,69 C _{НОМ}	0,44 C _{НОМ}	0,28 C _{НОМ}	-

Під час вибору акумуляторних батарей слід звертати особливу увагу на умови, за яких виробник визначає номінальну ємність. Якщо це значення вказане для підвищеної температури, то для об'єктивного порівняння з іншими типами акумуляторів ємність необхідно попередньо перерахувати на стандартну температуру 20 °С. У випадку, коли номінальна ємність задана при заниженому значенні кінцевої напруги розряду, також слід здійснити перерахунок. Для цього використовують дані про розряд акумулятора постійним струмом, які містяться в експлуатаційній документації або в технічних характеристиках виробника, але з приведенням до кінцевої напруги, зазначеної в таблиці 1.1.

Крім того, при оцінюванні технічних параметрів акумулятора необхідно враховувати початкову щільність електроліту, яка закладається при визначенні ємності. Якщо ця щільність є вищою за стандартну, слід очікувати зменшення строку експлуатації батареї.

Ще одним важливим параметром, що характеризує стаціонарні свинцево-кислотні акумулятори, є їх здатність до роботи в буферному режимі. Це означає, що попередньо заряджена батарея, яка підключена паралельно до навантаження та джерела живлення, повинна зберігати свою ємність за умови дотримання заданого виробником рівня напруги підзаряду, а також його допустимого коливання. Зазвичай напруга підзаряду $U_{пз}$ зазначається для кожної конкретної моделі акумулятора і знаходиться в межах від 2,18 до 2,27 В на елемент (при температурі 20 °С).

Нестабільність підзарядної напруги для основних типів акумуляторів не повинна перевищувати 1%, що накладає певні вимоги на вибір зарядних пристроїв.

На термін служби акумуляторів впливає також величина змінної складової зарядного (підзарядного) струму. Особливо це суттєво при використанні для резерву електроживлення обладнання сучасних електронних засобів комутації батарей герметизованих акумуляторів. Випрямні пристрої у складі зарядного пристрою, що застосовуються для заряду та підзаряду герметизованих акумуляторів, повинні забезпечувати повний розмах зміни напруги системи, включаючи допустиму нестабільність, що не перевищує $\pm 2,5\%$ рекомендованого виробником значення напруги підзаряду. При цьому ні за яких обставин під час заряду і підзаряду герметизованих акумуляторів не допускається реверсування напрямку проходження струму через батарею.

Одним із важливих параметрів, що визначається технологічними особливостями виготовлення акумуляторних батарей, є величина розкиду напруги між окремими елементами батареї під час процесів заряду, підзаряду або розряду. Для відкритих типів акумуляторів виробник, як правило,

					<i>КРБ.СІ-15.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

встановлює допустимий розкид у межах $\pm 2\%$ від середнього значення. У випадку короткочасного розряду (тривалістю одну годину або менше) допустиме відхилення напруги між елементами не повинно перевищувати $\pm 5\%$.

Якщо протягом першого року після введення батареї в експлуатацію не спостерігається зменшення розкиду напруги, або якщо цей розкид починає зростати надалі, це може свідчити про наявність виробничих дефектів або про порушення умов експлуатації. Особливо небезпечним є постійне перевищення напруги на окремих елементах понад 2,4 В на елемент. Така ситуація може спричинити підвищене споживання води в окремих елементах під час заряджання або підзаряджання, що, у свою чергу, призводить до зменшення терміну служби батареї або до ускладнення її обслуговування (необхідність частішого доливання води у випадку відкритих акумуляторів). Крім того, значне відхилення напруги між елементами може спричинити втрату ємності батареї внаслідок занадто глибокого розряду окремих комірок у процесі розряджання всієї батареї.

Саморозряд — це параметр, що характеризує втрату ємності акумулятора, який не використовується, при відключеному зовнішньому електричному колі. Він визначається як відсоток від загальної ємності, що втрачається за певний період зберігання за температури 20 °С. Цей показник впливає на те, як довго батарея може зберігатися без необхідності підзарядки, а також визначає величину струму, потрібного для підтримання заряду батареї у буферному режимі.

Оскільки саморозряд значною мірою залежить від температури електроліту, доцільно зменшити температуру середовища, в якому зберігається або експлуатується батарея, щоб знизити величину підзарядного струму або продовжити час її бездіяльного зберігання без втрати ємності. Таким чином, вибір приміщення з нижчою середньою температурою є доцільним рішенням для покращення умов зберігання та експлуатації акумуляторних батарей.

					<i>КРБ.СІ-15.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Зазвичай середньодобовий саморозряд акумуляторів при 90-добовому зберіганні при температурі 20 °С не повинен перевищувати 1 % номінальної ємності і зі зростанням температури на 10 °С подвоюється. Середньодобовий саморозряд герметизованих акумуляторів за тих же умов зберігання, як правило, не повинен перевищувати 0,1% номінальної ємності.

Для розрахунку кіл автоматики та захисту акумуляторних батарей стандарт регламентує такі характеристики акумуляторів як їх внутрішній опір та струм короткого замикання. Ці параметри визначаються розрахунковим шляхом за значеннями напруги, що встановилися, при розряді їх струмами досить великої величини (зазвичай рівними $4C_{ном}$ і $20C_{ном}$) і повинні наводитися в технічній документації виробника.

Для вимірювання опору ізоляції зарядженої акумуляторної батареї використовується вольтметр з внутрішнім опором не менше 50 кОм.

Розрахунок опору ізоляції $R_{із}$ (кОм) при вимірюванні вольтметром виконується по формулі:

$$R_{із} = R_B \left(\frac{U}{U_+ + U_-} - 1 \right) \quad (1.2)$$

де R_B – опір вольтметра, кОм;

U - напруга акумуляторної батареї, В;

U_+ , U_- - напруга плюса і мінуса батареї відносно «землі», В.

В результаті проведених вимірювань можуть бути визначені опори ізоляції полюсів батареї $R_{із+}$ і $R_{із-}$ (кОм):

$$R_{із+} = R_B \left(\frac{U - (U_+ + U_-)}{U_-} \right) \quad (1.3)$$

$$R_{із-} = R_B \left(\frac{U - (U_+ + U_-)}{U_+} \right) \quad (1.4)$$

					<i>КРБ.СІ-15.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

1.3 Способи перевірки АКБ

Головною метою під час перевірки стану будь-якої акумуляторної батареї є з'ясування, чи має вона достатню ємність і чи здатна забезпечити задані виробником характеристики протягом необхідного проміжку часу. Водночас безпосередньо під час вимірювань фіксуються лише кілька основних параметрів — таких як напруга та сила струму. У випадку обслуговуваних акумуляторів додатково можливе вимірювання щільності електроліту. Дані заміри можна здійснювати кілька разів, відстежуючи зміну показників у динаміці. Усі інші характеристики батареї не підлягають прямому вимірюванню, а визначаються згідно зі спеціальною методикою, розробленою виробником. Ця методика враховує як тип акумуляторної батареї, так і технічні рекомендації виробника, а також вид прикладеного навантаження. Слід пам'ятати, що значна частина залежностей, які описують роботу АКБ, є нелінійними. Крім того, можуть впливати й додаткові фактори, наприклад температурні умови.

Проведення короткострокових тестів, навіть за допомогою найсучасніших методик, зазвичай має не стільки точний кількісний, скільки орієнтовний, якісний характер. Єдиним об'єктивним методом достовірного визначення ємності акумулятора залишається його повне розрядження протягом тривалого часу з детальною фіксацією параметрів у процесі розряду. Однак застосовувати таку довготривалу процедуру на практиці часто буває неможливо, особливо коли йдеться про велику кількість батарей. Незважаючи на це, навіть короткі оцінкові вимірювання можуть виявитися цілком достатніми для того, щоб відрізнити справний акумулятор від зношеного, що втратив свою ємність, і своєчасно замінити його на новий [8].

- Через навантаження. До акумуляторної батареї на короткий проміжок часу під'єднується основне або додаткове навантаження певної потужності. За допомогою вольтметра або мультиметра фіксується величина падіння напруги.

					КРБ.СІ-15.00.00.000ПЗ	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Якщо тестування проводиться декілька разів, між вимірюваннями необхідно зробити паузу, щоб дати акумулятору час на відновлення. Отримані результати порівнюються з технічними характеристиками, вказаними виробником для цього типу АКБ і відповідного рівня навантаження..

- Навантажувальна вилка. Схема включення найпростішої навантажувальної вилки зображена на рис. 1.7.

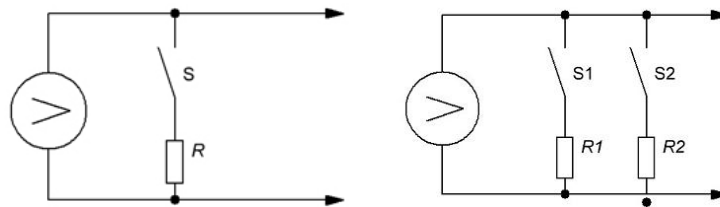


Рисунок 1.7 – Схема вимірювання

Пристрій містить вольтметр, до якого паралельно підключено потужний навантажувальний резистор, а також оснащений двома щупами для підключення до акумулятора. У старих моделях зазвичай використовуються аналогові вольтметри, тоді як сучасні пристрої, як правило, обладнані рідкокристалічними дисплеями та цифровими вольтметрами. Існують також вдосконалені навантажувальні вилки зі складнішими схемами, які містять кілька резисторів малого опору але великої потужності, що дозволяє охоплювати різні діапазони вимірювання напруги. Такі пристрої призначені для тестування як кислотних, так і лужних акумуляторів. Деякі модифікації дають змогу перевіряти окремі елементи (банки) акумулятора. У склад більш функціональних моделей, окрім вольтметра, може входити також амперметр, як показано на рис. 1.8.



Рисунок 1.8 – Вимірювальна вилка для АКБ

					<i>КРБ.СІ-15.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		27

Дані, що отримуються при вимірюваннях, також необхідно зіставляти з параметрами, заявленими виробниками для даного типу батарей і даного опору.

- Вимірювання за допомогою тестерів АКБ

Прилади серії Кулон. Ці прилади належать до початкового рівня вимірювального обладнання. Лінійка цифрових тестерів Кулон (зокрема моделі Кулон-12/6f, Кулон-12m, Кулон-12n та інші) призначена для оцінки технічного стану свинцевих кислотних акумуляторів. Вони забезпечують можливість оперативного вимірювання напруги, дозволяють орієнтовно визначити ємність акумуляторної батареї без необхідності її повного розряду, а також мають функцію збереження результатів — від кількох сотень до кількох тисяч замірів [9].



Рисунок 1.9 – Прилад Кулон для АКБ

Прилади серії Кулон отримують живлення безпосередньо від акумулятора, який підлягає тестуванню. За інформацією розробника, пристрій аналізує реакцію акумулятора на спеціально сформований тестовий сигнал. Вимірюваний параметр, згідно з методикою, приблизно пропорційний площі активної поверхні пластин, що, у свою чергу, дозволяє зробити висновок про ємність батареї. Варто зазначити, що точність результатів залежить від достовірності обраного алгоритму оцінювання, розробленого виробником.

Ємність акумулятора — це кількість електричного заряду, яку може віддати повністю заряджена батарея. Вона вимірюється в ампер-годинах і розраховується як добуток струму розряду на тривалість цього розряду. Щоб точно визначити цей параметр, необхідно провести повний розряд батареї з паралельною реєстрацією всіх змін протягом усього часу — процедура ця

					КРБ.СІ-15.00.00.000ПЗ	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

тривала та багатогодинна. При цьому відносна ємність змінюється нелінійно залежно від часу.

Розробник окремо наголошує, що пристрій не є високоточною вимірювальною системою, однак дає змогу орієнтовно оцінити ємність свинцевої кислотної акумуляторної батареї. Особливо ефективною є така оцінка у разі попереднього калібрування приладу користувачем із використанням акумулятора такого ж типу, але з відомою номінальною ємністю. Детальний опис процедури калібрування наведено в інструкції з експлуатації приладу [10].

Тестери Kongter. Наступний різновид пристроїв для тестування АКБ – тестери Kongter. Це найбільш функціональні тестери, які є засобом виміру. Модель Kongter BT-3915 застосовується для вимірювання напруги та внутрішнього опору батарей, рис.1.10.



Рисунок 1.10 – Прилад Kongter BT-3915 для АКБ

Керування приладом здійснюється через кольоровий сенсорний дисплей, однак основні функціональні кнопки винесені окремо — на панель керування, розташовану в нижній частині корпусу. Пристрій дозволяє проводити тестування батарей з ємністю від 5 до 6000 А·год, з акумуляторними елементами номіналом 1,2, 2, 6 та 12 В. Діапазон вимірювання напруги становить від 0.000 до 16 В, а вимірювання внутрішнього опору — від 0.00 до 100 мОм. За допомогою цього приладу можна обирати тип батареї для тестування, виконувати заміри напруги й опору, а також на основі цих даних

					КРБ.СІ-15.00.00.000ПЗ	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

робити висновок, чи відповідає фактична ємність батареї тій, що заявлена виробником.

Інтерфейс приладу підтримує як поодинокі вимірювання, так і серійні, які можуть включати до 254 послідовних замірів у кожній серії, із загальною кількістю результатів понад 3000. Це особливо зручно при обстеженні великої кількості однотипних акумуляторів: у такому режимі результати фіксуються автоматично, зокрема із збереженням порядкового номера кожного заміру. Пристрій здатний оцінювати результати тестування за двома підходами: або на основі власних критеріїв, що задаються користувачем перед початком вимірювань, або порівнюючи отримані значення з шаблонними — типовими для більшості акумуляторів певного типу. Після завершення вимірювань результати можна передати на комп'ютер через USB-порт для перегляду та створення відповідної звітної документації [11]:

- Вимірювання густини електроліту. У деяких типах акумуляторів для оцінки їхнього стану можливе застосування методу вимірювання густини електроліту, оскільки цей показник безпосередньо пов'язаний з ємністю АКБ. На зміну щільності можуть впливати численні чинники, що взаємопов'язані між собою: часте глибоке розрядження батареї, сульфатація пластин, недотримання оптимальної концентрації електроліту, випаровування або витік робочого розчину тощо. У результаті таких змін акумулятор швидше втрачає заряд і віддає менше енергії. Водночас варто враховувати, що навіть для справного акумулятора в ідеальному технічному стані щільність електроліту не залишається сталою — вона змінюється залежно від температури навколишнього середовища та рівня заряду батареї. Більше того, у різних кліматичних зонах рекомендоване значення густини електроліту відрізняється відповідно до характерних температурних умов регіону.

Результати, отримані за допомогою ареометра, доцільно порівнювати зі спеціальними діаграмами кислотних акумуляторів. У випадку, якщо щільність електроліту виявляється вищою або нижчою за допустиме значення

					<i>КРБ.СІ-15.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

(відхилення в обидві сторони є шкідливим для батареї), можна виконати часткову або повну заміну електроліту, долити дистильовану воду чи розчин з необхідною концентрацією кислоти, обов'язково забезпечивши рівномірне перемішування. Як і при використанні всіх інших описаних методів оцінки стану АКБ, важливо порівнювати отримані результати з рекомендаціями виробника акумулятора і суворо дотримуватися встановлених процедур технічного обслуговування.

- Контрольний розряд за допомогою навантажувальних блоків постійного струму. На даний момент цей параметр – це єдиний прямий та найбільш достовірний спосіб що характеризує фактичну ємність АКБ.

Спеціалізовані пристрої контролю розряду акумулятора дозволяють виконати контрольний розряд акумулятора з постійним контролем ємності. Також відзначимо, що контрольний розряд - це єдиний спосіб діагностики АКБ, який відображений у ГОСТах і для якого є рекомендації в нормативній документації, що діє.

Основне завдання навантажувальних блоків – виконання контрольного розряду акумуляторів та батарей. Навантажувальний блок є, по суті, електронним навантаженням. Для виконання тестування блок під'єднують до контрольованого джерела електроживлення та запускають один або декілька режимів перевірки. У процесі випробувань електронне навантаження поводить подібно до справжнього споживача: змінює опір згідно із заданим алгоритмом, відтворює високі пускові струми, коротке замикання та інші умови, задані користувачем. Під час тестування пристрій безперервно фіксує напругу, струм і виконує розрахунок ємності.

Розглянемо функціонал блоків навантаження з прикладу Kongter K-900., рис. 1.11.

					<i>КРБ.СІ-15.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		



Рисунок 1.11– Прилад Kongter K-900 для АКБ

Ця серія блоків навантаження призначена для роботи в широкому діапазоні номінальних напруг від 12 до 480 В зі струмом розряду до 750 А.

K-900 відстежує всі основні параметри акумулятора і зберігає дані розрядів на USB-пристрій. Після проведення контрольного розряду дані можна перекачати на ПК і проаналізувати як поведилася акумуляторна батарея в той чи інший відрізок часу. Працювати з приладом можна не тільки з екрана пристрою, але з ПК через ПЗ "Kongter Battery Data Management", підключаючись до приладу по Wi-Fi або дроту через порт RS-485.

Основним мінусом цього методу є час діагностики. У нормативних документах, а як і в паспортах АКБ наводяться значення ємності різного часу розряду (наприклад, 1год, 3год, 10год, 20год тощо)..

Іноді вдаються до "комбінованого методу" діагностики: вповнюють швидкий скринінг великої кількості АКБ за допомогою тестерів, а якщо знаходять "підозрілі" АКБ, їх детально діагностують за допомогою навантажувальних блоків [12].

Кожен метод визначення поточного стану акумуляторної батареї володіє власними перевагами та недоліками. Вибір конкретного способу залежить від

					<i>КРБ.СІ-15.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

поставлених вами завдань і наявних ресурсів. Для кращої орієнтації вам допоможе узагальнена таблиця 1.2.

Таблиця 1.2 – Перелік переваг і недоліків [3]

Спосіб визначення стану АКБ	Переваги	Недоліки
Підключення навантаження	Достатньо реалістичні результати без використання спеціалізованого обладнання	Витрати при багаторазових вимірах Виміряні параметри документуються вручну
Навантажувальна вилка, спеціалізовані аналізатори і тестери	Портативність пристроїв Простота використання Швидке проведення вимірювань, особливо багаторазових Спеціалізовані моделі дозволяють зберігати результати та переносити їх на комп'ютер для підготовки звітів	Частина параметрів АКБ визначається за непрямими методиками Оцінна точність вимірів
Контрольний розряд	Єдиний достовірний спосіб оцінки ємності АКБ	Тривалість діагностики
Вимірювання густини електроліту ρ	Безпосереднє визначення стану батареї щодо концентрації електроліту	Спосіб застосовується тільки для батарей, що обслуговуються.

2 РОЗРОБЛЕННЯ СТРУКТУРИ ТА БУДОВИ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ АКБ

2.1 Типові заводські випробування АКБ

Справний, обслужений та заряджений акумулятор – важливий фактор безпроблемної експлуатації будь-якого автомобіля чи іншого пристрою, особливо у зимовий період. Для впевненого запуску двигуна важливими є два ключові параметри акумуляторної батареї: ємність і пусковий струм або струм холодного прокручування. Ємність показує скільки електроенергії може запасти батарея. Струм холодного прокручування демонструє, наскільки впевнено акумулятор крутитиме холодний двигун у мороз. Проаналізуємо, як виробник контролює ці та інші характеристики батарей, що сходять із конвеєра.

Ємність АКБ. Ємність буває номінальною та резервною. І номінальна, і резервна ємність вказані у маркуванні батареї. Номінальна вимірюється в Ампер-годинах (А·год), а резервна – у хвилинах (хв.).



Рисунок 2.1 – Тестування АКБ у температурній ванні

Вимоги до акумуляторних батарей та методи їх випробувань в Україні регламентує ДСТУ EN IEC 60254 (для стаціонарних) та ДСТУ EN IEC 60896 (для акумуляторів з обслуговуванням і необслуговуваних). Перед початком тестів акумуляторна батарея має бути повністю заряджена. При випробуваннях

					КРБ.СІ-15.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		34

на номінальну ємність батареї занурюються у ванну при температурі $25 \pm 2^\circ\text{C}$, рис.2.1.

Методика випробувань за стандартом, наступна: АКБ розряджають постійним струмом 3 А до напруги 10,50 В, контролюючи час розряду, рис.2.2. Фактичну ємність визначають за такою формулою:

$$C_{\phi} = t \cdot I_n \quad (2.1)$$

де:

C_{ϕ} - фактична ємність, А·год,

t - тривалість розряду, год,

I_n – величина струму розряду, А



Рисунок 2.2 – Стенд діагностування АКБ

Зарядний стенд для електричних випробувань батарей, рис.2.1. На дисплеї стенду зображуються: заданий і фактичний струм розряду 3,00 А, тривалість розряду 020:48:47, напруга при даній тривалості розряду 10,53 В та напруга закінчення випробування -10,50 В.

Час розряду акумулятора становив 20 годин 49 хвилин. Розрахована фактична ємність - 62,45 А · год перевищує заявлену для даного типу акумулятора.

Струм. Після визначення фактичної ємності тестові батареї повністю заряджаються і витримуються в кліматичній камері протягом 24 годин при

					<i>КРБ.СІ-15.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

температурі мінус $-18\pm 1^{\circ}\text{C}$ і випробувані струмом холодної прокрутки, рис.2.3. Це випробування проводилося за європейським стандартом EN50342-1.



Рисунок 2.3 - Тестування пускового струму

Охолоджена батарея розряджається протягом 10 секунд струмом, вказаним на етикетці виробу. Для батареї WESTA це 640 ампер. Напруга при цьому не повинна впасти нижче 7,5 Вольт. При випробуванні (рис.2.3) кінцева напруга склала 7,74 В за фактичного струму розряду 657 Ампер. Цей тест АКБ пройшла успішно.

Після паузи 10 с розряд був продовжується струмом 384 А до кінцевої напруги 6,0 В. При цьому уже розраховується часовий параметр.

Додатково визначається струм при -30°C . Перевірку струму холодного прокручування проводять тільки для батарей, призначених для експлуатації в холодних кліматичних умовах. Метод випробування аналогічний випробуванням при -18°C , але температура в кліматичній камері повинна бути $-29\pm 1^{\circ}\text{C}$, а величина струму, яким акумулятор розряджається, встановлюється виробником батареї.

Наскільки міцним є корпус батареї WESTA на сильному морозі. Переважно використовується для виготовлення корпусів спеціальний

					КРБ.СІ-15.00.00.000ПЗ	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

ударостійкий і морозостійкий сополімер пропілену, який повинен витримувати удар при температурі -50°C . Заморожені корпуси випробовуються на ударну відстань з допомогою спеціальної установки.

2.2 Розроблення структурної схеми системи контролю АКБ та формування вимог

З метою розроблення автоматизованої системи контролю параметрів акумуляторної батареї необхідно розробити структурну схему даної системи. Система повинна виконувати ряд функцій електронного навантаження, яке в результаті функціонування може оцінити параметри роботи акумуляторної батареї.

Електронне навантаження є пристроєм, який використовується для моделювання різноманітних режимів функціонування реального електричного навантаження. Такий прилад здатен працювати в декількох режимах споживання енергії. До найтипівіших режимів належать: режим із фіксованим опором, режим із постійним струмом споживання, режим підтримання сталої потужності та режим стабілізації рівня напруги (див. рис. 2.4). Крім того, більшість сучасних моделей електронних навантажень підтримують можливість зміни свого робочого стану відповідно до послідовності значень, заданої користувачем. Це дозволяє реалізовувати складні схеми випробувань, які з високою точністю імітують умови роботи пристроїв, що підлягають тестуванню, наближені до реального середовища експлуатації.

					КРБ.СІ-15.00.00.000ПЗ	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

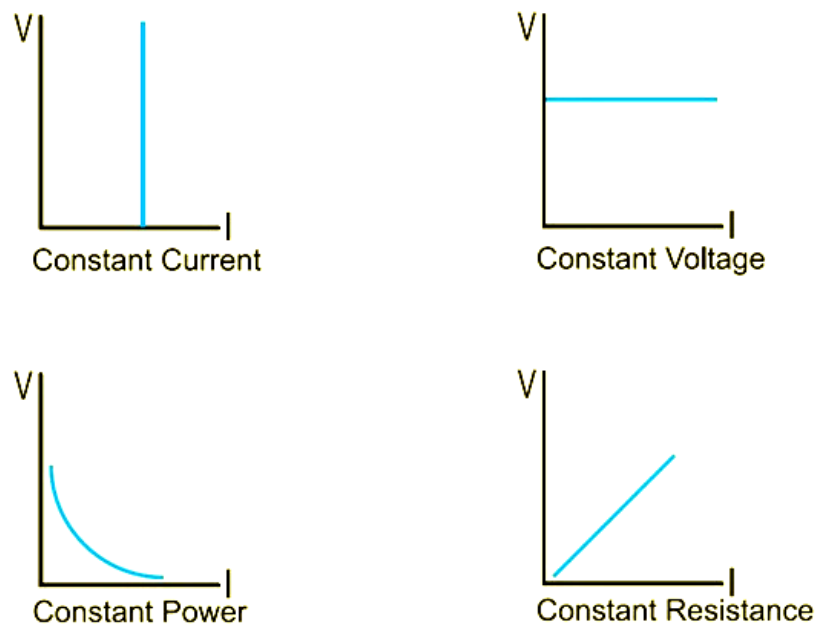


Рисунок 2.4 – Режими роботи електронного навантаження

Головним призначенням електронних навантажень є проведення тестування різноманітних джерел електроживлення, таких як акумулятори, батарейки, блоки живлення, перетворювачі напруги, регулятори і стабілізатори напруги, сонячні батареї, генератори та інші подібні пристрої. Для виконання цього тестування електронне навантаження підключається до досліджуваного джерела живлення і запускається один або декілька тестів. Під час проведення тестування електронне навантаження діє як справжній споживач: зокрема, воно регулює свій опір відповідно до встановленого алгоритму, відтворює великі пускові струми, моделює коротке замикання та інші умови, визначені користувачем. Під час виконання тестів навантаження безперервно здійснює вимірювання напруги, струму та споживаної потужності.

Більшість електронних навантажень обладнані точним мультиметром, який здійснює вимірювання напруги, струму і потужності, що споживається. Деякі моделі мають можливість виконувати нормований розряд акумуляторів і батареек, тим самим дозволяючи визначити їхню реальну ємність у ампер-годинах. Крім того, багато з цих пристроїв підтримують керування за

допомогою комп'ютера, що дає змогу застосовувати їх у складі автоматизованих контрольно-вимірювальних систем.

Більшість пристроїв електронних навантажень розроблені виробниками для перевірки різних джерел живлення постійного струму, таких як акумулятори, блоки живлення, сонячні батареї тощо. Типовими прикладами таких серій є ІТЕСН ІТ8500+ та ІТЕСН ІТ8800. Для тестування джерел живлення змінного струму, до яких належать інвертори, джерела безперебійного живлення, трансформатори та інші.

З конструктивної точки зору серійні електронні навантаження виконуються у вигляді приладів із корпусами. Розміри та вага корпусу залежать від максимальної потужності, яку пристрій здатен розсіювати. Найменш потужні моделі мають можливість розсіювати близько 100 ват і розміщуються у компактних корпусах. Наприклад, модель ІТ8211 розрахована на потужність до 150 ват.

До запропонованої мною системи контролю параметрів акумуляторної батареї виставлені ряд характеристик і необхідних режимів роботи.

Основні характеристики:

- максимальна вхідна напруга: 110 В;
- максимальний струм: 30 А;
- потужність: 500 Вт (350 Вт довготривала);
- мінімальний внутрішній опір: 60 мОм.

Режими роботи електронного навантаження:

- стабілізація струму: 1 мА – 30 А, крок встановлення 1 мА;
- стабілізація напруги: 1 - 99.9, крок установки 0.1 В;
- стабілізація напруги + обмеження струму;
- еквівалентний опір: 0.1 – 500 Ом;
- постійна потужність: 1 – 500 Вт, крок встановлення 1 Вт;
- динамічний режим: 100 мА – 30 А, 1 Гц – 30 Гц;
- відключення навантаження для досягнення порогової напруги;

					<i>КРБ.СІ-15.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

- вимірювання внутрішнього опору джерела (батареї);
- чотирипровідна схема підключення (дистанційний вимір напруги);
- виносний датчик температури.

Пристрій захищений:

- від підключення з неправильною полярністю;
- від навантаження по струму;
- від перевищення потужності;
- від перегріву;
- вхідні вимірювальні кола від перенапруги.

Запропонована структурна схема пристрою для тестування акумуляторних батарей зображена на рис. 2.5. Основою схеми є мікроконтролер, який здійснює збір інформації із датчиків і управління виконавчими елементами. Мікроконтролер в такій ролі достатньо 8-розрядним, адже алгоритм хоч передбачається насиченим по складності, проте обчислювальної потужності саме 8-розрядного ядра буде задовольняти потреби пристрою.

Управління системою (пуск, зупинка, вибір режимів роботи, перегляд інформації) здійснюється з допомогою органів управління в ролі яких можуть бути кнопки, енкодер, потенціометр, клавіатура.

Графічний дисплей призначений для відображення поточної інформації про режим роботи системи, поточні вимірювальні дані, меню налаштування чи інших параметрів. Графічний дисплей в порівнянні із алфавітно-цифровим має кращу інформативність, більше способів відображення інформації. Проте графічний дисплей вимагає більшої швидкодії мікроконтролера, більше часових і інтелектуальних затрат при програмуванні такого дисплею.

Блок живлення призначений для живлення усіх основних компонентів схеми, мікроконтролера, графічного дисплею, датчиків, пам'ять, інших компонентів.

					<i>КРБ.СІ-15.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

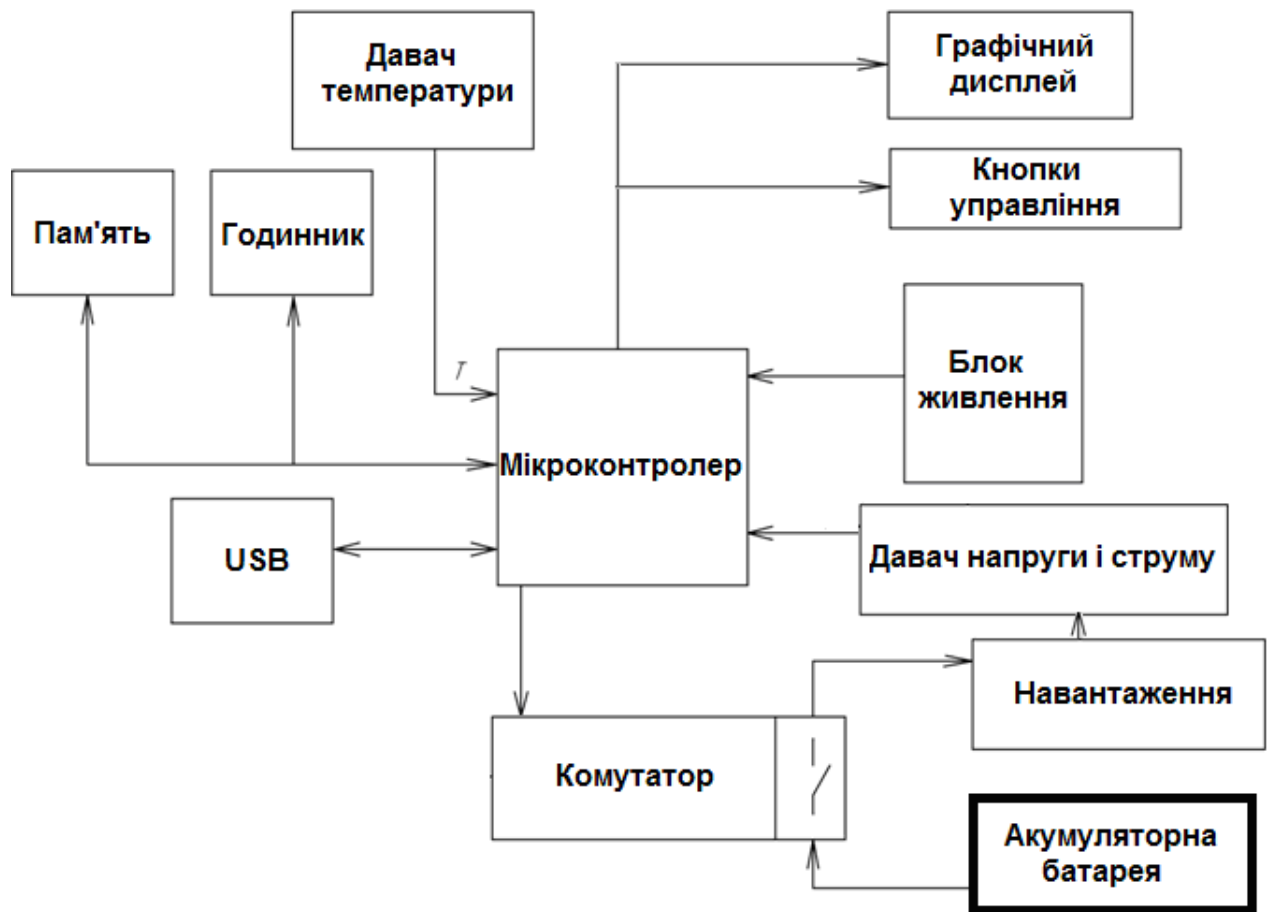


Рисунок 2.5 – Структурна схема

Акумуляторна батарея підключається до пристрою товстими проводами для роботи із високими струмами. Для контролю температури акумуляторної батареї використовується зовнішній датчик температури. Його роль в контролі перевищення температури при різних режимах роботи акумуляторної батареї. Це запобігає виходу з ладу акумуляторної батареї чи інших аварійних ситуаціях.

USB-інтерфейс використовується для програмування мікроконтролера, корекції програмного забезпечення чи завантаження оновленої версії прошивки мікроконтролера.

Зовнішня пам'ять призначена для зберігання режимів роботи мікроконтролера, масивів вимірних даних інших даних які не можна по

певним причинам зберегти у пам'яті самого мікроконтролера. Сама пам'ять підключається до мікроконтролера.

Годинник призначений для формування точних часових інтервалів для здійснення режимного діагностування акумуляторних батарей. Годинник підключається до мікроконтролера.

Для створення навантаження на акумуляторну батарею застосовується резисторне навантаження. Для її комутації використовується електронний комутатор, при цьому в ролі самого комутатора може бути використано електромагнітні реле, твердотілі реле, транзистори.

Одночасно при дослідженні акумуляторної батареї, виконується одночасне вимірювання струму через акумуляторної батареї напруги на її клеммах. З цією метою використовуються відповідні давачі струму і напруги, що відображені у структурній схемі.

В цілому структурна схема працює наступним чином. Акумуляторна батарея підключена до пристрою. Мікроконтролер на основі закладеного алгоритму і кнопок управління здійснює комутацію акумуляторну батарею до навантаження з вибором певного опору. Одночасно дані із давачів напруги і струму потрапляють у мікроконтролер і записуються у пам'ять. При цьому сам тест акумуляторної батареї здійснюється згідно часових інтервалів від годинника структурної схеми. Поточну інформацію про хід діагностування відображається на графічному дисплеї. Давач температури паралельно вимірює температуру акумуляторної батареї для запобігання її перегріву.

2.3 Обґрунтування вибору мікроконтролера

Для вибору керуючого пристрою було проведено порівняння мікроконтролерів PIC і AVR. У мікроконтролерах PIC малий набір команд, що

					<i>КРБ.СІ-15.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
						42
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

означає можливість швидкого їх запам'ятовування і спрощеного управління контролером. У мікроконтролерах AVR, навпаки, дуже великий набір інструкцій і багато операцій можна виконати лише на певних регістрах. Тому часто програми написані у нелогічному порядку. Немає швидкої команди XOR, але AVR має додаткові вказівки для тактових генераторів. AVR покращує перенесення кодів, що збільшує арифметичну точність. Також краще умовні розгалуження. На PIC ж, використовуються нетрадиційні мнемонічні імена. Є лише один покажчик для непрямого звернення та невеликий стек.

На AVR пробудження від сну продовжується і після інструкції SLEEP, що спричиняє скидання. На PIC ж, під час сну можуть працювати асинхронні лічильники та АЦП, і пробудження може статися через переривання від таймера.

Мікроконтролери AVR мають більше джерел переривання. Зате переривання таймера на PIC відбувається завжди одночасно, але в AVR з'являється затримка по крайнього заходу однією циклу.

Швидкість перетворення АЦП на PIC набагато більше, ніж AVR. Але деякі моделі AVR мають диференціальні входи АЦП та двадцятикратне посилення на них, хоча шуми дозволяють ефективно використовувати лише до 8 біт. Також на AVR є внутрішнє джерело опорної напруги.

Всі PIC-контролери мають однакову платформу - ICE2000, а у різних моделях AVR різні платформи.

PIC має лише один шістнадцятковий файл конфігурації, включаючи ініціалізацію внутрішньої EEPROM. Конфігурація AVR дуже складна, в ній немає стандартних форматів файлів, що містять ініціалізацію FLASH, EEPROM та інших пристроїв. Конфігурація складається з декількох файлів, які повинні бути пов'язані один з одним певним чином.

Мікроконтролери AVR доступніші і отримати їх на замовлення можна в короткі терміни.

					КРБ.СІ-15.00.00.000ПЗ	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Споживана мікроконтролерами потужність, можна сказати, приблизно дорівнює, оскільки, у різних моделях обох фірм-виробників споживання може бути більше або менше ніж у конкурента.

В даному проекті було обрано мікроконтролер AVR моделі AtMega 328P. Мікроконтролер ATmega328P є одним із найпопулярніших представників AVR-серії мікроконтролерів виробництва компанії Microchip Technology (раніше Atmel). Він побудований на 8-бітній архітектурі AVR із використанням модифікованої гарвардської структури та набір команд RISC, що забезпечує високу продуктивність при низькому енергоспоживанні.

ATmega328P має 32 КБ флеш-пам'яті для зберігання програмного коду, з яких 512 байтів може використовуватись під завантажувач (bootloader), а також 2 КБ оперативної пам'яті SRAM і 1 КБ енергонезалежної спеціалізованої пам'яті EEPROM для збереження даних між перезавантаженнями. Мікроконтролер здатен працювати з тактовою частотою до 20 МГц, що дозволяє реалізовувати широкий спектр обчислювальних задач у реальному часі.

ATmega328P підтримує до 23 програмованих ліній вводу/виводу (GPIO), які можна використовувати для зчитування сигналів з датчиків, керування виконавчими механізмами (реле, двигуни), підключення дисплеїв, світлодіодів тощо. Мікроконтролер містить апаратні інтерфейси UART, SPI та I²C (TWI), що забезпечують обмін даними з іншими мікроконтролерами, датчиками або периферією. Також він має 6 каналів ШІМ (PWM) для керування потужністю, яскравістю або швидкістю обертання, і 10-бітний АЦП з 6 або 8 аналоговими входами залежно від типу корпусу [13].

До складу мікроконтролера входять два 8-бітні таймери/лічильники та один 16-бітний, що можуть працювати в режимах з лічильником імпульсів, генерації сигналів або вимірювання інтервалів часу. Крім того, ATmega328P підтримує кілька режимів зниженого енергоспоживання, які особливо актуальні для мобільних або автономних пристроїв, рис.2.6.

					<i>КРБ.СІ-15.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		



Рисунок 2.6 – Мікроконтролер AtMega328P

ATmega328P випускається в кількох типах корпусів: DIP-28 (для макетування), TQFP та MLF (для поверхневого монтажу). Напруга живлення мікроконтролера становить від 1.8 до 5.5 В (типово 5 В), що дозволяє використовувати його в більшості електронних схем.

Завдяки своїй універсальності, доступності, простоті використання та великій спільноті розробників ATmega328P широко застосовується в платах Arduino Uno, Nano, Pro Mini, у навчальних наборах, саморобних пристроях автоматизації, робототехніці, сенсорних системах і багатьох інших проектах. Його зручно програмувати в середовищі Arduino IDE або AVR Studio через інтерфейс UART, ISP або програматори типу USBasp.

2.4 Розроблення електричної принципової схеми

Для реалізації системи контролю на основі розробленої структурної схеми було розроблено принципову електричну схему.

Пристрій планується застосовувати як альтернатива потужним реостатам, наборам резисторів, нагрівальним елементам і т.п., для розряду акумуляторних

					КРБ.СІ-15.00.00.000ПЗ	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

батареї, визначення їх ємності з функцією сигналізації та відключення навантаження при досягненні порогової напруги.

Окрім акумуляторів, дане електронне навантаження дозволяє тестувати імпульсні та лінійні блоки живлення постійного струму, перетворювачі, світлодіодні драйвери, зарядні пристрої, імітуючи різні режими роботи споживача.

На основі структурної схеми розроблено принципову електричну схему запропонованої системи, рис. 2.7.

Основу принципової електричної схеми складає мікроконтролер AtMega328P (DD1). Даний мікроконтролер живиться напругою 5В. До мікроконтролера підключений енкодер ENC1, який призначений для управління роботою системи в цілому, вибору режимів роботи. Енкодер використаний двостороннього типу з центральною кнопкою. Такий вибір дозволяє на одному енкодері реалізувати повне управління (переміщенні по меню і підтвердження вибору), що значно економить площу лицевої панелі управління.

Блок живлення побудований по трансформаторній схемі з використанням діодного моста. В результаті вихідна напруга після першого етапу стабілізації становить 12 В. Наступна стабілізація виконується для напруги 5 В. окрім цього для опорної напруги АЦП використовується джерело опорної напруги побудованої на основі мікросхеми AD780 (DA4).

Як елементи, що перетворюють електричну енергію в тепло, використовуються MOSFET транзистори FDA59N30 (VT1-VT6), здатні працювати в лінійному режимі і одночасно мають досить низький опір відкритого каналу, що дозволяє суттєво зменшити вхідний опір електронного навантаження.

					<i>КРБ.СІ-15.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

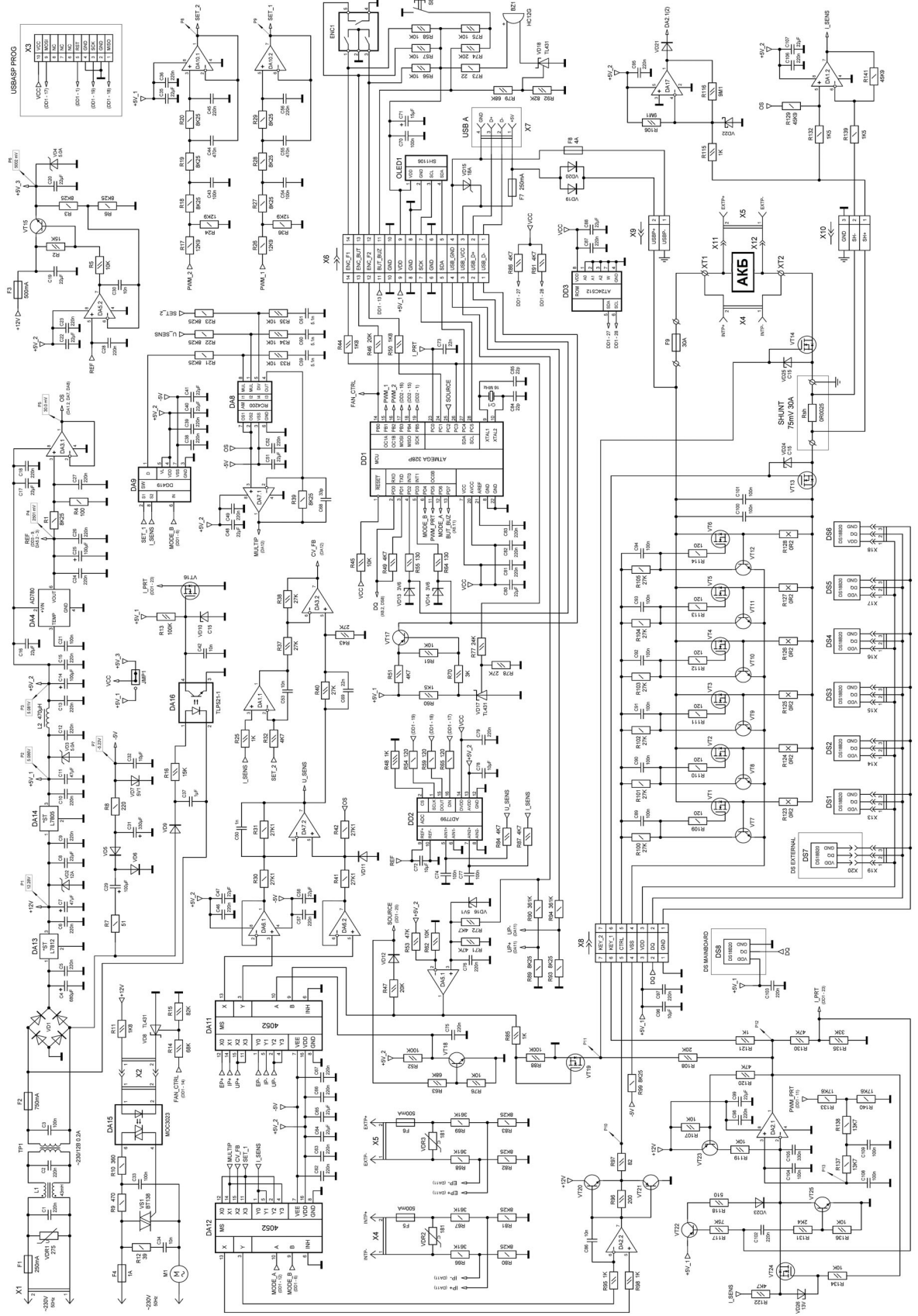


Рисунок 2.7 – Принципова електрична схема

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

КРБ.СІ-15.00.00.000ПЗ

Для комутації та захисту акумуляторної батареї, що перевіряється від підключення зі зворотною полярністю, а також для реалізації максимального струмового захисту, що налаштовується оператором, застосовані MOSFET ключі IRFP4668 (VT13, VT14) підвищеної потужності і мають низький опір відкритого каналу.

Окремо для захисту акумуляторної батареї передбачено звичайний плавкий запобіжник з номіналом 30А ().

Силові транзистори необхідно встановити на радіаторах через керамічні ізоляційні підкладки з нітриду алюмінію, що забезпечить найкращу теплопровідність і одночасно гальванічну розв'язку корпусу пристрою від акумуляторної батареї.

Для рівномірного розподілу потужності на транзисторах застосовано схему активного вирівнювання струмів. Додатково для захисту від теплового пробою на корпус кожного MOSFET, що працює в лінійному режимі, встановлений цифровий датчик температури DS18B20 (DS1-DS6).

У пристрої також передбачена можливість підключення зовнішнього цифрового датчика температури DS18B20 (DS7) для контролю та захисту акумуляторної батареї обладнання від перегріву.

Для компенсації впливу комутаційних проводів може бути використана чотирипровідна схема підключення з вимірюванням напруги безпосередньо на акумуляторній батареї, яка тестується.

Досліджувана акумуляторна батарея опційно може бути підключена як через силові клеми, так і через роз'єм USB, з обмеженням потужності, наприклад для тестування мобільних зарядних пристроїв чи їх акумуляторних батарей.

Основні режими роботи електронного навантаження реалізовані із застосуванням прецизійних операційних підсилювачів LTC1051 та аналогового помножувача RC4200 (DA8). У вимірювальній частині використовується 24-бітовий аналого-цифровий перетворювач AD7799 (DD2).

					<i>КРБ.СІ-15.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Для роздільного в часі застосування АЦП використовуються аналогові комутатори 4052 (DD11 і DD12).

Керування пристроєм, налаштування та збереження параметрів, відображення даних на дисплеї, запис трендів, зв'язок із ПК та інші допоміжні функції покладені на мікроконтролер АТМЕГА328Р.

Для активного охолодження радіаторів силових транзисторів і обдуву повітрям всієї схеми передбачено використання вентилятора із напругою живлення 220В. Для його управління використано симістор ВТ138 (VS1) та оптопара для гальванічної розв'язки МОС3023 (DA15).

Для зберігання інформації про попереднє тестування акумуляторних батарей до мікроконтролера була підключена мікросхема пам'яті АТ24С512 (рис. 2.8).

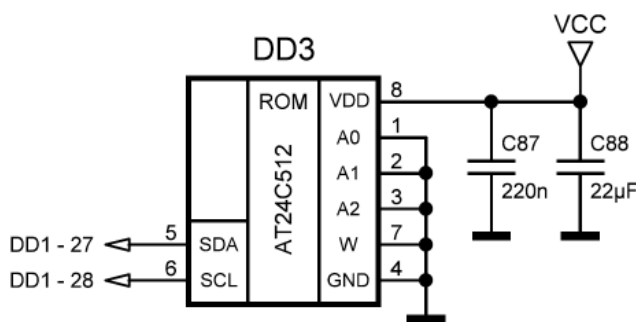


Рисунок 2.8 – Принципова електрична схема EEPROM - пам'яті

Об'єм пам'яті дорівнює 512Кб або 65536 слова, що цілком достатньо для зберігання попередніх тестів. EEPROM пам'ять також підключено до інтерфейсу I2C, що є достатнім для поточної швидкодії [14].

2.5 Розроблення друкованої плати

З метою прототипування даної системи і пристрою було здійснено розроблення друкованої плати на основі електричної принципової схеми. Для цього було обрано просте середовище, а саме Sprint Layout 6. В порівнянні з іншими середовищами розробки друкованих плат дане програмне забезпечення не володіє широкою номенклатурою бібліотек і функціональними можливостями. Проте його простота і відносно малий часовий термін для освоєння створюють переваги в порівнянні з іншими іменитими середовищами розробки друкованих плат.

Принципову електричну схему було поділено на 3 окремі вузли за функціональним призначенням, а саме плата силова, лицева і управління.

На рис. 2.9 зображено друковану плату силової частини схеми.

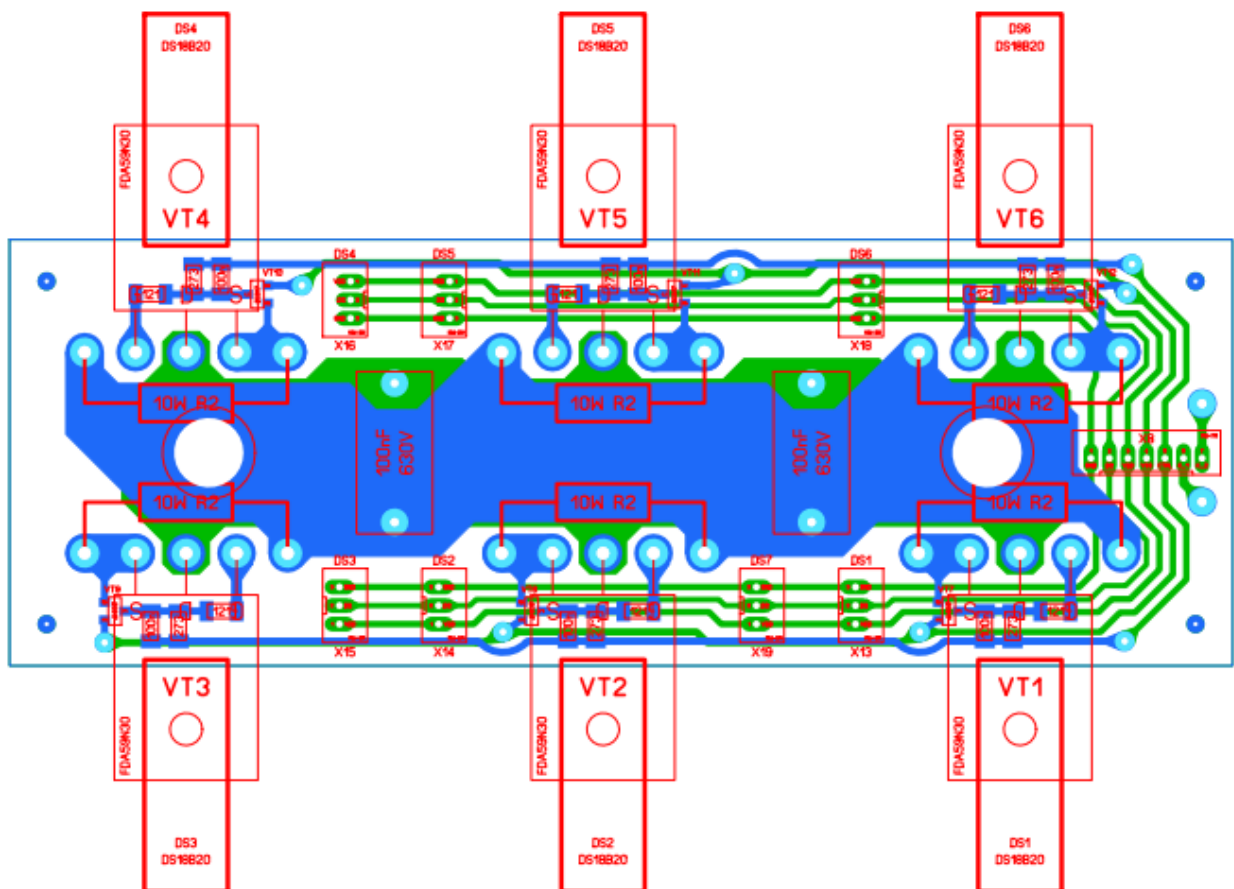


Рисунок 2.9 – Силова плата

						КРБ.СІ-15.00.00.000ПЗ	Арк. 50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата			

На рис. 2.10 зображено друковану плату керуючої частини схеми системи.

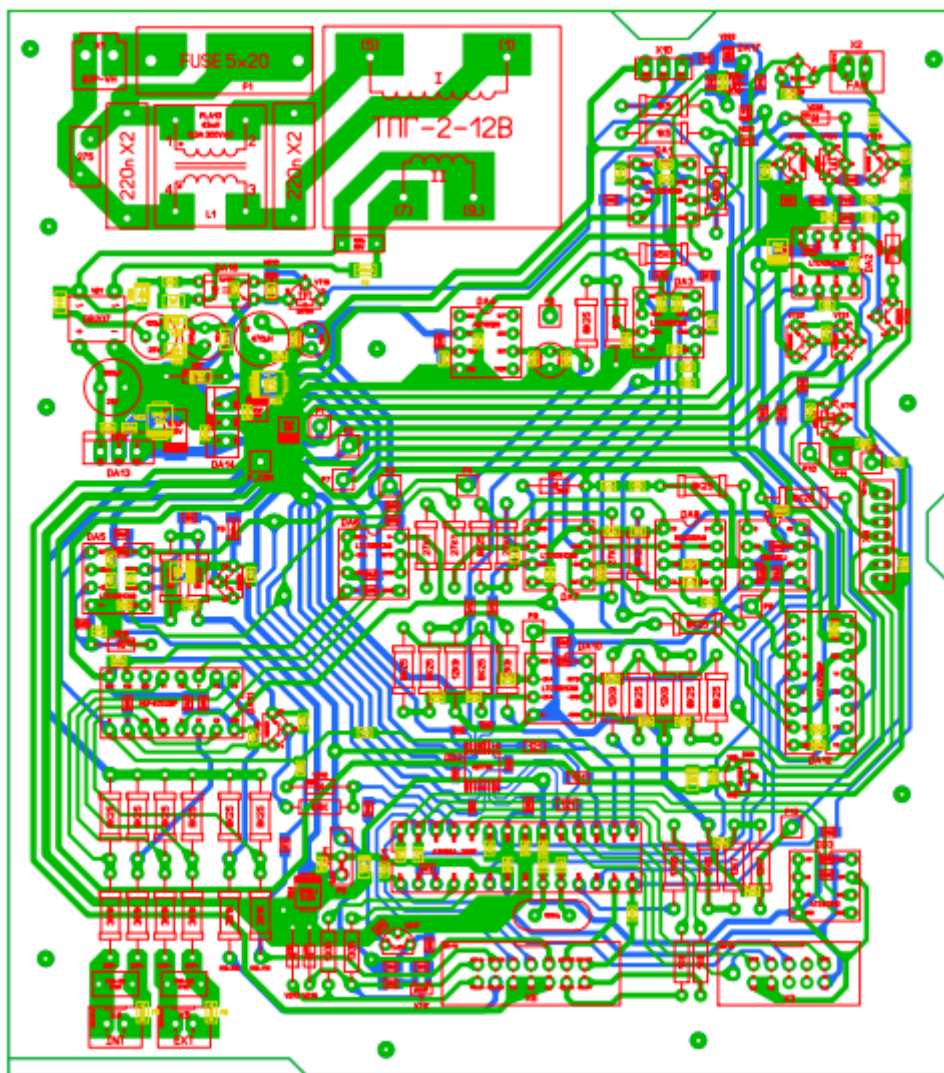


Рисунок 2.10 – Плата керування

Червоний кольором на рис. 2.10 відображено контури корпусів відповідних елементів, що розміщені на даній платі. Даний кольоровий шар часто використовується для нанесення написів на плату. Зеленим кольором відображено провідний шар зі сторони пайки плати. Синім кольором відображено провідний шар зі сторони монтажу елементів.

На рис. 2.11 зображено друковану плату лицевої панелі схеми системи.

3 АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ РОБОТИ СИСТЕМИ

3.1 Розроблення графічного терміналу системи

Для комунікації із пристроєм було вирішено використати графічний дисплей моделі 1.3" OLED SH1106 I2C, рис.

Дисплей 1.3" OLED з контролером SH1106 та інтерфейсом I2C - це компактний, енергоефективний і зручний у використанні графічний модуль, який широко застосовується в електроніці для відображення текстової, графічної або сенсорної інформації. Завдяки високому контрасту й кутам огляду OLED-дисплеї є ідеальним вибором для мікроконтролерних проектів.

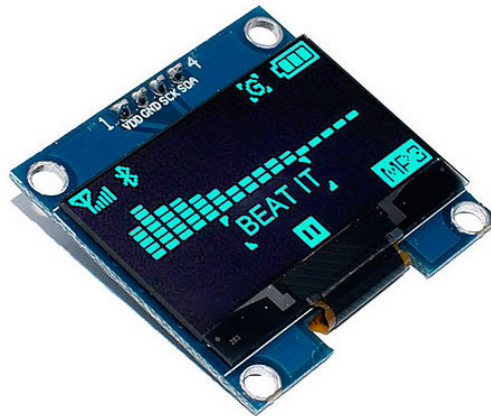


Рисунок 3.1 – Дисплей моделі 1.3" OLED SH1106 I2C

Основні характеристики [15]:

- тип дисплею: OLED (органічний світлодіод);
- діагональ: 1.3 дюйма;
- роздільна здатність: 128 × 64 пікселів;
- контролер: SH1106;
- інтерфейс підключення: I²C (двохпровідний, SDA + SCL);
- адрес I2C: зазвичай 0x3C (деякі моделі – 0x3D, змінюється джампером);
- напруга живлення: 3.3–5 В (через вбудований стабілізатор);

					КРБ.СІ-15.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		53

- струм споживання: близько 20–30 мА (залежить від кількості активних пікселів);
- кольори: монохромний (як правило — білий, синій або жовтий);
- тип шрифту/виводу: піксельний графічний дисплей (можна виводити шрифт будь-якого розміру та графіку);
- кут огляду: до 160°;
- розмір модуля: орієнтовно 35 × 35 мм.

Особливості:

- високий контраст і чіткість зображення — навіть за прямого сонячного світла;
- не потребує підсвічування - пікселі самостійно випромінюють світло.

Використовується контролер SH1106, сумісний з SSD1306 по функціоналу, але має розширену адресацію, що дозволяє відображати дані на повну ширину дисплея (на відміну від SSD1306, який на 1.3" іноді обрізає по 4 пікселі зліва).

На основі технічних характеристик і вимог системи було розроблено прототип графічного вікна системи управління, рис.3.2

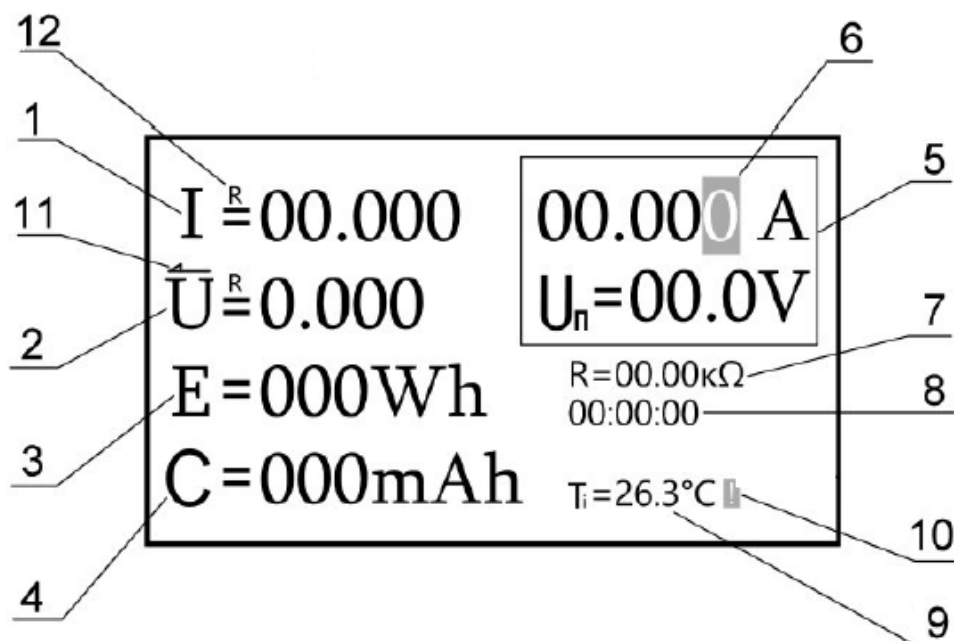


Рисунок 3.2 – Проектована робоча область графічного дисплею

На дисплеї позначені відповідні об'єкти і інформаційні вікна:

- 1 – поточне значення струму навантаження (А);
- 2 – поточне значення напруги (В);
- 3 – споживана енергія (Вт · год)/поточна потужність (Вт);
- 4 – розрахована ємність (мА · год/А · год);
- 5 – блок завдання, відповідає обраному режиму навантаження;
- 6 – курсор вибору позиції встановленого значення;
- 7 – розрахований еквівалентний опір в робочому режимі (Ом/кОм);
- 8 – тривалість роботи навантаження в активному режимі;
- 9 – температура найбільш гарячого силового транзистора;
- 10 – піктограма включення вентилятора охолодження;
- 11 – піктограма зовнішнього вимірювання температури (4-провідна схема);
- 12 – піктограма запису трендів.

В результаті було сформовано відповідне вікно графічного дисплею для комунікації оператора із системою контролю параметрів акумуляторної батареї. Приклад відображення поточної інформації на даному дисплеї зображено на рис. 3.3.

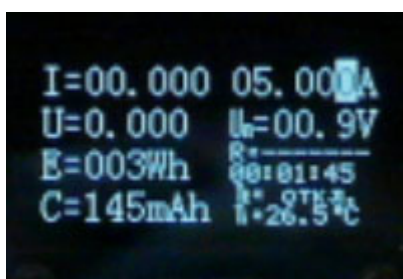


Рисунок 3.3 – Вивід інформації на дисплей

З використання штучного інтелекту і вихідних даних, що були розроблені у даній роботі було згенеровано зовнішній вигляд плати управління, рис. 3.4.

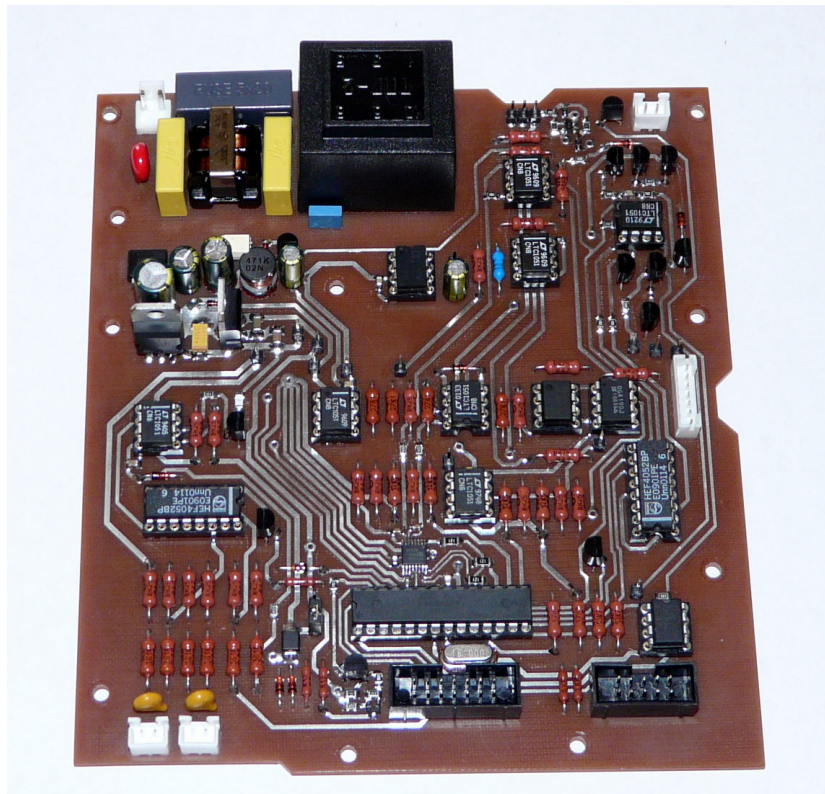


Рисунок 3.4 – Зовнішній вигляд плати управління

3.2 Опис режимів управління

Управління. Поточний режим електронного навантаження вибирається з меню налаштувань, вхід до яких здійснюється натисканням та утриманням кнопки пуску (КП) протягом 2 секунд. При цьому блок завдання на головному екрані приймає вид, що відповідає вибраному режиму. Перемикання між рядками блоку завдання відбувається після натискання та утримання кнопки енкодера (КЕ) протягом 1 секунди. Крок установки (позиція курсору) вибирається короткочасним натисканням КЕ, поточне значення – поворотом ручки енкодера (РЕ).

Запуск навантаження у вибраному режимі здійснюється короткочасним натисканням КП, при цьому курсор починає мерехтати, індикуючи активний режим роботи. Повторне натискання КП вимикає навантаження.

									Арк.
									56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата					

КРБ.СІ-15.00.00.000ПЗ

Квітування візуально-звукової сигналізації у разі аварійного відключення навантаження або при досягненні порогових значень відбувається за натискання та утримання КЕ протягом 2 секунд.

Тривале натискання та утримання КЕ більше 3 секунд переводить робочий екран у режим монітора температур, де відображаються значення, раховані з датчиків силових транзисторів Т1-Т6, з датчика на платі управління ТР та з зовнішнього датчика ТЕ. Для повернення на головний екран необхідно натиснути КП чи КЕ.

Перехід у меню налаштувань можливий лише у неактивному стані навантаження.

Режими і параметри. Для переходу в меню установок потрібно натиснути та утримувати КП протягом 2-х секунд. Перелік параметрів містить 22 пункти. Навігація по головному меню відбувається поворотом РЕ, вхід у підменю – короткочасним натисканням КЕ. Вибір пунктів підменю відбувається за натискання КЕ, зміна значень параметрів – поворотом РЕ. Вихід із головного меню налаштувань – короткочасним натисканням КП. Після виходу, всі зміни зберігаються в енергонезалежну пам'ять мікроконтролера.

Режими навантаження. Цей пункт меню містить варіанти режимів роботи електронного навантаження:

- CC (Constant Current) – стабілізація вхідного струму відповідно до заданого значення;
- CR (Constant Resistance) – вхідний струм лінійно пропорційний вхідній напрузі та відповідає заданому опору;
- CV (Constant Voltage) – навантаження регулює вхідний струм, підтримуючи вхідну напругу на заданому рівні;
- CVCC (Constant Voltage + Constant Current) – комбінований режим, якому поряд із завданням напруги, встановлюється обмеження струму. Навантаження намагається стабілізувати вхідну напругу на заданому рівні, у разі якщо струм досягне встановленої межі, навантаження перейде в режим

					<i>КРБ.СІ-15.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Ом у діапазоні до 10 Ом та крок 1 Ом, 10 Ом, 100 Ом у діапазоні від 10 Ом до 500 Ом, рис. 3.6.

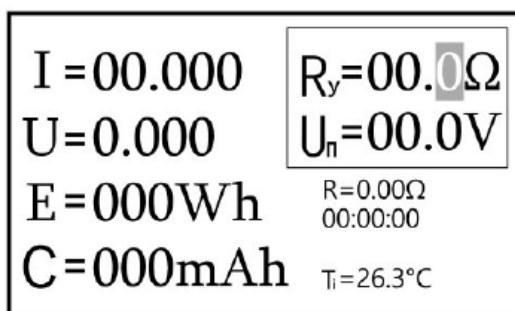


Рисунок 3.6 – Налаштування режиму постійного опору

У другому рядку встановлюється гранична напруга (U_n) в діапазоні від 0,1В до 50В. При досягненні вхідної напруги нижче встановленої навантаження відключає джерело, подаючи візуально-звукове попередження. Повторний запуск можливий після скидання попередження.

Режим постійної напруги (CV). У першому рядку блоку завдання, переміщенням курсору вибирається крок встановлення напруги стабілізації 0.1В, 1В або 10В діапазон від 1В до 99.9В, рис.3.7.

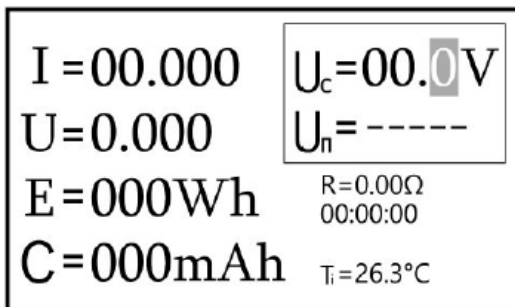


Рисунок 3.7 – Налаштування режиму постійної напруги

Встановлення порогової напруги в даному режимі не передбачено.

Режим постійної напруги з обмеженням струму (CV+CC). У першому рядку блоку завдання, переміщенням курсору вибирається крок встановлення струму обмеження 0.1А, 1А чи 10А, рис.3.8.

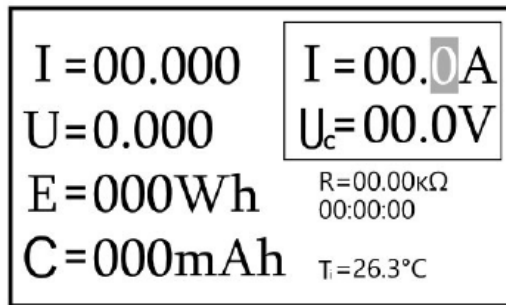


Рисунок 3.8 – Налаштування режиму постійної напруги з обмеженням струму

У другому рядку встановлюється значення напруги стабілізації (U_c) з вибраним кроком 0.1В, 1В чи 10В в діапазоні від 1В до 99.9В. У момент запуску, навантаження, регулюючи струм, намагається підтримувати вхідну напругу на заданому рівні. У разі, якщо струм досягне встановленого обмеження, пристрій переходить у режим стабілізації струму, що відповідає встановленому, і навпаки, при зниженні струму нижче встановленого обмеження, навантаження знову переходить у режим стабілізації напруги.

Режим постійної потужності (CP). У першому рядку блоку завдання, переміщенням курсору вибирається крок встановлення потужності 1Вт, 10Вт чи 100Вт, рис.3.9.

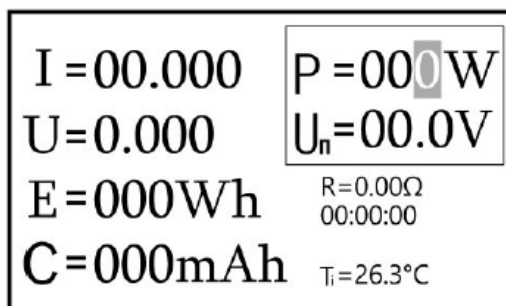


Рисунок 3.9 – Налаштування режиму постійної потужності

У другому рядку встановлюється гранична напруга (U_n) в діапазоні від 0,1В до 50В. При досягненні вхідної напруги нижче встановленого, навантаження відключає джерело, подаючи візуально-звукове попередження. Повторний запуск можливий після скидання попередження.

Режим динамічного навантаження (DL). У першому рядку блоку завдання, переміщенням курсору вибирається крок встановлення амплітуди струму 0.1А, 1А чи 10А, рис. 3.9.

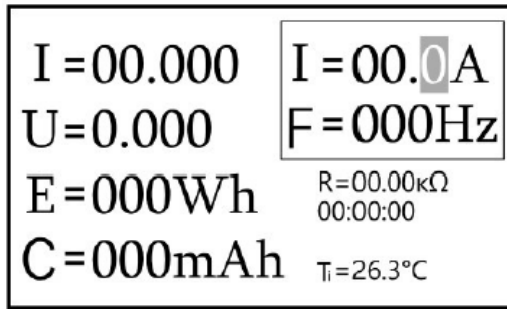


Рисунок 3.10 – Налаштування режиму динамічного навантаження

У другому рядку встановлюється частота (F) проходження імпульсів із заданою амплітудою у діапазоні від 1 до 30 Гц. Скважність фіксована та дорівнює 50%.

					КРБ.СІ-15.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		61

ВИСНОВКИ

В результаті проектування розроблено автоматизовану систему контролю параметрів акумуляторних батарей зокрема кислотних акумуляторів, що входять до складу блоку безперебійного живлення чи автомобільного транспорту. При цьому було реалізовано більшість технічних умов та параметрів технічного завдання на проект. Автоматизована система дозволяє забезпечувати високу оперативність та точність у діагностуванні несправних акумуляторів, що є основним показником якості подібних пристроїв та систем діагностування.

Спроектований пристрій у порівнянні з аналогами є найбільш економічно вигідним, так як використовується більш дешева елементна база при розробленому широкому функціоналу даної системи контролю.

Автоматизована система контролю та діагностування розроблена на основі мікроконтролера AtMega328P і дозволяє багаторазово перепрограмувати алгоритми діагностування.

Розроблений графічний інтерфейс дозволяє інформативно комунікувати систему контролю із оператором що дозволяє більш функціонально здійснювати діагностування акумуляторних батарей.

В результаті дана автоматизована система контролю параметрів акумуляторних батарей володіє великим рядом розглянутих переваг, що робить її конкурентною серед аналогів.

					<i>КРБ.СІ-15.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
						62
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ НА ДЖЕРЕЛА

1. Кондратюк В. М., Тимчук С. М. Акумуляторні батареї: будова, принцип дії, експлуатація — Львів: Львівська політехніка, 2018. - 172 с.
2. Козловський В. В. Електрохімічні джерела струму - Київ: Вища школа, 2016. — 288 с.
3. Ільченко М. Ю., Курганов В. О. Системи живлення електронної апаратури. Частина 1: Акумулятори - Київ: НАУ, 2020. — 215 с.
4. Семенченко В. П. Акумуляторні батареї у відновлюваній енергетиці — Одеса: Енергетика і довкілля, 2019. — 146 с.
5. Коваль С. І. Акумулятори в автомобільній техніці - Харків: ХНАДУ, 2015. — 124 с.
6. Русанова Л. О. Сучасні типи акумуляторів: літій-іонні, нікель-метал-гідридні, свинцево-кислотні — Київ: Електроніка і зв'язок, 2017. — 160 с.
7. Стародуб А. Г. Акумулятори для систем безперебійного живлення - Дніпро: Електротехніка і автоматизація, 2018. — 134 с.
8. Бойко І. І. Контроль і технічна діагностика електричних машин та акумуляторів - Київ: Либідь, 2017. — 196 с.
9. Шевченко П. Г. Методи діагностики та прогнозування стану акумуляторних батарей - Львів: Техніка, 2019. — 108 с.
10. Горбатюк О. В., Лях В. П. Електричні прилади для контролю джерел живлення - Київ: Наук. думка, 2016. — 128 с.
11. Іващенко М. С. Пристрої тестування акумуляторів. Основи побудови та експлуатація - Харків: УПА, 2020. — 152 с.
12. Малярєнко І. Г. Вимірювання характеристик акумуляторів: від лабораторії до польових умов - Полтава: ПНТУ, 2021. — 88 с.
13. ATmega328P: 8-bit AVR Microcontroller with 32K Bytes In-System Programmable Flash [Текст] : технічний опис / Atmel Corporation. — San Jose, USA : Atmel, 2016. — 448 с. — Режим доступу: <https://www.microchip.com/down>

					КРБ.СІ-15.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		63

loads/en/DeviceDoc/Atmel-7810-Automotive-Microcontrollers-ATmega328P_ datasheet.pdf (дата звернення: 17.06.2025).

14. AT24C512 Product Page [Електронний ресурс] // Microchip Official Website. — Режим доступу: <https://www.microchip.com/en-us/product/AT24C512C> (дата звернення: 17.06.2025).

15. SH1106 1.3" OLED Display Module Technical Specification [Текст] : технічний опис контролера SH1106 / EastRising Technology. — Shenzhen, China, 2020. — 34 с. — Режим доступу: <https://www.displayfuture.com/display/datasheet/controller/SH1106.pdf> (дата звернення: 17.06.2025).

					<i>КРБ.СІ-15.00.00.000ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						64
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

БІБЛІОГРАФІЧНА ДОВІДКА

Тема: Розроблення автоматизованої системи контролю параметрів
аккумуляторної батареї

Обсяг ПЗ складає 65 аркушів

Перелік креслень графічної частини:

- КРБ.СІ-14.00.00.000Е1 – Схема структурна (аркушів 1);
- КРБ.СІ-14.00.00.000Е3 – Схема електрична принципова (аркушів 1);
- КРБ.СІ-14.00.00.001 – Плата друкована (аркушів 1);
- КРБ.СІ-14.00.00.002 – Зовнішній вигляд приладу (аркушів 1);

Дата закінчення виконання бакалаврської роботи: _____

Студент-дипломник _____ Паламар Д. І.

					КРБ.СІ-15.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		65