

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВСП «ОДЕСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ ОНТУ»**

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Освітньо-професійна програма: «Обслуговування

комп'ютерних систем і мереж»

Група: 4КС-58

Дипломний проект

**здобувача освіти денної форми навчання
КС.58.06.000.ДП**

***ГОЛУБЕНКА
ТАРАСА ЄВГЕНОВИЧА***

**м. Одеса
2025 р.**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВСП «ОДЕСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ ОНТУ»

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Освітньо-професійна програма: «Обслуговування комп'ютерних систем і мереж»


Група: 4КС-58

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту на тему:

Розробка цифрового тестеру ємності акумуляторних батарей


Проектний матеріал складається з пояснювальної записки на 86 сторінках та графічного (презентаційного) матеріалу на 16 аркушах (слайдах)

Дипломник  (Голубенко Т.Є.)

Керівник  (Кривченко А.А.)

Консультанти:

з економічного розділу  (Канський М.Ю.)

з розділу охорони праці та техніки безпеки  (Чорновол Н.І.)

з нормоконтролю  (Петрашова В.І.)

старший консультант  (Кривченко Ю.В.)

До захисту допущений

Голова циклової комісії  (Кривченко Ю.В.)

Завідувач відділення  (Краснокутська К.Г.)

Захист «23» червня 2025 р. Протокол ЕК № 3

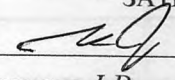
Оцінка ЕК 5/відмінно/ 90%

Секретар ЕК 

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВСП «ОДЕСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ ОНТУ»

Відділення комп'ютерних систем Комісія КТ та ПІ
Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»
Освітньо-професійна програма «Обслуговування комп'ютерних систем і мереж»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Заст. дир. з НВР 

Беркань І.В.

“ 19 ” 08 2025 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект

Здобувачеві (здобувачці) освіти Голубенку Тарасу Євгеновичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту Розробка цифрового тестеру ємності акумуляторних батарей

затверджена наказом по коледжу від “ 14 ” 11 2024 р. № 246

2. Термін здачі закінченого проекту 16.06.25

3. Вихідні данні до проекту (роботи) 1. Передбачити тестування li-ion акумуляторів та визначення їх ємності і внутрішнього опору; 2. Реалізувати виведення інформації про результати тестування на OLED-дисплей пристрою; 3. Забезпечити точність вимірювання ємності з погрішністю не більше 10%; 4. Розробку виконати на базі платформи Arduino; 5. Передбачити живлення тестеру від окремої акумуляторної батареї або зовнішнього джерела; 6. Забезпечити автоматичний режим розрядження та зарядки акумуляторів

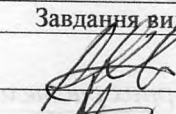

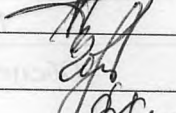
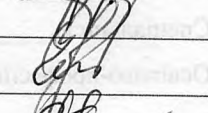
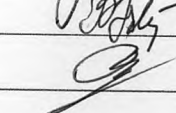
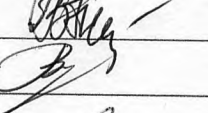


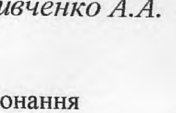
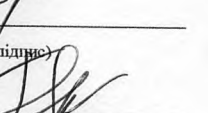
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які необхідно розробити)

Аналітичний огляд характеристик акумуляторів та засобів визначення їх ємності; Аналіз мети, задач і вимог до проєктованого пристрою; Розробка структурної схеми цифрового тестеру ємності акумуляторних батарей; Вибір елементної бази пристрою; Розробка принципової електричної схеми цифрового тестеру ємності акумуляторних батарей; Розробка програмного забезпечення цифрового тестеру ємності акумуляторних батарей

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

Порівняння основних характеристик акумуляторів; Порівняння методів вимірювання ємності; Процес зарядки/розряду Li-Ion акумулятора; Загальна схема взаємодії основних складових тестеру; Структурна організація взаємодії основних блоків тестеру; Принципова електрична схема тестеру ємності батарей; Етапи вимірювання ємності акумуляторної батареї БСА дій по вимірюванню ємності акумулятору; БСА вимірювання внутрішнього опору акумулятора

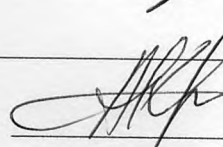
6. Консультанти по проекту (роботі), із зазначенням розділів проекту, що їх стосується

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Основний розділ	Кривченко А.А.		
Економічний розділ	Канський М.Ю.		
Розділ охорони праці	Чорнопол Н.І.		
Нормоконтроль	Петрашова В.І.		
Старший консультант	Кривченко Ю.В.		

7. Дата видачі завдання 15.05.25

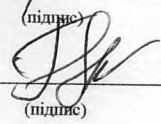
Керівник

Кривченко А.А.



(підпис)

Завдання прийняв до виконання



(підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

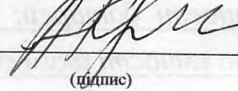
№ з/р	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів дипломного проекту (роботи)	Відмітка про виконання
1.	Вступ. Постановка задачі проектування	14.05.25	Викон.
2.	Огляд тестерів вимірювання ємності акумуляторів	14.05.25	Викон.
3.	Аналіз технічних вимог до проєктованого пристрою	15.05.25	Викон.
4.	Аналіз принципів роботи приладів вимірювання ємності акумуляторних батарей	16.05.25	Викон.
5.	Аналіз особливостей побудови ЦВП	17.05.25	Викон.
6.	Визначення технічних засобів розробки цифрового вимірювальних приладу	19.05.25	Викон.
7.	Розробка структурної та функціональної схеми приладу	20.05.25	Викон.
8.	Розробка принципової електричної схеми приладу	21.05.25	Викон.
9.	Вибір елементної бази пристрою	23.05.25	Викон.
10.	Розробка БСА тестування акумуляторів	24.05.25	Викон.
11.	Розробка програмного забезпечення платформи Arduino	05.06.25	Викон.
12.	Виконання економічних розрахунків	06.06.25.	Викон.
13.	Розробка заходів з охорони праці	07.06.25	Викон.
14.	Виконання графічної частини проекту	10.06.25	Викон.

Дипломник



(підпис)

Керівник



(підпис)

ЗМІСТ

Вступ.....	7
1 Основний розділ.....	8
1.1 Аналітичний огляд характеристик акумуляторів та засобів визначення їх ємності.....	8
1.1.1 Характеристики та особливості акумуляторів різних типів.....	9
1.1.2 Аналіз існуючих методів вимірювання ємності акумуляторних батарей.....	15
1.1.3 Огляд пристроїв для тестування ємності акумуляторних батарей.....	19
1.2 Аналіз мети, задач і вимог до проєктованого пристрою	28
1.3 Розробка структурної схеми цифрового тестеру ємності акумуляторних батарей.....	31
1.4 Вибір елементної бази пристрою.....	35
1.4.1 Платформа Arduino Nano з мікроконтролером Atmega328P-AU.....	35
1.4.2 Контролер CAN-шини MCP2515.....	37
1.4.3 LIN-трансивер АТА6662.....	38
1.5 Розробка принципової електричної схеми цифрового тестеру ємності акумуляторних батарей.....	40
1.6 Розробка програмного забезпечення цифрового тестеру ємності акумуляторних батарей.....	45
1.6.1 Вибір режиму вимірювання.....	48
1.6.2 Вимірювання напруги на акумуляторі.....	49
1.6.3 Вимірювання ємності акумулятора.....	50
1.6.4 Вимірювання внутрішнього опору акумулятора за змінним струмом.....	53
1.6.5 Вимірювання внутрішнього опору акумулятора за постійним струмом.....	54
1.6.6 Вимірювання ємності акумулятора при короткому режимі розряду.....	56

2	Економічний розділ.....	59
3	Розділ охорони праці та техніки безпеки.....	64
3.1	Аналіз шкідливих та ризикових факторів.....	64
3.2	Гігієнічні вимоги до виробничого середовища.....	64
3.3	Вимоги до організації робочого місця працівника.....	65
3.4	Електробезпека.....	66
3.5	Пожежна безпека.....	67
	Висновки.....	69
	Перелік використаних інформаційних джерел.....	70
	Додаток А. Код програми мовою C++ (Arduino IDE) для тестеру ємності аккумуляторних батарей.....	71
	Додаток Б. Слайди мультимедійної презентації.....	76

ВСТУП

Акумуляторні батареї є одним із ключових елементів сучасних електронних і електротехнічних систем. Вони використовуються у різних сферах, таких як портативна електроніка, автомобільна промисловість, системи безперебійного живлення, альтернативна енергетика та промислове обладнання. Основною проблемою експлуатації акумуляторів є їх поступове старіння, що призводить до втрати ємності, зменшення вихідної потужності та скорочення терміну служби. Відсутність належного контролю за станом батарей може призвести до передчасного виходу з ладу обладнання, підвищення витрат на заміну елементів живлення, а в деяких випадках — до аварійних ситуацій.

Знання реальної ємності та стану батареї дозволяє не лише прогнозувати час її експлуатації, а й своєчасно виконувати необхідне обслуговування, тим самим продовжуючи термін служби. Крім того, точне вимірювання параметрів акумулятора дає можливість оцінювати якість продукції різних виробників, що є важливим для промислових і комерційних застосувань.

Метою даного проекту є розробка цифрового тестеру ємності акумуляторних батарей, який дозволить користувачам швидко та точно оцінювати основні параметри батареї, такі як ємність акумулятора, яка визначає час його автономної роботи; напруга та сила струму, які впливають на продуктивність і безпеку роботи пристрою. На сьогодні існує багато різних способів вимірювання ємності акумуляторів, серед яких методи розрядки, імпедансний аналіз, а також сучасні алгоритми прогнозування стану батарей. Проте більшість доступних на ринку приладів мають обмежений діапазон вимірювань або високу вартість. Тому розробка недорогого, зручного у використанні та точного пристрою є надзвичайно актуальною. Розроблюваний тестер буде побудований на основі мікроконтролера Arduino та оснащений дисплеєм для зручного виведення інформації.

Очікується, що результатом роботи стане компактний, точний та доступний пристрій для тестування акумуляторних батарей, який знайде застосування як серед інженерів, так і серед техніків-механіків, що займаються обслуговуванням та ремонтом комп'ютерної техніки.

					КС 58. 06 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ОСНОВНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Аналітичний огляд характеристик акумуляторів та засобів визначення їх ємності

Практично кожен користувач стикався з тим, що акумулятор з часом втрачає свою ємність, що впливає на тривалість його роботи. Особливо важливим є контроль ємності в системах, де акумулятор є критичною складовою — у безперебійних джерелах живлення, електромобілях, енергетичних системах тощо. Ємність батареї вимірюється в ампер-годинах (Ah) і зазначається виробником на корпусі пристрою. Проте, в умовах зростаючої конкуренції на ринку багато виробників завищують заявлені характеристики своїх акумуляторів, що вводить споживачів в оману. Дослідження показують, що фактична ємність батарей може відрізнятись від номінальної на 10-20%, а іноді й більше.

Акумулятори бувають різних типів, і кожен із них має свої особливості, сфери застосування та умови експлуатації. Найпоширенішими є свинцево-кислотні (Pb), літій-іонні (Li-ion), нікель-металогідридні (Ni-MH), нікель-кадмієві (Ni-Cd). Кожен тип акумулятора має свої оптимальні умови використання, включаючи допустимі режими зарядки та розрядки, максимальні струми навантаження та температурні обмеження. Наприклад, свинцево-кислотні батареї погано переносять глибокий розряд, тоді як літій-іонні вимагають захисту від перегріву. Для точного визначення реальної ємності акумулятора його необхідно повністю зарядити, а потім розрядити постійним струмом до мінімального допустимого рівня напруги, фіксуючи витрачений заряд. При цьому важливо проводити вимірювання за різних рівнів струму розрядки, оскільки ємність акумулятора може змінюватись залежно від навантаження.

На сучасному ринку представлено чимало вимірювачів ємності акумуляторних батарей, але багато з них мають низький діапазон вимірювання, складну конструкцію та високу вартість. Деякі пристрої також демонструють недостатню надійність через обмеженість використовуваних методів аналізу. У зв'язку з цим потреба у вдосконаленні вимірювачів ємності акумуляторних батарей, заснованих на методі контрольованого розряду, залишається актуальною.

					КС 58. 06 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.1.1 Характеристики та особливості акумуляторів різних типів

Акумуляторні батареї відіграють важливу роль у сучасних електротехнічних системах, забезпечуючи автономне живлення пристроїв у різних сферах – від побутової електроніки до електротранспорту та промислових енергосистем. Вони відрізняються за хімічним складом, електричними характеристиками та умовами експлуатації, що визначає їхню сферу застосування та особливості роботи.

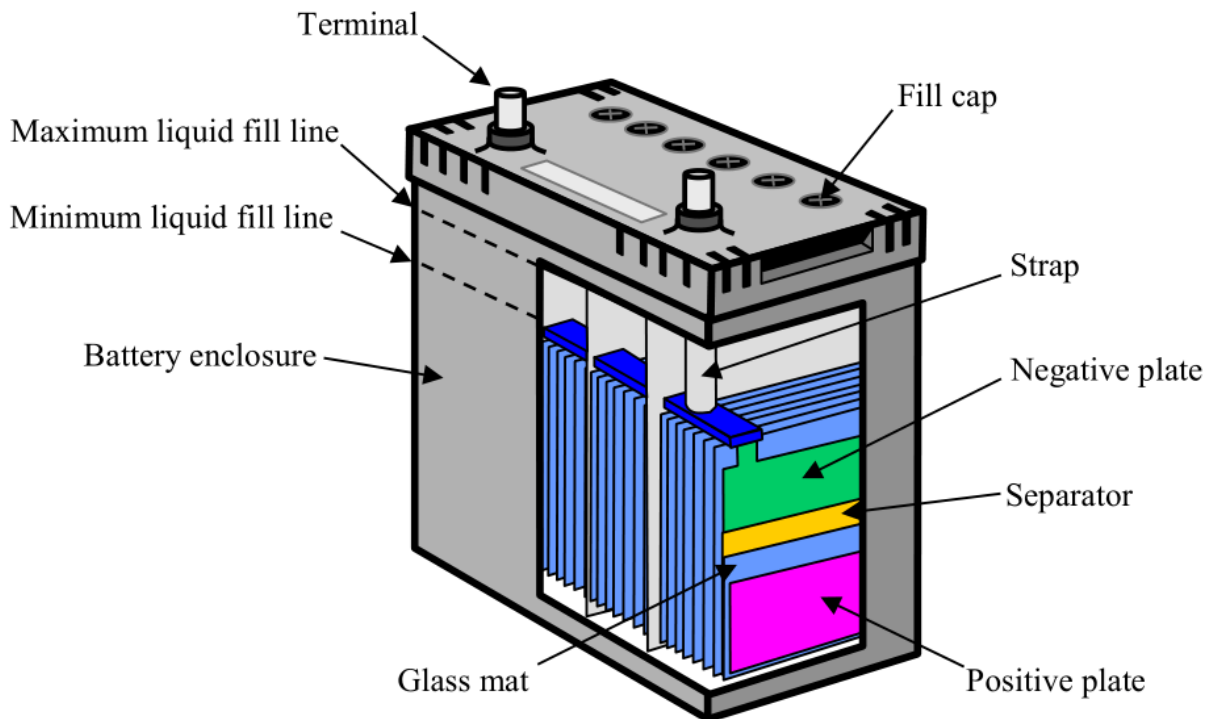


Рисунок 1.1. Будова свинцево-кислотного акумулятора

Одним із найстаріших і найпоширеніших типів є свинцево-кислотні акумулятори (Pb-acid), які активно використовуються в автомобільній промисловості, системах безперебійного живлення та електроенергетиці (рис. 1.1). Вони мають низьку вартість виробництва, високу здатність до віддачі великих струмів і відносно просту технологію виготовлення. Основним недоліком таких батарей є їх значна маса, низька питома енергоємність та чутливість до глибокого розряду, що може призвести до сульфатації пластин і незворотної втрати ємності. Крім того, свинцево-кислотні акумулятори потребують регулярного обслуговування (у відкритих моделях) та мають порівняно невеликий термін служби – від 3 до 7 років залежно від умов експлуатації. Основні характеристики:

					КС 58. 06 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Номінальна напруга одного елемента: 2 В;
- Ємність: від 1 Ah до кількох тисяч Ah;
- Кількість циклів заряд-розряд: 300–1000;
- Щільність енергії: 30–50 Вт·год/кг;
- Температурний діапазон роботи: -20...+50°C;
- Саморозряд: 3–5% на місяць;
- Середній термін служби: 3–7 років.

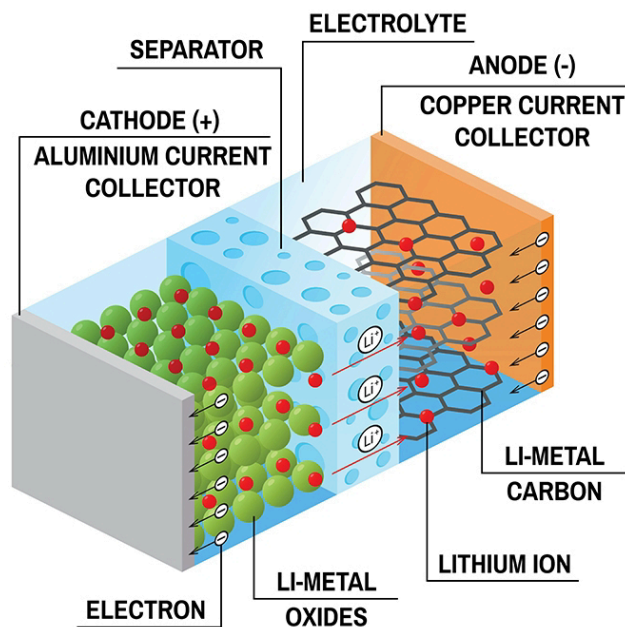


Рисунок 1.2. Будова літій-іонного акумулятора

Сучасні літій-іонні акумулятори (Li-ion) стали основним джерелом живлення для мобільних пристроїв, електромобілів та систем альтернативної енергетики завдяки їх високій енергетичній щільності, легкості та довгому терміну служби (рис.1.2). Вони мають номінальну напругу елемента 3,6–3,85 В, що значно перевищує показники нікель-металогідридних або свинцево-кислотних аналогів. Літій-іонні батареї не мають ефекту пам'яті, що дозволяє заряджати їх у будь-який момент без шкоди для ємності, та характеризуються низьким саморозрядом (близько 2–3% на місяць). Водночас вони потребують системи контролю заряду та температурного захисту, оскільки надмірний перегрів або перезаряд може призвести до займання чи вибуху. Крім того, виробництво Li-ion акумуляторів є складнішим і дорожчим, що впливає на їхню кінцеву вартість. Основні характеристики літій-іонного акумулятора:

					КС 58. 06 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

- Номінальна напруга одного елемента: 3,6–3,85 В;
- Ємність: 1–100+ Ah;
- Кількість циклів заряд-розряд: 500–2000;
- Щільність енергії: 150–250 Вт·год/кг;
- Температурний діапазон роботи: -10...+60°C;
- Саморозряд: 2–3% на місяць;
- Середній термін служби: 5–10 років.

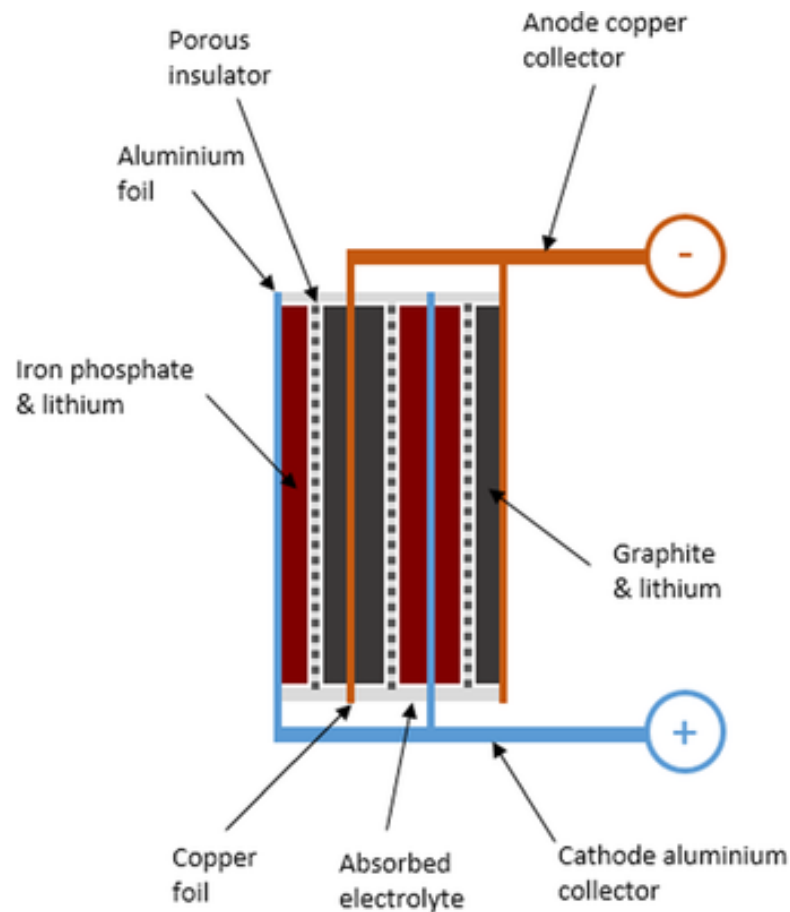


Рисунок 1.3. Будова літій-залізо-фосфатного акумулятора

Однією з модифікацій літій-іонних батарей є літій-залізо-фосфатні акумулятори (LiFePO_4), які відзначаються підвищеною безпекою та довговічністю (рис.1.3). Вони мають трохи нижчу напругу елемента (3,2 В), але їхній термін служби значно перевищує традиційні Li-іон аналоги, досягаючи 4000 і більше циклів заряд-розряд. Завдяки цьому такі акумулятори широко застосовуються в електротранспорті, системах резервного живлення та альтернативній енергетиці. Вони стійкі до високих температур, не перегріваються та мають меншу

ймовірність самозаймання. Однак головним недоліком є їхня нижча енергетична щільність, через що при однаковій ємності вони мають більші габарити та масу, ніж традиційні літій-іонні батареї. Основні характеристики:

- Номінальна напруга одного елемента: 3,2 В;
- Ємність: 10–200+ Ah;
- Кількість циклів заряд-розряд: 2000–4000;
- Щільність енергії: 90–120 Вт·год/кг;
- Температурний діапазон роботи: -20...+60°C;
- Саморозряд: 1–2% на місяць;
- Середній термін служби: 10–15 років.

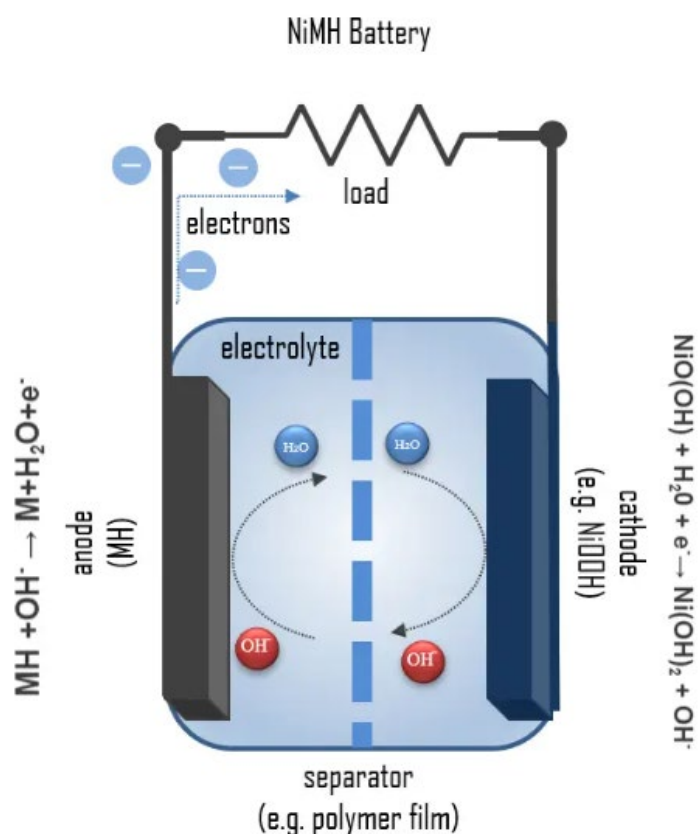


Рисунок 1.4. Будова нікель-металогідридного акумулятора

Ще одним популярним типом є нікель-металогідридні акумулятори (Ni-MH), які прийшли на зміну нікель-кадмієвим батареям завдяки екологічності та меншому впливу ефекту пам'яті (рис.1.4). Вони широко використовуються в побутових приладах, електроінструментах та гібридних автомобілях. Їхня номінальна напруга становить 1,2 В, що є стандартом для більшості побутових

аккумуляторів формату AA та AAA. Головними перевагами Ni-MH батарей є їхня безпечність та відносно низька вартість. Однак вони мають досить високий рівень саморозряду (до 30% на місяць), що може спричинити втрату заряду навіть у неробочому стані. Крім того, хоч ефект пам'яті у них менш виражений, ніж у нікель-кадмієвих аккумуляторах, він усе ж присутній і потребує періодичного повного розряду для відновлення ємності. Основні характеристики:

- Номінальна напруга одного елемента: 1,2 В;
- Ємність: 1–10+ Ah;
- Кількість циклів заряд-розряд: 500–1500;
- Щільність енергії: 60–120 Вт·год/кг;
- Температурний діапазон роботи: -10...+50°C;
- Саморозряд: 10–30% на місяць;
- Середній термін служби: 5–8 років.

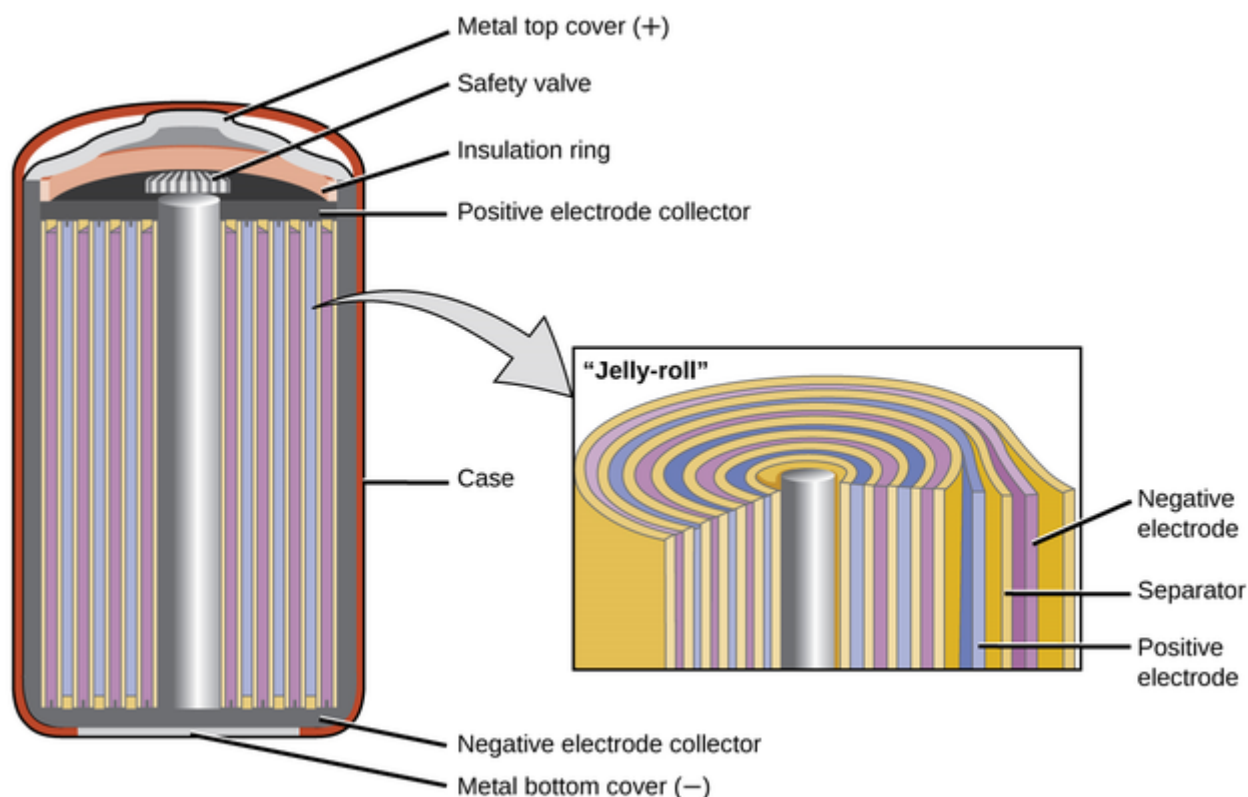


Рисунок 1.5. Будова нікель-кадмієвого аккумулятора

Окремо варто згадати нікель-кадмієві аккумулятори (Ni-Cd), які довгий час були основним типом батарей для електроінструментів, військової та авіаційної техніки. Вони мають стабільні характеристики, добре працюють у широкому

діапазоні температур і витримують значну кількість циклів заряд-розряд (до 2000 і більше). Проте головним недоліком Ni-Cd акумуляторів є токсичність кадмію, що спричинило їхню заборону в багатьох країнах. Також вони мають яскраво виражений ефект пам'яті, що призводить до поступової втрати ємності, якщо батарея не розряджається повністю перед зарядкою. Основні характеристики:

- Номінальна напруга одного елемента: 1,2 В;
- Ємність: 1–20+ Ah;
- Кількість циклів заряд-розряд: 1000–2000;
- Щільність енергії: 40–70 Вт·год/кг;
- Температурний діапазон роботи: -40...+50°C;
- Саморозряд: 10–20% на місяць;
- Середній термін служби: 10+ років.

Таблиця 1.1. Порівняння основних характеристик акумуляторів

<i>Тип акумулятора</i>	<i>Напруга елемента (В)</i>	<i>Ємність (Ah)</i>	<i>Кількість циклів</i>	<i>Щільність енергії (Вт·год/кг)</i>	<i>Саморозряд (%)</i>	<i>Термін служби (років)</i>
Pb-acid	2,0	1–1000+	300–1000	30–50	3–5%	3–7
Li-ion	3,6–3,7	1–100+	500–2000	150–250	2–3%	5–10
LiFePO ₄	3,2	10–200+	2000–4000	90–120	1–2%	10–15
Ni-MH	1,2	1–10+	500–1500	60–120	10–30%	5–8
Ni-Cd	1,2	1–20+	1000–2000	40–70	10–20%	10+

Зважаючи на різноманітність типів акумуляторів (табл.1.1), їх тестування потребує адаптованих методів вимірювання, оскільки різні хімічні склади по-різному реагують на струм розрядки, глибину розряду та зовнішні умови. Наприклад, свинцево-кислотні акумулятори бажано не розряджати нижче 50% ємності, тоді як літій-іонні можуть витримувати значно глибші розряди без значної втрати ресурсу. Важливо враховувати й температурні режими: Li-ion батареї не рекомендується експлуатувати при низьких температурах, оскільки це призводить до швидкої деградації елементів, тоді як Ni-Cd акумулятори зберігають працездатність навіть при сильному морозі.

Зважаючи на всі ці фактори, розробка універсального вимірювача ємності акумуляторних батарей має враховувати особливості кожного типу елементів

живлення. Такий пристрій повинен мати можливість працювати з широким діапазоном напруг і струмів, адаптувати методика тестування під конкретний тип акумулятора та забезпечувати максимально точні вимірювання незалежно від умов експлуатації.

1.1.2 Аналіз існуючих методів вимірювання ємності акумуляторних батарей

Визначення ємності акумуляторних батарей є важливим завданням для контролю їхнього стану та прогнозування ресурсу роботи. Ємність вимірюється в ампер-годинах (Ah) і вказує на кількість заряду, яку акумулятор може накопичити та віддати за певний період. Існує кілька основних методів вимірювання ємності, кожен із яких має свої переваги та недоліки.

Важливо відрізнити поняття ємності та заряду (заряженості): ємність характеризує потенціал батареї забезпечувати живлення за умови повного заряду.

Згідно з існуючими стандартами (IEEE 450 та IEEE 1188 для свинцево-кислотних акумуляторів, IEEE 1106 для нікель-кадмієвих), основні положення передбачають, що якщо акумулятор досяг 85% від очікуваного терміну експлуатації, його необхідно перевіряти на залишкову ємність не менше одного разу на рік, а також у випадку, коли фактична ємність падає нижче 90% від заявленої виробником або різниця між попередніми вимірюваннями перевищує 10%. Ці вимоги підкреслюють важливість регулярного контролю за станом акумуляторних батарей, що дозволяє зберігати їхні робочі характеристики протягом усього експлуатаційного циклу.

Нижче наведено огляд основних методів вимірювання ємності, із зазначенням принципів роботи, переваг і недоліків (табл.1.2).

Прямий тест розряду (Direct Discharge Test). Цей метод, який часто називають класичним контрольним розрядом, полягає у тому, що акумулятор спочатку повністю заряджають відповідно до технічної документації, а потім розряджають постійним малим струмом. Процес триває протягом 10 або 20 годин (що позначається як C10 або C20 відповідно до режиму тестування), і ємність визначається за формулою $C [A \times \text{год}] = I [A] \times t [\text{год}]$. Цей підхід є дуже наочним

					КС 58. 06 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

і дозволяє точно продемонструвати, скільки часу акумулятор здатен забезпечувати навантаження. Він відзначається своєю простотою реалізації та надійністю, адже є класичним і лабораторно затвердженим методом. Однак, його реалізація ускладнюється тривалістю тестування, особливо для батарей із високою ємністю, а також залежністю результатів від умов, таких як температура та стабільність струму, що вимагає використання спеціалізованого обладнання і автоматизованих схем із стабілізаторами струму (наприклад, на основі LM317T) та перемикаючих реле.

Таблиця 1.2. Порівняльна таблиця методів вимірювання ємності

<i>Метод</i>	<i>Принцип роботи</i>	<i>Переваги</i>	<i>Недоліки</i>
Прямий тест розряду	Розрядження батареї стабілізованим струмом до досягнення критичної напруги (10/20 годин)	Простота, наочність, лабораторно затверджений стандарт	Тривалість, залежність від температури та точності стабілізації струму
Coulomb Counting	Інтеграція струму за час зарядки/розряду	Висока точність, можливість моніторингу в режимі реального часу	Потребує високоточних датчиків, накопичення похибок
Імпульсне тестування	Подача коротких імпульсів з аналізом динамічної реакції батареї	Швидкість вимірювань, визначення внутрішнього опору	Чутливість до шумів, складність інтерпретації даних
Імпедансна спектроскопія	Вимірювання імпедансу при змінних частотах для аналізу електрохімічних процесів	Глибокий аналіз внутрішніх процесів, висока точність	Вимагає спеціалізованого обладнання та кваліфікації
Тривалий розряд	Автоматичний тривалий розряд із фіксацією часу за допомогою електронних годин або мікроконтролера	Автоматизація, налаштування режимів, зручність використання	Обмеження по діапазону тестованих акумуляторів, необхідність адаптації схеми

Метод інтегрування заряду (Coulomb Counting). У цьому методі здійснюється інтеграція струму, що протікає через акумулятор під час зарядки чи розряду. Завдяки цьому можна отримати дані про залишкову ємність у режимі реального часу, що дозволяє точно відслідковувати зміни параметрів батареї. Такий підхід характеризується високою точністю і можливістю безперервного моніторингу, проте його ефективність вимагає використання високоточних датчиків. Навіть невеликі похибки у вимірюваннях струму або часу можуть накопичуватися і впливати на кінцевий результат, що ставить завдання щодо регулярного калібрування системи.

Метод імпульсного тестування (Pulse Testing). Метод імпульсного тестування базується на подачі коротких імпульсів навантаження на акумулятор із подальшим аналізом його динамічної реакції (зміни напруги). Завдяки цьому можна визначити не лише ємність акумулятора, а й оцінити його внутрішній опір. Цей метод вирізняється великою швидкістю отримання результатів і здатністю збирати додаткові дані про внутрішні характеристики акумулятора. Проте його точність може іноді бути недостатньою через високу чутливість до електронних шумів та складність правильного аналізу сигналів, що вимагає ретельного налаштування апаратури і складних алгоритмів обробки даних.

Імпедансна спектроскопія (Electrochemical Impedance Spectroscopy, EIS). Даний метод заснований на вимірюванні імпедансу акумулятора при змінних частотах подачі сигналу. Аналіз спектру імпедансу дозволяє отримати детальну інформацію не тільки про ємність, але й про внутрішній опір батареї, що розкриває глибокі електрохімічні процеси всередині неї. Цей підхід відзначається високою точністю та здатністю виявляти незначні зміни в структурі акумулятора, але його застосування обмежується складністю апаратного забезпечення і необхідністю залучення спеціалістів із високою кваліфікацією для правильної інтерпретації отриманих даних.

Метод тривалого розряду з використанням електронного таймеру або мікроконтролера. У цьому методі акумулятор спершу повністю заряджають, після чого розряджають постійним струмом із використанням електроніки для фіксації

					КС 58. 06 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

часу розряду. Стабілізація струму розряду здійснюється за допомогою таких компонентів, як стабілізатор LM317T, а для вибору відповідного струму використовуються перемикачі, які дозволяють встановити режим «50 мА», «250 мА» або «500 мА». Час розряду фіксується за допомогою електронно-механічних годин або сучасніше – через мікроконтролер Arduino NANO, що значно автоматизує процес і підвищує точність вимірювань. Такий підхід є зручним у використанні і пропонує гнучкість зміни режимів роботи завдяки використанню перемикаючих реле, проте може бути обмеженим при тестуванні високопотужних акумуляторів, оскільки схеми, розраховані для маломощних елементів, потребують адаптації компонентів для роботи з великими струмами.

За стандартами IEEE 450, IEEE 1188 (для свинцево-кислотних) і IEEE 1106 (для нікель-кадмієвих батарей) проводять тестування, якщо акумулятор досяг 85% від очікуваного терміну експлуатації або його ємність знизилася нижче 90% від заявленого значення (або коли різниця між попередніми вимірюваннями перевищує 10%), причому таке тестування повинно проводитися не менше одного разу на рік. Щодо універсальності пристрою, сучасний тестер повинен підтримувати роботу з різними типами акумуляторів – від літій-іонних до автомобільних – що досягається за допомогою інтеграції декількох методів вимірювання та використання перемикаючих реле для зміни діапазонів навантаження без механічної заміни компонентів. Крім того, автоматизація процесу вимірювання за рахунок впровадження мікропроцесорних систем керування (як показано на рисунку 1, що ілюструє взаємодію основних складових системи) дозволяє забезпечити точність і послідовність фіксації даних від сенсорів та часових сигналів. Функціонування акумулятора базується на зворотних хімічних процесах (заряд-разряд), де електрони передаються між електродами, що перетворює один вид енергії в інший, і тому основними характеристиками акумулятора є ємність, КПД, напруга, експлуатаційні вимоги та термін служби.

Кожен із розглянутих методів має свої сильні і слабкі сторони. Наприклад, класичний прямий тест розряду дозволяє точно визначити ємність акумулятора за допомогою простої формули ($C = I \times t$) і є надзвичайно наочним, адже демонструє,

					КС 58. 06 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

скільки часу батарея здатна жити корисне навантаження. Проте цей метод вимагає забезпечення стабільного струму протягом тривалого циклу розряду і може бути непридатним для оперативного контролю через його тривалість та залежність результатів від температурних умов. Метод інтегрування заряду забезпечує можливість безперервного моніторингу й є досить точним, але його ефективність підкріплюється необхідністю високоточних датчиків і регулярного калібрування для уникнення накопичення похибок. Імпульсне тестування дозволяє швидко отримати додаткові дані щодо внутрішнього опору акумулятора, що є важливим при діагностиці старіння, але цей метод страждає від впливу електронних шумів, що ускладнює його інтерпретацію. Імпедансна спектроскопія, незважаючи на свою здатність проводити глибокий аналіз внутрішніх електрохімічних процесів, вимагає спеціалізованого обладнання та висококваліфікованого персоналу. Метод тривалого розряду з використанням мікроконтролера ефективно поєднує переваги класичного розряду з сучасною автоматизацією, що дозволяє підвищити точність і зручність збору даних, проте вимоги до адаптації схеми при роботі з високопотужними акумуляторами залишаються актуальними.

Враховуючи стандарти та експлуатаційні умови, оптимальним підходом є інтеграція декількох методів вимірювання в одному пристрої, що дозволяє одночасно компенсувати недоліки окремих підходів і забезпечити комплексну оцінку стану акумулятора як у лабораторних, так і у побутових умовах.

1.1.3 Огляд пристроїв для тестування ємності акумуляторних батарей

Ринок пристроїв для тестування ємності акумуляторних батарей (АКБ) представлений широким спектром обладнання, призначеного як для побутового, так і для професійного використання. Сучасні тестери варіюються за технічними характеристиками, діапазоном тестованих акумуляторів, рівнем автоматизації та іншими функціональними можливостями. У цьому підрозділі розглядається огляд основних типів пристроїв та їх особливостей.

Класифікація пристроїв для тестування ємності акумуляторних батарей за призначенням:

					КС 58. 06 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Побутові тестери ємності акумуляторів. Такі пристрої зазвичай використовуються для перевірки ємності портативних батарей (наприклад, літій-іонних, нікель-метал-гідридних або свинцево-кислотних). Вони мають компактний дизайн і часто передбачають ручне керування. Побутові тестери забезпечують базові функції вимірювання залишкової ємності, напруги і сили струму, що робить їх зручними для непрофесійного використання. Більшість моделей оснащені світлодіодними або РК-дисплеями для відображення результатів.

Наприклад, Li-Ion Battery Capacity Tester є популярним представником цієї категорії. Він здатний тестувати невеликі акумулятори з напругою до 12 В, забезпечуючи зчитування базових характеристик. Хоча такі тестери є бюджетними і простими у використанні, їх недоліком є обмежений функціонал і недостатня точність для професійних потреб;

2. Професійні тестери ємності акумуляторів. Обладнання цього класу орієнтоване на тестування автомобільних АКБ, великих стаціонарних батарей, а також промислових джерел живлення. Такі пристрої оснащені потужнішими схемами навантаження, підтримують широкий діапазон напруг і струмів, та часто мають інтерфейси для підключення до комп'ютера для збору і обробки даних.

Наприклад, тестери серії CBA (Computerized Battery Analyzer) відомі своєю здатністю проводити точні діагностичні тести різних типів акумуляторів (від 1 В до 48 В). Вони дозволяють контролювати характеристики батареї у реальному часі та аналізувати її поведінку під різним навантаженням;

3. Лабораторні пристрої. Ці тестери використовуються у дослідницьких цілях та для детального аналізу акумуляторних батарей у лабораторіях. Вони забезпечують високу точність вимірювань, підтримують широкий набір тестових режимів (імпеданс, контрольний розряд, цикл зарядки-розрядки тощо) та дозволяють проводити калібрування АКБ відповідно до стандартів.

Серед популярних пристроїв цього класу – Hioki Battery Tester серії BT, які дозволяють вимірювати імпеданс і залишкову ємність батарей із високою роздільною здатністю. Їх перевагою є інтеграція з програмним забезпеченням для

					КС 58. 06 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

аналізу даних. Основні технічні характеристики тестерів ємності акумуляторних батарей:

1. Діапазон напруги та струму. Для побутових пристроїв цей діапазон зазвичай обмежується 1,5–12 В, у той час як професійне обладнання підтримує 12–48 В і більше, що дозволяє тестувати автомобільні акумулятори та інші великі батареї;

2. Типи підтримуваних батарей. Сучасні пристрої здатні працювати з різними типами акумуляторів: літій-іонними (Li-ion), літій-залізо-фосфатними (LiFePO₄), свинцево-кислотними, нікель-кадмієвими (NiCd), нікель-метал-гідридними (NiMH). Багатофункціональні моделі підтримують одночасне тестування кількох типів батарей;

3. Навантажувальна здатність. Потужність внутрішнього навантажувального резистора визначає, яке навантаження може створювати тестер для оцінки батареї. Для автомобільних батарей зазвичай використовуються потужні резистори (від 100 до 1000 Вт);

4. Дисплей та інтерфейс. Сучасні пристрої часто оснащуються РК-дисплеями, що дозволяють виводити інформацію про напругу, струм, імпеданс, ємність та інші параметри. Для професійних тестерів наявні інтерфейси USB, RS-232 або Bluetooth для підключення до комп'ютера або інших пристроїв;

5. Функціональність. Багато сучасних тестерів підтримують автоматичні режими вимірювання, зберігання даних, побудову графіків зарядки/розрядки, можливість калібрування та вбудоване програмне забезпечення для аналізу даних.

Далі показані популярні моделі пристроїв для тестування ємності акумуляторних батарей.

ZB206+ Battery Capacity Tester (рис.1.6). Компактний тестер для побутового використання, підтримує напругу до 30 В і струм до 10 А. Оснащений дисплеєм для відображення основних характеристик. Його недоліком є обмежений діапазон підтримуваних типів батарей. ZB206+ призначений для побутового використання, який підтримує тестування акумуляторів із напругою до 30 В і струмом до 10 А. Пристрій оснащений простим РК-дисплеєм для відображення основних

					КС 58. 06 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

характеристик, таких як напруга, струм і ємність. ZB206+ простий у використанні, підходить для домашнього тестування невеликих АКБ, таких як літій-іонні та нікель-метал-гідридні батареї. Це доступний варіант для користувачів, які шукають базові можливості діагностики. Пристрій легкий і зручний у транспортуванні. Однак пристрій має обмежений функціонал, підходить лише для малопотужних акумуляторів із обмеженим діапазоном напруги, має низьку точність, може показувати похибки при тестуванні батарей із високим струмом.

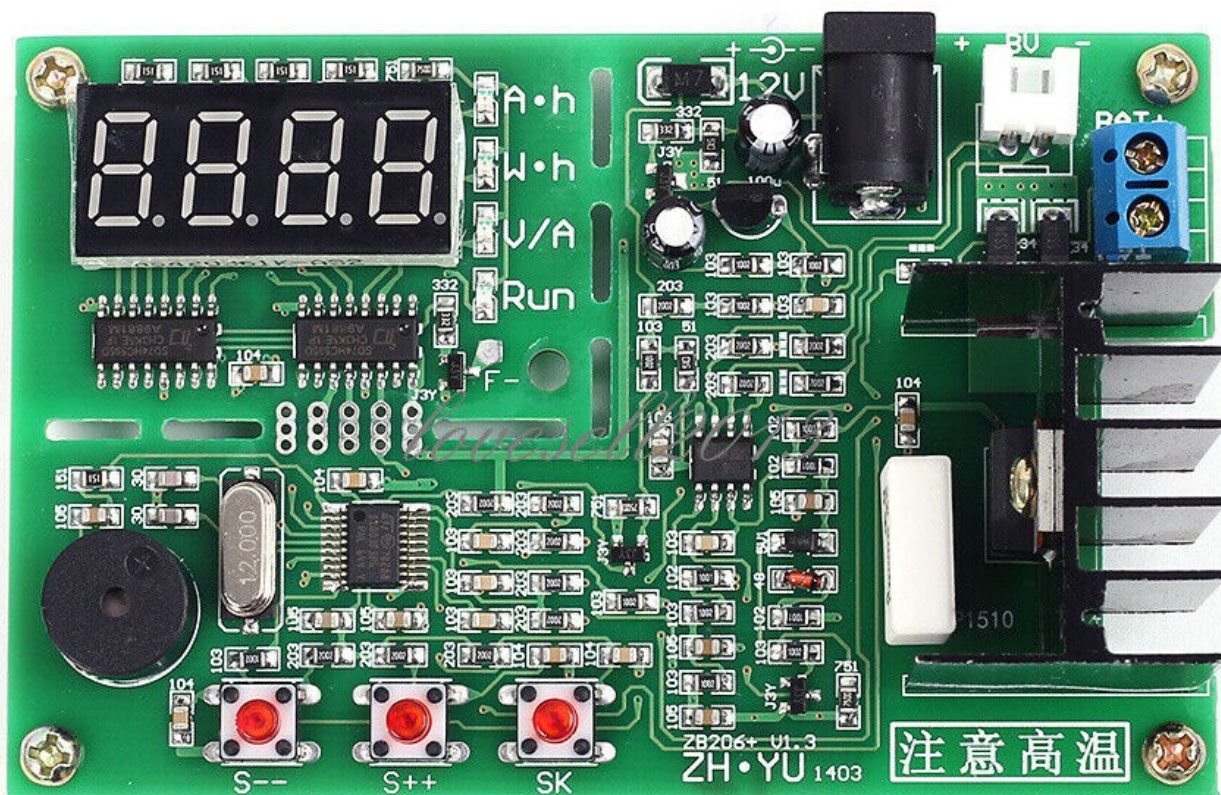


Рисунок 1.6. Тестер ZB206+ Battery Capacity Tester

West Mountain Radio CBA IV (рис.1.7). CBA IV — це професійний тестер, який забезпечує точне тестування батарей різних типів і ємностей. Він дозволяє тестувати АКБ із напругою до 48 В і підтримує графічний аналіз через спеціалізоване програмне забезпечення. Тестер часто використовують для діагностики автомобільних та промислових батарей. Переваги CBA IV: підтримка АКБ із високою напругою та струмом, можливість будувати графіки зарядки та розрядки для глибокого аналізу характеристик батарей, зручне підключення до комп'ютера через USB для детального аналізу. Недоліки CBA IV: висока ціна, потребує певного рівня технічних знань для роботи з програмним забезпеченням.

					КС 58. 06 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22



Рисунок 1.7. Тестер Ніюкі BT3554

Ніюкі BT3554 (рис.1.8). Ніюкі BT3554 — це лабораторний тестер, призначений для професійного вимірювання імпедансу та залишкової ємності акумуляторів. Пристрій забезпечує надзвичайну точність тестування і підтримує роботу з батареями великої ємності, включаючи стаціонарні системи резервного живлення.



Рисунок 1.8. Тестер Ніюкі BT3554

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КС 58. 06 000. 00 ДП ПЗ

Арк.

23

Переваги Ніюкі ВТ3554: підтримка високороздільних вимірювань для аналізу імпедансу, широкий спектр батарей: Можливість тестування стаціонарних батарей для резервного живлення, інтеграція з лабораторним ПЗ: Підключення до програмного забезпечення для збору і аналізу даних. Недоліки Ніюкі ВТ3554: лабораторні пристрої є дорогими, що обмежує їх доступність для побутових користувачів, не підходить для швидкого побутового тестування.



Рисунок 1.9. Тестер НТРС іМАХ-В6 V2 80W

Зарядний пристрій Імах-В6 (рис. 1.9). Імах-В6 існує у різних версіях. Нижче розглядаються параметри однієї з них — інтелектуального цифрового зарядного пристрою НТРС іМАХ-В6 V2 80W. Цей зарядний пристрій призначений для зарядки всіх типів акумуляторів і підтримує більшість сучасних батарей, зокрема:

- Li-Po, Li-Fe, Li-Ion, Li-HV;
- Smart Battery I/II/III;
- Ni-MH, Ni-Cd;
- РВ (свинцево-кислотні).

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КС 58. 06 000. 00 ДП ПЗ

Арк.

24

За допомогою програмного забезпечення, яке встановлюється на комп'ютері, користувач може отримати наступну інформацію у графічному вигляді:

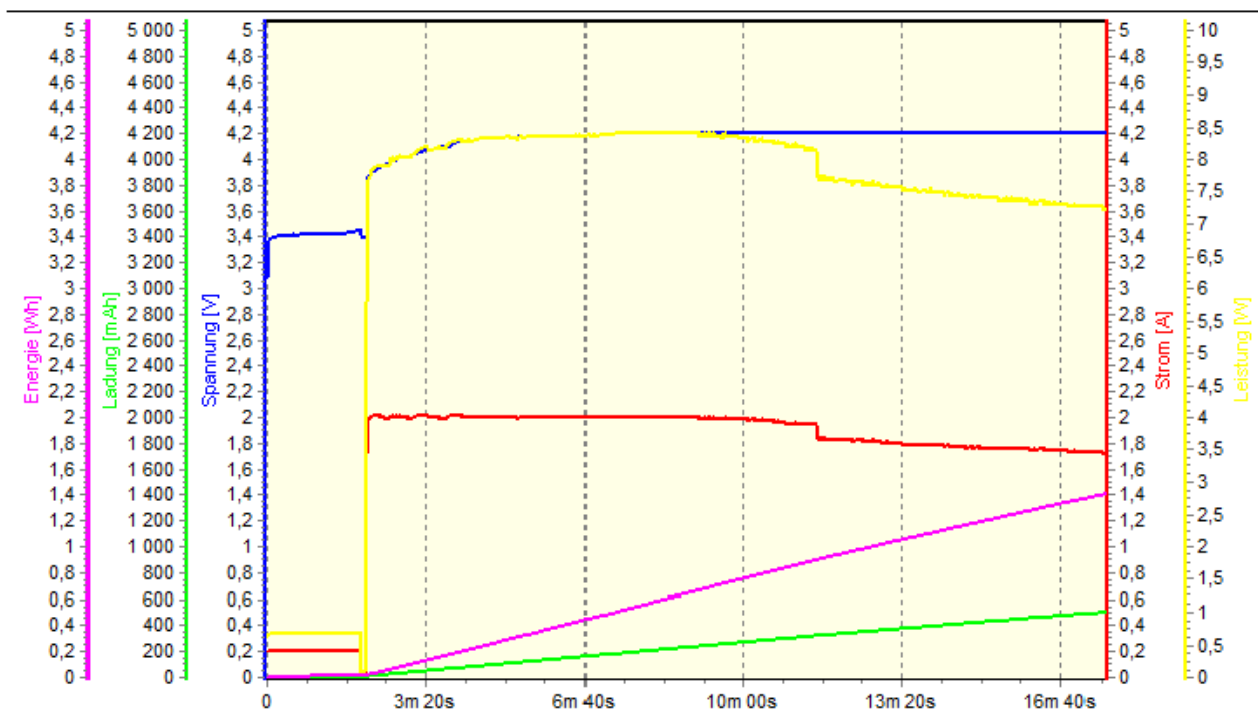


Рисунок 1.10. Процес зарядки літійового акумулятора

На екрані комп'ютера відображається графік, що показує динаміку збільшення заряду у процесі зарядки, дозволяючи оцінити ефективність та швидкість зарядки літійового акумулятора.

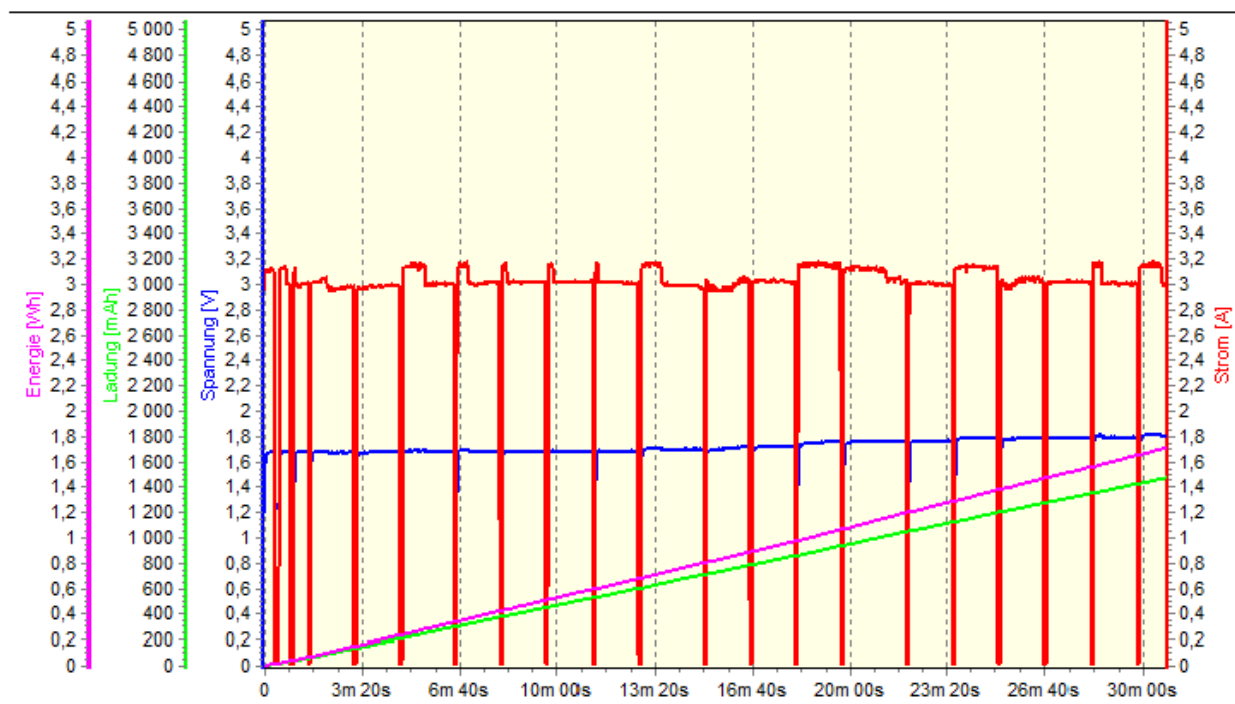


Рисунок 1.11. Процес розряду літійового акумулятора

В цьому режимі пристрій відтворює графічну залежність розряду від часу, що є надзвичайно важливим для аналізу працездатності акумулятора та виявлення можливих відхилень від стандартних характеристик.

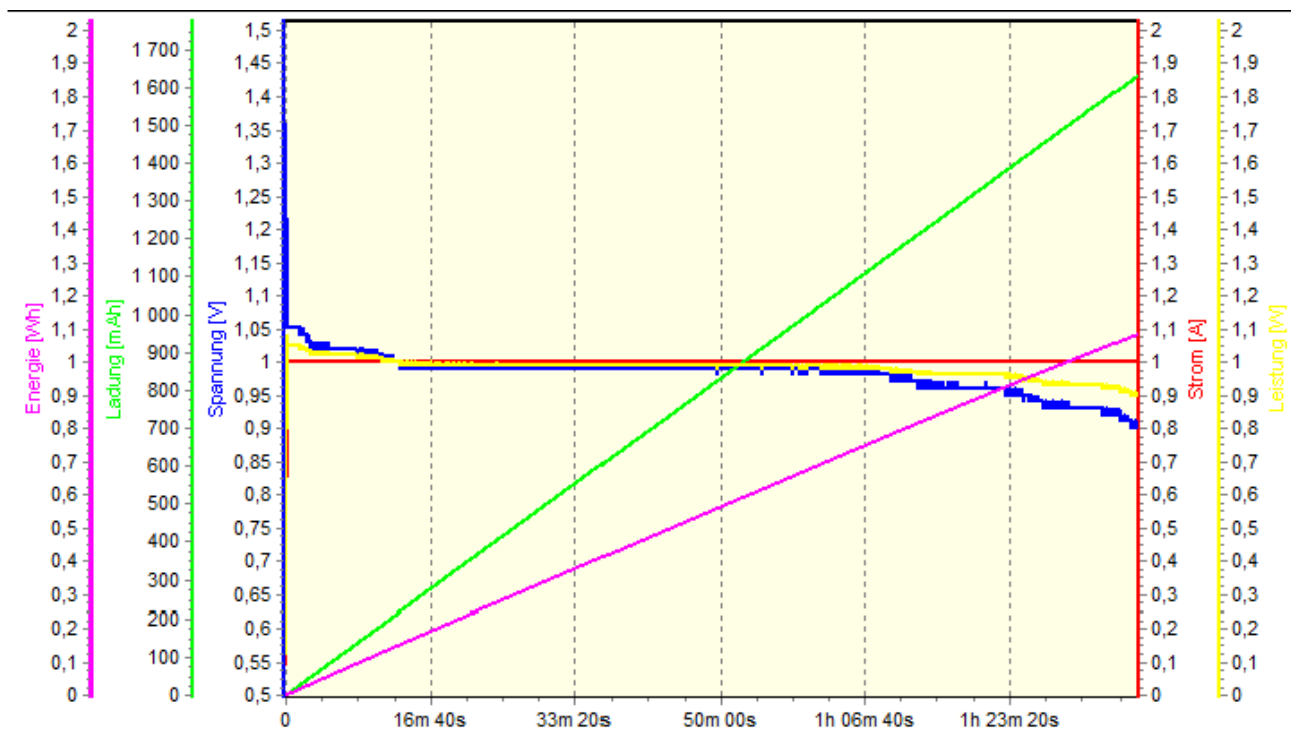


Рисунок 1.12. Процес розряду Ni-MH акумулятора

Пристрій контролюється за допомогою набору різноманітних параметрів встановлень, а також численними датчиками, що дозволяють відстежувати режим зарядки та розряду. Однією з важливих переваг цього пристрою є можливість роботи у цифровому режимі, що дає змогу зібрати всю необхідну інформацію для аналізу роботи акумулятора. Для його роботи потрібен блок живлення з напругою 11–18 В.

Інтерфейс також демонструє процес розряду для акумуляторів Ni-MH, що дозволяє порівнювати параметри роботи різних типів батарей.

Інтелектуальний цифровий зарядний пристрій Imax-B6 V2 80W вирізняється високою універсальністю, оскільки підтримує широкий спектр видів акумуляторів. Завдяки своїй здатності відображати процес зарядки й розряду як у цифровому, так і в графічному вигляді, він надає інженерам і користувачам можливість проводити глибокий аналіз параметрів батарей. Це особливо важливо для визначення залишкової ємності, оцінки стійкості акумулятора та діагностики

його працездатності під час експлуатації.

Серед інших переваг пристрою варто відзначити його інтелектуальне управління параметрами зарядного процесу, що забезпечується численними вбудованими датчиками, роботу з широким спектром акумуляторів, можливість отримання даних у вигляді графіків (наприклад, процес заряду літєвого АКБ, розряду літєвих і Ni-MH акумуляторів). Недоліки Imax-B6 пов'язані з залежністю від зовнішнього блоку живлення, такі пристрої мають вищу ціну порівняно з базовими моделями для побутового використання.

Таблиця 1.3. Порівняння пристроїв для тестування ємності батарей

<i>Модель</i>	<i>Діапазон напруги</i>	<i>Точність</i>	<i>Цільова аудиторія</i>	<i>Особливості</i>
ZB206+ Battery Capacity Tester	1.5–30 В	Середня	Побутові користувачі	Компактний корпус, базовий функціонал відображення основних параметрів
West Mountain Radio CBA IV	1–48 В	Висока	Професіонали	Графічний аналіз процесу зарядки/розряду, інтеграція з комп'ютером через USB
Nioki BT3554	12–100 В	Дуже висока	Лабораторії, дослідні центри	Аналіз імпедансу, підтримка лабораторного ПЗ збору та аналізу даних
Imax-B6 (HTRC iMAX-B6 V2 80W)	Робоча напруга: 11–18 В*	Висока/Середня	Професіонали, радіолюбителі	Цифровий моніторинг із графічним відображенням процесів зарядки/розряду

Аналіз популярних моделей пристроїв для тестування ємності акумуляторів показує, що вибір конкретного пристрою залежить від цільової аудиторії та вимог до точності та функціональності. Для побутових користувачів оптимальним буде ZB206+ завдяки його простоті та низьким витратам, у той час як професіоналам більше підійде West Mountain Radio CBA IV через можливість детального графічного аналізу. Лабораторні потреби задовольнить Nioki BT3554, що вирізняється надзвичайною точністю, а Imax-B6 представляє універсальний варіант з можливістю інтеграції цифрових даних для глибокого аналізу, хоча і вимагає додаткового обладнання (блок живлення) та має вищу ціну.

Сучасні тестери забезпечують широку функціональність, зручність у використанні, підтримку різних типів батарей, але їх вибір залежить від конкретних потреб користувача. Для побутових завдань достатньо простих і бюджетних моделей, тоді як професійне чи лабораторне тестування вимагає високотехнологічного обладнання. Головними викликами у використанні тестерів залишаються обмеження за діапазоном тестування, складність калібрування пристроїв і необхідність програмного забезпечення для глибокого аналізу.

1.2 Аналіз мети, задач і вимог до проектного пристрою

Розробка цифрового тестеру ємності акумуляторних батарей є ключовою метою даної дипломної роботи. Основна ідея полягає у створенні пристрою, який не лише вимірює заряд (ємність) АКБ, але й надає можливість виводити процес розряду у графічному та цифровому вигляді на комп'ютер для подальшого аналізу. Це дозволить забезпечити комплексну діагностику акумуляторних батарей різних типів – від малих літій-іонних до великих автомобільних. Такий підхід базується на аналізі характеристик батарей, детальному вивченні існуючих рішень (як описано в підрозділах 1.1.1–1.1.3), а також на врахуванні стандартів контролю якості (IEEE 450, IEEE 1188, IEEE 1106).

Основною метою роботи є розробка пристрою, який забезпечує:

- Комплексне вимірювання ємності акумуляторних батарей. Пристрій має бути здатним проводити тестування при різних режимах розряду з можливістю точного й поступового збирання даних;
- Зручність використання та обслуговування. За рахунок застосування перемикаючих реле пристрій повинен виключати необхідність ручної, механічної заміни компонентів (наприклад, делителів напруги) і спрощувати експлуатацію;
- Інтегрованість з комп'ютером. Розроблений тестер має дозволяти передавати інформацію для графічного аналізу процесів заряджання і розряду, що буде корисним як для діагностики, так і для контролю якості батарей.

					КС 58. 06 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати наступні основні задачі:

1. Аналіз характеристик акумуляторних батарей. Це включає вивчення базових параметрів, таких як ємність, внутрішній опір і залежність характеристик від умов експлуатації (температури, навантаження тощо). Даний аналіз є передумовою для подальшого визначення оптимальних режимів вимірювання та підбору компонентів;

2. Огляд існуючих рішень. Проведення детального аналізу сучасних методів і пристроїв для тестування ємності АКБ, що дозволить виявити їх переваги й недоліки, зокрема обмеження вузького діапазону тестованих елементів та відсутність можливості інтегрованого графічного моніторингу процесів зарядки та розряду;

3. Формулювання вимог до пристрою. На основі проведеного аналізу необхідно визначити ключові технічні вимоги:

- Широкий діапазон тестованих акумуляторів. Пристрій має підтримувати роботу з малими літій-іонними елементами, а також із високопотужними автомобільними батареями;
- Зручність в обслуговуванні. Використання перемикаючих реле дозволить автоматизувати перехід між різними режимами вимірювання, усуваючи необхідність фізичної заміни компонентів, що збільшує надійність у експлуатації;
- Висока точність вимірювання. Забезпечення гнучкості тестування за рахунок можливості зміни струмів розряду та покрокового контролю процесу за допомогою мікроконтролера, такого як Arduino Nano;
- Можливість графічного аналізу. Інтеграція з комп'ютером для візуалізації даних (наприклад, процес зарядки літєвих батарей, процес розряду різних типів акумуляторів) значно розширює функціональність пристрою;

4. Розробка електричної схеми та підбір електронних компонентів. Включає проектування структури пристрою, вибір стабілізаторів струму, перемикаючих реле, датчиків вимірювання напруги та струму, а також інших компонентів, що

					КС 58. 06 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

відповідають встановленим вимогам.

5. Розробка програмного забезпечення. Необхідно створити програмний код для мікроконтролера, який забезпечуватиме поетапний контроль розряду, збір даних з датчиків та їх обробку, а також забезпечить можливість передачі даних на комп'ютер для подальшої візуалізації та аналізу;

6. Тестування та калібрування пристрою. Після реалізації апаратної та програмної частин потрібно провести експериментальне тестування для перевірки відповідності пристрою вимогам та подальше калібрування з метою забезпечення високої точності вимірювань.

На підставі аналізу сучасних рішень та практичних потреб, до розроблюваного цифрового тестеру ємності акумуляторних батарей ставляться наступні вимоги:

- Широкий діапазон тестування. Пристрій має працювати з акумуляторами різних типів і ємностей – від невеликих літій-іонних до великомасштабних автомобільних батарей;
- Зручність в експлуатації і обслуговуванні. Завдяки використанню перемикаючих реле та цифрових компонентів, пристрій забезпечує автоматичну адаптацію до різних режимів вимірювання без потреби у фізичній зміні компонентів;
- Висока точність вимірювань. Забезпечується шляхом вибору оптимальних режимів розряду (з різними струмами) та використанням мікроконтролера для детального, покрокового збору даних;
- Інтегрованість з системами аналізу. Пристрій повинен забезпечувати передачу даних на комп'ютер, що дозволяє отримувати графічні та цифрові представлення процесу зарядки і розряду для подальшого аналізу.

Таким чином, головна мета проекту – створити універсальний, точний і зручний у використанні цифровий тестер ємності акумуляторних батарей, який дозволить не тільки проводити операційні вимірювання, але й здійснювати детальний аналіз процесу розряду в режимі реального часу із застосуванням цифрових технологій.

					КС 58. 06 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3 Розробка структурної схеми цифрового тестеру ємності акумуляторних батарей

Відповідно до технічного завдання були розроблені структурні схеми цифрового тестеру ємності акумуляторних батарей, що передбачають організацію пристрою на різних масштабних рівнях. Схема, яка представлена на рис. 1.13, забезпечує системну організацію цифрового тестеру ємності акумуляторних батарей. Вона передбачає комплексну взаємодію блоків: від підключення батареї й керування реле (вузлу силової комутації) до вимірювання параметрів і виводу інформації на екран. Центральним елементом є блок системи керування, який не тільки координує процес заряджання та розряджання, а й організовує збір даних від датчиків із подальшою обробкою і відображенням результатів. Наявність кнопочової клавіатури і дисплея забезпечує зручність користування, а можливість збереження виміряних значень у пам'яті пристрою — їх подальший аналіз. Блок живлення, що перетворює напругу від мережі 220В, гарантує стабільну роботу всієї системи.

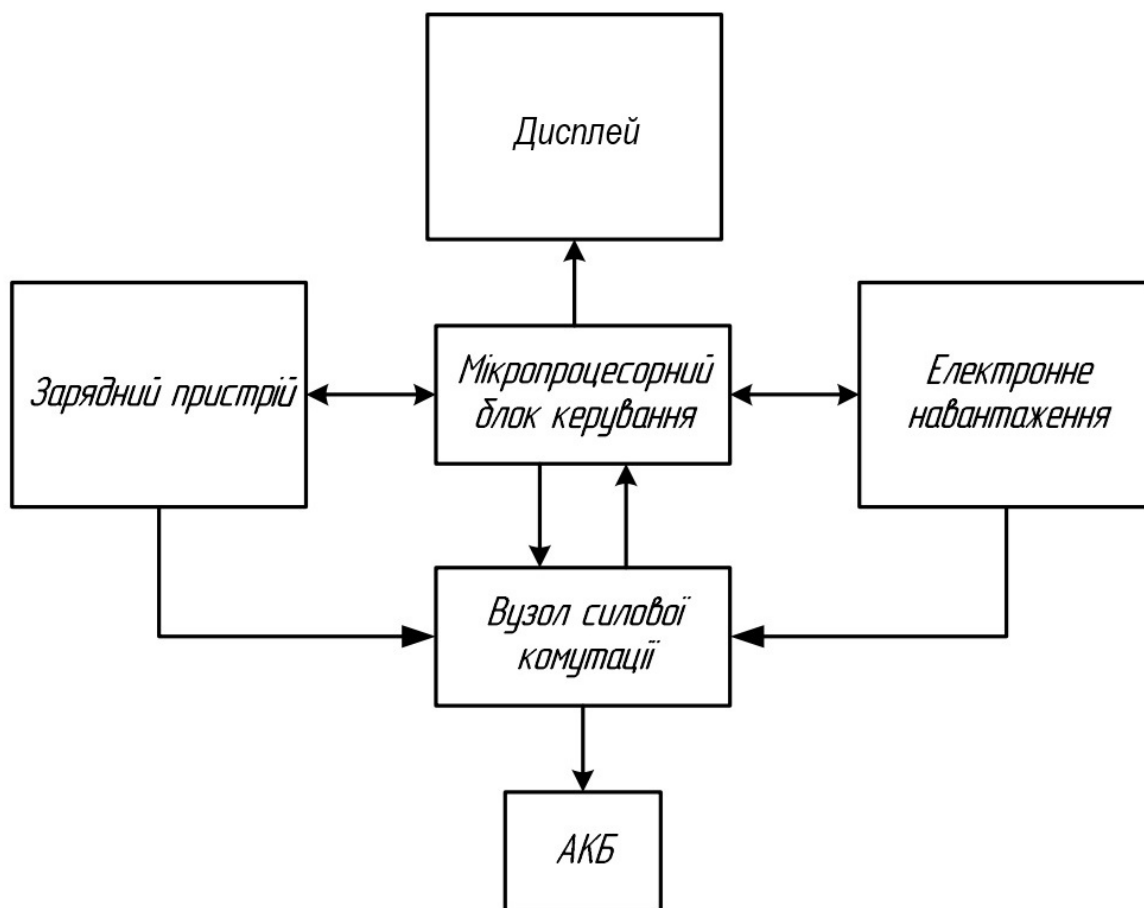


Рисунок 1.13. Загальна структура тестеру ємності акумуляторних батарей

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КС 58. 06 000. 00 ДП ПЗ

Арк.

31

Така структура, інтегруючи можливості зарядного пристрою і блоку електронного навантаження, відповідає сучасним вимогам точності, універсальності та зручності для як побутового, так і професійного застосування цифрового тестеру ємності акумуляторних батарей.

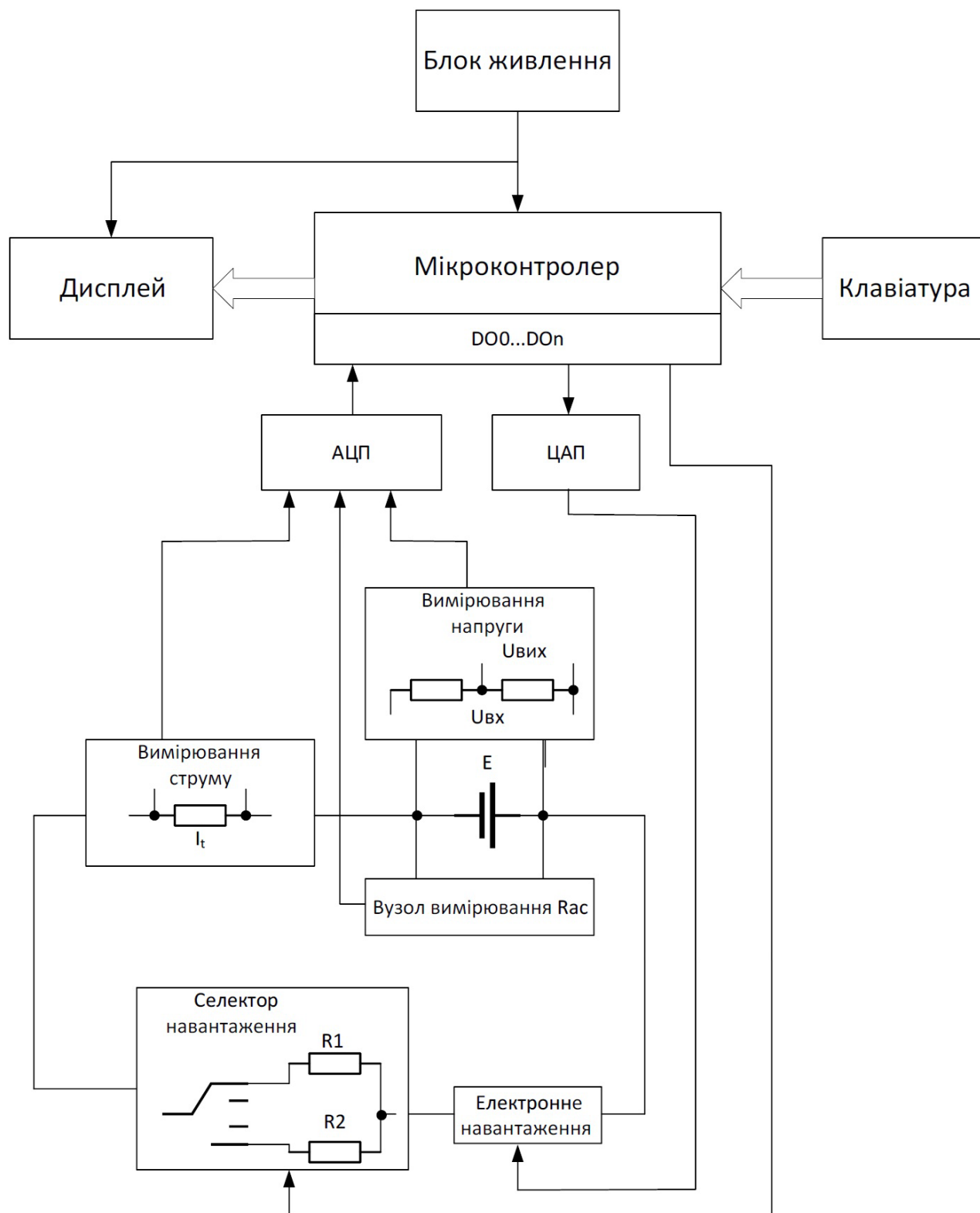


Рисунок 1.14. Структурна організація взаємодії основних блоків тестеру

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Нижче наведено організацію взаємодії основних блоків тестеру ємності акумуляторних батарей та принцип їх роботи. У схемі передбачено інтеграцію наступних основних блоків:

1. Блок підключення акумуляторної батареї та реле (вузол силової комутації). Акумуляторна батарея безпосередньо підключається до блоку реле. Реле керуються мікроконтролером і виконує функцію перемикачів режимів: при відкритті реле напруга від батареї подається на навантаження, тим самим забезпечуючи процес розряду;

2. Модуль навантаження з дільником напруги. Цей блок включає навантаження, до якого входить дільник напруги, що дозволяє організувати розряд акумулятора із виділенням тепла. Вимірювання відбуваються безпосередньо на цьому блоку, де контролюється напруга та струм розряду;

3. Блок системи керування та організації вимірювань. Центральним елементом пристрою виступає мікроконтролер, який виконує обчислювальні завдання, обробку інформації від датчиків та координує роботу інших блоків. До цього блоку входять:

- Кнопкова клавіатура. Забезпечує вибір режимів вимірювання й налаштування параметрів, що дозволяє користувачу задавати специфічні режими роботи та порогові значення;
- Дисплей (монітор). Відображає поточні режими роботи, меню користувача та результати вимірювань (наприклад, графіки процесів зарядки та розряду, залишкову ємність);
- Пам'ять пристрою. Забезпечує збереження вимірних значень для подальшого аналізу.

4. Модуль вимірювання параметрів. Цей блок включає системи зчитування аналогових сигналів від різних точок схеми (наприклад, з датчиків напруги та струму). За допомогою аналого-цифрових перетворювачів (АЦП) сигнал перетворюється в цифрову форму і передається на мікроконтролер для аналізу. Для генерації управляючих аналогових сигналів використовується цифро-аналоговий перетворювач (ЦАП);

					КС 58. 06 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

5. Модуль визначення внутрішнього опору акумулятора за змінним струмом. Окремий блок генерує змінну напругу відповідно до вимог стандартів і дозволяє відслідковувати величину змінної складової струму, що протікає через акумулятор. Завдяки цьому модулю можна визначити внутрішній опір батареї;

6. Блок зарядного пристрою та електронного навантаження. Взаємодію основних складових мікропроцесорної системи добре демонструє наступний аспект (згідно з рис. 1.14):

- Блок системи керування, який керує процесом заряджання та розряджання акумулятора, обробляючи дані від датчиків і забезпечуючи потрібний алгоритм операцій;
- З допомогою зарядного пристрою проводиться процес повного заряджання акумуляторної батареї, тоді як блок електронного навантаження відповідає за розряджання АКБ під навантаженням під час експериментального тестування;

7. Блок живлення. Для забезпечення роботи всіх компонентів використовується блок живлення, який включає перетворювачі постійної напруги. Він підключається до мережі 220В і постачає енергію як для мікроконтролера з дисплеєм і клавіатурою, так і для інших модулів пристрою.

Організація вимірювань базується на інтегрованій взаємодії всіх вищезгаданих блоків. Процес роботи тестеру розпочинається з підключення акумулятора до реле. Після вибору режиму вимірювання через кнопку клавіатури мікроконтролер посилає команду на переключення реле, що дозволяє направити напругу батареї на модуль навантаження з дільником напруги. Під час розряду акумулятора датчики, розміщені в ключових точках схеми, зчитують аналогові сигнали (напругу, струм, змінну складову струму для вимірювання внутрішнього опору), які перетворюються в цифровий формат за допомогою АЦП і надходять до мікроконтролера. Завдяки внутрішньому алгоритму обробки даних пристрій обчислює ємність акумулятора, зберігає результати у пам'яті і відображає їх на дисплеї. Водночас для генерації необхідних керуючих сигналів використовується ЦАП. Окремий модуль, що генерує змінну напругу,

					КС 58. 06 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

застосовується для визначення внутрішнього опору акумулятора за методом вимірювання змінної складової струму, що дозволяє проводити комплексний аналіз стану батареї.

1.4 Вибір елементної бази пристрою

Для створення цифрового тестеру ємності акумуляторних батарей потрібно ретельно підібрати елементи, які забезпечать точність вимірювань, інтеграцію з іншими модулями, стабільну роботу, а також відповідатимуть сучасним вимогам до функціональності та енергоефективності. У даному розділі наведено опис основних компонентів, які увійдуть до складу пристрою, а також їх обґрунтування.

1.4.1 Платформа Arduino Nano з мікроконтролером Atmega328P-AU

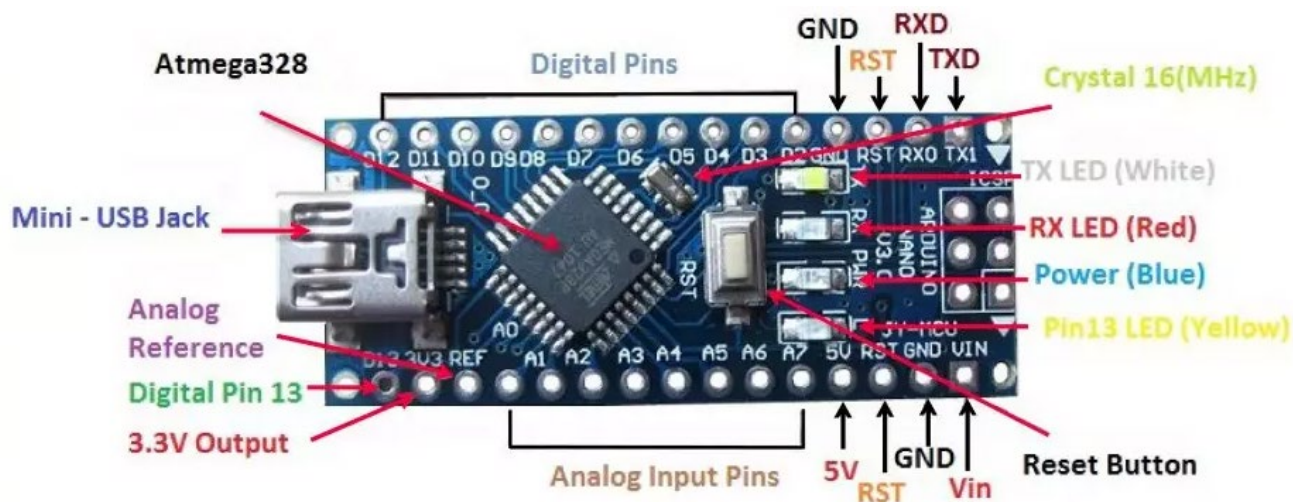


Рисунок 1.15. Платформа Arduino Nano, що є ядром системи

Основним обчислювальним елементом пристрою є мікроконтролер Atmega328P-AU (рис. 1.15). Цей мікроконтролер базується на платформі Arduino Nano, яка забезпечує компактність, низьке енергоспоживання та легке програмування. Atmega328P-AU має архітектуру AVR, працює на частоті 16 МГц, оснащений достатньою кількістю цифрових і аналогових входів/виходів для підключення всіх необхідних компонентів: датчиків, реле, дисплея, клавіатури. Його вибір обумовлений не лише технічними характеристиками, а й широкою екосистемою підтримки з боку спільноти розробників, що прискорює процес

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

створення програмного забезпечення для пристрою. Плата Arduino Nano має продуманий розподіл контактів та портів. На платі розташовано 14 цифрових входів/виходів (позначених як D0–D13), з яких 6 може працювати в режимі формування широтно-імпульсної модуляції (PWM). Крім того, платформа забезпечує 8 аналогових входів (A0–A7), що дозволяє підключати різноманітні датчики для зчитування аналогових сигналів, наприклад, сигналів від дільників напруги або струму. Ці аналогові входи мають роздільну здатність 10 біт, що дає можливість отримувати точні цифрові значення напруги у межах від 0 до 5 В (рис.1.16).

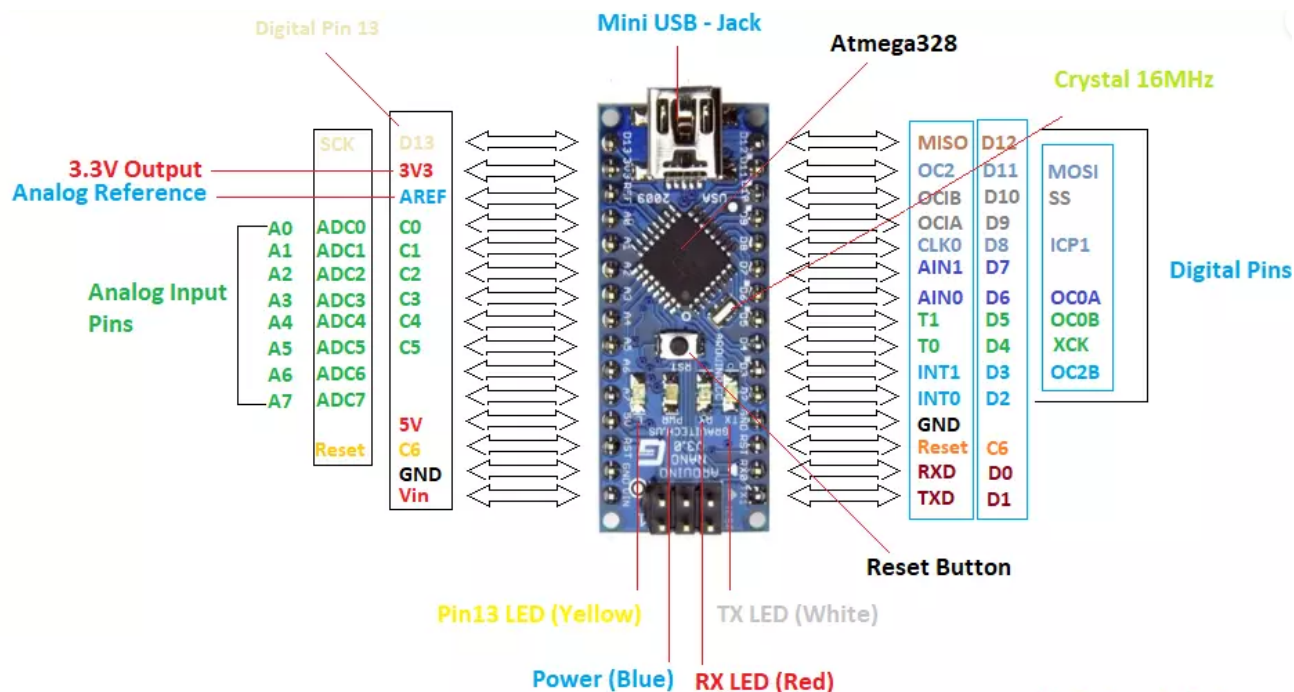


Рисунок 1.16. Розташування контактів плати Arduino Nano і їх призначення

Для організації комунікації з іншими модулями Arduino Nano підтримує як протокол I2C, так і SPI. Контакти для I2C (SDA і SCL) зазвичай розташовані на аналогових входах A4 і A5, що спрощує інтеграцію таких компонентів, як OLED-дисплей з контролером SSD1306, який працює у цьому режимі. Інтерфейс SPI, який обов'язково використовується для підключення таких модулів, як MCP2515 (CAN-контролер), має окремі контакти, серед яких можна виділити MOSI (Master Out Slave In), MISO (Master In Slave Out), SCK (Serial Clock) та додатковий чіп-селект.

Плата програмується через USB-інтерфейс, що дозволяє не тільки оперативно завантажувати програмне забезпечення, але й використовувати її як джерело живлення (за умови належного регулювання напруги). На платі встановлено 16-мегагерцовий кварцовий генератор, який забезпечує точну тактову частоту роботи мікроконтролера Atmega328P. Цей мікроконтролер характеризується 32 КБ флеш-пам'яті для зберігання програмного коду, з яких 2 КБ зайняті заводською завантаженою прошивкою, а також має 2 КБ оперативної пам'яті SRAM та 1 КБ EEPROM для зберігання налаштувань або отриманих результатів.

За допомогою розширеного набору цифрових і аналогових портів Arduino Nano може керувати зовнішніми реле, клавіатурою, дисплеєм, а також виконувати обробку сигналів із цифро-аналогових (ЦАП) і аналого-цифрових (АЦП) перетворювачів, що є необхідним для точного тестування параметрів акумулятора. Завдяки своїй відкритій архітектурі та великій кількості бібліотек для роботи з периферією, Arduino Nano забезпечує гнучкість у зміні функціоналу пристрою під специфічні вимоги проекту.

Таким чином, підключення Arduino Nano у системі тестеру ємності акумуляторних батарей організується наступним чином: основний мікроконтролер Atmega328P з Arduino Nano використовує цифрові контакти для керування реле та зв'язку з комунікаційними модулями (MCP2515, TJA1040T, АТА6662), аналогові входи — для зчитування сигналів від датчиків напруги і струму, а також для роботи з дисплеєм через I2C. USB-порт дозволяє проводити діагностику, програмування і, за необхідності, забезпечувати живлення всіх компонентів.

1.4.2 Контролер CAN-шини MCP2515

Важливим елементом системи є контролер CAN-шини MCP2515 (рис.1.17). Він використовується для забезпечення надійного зв'язку через Controller Area Network (CAN) – стандарт, широко використовуваний в автомобільній електроніці та промислових системах. MCP2515 здійснює передачу даних між пристроями за допомогою SPI-інтерфейсу, що забезпечує швидку і точну обробку. Його

					КС 58. 06 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

застосування дозволяє інтегрувати тестер у складніші мережі, де необхідно передавати інформацію про стан батарей до централізованих систем моніторингу.

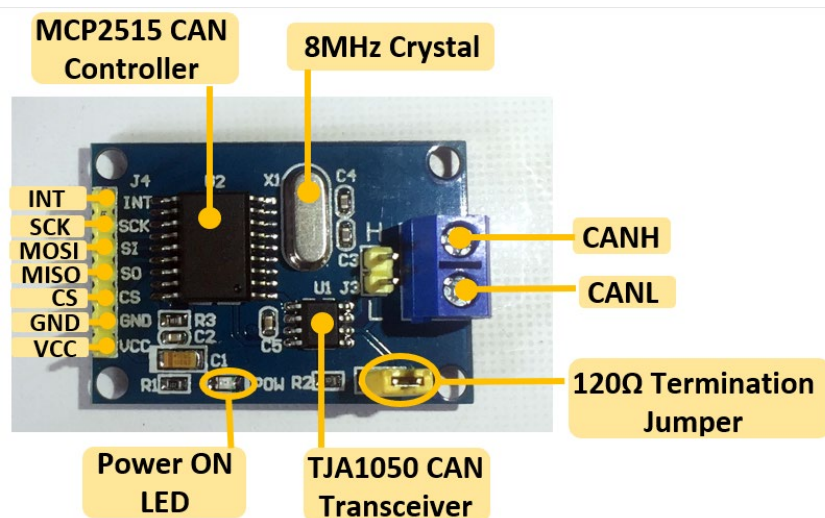


Рисунок 1.17. Контролер CAN-шини MCP2515

Для реалізації фізичного рівня взаємодії CAN-шини використовується трансивер TJA1040T (рис. 1.18). Він забезпечує стабільний обмін даними за стандартом ISO 11898-2 і підвищує надійність з'єднань навіть за умов електромагнітних перешкод. TJA1040T працює у парі з MCP2515, що дозволяє організувати повноцінну підтримку CAN-зв'язку у системі.

1.4.3 LIN-трансивер АТА6662

Доповнює комунікаційну складову тестеру LIN-трансивер АТА6662 (рис.1.18). Цей компонент забезпечує підтримку Local Interconnect Network (LIN) – протоколу, який використовується для локальних мереж. LIN дозволяє обмінюватися даними на рівні знижених вимог до швидкості, що робить АТА6662 корисним для побутових та автомобільних застосувань, де потрібна економічність у споживанні енергії.

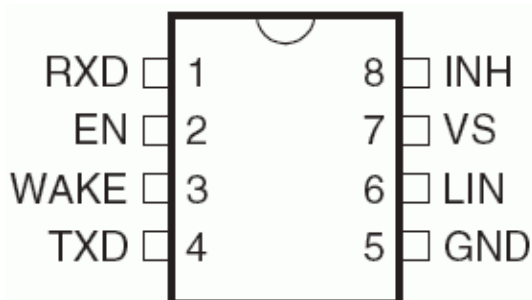
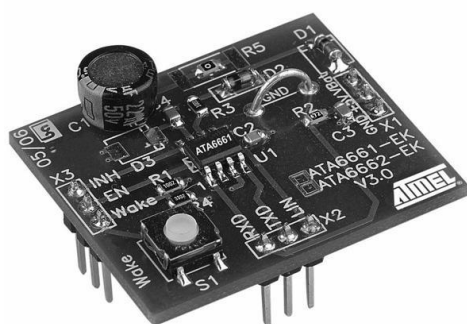


Рисунок 1.18. LIN-трансивер АТА6662

Виведення інформації для користувача здійснюється за допомогою OLED-дисплея з контролером SSD1306 (рис.1.19). Цей дисплей підтримує графічний та текстовий режим роботи, що дозволяє відображати як поточні режими роботи, так і результати тестувань. Використання інтерфейсу I2C дає змогу зменшити кількість провідників для підключення, що особливо важливо при обмеженому просторі на платі. OLED-дисплей має низьке енергоспоживання, високу контрастність і чіткість зображення, що є важливим для зручності взаємодії користувача з пристроєм.

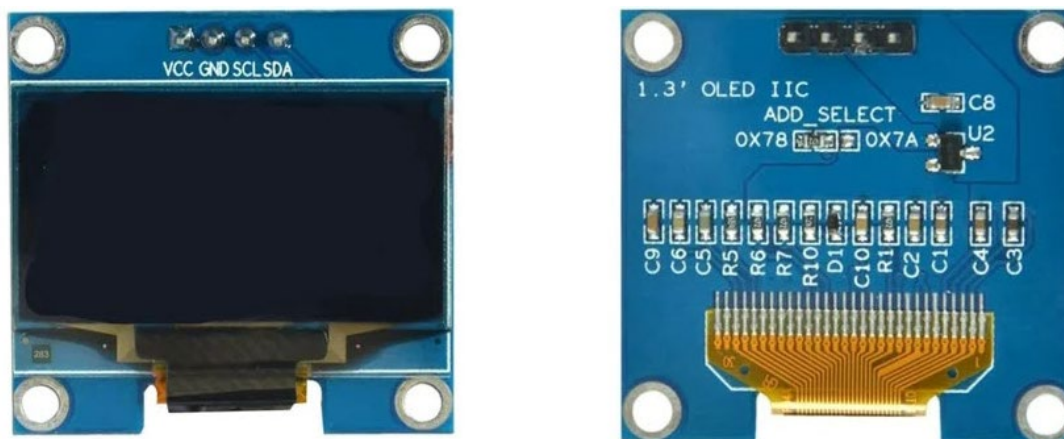


Рисунок 1.19. OLED-дисплей з контролером SSD1306

Для стабільного живлення компонентів пристрою передбачено стабілізатор напруги AMS1117-5.0 (рис.1.20). Цей стабілізатор забезпечує надійне подання напруги 5 В, яка необхідна для роботи мікроконтролера, дисплея, комунікаційних модулів та інших елементів. AMS1117-5.0 дозволяє підтримувати стабільну роботу пристрою навіть за умов нестабільності вхідної напруги. Його компактні розміри спрощують інтеграцію у загальну схему пристрою.



Рисунок 1.20. Стабілізатор напруги AMS1117-5.0

Система, побудована на таких компонентах, має високий рівень надійності, функціональності та гнучкості. Вибір мікроконтролера Atmega328P-AU, CAN- та

LIN-компонентів (MCP2515, TJA1040T, ATA6662), OLED-дисплея SSD1306 і стабілізатора AMS1117-5.0 базується на їхніх оптимальних характеристиках для реалізації універсального тестеру ємності акумуляторних батарей, який відповідає сучасним технічним вимогам. Ці компоненти забезпечують точність вимірювань, інтеграцію в комунікаційні мережі, зручність використання і стабільність у роботі.

1.5 Розробка принципової електричної схеми цифрового тестеру ємності акумуляторних батарей

Розробка принципової електричної схеми цифрового тестеру ємності акумуляторних батарей базується на врахуванні вимог до точності вимірювань, функціональності та зручності експлуатації. Структурна схема, представлена на рисунку, інтегрує всі основні блоки, що забезпечують поетапний розряд батареї, збір даних від датчиків і керування роботою пристрою, а також взаємодію з користувачем.

Щоб забезпечити роботу мікроконтролера Atmega328P-AU в мережі CAN, використовується мікросхема MCP2515. Ця схема виконує функцію контролера CAN і підключається до мікроконтролера через SPI-інтерфейс. Для фізичної передачі даних по мережі застосовується трансмітер TJA1040T, що забезпечує можливість прийому і відправлення пакетів даних через CAN-Bus (рис.1.21).

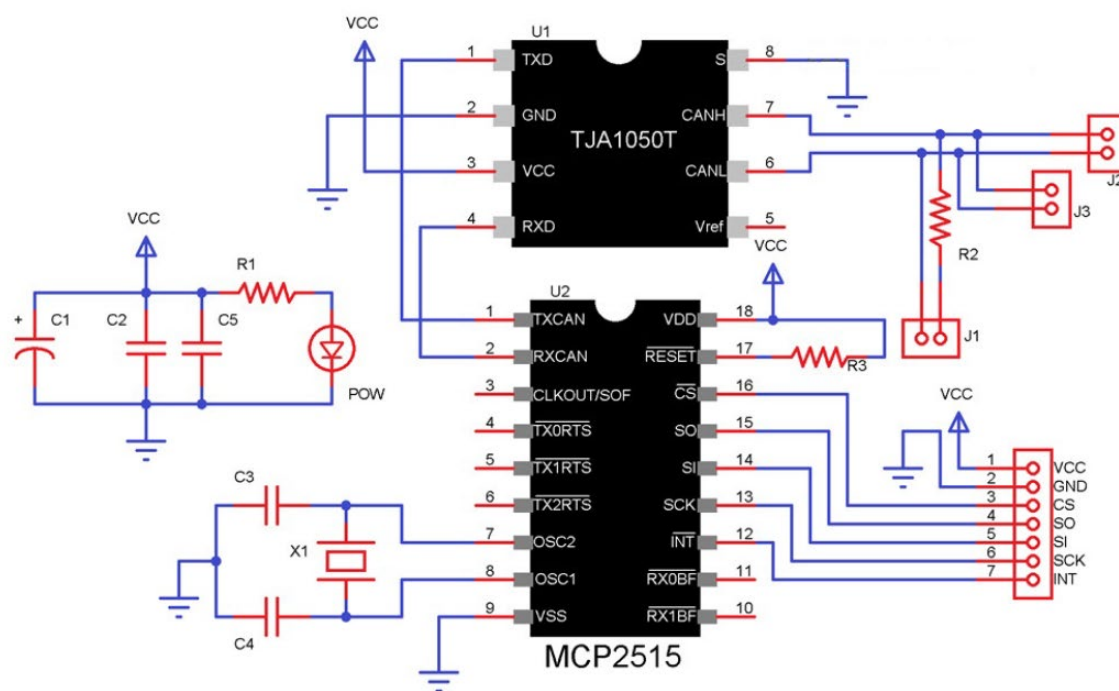


Рисунок 1.21. Схема підключення CAN-Bus-інтерфейсу до мікроконтролера

Акумуляторна батарея підключається до реле, які керуються мікроконтролером. При отриманні команди мікроконтролера, реле відкривають шлях напрузі від батареї до навантаження з дільником напруги, що забезпечує розряд батареї та виділення тепла. Цей процес є основним для визначення ємності батареї за методом покрокового розряду. Дані з датчиків, встановлених на модулі навантаження, зчитуються за допомогою аналого-цифрових перетворювачів (АЦП) і передаються до центрального блоку керування.

Центральним елементом системи є мікроконтролер Atmega328P-AU, інтегрований у платформу Arduino Nano. Він відіграє ключову роль, оскільки обробляє інформацію від датчиків, системи CAN-Bus і відображає результати на OLED-дисплеї. Особливістю мікроконтролера є простота програмування завдяки наявності завантажувача Arduino, що дозволяє розробляти програмне забезпечення в Arduino IDE. Крім того, Arduino Nano має достатню кількість цифрових і аналогових контактів, що дозволяє підключати як реле, так і периферійні модулі, наприклад, клавіатуру, OLED-дисплей і різні датчики.

Для організації обміну даними використовується контролер CAN-шини MCP2515 у зв'язці з CAN-трансивером TJA1040T, що дозволяє забезпечити надійний і швидкий зв'язок згідно стандарту ISO 11898-2. Також для розширення можливостей комунікації інтегровано LIN-трансивер ATA6662, що дозволяє використовувати додатковий локальний зв'язок у системі.

Інтерфейс взаємодії з користувачем забезпечується за допомогою OLED-дисплея з контролером SSD1306. Цей дисплей відображає поточний режим роботи, меню користувача та результати вимірювань. Завдяки використанню інтерфейсу I²C кількість необхідних проводів знижена, що спрощує розводку сигналів на платі.

Стабільне живлення всіх модулів забезпечується блоком живлення з використанням стабілізатора AMS1117-5.0. Цей стабілізатор конвертує вхідну напругу від мережі 220В у стабільні 5 В, необхідні для роботи мікроконтролера, дисплею та інших електронних модулів, що гарантує стабільність роботи пристрою навіть за умов коливань у напрузі.

					КС 58. 06 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Однією з ключових підсистем пристрою є модуль введення інформації, який забезпечує ручне керування параметрами тестування. Для цього використовуються тактові кнопки, що дозволяють користувачу переміщатися по графічному меню пристрою і налаштовувати параметри в ручному режимі. Оскільки механічні контакти кнопок мають "брязкіт" (контактний відскок), кнопки підключені до мікроконтролера із застосуванням спеціальної схеми, що включає резистор R1 для струмообмеження і захисту порту мікроконтролера від надмірного струму, резистори Rp1 (резистори підтяжки) для забезпечення логічного нуля при відпущеній кнопці, а також конденсатор C1, який допомагає зменшити вплив пульсацій (брязкіт контактів). Ця схема дозволяє стабільно зчитувати стани кнопок, що є критично важливим для коректного управління меню і режимами роботи пристрою (рис. 1.22).

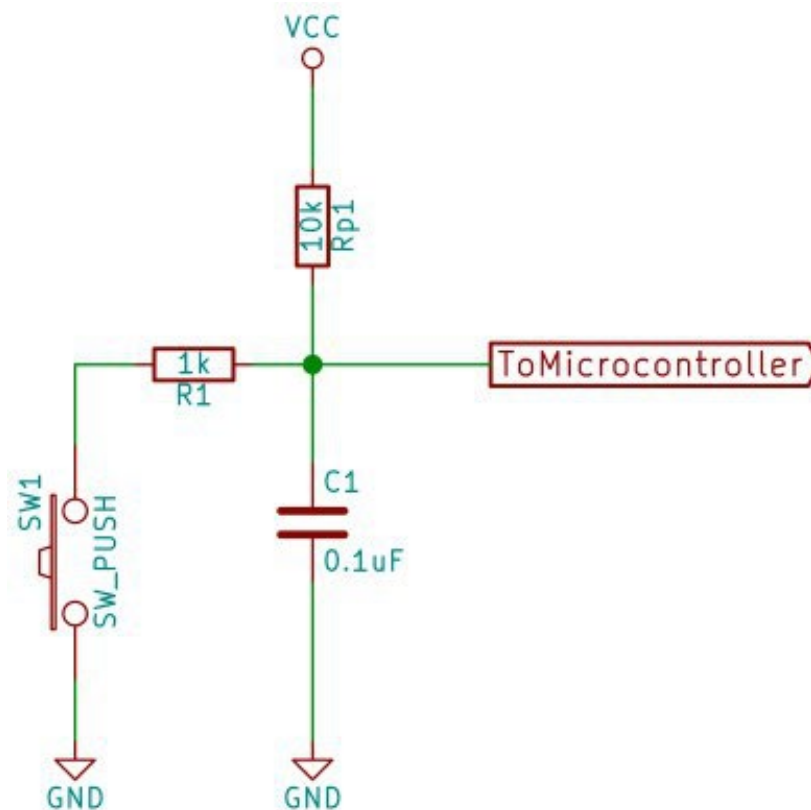


Рисунок 1.22. Підключення кнопки управління до мікроконтролера

Мікроконтролер Atmega328P-AU обробляє інформацію, що надходить від модуля CAN-Bus через MCP2515 і від інших датчиків, і передає результати вимірювань на OLED-дисплей, забезпечуючи інтегровану інформаційну панель для користувача.

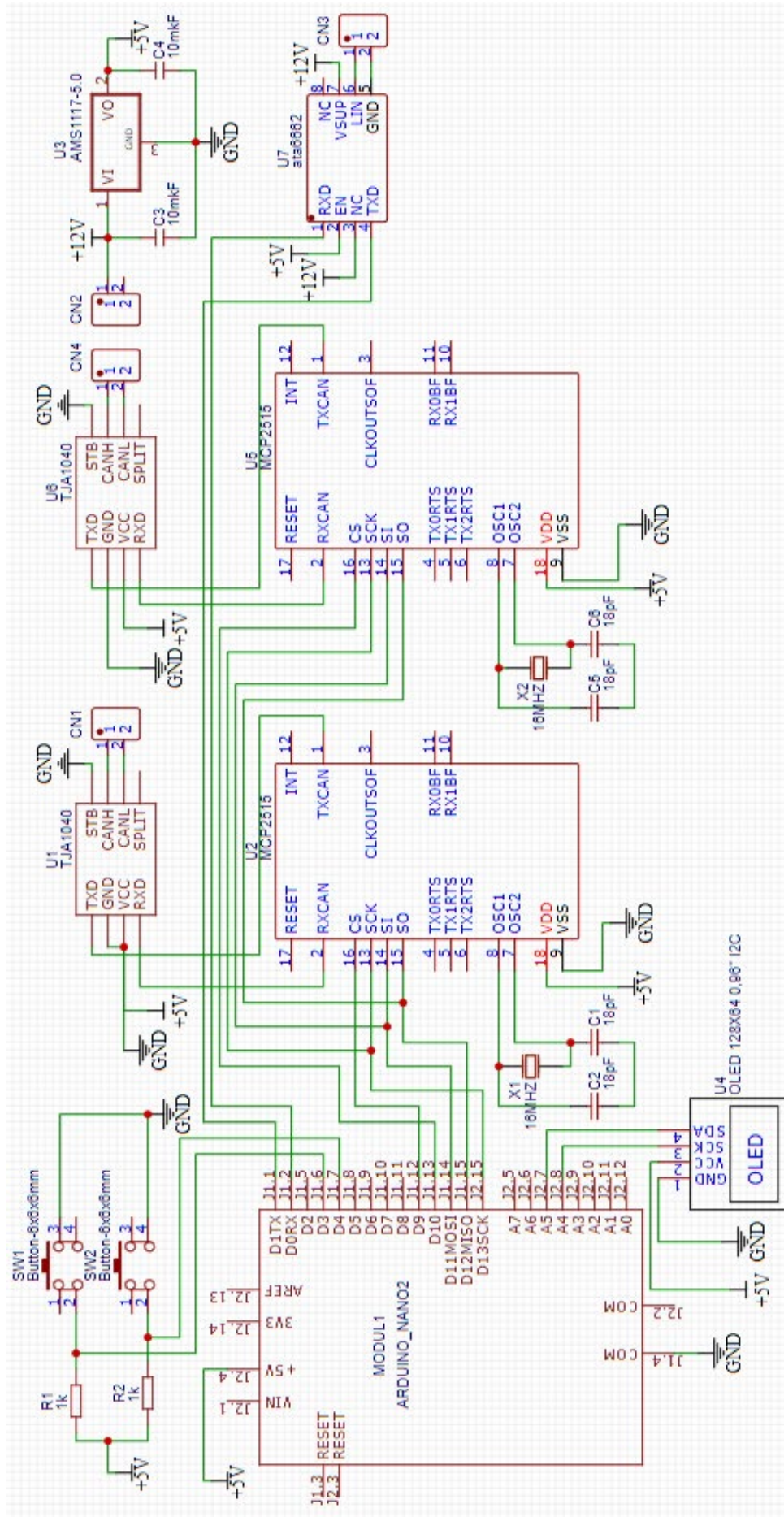


Рисунок 1.23. Принципова електрична схема тестеру ємності батарей

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

КС 58. 06 000. 00 ДП ПЗ

Арк.

43

Особливість мікроконтролера Atmega328P, окрім його широкої підтримки периферії, полягає в зручності програмування: можливість встановлення завантажувача Arduino дозволяє використовувати середовище Arduino IDE для розробки і швидкого оновлення програмного забезпечення пристрою.

Принцип роботи електричної схеми (рис. 1.23) реалізується таким чином, що після підключення акумулятора до системи через реле, мікроконтролер посилає команду на перехід у режим розряду, відкриваючи відповідні контакти реле. Напруга від батареї надходить до навантаження з дільником напруги, де здійснюється розряд, а датчики зчитують параметри, які аналого-цифровими перетворювачами передаються до мікроконтролера для обчислення ємності. Одночасно мікроконтролер організовує вивід інформації на OLED-дисплей, а тактові кнопки дозволяють користувачу змінювати налаштування і переміщатися по меню. Також окремий модуль генерує змінне напруження для визначення внутрішнього опору акумулятора за змінним струмом, що дає можливість проводити комплексну діагностику батареї.

Розробка схеми проходила у декілька етапів. Спочатку були визначені вимоги до пристрою і сформульовані основні методи вимірювання ємності. Після цього проводився вибір компонентної бази та розробка попередньої блок-схеми, що охоплювала всі підсистеми: систему керування, модулі вимірювання, комунікаційні блоки, інтерфейс користувача, схему захисту кнопкових входів і блок живлення. Після моделювання і перевірки принципів роботи та налагодження зв'язків між компонентами схема була остаточно узгоджена з технічними вимогами проекту. Принципова електрична схема цифрового тестеру ємності акумуляторних батарей розроблена у САПР P-CAD Schematic, промодельована у САПР Fritzing (рис.1.24) і базується на централізованому керуванні мікроконтролером, який координує процеси заряджання, розряджання та вимірювання параметрів батареї, забезпечує обробку сигналів із датчиків, організовує інтерфейс взаємодії з користувачем за допомогою тактових кнопок, OLED-дисплею та системи CAN-Bus, а також гарантує стабільне живлення всіх компонентів завдяки застосуванню стабілізатора AMS1117-5.0.

					КС 58. 06 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

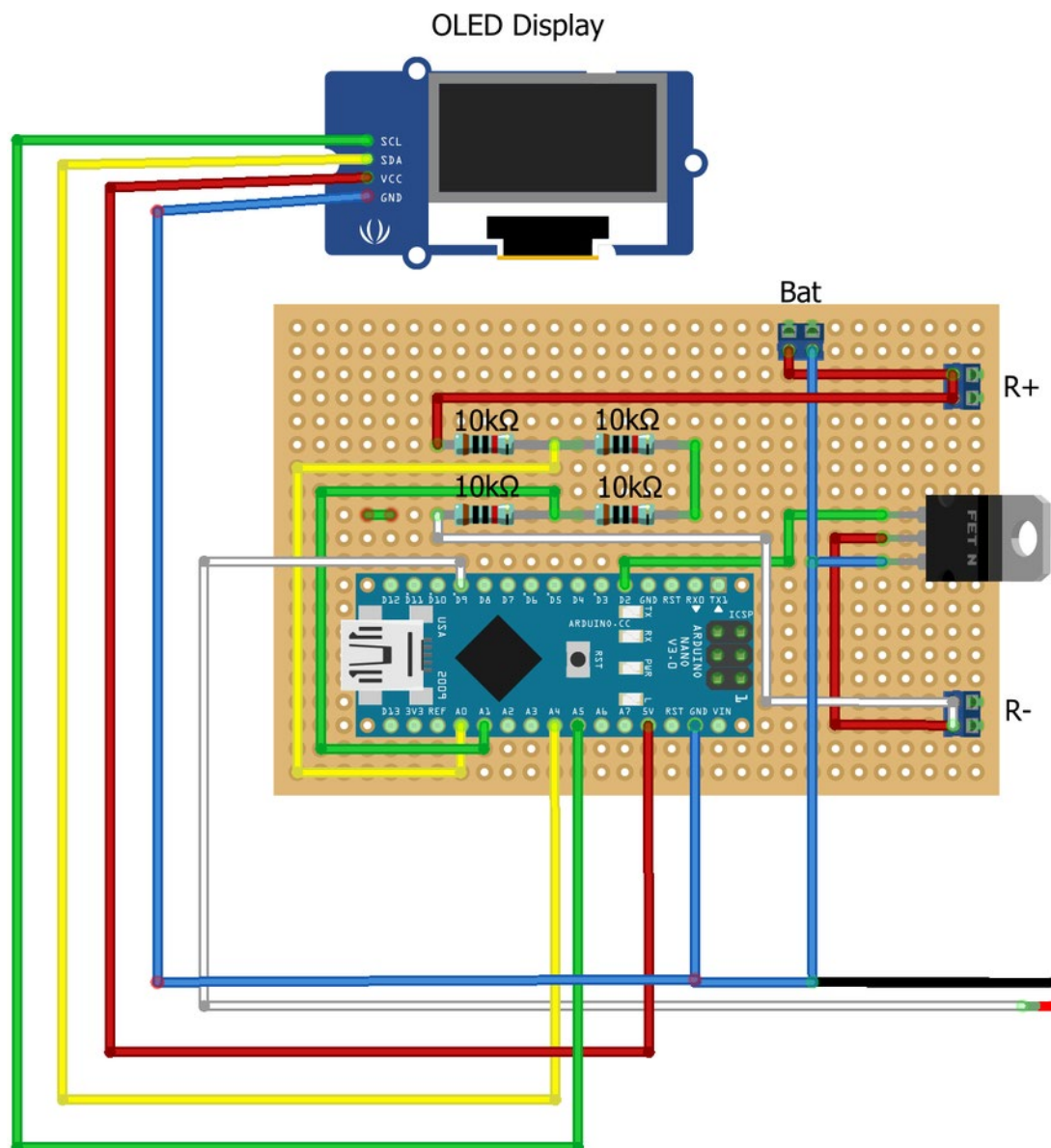


Рисунок 1.24. Моделювання схеми тестеру у САПР Fritzing

1.6 Розробка програмного забезпечення цифрового тестеру ємності акумуляторних батарей

Розробка програмного забезпечення є ключовим етапом реалізації функціоналу цифрового тестеру ємності акумуляторних батарей. Основним завданням є створення програми, яка дозволяє виконувати необхідні вимірювання, забезпечувати збереження і обробку отриманих даних, а також взаємодію з користувачем через графічне меню і дисплей. Процес програмування базується на алгоритмах, що відповідають стандартам ІЕС 61960-2003, які регламентують порядок роботи з акумуляторними батареями.

Програмне забезпечення організовано таким чином, щоб під час роботи

пристрою можна було виконувати кілька ключових задач. Насамперед, програма має забезпечувати вимірювання сили струму та напруги на батареї, а також розрахунок ємності на кожному часовому кроці. Для цього мікроконтролер зчитує дані з датчиків струму та напруги, проводить обчислення ємності як добутку струму на часовий крок, і отримані значення поступово сумує. Як тільки батарея розряджається до порогового значення напруги, мікроконтролер автоматично відключає батарею від навантаження, щоб уникнути її перерозряду.

Таблиця 1.4. Етапи вимірювання ємності акумуляторної батареї

<i>Етап</i>	<i>Дія мікроконтролера</i>	<i>Результат</i>
Ініціалізація	Встановлення логічних рівнів, розмикання силових ланцюгів, відключення навантаження	Готовність системи до роботи
Початковий екран	Відображення графічного меню для вибору режиму роботи	Очікування реакції користувача
Вибір режиму	Обробка даних від тактових кнопок для перемикавання режимів роботи	Перехід у вибраний режим
Вимірювання напруги	Читання даних з датчика напруги, передача інформації через АЦП в мікроконтролер	Фіксація значення напруги
Вимірювання струму	Зчитування даних з датчика струму, передача через АЦП у мікроконтролер	Фіксація значення струму
Розрахунок ємності	Обчислення ємності за формулою $\text{Ємність} = \text{Струм} \times \text{проміжок часу}$	Отримання значення ємності на кожному кроці
Сумування ємностей	Накопичення значень ємності до порогового значення	Обчислення сумарної ємності
Відключення батареї	Перевірка напруги батареї, автоматичне відключення навантаження у разі досягнення порогового значення	Захист від перерозряду

Важливим аспектом програмного забезпечення є інтерфейс для користувача. Спочатку мікроконтролер проводить ініціалізацію своєї внутрішньої периферії, виставляє на всіх виходах логічні рівні, що розмикають силові ланцюги і відключають навантаження від батареї. На дисплеї з'являється початковий екран, що дозволяє користувачу вибрати режим роботи тестеру. Після цього пристрій

переходить у режим очікування реакції користувача, і програмний код забезпечує комунікацію між елементами схеми для реалізації необхідного режиму роботи.

Етапи процесу вимірювання ємності акумуляторної батареї наведені у таблиці 1.4, що відображає послідовність виконання основних дій мікроконтролера та взаємодії з іншими елементами пристрою. У табл. 1.5 представлено циклограму процесу вимірювання фактичної ємності батареї.

Таблиця 1.5. Циклограма процесу вимірювання фактичної ємності батареї

	t_0	t_1	t_2	t_3
Заряд АКБ	┌──────────┐			
Стан спокою t_2-t_1		┌──────────┐		
Розряд АКБ			┌──────────┐	
$I_{\text{заряду}} < 200 \text{ мА}$		H		
$U_{\text{АКБ}} \leq 10,5 \text{ В.}$				H

Програмне забезпечення також передбачає проведення спеціалізованих вимірювань, серед яких:

- Вимірювання внутрішнього опору акумулятора за змінним струмом. Ця операція виконується за допомогою окремого модуля, який генерує змінне напруження та фіксує змінну складову струму;
- Вимірювання внутрішнього опору за постійним струмом. Для цього схема забезпечує комутацію силових ланцюгів і зчитування даних на кожному часовому кроці;
- Вимірювання ємності батареї в умовах короткого режиму розряду. Ця функція дозволяє отримувати експрес-дані про стан АКБ у мінімальні терміни.

Всі операції виконуються у відповідності до запропонованої структурної схеми пристрою. На макрорівні алгоритми вимірювань базуються на стандарті ІЕС 61960-2003, який передбачає чітку послідовність виконання дій для забезпечення точності отриманих даних.

Програмне забезпечення мікроконтролера написано у середовищі Arduino IDE. Особливість використання середовища полягає у його зручності, доступності

великої кількості бібліотек для роботи з периферійними компонентами, а також можливості швидкої модифікації коду під час тестування та калібрування пристрою. Завдяки інтеграції завантажувача Arduino мікроконтролер Atmega328P-AU повністю готовий до програмування та забезпечує стабільну роботу пристрою.

1.6.1 Вибір режиму вимірювання

Програмне забезпечення тестеру ємності акумуляторних батарей передбачає інтуїтивно зрозумілий спосіб вибору режиму вимірювання, що базується на послідовному переборі доступних режимів за допомогою тактових кнопок. Користувач, використовуючи кнопки, переміщується по графічному меню, де по черзі перебираються різноманітні режими роботи пристрою, зокрема, режим зарядки, режим розряду, тестування ємності або внутрішнього опору, а також налаштування напруги, при досягненні якої відбувається зупинка розряду. Після вибору потрібного режиму користувач підтверджує свій вибір за допомогою кнопки «ввід».

Після підтвердження вибору програма переходить на наступний рівень, де здійснюється налаштування параметрів вимірювання. Сам процес відбувається шляхом послідовного перебору доступних функцій – користувач може за допомогою кнопок вибрати запуск або зупинку процесу вимірювання. Цей підхід дозволяє зменшити кількість помилок, зумовлених неточностями механічних контактів кнопок, адже в апаратній частині кнопки захищені схемою, що включає струмообмежувальний резистор R1, резистори підтяжки Rp1 для забезпечення логічного нуля при відпущеній кнопці та конденсатор C1 для згладжування пульсацій контактів.

Алгоритм вибору режиму вимірювання, що описує цей процес, представлений на рис. 1.25. На даній блок-схемі показано, як після первинної ініціалізації і відображення початкового меню користувач за допомогою тактових кнопок переходить від вибору режиму роботи до підтвердження свого вибору, після чого починається серія вимірювань відповідно до заданих налаштувань.

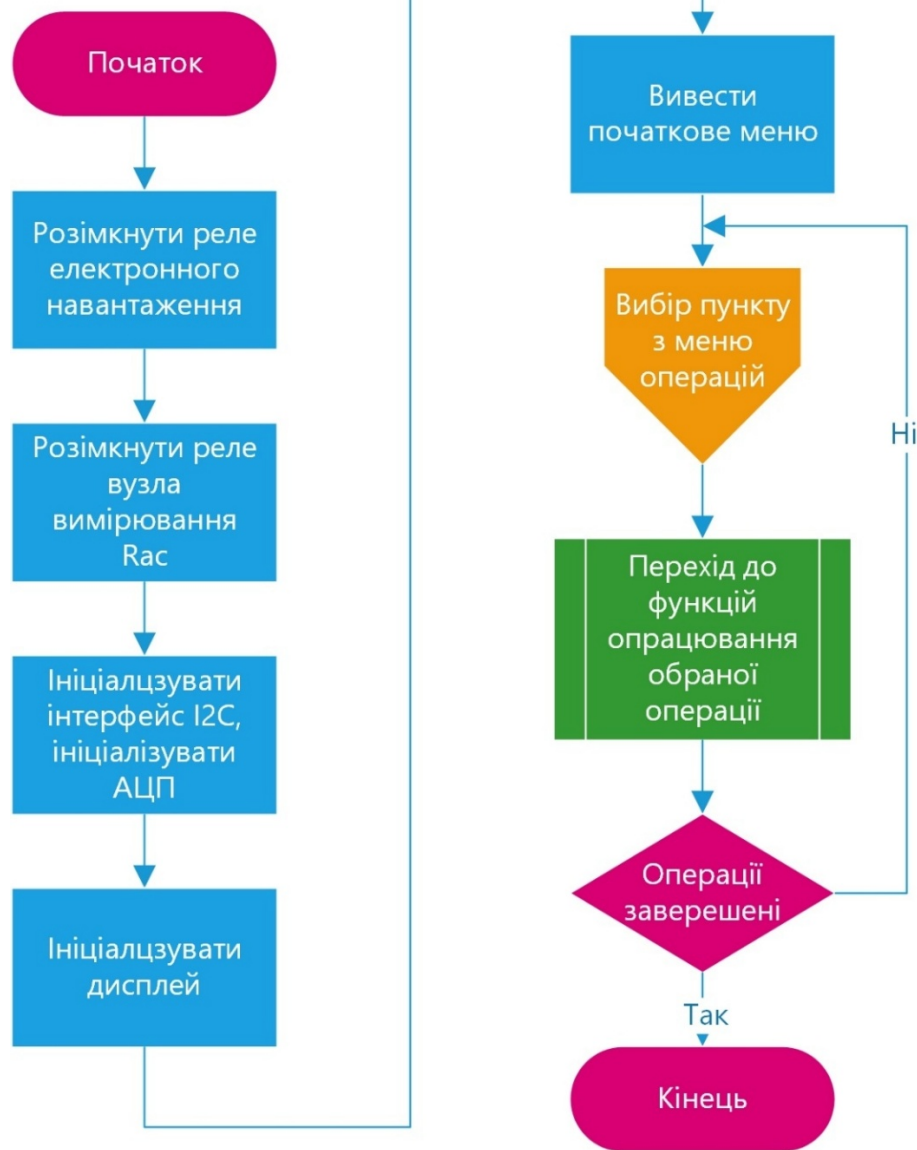


Рисунок 1.25. БСА етапу ініціалізації

Вибір режиму вимірювання є важливим етапом роботи пристрою, оскільки від правильності його виконання залежить коректність наступного процесу тестування акумулятора. Завдяки методам послідовного перебору режимів і підтвердження вибору за допомогою кнопки «ввід», система забезпечує точне і надійне управління режимами роботи, що дозволяє користувачу ефективно контролювати процес вимірювань, запобігати перерозряду батареї та гарантувати високу точність отриманих даних.

1.6.2 Вимірювання напруги на акумуляторі

Для забезпечення точності вимірювання напруги на акумуляторі передбачено спеціальний алгоритм, який починається із забезпечення умов для коректного

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КС 58. 06 000. 00 ДП ПЗ

Арк.

49

зчитування сигналу. Спершу необхідно відключити навантаження, щоб уникнути впливу струму розряду на вимірювання. Після цього на комутаторі напруги встановлюється конфігурація, яка підключає атенюатор з максимальним коефіцієнтом ділення. Це дозволяє отримати максимально масштабоване зображення напруги акумулятора на вході аналого-цифрового перетворювача (АЦП).

Далі мікроконтролер проводить опитування порту АЦП, до якого підключено атенюатор з максимальним коефіцієнтом ділення. Якщо в результаті вимірювання отримується цифрове значення, що дорівнює максимально можливому, в системі встановлюється прапорець переповнення, після чого комутатор відключається від акумулятора, і на дисплей виводиться повідомлення про те, що напруга перевищує максимально допустиму межу. З іншого боку, якщо отримане значення менш як дві третини діапазону поточного вимірювання, мікроконтролер ініціює команду на переключення на наступну ступінь масштабування – атенюатор змінюється на модуль із нижчим коефіцієнтом ділення, що дозволяє збільшити точність вимірювання за рахунок розширення динамічного діапазону АЦП. У випадках, коли виміряне значення напруги знаходиться між двома третинами і максимально можливим значенням, проводяться послідовні ітерації з метою уточнення результату.

Особливість розробки передбачає також можливість підключення не лише силових полюсів акумулятора або акумуляторної батареї, але й балансувального роз'єму, що дозволяє вимірювати напруги окремих осередків у батареях типу Li-Ion чи Li-pol. Застосування багатоканального АЦП на мікроконтролері дає змогу зчитувати напруги кожної комірки окремо, а при запиті користувача – виводити ці дані на дисплей. Крім того, усі зчитані значення зберігаються в оперативній пам'яті мікроконтролера для подальшого аналізу.

1.6.3 Вимірювання ємності акумулятора

Відповідно до вимог стандарту ІЕС 61960-2003 для визначення фактичної ємності акумулятора необхідно проводити розрядку повністю зарядженого акумулятора постійним струмом, який дорівнює $0,2I_t$, до моменту, коли напруга

					КС 58. 06 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

на одній ячейці досягне граничного значення 2,6 В. При цьому значення It визначається як номінальна ємність акумулятора або акумуляторної батареї. Наприклад, якщо номінальна ємність становить 2000 мА·год, розрядний струм встановлюється рівним 2 А (оскільки $0,2 \times 2000 \text{ мА} = 400 \text{ мА}$, що для більшої точності зазвичай округлюють або встановлюють відповідну шкалу, залежно від конкретного застосування, але в даному прикладі було наведено розрядний струм рівний 2 А).

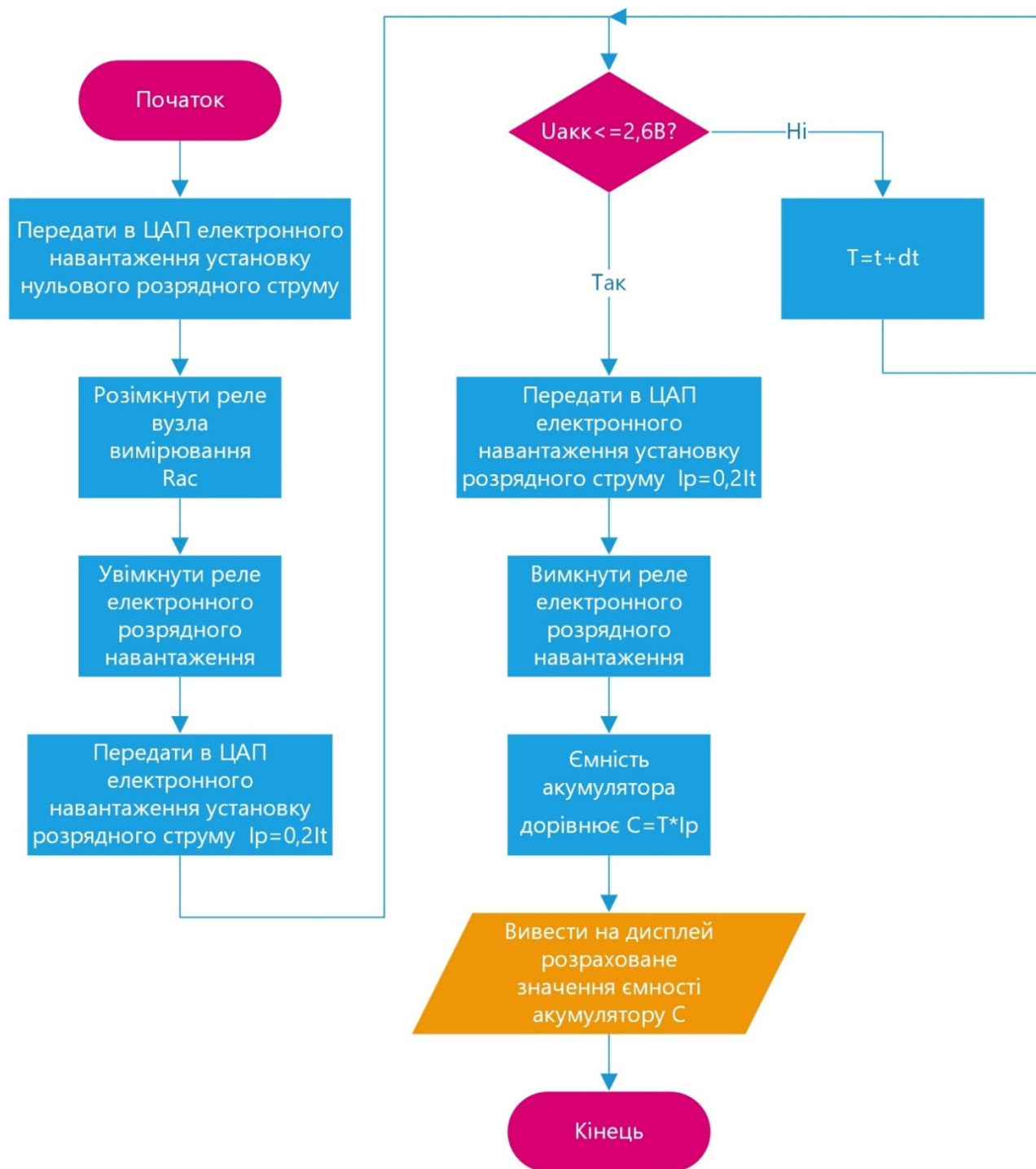


Рисунок 1.26. БСА дій по вимірюванню ємності акумулятору

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Принцип роботи цього режиму вимірювання організовано наступним чином (рис. 1.26). Після досягнення повного заряду акумулятора мікроконтролер подає управляючий сигнал, який підключає розрядну навантаження до акумулятора та встановлює режим роботи з розрядним струмом $0,2I_t$. Далі мікроконтролер безперервно відслідковує значення напруги на одній комірці акумулятора, використовуючи входи аналого-цифрового перетворювача (АЦП). Він фіксує тривалість розряду, збираючи інформацію про кількість тактів свого годинника, що відповідають часовими інтервалами вимірювання.

Як тільки фіксоване значення напруги досягає 2,6 В, мікроконтролер миттєво відключає розрядну навантаження від акумулятора, таким чином запобігаючи перерозряду. Після цього обчислюється фактична ємність акумулятора як добуток загального часу розряду (переведеного у години) та величини розрядного струму $0,2I_t$. Отримане значення виводиться на екран пристрою, а мікроконтролер переходить у режим очікування натиснення користувачем відповідних кнопок для виконання наступних операцій.

Алгоритм цього процесу представлено у блок-схемі, зображеній на рис. 1.26. Таким чином, основною математичною моделлю розрахунку є:

$$I_p = 0,2 \cdot I_t \quad (1.1)$$

$$T = t + \Delta t \quad (\text{де } T - \text{загальний час розряду, годин}), \quad (1.2)$$

$$C = T \times I_p \quad (1.3)$$

Ці співвідношення дозволяють отримати фактичну (номінальну) ємність акумулятора у відповідних одиницях (А·год). В підсумку, режим вимірювання ємності акумулятора організовується так:

- Повністю заряджений акумулятор розряджається за допомогою розрядної навантаження, встановленої на струм $(0,2 \cdot I_t)$;
- Мікроконтролер постійно відслідковує напругу на одній комірці, використовуючи АЦП, і акумулює інформацію про тривалість розряду шляхом підрахунку кількості тактів;
- Коли напруга падає до 2,6 В, розрядна навантаження миттєво відключається, а програмна логіка проводить обчислення ємності через

					КС 58. 06 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

добуток часу розряду та розрядного струму;

- Результат виводиться на дисплей пристрою і зберігається в оперативній пам'яті для подальшого аналізу.

1.6.4 Вимірювання внутрішнього опору акумулятора за змінним струмом

Для визначення внутрішнього опору акумулятора за змінним струмом, згідно з вимогами пристрою та алгоритмом, представлений на рисунку 1.27, мікроконтролер виконує ряд послідовних дій після вибору відповідного режиму користувачем. Спершу мікроконтролер зчитує напругу на акумуляторі або акумуляторній батареї. Якщо виміряна напруга перевищує граничне значення (2,6 В), мікроконтролер надсилає команду на підключення до силових клем акумулятора спеціального модуля вимірювання за змінним струмом. Цей модуль генерує змінну напругу з частотою 1 кГц і таким рівнем амплітуди, що пульсації напруги на клемі акумулятора не перевищують 20 мВ. Одночасно відбувається контроль за величиною споживаного струму, і модуль утримує його на такому рівні, що дозволяє зберегти коливання напруги від перевищення зазначеного порогового значення (20 мВ).

Після підключення модуля до акумулятора та стабілізації сигналів, цей блок залишається активним протягом 10 секунд, протягом яких мікроконтролер здійснює вимірювання. По закінченню цього періоду фіксується середньоквадратичне значення змінної напруги (U_a) на акумуляторі, а також середньоквадратичне значення змінної складової струму (I_a), що протікає через акумулятор. На основі отриманих даних обчислюється внутрішній опір акумулятора, використовуючи вираз:

$$R_{ac} = \frac{U_a}{I_a} \quad (1.4)$$

Обчислене значення внутрішнього опору виводиться на дисплей, після чого мікроконтролер переходить у режим очікування подальших дій користувача.

Загальний алгоритм описаного процесу представлено на рис. 1.27. Цей підхід дозволяє отримати точне значення внутрішнього опору, що є важливою

					КС 58. 06 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

характеристикою для оцінки стану акумулятора. Завдяки контролю амплітуди змінної напруги та струму, встановлених параметрів генерації сигналу та тривалості проведення вимірювання, забезпечується стабільність та точність результатів. Отримані дані, що відображують внутрішній опір акумулятора, можуть бути використані для подальшої діагностики та аналізу ефективності роботи акумуляторної батареї.

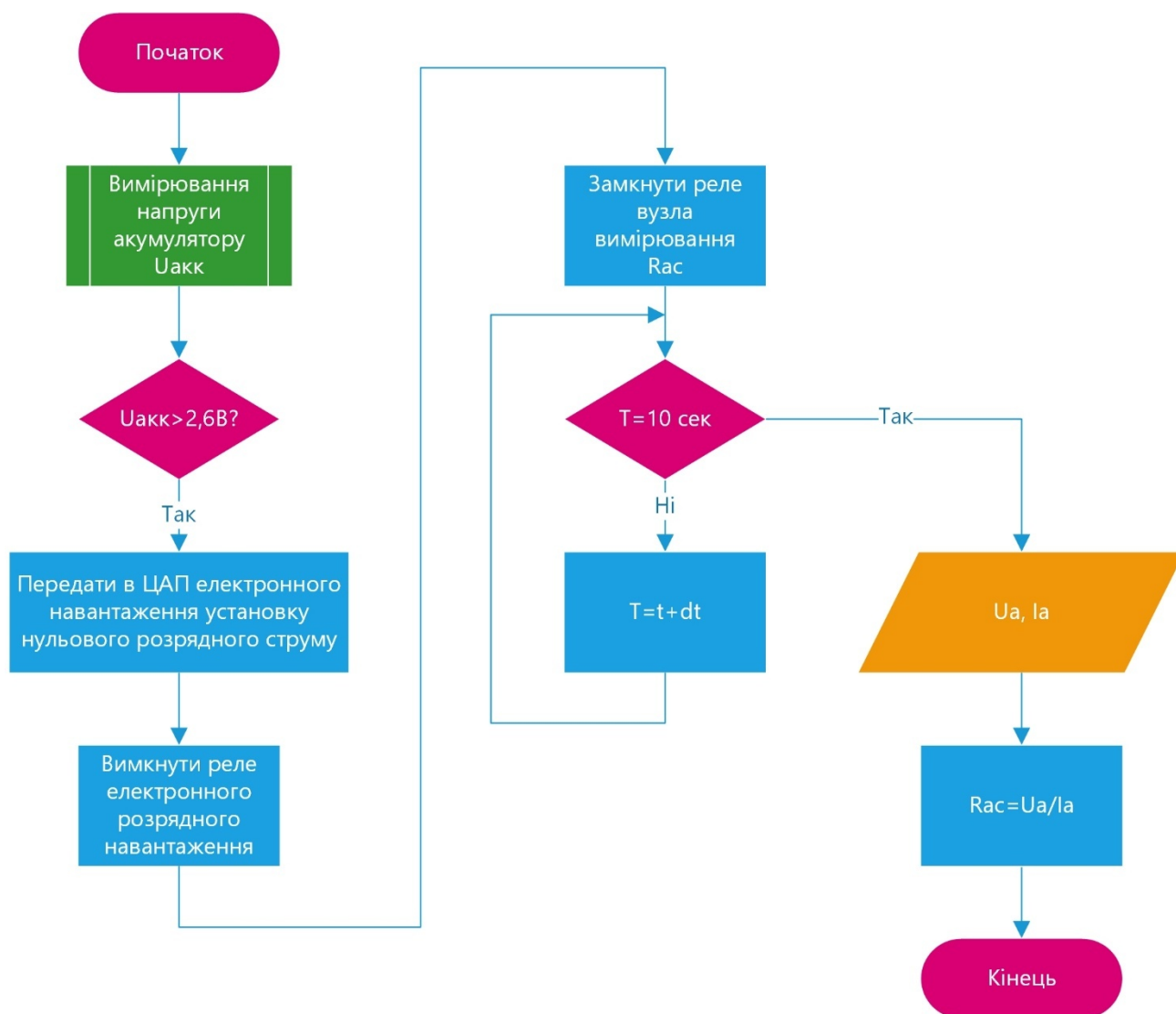


Рисунок 1.27. БСА вимірювання внутрішнього опору акумулятора за змінним струмом

1.6.5 Вимірювання внутрішнього опору акумулятора за постійним струмом

Для визначення внутрішнього опору акумулятора за постійним струмом мікроконтролер виконує серію послідовних дій, алгоритм яких представлено на рис. 1.28. Спочатку мікроконтролер передає в модуль електронного навантаження

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

команду, що встановлює споживання струму на рівні $0,2 \cdot I_t$, де I_t — номінальний струм, що відповідає ємності акумулятора. Після цього мікроконтролер надсилає команду на підключення модуля електронного навантаження до акумулятора, що дозволяє розпочати процес розряду у заданому режимі.

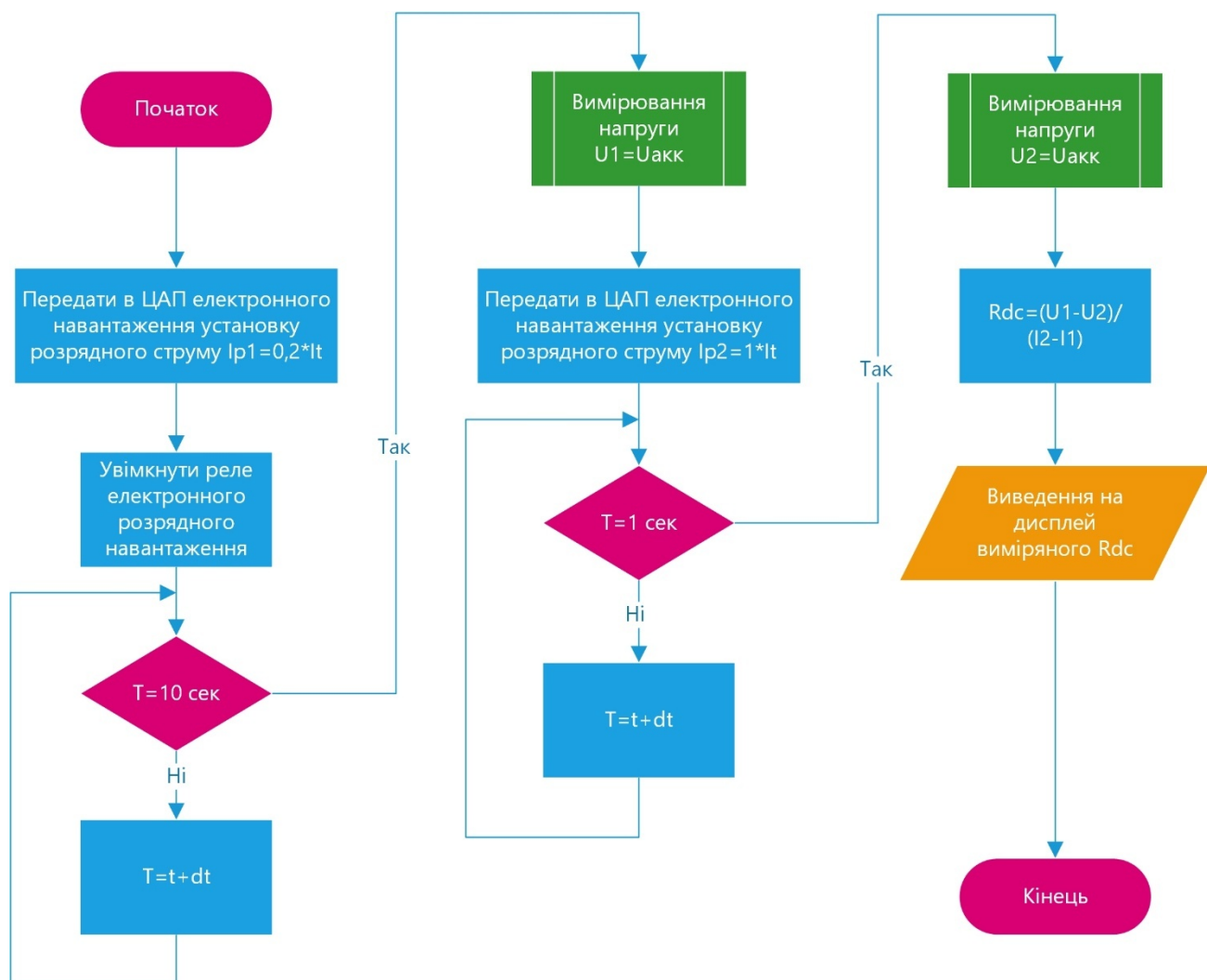


Рисунок 1.28. БСА вимірювання внутрішнього опору акумулятора за постійним струмом

Перший етап процесу передбачає запуск відліку часу на 10 секунд, протягом яких акумулятор розряджається струмом $0,2 \cdot I_t$. По завершенню цього етапу мікроконтролер вимірює та фіксує напругу на акумуляторі, яка позначається як U_1 . Після фіксації значення U_1 мікроконтролер надсилає команду до модуля електронного навантаження, встановлюючи струм розряду, рівний I_t . Потім, через 1 секунду роботи акумулятора під струмом I_t , мікроконтролер знову вимірює напругу, отримане значення позначається як U_2 .

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

За отриманими даними мікроконтролер виконує розрахунок внутрішнього опору акумулятора за формулою

$$R_{dc} = \frac{U^1 - U^2}{I^2 - I^1} \quad (1.5)$$

де I_1 дорівнює $0,2 \cdot I_t$, а I_2 — струму I_t . Таким чином, різниця напруг U_1 — U_2 відображає зміну величини напруги при зміні струму, що дозволяє обчислити внутрішній опір.

Отримане значення внутрішнього опору виводиться на дисплей пристрою, а мікроконтролер переходить у режим очікування подальших дій користувача. Блок-схема даного алгоритму представлена на рис. 1.28.

Отже, реалізація вимірювання внутрішнього опору за постійним струмом базується на первинному вимірюванні напруги при низькому розрядному струмі ($0,2 \cdot I_t$), подальшому збільшенні розрядного струму до значення I_t і вимірюванні напруги після короткого інтервалу часу. Розрахунок опору проводиться за різницею напруг, що впливає зі зміни струму, і дозволяє точно оцінити стан акумулятора. Це є важливим для визначення ефективності роботи акумуляторної батареї та прогнозування її подальшої експлуатації.

1.6.6 Вимірювання ємності акумулятора при короткому режимі розряду

Так званий короткий режим розряду передбачає розряд попередньо зарядженого акумулятора струмом, величина якого дорівнює $1,0 \cdot I_t$, де I_t позначає номінальний розрядний струм, що відповідає ємності акумулятора або батареї. Після того як користувач вибирає відповідну опцію в меню, мікроконтролер починає цей режим, спершу замикаючи контакт, який підключає модуль електронного навантаження до акумулятора. Одразу ж після цього мікроконтролер надсилає у модуль електронного навантаження уставку, встановлюючи значення розрядного струму I_t згідно з обраною номінальною ємністю (наприклад, для акумулятора з ємністю $2000 \text{ мА} \cdot \text{год}$, струм розряду буде дорівнювати заданому значенню I_t). Модуль електронного навантаження починає розряджати акумулятор до того моменту, коли напруга на клеммах досягає встановленої межі кінцевої напруги або значення за замовчуванням $2,6 \text{ В}$.

					КС 58. 06 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

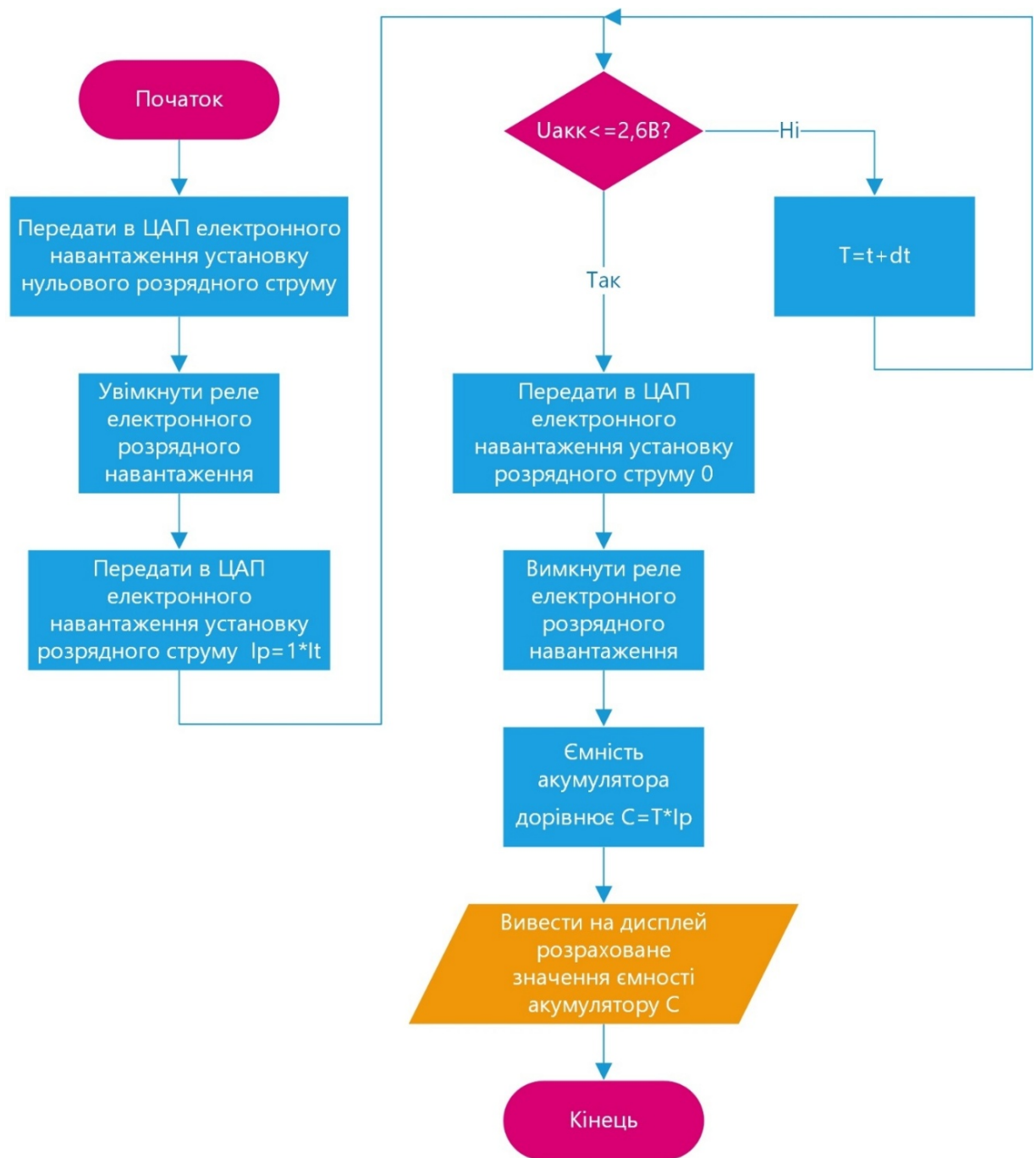


Рисунок 1.29. БСА вимірювання ємності акумулятора при короткому режимі розряду

Як тільки напруга падає до цього порогового значення, мікроконтролер миттєво відключає модуль електронного навантаження від акумулятора, тим самим припиняючи розряд. Після цього вбудований генератор імпульсів починає підрахунок часу розряду. Мікроконтролер підраховує кількість імпульсів, що відповідають фіксованим тактовим інтервалам, таким чином визначаючи загальну сумарну тривалість розряду, яку потім переводить у години. Для обчислення фактичної ємності акумулятора отриману тривалість розряду множать на

значення розрядного струму I_t . Результуюче значення фактичної ємності акумулятора виводиться на екран пристрою, після чого мікроконтролер переходить у режим очікування подальших команд від користувача.

Процес вимірювання описаного режиму детально ілюструється на блок-схемі, представлений на рис. 1.29. Дана схема демонструє послідовність дій – від підключення електронного навантаження до акумулятора, встановлення уставки розрядного струму, моніторинг напруги на клеммах акумулятора до досягнення критичного значення, відключення навантаження, та остаточного розрахунку ємності на основі часу, виміряного в годинах, і величини встановленого струму розряду. Такий підхід дозволяє швидко і точно визначити ємність акумулятора при короткому режимі розряду, забезпечуючи як безпеку (автоматичне відключення при досягненні критичного рівня напруги), так і зручність використання пристрою завдяки негайному відображенню результатів на екрані.

Дані тестування акумулятора передаються через послідовний порт (віртуальний порт) на ПК і виглядають наступним чином (рис.1.30). Код програми, складеної мовою C++ у середовищі розробки Arduino IDE, для мікроконтролера тестеру ємності акумуляторних батарей наведений у Додатку А.

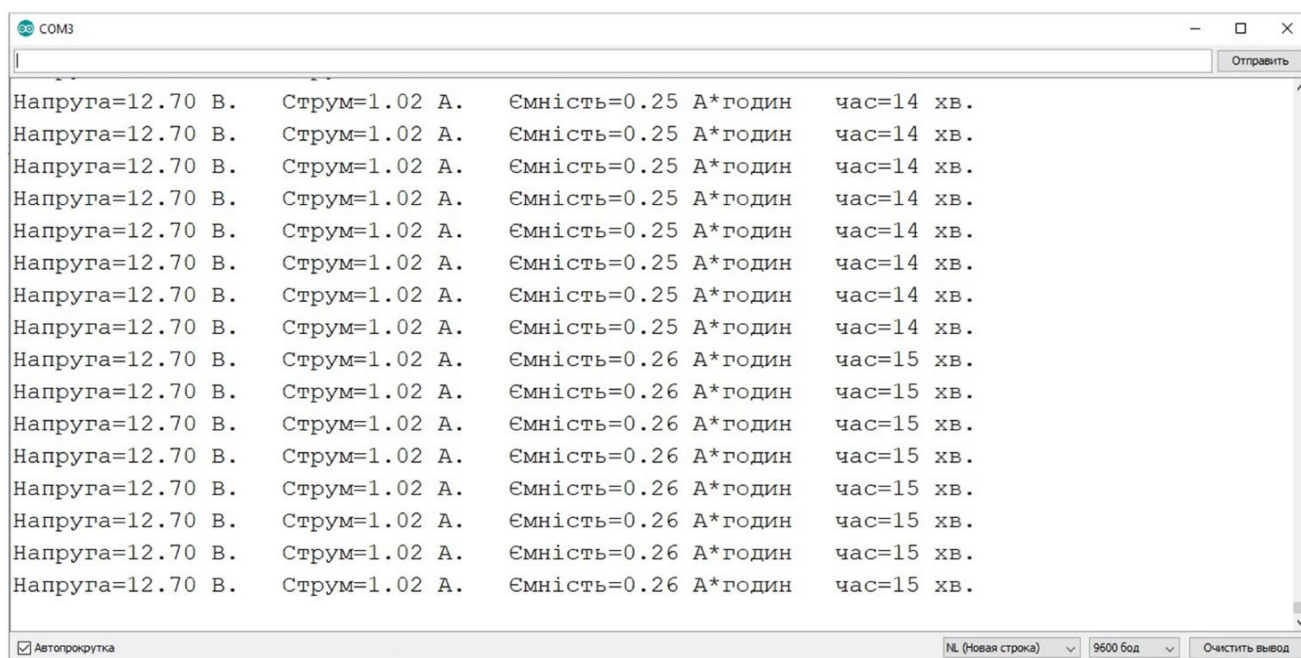


Рисунок 1.30. Вікно діагностики порту з інформацією про дані акумулятора

2 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

У цьому дипломному проєкті розроблено цифровий тестер ємності акумуляторних батарей, який дозволяє:

- Вимірювати напругу акумулятора з автоматичним перемиканням режимів.
- Визначати фактичну ємність через контрольований розряд.
- Аналізувати внутрішній опір за змінним і постійним струмом.
- Тестувати акумулятор у короткому режимі розряду.
- Записувати та зберігати результати у внутрішній пам'яті.
- Відображати інформацію на інтерактивному дисплеї.

Вартісна оцінка пристрою базується на вартості комплектуючих (мікроконтролер, сенсори, корпусні матеріали) та програмного забезпечення. Детальний розрахунок представлений у таблиці

Таблиця 2.1. Розрахунок відомості покупних комплектуючих елементів

Найменування, тип, модель	Од.вим	Кількість	Ціна, грн.	Вартість комплектуючих
Платформа Arduino Nano	шт.	1	300.00	300.00
Контролер CAN-шини MCP2515	шт.	2	80.00	160.00
LIN-трансивер ATA6662	шт.	1	110.00	110.00
OLED-дисплей з контролером SSD1306	шт.	1	400.00	400.00
Стабілізатор напруги AMS1117-5.0	шт.	1	30.00	30.00
Кнопка керування	шт.	2	50.00	100.00
Блок живлення 12В 2А	шт.	1	250.00	250.00
Резистор 1 КОм SKV245	шт.	2	1.00	2.00
Конденсатор SMD 0805 18 pF	шт.	4	3.00	12.00
Конденсатор SMD 10 pF	шт.	2	2.00	4.00
Кварцовий резонатор 16 МГц HC49	шт.	2	5.00	10.00
Дроти та конектори	шт.	1	120.00	120.00
Загальна вартість покупних комплектуючих елементів				1498,00
Транспортні витрати (10%)				149,8
Всього (Впк)				1647,8

При розрахунку собівартості враховано такі питомі показники:

- сировинні матеріали (α_m) – 20%,
- купівельні вироби та напівфабрикати (α_{pk}) – 62%,
- основна заробітна плата ($\alpha_{зп}$) – 18%.

					КС 58. 06 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

Таблиця 2.2. Калькуляція планової собівартості

Найменування статті витрат	Значення статті, грн.	Розрахунок
1. Сировина та матеріал	531,55	$V_m = \alpha_m * V_{пк/апи}$ $V_m = 0,2 * 1647,8 / 0,62$
2. Комплектуючі вироби та покупні напівфабрикати	1647,8	$V_{пк} = \text{см.табл.2.1}$ 1647,8
3. Основна заробітна плата	478,39	$V_{оз} = \alpha_{озп} * V_{пк/апи}$ $V_{оз} = 0,18 * 1647,8 / 0,62$
4. Додаткова заробітна плата	191,36	$V_{дз} = 0,4 * V_{оз}$ $V_{дз} = 0,4 * 478,39$
5. Відрахування о єдиного соцфонду	147,35	$V_{ес} = (V_{оз} + V_{дз}) * 0,22$ $V_{ес} = (478,39 + 191,36) * 0,22$
6. Загально-виробничі витрати	621,91	$V_{заг.вир} = (0,8 \dots 1,5) * V_{оз}$ $V_{заг.вир} = 1,3 * 478,39$
7. Виробнича собівартість	3618,36	$S_{вир} = \sum B$ $= 531,55 + 1647,8 + 478,39 + 191,36 + 147,35 + 621,91$
8. Адміністративні витрати	143,52	$V_a = V_{оз} * 0,3$ $V_a = 0,3 * 478,39$
9. Витрати на збут	72,37	$V_{зб} = S_{вир} * 0,02$ $V_{зб} = 3618,36 * 0,02$
10. Інші операційні витрати	36,18	$V_{оп} = S_{вир} * 0,01$ $V_{оп} = 3618,36 * 0,01$
Повна собівартість	3870,43	$S_{пов.} = \sum 3$ $S_{пов.} = 3618,36 + 143,52 + 72,37 + 36,18$

Розмір планового прибутку, що включається у ціну, визначаємо по формулі:

$$П = (S_{пов} * \rho) / 100\% = 3870,43 * 20 / 100 = 774,09 \text{ грн.} \quad (2.1)$$

де ρ - планова рентабельність продукції (10%...30%).

Оптову ціну виробу визначаємо по формулі:

$$C_o = S_{пов} + П = 3870,43 + 774,09 = 4644,52 \text{ грн.} \quad (2.2)$$

Ціну реалізації виробу встановлюємо із урахуванням ПДВ:

$$C_p = C_o + Пз,$$

де $Пз$ – податкове зобов'язання із ПДВ:

$$Пз = C_o * 0,2 = 4644,52 * 0,2 = 928,9 \text{ грн.}$$

Звідси:

$$C_p = 4644,52 + 928,9 = 5573,42 \text{ грн.}$$

					КС 58. 06 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За даними таблиці 2.2 отримана повна собівартість визначає загальні витрати на виробництво однієї одиниці продукції для розрахункового року. Далі пропонується прогноз обсягів продажів цієї продукції на етапі життєвого циклу, що позначається як «Виробництво», з розподілом прогнозованих продажів на протязі чотирьох років. Основні етапи виробничого процесу відображені на рис. 2.1.

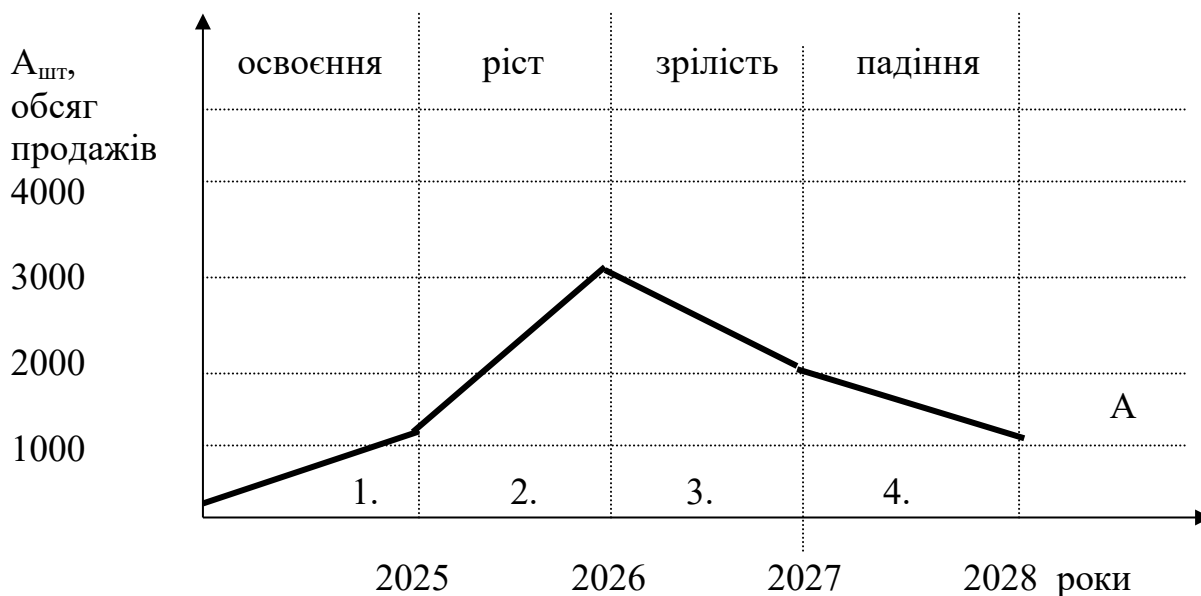


Рисунок 2.1. Роки та зони розрахункового періоду

В 2025 році обсяг продажів передбачається у розмірі 1000 шт. під замовлення.

В наступному році прогнозується збільшення обсягу продажів, тому витрати виробництва визначаємо по формулі:

$$C_{\text{пi}} = C_{\text{пi}} \left(\frac{A}{A_{i=1}} \right)^{0.23}, \quad (2.3)$$

де

A_i – обсяг продажів (виробництва) у 1 рік розрахункового періоду, шт.;

A_{i+1} – обсяг продажів (i+1)-го року, шт.;

0,23 – показник ступеня, це характеризує вплив росту обсягів виробництва на собівартість продукції.

Звідси випливає, це

$$C_{2025} = 3870,43 \text{ грн.}$$

$$C_{2026} = C_{2025} * (1000/3000)^{0,23} = 3870,43 * (1000/3000)^{0,23} = 2980,23 \text{ грн.}$$

При відсутності росту обсягів виробництва, тобто якщо обсяг продажів чи не змінюється чи зменшується у наступному році, витрати виробництва приймаються на рівні попереднього року.

$$C_{2028} = C_{2027} = C_{2026} = 2980,23 \text{ грн}$$

Плановий прибуток, це включається у оптову ціну підприємства, задля наступного року при збільшенні обсягу продажів, визначаємо по формулі:

$$P_{i+1} = C_{ni+1} * \frac{\rho}{100} \quad (2.4)$$

Звідси:

$$P_{2025} = 774,09 \text{ грн}$$

$$P_{2026} = P_{2027} = P_{2028} = 2980,23 * 0,1 = 298,02 \text{ грн.}$$

Оптову ціну підприємства у наступні роки розрахункового періоду визначаємо по формулі:

$$C_{o_{i+1}} = C_{ni+1} + P_{i+1} \quad (2.5)$$

Звідси:

$$C_{2025} = 4644,52 \text{ грн.}$$

$$C_{2026} = C_{2027} = C_{2028} = 2980,23 + 298,02 = 3278,25 \text{ грн}$$

Податкове зобов'язання визначається по формулі:

$$Pz_{i+1} = C_{o_{i+1}} * 0.2 \quad (2.6)$$

Звідси:

$$Pz_{2025} = 928,9 \text{ грн.}$$

$$Pz_{2026} = Pz_{2027} = Pz_{2028} = 3278,25 * 0,2 = 655,65 \text{ грн.}$$

Ціну реалізації одиниці продукції у наступні роки визначаємо по формулі:

$$C_{p_{i+1}} = C_{o_{i+1}} + Pz_{i+1} \quad (2.7)$$

Звідси:

$$C_{p2025} = 5573,42 \text{ грн.}$$

$$C_{p2026} = C_{p2027} = C_{p2028} = 3278,25 + 655,65 = 3933,9 \text{ грн.}$$

					КС 58. 06 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вартісну оцінку результатів за розрахунковий період (P_T) визначаємо по формулі:

$$P_T = \sum_{i=t_p}^{t_k} A_i * C_{P_i} * \alpha_i \quad (2.8)$$

де t_p, t_k – відповідно розрахунковий і кінцевий рік розрахункового періоду;

C_{P_i} – ціна реалізації в i -тім році, грн.;

A_i – обсяг продажів у i -тім році, грн.;

α_i – коефіцієнт, що включає фактор часу, тобто коефіцієнт приведення різночасних витрат і результатів до розрахункового року.

Вартісну оцінку за розрахунковий період визначаємо по формі, приведеній в таблиці

Виробництво дає змогу одержати дохід за 4 роки 23,441 млн. грн.

Таблиця 2.3. Розрахунок вартісної оцінки результатів

Найменування показника	Позначення	Розрахунок виробничого періоду			
		1-й	2-й	3-й	4-й
Обсяг продажів, шт	A_i	1000	3000	2000	1000
Ціна реалізації, грн.	C_{P_i}	5573,42	3933,9	3933,9	3933,9
Вартісна оцінка результатів, млн. грн.	$A_i * C_{P_i}$	5,573	11,801	7,867	3,933
Коефіцієнт, що враховує фактор часу	α_i	0.91	0.83	0.75	0.68
Вартісна оцінка результатів з урахуванням фактора часу, млн. грн.	$A_i * C_{P_i} * \alpha_i$	5,071	9,795	5,900	2,675

Виробництво дає змогу одержати дохід за 4 роки 23,441 млн. грн.

3 РОЗДІЛ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

Забезпечення здорового та безпечного робочого середовища є ключовим завданням керівництва підприємств, установ і організацій. Адміністрація несе відповідальність за впровадження сучасних заходів охорони праці, що мінімізують ризики виникнення травм і сприяють створенню комфортних санітарно-гігієнічних умов. Це, своєю чергою, допомагає запобігти професійним захворюванням і забезпечує сприятливі умови для продуктивної діяльності співробітників.

При розробці пристрою для вимірювання радіації на базі лічильника J305 важливо враховувати специфіку робочого процесу. Особливу увагу слід приділити організації робочого місця для паяння, адже правильний підхід до цього аспекту забезпечує не лише ефективність виконання завдань, а й зменшує потенційні ризики для здоров'я працівника.

3.1 Аналіз шкідливих та ризикових факторів

При проведенні паяльних робіт співробітники піддаються впливу низки шкідливих та небезпечних чинників, що виникають при використанні спеціалізованих інструментів. Серед основних факторів ризику слід відзначити:

- роботу з комп'ютерною та електротехнічною апаратурою,
- недостатню освітленість робочої зони,
- психоемоційні навантаження,
- високий рівень шуму,
- недостатню вентиляцію приміщення,
- порушення правил пожежної безпеки тощо.

3.2 Гігієнічні вимоги до виробничого середовища

Для безперебійного, безпечного та якісного виконання паяльних робіт необхідно суворо дотримуватись правил техніки безпеки та організувати робоче місце оптимальним чином. Це означає, що всі інструменти та матеріали для паяння мають бути систематизовано розміщені, а роботи виконувати у заздалегідь підготовлених зонах, де мінімізовано вплив зовнішніх факторів.

					КС 58. 06 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Параметри мікроклімату робочої зони повинні відповідати вимогам санітарних норм мікроклімату виробничих приміщень (ДСН 3.3.6.042-99).

Рівень шуму має не перевищувати встановлених норм щодо виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку (ДСН 3.3.6.037-99).

Допустимі показники вібрації на робочих місцях зумовлені державними санітарними нормами загальної та локальної виробничої вібрації (ДСН 3.3.6.039-99).

Вимоги до рівнів електромагнітних полів визначені державними санітарними нормативами і правилами, затвердженими наказом МОЗ України від 18.12.2002 № 476.

3.3 Вимоги до організації робочого місця працівника

Згідно зі ст. 13 Закону України «Про охорону праці» (від 14.10.1992 р. № 2694-ХІІ), роботодавець зобов'язаний забезпечити створення належних умов праці в кожному структурному підрозділі відповідно до чинних нормативно-правових актів та організувати лабораторні дослідження робочого середовища.

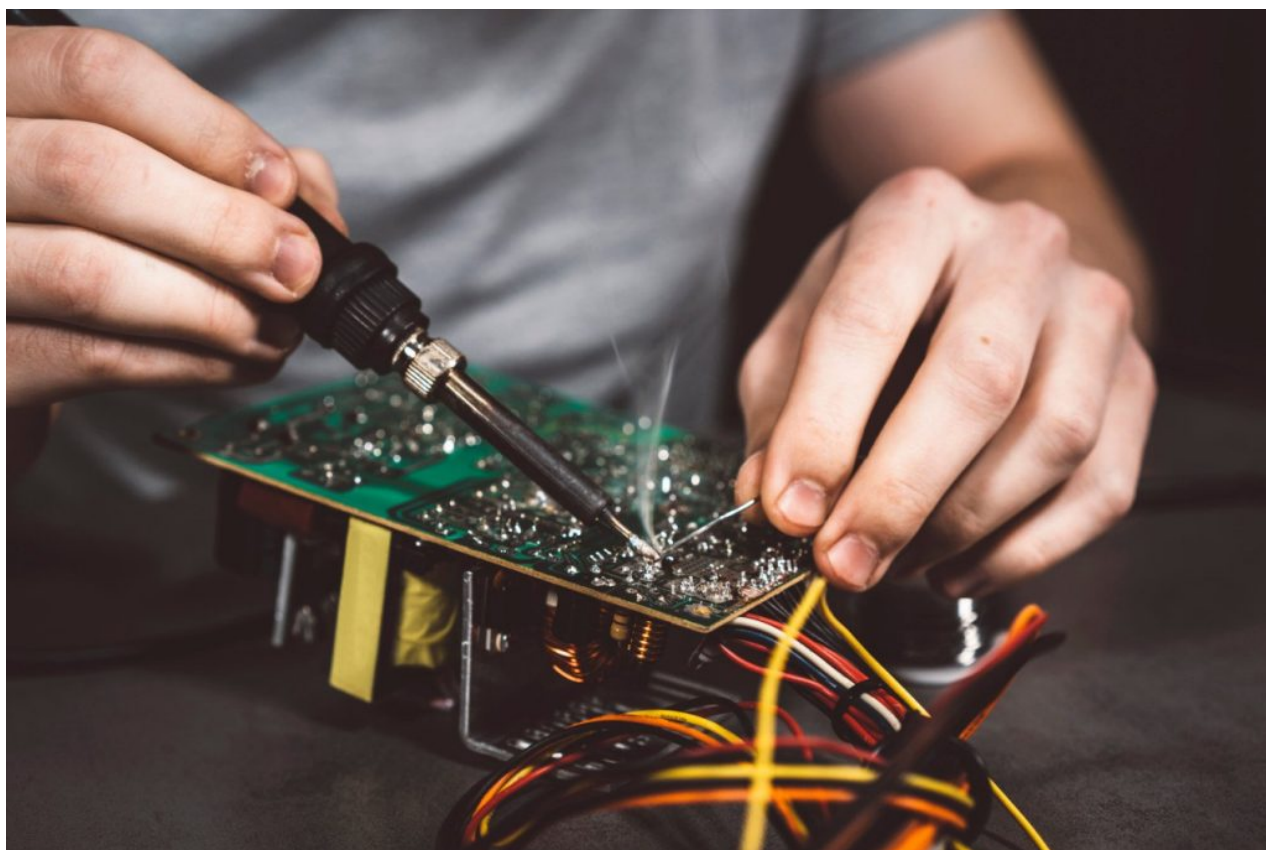


Рисунок 3.1. Процес паяння пристрою

					КС 58. 06 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

Паяння використовується для з'єднання заготовок зі сталі, кольорових металів і їх сплавів, а також для створення з'єднань із зазначених матеріалів. Найчастіше ця технологія застосовується в електромонтажних роботах, монтажі контрольно-вимірювальних приладів, виробництві радіо- та електроприладів, створенні теплових обмінників, а також у технологічних процесах, де використовують вироби з армованих пластин з твердих сплавів.

У виробничих приміщеннях концентрація шкідливих речовин не повинна перевищувати гранично допустимих значень, визначених відповідними стандартами (наприклад, ГОСТ 12.1.005-88 «Система стандартів безпеки праці. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони»).

Працівники, залучені до паяльних робіт, повинні мати забезпечення засобами індивідуального захисту, а також профілактичними засобами у вигляді захисних кремів, паст чи спеціального лікувально-профілактичного харчування.

Роботодавець повинен організувати:

Організувати проведення попередніх медичних оглядів (при прийнятті на роботу) та регулярних періодичних оглядів відповідно до затвердженого порядку МОЗ України (наказ від 21.05.2007 № 246).

Провести атестацію робочих місць за умовами праці відповідно до встановлених норм (відповідно до постанови Кабінету Міністрів України від 01.08.1992 № 442).

У разі необхідності розробити і впровадити заходи з мінімізації шкідливого впливу виробничих чинників на здоров'я співробітників.

3.4 Електробезпека

Обладнання, таке як персональні комп'ютери, периферійні пристрої, апаратура управління, контрольно-вимірювальні прилади та освітлювальні засоби, а також електропроводи і кабелі, мають відповідати класифікаційним вимогам за зоною застосування та бути обладнаними захисними елементами для запобігання коротким замиканням та іншим аварійним ситуаціям.

Лінія електропостачання для ПК і периферії повинна формувати окрему групову мережу з трьома провідниками: фазовим, робочим нульовим та захисним

					КС 58. 06 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

нульовим. При цьому нульовий захисний провід використовується виключно для заземлення апаратів, а його функціональність не може дублювати робочий нульовий провід. Він прокладається окремо від робочої лінії від групового розподільника до електроживильних розеток, причому недопустиме підключення обох провідників до одного контактного затискача.

Основними причинами травмування електричним струмом є:

- прямий контакт з відкритими проводами,
- взаємодія з внутрішніми компонентами комп'ютера,
- використання несправного обладнання,
- відмова засобів захисту, з якими контактує користувач,
- непередбачене виникнення напруги через пошкодження ізоляції.

Для ефективного запобігання ураження струмом необхідно:

- суворо дотримуватись інструкцій з виконання робіт і правил експлуатації обладнання,
- забезпечувати недоступність частин пристроїв, що працюють під високою напругою, для оператора,
- використовувати високоякісні ізоляційні матеріали, товщина яких відповідає вимогам безпеки,
- підключати електроживлення через спеціально обладнані розетки з функцією занулення,
- розраховувати споживану потужність для запобігання перевантаженням,
- здійснювати надійне заземлення всіх металевих корпусів, доступних для оператора.

3.5 Пожежна безпека

Виробничі приміщення, технологічні установки та будівлі повинні бути обладнані першоджерельними засобами пожежогашіння, до яких належать:

- вогнегасники,
- контейнери з піском,

					КС 58. 06 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- негорючі покривала з теплоізоляційного матеріалу,
- високоміцні тканинні вироби тощо.

Ці засоби повинні відповідати нормативним вимогам, затвердженим документами з технологічного проектування та Правилами пожежної безпеки в Україні (НАПБ А.О1.001-2014). Вогнегасники слід встановлювати в легкодоступних, добре помітних місцях (наприклад, в коридорах, біля входів та виходів або у зонах підвищеного ризику виникнення пожежі), захищаючи їх від прямого сонячного випромінювання та впливу опалювальних приладів. Розміщення вогнегасників має забезпечувати їхнє повне відкриття, причому вони встановлюються не вище 1,5 м від підлоги та на безпечній відстані від дверей.



Рисунок 3.2. Засоби пожежогасіння

Також засоби пожежогасіння (рис.3.2) не повинні заважати евакуації персоналу. Виробничі приміщення повинні забезпечуватись запасними виходами, а двері до них мають бути позначені зрозумілими освітленими написами, наприклад, «Запасний вихід». План евакуації повинен бути розміщений у видному місці біля основного виходу.

ВИСНОВКИ

У рамках дипломного проекту було розроблено цифровий тестер ємності акумуляторних батарей. Реалізація програмної логіки дозволяє вимірювати напругу акумулятора із застосуванням масштабуючих атенюаторів та автоматичного перемикання режимів для оптимізації розрахунку; визначати фактичну ємність акумулятора через поетапний розряд, з підрахунком часу розряду та розрахунком; проводити вимірювання внутрішнього опору акумулятора як за змінним, так і за постійним струмом із застосуванням послідовних алгоритмів, що забезпечують високий ступінь точності (похибка $\pm 3\text{--}\pm 5\%$); здійснювати тестування у короткому режимі розряду, що дозволяє оперативно оцінювати стан акумулятора; записувати і зберігати результати вимірювань у внутрішній пам'яті, а також відобразити інформацію на інтерактивному дисплеї з керуванням через тактові кнопки. Технічні можливості розробленого тестеру охоплюють вимірювання напруги до 30 В, регулювання розрядного струму у широкому діапазоні (до 10 А) та визначення ємності з точністю до 1 мА·год.

Розроблено структурну та принципову електричну схему тестеру, яка забезпечує поетапне проведення вимірювань і коректну взаємодію між компонентами системи. Здійснено вибір елементної бази пристрою, включаючи сучасні мікроконтролери, модулі зв'язку, дисплей і стабілізатори напруги, що забезпечують точність вимірювань, ефективність обробки даних і зручність використання. Розроблено програмне забезпечення в середовищі Arduino IDE, яке базується на алгоритмах ІЕС 61960-2003 і охоплює всі необхідні режими роботи, включаючи вимірювання напруги, ємності, внутрішнього опору за змінним і постійним струмом, а також короткий режим розряду. Розроблений тестер має можливість інтеграції з системами зв'язку, такими як CAN- і LIN-шини, що розширює область застосування пристрою.

Цей проект довів можливість застосування інтегрованих систем вимірювання, заснованих на сучасних цифрових технологіях та відкритих платформах програмування.

					КС 58. 06 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кравченко, О. В. Програмування мікроконтролерів АТmega: основи та практичні приклади. – Київ: Видавництво «Наука», 2022. – 310 с.
2. Бондаренко, М. І. Arduino: Програмування та підключення периферійних пристроїв. – Львів: Техніка, 2021. – 275 с.
3. Назаренко, В. П. Сучасні методи контролю якості акумуляторних батарей – Київ : Енергоатом, 2018. – 320 с.
4. Гнатенко, О. М. Мікропроцесорні системи в електроніці – Одеса : Одеський національний університет, 2020. – 288 с.
5. Харьковский, І. В. Сучасні технології вимірювання параметрів акумуляторів: навчально-методичне видання; Інститут енергетичних систем, НТУ «Київський політехнічний інститут». – Київ, 2021. – 150 с.
6. Петренко, С. І. Інноваційні методи діагностики акумуляторних батарей – Харків: Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, 2019. – 200 с.
7. Міжнародний стандарт ІЕС 61960-2003. Основні вимоги до акумуляторних батарей для портативних пристроїв [Електронний ресурс] : режим доступу: <http://iec.ch/61960> (дата звернення: 26.03.2025).
8. ДСТУ Б В.2.6-180:2010. Акумуляторні батареї. Вимоги та методи випробувань [Електронний ресурс]: режим доступу: <https://dstu.gov.ua> (дата звернення: 26.03.2025).
9. Волошин, П. П. Сучасні методи аналітичного контролю ємності акумуляторних батарей / П. П. Волошин. – [Електронний ресурс]: режим доступу: <https://www.ua-energy.com> (дата звернення: 26.03.2025), 2020.
10. Інтернет-ресурс «Електроніка та вимірювання» [Електронний ресурс]: режим доступу: <https://www.elektronika.ua> (дата звернення: 26.03.2025).
11. Arduino Nano та АТmega328P: основи роботи та приклади застосування [Електронний ресурс] // Платформа розробників електроніки. – 2023. – Режим доступу: https://arduino.ua/nano_atmega, вільний.

					КС 58. 06 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

ДОДАТОК А. Код програми мовою C++ (Arduino IDE) для тестеру ємності акумуляторних батарей

```
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_SSD1306.h>
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_INA219.h>

// Параметри OLED-дисплея.
#define SCREEN_WIDTH 128 // Ширина дисплея, пікселів
#define SCREEN_HEIGHT 64 // Висота дисплея, пікселів
#define OLED_RESET -1 // Скидання (не використовується)

Adafruit_SSD1306 display(SCREEN_WIDTH, SCREEN_HEIGHT, &Wire, OLED_RESET);

// Об'єкт для роботи з INA219 (датчик напруги/струму)
Adafruit_INA219 ina219;

// Визначення контактів
const int relayPin = 8; // Контакт для керування реле (активний LOW)
const int btnModePin = 3; // Тактова кнопка для перемикання режимів (в режимі INPUT_PULLUP)
const int btnEnterPin = 4; // Кнопка підтвердження вибору режиму

// Змінні для таймінгів та вимірювань
unsigned long measurementStartTime = 0;
unsigned long measurementDuration = 0;
float measuredBatteryCapacity = 0.0; // ємність, виміряна за відповідним алгоритмом

// Режими роботи пристрою:
// 0 - Idle / Меню, 1 - Вимірювання напруги, 2 - Вимірювання ємності (розряд 0,2*It),
// 3 - Вимірювання внутрішнього опору (AC), 4 - Вимірювання внутрішнього опору (DC),
// 5 - Короткий режим розряду
int currentMode = 0;

unsigned long lastButtonPress = 0;
const unsigned long debounceDelay = 200; // Затримка для дебаунсинга кнопок (200 мс)

// Порогове значення напруги (кінечна напруга розряду)
const float minBatteryVoltage = 2.6;

// Функції для роботи режимів (оголошуються нижче)
void showSplashScreen();
void showMenu();
void executeMode(int mode);
void modeMeasureVoltage();
void modeMeasureCapacity();
void modeMeasureInternalResistanceAC();
void modeMeasureInternalResistanceDC();
void modeShortDischargeCapacity();

void setup() {
  Serial.begin(9600);

  // Налаштовуємо контакти
  pinMode(relayPin, OUTPUT);
  digitalWrite(relayPin, HIGH); // реле відключається (активний LOW)

  pinMode(btnModePin, INPUT_PULLUP);
  pinMode(btnEnterPin, INPUT_PULLUP);

  // Ініціалізація INA219 датчика
  ina219.begin();
```

```

// Ініціалізація OLED дисплея
if (!display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, 0x3C)) {
  Serial.println(F("Помилка ініціалізації OLED дисплея"));
  for (;;) { } // Залишаємося в циклі, якщо дисплей не ініціалізовано
}
display.clearDisplay();
display.setTextSize(1);
display.setTextColor(SSD1306_WHITE);

showSplashScreen();
showMenu();
}

void showSplashScreen() {
display.clearDisplay();
display.setCursor(10, 20);
display.print("Battery Tester");
display.setCursor(10, 35);
display.print("v1.0");
display.display();
delay(2000);
display.clearDisplay();
}

void showMenu() {
display.clearDisplay();
display.setCursor(0, 0);
display.print("Select Mode:");
display.setCursor(0, 10);
switch (currentMode) {
  case 0:
    display.print("Idle/Menu");
    break;
  case 1:
    display.print("Measure Voltage");
    break;
  case 2:
    display.print("Measure Capacity");
    break;
  case 3:
    display.print("IR Measurement (AC)");
    break;
  case 4:
    display.print("IR Measurement (DC)");
    break;
  case 5:
    display.print("Short Discharge Capacity");
    break;
}
display.display();
}

void loop() {
// Перевірка кнопок з використанням затримки
if (millis() - lastButtonPress > debounceDelay) {
  if (digitalRead(btnModePin) == LOW) {
    currentMode = (currentMode + 1) % 6;
    lastButtonPress = millis();
    showMenu();
  }
  if (digitalRead(btnEnterPin) == LOW) {
    lastButtonPress = millis();
    executeMode(currentMode);
    showMenu();
  }
}
delay(100);
}

```

```

}

void executeMode(int mode) {
  switch (mode) {
    case 0:
      // Idle режим: просто виводимо повідомлення.
      display.clearDisplay();
      display.setCursor(0, 0);
      display.print("Idle Mode");
      display.display();
      delay(2000);
      break;
    case 1:
      modeMeasureVoltage();
      break;
    case 2:
      modeMeasureCapacity();
      break;
    case 3:
      modeMeasureInternalResistanceAC();
      break;
    case 4:
      modeMeasureInternalResistanceDC();
      break;
    case 5:
      modeShortDischargeCapacity();
      break;
  }
}

// Режим 1: Вимірювання напруги
void modeMeasureVoltage() {
  digitalWrite(relayPin, HIGH); // Забезпечити, що навантаження відключене
  delay(100);
  float voltage = ina219.getBusVoltage_V();

  display.clearDisplay();
  display.setCursor(0, 0);
  display.print("Voltage:");
  display.setCursor(0, 20);
  display.print(voltage, 2);
  display.print(" V");
  display.display();

  Serial.print("Battery Voltage: ");
  Serial.print(voltage, 2);
  Serial.println(" V");

  delay(3000);
}

// Режим 2: Вимірювання ємності (розряд 0,2*It)
void modeMeasureCapacity() {
  digitalWrite(relayPin, LOW); // Включаємо навантаження
  delay(100);

  measurementStartTime = millis();

  // Виконується вимірювання до досягнення мінімальної напруги
  while (true) {
    float voltage = ina219.getBusVoltage_V();
    if (voltage <= minBatteryVoltage) {
      break;
    }
    delay(500);
  }
}

```

```

measurementDuration = millis() - measurementStartTime;
float hours = measurementDuration / 3600000.0;

float dischargeCurrent = 0.4;
float capacity = hours * dischargeCurrent; // ємність у А·год

digitalWrite(relayPin, HIGH); // Відключаємо навантаження

display.clearDisplay();
display.setCursor(0, 0);
display.print("Capacity:");
display.setCursor(0, 20);
display.print(capacity, 3);
display.print(" Ah");
display.display();

Serial.print("Measured Capacity: ");
Serial.print(capacity, 3);
Serial.println(" Ah");

delay(5000);
}

// Режим 3: Вимірювання внутрішнього опору за змінним струмом (AC)
void modeMeasureInternalResistanceAC() {
display.clearDisplay();
display.setCursor(0, 0);
display.print("IR (AC) Measure...");
display.display();

// Очікуємо 10 секунд для стабілізації
delay(10000);
// Симульовані значення RMS
float rmsVoltage = 0.1; // Вольт
float rmsCurrent = 0.02; // Ампер
float internalResistance = rmsVoltage / rmsCurrent;

display.clearDisplay();
display.setCursor(0, 0);
display.print("IR (AC):");
display.setCursor(0, 20);
display.print(internalResistance, 2);
display.print(" Ohm");
display.display();

Serial.print("Measured IR (AC): ");
Serial.print(internalResistance, 2);
Serial.println(" Ohm");
delay(5000);
}

// Режим 4: Вимірювання внутрішнього опору за постійним струмом (DC)
void modeMeasureInternalResistanceDC() {
display.clearDisplay();
display.setCursor(0, 0);
display.print("IR (DC) Measure...");
display.display();

// Крок 1: встановлюємо режим навантаження на 0.2*It, чекаємо 10 секунд, зчитуємо U1
digitalWrite(relayPin, LOW);
delay(100);
delay(10000);
float U1 = ina219.getBusVoltage_V();

// Крок 2: встановлюємо режим навантаження на It, чекаємо 1 секунду, зчитуємо U2
delay(1000);
// зниження напруги на 0.1 V

```

```

float U2 = U1 - 0.1;
digitalWrite(relayPin, HIGH);

// Припустимо, I1 = 0.4 A та I2 = 2.0 A
float I1 = 0.4;
float I2 = 2.0;
float internalResistance = (U1 - U2) / (I2 - I1);

display.clearDisplay();
display.setCursor(0, 0);
display.print("IR (DC):");
display.setCursor(0, 20);
display.print(internalResistance, 2);
display.print(" Ohm");
display.display();

Serial.print("Measured IR (DC): ");
Serial.print(internalResistance, 2);
Serial.println(" Ohm");

delay(5000);
}

// Режим 5: Вимірювання ємності при короткому режимі розряду
void modeShortDischargeCapacity() {
// У короткому режимі розряду акумулятор розряджається струмом It
digitalWrite(relayPin, LOW);
delay(100);

measurementStartTime = millis();
while (true) {
float voltage = ina219.getBusVoltage_V();
if (voltage <= minBatteryVoltage) {
break;
}
delay(500);
}
measurementDuration = millis() - measurementStartTime;
float hours = measurementDuration / 3600000.0;

// Розрядний струм у короткому режимі – It
float dischargeCurrent = 2.0;
float capacity = hours * dischargeCurrent;

digitalWrite(relayPin, HIGH);

display.clearDisplay();
display.setCursor(0, 0);
display.print("Short Discharge:");
display.setCursor(0, 20);
display.print(capacity, 3);
display.print(" Ah");
display.display();

Serial.print("Short Discharge Capacity: ");
Serial.print(capacity, 3);
Serial.println(" Ah");

delay(5000);
}

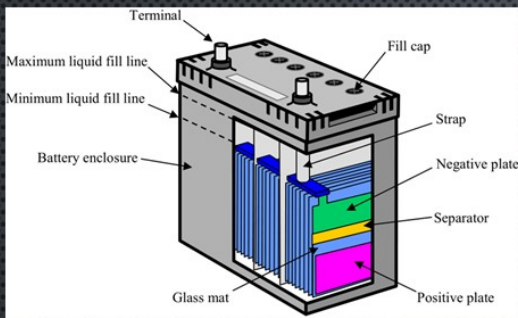
```

ДОДАТОК Б. Слайди мультимедійної презентації

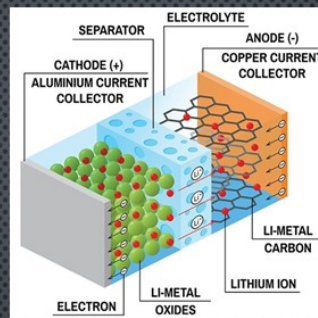


Розробка цифрового тестеру ємності акумуляторних батарей

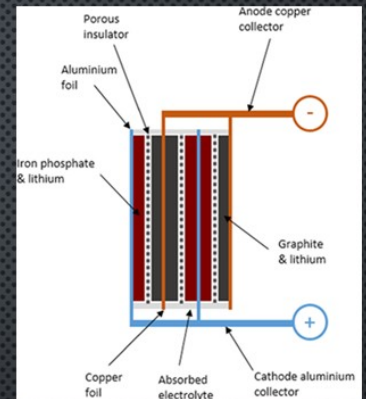
Голубенко Тарас, гр. 4КС-58



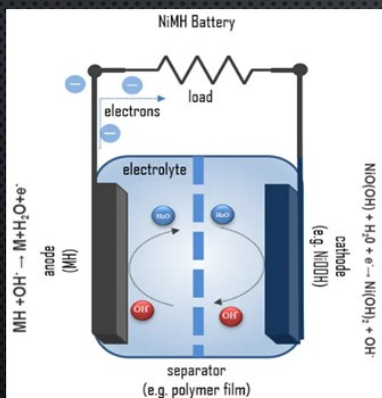
Будова свинцево-кислотного акумулятора



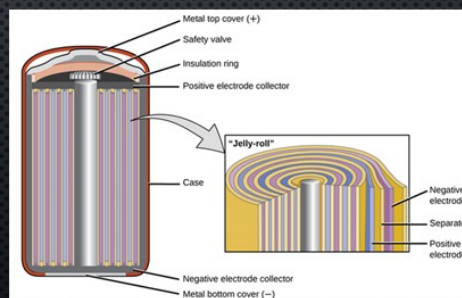
Будова літій-іонного акумулятора



Будова літій-залізо-фосфатного акумулятора



Будова нікель-металогідридного акумулятора



Будова нікель-кадмієвого акумулятора

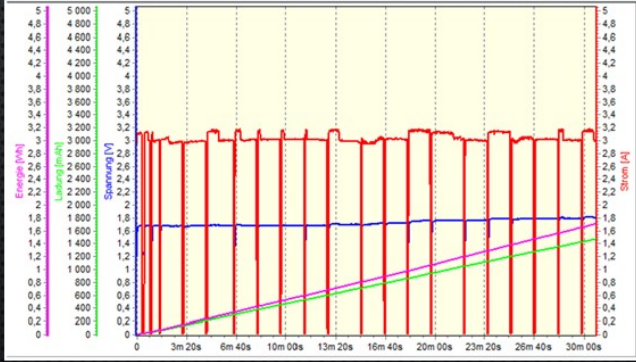
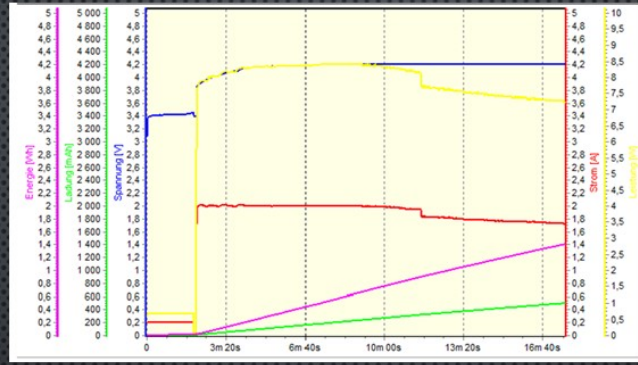
Порівняння основних характеристик акумуляторів

Тип акумулятора	Напруга елемента (В)	Ємність (Ah)	Кількість циклів	Щільність енергії (Вт год/кг)	Саморозряд (%)	Термін служби (років)
Pb-acid	2,0	1–1000+	300–1000	30–50	3–5%	3–7
Li-ion	3,6–3,7	1–100+	500–2000	150–250	2–3%	5–10
LiFePO ₄	3,2	10–200+	2000–4000	90–120	1–2%	10–15
Ni-MH	1,2	1–10+	500–1500	60–120	10–30%	5–8
Ni-Cd	1,2	1–20+	1000–2000	40–70	10–20%	10+

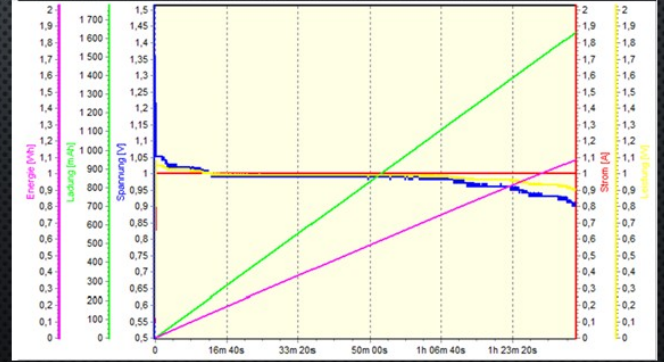
Порівняння методів вимірювання ємності

Метод	Принцип роботи	Переваги	Недоліки
Прямий тест розряду	Розрядження батареї стабілізованим струмом до досягнення критичної напруги (10/20 годин)	Простота, наочність, лабораторно затверджений стандарт	Тривалість, залежність від температури та точності стабілізації струму
Coulomb Counting	Інтеграція струму за час зарядки/розряду	Висока точність, можливість моніторингу в режимі реального часу	Потребує високоточних датчиків, накопичення похибок
Імпульсне тестування	Подача коротких імпульсів з аналізом динамічної реакції батареї	Швидкість вимірювань, визначення внутрішнього опору	Чутливість до шумів, складність інтерпретації даних
Імпедансна спектроскопія	Вимірювання імпедансу при змінних частотах для аналізу електрохімічних процесів	Глибокий аналіз внутрішніх процесів, висока точність	Вимагає спеціалізованого обладнання та кваліфікації
Тривалий розряд	Автоматичний тривалий розряд із фіксацією часу за допомогою електронних годин або мікроконтролера	Автоматизація, налаштування режимів, зручність використання	Обмеження по діапазону тестованих акумуляторів, необхідність адаптації схеми

Процес зарядки Li-Ion акумулятора

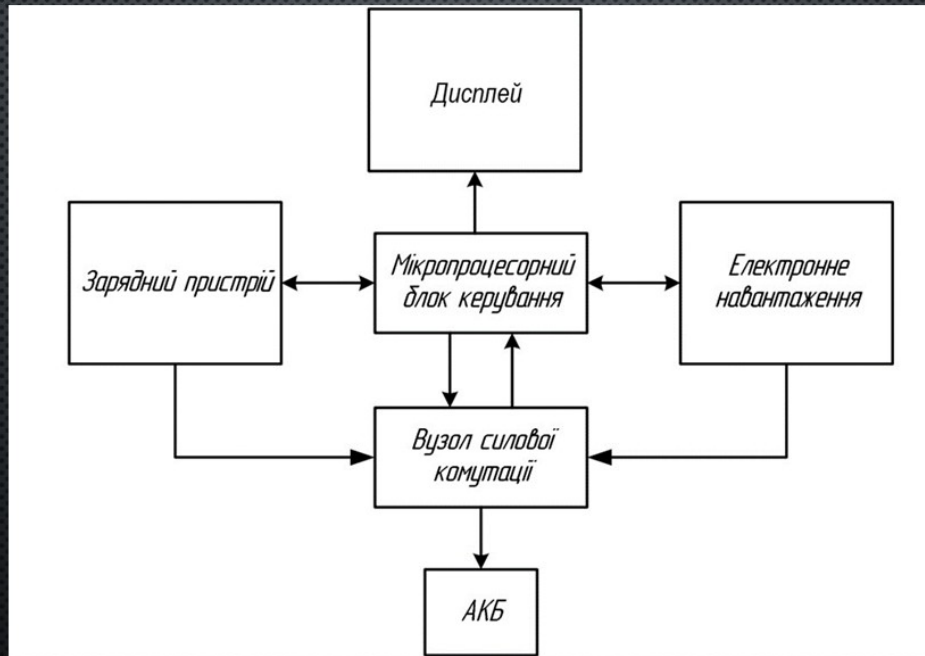


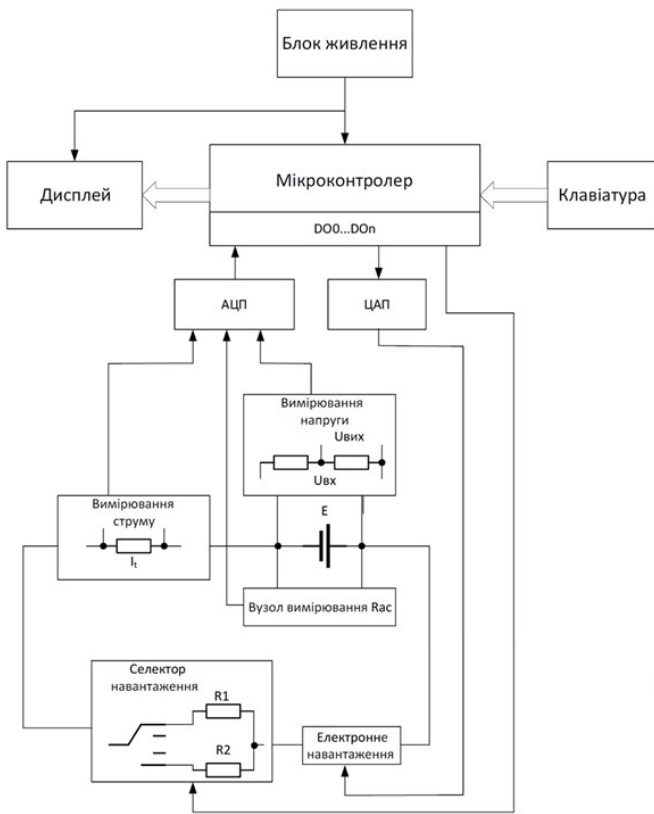
Процес розряду Li-Ion акумулятора



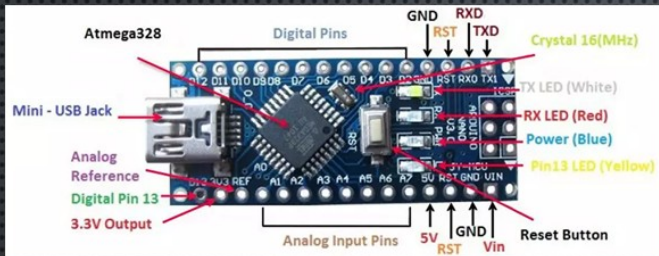
Процес розряду Ni-MH акумулятора

Загальна структура тестеру ємності акумуляторних батарей



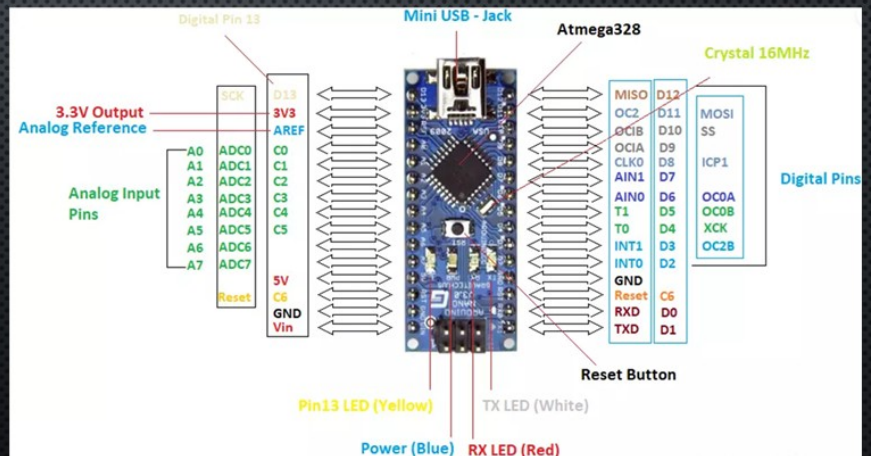


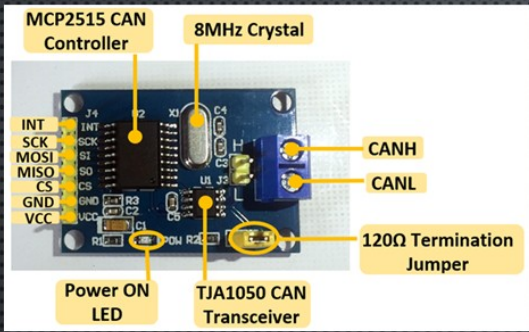
Структурна організація взаємодії основних блоків тестеру



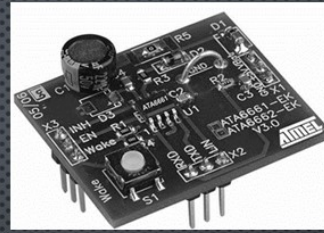
Платформа Arduino Nano, що є ядром системи

Розташування контактів плати Arduino Nano і їх призначення



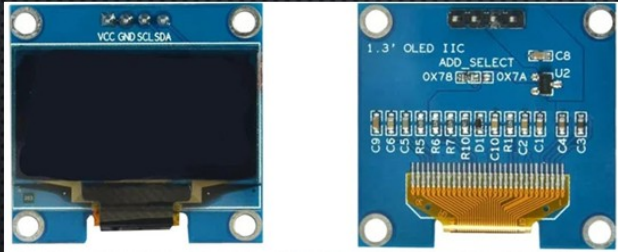


Контролер CAN-шини MCP2515

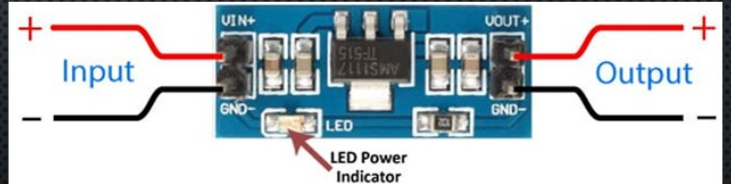


RXD	1	8	INH
EN	2	7	VS
WAKE	3	6	LIN
TXD	4	5	GND

LIN-трансивер ATA6662



OLED-дисплей з контролером SSD1306



Стабілізатор напруги AMS1117-5.0

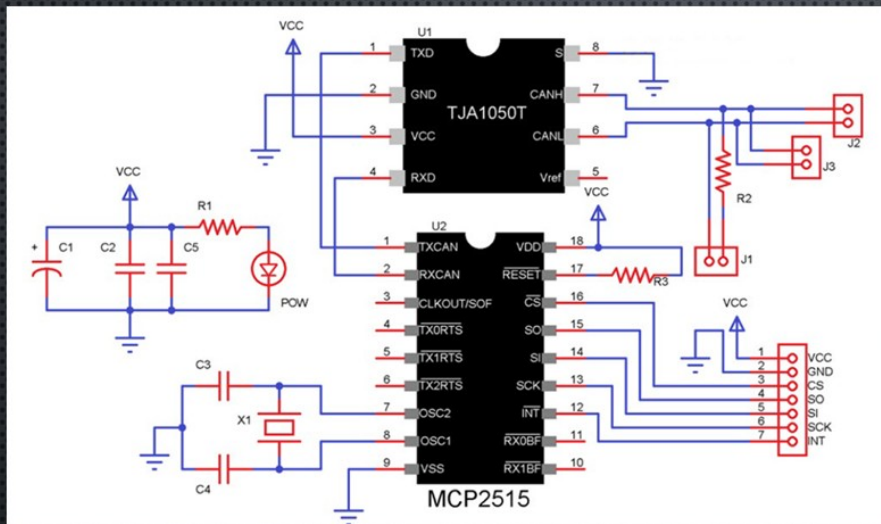
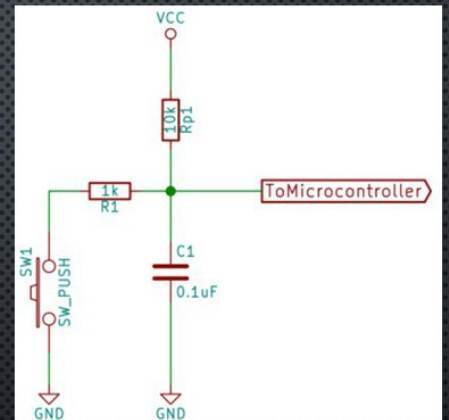
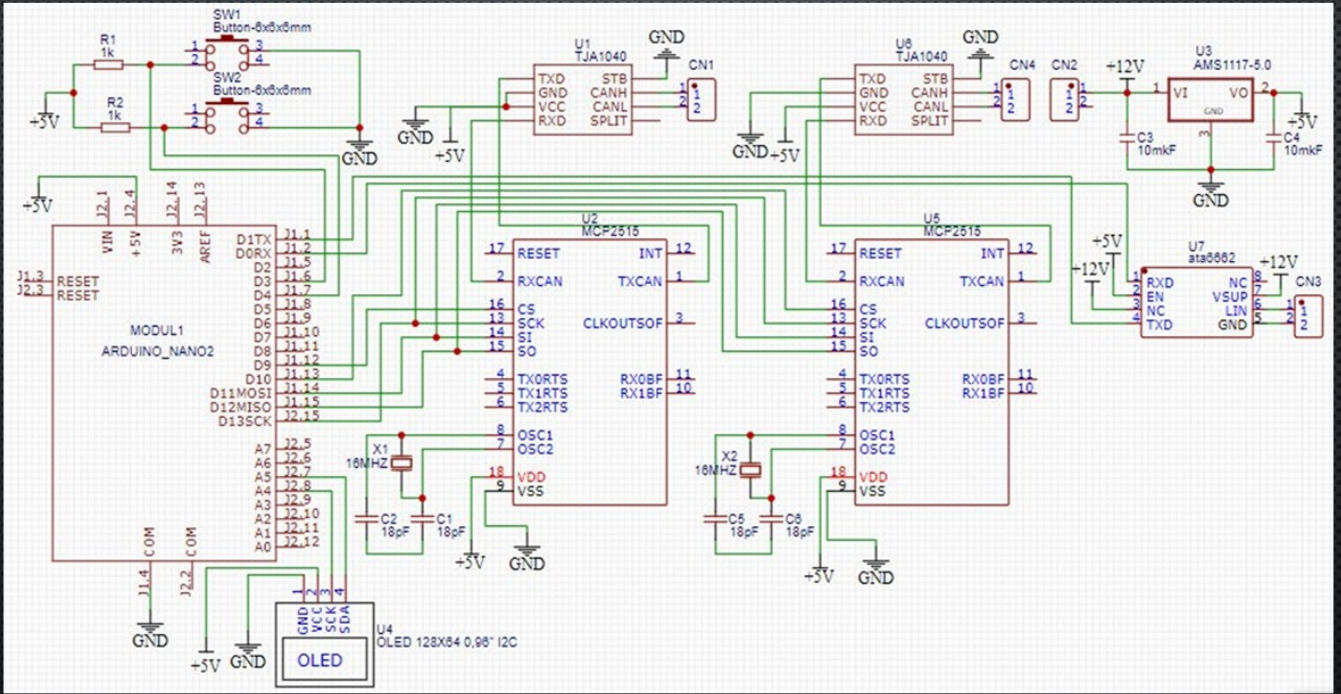


Схема підключення CAN-Bus-інтерфейсу до мікроконтролера

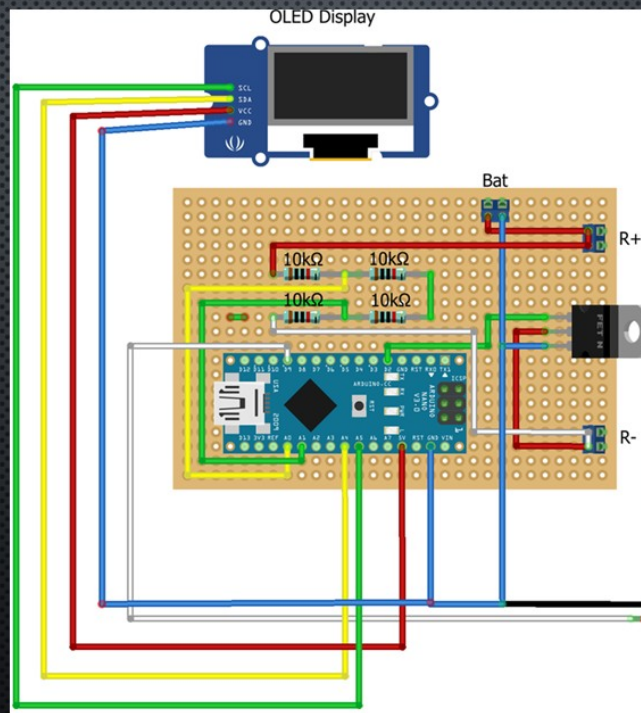


Підключення кнопки управління до мікроконтролера

Принципова електрична схема тестеру ємності батарей

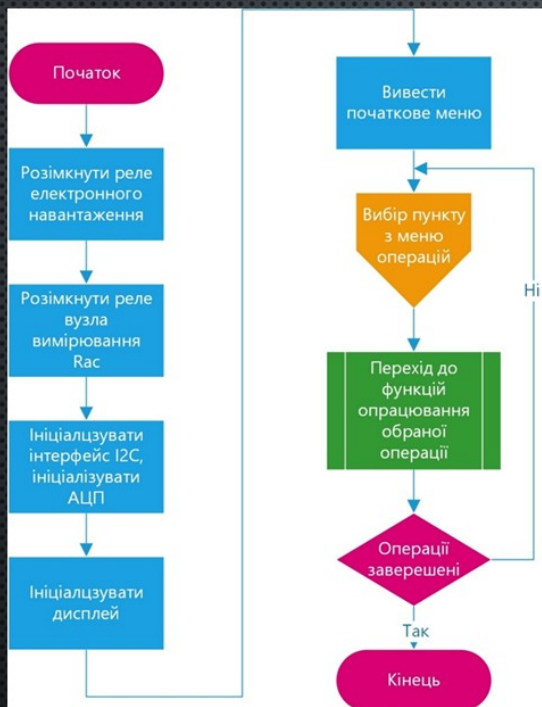


Моделювання схеми тестеру у САПР Fritzing

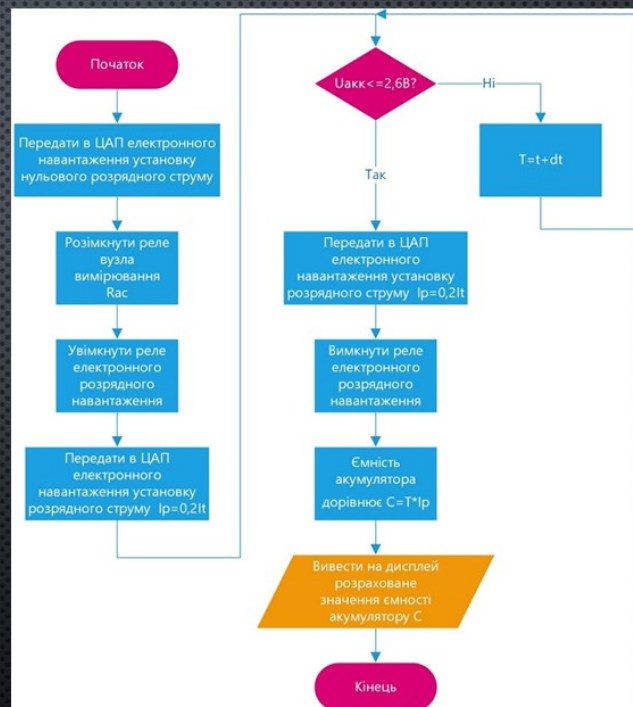


Етапи вимірювання ємності акумуляторної батареї

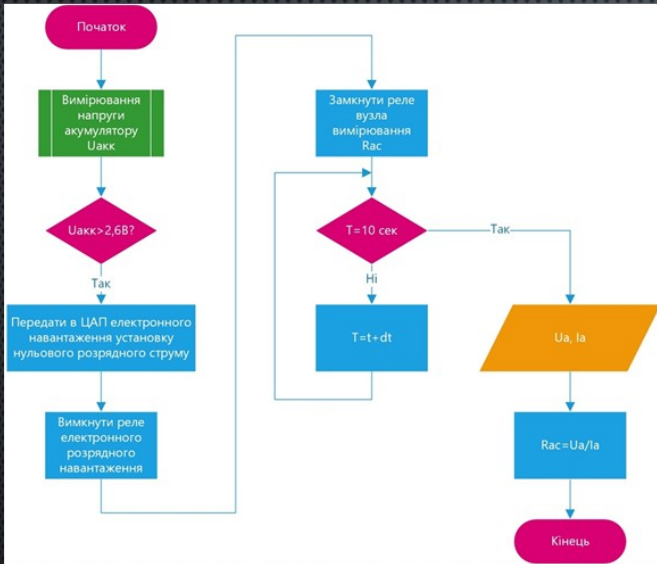
Етап	Дія мікроконтролера	Результат
Ініціалізація	Встановлення логічних рівнів, розмикання силових ланцюгів, відключення навантаження	Готовність системи до роботи
Початковий екран	Відображення графічного меню для вибору режиму роботи	Очікування реакції користувача
Вибір режиму	Обробка даних від тактових кнопок для перемикавання режимів роботи	Перехід у вибраний режим
Вимірювання напруги	Читання даних з датчика напруги, передача інформації через АЦП в мікроконтролер	Фіксація значення напруги
Вимірювання струму	Зчитування даних з датчика струму, передача через АЦП у мікроконтролер	Фіксація значення струму
Розрахунок ємності	Обчислення ємності за формулою $\text{Ємність} = \text{Струм} \times \text{проміжок часу}$	Отримання значення ємності на кожному кроці
Сумування ємностей	Накопичення значень ємності до порогового значення	Обчислення сумарної ємності
Відключення батареї	Перевірка напруги батареї, автоматичне відключення навантаження у разі досягнення порогового значення	Захист від перерозряду



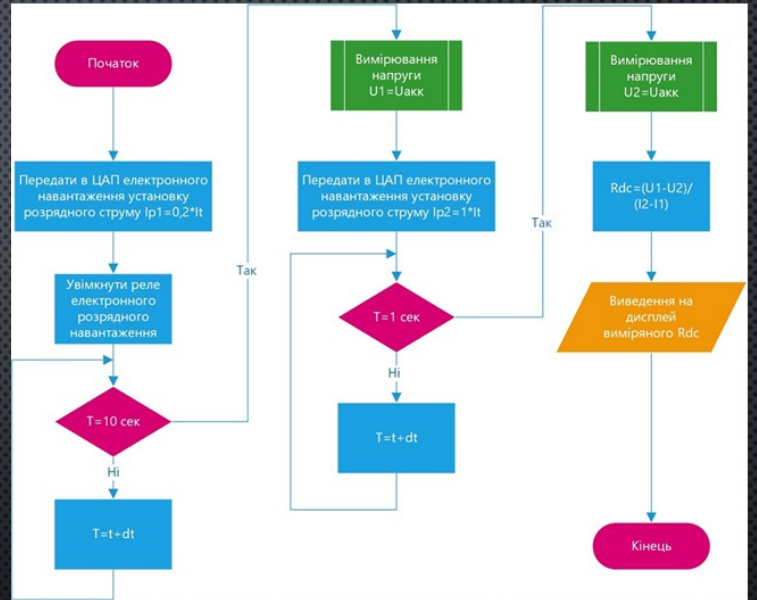
БСА етапу ініціалізації



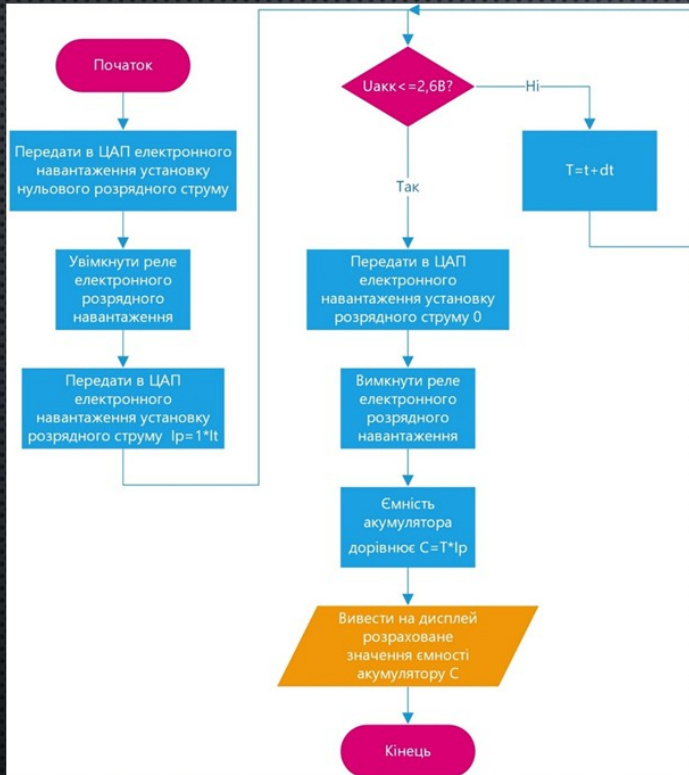
БСА дій по вимірюванню ємності акумулятору



БСА вимірювання внутрішнього опору акумулятора за змінним струмом



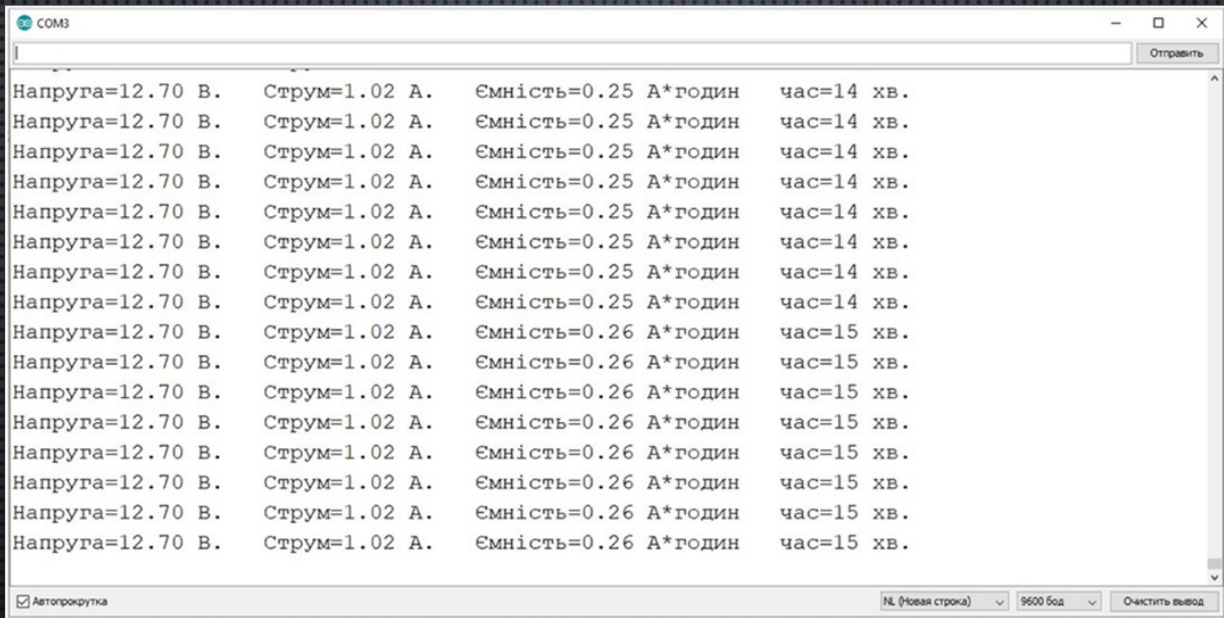
БСА вимірювання внутрішнього опору акумулятора за постійним струмом



БСА вимірювання ємності акумулятора при короткому режимі розряду

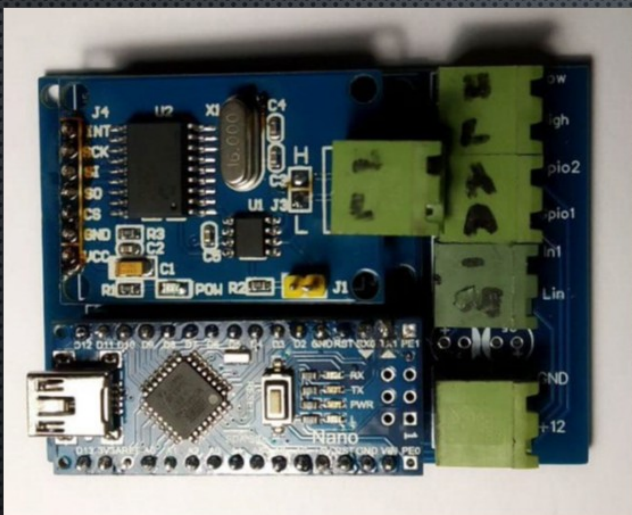
Вивести на дисплей розраховане значення ємності акумулятору С

Кінець



Вікно діагностики порту з інформацією про дані акумулятора

Дослідний зразок зібраного тестеру ємності акумуляторних батарей



РЕЦЕНЗІЯ

на дипломний проект здобувача (здобувачки) освіти

відділення комп'ютерних систем

Голубенко Тараса Євгеновича

(прізвище, ім'я та по батькові)

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»

Освітньо-професійна програма «Обслуговування комп'ютерних систем і мереж»

Керівник дипломного проекту (роботи) Кривченко Анастасія Анатоліївна

(прізвище, ім'я та по батькові)

Тема дипломного проекту (роботи) Розробка цифрового тестеру ємності
акумуляторних батарей

Обсяг розрахунково-пояснювальної записки 86 сторінок

Обсяг графічної (презентаційної) частини 16 аркушів (слайдів)

ХАРАКТЕРИСТИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ (РОБОТИ)

а) заключення про ступінь відповідності виконаного дипломного проекту завданню

Представлений дипломний проект відповідає затвердженій темі та виконаний відповідно технічному завданню. Дипломний проект присвячений розробці цифрового тестеру для визначення ємності акумуляторних батарей і складається з пояснювальної записки та мультимедійної презентації з відповідними схемами.

б) характеристика виконання кожного розділу дипломного проекту

Пояснювальна записка складається з основного розділу (Аналітичний огляд характеристик акумуляторів та засобів визначення їх ємності; Розробка структурної схеми цифрового тестеру ємності акумуляторних батарей; Вибір елементної бази пристрою; Розробка принципової електричної схеми тестеру; Розробка програмного забезпечення тестеру ємності акумуляторних батарей), економічного розділу, розділу охорони праці та додатків. Перелічені розділи поетапно охоплюють розробку, виконані докладно та обґрунтовано.

в) оцінка якості виконання пояснювальної записки та графічної частини дипломного проекту

Графічна частина складається з 16 слайдів мультимедійної презентації, виконаної у програмному продукті MS PowerPoint, які містять структурні, принципіві та функціональні схеми, фото роботи пристрою, блок-схеми алгоритмів, передбачені технічним завданням. Пояснювальна записка виконана акуратно та у відповідності до норм. Якість виконання пояснювальної записки відмінна, розробку виконано у повному обсязі.

г) перелік позитивних якостей дипломного проекту Детально описано методи вимірювання ємності, наведено їх переваги й обмеження. Чітка блок-схема апаратної частини. Реалізація кількох режимів тестування. Програмний код у відкритому середовищі Arduino IDE. Наявні коментовані фрагменти, зрозуміла структура: меню, debouncing, послідовні алгоритми вимірювань. Підтримка виводу результатів на OLED-екран і через віртуальний COM-порт.

д) основні недоліки дипломного проекту Немає таблиць або графіків реальних вимірів ємності й опору для перевірки точності. Не описано процедуру калібрування INA219 і врахування температурної похибки. Навантаження й реле не розраховані на високі струми; обмежено тестування батарей до 10 А.

Оцінка розрахункової частини Відмінно

Оцінка графічної частини Відмінно

Загальна оцінка Відмінно

Прізвище, ім'я, по батькові рецензента к.т.н. Шibaєва Наталя Олегівна

Місце роботи і посада рецензента Національний університет «Одеська політехніка», доцент кафедри інформаційних технологій



« 20 » червня 2025 р.

ВІДГУК

керівника на дипломний проект здобувача (здобувачки) освіти
відділення комп'ютерних систем

Голубенко Тараса Євгеновича

(прізвище, ім'я та по батькові)

Спеціальність: 123 "Комп'ютерна інженерія"

Освітньо-професійна програма: «Обслуговування комп'ютерних систем і мереж»

Тема дипломного проекту: Розробка цифрового тестеру ємності
акумуляторних батарей

ХАРАКТЕРИСТИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

а) обсяг і якість виконання проекту (графічного матеріалу і розрахунково-пояснювальної записки) Дипломний проект виконано відповідно технічному завданню. Пояснювальна записка містить 86 сторінок. У пояснювальній записці виконано опис етапів розробки тестеру для визначення ємності ємності акумуляторних батарей на базі платформи Arduino NANO, а також його програмного забезпечення. Графічна частина складається з 16 слайдів мультимедійної презентації, які також містять креслення, передбачені технічним завданням. Якість виконання пояснювальної записки та графічної частини добра, розробку виконано в повному обсязі.

б) самостійність роботи над проектом: Протягом всього строку дипломного проектування та переддипломної практики здобувач освіти Голубенко Т.Є. поступово та послідовно виконував всі етапи розробки. Всі роботи здобувач освіти виконував самостійно, з оглядом на рекомендації керівника

в) теоретична підготовка випускника (випускниці): Здобувач освіти Голубенко Т.Є. під час роботи над дипломним проектом вивчив достатню кількість літературних джерел та матеріалів за даною тематикою.

Вважаю, що теоретична підготовка дипломника добра і він готовий до захисту дипломного проекту

г) вміння розв'язувати виробничі та конструкторські питання _____

Під час дипломного проектування здобувач освіти Голубенко Т.Є. мав змогу самостійно приймати окремі рішення з реалізації принципової електричної схеми пристрою та показав вміння організовано працювати над поставленим завданням, складати креслення та розрахунки за допомогою сучасних комп'ютерних програмних засобів та САПР, таких як Arduino IDE, EasyEDA, Fritzing, P-CAD Schematic

Оцінка розрахункової частини _____ *Відмінно*

Оцінка графічної частини _____ *Відмінно*

Загальна оцінка _____ *Відмінно*

Прізвище, ім'я, по батькові керівника дипломного проекту _____

Кривченко Анастасія Анатоліївна

Місце роботи і посада керівника дипломного проекту _____

ВСП "Одеський технічний фаховий коледж ОНТУ", викладач

*специаліст комісії комп'ютерних технологій та програмної інженерії,
голова обласної методичної комісії викладачів комп'ютерної інженерії*

Підпис _____

«16» 06 2025 р.

**ДОЗВІЛ
НА РОЗМІЩЕННЯ
ВИПУСКНОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
(ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ)
В ЕЛЕКТРОННОМУ РЕПОЗИТАРІЇ ВСП «ОТФК ОНТУ»**

Ми, що нижче підписалися,

Голубенко Т.Є.,
здобувач освіти гр. 4КС-58, та

Кривченко А.А.,
керівник дипломного проекту,


не заперечуємо щодо розміщення електронного варіанту пояснювальної записки до дипломного проекту фахового молодшого бакалавра на тему:

«Розробка цифрового тестеру ємності акумуляторних батарей» (автор роботи – Голубенко Т.Є., керівник роботи – Кривченко А.А.)

виконаного у ВСП «Одеський технічний фаховий коледж Одеського національного технологічного університету» в 2025 році, у повному обсязі в електронному репозитарії ВСП «ОТФК ОНТУ» для вільного доступу через мережу Інтернет.

Несемо відповідальність за ідентичність електронного та друкованого варіантів випускної кваліфікаційної роботи і даємо згоду на обробку персональних даних.

Виконавець



/ Голубенко Т.Є. /

Керівник



/ Кривченко А.А. /

«16» червня 2025 р.

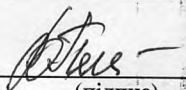
Д О В І Д К А

циклової комісії КТ та ПІ
про допуск до захисту дипломного проекту
здобувача (здобувачки) освіти ІV курсу
відділення комп'ютерних систем групи 4КС-58

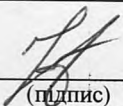
Голубенка Тараса Євгеновича

на тему Розробка цифрового тестеру ємності
акумуляторних батарей

Висновок відповідальної особи за проведення нормоконтролю:
пояснювальна записка до дипломного проекту виконана з несуттєвими
порушеннями ДСТУ та оформлена відповідно до вимог Положення про
дипломне проектування

 16.06.2025 Петрашова В.І.
(підпис) (дата) (П.І.Б.)

Висновок відповідальної особи за перевірку роботи на наявність академічного
плагіату згідно звіту про перевірку від 25.05.2025 р. значення коефіцієнту
подібності в роботі становить 12,00%, коефіцієнт цитування – 0,98%.

 16.06.2025 Краснокутська К.Г.
(підпис) (дата) (П.І.Б.)


Попередня експертиза (малий захист) дипломного проекту

здобувача (здобувачки) освіти Голубенка Т.Є.
(П.І.Б.)

проведена « 16 » червня 2025 р.

Висновки Пояснювальна записка до дипломного проекту виконана у повному
обсязі. Випускна кваліфікаційна робота (дипломний проект) відповідає
вимогам Положення про дипломне проектування та рекомендована до
захисту.

Голова ЦК КТ та ПІ


(підпис)

Кривченко Ю.В.
(П.І.Б.)

Звіт подібності

метадані

Назва організації

Odesa Technical Professional College of Odesa National University of Technology

Заголовок

Розробка цифрового тестеру ємності акумуляторних батарей

Автор

Науковий керівник / Експерт

Голубенко Тарас ЄвгеновичШувалова Ірина Олегівна

підрозділ

Відокремлений структурний підрозділ "Одеський технічний фаховий коледж Одеського національного технологічного університету"

Обсяг знайдених подібностей

Коефіцієнт подібності визначає, який відсоток тексту по відношенню до загального обсягу тексту було знайдено в різних джерелах. Зверніть увагу, що високі значення коефіцієнта не автоматично означають плагіат. Звіт має аналізувати компетентна / уповноважена особа.



25

Довжина фрази для коефіцієнта подібності 2

14558

Кількість слів

120031

Кількість символів

Тривога

У цьому розділі ви знайдете інформацію щодо текстових спотворень. Ці спотворення в тексті можуть говорити про МОЖЛИВІ маніпуляції в тексті. Спотворення в тексті можуть мати навмисний характер, але частіше характер технічних помилок при конвертації документа та його збереженні, тому ми рекомендуємо вам підходити до аналізу цього модуля відповідально. У разі виникнення запитань, просимо звертатися до нашої служби підтримки.

Заміна букв		31
Інтервали		0
Мікропробіли		61
Білі знаки		1
Парафрази (SmartMarks)		140

Подібності за списком джерел

Нижче наведений список джерел. В цьому списку є джерела із різних баз даних. Копію тексту означає в якому джерелі він був знайдений. Ці джерела і значення Коефіцієнту Подібності не відображають прямого плагіату. Необхідно відкрити кожне джерело і проаналізувати зміст і правильність оформлення джерела.

10 найдовших фраз

ПОРЯДКОВИЙ НОМЕР	НАЗВА ТА АДРЕСА ДЖЕРЕЛА URL (НАЗВА БАЗИ)	Копію тексту
1	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/8999d5af-6274-44f4-ae78-d23e08048d38/download	78 0.54 %
2	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/0e72a3b9-bdd7-4711-a3c6-dedc1d4287cc/download	71 0.49 %
3	https://card-file.ontu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/c5cd348b-fc64-4a25-9a5b-6cc8d62db909/content	50 0.34 %
4	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/8999d5af-6274-44f4-ae78-d23e08048d38/download	48 0.33 %
5	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/8999d5af-6274-44f4-ae78-d23e08048d38/download	45 0.31 %

6	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/b1c4b329-c3e8-4b5a-a1fc-ae232ec677bd/download	41 0.28 %
7	https://card-file.ontu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/a141b658-5fa7-4f90-b0bd-7f0ccaed21e5/content	40 0.27 %
8	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/8999d5af-6274-44f4-ae78-d23e08048d38/download	37 0.25 %
9	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/b1c4b329-c3e8-4b5a-a1fc-ae232ec677bd/download	33 0.23 %
10	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/0e72a3b9-bdd7-4711-a3c6-dedc1d4287cc/download	30 0.21 %

з домашньої бази даних (0.10 %)

ПОРЯДКОВИЙ НОМЕР	ЗАГОЛОВОК	КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ)
1	Розробка оптоволоконної мережі для забезпечення надійного і високошвидкісного обміну даними між населеними пунктами 5/22/2025 Odesa Technical Professional College of Odesa National University of Technology (Відокремлений структурний підрозділ "Одеський технічний фаховий коледж Одеського національного технологічного університету")	14 (2) 0.10 %

з програми обміну базами даних (0.24 %)

ПОРЯДКОВИЙ НОМЕР	ЗАГОЛОВОК	КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ)
1	ЕП_01_Диплом_бакалавра_Яременко_3 6/19/2024 National Technical University of Ukraine Igor Sikorskyi Kyiv Politech Institute (ФЕА, К-ра автоматизації електромеханічних систем та електроприводу)	20 (2) 0.14 %
2	IoT Євечук Петро 542A Лаб 4.docx 5/27/2023 Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University(CNU) course papers (Deanery)	10 (2) 0.07 %
3	2016_805090103_Popovych_Ostap_Romanovych_39397 10/25/2024 National University "Lviv Politechnika" (National University Lviv Politechnika)	5 (1) 0.03 %

з Інтернету (11.66 %)

ПОРЯДКОВИЙ НОМЕР	ДЖЕРЕЛО URL	КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ)
1	https://card-file.ontu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/a141b658-5fa7-4f90-b0bd-7f0ccaed21e5/content	540 (56) 3.71 %
2	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/0e72a3b9-bdd7-4711-a3c6-dedc1d4287cc/download	280 (18) 1.92 %
3	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/8999d5af-6274-44f4-ae78-d23e08048d38/download	236 (5) 1.62 %
4	https://card-file.ontu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/c5cd348b-fc64-4a25-9a5b-6cc8d62db909/content	116 (6) 0.80 %
5	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/b1c4b329-c3e8-4b5a-a1fc-ae232ec677bd/download	109 (6) 0.75 %
6	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/11562741-24e6-4201-bc41-a00c8013fca1/download	106 (15) 0.73 %
7	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/29489599-0581-4ce6-8890-c3b13d9f2e0e/download	50 (3) 0.34 %
8	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/6cf43324-8f08-4031-ba42-f80b18efbcb8/download	40 (3) 0.27 %
9	https://wokwi.com/projects/418775960567846913	36 (3) 0.25 %

10	https://card-file.ontu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/4bb7255e-46d4-4349-9726-9698476da02d/content	25 (3) 0.17 %
11	https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/45998/2/Roman_Kondratiuk.pdf	23 (3) 0.16 %
12	https://mir.zavantag.com/kultura/74367/index.html?page=7	20 (2) 0.14 %
13	https://card-file.ontu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/c63b91ba-d04f-4715-890d-b16277695c7e/content	20 (2) 0.14 %
14	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/62baa43e-b968-4993-bb54-8cf8761a89b2/download	18 (2) 0.12 %
15	https://metro.dp.ua/documents/pte.doc	14 (2) 0.10 %
16	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/bbaf3f38-16a8-4070-bead-5562769b7c71/download	12 (2) 0.08 %
17	http://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/38115/2/%D0%94%D0%B8%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D0%BC_%D0%94%D0%B8%D1%81%D0%B5%D0%B2%D0%B8%D1%87.pdf	11 (1) 0.08 %
18	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/549ee9fe-7574-4ae5-b500-9fe2711f33e6/download	11 (2) 0.08 %
19	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/f789da43-3034-4ad8-bf34-640a47414f93/download	10 (1) 0.07 %
20	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/d42aac6d-ab01-4a74-b9cb-ced2a9eff719/download	8 (1) 0.05 %
21	https://pol.dcz.gov.ua/novyna/atestaciya-robochyh-misc-0	7 (1) 0.05 %
22	https://card-file.ontu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/8da72e29-656f-4ee4-9b22-716dedf53ff5/content	6 (1) 0.04 %

Список прийнятих фрагментів (немає прийнятих фрагментів)

ПОРЯДКОВИЙ НОМЕР	ЗМІСТ	КІЛЬКІСТЬ ОДНАКОВИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ)
------------------	-------	---------------------------------------

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВСП «ОДЕСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ ОНТУ»

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»
Освітньо-професійна програма: «Обслуговування комп'ютерних систем і мереж» Група: 4КС-58

Дипломний проект здобувача освіти денної форми навчання КС. 58.06.000.ДП

ГОЛУБЕНКА
ТАРАСА ЄВГЕНОВИЧА

м. Одеса
2025 р. МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ВСП «ОДЕСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ ОНТУ»

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»
Освітньо-професійна програма: «Обслуговування комп'ютерних систем і мереж»
Група: 4 КС-58

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до дипломного проекту на тему:

Проектний матеріал складається з пояснювальної записки на _____ сторінках та графічного (презентаційного) матеріалу на _____ аркушах (слайдах)

Дипломник _____ (Голубенко Т.Є.)
Керівник _____ (Кривченко А.А.)

Консультанти:
з економічного розділу _____ (Канський М. Ю.)