МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю. М. ПОТЕБНІ

Кафедра електроніки, інформаційних систем
та програмного забезпечення
(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота

перший бакалаврський
(рівень вищої освіти)

на тему *Індикатор рівня напруги акумулятора 24V/12V*

Виконав: студент (ка) *IV* курсу, групи *6.1763-с2*

Спеціальності *176 (153) Мікро- та наносистемна техніка*
(код і назва спеціальності)

освітньої програми *Мікро- та наносистемна техніка*
(код і назва освітньої програми)
М. В. Науменко
(ініціали та прізвище)

Керівник *доцент кафедри ЕІСПЗ, доцент, к.т.н.*
Небеснюк О. Ю.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент *Інженер конструктор ТОВ «Конструкторське бюро Колосова»,*
Григор'єва І. К.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

м. Запоріжжя
2026

МІНІСТЕРСТВО НАУКИ І ОСВІТИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю. М. ПОТЕБНІ

Кафедра *електроніки, інформаційних систем та програмного забезпечення*
Рівень вищої освіти *перший (бакалаврський)*
Спеціальність *176 (153) Мікро- та наносистемна техніка*
(код і назва)

Освітня програма *Мікро- та наносистемна техніка*
(код і назва)

Спеціалізація _____

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри *ЕІСПЗ*
Критська Т. В.
“ *12* ” *червня* 20 *26* року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ

Науменку Михайлу Владиславовичу
(прізвище, ім’я, по батькові)

1. Тема роботи *Індикатор рівня напруги акумулятора 24V/12V*

керівник роботи *Небеснюк Оксана Юріївна, доцент, к.т.н.*
(прізвище, ім’я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом ЗНУ від *“23”грудня 2025 року №1830-с*
2. Строк подання студентом роботи *12 червня 2026 року*
3. Вихідні дані до роботи *Обрати систему контролю за станом параметрів акумуляторних батарей*
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): *Дослідження систем контролю параметрів акумуляторних батарей автономних систем живлення. Розробка системи контролю напруги і ступеню заряду акумуляторних батарей 12 В та 24 В. Охорона праці та техногенна безпека.*
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов’язкових креслень) *Функціональна схема блока контролю ресурсу акумуляторних батарей. Аналіз функціонування схеми керування індикаторами напруги. Схема електрична принципова пристрою контролю напруги і ступеню заряду акумуляторних батарей 24В/12В. Схема контролю внутрішнього опору та ємності акумуляторних батарей.*

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата завдання прийняв
I	*Небеснюк О. Ю., доцент*	
II	*Небеснюк О. Ю., доцент*	
III	*Небеснюк О. Ю., доцент*	

7. Дата видачі завдання _____*09.02.2026 року*_____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи бакалавра	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	*Дослідження сучасних акумуляторних систем 12 В та 24 В*	*28.02.2026*	
2	*Дослідження схем контролю параметрів акумуляторних батарей*	*21.03.2026*	
3	*Розробка блоку контролю ресурсу акумуляторних батарей*	*04.04.2026*	
4	*Розробка пристрою контролю заряду акумуляторної батареї*	*25.04.2026*	
5	*Розробка схеми пристрою контролю ступеню заряду акумуляторних батарей*	*08.05.2026*	
6	*Розробка пристрою контролю внутрішнього опору та ємності акумуляторних батарей*	*20.05.2026*	
8	*Охорона праці та техногенна безпека*	*23.05.2026*	
9	*Оформлення пояснювальної записки*	*10.06.2026*	
10	*Рецензування, нормоконтроль, підписання роботи*	*12.06.2026*	
11	*Оприлюднений захист бакалаврської роботи*	*19.06.2026*	

Студент _____ _____*Науменко М. В.*_____
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи (проєкту) _____ _____*Небеснюк О. Ю.*_____
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль пройдено
Нормоконтролер _____ _____*Верьовкін Л. Л.*_____
(підпис) (прізвище та ініціали)

Реферат

Дипломна робота містить 76 сторінок, 37 рисунків, 2 таблиці, 17 джерел літератури.

Об’єкт дослідження – автоматизований контроль параметрів акумуляторних батарей 24 В та 12 В.

Мета роботи – розробка системи контролю параметрів, яка забезпечить підтримку оптимальної роботи акумуляторних батарей 12 В і 34 В, а також покращить їх продуктивність та надійність.

Задачі роботи – здійснити моделювання та розробку контролера напруги зарядки акумуляторної батареї, розробити пристрій виміру внутрішнього опору акумуляторної батареї, провести аналіз результатів розробки, з метою виявлення ефективності та можливості впровадження в системах безперебійного живлення.

Методика досліджень – моделювання пристрою за допомогою програмних забезпечень Electronics Workbench 5.12, SPlan 5.0, Layout 4.0.

Короткий виклад результатів досліджень – розроблена схема контролю напруги і ступеню заряду акумуляторних батарей 12 В та 24 В, призначена для повного аналізу ресурсу та продуктивності, схема контролю внутрішнього опору та ємності акумуляторних батарей дозволяє оцінити реальний стан АКБ і прогнозувати її час життя.

Результати впроваджень – макет електронного приладу пройшов випробовування на кафедрі ЕІСПЗ.

Прогнозні пропозиції – рекомендується для впровадження в автономних системах живлення.

АКУМУЛЯТОР, ВОЛЬТМЕТР, АМПЕРМЕТР, МІКРОСХЕМА, ОПЕРАЦІЙНИЙ ПІДСИЛЮВАЧ, ЄМНІСТЬ

Дипломну роботу виконано на кафедрі електроніки, інформаційних систем та програмного забезпечення, з 09.02.2026 по 12.06.2026.

Зміст

Стор.

Вступ …….. 6

1 Дослідження систем контролю параметрів акумуляторних батарей автономних систем живлення ……. 8

1.1 Аналітичний огляд сучасних акумуляторних систем 12 та 24В …… 8

1.2 Оптимальні параметри напруги акумуляторних систем ……. 11

1.3 Автомобільні акумуляторні батареї …….. 14

1.4 Контроль параметрів акумуляторних батарей ……. 19

1.5 Схема контролю заряду акумуляторної батареї …….. 25

1.6 Контроль температурного режиму розряду або заряду акумуляторів ……... 27

1.7 Контроль внутрішнього опору акумуляторів …….. 28

2 Розробка системи контролю напруги і ступеню заряду акумуляторних батарей 12 В та 24 В …….. 33

2.1 Розробка блоку контролю ресурсу акумуляторних батарей …….. 33

2.2 Схема індикації пристрою контролю напруги ……. 35

2.3 Пристрій контролю заряду акумуляторної батареї ……. 45

2.4 Схема пристрою контролю ступеню заряду акумуляторних батарей 47

2.5 Розробка печатної плати пристрою контролю напруги і ступеню заряду акумуляторних батарей …… 50

2.6 Пристрій контролю внутрішнього опору та ємності акумуляторних батарей ……... 54

2.6.1 Моделювання регістра зсуву …….. 56

2.7 Загальна схема контролю внутрішнього опору та ємності акумуляторних батарей …….. 60

3. Охорона праці та техногенна безпека при розробці пристрою контролю параметрів акумуляторооних батарей …… 62

3.1 Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів ……. 62
3.2 Заходи з поліпшення умов праці …… 63
3.3 Виробнича санітарія …….. 65
3.2.2 Електробезпека …… 66
3.5 Пожежна та техногенна безпека …… 67
3.6 Розрахунок освітлення робочого місця …… 68
Висновки та рекомендації …… 71
Перелік посилань …….. 72
Додаток А …….. 74

Вступ

Індикатори рівня напруги акумуляторних батарей (АКБ) – це пристрої, які демонструють ступінь заряду, захищають від глибокого розряду (нижче 10,5 В або візуалізують стан за допомогою кольорових датчиків. Найчастіше використовуються вольтметри (мультиметри) та вбудовані індикатори густини електроліту.

Найточніший спосіб – використання цифрових вольтметрів (мультиметрів). Світлодіодні (LED) шкали показують рівень заряду в режимі реального часу, часто використовуються в джерелах безперебійного живлення (ДБЖ). Вбудований індикатор (гідрометр) на АКБ показує: зелений колір (заряд) або білий/сірий колір (розряд/мало електроліту).

Автономні акумуляторні системи живлення - це комплекси, які забезпечують електроенергію без підключення до мережі, поєднуючи інвертор, контролер заряду (наприклад, MPPT) та акумулятори (LiFePO4, AGM). Вони забезпечують безперебійне живлення ДБЖ, накопичуючи енергію від мережі або сонячних панелей для тривалої автономності.

Напруга в акумуляторі формується завдяки хімічній реакції між позитивними та негативними електродами, які виготовлені зі свинцю. Одна з пластин також покрита оксидом металу. Ці пластини перебувають у розчині сірчаної кислоти та води, який називається електролітом, і мають певну концентрацію. Це забезпечує збереження енергії в хімічних зв'язках.

Акумулятор періодично розряджається і заряджається. Енергія з нього надходить до різних пристроїв, коли коло замикається між позитивним і негативним полюсами. У процесі руху автомобіоя генератор повертає струм назад в АКБ, створюючи різницю потенціалів між електродами.

Вибір правильної акумуляторної системи живлення важливий для ефективного заряджання пристроїв автономних систем живлення. Враховуючи наявність багатьох систем, важко визначити, яка з них найбільше підходить

для поставленого завдання. Найпоширенішим рішенням, яке приймають споживачі, є використання системи 12 або 24 В. У кожної є свої плюси та мінуси і найбільше підходить та, яка залежатиме від потреб.

Актуальна розробка пристроїв автоматизованого контролю напруги, струму та стану автономних систем живлення на акумуляторних батареях.

1 Дослідження систем контролю параметрів акумуляторних батарей автономних систем живлення

Акумуляторні батареї широко використовуються зараз через зростання потреби в автономних джерелах енергії. Розвиток інформаційних систем, робототехніки і військових систем вимагає надійних рішень для живлення. В умовах військових операцій мобільні енергетичні системи забезпечують автономність обладнання. Крім того, перехід на відновлювану енергетику стимулює потреби у ефективних системах зберігання енергії. Для ефективної роботи акумуляторних батарей необхідні системи які керують зарядом і розрядом акумуляторів, забезпечуючи їх безпеку, балансування комірок та продовження терміну служби. BMS (Battery Management System) – це електронна плата або контролер, яка захищає від перегріву, перенапруги та короткого замикання, контролюючи напругу та струм кожної комірки [1].

1.1 Аналітичний огляд сучасних акумуляторних систем 12 та 24В

Акумуляторна система 12 В – це система, яка має номінальну напругу 12 В. Цей тип системи використовує одну або кілька батарей ємністю 12 В, які можна з’єднати паралельно, щоб задовольнити необхідні потреби в електроенергії (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – АКБ акумуляторної системи 12 В

Акумуляторна система 12 В є однією з найпопулярніших конфігурацій для широкого спектру використання, включаючи автомобільну, морську та автономну сонячну енергію [1].

Переваги акумуляторних систем 12 В.

1. Широке використання: системи 12 В широко використані, а це означає, що компоненти та аксесуари легко доступні.

2. Простота: систему 12 В легко налаштувати. У системі акумуляторів ця простота може бути значною перевагою, зменшуючи ймовірність помилок під час встановлення.

3. Сумісність: багато приладів і пристроїв розроблено для роботи від 12 В, особливо в автомобільному секторі. Ця сумісність полегшує пошук і використання обладнання без використання складних перетворювачів.

Недоліки акумуляторних систем 12 В.

1. Втрати ефективності: оскільки вони розроблені для роботи при нижчій напрузі, їм потрібен більший струм для забезпечення тієї самої потужності, що призводить до більших втрат енергії.

2. Обмежена потужність для великих систем: для приладів, які потребують значної потужності, системи 12 В можуть не підійти. Вищі вимоги до струму можуть вимагати більш товстих кабелів і більш надійних компонентів, збільшуючи загальну вартість і складність системи.

Акумуляторна система 24 В забезпечує номінальну напругу 24 В. Він подвоює напругу системи 12 В шляхом послідовного з’єднання батарей (рис. 1.2).



Рисунок 1.2 – АКБ акумуляторної системи 24 В

Системи 24 В використовуються все частіше, особливо в приладах, які потребують більшої потужності та ефективності (у великих автофургонах, комерційних автомобілях, автономних будинках і системах відновлюваної енергії) [1].

Переваги акумуляторних систем 24 В.

1. Підвищена ефективність: вища напруга означає нижчий струм за тієї самої вихідної потужності, що допомагає мінімізувати резистивні втрати в системі. Це може бути особливо корисним у приладах з великими навантаженнями, де потрібні довгі кабелі або потрібна більша потужність.

2. Рентабельність для великих систем: системи 24 В можуть використовувати менші дроти та компоненти, якщо струм зменшити, що також заощаджує витрати на проводку та вагу.

3. Масштабованість: системи 24 В можна легко розширити, щоб відповідати підвищеним вимогам до потужності, що робить їх придатними для приладів, які нарощують обладнання, наприклад збільшення розміру сонячних панелей або додавання додаткових навантажень до конфігурації технічних засобів.

Недоліки акумуляторних систем 24 В.

1. Вища оригінальна вартість: акумулятори, інвертори та зарядні пристрої систем 24 В є відносно дорогими порівняно з системами 12 В.

2. Питання сумісності: багато пристроїв і приладів несумісні з 24 В, оскільки більшість із них розроблено для застосування в автомобілях і фургонах. Це обмеження може означати, що потрібні додаткові перетворювачі або адаптери, що ускладнює систему.

У автономних і сонячних системах розмір і енергетичні потреби являються ключовими факторами, які визначають вибрати систему 12 В або систему 24 В. Якщо встановлюється електроживлення для невеликого будинку або котеджу вихідного дня з невеликою кількістю електроприладів, зазвичай достатньо системи 12 В. Вона може живити світлодіодне освітлення, невели-

кі водяні насоси та заряджати важливу електроніку, не ускладнюючи систему.

Але для сучасних автономних будинків з побутовою технікою, більш ніж однією кімнатою або майстернею необхідна система 24 В (або навіть 48 В). Системи з вищою напругою також корисні для великих сонячних установок, оскільки вони зменшують втрати енергії від сонячних панелей до акумуляторної батареї, роблячи систему відновлюваної енергії більш ефективною.

Рішення про використання акумуляторної системи 12 В або 24 В залежатиме від необхідної потужності, розміру системи та вартості. Хоча системи на 12 В являються більш популярними та простішими у проектуванні, системи на 24 В більш ефективні та краще підходять для великомасштабних застосувань.

1.2 Оптимальні параметри напруги акумуляторних систем

Номінальна напруга – це стандартна робоча напруга акумуляторної системи. Це стандартне значення, яке використовується для сортування та ранжирування різних батарейних систем і описує різницю напруг, яка використовується для керування електричним струмом. Наприклад, батарея на 12 В зазвичай забезпечує приблизно 12 В постійного струму під навантаженням, тоді як вихідна напруга акумуляторної системи на 24 В становить приблизно 24 В [2].

Реальна напруга акумулятора непостійна і змінюється залежно від стану заряду акумулятора та підключеного до нього навантаження. Наприклад, повністю заряджена літієва батарея 12 В може мати напругу близько 13 В, повністю заряджена 12-вольтна свинцево-кислотна батарея може мати лише 12 В, тоді як система 6 В під навантаженням може досягати 24 В.

Системи вищої напруги можуть забезпечити таку ж кількість електроенергії, що і системи нижчої напруги, але з меншим струмом. Це зменшення

струму може призвести до зниження втрат енергії та підвищення ефективності, що особливо важливо для великих систем, які потребують більшої потужності.

Знання номінальної напруги корисне для того, щоб переконатися, що батарея може постачати достатню кількість енергії для пристроїв або систем, які під’єднані до неї, без напруги чи зниження продуктивності.

Акумулятори відносять до вторинних джерел струму, які видають накопичену електрику. Навіть сама назва «акумулятор» походить від латинського «accumulare», що в перекладі означає «накопичувати». Завдяки цій властивості акумулятори широко використовуються в ролі джерела живлення для транспортних засобів, джерел безперебійного живлення, портативних побутових приладів, портативних контрольно-вимірювальних приладів, ліхтариків, іграшок. Крім того, ними оснащують вітро- та сонячні електростанції [2].

Свинцево-кислотна батарея складається з шести осередків, з'єднаних послідовно. Кожен осередок має напругу приблизно 2 В, що в сумі дає необхідні 12 В для коректної роботи автомобільної електросистеми.

На сьогоднішній день на ринку доступні акумулятори, створені із застосуванням різних технологій, таких як гелеві, а також акумулятори з розширеною функціональністю (EFB/AFB/ECM).

Вимірювання напруги в автомобільному акумуляторі відіграє ключову роль у його функціонуванні. Стандартна напруга для більшості акумуляторів становить близько 12 вольт. Однак, щоб забезпечити стабільну роботу, важливо, щоб його діапазон напруги був трохи вищим від цього значення. Ідеально, коли акумулятор показує 13,5 вольт, але при цьому не перевищує 14,8 вольт.

Оцінити стан АКБ можна за результатами вимірювань напруги. Якщо значення напруги нижче 12 вольт, це може свідчити про розряджену батарею. У діапазоні від 12 до 12,5 вольт можна говорити про середній заряд. А значення від 12,5 до 12,8 вольт вказують на заряджений акумулятор [2].

Мінімальна напруга, необхідна для запуску автомобіля, становить приблизно 11 вольт. Тому важливо періодично перевіряти стан акумулятора і підтримувати його зарядженість в оптимальному діапазоні.

Робота акумуляторів ґрунтується на хімічних реакціях між електродом (катодом та анодом) та електролітом, виготовлених з різних матеріалів, здатних накопичувати та віддавати електроенергію. Основними хімічними процесами акумуляторів є реакція окислення та реакція відновлення. Причому ці процеси мають зворотність. Тому акумулятори розраховані для багаторазового застосування за умови дотримання циклу заряду-розряду.

Недоліки акумуляторів: саморозряд, ефект пам'яті та погіршення роботи на холоді [2].

Саморозряд є втратою накопиченого заряду за відсутності навантаження. Навіть якщо акумулятор не використовується, зменшується заряд. Це явище проявляється по-різному у акумуляторів різних типів, проте найбільше розрядження відбувається в перші години після заряджання, після чого процес розряджання призупиняється. Наприклад, свинцево-кислотний герметичний автомобільний акумулятор за рік простою при температурі 5°С втратить до 15% заряду. В разі підвищення температури до 20°С втрати заряду становитимуть до 40%. Оскільки це неминучий процес, рекомендується періодично заряджати акумулятори, навіть якщо вони не використовуються.

Ефект пам'яті – це оборотна втрата ємності, яка властива акумуляторам із нікелю. Особливо у нікель-кадмієвих.

Холод також ускладнює експлуатацію акумуляторів, оскільки у свинцево-кислотних батарей електроліт на 75% складається з води, яка при зниженні температури розширюється. На невеликому морозі може губитись до 20% заряду.

1.3 Автомобільні акумуляторні батареї

Особливость автомобільних батарей – велика ємність. Такі батареї використовуються для запуску двигуна (після чого електрика виробляється автомобільним генератором) та живлення бортової електричної мережі при непрацюючому двигуні (наприклад, для системи мультимедіа або сигналізації).

Основними складовими АКБ є електроди та електроліт, поміщені в пластиковий корпус, а також плюсова та мінусова клеми. У акумуляторів електроди (катоди та аноди у вигляді пластин) поміщені в ємкість, заповнену електролітом. При цьому сам електроліт може бути рідким, гелеподібним чи абсорбованим. Завдяки електроліту здійснюється перенесення позитивно заряджених іонів між катодом та анодом [2].

У якості електроліту у літієвих АКБ використовується розчин літієвої солі (наприклад, гексафторфосфат літію). У свинцево-кислотних це розчин сірчаної кислоти. Іноді в процесі експлуатації деяких різновидів АКБ може знадобитися долив дистильованої води у розчин (якщо рівень розчину недостатній). Однак у виняткових випадках може виникнути необхідність поповнення електроліту (наприклад, при перевертанні батареї або зменшенні щільності через низьку концентрацію сірчаної кислоти).

Електродами у свинцево-кислотних АКБ виступають свинцеві пластини, покриті окисом свинцю та кислотою. Позитивні та негативні пластини чергуються по черзі.

Автомобільні акумуляторні батареї представлені великою різноманітністю матеріалів і можуть класифікуватися за обслуговуваністю, розташуванню полярності та типу корпусу.

Акумулятори відрізняються матеріалами електродів та електроліту. Тому виділяють дві основні групи – свинцево-кислотні та літієві, які, своєю чергою, поділяються на декілька підвидів. Також існують нікелеві, проте вони використовуються в ролі силових батарей в електромобілях.

Свинцево-кислотні (Lead-Acid) АКБ є найпоширенішим типом акумуляторів для автомобілів та інших транспортних засобів. Він складається з

електродів зі свинцевих пластин з додаванням інших речовин, що мають сітчасту структуру, та з електроліту, в ролі якого виступає розчин сірчаної кислоти. Принцип роботи свинцево-кислотних акумуляторів наступний: при підключенні до споживача окислюється свинець на катоді та відновлюється діоксид анода з виділенням води, а при перезарядці в результаті електролізу відбувається зворотний процес із виділенням кисню та водню.

Оскільки в свинцеві електроди додають різні речовини (сурма, кальцій), електроліт може мати різні стани, а конструкція представлена декількома варіантами (обслуговуваними, малообслуговуваними і необслуговуваними). Такий перелік складових зумовлює існування різних підвидів свинцево-кислотних автомобільних акумуляторів (рис. 1.3). Причому вони можуть мати кілька назв – загальні та вузькоспеціалізовані, а самі різновиди можуть вказуватися по-різному, через що часто виникає плутанина в позначеннях. Тому все залежить від критерію класифікації [3].



Рисунок 1.3 - Різні підвиди свинцево-кислотних автомобільних акумуляторів

Якщо відштовхуватися від стану електроліту, то розрізняють рідкі (WET), абсорбовані (AGM), гелеві (GEL) та желеподібні (Dryfit). Якщо ж за критерій взяти конструкцію, то виділяють заливні та герметизовані з клапанами, які регулюються (позначаються VLRA або SLA).

WET (Wet cell battery, flooded battery) – рідка або залита АКБ. Це «класичний» різновид свинцево-кислотних акумуляторів. Характеризується використанням рідкого електроліту, який складається із сірчаної кислоти та дис-

тильованої води. Через це їхню назву дослівно перекладають, як «батарея з вологим (мокрим) елементом». Це загальна назва всіх батарей з рідким електролітом, незалежно від особливостей конструкції. Вони відрізняються доступом до електроліту. А оскільки таке позначення використовується виробниками, його можна розглядати як різновид свинцево-кислотних акумуляторів.

Переваги цієї групи – низька ціна, доступність, високий ККД (у різних джерелах дані відрізняються, але вказуються показники від 80 до 95%). Крім того, залиті свинцево-кислотні акумулятори підлягають вторинній переробці. Недоліки: виділення водню під час роботи і заряджання (через що потрібна вентиляція та особливі умови зберігання); витікання електроліту при перекиданні; менша швидкість заряджання в порівнянні з абсорбованими (AGM); великі габарити та вага; чутливість до мінусових температур; чутливість до глибокого розряду (здатний витримати лише 10-30 циклів); витримують малу кількість циклів заряду-розряду (приблизно 100-300) [3].

AFB – герметичний рідкий (залитий) акумулятор, який не обслуговується. Підвид WET батарей, створений для бюджетних автомобілів, обладнаних системою Start-Stop (використовується для автоматичного вимикання двигуна при зупинці з наступним миттєвим запуском при відпусканні гальма педалі; дозволяє економити паливо). Назва походить від абревіатури «Advanced Flooded Battery», яка перекладається: «Розширена залита батарея». Відрізняється спеціальним покриттям пластин. Вони мають товщу сітку на пластинах.

Також існує підвид EFB (Enhanced Flooded Battery): «Покращена залита батарея», який є подальшим удосконаленням AFB-акумуляторів.

VLRA (SLA) – герметизована рідка (залита) АКБ типу, яка не обслуговується, з спеціальним клапаном, який стравлює гази. Він відкривається, коли накопичуються гази під тиском 100-200 мБар. За властивостями такі акумулятори нагадують WET батареї, але не вимагають обслуговування та доливання води [3].

Аббревіатури розшифровуються так: VLRA – Valve Regulated Lead Acid (в дословному перекладі: «свинцево-кислотний з регульованим клапаном»); SLA – Sealed Lead Acid Battery (перекладається як: «герметизована свинцево-кислотна батарея»). Акумулятори ємністю до 30 А·ч називають SLA, а більше 30 А·ч – VLRA.

AGM VRLA (Absorbent Glass Mat Valve Regulated Lead-Acid) – герметична АКБ, який не обслуговується, з абсорбованим електролітом. Вважається підвидом акумуляторів VLRA/SLA. Характерною особливістю є наявність абсорбенту (переважно скловолокна) для рекомбінації газів та утримування електроліту. При цьому рекомбінація газів становить до 99%.

Переваги абсорбованих акумуляторів: відсутність необхідності обслуговування, при перевертанні не розливається електроліт, тривалий термін служби (5-12 років), витримують глибокий розряд (до 200 повних розрядів). Недоліки: висока ціна, можуть заряджатися лише від спеціальних зарядних пристроїв, великі розміри і вага, чутливість до перезарядів і короткого замикання.

GEL VRLA (GEL Valve Regulated Lead-Acid) – герметична АКБ, які не обслуговується, з гелеподібним електролітом (за рахунок додавання силіконового наповнювача). Вважається підвидом акумуляторів VLRA/SLA. У такого акумулятора трохи менша ефективність рекомбінації газів, ніж у абсорбованого.

На відміну від акумуляторів AGM-типу, здатні витримати більше 1000 циклів глибоких розрядів, а також витримують велику кількість циклів розряду-заряду (переважно вдвічі більше, ніж у AGM батарей). До інших переваг відносять тривалий термін служби (6-10 років), можливість встановлення в будь-якому положенні (при перевертанні не витікає електроліт), відсутність необхідності обслуговування. До недоліків відносять високу вартість, необхідність використання спеціальних зарядних пристроїв, чутливість до перезаряду [3].

Літієві акумуляторні батареї є найбільш сучасними і перспективними. Їх відрізняє висока енергоємність на одиницю ваги, висока напруга та низький саморозряд. Найчастіше такі АКБ використовують у обладнанні з високим енергоспоживанням або за потреби довгої автономності (рис. 1.4).



Рисунок 1.4 – Літієві акумуляторні батареї

До даної групи відносяться літій-іонні та літій-залізо-фосфатні.

Li-Ion – літій-іонні АКБ. Акумулятори типу, які не обслуговується. Характеризується наявністю BMS плати, яка контролює процес зарядки та розрядки, а також забезпечує вимірювання напруги, струму, опору. У більшості сучасних повністю електричних транспортних засобів та PHEV використовуються саме літій-іонні акумулятори [3].

Сучасні літій-іонні акумулятори мають анод із металевого літію або графіту, а катод із вуглецю. Електроліт рідкий є розчином солей літію. Якщо ж електроліт полімерний – така батарея називається літій-полімерною (Li-Pol).

Відрізняються договічністю, високим робочим струмом, малими розмірами та вагою. Витримують низькі температури. Недоліки – погано заряджаються на морозі, погано переносять перезаряди. Вимагають використання спеціальних зарядних пристроїв.

LiFePO4 – літій-залізо-фосфатні АКБ не обслуговуються. На відміну від літій-іонних батарей у якості анодного матеріалу застосовується фосфат заліза. Батарея LiFePO4 має перевагу перед літій-іонною як з точки зору терміну служби (в 4-5 разів довше), так і з точки зору безпеки. Це ключова перевага, тому що літій-іонні батареї можуть перегрітися і навіть спалахнути, а

LiFePO4 ні. До інших переваг такого акумулятора відносять відмінну морозостійкість (діапазон експлуатаційної температури становить –30°С…+55°С). Крім того, він витримує до 2000 циклів розряду і заряду та має низьку схильність до саморозряду. Також можливе швидке заряджання великим струмом (15-30 хвилин). Плюс – відсутність ефекту пам'яті. До недоліків відносять низьку ємність у порівнянні з літій-іонними, а також необхідність використання спеціальних зарядних пристроїв.

Класифікація в залежності від обслуговування акумулятора [3]

За обслуговуваністю розрізняють АКБ, які обслуговуються, мало обслуговуються і не обслуговуються.

Акумуляторні батареї, які обслуговуються, мають прямий доступ до «банок» через пробки. Такі АКБ вимагають періодичного доливання води та контролю рівня електроліту. Особливістю цієї групи є можливість заміни комірок. Але при цьому такі батареї характеризуються малим пусковим струмом та чутливі до низьких температур. Цей різновид до недавнього часу був основним, проте зараз він витісняється акумуляторами, які мало обслуговуються і не обслуговуються.

Акумуляторні батареї, які мало обслуговуються, відрізняються наявністю однієї пробки для додавання дистильованої води в електроліт.

Акумуляторні батареї, які не обслуговуються, відрізняються повністю закритим корпусом без доступу всередину. На кришці відсутні отвори для доливання води. Найчастіше це гелеві та абсорбовані батареї.

1.4 Контроль параметрів акумуляторних батарей

Надійність акумуляторних батарей, які використовуються в системах 12 В та 24 В , залежить від режимів заряду і експлуатації.

Одна з основних проблем при заряді акумуляторної батареї - це нерівномірний заряд окремих акумуляторів в батареї. З зростанням кількості аку-

муляторів, відбувається різке зниження надійності і довговічності батареї. Вирішення цієї проблеми дозволить перейти на вищу робочу напругу, збільшуючи кількість акумуляторів в батареї, і одночасно понизити номінальні струми і перетин провідників мережі систем безперебійного живлення.

Перевищення граничних параметрів напруги і температури при заряді наводить до скорочення термінів експлуатації [4].

Термін служби акумуляторів знижується по наступних причинах:

- осипання активної маси пластин в шлам, яке усувається за допомогою інгібіторів (сповільнювачів корозії), які вводяться в активну масу позитивних пластин;

- сульфатація пластин при розряді (саморозряді) і тривалому зберіганні, яка сповільнюється вживанням «плаваючого заряду» (Float charge).

Саморозряд кислотних акумуляторів складає 100...200 мА на 100 А·ч і це наводить до передчасного виходу їх з строю. Тому вміст акумуляторів в режимі «плаваючого заряду» визнаний єдиним способом продовження їх терміну служби [5]. У виробничих умовах вимір і стабілізація струму саморозряду на фоні струму навантаження скрутно. Зарядний пристрій в номінальному режимі забезпечує заряд акумуляторної батареї стабільною напругою. Для компенсації процесів саморозряду (і супутньої сульфатації) необхідно підтримувати різницю потенціалів між пластинами на рівні 150 мВ. При цьому поляризація пластин створює умови для відновних процесів на пластинах. Поляризаційна різниця потенціалів між пластинами визначається таким чином:

$$\Delta\varphi = I_C R_0$$

де I_C - струм батареї; R_0 – внутрішній опір елемента.

Різниця потенціалів додається до ЕРС холостого ходу в режимі «плаваючого заряду». Наприклад, при ЕРС акумуляторів 2,06 В (але може бути і інше значення 2,04...2,14 В, залежно від щільності електроліту) напруга «плаваючого заряду» дорівнюватиме 2,06 + 0,15 = 2,21 В/елемент.

Підвищення поляризаційної різниці потенціалів між пластинами і напруги «плаваючого заряду» не наводить до збільшення терміну служби, а лише до «википання» електроліту і руйнування пластин.

Із-за відмінності у внутрішніх опорах окремих елементів, поляризаційна різниця потенціалів між пластинами різних елементів батареї різна. Для того, щоб мінімальна напруга на елементі батареї, який «відстає по напрузі», забезпечувала поляризаційну різницю потенціалів 150 мВ, доводиться збільшувати напругу на батареї. Якщо напруга вибрана більше приведеного вище значення, то елементи, які «випереджають по напрузі», мають поляризаційну різницю потенціалів між пластинами більше 150 мВ. Унаслідок технологічної різниці у внутрішніх опорах елементів і підвищеної напруги «плаваючого заряду» відбуваються два процеси, які наводять, зрештою, до виходу з строю елементів батареї:

- «температурний розгін» напруги на елементах;

- википання електроліту в акумуляторах, які «випереджають по напрузі».

«Температурний розгін» напруги на елементах полягає в тому, що внутрішній опір акумулятора має негативний температурний коефіцієнт. Батарея, яка знаходиться під напругою вище необхідного для компенсації саморозряду, виділяє зайву енергію в тепло. Наслідком тепловиділення є нагрів і зменшення внутрішнього опору акумуляторів. Зменшення внутрішнього опору елементів, при стабільній напрузі на батареї, наводить до підвищення потужності, яка виділяється на них, і нагріву. У свою чергу, підвищення температури акумулятора на 10°С знижує термін його служби удвічі [5].

Таким чином, підвищеній буферній напрузі супроводять два процеси [6]:

- збільшення розкиду параметрів елементів батареї;

- википання води з електроліту і осипання в шлам пластин.

Зниженій буферній напрузі відповідає сульфатація пластин.

Википання води з елементів супроводиться втратою ємності. Відомо, що втрата 10% води наводить до виходу з строю елемента по умові зниження ємкості до 80% від номінальної. Деякі фірми для компенсації втрати води виготовляють акумулятори з надлишковим об'ємом електроліту. Можлива компенсація википання води, коли напруга «плаваючого заряду» для негерметичних акумуляторів вибирається на порозі кипіння електроліту і його величина достатня для компенсації саморозряду самого «відстаючого» елементу батареї.

Внутрішній опір акумулятора має негативний температурний коефіцієнт, отже при пониженні температури поляризація пластин зменшуватиметься. При недостатній поляризації акумулятор саморозряджається і йде сульфатація пластин.

Зниження напруги «плаваючого заряду», як і зниження температури, ведуть до саморозряду. Саморозряд наводить до зменшення гарантованого часу розряду до кінцевої напруги. Сульфатація зменшує ефективну площу пластин і максимальну фактичну ємкість.

Підвищення напруги «плаваючого заряду», як і підвищення температури, ведуть до втрати води і осипання пластин - старіння акумулятора.

Зміна температури і зарядної напруги однаково впливають на довговічність акумуляторів. Підвищення будь-чого з них веде до втрати води, пониження - до сульфатації.

Як старіння, так і сульфатація наводять, кінець кінцем, до виходу з ладу акумулятора по критерію зниження фактичної ємності нижче 80% від номінальної.

Існує оптимальна з точки зору ресурсу і довговічності напруга «плаваючого заряду» для кожного значення температури батареї. Проте, відносна зміна температури менш істотно позначається на ресурсі батареї, чим відносна зміна напруги. В деякій мірі збільшенням напруги «плаваючого заряду» можна компенсувати зменшення температури і навпаки, зменшенням напруги компенсувати її підвищення [7].

Поважно відзначити, що термокомпенсація напругою заряду для герметичних батарей служить єдиним способом досягнути компромісу між сульфітацією і втратою води, оскільки компенсація цієї втрати неможлива.

Всі доступні для розгляду технічні умови експлуатації акумуляторів різних фірм вимагають термокомпенсації напругою «плаваючого заряду». В даний час фірми виготівники джерел живлення (YUASA, SIEMENS, ABB, TeleNokia, ITALTEL, Ericsson Nikola Tesla) випускають випрямлячі, які підтримують режим термокомпенсації «плаваючого заряду». Вітчизняних випрямлячів такого класу в даний час немає. На рисунку 1.5 приведена типова залежність напруги «плаваючого заряду» від температури, яка підтримується вказаними вище випрямлячами [8].

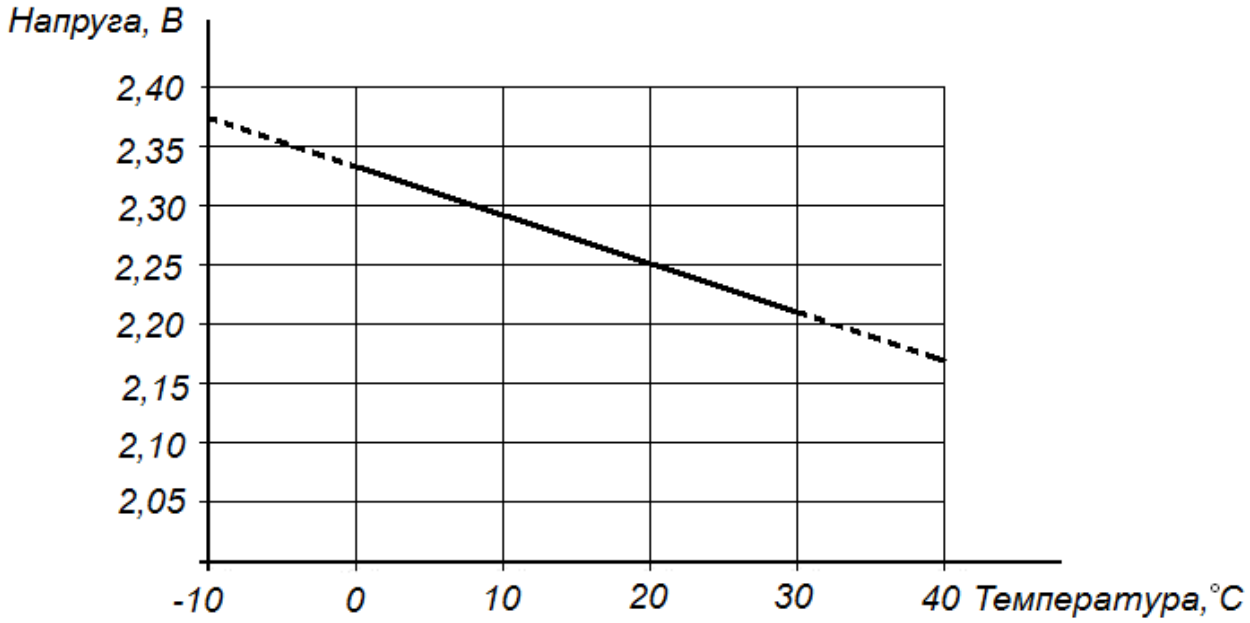


Рисунок 1.5 – Залежність напруги заряду від температури

Для забезпечення довгострокової експлуатації акумуляторної батареї необхідний зарядний пристрій, який враховує температурний розгін на акумуляторах батареї і обмежує зростання напруги на повністю заряджених елементах. Пристрій складається з силової частини і схеми виміру і контролю.

Контролер постійно виконує виміри температури і напруги на акумуляторах батареї. Якщо свідчення виміряної температури перевищують грани-

чно допустимі значення, то заряд припиняється до тих пір, поки температура не нормалізується. Якщо напруга на акумуляторі перевищує граничний рівень, то пристрій починає обмежувати його. Для забезпечення оптимального режиму заряду і підтримки необхідної величини поляризації, контролер змінює максимальний допустимий рівень зарядної напруги залежно від температури акумулятора. Обмеження напруги на акумуляторах можливо різними способами [9].

1. Спосіб обмеження напруги за допомогою пасивних компонентів передбачає, що до акумуляторів батареї, на яких напруга заряду перевищує максимальний рівень, паралельно силовим ключам підключають резистивне навантаження. Зарядний струм через акумулятор зменшується. Основні переваги даного способу – простота реалізації і низькі вимоги до швидкодії системи управління. Недоліки – ступінчастість регулювання струмів і втрати потужності на нагрів.

2. Спосіб обмеження напруги за допомогою активних напівпровідникових силових елементів передбачає паралельне підключення до акумуляторів, на яких підвищений рівень напруги, регульованих силових елементів. При цьому способі струм заряду протікає через силовий напівпровідниковий елемент і напруга знижується. Достоїнства даного способу: плавність регулювання струмів навантаження і простота виконання. Недоліки – необхідність відведення тепла від напівпровідникових силових елементів.

3. Спосіб обмеження напруги з рекуперацією енергії заряду передбачає використання ШІМ перетворювача, який підключається до акумуляторів з підвищеним рівнем напруги. При цьому способі напруга знижується за рахунок «перекачування» енергії від акумулятора до зарядного пристрою. Достоїнства даного методу: малі втрати енергії, плавність регулювання струмів навантаження і висока швидкодія. Недоліки: складність силової частини і висока вартість пристрою.

Структурна схема блоку контролю і вимірів представлена на рисунку 1.6

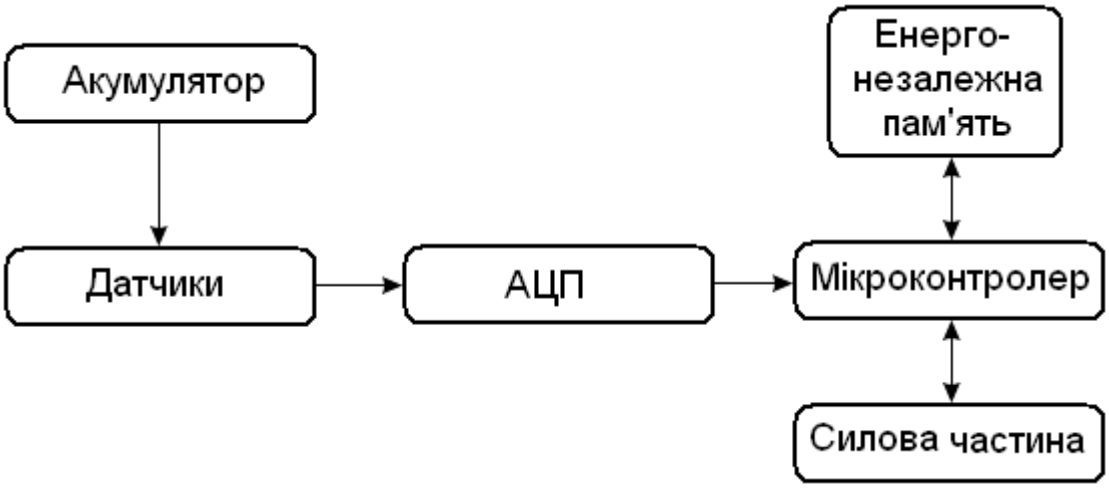


Рисунок 1.6 - Структурна схема блоку контролю і вимірів

Вимірювальна частина підключається безпосередньо до кожного акумулятора батареї і складається з температурного датчика і датчика напруги. За допомогою АЦП відбувається вимір температури і напруги і передача отриманих результатів в мікроконтролер. Залежність напруги від температури зберігається у вигляді таблиць в пам'яті контролера. Контролер виконує порівняння виміряних результатів з результатами які зберігаються в пам'яті, і видає управляючі сигнали для силової частини пристрою обмеження напруги.

1.5 Схема контролю заряду акумуляторної батареї

Останніми роками широко використовуються схеми контролю напруги хімічних джерел живлення, де як індикатор використовується один або декілька світлодіодів. При цьому рідке миготіння зеленого світлодіода контрольного пристрою свідчить про те, що напруга на батареї в нормі, а миготіння червоного світлодіода свідчить про розряд батареї нижче за допустиму напругу [10].

Розглянемо схему контролю напруги джерела живлення, яка володіє досить високою стабільністю роботи (рис. 1.7).

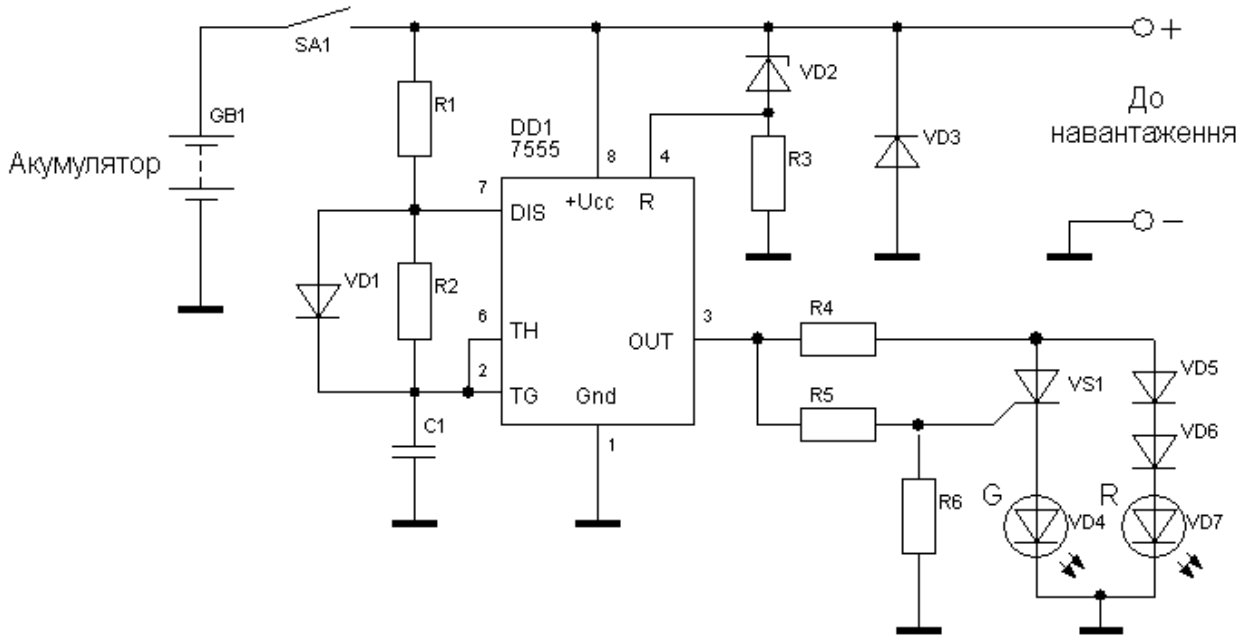


Рисунок 1.7 - Схема контролю напруги джерела живлення

Схема побудована на інтегральному таймері серії 7555. Це КМОП-аналог імпортного таймера 555 або вітчизняного КР1006ВІ1. Використання цієї мікросхеми дозволяє зменшити вжиток струму схемою контролю, що особливо важливе для пристроїв, які живляться від акумуляторних батарей.

Мікросхема DD1 включена як мультивібратор. Заряд конденсатора С1 відбувається через резистор R1 і діод VD1. Розряд цього конденсатора відбувається через резистор R2 і відкритий розрядний транзистор мікросхеми DD1 через вивід 7. Відмінність номіналів резисторів R1 і R2 вдесятеро забезпечує велику шпаруватість вихідних імпульсів таймера DD1, що енергетично дуже доцільно.

При зменшенні напруги контрольованої акумуляторної батареї нижче певної межі, отримується інформація. Для цього вивід 4 DD1 живиться падінням напрузі на резисторі R3. У свою чергу, цей резистор підключений до контрольованого джерела напруги (батареї) через стабілітрон VD2. Напруга стабілізації стабілітрона VD2 для цієї схеми (при роботі з батареєю визначена як 10,2В. Таким чином, мінімальна допустима напруга на батареї задана 10,2В.

Якщо напруга на батареї в нормі, то періодично (при формуванні на виході IMC DD1 короткого позитивного імпульсу) спалахуватиме обидва світлодіода G і R світлодіодної збірки (DD4, DD7), і збірка світитиметься жовтим кольором. У міру пониження напруги на батареї до приблизно 11,8В тиристор VD1 перестане відмикатися, і спалахуватиме лише червоний світлодіод збірки. Це свідчить про те, що батарею треба ставити на зарядку. Коли напруга на батареї стане нижча 10,2В, світлодіоди перестануть спалахувати – батарея повністю розряджена.

Для «дозволу» роботи таймера DD1 в режимі мультивібратора необхідно, аби напруга на виводі 4 цієї мікросхеми перевищували приблизно 0,6В. При меншій напрузі робота таймера блокується, і на виході (вивід 3) присутній низький потенціал.

1.6 Контроль температурного режиму розряду або заряду акумуляторів

Оптимальна температура експлуатації більшості типів акумуляторних батарей - +15-25 °С. Як правило, при мінусових температурах спостерігається значне зниження ємкості акумуляторних батарей, робота ж в умовах високих температур довкілля сприяють розвитку деградаційних процесів усередині акумуляторів, прискорюючи процеси старіння і істотно скорочуючи термін їх служби [8].

Так, наприклад, термін служби нікель-металгідридних і герметичних свинцево-кислотних акумуляторів (технології AGM), які не обслуговуються, в умовах високих температур буде істотно нижчий, ніж при нормальній (близькою до кімнатної) температурі. Не дивлячись на те, що робоча температура нікель-металгідридних акумуляторів встановлюється більшістю виробників на рубежі: -60...+55 °С (-40...+55), оптимальною для їх роботи вважається температура в 20°С. Виконання заряду і розряду даного типу батарей при високих температурах веде до безповоротного істотного зниження їх ємкості.

Якщо експлуатувати акумуляторні батареї вказаного типу при температурі 30ºС – термін їх життя скоротиться не менше, ніж на 20%, якщо ж експлуатація буде проводиться при 40°С, то втрати ємкості будуть ще істотніші – до 40%, а при 45°С – до 50%. Аналогічна ситуація спостерігається і в роботі нікель-кадмієвих і герметичних свинцево-кислотних акумуляторів AGM. У Ni-Cd акумуляторів досить великий діапазон робочих температур, проте вони не зовсім стійкі до високих температур, хоч і вказана властивість виражається у них не настільки яскраво, як в нікель-металгідридних. Що стосується герметичних свинцево-кислотних батарей AGM, те підвищення температури експлуатації на кожних 10 градусів вище 25°С. призводить до зниження терміну служби акумулятора в 1,5 рази. Перевищення температури в 45-50°С для них згубно.

Робота в умовах високих температур наводить до прискорення процесів старіння і збільшення внутрішнього опору в більшості типів іонних для літію акумуляторних батарей. Виключенням є фосфатні (LiFePo4) і літій-полімерні (Li-pol) акумулятори. Такі акумулятори стійкі до температури до 60°С. Літій-полімерні акумулятори з сухим електролітом добре пристосовуються до підвищення температури умов експлуатації. Чим вище буде температура довкілля, тим інтенсивніше в них пробігатимуть іонообмінні процеси.

1.7 Контроль внутрішнього опору акумуляторів

Внутрішнім опором акумулятора прийнято називати опір, який надається акумуляторною батареєю проходженню через неї постійного розрядного або зарядного струму. Збільшення внутрішнього опору веде до швидкого падіння напруги і, як наслідок, до зниження ємкості і струмовіддачі.

Внутрішній опір акумулятора є важливою характеристикою. По ньому точно визначається загальний стан батареї та ресурс, який залишився. Тестери АКБ розраховують максимальний пусковий струм на основі внутрішнього опору. Щоб виміряти цей параметр точно, потрібний спеціальний прилад [9].

Внутрішній опір АКБ - це опір, який акумулятор надає електричному струму, який протікає через нього. Чим він нижче, тим краще. Схематично його можна уявити як джерело ЕРС з послідовно підключеним до нього резистором.

Фізично внутрішній опір автомобільного акумулятора складається з кількох факторів, які зумовлені його будовою. Найменше на це впливає свинець, з якого виготовлені пластини і клеми АКБ.

Електроліт у зарядженому акумуляторі містить багато сірчаної кислоти і є добрим провідником електричного струму. В електроліті розрядженого акумулятора кислоти мало, і він більше складається з дистильованої води, яка погано проводить струм.

Найвагоміший чинник, який впливає на внутрішній опір АКБ, це площа активних свинцевих пластин. Коли батарея нова, ця площа максимальна, так як пластини не закриті сульфатом свинцю. Коли сульфатів багато, вони зменшують активну площу, яка може контактувати та взаємодіяти з електролітом. Це явище називається сульфітацією і воно дуже впливає на внутрішній опір акумулятора автомобіля.

У новому акумуляторі також може спостерігатися внутрішній опір, який перевищує норму. Основна причина – виробник зекономив на свинці, скоротивши кількість пластин, що безпосередньо впливає на цю характеристику АКБ. У процесі експлуатації свинцеві пластини мають властивість руйнуватися та обсипатися. Цей процес також збільшує внутрішній опір АКБ, знижуючи інші його характеристики.

Нормальний внутрішній опір справного зарядженого акумулятора з рідким електролітом знаходиться в межах 4…6 мОм. У AGM він нижче за рахунок специфічної будови 3…4 мОм. Через 4 роки експлуатації цей параметр може збільшитись до 13…15 мОм. Якщо внутрішній опір кислотного акумулятора перевищує 20…30 мОм, він вважається непридатним для подальшої експлуатації.

Виміряти внутрішній опір АКБ за допомогою звичайного омметра неможливо. Зумовлено це тим, що акумулятор це не тільки резистор, але і джерело ЕРС, яке з ним увімкнене послідовно. Найпростіший і найдоступніший спосіб знайти внутрішній опір акумулятора - це виміряти падіння напруги на його виводах під відомим навантаженням. Потім, використовуючи закон Ома, розрахувати опір за цією формулою:

$$R = \frac{U}{I},$$

де R - внутрішній опір АКБ; U - падіння напруги під відомим навантаженням; I - відоме навантаження.

Цей метод програмно закладено у тестерах внутрішнього опору акумуляторів. Також його можна застосувати для розрахунку за допомогою простого мультиметра.

Вимірювання внутрішнього опору АКБ за допомогою спеціального тестера - це найпростіший і досить точний спосіб. У пристрій необхідно ввести вихідні дані та підключити його до виводів акумулятора. Тестер виміряє напругу без навантаження, потім навантажить АКБ невеликим струмом, і з падіння напруги розрахує внутрішній опір.

Більшість тестерів для автомобільних акумуляторів попутно відображають максимальний пусковий струм. Для обчислення максимального пускового струму прилад використовує виміряний внутрішній опір та введене користувачем номінальне значення напруги АКБ.

Для вимірювання внутрішнього опору акумулятора знадобиться мультиметр і якесь навантаження відомої потужності. Найпростіше використовувати автомобільну лампу. Щоб дізнатися, який струм вона споживає, потрібно поділити потужність на номінальну напругу АКБ. Наприклад, автомобільна галогенова лампа ближнього світла на 50 Вт споживає струм 50 : 12 = 4 А. Щоб отримати точніші дані, можна підключити послідовно з навантаженням амперметр.

Внутрішній опір акумулятора вимірюється за таким алгоритмом:

- вмикається мультиметр у режим вимірювання постійної напруги до 20 В;

- підключаються щупи до виводів АКБ;

- підключається до акумулятора навантаження;

- фіксується напруга;

- вмикається навантаження;

- фіксується напруга без навантаження.

- розраховується різниця між напругою без навантаження та з навантаженням.

- ділиться отримане падіння напруги на струм, споживаний навантаженням.

- розраховане значення буде внутрішнім опором АКБ.

Повним внутрішнім опором акумулятора прийнято називати опір, надаваний проходженню через акумулятор постійному розрядному або зарядному струму

$$r = r_n + \frac{E_ж}{I_р},$$

де r_n – опір поляризації.

Опір поляризації зменшується з збільшенням сили струму з зниженням температури.

Омічний опір акумулятора складається з опорів електродів, електроліту, сепараторів, між елементних перемичок та інших струмопровідних деталей

Метою роботи являється розробка системи контролю параметрів, яка забезпечить підтримку оптимальної роботи акумуляторних батарей 12 В і 34 В, а також покращить їх продуктивність та надійність.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- здійснити моделювання та розробку контролера напруги зарядки акумуляторної батареї;

- розробити пристрій виміру внутрішнього опору акумуляторної батареї;

- провести аналіз результатів розробки, з метою виявлення ефективності та можливості впровадження в системах безперебійного живлення.

2 Розробка системи контролю напруги і ступеню заряду акумуляторних батарей 12 В та 24 В

Технології в галузі накопичення електроенергії в останні роки стрімко пішли в гору і налічують величезний асортимент акумуляторних батарей для систем безперебійного живлення. Саме для них найбільш актуально розробляти системи контролю параметрів.

2.1 Розробка блоку контролю ресурсу акумуляторних батарей

Блок контролю призначений для повного контролю ресурсу акумуляторних батарей 12 В та 24 В. За допомогою цього блока можна здійснювати керування напругою, ступеню заряду, температурою, ємністю (рис. 2.1).

Акумуляторна батарея накопичує електроенергію від зарядного пристрою та дозволяє забезпечити безперервну роботу джерел безперебійного живлення (ДБЖ).

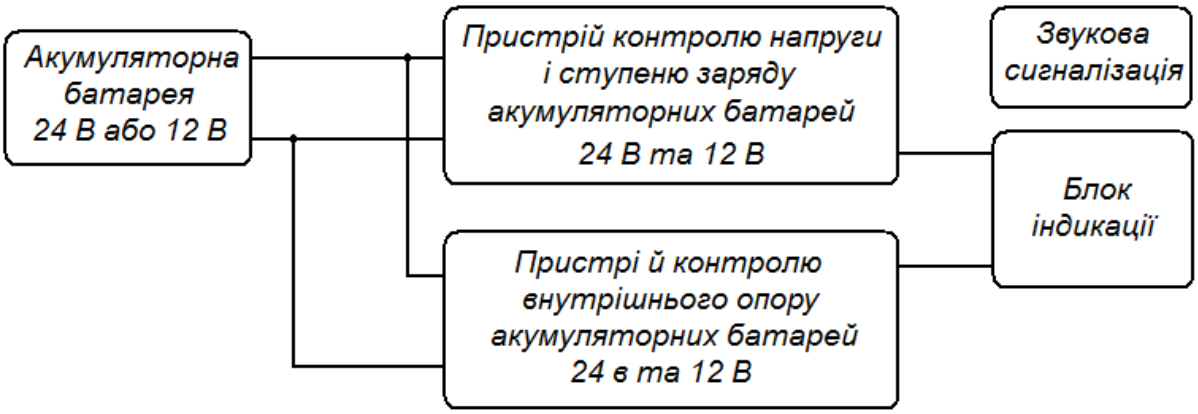


Рисунок 2.1 – Функціональна схема блока контролю ресурсу акумуляторних батарей

Оскільки працездатність ДБЖ безперечно залежить від ступеня зарядженості акумуляторних батарей, в блок керування потужністю пристрій

безпосередньо вбудований блок контролю стану батареї. Світлова та звукова індикація дозволяє оцінити робочий стан джерела енергії.

Блок керування містить пристрій контролю напруги, який вказує на стан (ступінь заряду) акумуляторних батарей. Встановлене співвідношення між кількістю запасеного в батареї заряду і напругою на ній. Як видно з рисунка 2.2, це відношення майже завжди лінійно [10].

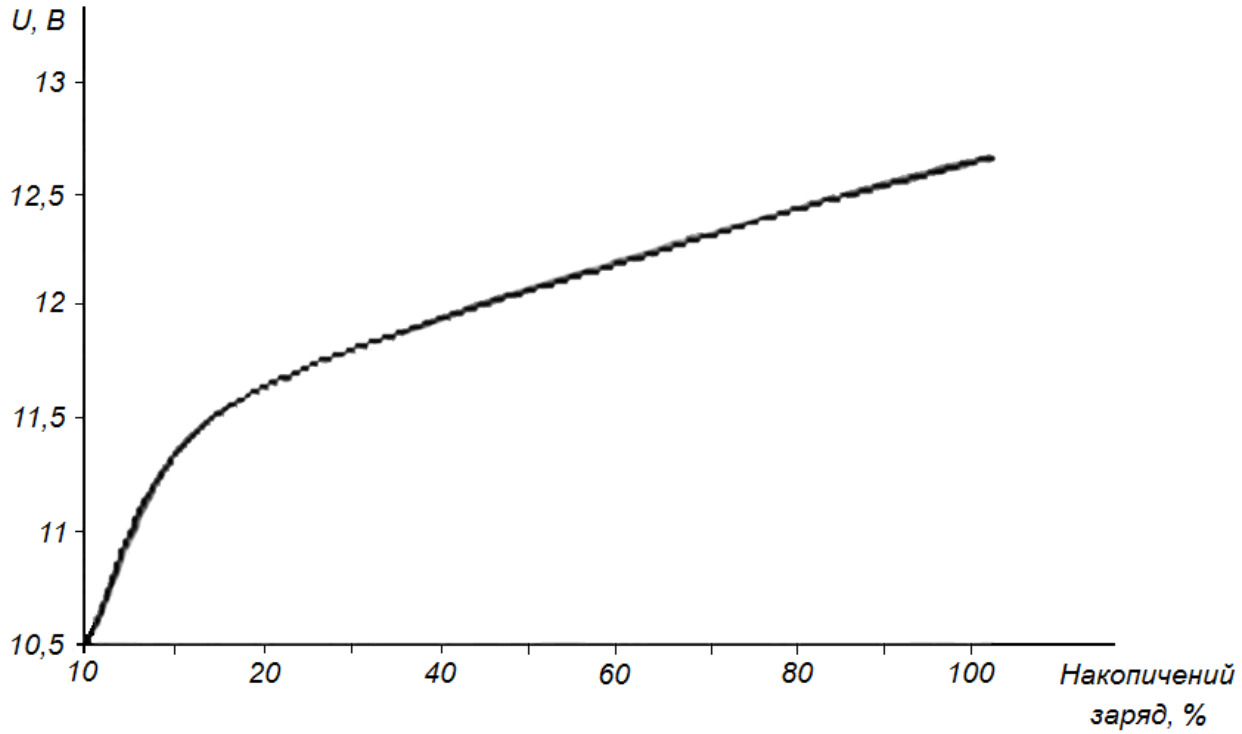


Рисунок 2.2 - Залежність між напругою і ступенем заряду батареї

Область заряду, яка нас цікавить, лежить в межах 70…80 % від повного заряду батареї. Саме досягши такої міри заряджання починається газовиділення і необхідно змінити зарядний струм. Для 12-вольтової батареї в цій точці напруга складає 12,6 В. Повністю заряджена батарея розвиває напругу 13,2 В.

Визначаючи напругу на батареї, можна регулювати зарядний струм. Якщо напруга нижче 12,6 В, то акумуляторні елементи містять менше 80 % заряду і регулятор видає повний зарядний струм. Коли ж напруга на батареї піднімається вище 12,6 В, необхідно понизити зарядний струм.

В пристрої контролю напруги і ступеню заряду акумуляторних батарей, для індикації напруги використаємо світлову смужку, яка сформована десятьма сітлодіодами виведеними на панель корпусу блоку керування. Шкала зчитування побудована таким чином, що кожний наступний світлодіод запалюється при збільшенні напруги на 0,5 В. Якщо горить перший світлодіод, напруга становить 10,5 В, якщо другий 11 В, якщо третій 11,5 В і т. д. до 15 В.

2.2 Схема індикації пристрою контролю напруги

Згідно з умовами індикаторного контролю напруги необхідно використати компаратори, які відносно опорної напруги будуть здійснювати керування сітлодіодами світлової смужки.

Компаратор служить для порівняння змінної напруги $E_{вх}$ з еталонною і фіксації моменту рівності цієї напруги. Фіксація рівності характеризується ступінчастою зміною полярності вхідної напруги [11].

Схеми простих компараторів (пристроїв, які порівнюють два вхідних сигнала) з використанням ОП і часові діаграми, які пояснюють їх роботу, представлені на рисунку 2.3.

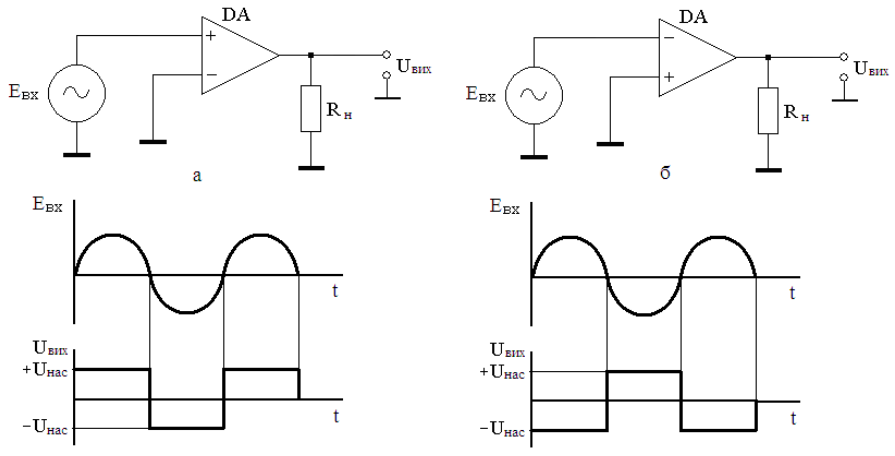


Рисунок 2.3 - Прості компаратори і часові діаграми їх роботи: а – подача опорної напруги на інвертуючий вхід; б – подача опорної напруги на неінвертуючий вхід

Вихідна напруга ОП залежить від різниці напруги на його входах $E_Д = U_{ВХ}(+) - U_{ВХ}(-)$, де $U_{ВХ}(+)$ і $U_{ВХ}(-)$ – напруги на неінвертуючому і інвертуючому входах підсилювача. Тому для ОП справедливо:

$$U_{ВИХ} = K \cdot E_Д, \qquad (2.1)$$

На схемі (рис. 2.3, а) на вхід (–) подана опорна напруга землі (0 В). До входу (+) прикладена напруга, яку порівнюють з опорною. Як випливає з (6.26) вихідна напруга $U_{ВИХ}$ міняє знак при зміні полярності $E_{ВХ}$ ($E_Д = E_{ВХ} - 0$). При позитивній півхвилі вхідної напруги $U_{ВИХ} = +U_{НАС}$, при негативній – $U_{ВИХ} = -U_{НАС}$. При заземленні (+) входу (рис. 2.3, б), спостерігається протилежна картина ($E_Д = 0 - E_{ВХ}$).

Обидві схеми (рис. 2.3) дозволяють отримати наступну інформацію про вхідний сигнал: полярність $E_{ВХ}$, момент рівності $E_{ВХ}$ нулю і напрям зміни $E_{ВХ}$ при $E_{ВХ} = 0$. Дані компаратори називають також детекторами нульового рівня [12].

Як опорну напругу можна використовувати спеціальне джерело (рис. 2.4). Вхідна напруга порівнюється з $U_{ОП} > 0$. Для здобуття опорної напруги можуть використовуватися резистивні дільники і параметричні стабілізатори.

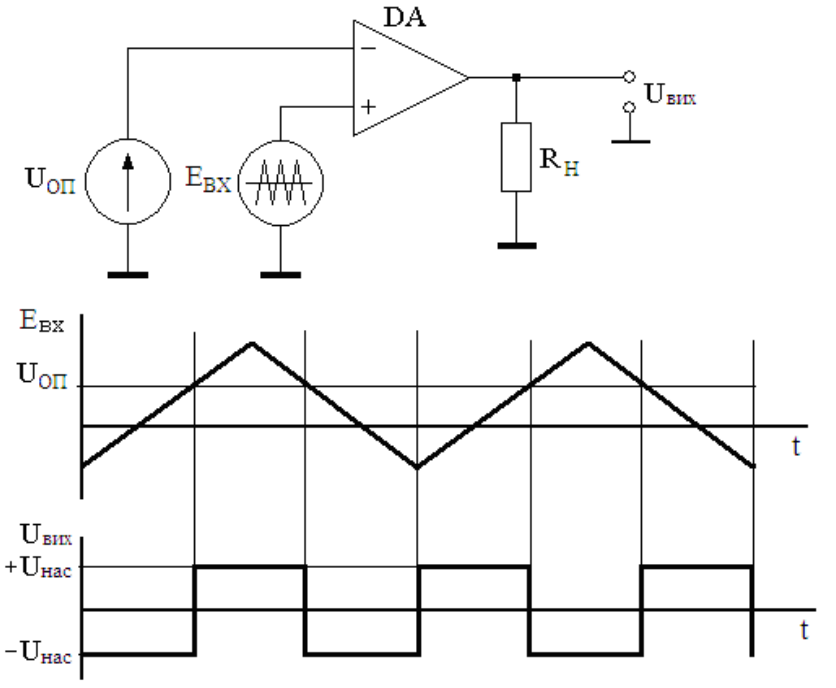


Рисунок 2.4 - Детектор ненульового рівня і часова діаграма його роботи

Для схеми з дільником напруги на рисунку 2.5, а

$$U_{ОП} = \frac{+E_{Ж} \cdot R2}{(R1 + R2)}$$

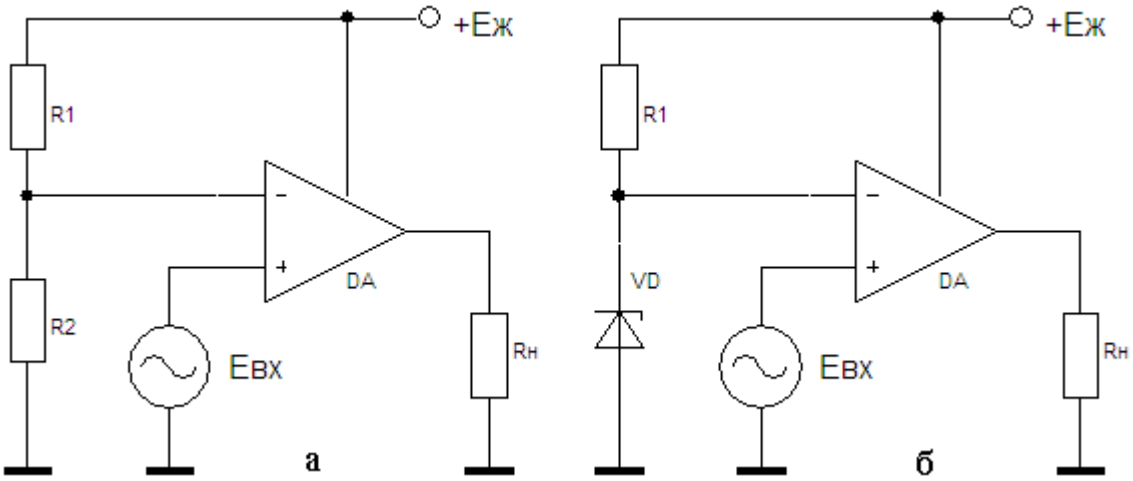


Рисунок 2.5 - Отримання опорної напруги від джерела живлення: а – схема з дільником напруги; б – схема з стабілітроном

Змінюючи опір одного з резисторів можна регулювати $U_{ОП}$. Використання стабілітрона *VD* в схемі на рисунку 2.5, б, дозволяє набути стабільнішого значення $U_{ОП}$ в разі зміни напруги джерела живлення.

Як навантаження компаратора можуть використовуватися різні індикатори (стрілочні, світлодіодні та ін.) або електронні схеми. При цьому виникає завдання: узгодження компаратора з конкретним навантаженням.

Розглянуті вище пристрої є простими компараторами і знаходять обмежене використання. Більшого поширення набули компаратори з позитивним зворотним зв'язком, що підвищує надійність спрацьовування.

Компаратори (рис. 2.3 – 2.5) дуже чутливі до зміни вхідного сигналу поблизу опорного рівня. При цьому виникають помилкові спрацьовування (рис. 2.6). Ситуація погіршується, якщо $E_{ВХ}$ міняється дуже повільно і в сполучних дротах наводяться паразитні ЕРС.

Стійкішими до дій перешкод є компаратори з позитивним зворотним зв'язком, які називаються тригерами Шмітта [12].

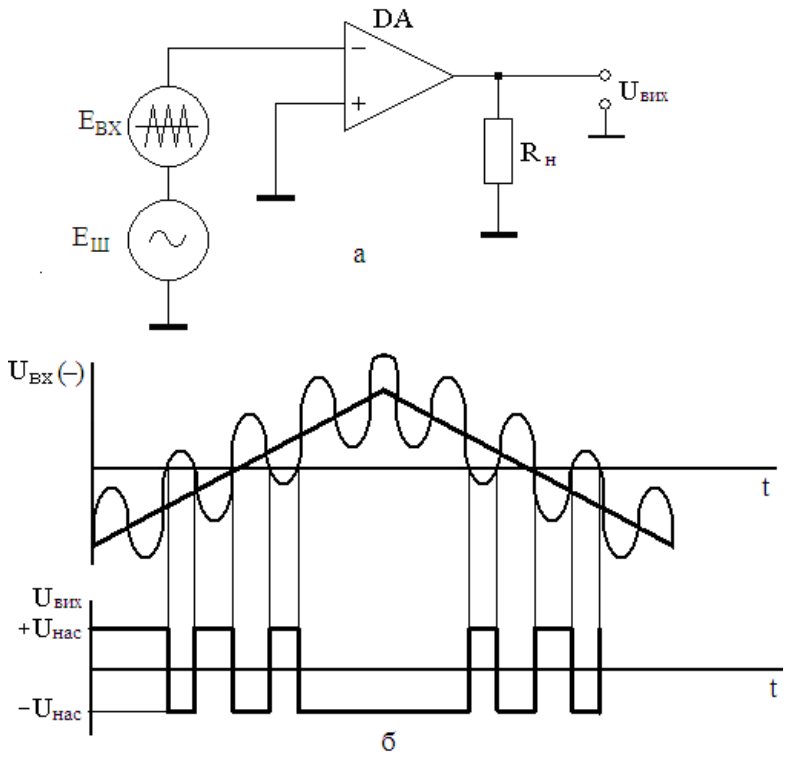


Рисунок 2.6 - Поява помилкових спрацьовувань компаратора із-за наведення паразитною ЕРС ($E_{Ш}$) в сполучних дротах: а – підключення джерела вхідного сигналу і генератора шуму до ОП; б – часова діаграма, яка пояснює виникнення помилкових спрацьовувань

Вихідна напруга ОП охопленого ПЗЗ рівна або $+U_{НАС}$, або $-U_{НАС}$. Нехай після включення живлення вихідна напруга ОП із-за наявності внутрішнього розбалансу ($U_{ВХ.ЗРУШ.} > 0$) дорівнює $+U_{НАС}$ (рис. 2.7, а). Тоді опорна напруга, прикладена до входу (+):

$$U_{ОП} = U_{ПВ} = +U_{НАС}\frac{R2}{R1+R2}.$$

Тому вхідна напруга $E_{ВХ}$ порівнюється з пороговою напругою $U_{ПВ}$. Якщо $E_{ВХ} < U_{ПВ}$, різниця напруги між входами ОП позитивна $E_{Д} > 0$ і $U_{ВИХ}$ продовжує залишатися рівним $+U_{НАС}$. У випадку якщо $E_{ВХ}$ перевищить $U_{ПВ}$, полярність $E_{Д}$ зміниться і $U_{ВИХ}$ почне змінятися від $+U_{НАС}$ до $-U_{НАС}$. При цьому $U_{ПВ}$ зменшується, абсолютне значення $E_{Д}$ збільшується і вихідна напруга змінюється із зростаючою швидкістю.

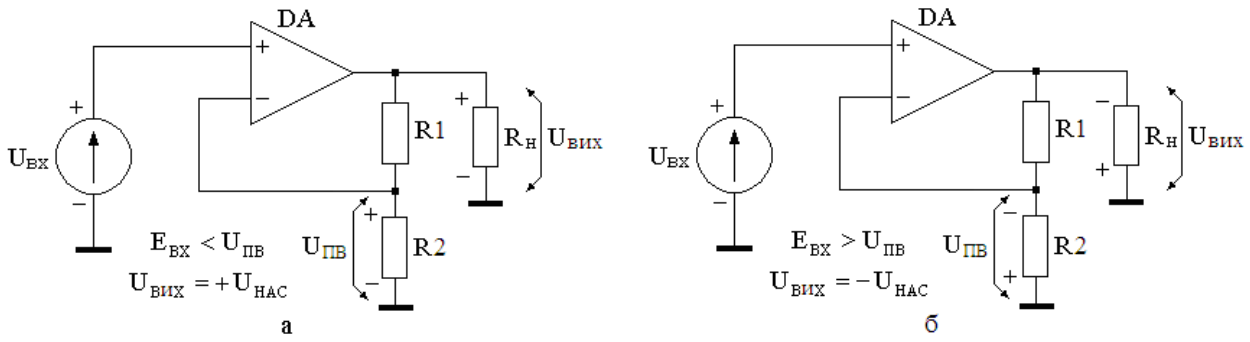


Рисунок 2.7 - Компаратор з позитивним зворотним зв'язком: а – вихідна напруга дорівнює $+U_{НАС}$; б – вихідна напруга дорівнює $-U_{НАС}$

Після досягнення вихідною напругою величини $-U_{НАС}$ схема переходить в новий стійкий стан (рис. 2.7, б). $U_{ПН}$ має негативну полярність відносно землі. Це означає, що $U_{ВИХ}$ залишатиметься рівним $-U_{НАС}$ до тих пір, поки $E_{ВХ} > U_{ПН}$. Перемикання компаратора в $+U_{НАС}$ станеться, якщо $E_{ВХ}$ стане нижче $U_{ПН}$.

Вибираючи необхідні значення порогової напруги $U_{ПН}$ і $U_{ПВ}$ можна змінювати «зону нечутливості» компаратора залежно від рівня перешкод (рис. 2.8) [11].

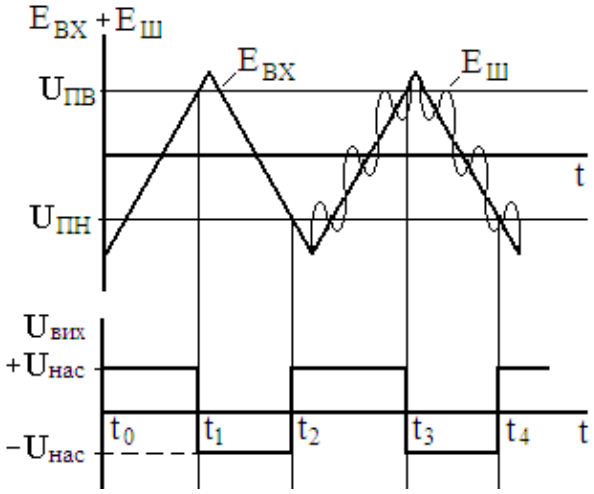


Рисунок 2.8 - Часові діаграми роботи компаратора з позитивним зворотним зв’язком

Нехай в початковий момент часу t_0 $U_{ВИХ} = +U_{НАС}$. Коли $E_{ВХ}$ стає більше $U_{ПВ}$ (t_1 і t_3) $U_{ВИХ}$ швидко перемикається в стан $-U_{НАС}$. При зменшенні вхідної напруги нижче $U_{ПН}$ (t_2 і t_4) $U_{ВИХ}$ стає рівним $+U_{НАС}$.

Існує стандартний спосіб зображення характеристик компаратора (рис. 2.9).

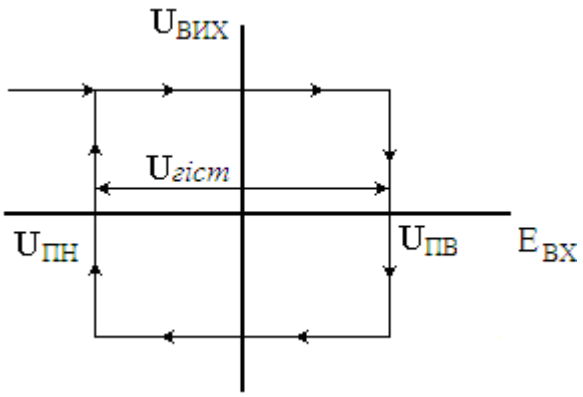


Рисунок 2.9 - Взаємозв'язок вхідної і вихідної напруги компаратора

Величина гістерезису (зони нечутливості) визначається пороговою напругою ($U_{ãiñò} = U_{ÏÂ} - U_{ÏÍ}$).

Компаратор з позитивним зворотним зв’язком може використовуватися як формувач прямокутних імпульсів з напруги довільної форми.

Недоліками компараторів побудованих на основі типових ОП [10].

1. Мала швидкодія при перемиканні від одного рівня насичення до іншого.

2. Трудність узгодження з конкретним навантаженням.

3. Типове значення напруги насичення ОП 10 … 13 В, тому підключення компаратора до схеми, зібраної, наприклад, на ТТЛ мікросхемах (які працюють з сигналами 0 ... 5 В), скрутно.

Для усунення відмічених недоліків.

1. Використовують швидкодіючі ОП з великою швидкістю зміни вихідної напруги (інтегральні компаратори)

2. Вводять обмеження меж зміни вихідної напруги для конкретного навантаження або застосовують ОП спеціально призначені для використання як компаратори з можливістю зміни вихідної напруги.

Моделювання схеми пристрою керування індикаторами виконано в програмному забезпеченні Electronics Workbench (рис. 2.10).

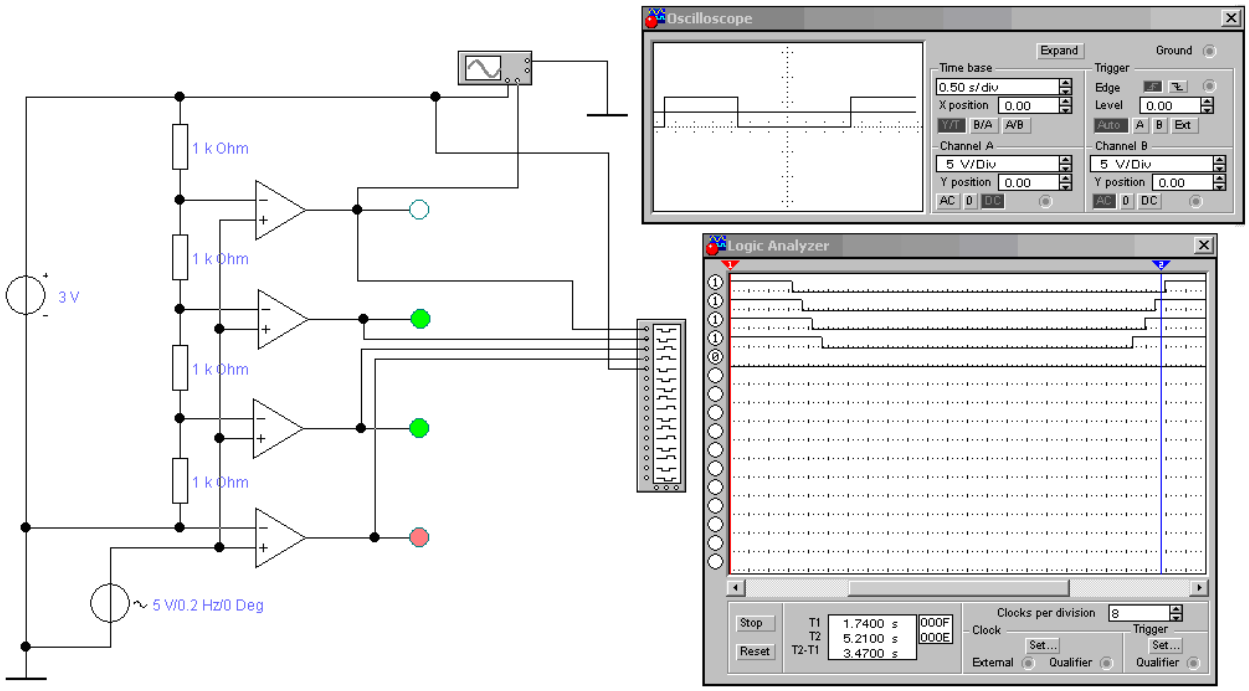


Рисунок 2.10 – Аналіз функціонування схеми керування індикаторами напруги

Аналіз функціонування схеми показує правильність перемикання світлодіодів, згідно зі зміною вхідної напруги відносно опорної. В момент часу зафіксований на рисунку 2.10 амплітуда вхідного сигналу недостатня аби спалахнув верхній світлодіод, що відповідає вимогам контролю напруги розробляємого пристрою.

Для спрощення схемного рішення та зменшення кількості елементів, можливо використати сучасну спеціалізовану мікросхему LM3914 [12].

Мікросхема LM3914 фірми National Semiconductors знайшла застосування в вольтметрах, вимірювачах рівня звуку та інших подібних пристроях, де потрібне візуальне представлення аналогового сигналу. Протягом десятиліть LM3914 широко використовувався в побутовій електроніці, освітніх проектах, зберігаючи свою актуальність, незважаючи на появу передових технологій цифрової індикації. LM3914 працює шляхом вимірювання аналогових рівнів напруги і керування серією світлодіодів для забезпечення лінійного аналогового відображення, що робить його ідеальним для таких застосувань, як індикатори рівня звуку, вольтметри і монітори рівня заряду батареї.

Конструкція пристрою має чітко визначену конфігурацію виводів і дозволяє використовувати режими як штрихового, так і точкового відображення, що забезпечує гнучкість у різних електронних проектах. Ключові виводи включають вихідні виводи для світлодіодів, виводи опорної напруги та керуючі виводи для регулювання режимів відображення та яскравості. Здатність мікросхеми налаштовувати діапазони відображення, встановлюючи верхню і нижню межі напруги, ще більше підвищує її адаптивність до конкретних застосувань.

Поширеним застосуванням LM3914 є індикатор рівня заряду батареї. Він може відображати рівень заряду акумулятора у вигляді гістограми або точкового дисплея, забезпечуючи легке для читання візуальне представлення стану заряду акумулятора. . Ця функція є цінною для портативних електронних пристроїв, де моніторинг стану батареї має вирішальне значення. Схема підключення мікросхеми LM3914 представлена на рисунку 2.11.

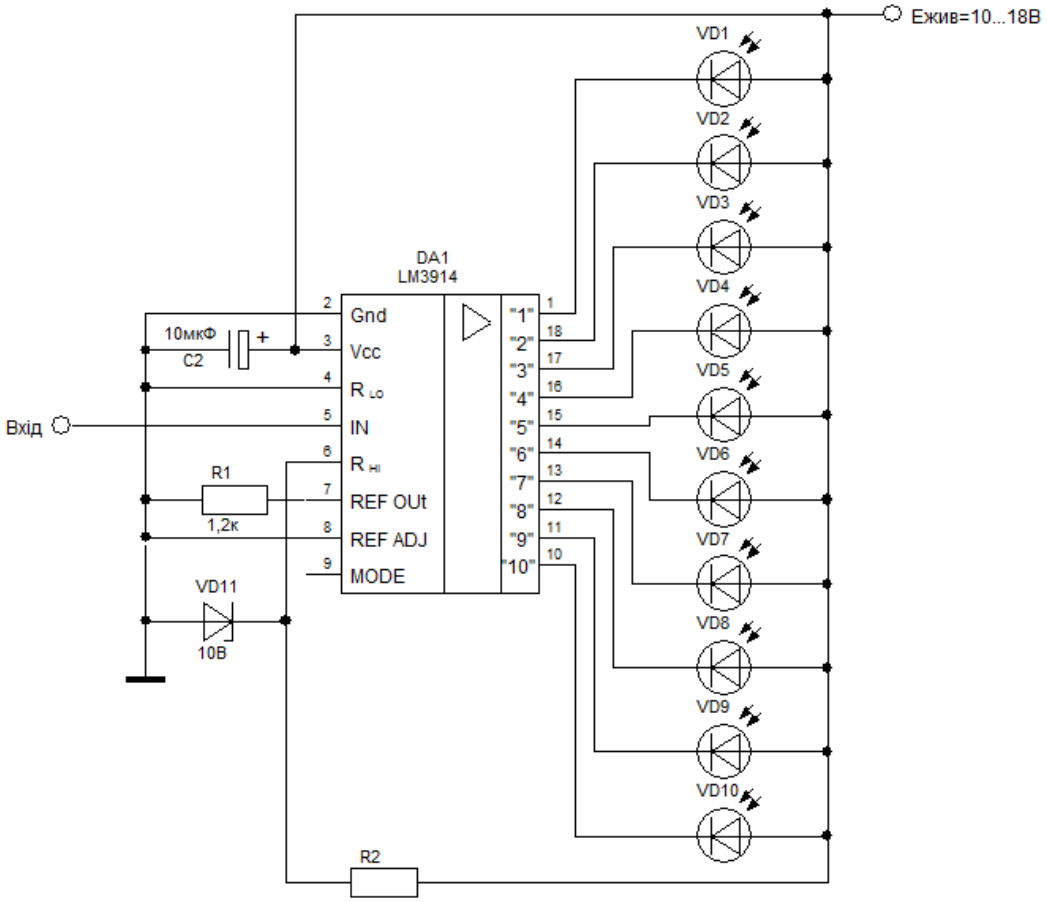


Рисунок 2.11 - Схема підключення мікросхеми LM3914

Основу мікросхеми складають десять компараторів, на інверсні входи яких через буферний операційний підсилювач подається вхідний сигнал, а прямі входи підключені до відведень резистивного дільника напруги (рис. 2.12).

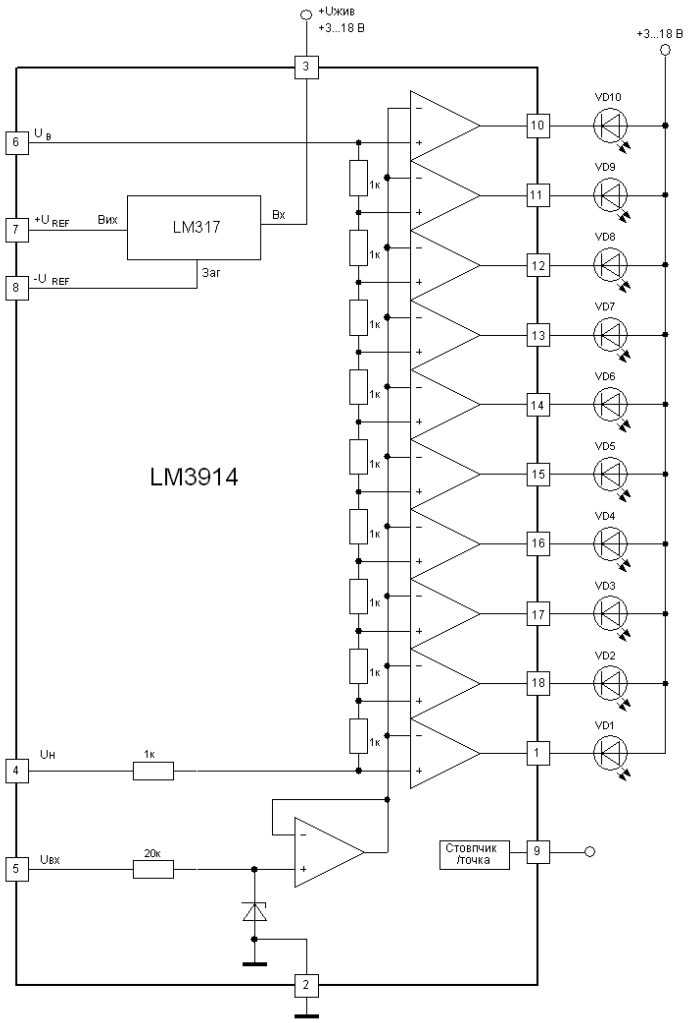


Рисунок 2.12 - Структура базової мікросхеми LM3914

Виходи компараторів являються генераторами вхідного струму, що дозволяє підключати світлодіоди без обмежувальних резисторів. Індикація може виконуватися або одним світлодіодом (режим “точка”), або лінійкою з світлодіодів, які світяться, висота якої пропорційна рівню вхідного сигналу (режим “стовпчик”). Ця напруга має бути в межах від 0 до рівня, на 1,5 В менше напруги джерела живлення, яке підключається до виводу 3

“Ціна ділення” індикатора, тобто збільшення вхідної напруги, яка викликає включення чергового світлодіода, складає 0,1 від різниці $U_в$ - $U_н$.

Вхідний сигнал $U_{вх}$ подають на вивід 5, а напруга, яка визначає діапазон рівнів, які відображаються – на виводи 4 (нижній рівень $U_н$) і 6 (верхній рівень $U_в$).

Індикатор на мікросхемі LM3914 працює таким чином. Поки напруга на вході $U_{вх}$ менша, ніж на вході $U_н$ плюс "ціна ділення", жоден світлодіод не світиться. Як тільки ця напруга порівняється, включається світлодіод HL1, підключений до виходу 1. У режимі "точка" при збільшенні вхідної напруги струм по виходу 1 припиняється і з'являється струм виходу 2, при цьому гасіння першого світлодіода і включення другого відбувається одночасно, свічення як би "перетікає" з одного світлодіода в інший, і не виникає ситуації, коли обидва світлодіода погашено.

У режимі "стовпчик" включення чергового світлодіода не викликає гасіння попереднього. Мікросхема LM3914 призначена для побудови індикаторів з лінійною шкалою, і всі резистори її дільника мають однаковий опір. Типова схема подачі вхідного сигналу на мікросхему LM3914 показана на рисунку 2.13 [12].

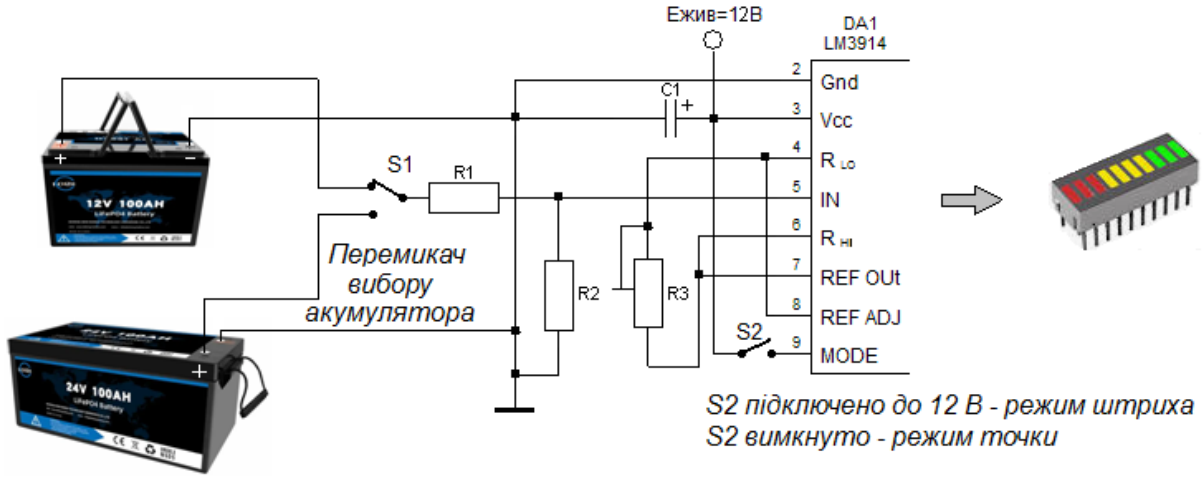


Рисунок 2.13 - Схема подачі вхідного сигналу 24 В або 12 В на мікросхему LM3914

Опір резистора R3 вибирають відповідно до рівня вхідного сигналу U_{max}, при якому повинен включатися верхній світлодіод шкали, по формулі:

$$R3 = R1(\frac{U_{max}}{1,25-1}).$$

Опір резистора R1 визначає струм через світлодіоди.

2.3 Пристрій контролю заряду акумуляторної батареї

Пристрій контролю напруги акумуляторної батареї дозволяє перевірити стан кола заряду. У нормальних умовах зарядна напруга не повинна перевищувати 15,5 В, інакше батарея може вийти зі строю. При заряді акумуляторної батареї нижче 10,5 В, можлива сульфатація пластин і їх руйнування.

У схему введена звукова сигналізація. Якщо з якої-небудь причини напруга в системі впаде нижче 10,5 В, зазвучить сигнал тривоги. Можна підключити до сигналізації також 15-вольтовий вивід індикатора, щоб сигнал подавався і у випадку перезарядження батареї.

У зв'язку з цими умовами робота схеми індикації на мікросхемі LM3914 повинна здійснюватися в режимі «точка» [13]. Світлодіоди із збільшенням напруги заряду загоряються і гаснуть послідовно. Таким чином можливо зафіксувати критичні мінімальну і максимальну напруги (рис. 2.14).

Режим роботи блоку індикації «точка» імітовано за допомогою схеми дешифратора, керування якого здійснює Word Generator. Досягши мінімальної і максимальної напруги заряду, спрацьовує схема сигналізації. Правильність функціонування схеми підтверджується діаграмами (рис. 2.15).

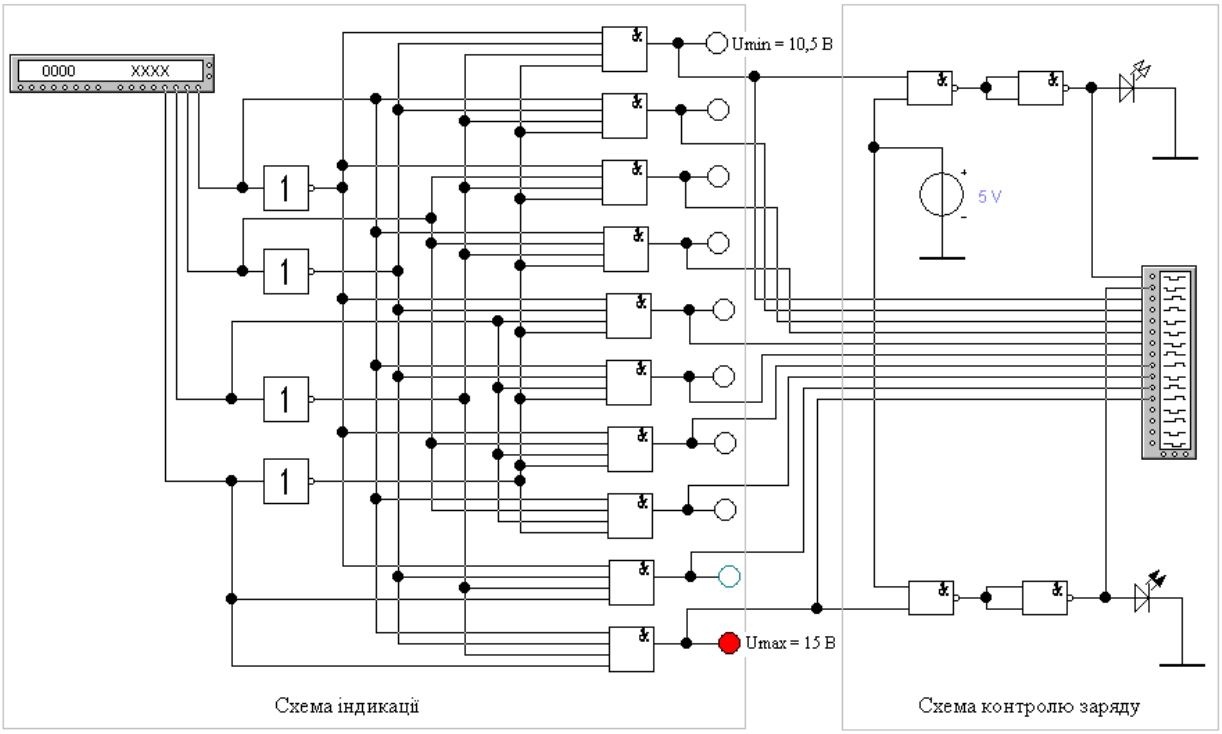


Рисунок 2.14 – Аналіз функціонування пристрою контролю заряду акумуляторної батареї

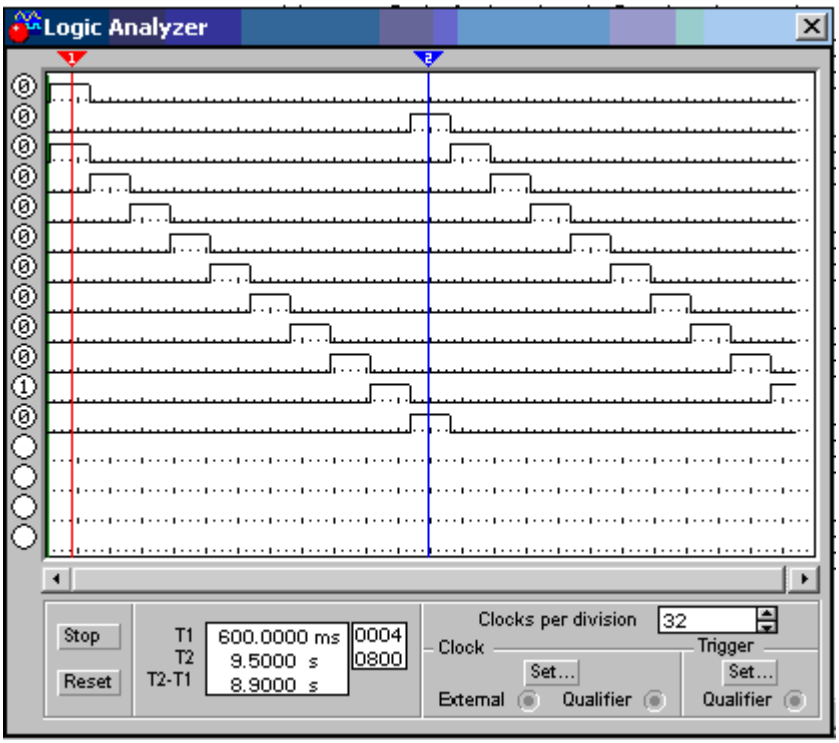
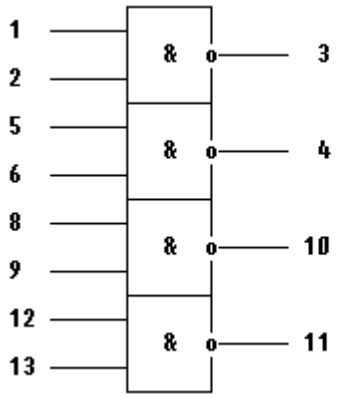


Рисунок 2.15 – Діаграма функціонування схеми контролю заряду акумуляторної батареї

2.4 Схема пристрою контролю ступеню заряду акумуляторних батарей

Для реалізації схеми контролю ступеню заряду акумуляторної батареї оберемо мікросхему К561ЛА7. Логічна модель мікросхеми зображена на рисунку 2.16 [13] і містить чотири двох входових елемента І-НЕ. Алгоритм функціонування одного елемента представлений в таблиці 2.1. Викостовуючи два елемента для кожного каскаду контролю реалізуємо задані функції і забезпечуємо контроль мінімальної і максимальної напруги заряду.



N вив.	Назначение	N вив.	Призначення
1	Вхід	8	Вхід
2	Вхід	9	Вхід
3	Вихід	10	Вихід
4	Вихід	11	Вихід
5	Вхід	12	Вхід
6	Вхід	13	Вхід
7	Загальний	14	Ucc

Рисунок 2.16 - Логічна модель мікросхеми К561ЛА7

Таблиця 2.1 - Алгоритм функціонування елемента 2І-НЕ

Входи		Вихід
A	B	F
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Рівняння функціонування елементу 2І-НЕ:

$$F = \overline{A + B}$$

Схема електрична принципова пристрою контролю напруги і ступеню заряду акумуляторних батарей представлена на рисунку 2.17.

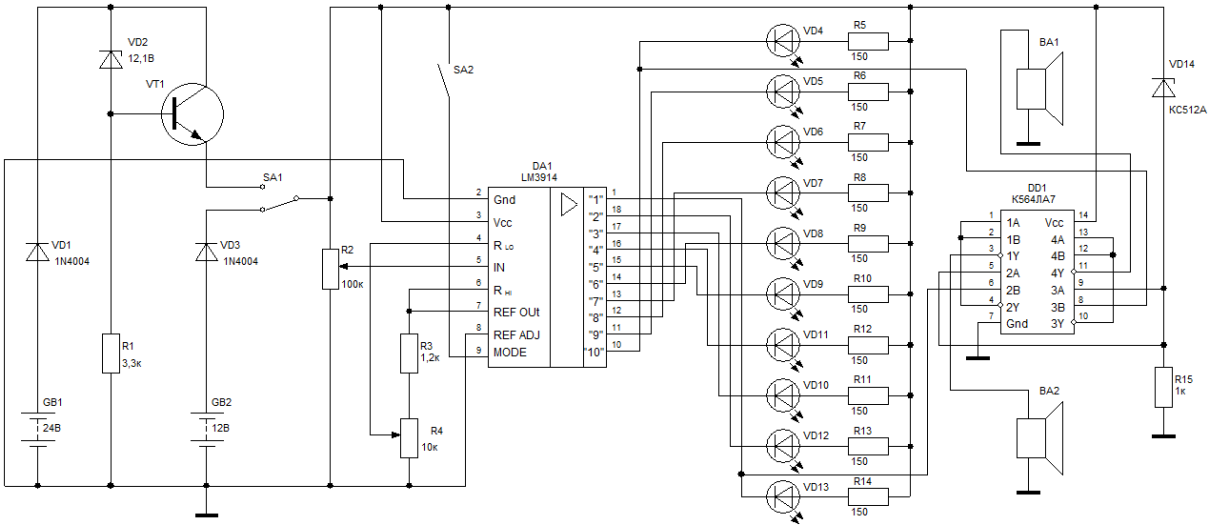


Рисунок 2.17 - Схема електрична принципова пристрою контролю напруги і ступеню заряду акумуляторних батарей 24В та 12 В

Резистори R1, R2, R3 утворюють дільник напруги, який дозволяє понизити вхідну напругу 12 В (від акумуляторної батареї) на 2,5 В. Це необхідних для роботи мікросхеми DA1. Масштаб перетворення напруги мікросхемою DA1, встановлюється змінним резистором R6. Вхідна напруга від акумуляторної батареї поступає на компаратори усередині DA1, які визначають його значення. Це значення потім відображається одним з 10 світлодіодів (табл.. 2.2).

Стан батареї відображається двояко за допомогою кодування кольором світлодіодів. Наприклад, 13-вольтовий діод має зелений колір свічення.

Вважається, що батарея з напругою 12-14 В працездатна. Однак якщо напруга батареї знижується до 11,5 В, а потім до 11 В, то заряд виснажується. Ці діоди мають жовтий колір свічення. Останній 10,5-вольтовий діод має червоний колір свічення. Якщо напруга акумуляторної батареї впала до цього рівня, то в ній мало (або взагалі немає) запасеної енергії. Таким чином за допомогою колірної шкали можна визначити точне значення напруги батареї і її зарядовий стан.

Таблиця 2.2 – Коментарі до інформації, яка відображається світлодіодами заряд акумуляторних батарей 24 В / 12 В

Світлодіод	Напруга,В (24В/12В)	Колір свічення	Коментарі
СД1	2,4 / 1,2	Червоний	Батарея розряджена; не допускати розрядження за вказані межі
СД2	4,8 / 2,4	Жовтий	Увага: в батареї залишилось менше 10% заряду
СД3	7,2 / 3,6	--	В батареї залишилось менше 40 % заряду
СД4	9,6 / 4,8	Зелений	Ступінь заряду батареї 50 – 90 %
СД5	12,0 / 6,0	--	Батарея може бути заряджена недостатньо
СД6	14,4 / 7,2	--	Батарея повністю заряджена, ступінь зарядженості 100%
СД7	16,8 / 8,4	--	Батарея достатньо заряджена
СД8	19,2 / 9,6	--	Батарея достатньо заряджена
СД9	21,6 / 10,8	--	Батарея заряджена максимально
СД10	24,0 / 12,0	Червоний	Зарядна напруга дуже велика; у звичайних умовах можуть виникнути проблеми

2.5 Розробка печатної плати пристрою контролю напруги і ступеню заряду акумуляторних батарей

Електронна частина схеми виконана із застосуванням печатного монтажу. При конструюванні схем пристроїв на печатних платах використовують наступні методи.

Моносхемний застосовують для нескладної радіо електронної апаратури (РЕА). В цьому випадку вся електрична схема розташовується на одній печатній платі (ПП). Моносхемний метод має обмежене застосування, оскільки дуже складні ПП незручні при налаштуванні і ремонті РЕА.

Схемно-вузловий метод застосовують при виробництві масовою і серійною РЕА. При цьому методі частина електричної схеми, що має чіткі вхідні і вихідні ланцюги (каскади УВЧ, УПЧ, блоки розгорток і т. п.), розташовується на окремій платі. Ремонтопридатність таких виробів більша. Недолік — складність системи сполучних дротів, що зв'язують окремі плати [14].

Функціонально-вузловий метод застосовують в РЕА з використанням мікроелектронних елементів. При цьому ПП містить провідники комутації функціональних модулів в єдину схему. На одній платі можна зібрати дуже складну схему. Недолік цього методу – різке збільшення складності ПП. У ряді випадків всі провідники не можуть бути розташовані на одній і навіть обох сторонах плати.

Відповідно до ДСТУ 23751-94 розрізняють три методи виконання печатних плат: ручний, напівавтоматизований і автоматизований. Переважними є напівавтоматизований і автоматизований методи. При ручному методі розміщення навісних елементів (компоновка) і розробка провідного рисунка (трасування) здійснюється уручну. При напівавтоматизованому методі конструювання можливі два варіанти:

- розміщення навісних елементів на печатній платі за допомогою ЕОМ, а розробка провідного рисунка ПП ручним методом;

- розміщення навісних елементів на ПП ручним методом, а розробка провідного рисунка за допомогою ЕОМ.

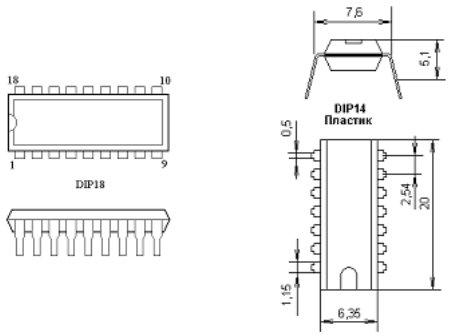
При автоматизованому методі конструювання розміщення навісних елементів і розробка провідного рисунка ПП виконуються за допомогою ЕОМ. При цьому можливі наступні операції: кодування вихідних даних; контроль закодованої інформації і виправлення помилок; розміщення навісних елементів на платі; трасування печатних провідників з видачею списку не-

розведених з'єднань і ескізу провідного рисунка плати; ручна дорозводка з'єднань печатних провідників; контроль спроектованого провідного рисунка плати відповідно до принципової електричної схеми; виведення інформації для управління автоматичними пристроями, призначеними для розробки конструкторської документації і управління технологічними і тестовими автоматами; розробка конструкторської документації з використанням засобів механізації і автоматизації. Окремі етапи автоматизованого методу конструювання можна уточнювати з врахуванням особливостей використовуваних систем автоматизованого проектування.

Методи виготовлення одно- і двохсторонніх печатних плат, гнучких печатних плат і гнучких печатних кабелів класифікують за принципом здобуття провідного рисунка, по методу здобуття провідного рисунка і способу формування зображення рисунка ПП. Для багатошарових печатних плат (БПП) заготівки отримують методами, аналогічними для одно- і двохсторонніх печатних плат, але в них додатково слід забезпечити міжшарові з'єднання, які в основному і характеризують надійність функціонування. Розміри печатної плати залежать від габаритів використовуємої елементної бази. Найбільш габаритними являються корпуси мікросхем (рис. 2.18).

Схема може бути дороблені з використанням малогабаритної СМД елементної бази. Але при цьому знизиться ремонтопридатність схеми.

Розводка струмопровідних доріжок печатної плати і монтажу елементної бази приведена на рисунках 2.19 і 2.20. Печатна плата виконана з одностороннього фольгованого текстоліту розміром 78 × 56 мм і змодельована в програмному застосуванні Layout 40.



а б

а – мікросхема LM3914; б – мікросхема К561ЛА7

Рисунок 2.18 – Габаритні розміри корпусів мікросхем

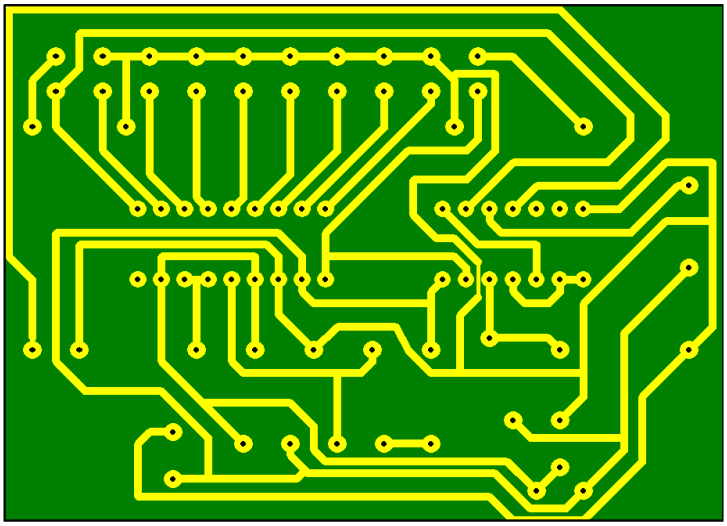


Рисунок 2.19 - Розводка струмопровідних доріжок печатної плати

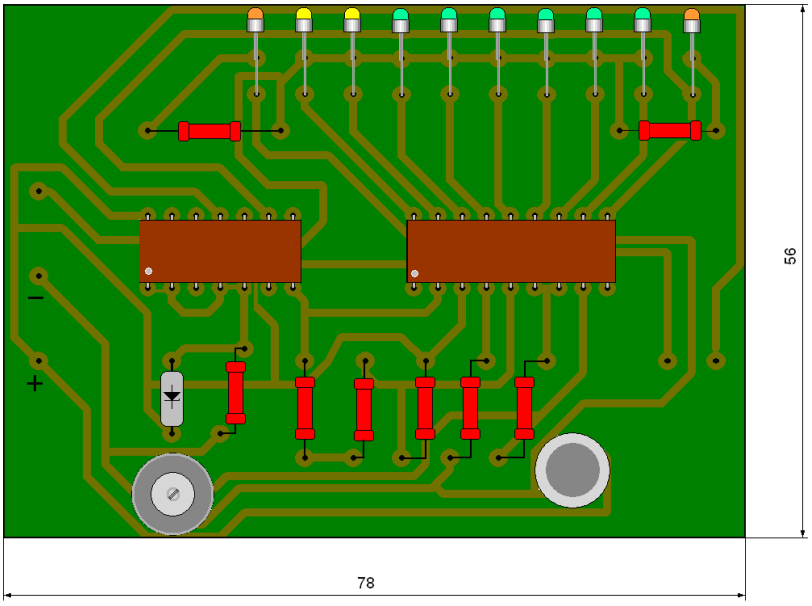


Рисунок 2.20 - Монтаж елементної бази на печатній платі

2.6 Пристрій контролю внутрішнього опору та ємності акумуляторних батарей

В даний час поширеними методами вимірювання внутрішнього опору акумуляторних батарей являються.

Метод щільності.

Метод щільності в основному оцінює внутрішній опір батареї шляхом вимірювання щільності електроліту батареї. Він часто використовується для вимірювання внутрішнього опору свинцево-кислотних акумуляторів відкритого типу і не підходить для вимірювання внутрішнього опору герметичних свинцево-кислотних акумуляторів. Сфера застосування цього методу вузька.

Метод напруги розімкнутого кола.

Метод напруги розімкнутого кола оцінює внутрішній опір батареї шляхом вимірювання напруги на клемах батареї. Точність дуже низька, можна навіть зробити неправильні висновки. Оскільки навіть акумуляторна батарея, ємність якої стала дуже малою, напруга на її клемах все ще може вести себе нормально під час повторного плаваючого стану.

Метод розряду постійним струмом.

Метод розряду постійним струмом полягає у вимірюванні миттєвого падіння напруги на батареї шляхом розрядження батареї миттєвим високим струмом і обчисленні внутрішнього опору батареї за законом Ома. Хоча цей метод широко використовується на практиці, він також має деякі недоліки. Якщо цей метод використовується для визначення внутрішнього опору батареї, його необхідно виконувати в статичному або автономному стані, а вимірювання в дистанційному режимі неможливо досягти. Більше того, сильнострумовий розряд завдасть більшої шкоди батареї, що вплине на ємність і термін служби батареї.

Метод інжекції змінного струму.

Метод змінного струму вводить в акумулятор постійний сигнал змінного струму I_S для вимірювання сигналу відповіді напруги U_0 на обох кінцях

батареї, а різниця фаз θ між ними використовується для визначення внутрішнього опору R батареї за формулою імпедансу. Цей метод не потребує розрядження акумулятора, він може реалізувати дистанційне виявлення внутрішнього опору батареї, тому це не вплине на продуктивність акумулятора. Однак цей метод потребує вимірювання сигналу змінного струму I_s, сигналу відгуку напруги U_0 та різниці фаз θ між напругою та струмом. Видно, що цей метод не тільки має багато факторів перешкод, але й збільшує складність системи, а також впливає на точність вимірювань. .

Тестер внутрішнього опору.

Тестер внутрішнього опору акумулятора використовує передовий метод перевірки розряду змінного струму, який може точно виміряти напругу та внутрішній опір на обох кінцях батареї та використовувати це для оцінки ємності батареї та технічного стану батареї.

Найпростішим способом визначення внутрішнього опору акумуляторної батареї є її навантаження після стану спокою, який являє собою стан при якому впродовж тривалого часу напруга на акумуляторі не змінювалася і він не знаходився в процесі розряду або заряду.

Розроблений прилад (рис. 2.21) дозволяє швидко дефектувати акумулятори по підвищенню внутрішнього опору і вимірювати реальну ємкість акумулятора.

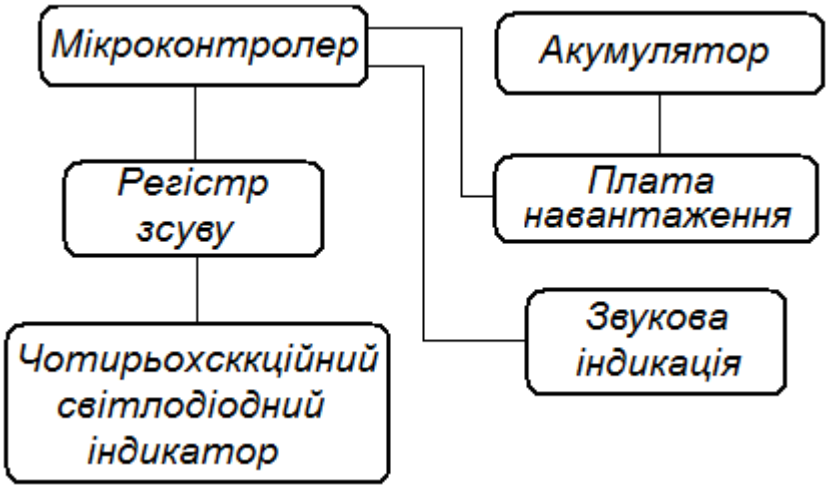


Рисунок 2.21 – Структурна схема пристрою контролю внутрішнього опору та ємності акумуляторних батарей

Ємкість миттєво виміряти не можна. Її можна виміряти або заряджаючи акумулятор (скільки струму він прийме), або розряджаючи його на навантаження (скільки струму він віддасть при розряді)..

При моментальному вимір напруги і внутрішнього опору акумулятора резистор навантаження дорівнює рівно 2 Ом і розсіювана потужність не менше 8 Вт. Резистор складається з сполучених в паралель SMD-резисторів по 10 Ом. На платі навантаження розміщується кнопка включення режиму виміру ємкості і динамік.

2.6.1 Моделювання регістра зсуву

Регістром називається функціональний пристрій для приймання, запам’ятовування, перетворення та передавання двійкової інформації (слів) [13]. Введення (запис) інформації у регістр і зняття (зчитування) інформації з нього залежать від способу та характеристик з’єднання тригерів, з яких складається регістр. У регістрах пам'яті число вводиться (виводиться) за один такт, а в регістрах зсуву – за n тактів, де n – розрядність чисел.

Регістри зсуву застосовуються для перетворення послідовного коду в паралельний (і навпаки), для перемноження і ділення багаторозрядних чисел і так далі.

У регістрі з послідовним введенням виконується послідовний зсув інформації, яка надходить на вхід, на один розряд вправо в кожному такті синхросигналів (рис. 2.22).

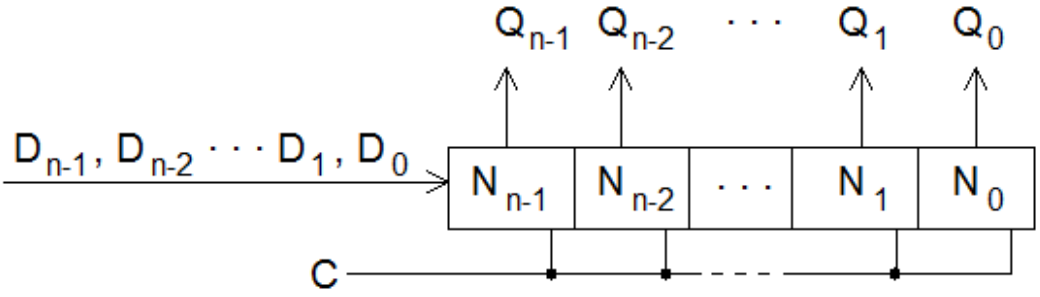


Рисунок 2.22 – Структурна схема регістра зсуву

Схема 8-розрядного регістра зсуву приведена на рисунку 2.23. Завдяки тому, що вихід попереднього розряду сполучений з входом «D» подальшого, кожен тактовий імпульс встановлює подальший тригер в стан, в якому до цього знаходився попередній. Так здійснюється зсув інформації вправо.

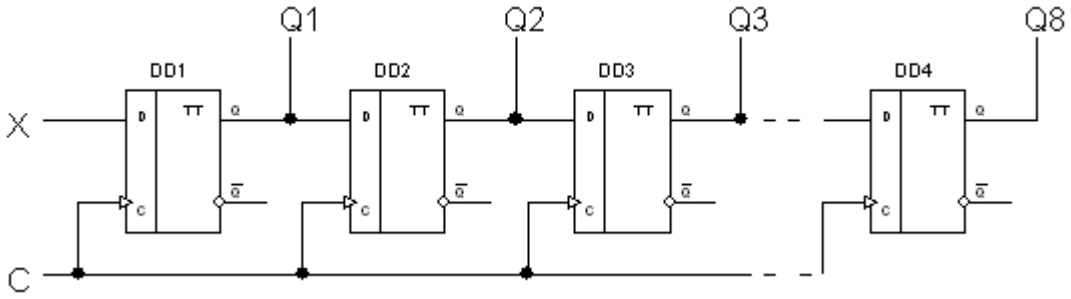


Рисунок 2.23 – Схема 8-розрядного регістра зсуву

Проведемо перевірку функціонування регістру зсуву схеми контролю внутрішнього опору та ємності акумуляторних батарей у програмному забезпеченні EWB (рис 2.24). Діаграма функціонування на рисунку 2.25.

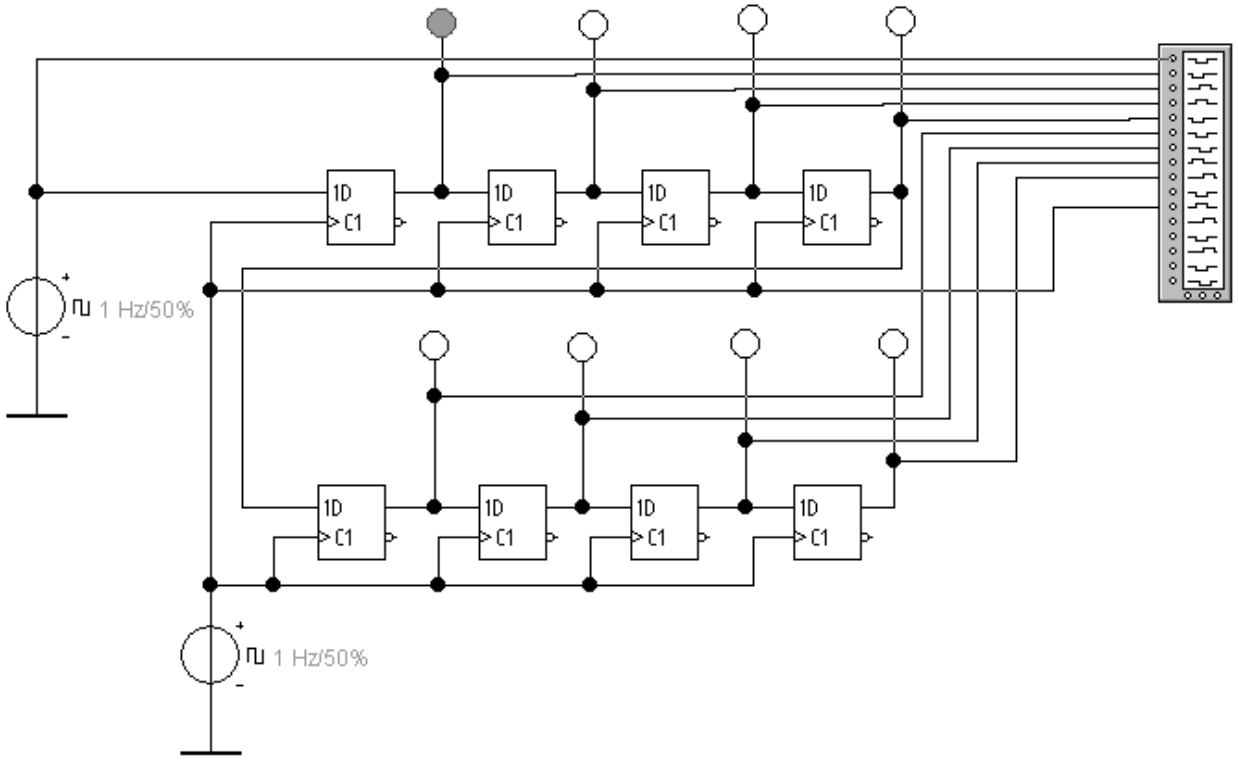


Рисунок 2.24 – Аналіз функціонування схеми 8-розрядного регістра зсуву

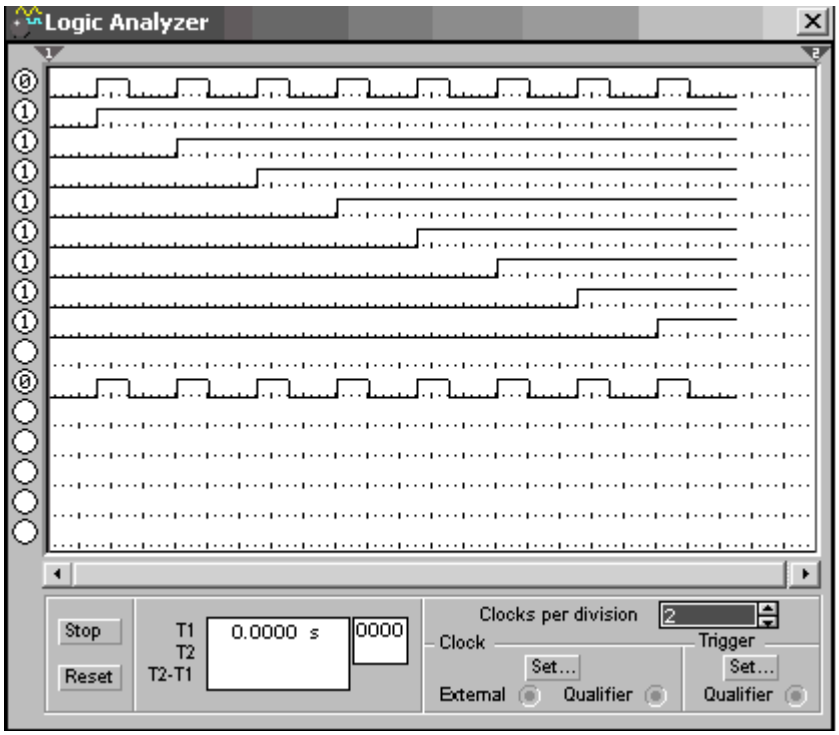


Рисунок 2.25 – Діаграма функціонування 8-розрядного регістра зсуву

У якості регістра зсуву використаємо мікросхему 74HC595 (рис. 2.26).

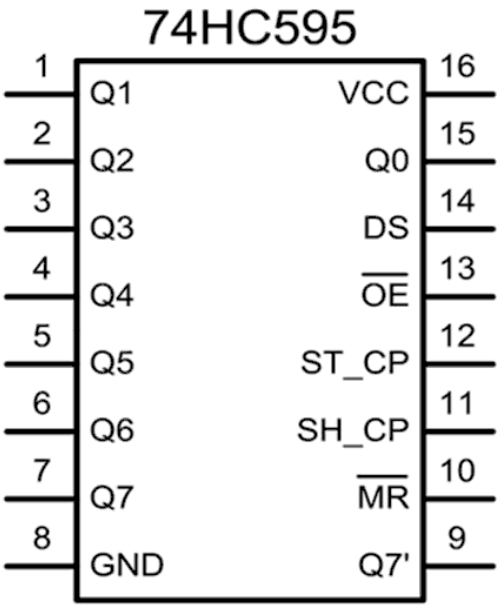


Рисунок 2.26 – Мікросхема 8-розрядного регістра зсуву 74HC595

74HC595 - восьмирозрядний регістр зсуву з послідовним введенням, послідовним або паралельним виведенням інформації, з тригером-клямкою і трьома станами на виході.

Призначення виводів мікросхеми:

Q0…Q7 – виходи регістра, можуть бути в стані 0, 1 або високоімпедансному;

GND – земля;

Q7′ – вихід для послідовного з'єднання регістрів;

MR – скидання значень регістра;

SH_CP – вхід тактових імпульсів;

ST_CP – вхід «замикання» даних;

OE – вхід переводу виходів з високоімпедансного в робочий стан;

DS – вхід даних;

VCC – живлення 2-6 вольт;

Використовуючи всього 3 виходи контролера можна управляти 8 виходами с регістра зсуву [13].

Дані до мікросхеми передаються послідовно. Біти 0 і 1 передаються в регістр один за одним, причитування бітів відбувається під час вступу синхроімпульсу. Вихід регістра може знаходитися не лише в стані логічних 0 або 1, але і бути в високоімпедансному стані, коли вихід відключений від схеми. У цей стан можуть бути переведені лише всі виходи відразу.

Схема включення мікросхеми 74HC595 представлена на рисунку 2.27.

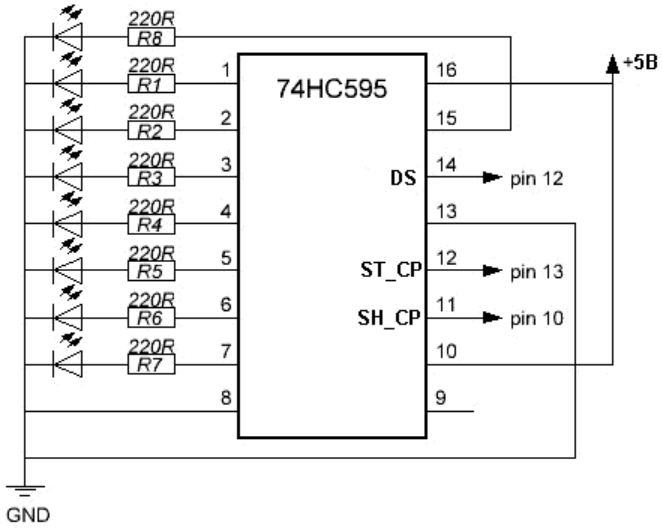


Рисунок 2.27 – Схема включення мікросхеми 74HC595

Працює на інтерфейсі SPI: виводи DS, ST_CP, SH_CP - це шини управління. Відповідно: шина даних (DS), клямка (SH_CP) і тактова лінія (ST_CP). Підключається до будь-яких 3 контактів Arduino (бібліотека SPI в коді не задіяна). В схемі це 12, 10, 13 виходи Arduino (стандарт). Виводи Q0, Q1 ..., Q7 - це виходи регістра (розряди). Для того, щоб стежити за станом кожного з них, підключено на кожен вивід по світлодіоду (з послідовно сполученим резистором, номіналом від 150 до 330 Ом). VCC і GND - це живлення. Підключаємо до +5 В і GND. Вихід Q7` призначений для послідовного з'єднання таких регістрів. MR - вивід скидання. Підключаємо до +5 В (скидання не активне). OE притягуємо до землі (підключаємо до контакту GND).

2.7 Загальна схема контролю внутрішнього опору та ємності акумуляторних батарей

У схемі можливе використання як індикаторів із загальним катодом, так і із загальним анодом (режим відображення перемикається комутацією четвертого виводу контролера) (рис. 2.28). Схема може бути використана для перевірки акумуляторів як на 24 В, так і на 12 В.

При тривалому пропусканні струму біля 2А на опорі навантаження виділяється потужність близько 8 Вт.

Польовий транзистор VT1 призначений для управління резистором навантаження, з опором каналу близько 50 мОм при прикладанні управляючої напруги до затвора 2,5 В.

Відразу прилад вимірює і відображує напруга і внутрішньо опір підключеного акумулятора. Зображення на екрані змінюються по черзі.

Мобільні пристрої інформаційних, керуючих та телеметричних систем живляться від мобільних генераторів через перетворювачі змінного струму на постійний, від акумуляторних батарей чи за можливості прямо від сонячних панелей.

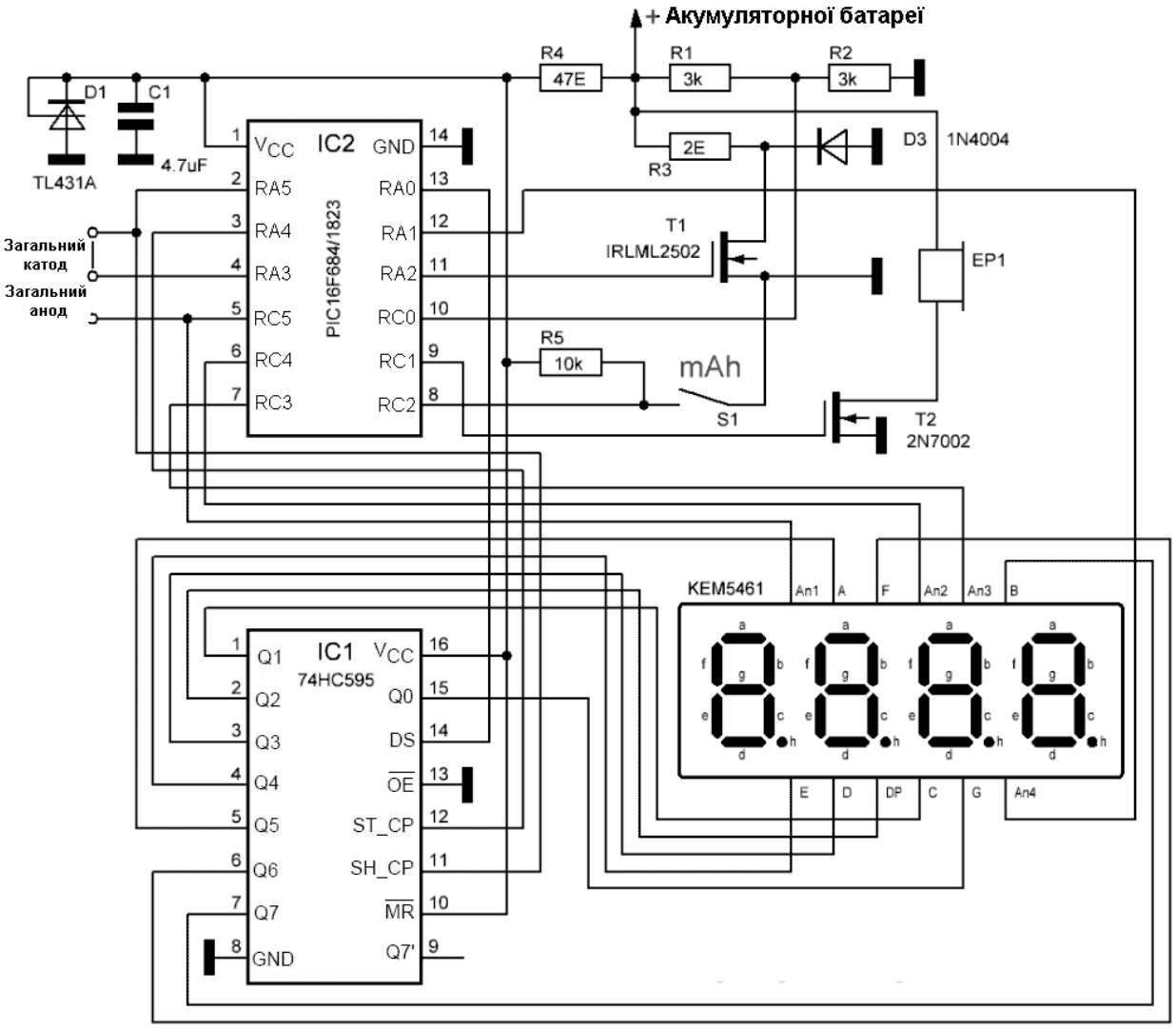


Рисунок 2.28 - Схема контролю внутрішнього опору та ємності акумуляторних батарей

Сонячні панелі, як правило, працюють у системі, яка передбачає використання акумуляторів для забезпечення функціонування систем, коли сонячні панелі не працюють або не забезпечують достатньої потужності. Підзаряджати акумулятори можна від самих панелей за достатньої потужності сонячних панелей або від зовнішнього джерела постійного струму. Також для функціонування мобільних пристроїв використовують системи живлення тільки від акумуляторів, підзаряджання яких здійснюється від генераторів чи за можливості від стандартних електричних мереж. Всі ці варіанти систем живлення мобільних пристроїв потребують оперативного контролю параметрів акумуляторних батарей та відповідних мереж постійного струму.

Розвиток методів цифрового оброблення сигналів та поява потужних мікропроцесорних компонентів забезпечили можливість впроваджувати у найрізноманітніших сферах діяльності мобільні інформаційні системи, які потребують відповідних систем живлення, що використовують акумуляторні батареї.

Поширення набули системи живлення на основі сонячних панелей, які використовують для живлення найрізноманітніших комплексів, наприклад, у мобільній та портативній електроніці, електромобілях, авіації, космосі, для енергозабезпечення будівель тощо. Такі системи, як правило, використовують акумуляторні батареї. Для цього необхідні відповідні засоби, щоб забезпечити заряджання акумуляторних батарей з оптимальними параметрами, що дасть змогу максимально продовжити їх термін експлуатації та мінімізувати риск виникнення аварійних ситуацій. Значну роль у цьому відводять пристроям контролю параметрів акумуляторних батарей та відповідних мереж постійного струму [14].

3. Охорона праці та техногенна безпека при розробці пристрою контролю параметрів акумуляторних батарей

3.1 Характеристика потенційно небезпечних та шкідливих виробничих факторів

Як об’єкт дослідження розглянуто приміщення в якому проводяться дослідні роботи та роботи з відео термінальними пристроями.

Приміщення, в якому знаходяться відео термінальні пристрої, має такі характеристики:

- довжина приміщення 8,5 м;
- ширина приміщення 5,9 м;
- висота 4 м;
- число вікон 3;
- кількість робочих місць 28;
- забарвлення інтер'єру: біла стеля, блідо-бежеві стіни, підлога металева, обтягнута лінолеумом коричневого кольору.

Небезпечні та шкідливі фактори за природою дії поділяються на такі групи: фізичні, хімічні, біологічні та психофізіологічні [15].

В приміщені діють такі фізичні небезпечні та шкідливі фактори:

- підвищена чи знижена температура повітря робочої зони (в холодний та теплий період року);
- підвищений рівень інфразвукових коливань, ультразвуку, іонізуючих випромінювань, статичної електрики, електромагнітних випромінювань, ультрафіолетової чи інфрачервоної радіації;
- підвищені чи знижені вологість, іонізація та рухомість повітря (залежно від періоду року;

- небезпечне значення напруги в електричному колі; підвищена напруженість електричного чи магнітного полів;

- недостатня освітленість робочої зони; підвищена яскравість світла;

Також присутні небезпечні та шкідливі психофізіологічні фактори, до яких належать фізичні (статичні та динамічні) і нервово-психічні перевантаження (розумове перенапруження, перенапруження органів чуття, монотонність праці, емоційні перевантаження).

3.2 Заходи з поліпшення умов праці

Одним із заходів є підвищення комфортності роботи шляхом раціоналізації параметрів робочого місця та робочого приміщення з ергономічної точки зору [16].

Обсяг приміщення на одного працюючого за санітарними нормами має становити не менше 20 м^3, а площа приміщення – не менше 6 м^2. Ширина основних проходів у приміщенні повинна становити не менше 1,5 м. Ширина виходів з приміщення повинна бути не менше 1 м, висота – не менше 2,2 м. Дане приміщення має обсяг V=188,06 м^3 , а площу S=50,15 м^2, кількість людей 10 чоловік. Таким чином наше приміщення не відповідає нормам з ергономічної точки зору.

Для зменшення впливу психофізіологічних факторів складено правильний графік трудового дня, встановлено необхідний час перерв, темп та ритм роботи, які необхідні для зменшення дії на організм людини фізичних зусиль, що в свою чергу дозволяють захистити людину від перевтомлення та втрати здоров’я.

До засобів захисту відносяться: вентиляція, штучне освітлення, звукоізоляція. Існують нормативи, що визначають комфортні умови і гранично допустимі норми запиленості, температури повітря, шуму, освітленості. Важливу роль відіграє забарвлення приміщень, яка повинна бути світлою.

З метою запобігання або зменшення впливу на працюючих шкідливих і небезпечних виробничих чинників застосовують засоби колективного та індивідуального захисту.

Засоби колективного захисту призначені для:

- нормалізації повітряного середовища кабінету і робочих місць (вентиляція, кондиціонування, опалення, автоматичний контроль і сигналізація);

- нормалізації освітлення кабінету і робочих місць (джерела світла, освітлювальні прилади, світлозахисне обладнання, світлофільтри). При недоліку природного освітлення необхідно користуватися штучним.;

- захисту від іонізуючих, інфрачервоних, ультрафіолетових, електромагнітних, лазерних, магнітних та електричних полів (огородження, герметизація, знаки безпеки, автоматичний контроль і сигналізація, дистанційне керування тощо);

- захисту від шуму, вібрації (огородження, звукоізоляція, віброізоляція). Для зменшення рівня шуму, який перевищує норму в лабораторному приміщенні можна застосовувати оздоблювальні матеріали з шумопоглинаючим ефектом;

- захисту від ураження електричним струмом (різні види огородження, захисне заземлення, автоматичне відключення, дистанційне керування).

Забезпечення недоступності струмоведучих частин досягається ізолюванням струмовідних кабелів і проводів;

- захисту від дії механічних факторів (огородження, автоматичний контроль і сигналізація, знаки безпеки);

- захисту від хімічних факторів (огородження, герметизація, вентиляція та очищення повітря, дистанційне керування, знаки безпеки);

- захисту від високих і низьких температур навколишнього середовища (огородження, автоматичний контроль і сигналізація, термоізоляція, дистанційне керування).

3.3 Виробнича санітарія

Мікроклімат характеризується наступними параметрами: температура, вологість, швидкість повітря, атмосферний тиск, шум [17].

Для нашого приміщення температура підтримується завдяки вентиляції (природної і штучної) в теплу пору року, та за допомогою опалення та герметизації приміщення в холодну пору року. Допустимі норми температури для холодної пори року 21-23°С, для теплої складає 22-24°С.

Наше приміщення відповідає цим температурним нормам.

В даному приміщенні є два види вентиляції:

– природна (аерація через вікна і двері);

– примусова (припливно-витяжна).

Функціонально близьким, але відмінним від вентиляції за способом повітрообміну є кондиціонування. В даному приміщені є наявність кондиціонера, який підтримує в приміщенні комфортні умови незалежно від зовнішніх умов (визначеної температури, вологості, чистоти повітря і швидкості повітряних потоків).

Вологість повітря в даному приміщенні не перевищує 75%, що відповідає допустимим нормам. Це реалізується за допомогою вентиляції і кондиціонування приміщення, а також за рахунок проведення вологих збирань.

У приміщенні є наявність відео термінальних пристроїв та учбових стендів для проведення дослідних робіт. Усі ці устаткування мають низький рівень шуму, що в свою чергу не перевищує допустиму норму рівня шуму в 65 дБ.

У приміщенні, де знаходяться відео термінальні пристрої, використовується змішане освітлення, тобто поєднання природного і штучного освітлення.

В якості природного - бокове освітлення через вікна. В даному приміщенні використовується загальне штучне освітлення.

Розрахунок його здійснюється за методом світлового потоку, з урахуванням потоку, відбитого від стін і стелі.

Нормами для даних робіт в приміщенні встановлена необхідна освітленість робочого місця $E_н$ = 200лк (середня точність роботи по розрізненню деталей розміром від 1 до 5 мм).

3.4 Електробезпека

Приміщення за ступенем небезпеки ураження людей електричним струмом відповідно до ПУЕ і ДСТу 12.1.013-98 являється приміщенням без підвищеної небезпеки [16].

Приміщення сухе, добре опалюване з струмонепровідною підлогою, з температурою 18-24 °С, з вологістю 40-50%. З електроустаткувань в ньому знаходяться відео термінальні пристрої та учбові стенди, які знаходяться під напругою.

Причини ураження електричним струмом такі: 1. Пошкодження устаткування, 2. Пошкодження ізоляції, 3. Коротке замикання на землю або на корпус, 4. Порушення правил техніки безпеки и роботи с електроустаткуванням.

Для забезпечення електробезпеки в даному приміщенні використовуються такі технічні засоби:

- захисне заземлення;
- мала напруга;
- захисне відімкнення;
- ізоляція струмопроводів;
- знаки безпеки.

Захисне заземлення – навмисне електричне з'єднання з землею або її еквівалентом металевих струмопровідних частин, що можуть опинитися під напругою.

Учбові стенди, які знаходяться в приміщенні, працюють на мінімально можливих напругах, що забезпечує додаткову безпеку.

Усі електроустаткування можна у разі потреби вимкнути через електронний щит управління, який миттєво знеструмлює усі стенди та відео термінальні пристрої. Скрізь, де встановлені розетки є попереджувальні знаки.

3.5 Пожежна та техногенна безпека

Приміщення відноситься за вибухопожежною небезпекою до категорії “В” [17].

Основними причинами пожеж в даному приміщенні є:

- необережне поводження з вогнем;
- незадовільний стан електротехнічних пристроїв, порушення правил їх монтажу та експлуатації;
- невиконання вимог нормативних документів з питань пожежної безпеки.

Приміщення за класом пожеж відноситься до категорії “Е”. Це горіння обладнання та установок, які знаходяться під електричною напругою. Серед необхідних засобів гасіння пожежі в даному приміщені є два вуглекислих вогнегасники типу ОУ-2. Для мінімізації виникнення пожежі в даному приміщені вчасно проводиться профілактичний огляд та ремонт електроустаткування. В приміщенні є план евакуації згідно якого люди повинні залишити приміщення у разі виникнення пожежі.

Для евакуації людей на випадок пожежі, згідно СНіП 11-90-81, на поверсі є два евакуаційні виходи, розташованих в протилежних кінцях будівлі. Ширина дверей і сходів рівна 1,6 м, що відповідає нормі. Відстань від найбільш видаленого робочого місця до найближчого виходу – 15 м. Швидкість просування людей при евакуації – 16 м/мін.

У даній будівлі застосовують звукову систему сигналізації. При появі сигналу сповіщення про пожежу співробітники організовано без паніки покидають лабораторію і, залежно від місця спалаху, слідують або вліво через

лабораторний корпус для виходу на вулицю Фанатську, або управо для виходу на вулицю Незалежної України (рис. 3.1).

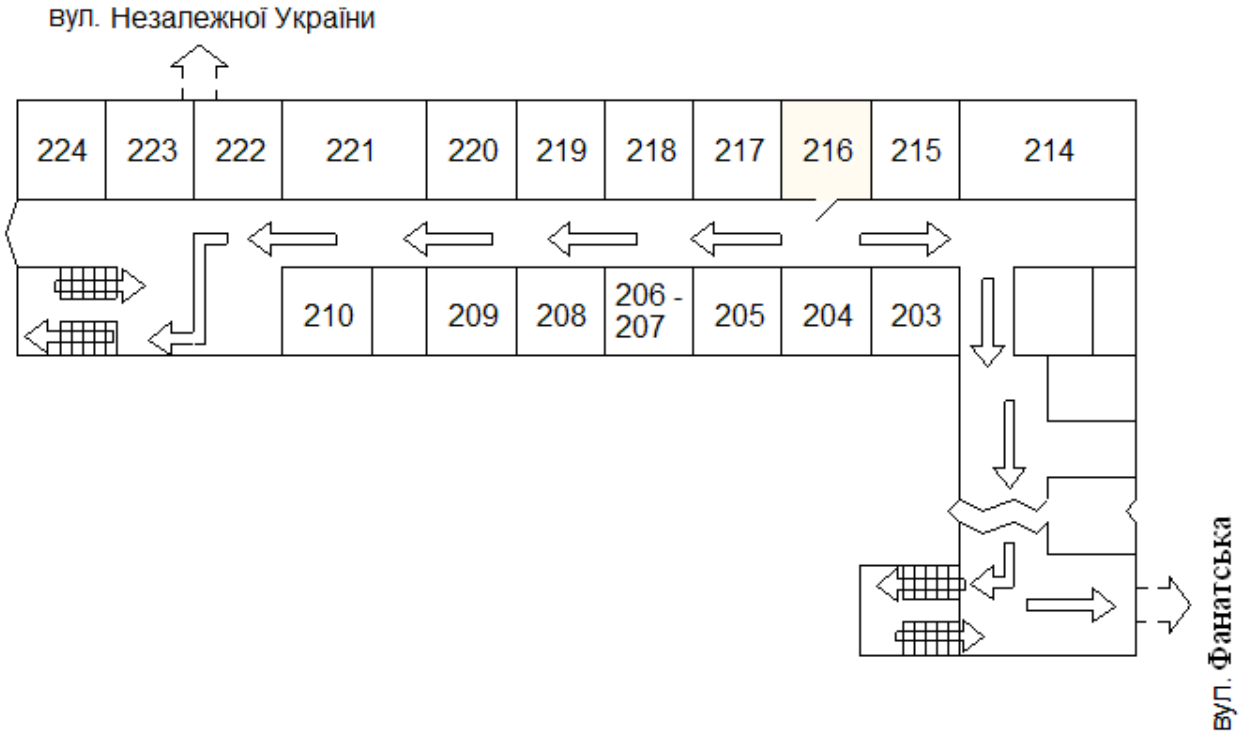


Рисунок 3.1 – План евакуації при пожежі із аудиторії

3.6 Розрахунок освітлення робочого місця

Загальний світловий потік визначається за формулою [14]:

$$Fз = \frac{Eн \cdot S \cdot z1 \cdot z2}{V}, \qquad (3.1)$$

де Ен - нормована освітленість (Ен=200лк), S - площа приміщення; z1 - коефіцієнт, що враховує старіння ламп і забруднення світильників (z1=1.5); z2 - коефіцієнт, який враховує нерівномірність освітлення приміщення (z2=1.1); V - коефіцієнт використання світлового потоку; визначається в залежності від коефіцієнтів відбиття від стін, стелі, робочих поверхонь, типів світильників і геометрії приміщення.

Площа приміщення:

$$S = A \cdot B = 8{,}5 \cdot 5{,}9 = 50{,}12 \text{ м}^2, \qquad (3.2)$$

Виберемо з таблиці [17] коефіцієнт використання світлового потоку за наступними даними:

- коефіцієнт відбиття білої стелі Rп = 70%;
- коефіцієнт відбиття від стін, забарвлених в світлу фарбу Rст = 50%;
- коефіцієнт відбиття від підлоги, покритої лінолеумом темного кольору Rр=10%;
- індекс приміщення

h = 4м – 0,725 = 3,275 м

$$I = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)} = \frac{8,5 \cdot 5,9}{3,275 \cdot (8,5 + 5,9)} = 1,06 \qquad (3.3)$$

Знайдений коефіцієнт V = 0.64 [14].

За формулою (3.1) визначаємо загальний світловий потік:

$$Fз = \frac{200 \cdot 50,12 \cdot 1,1 \cdot 1,5}{0,64} = 25873 \text{ лм}$$

Для організації загального штучного освітлення виберемо лампи типу ЛБ65. Люмінесцентні лампи мають ряд переваг перед лампами розжарювання: їх спектр ближче до природного; вони мають велику економічність (більше світловіддача) і термін служби (у 10-12 раз). Поряд з цим є й недоліки: їх робота супроводжується іноді шумом; гірше працюють при низьких температурах; їх не можна застосовувати у вибухонебезпечних приміщеннях; вони мають малу інерційність. Для нашого приміщення люмінесцентні лампи підходять.

Світловий потік однієї лампи ЛБ65 становить не менш Fл = 4600 лм. Число N ламп, необхідних для організації загального освітлення визначається за формулою:

$$N = \frac{Fз}{Fл} = \frac{25873}{4600} = 5,6 \qquad (3.4)$$

В якості світильників вибираємо ПВЛ-1, 1×65 Вт. Електрична потужність однієї лампи ЛБ65 Wл = 65 Вт.

Потужність всієї освітлювальної системи:

$$W = Wл \cdot N = 65 \cdot 6 = 390 \text{ Вт} \qquad (3.5)$$

Розміщення світильників ПВЛ-1, 1×65 Вт представлено на рисунку 3.2.

Таким чином, щоб забезпечити світловий потік Fз = 25873 лм в даному приміщенні використовується 6 світильників з 1 лампою ЛБ65 в кожному.

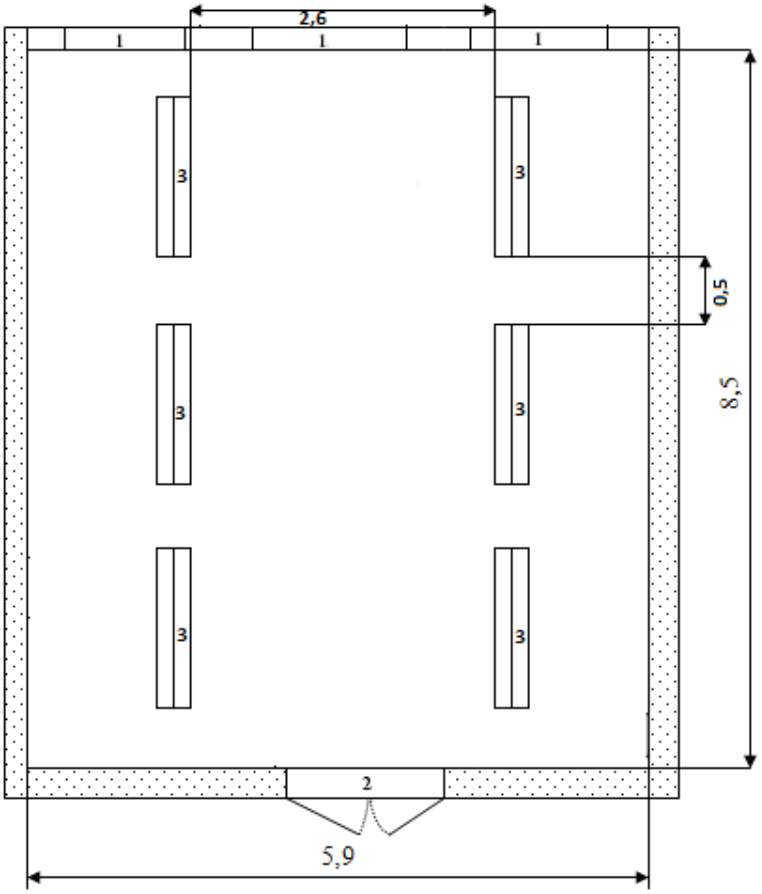


Рисунок 3.2 – План розташування світильників

Згідно з розрахунками освітленість приміщення відповідає встановленим нормам.

Висновки та рекомендації

1. Розроблена схема контролю напруги і ступеню заряду акумуляторних батарей 12 В та 24 В, призначена для повного аналізу ресурсу та продуктивності.

2. Схема контролю внутрішнього опору та ємності акумуляторних батарей дозволяє оцінити реальний стан АКБ і прогнозувати її час життя.

3. Розроблена система контролю напруги, ступеню заряду, внутрішнього опору та ємності акумуляторних батарей необхідна для підвищення надійності джерел безперебійного живлення.

Рекомендується подальша модернізація розробленої системи з метою удосконалення, підвищення ремонтопридатності та надійності.

Перелік посилань

1. Андрєєв А. І. Сучасна концепція побудови пристроїв електроживлення телекомунікаційних та комп'ютерних мереж. Праці НПК "Сучасні проблеми телекомунікацій – 2005". Львів, 2005. 12 с.

2. Воєца А. С. Резервні та автономні джерела електроживлення постійним струмом: метод. посіб. Львів: ЛК ДУІКТ, 2004. 51 с.

3. ДСТУ EN 60622:2016 Акумулятори та акумуляторні батареї, які містять лужні чи інші некислотні електроліти. Київ. 2016. 38 с.

4. Літій-полімерний акумулятор LiPo 2000 mAh 3.7V. [Електронний документ]. РКС компоненти: вебсайт.
URL:https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/lipo-2000-mah-3-7v-10x34x50mm geb-akumulyator-litij-polimernij_166494.html
(дата звернення 08.04.26).

5. STM32F103C8 Arm-based Cortex. [Електронний документ]. St.com: вебсайт.
URL:https://www.st.com/content/ccc/resource/technical/document/datasheet/f2/1f/e1/41/ef/59/4d/50/DM00058181.pdf/files/DM00058181.pdf
(дата звернення 09.04.26).

6. Токаренко В.М., Сирота В.І., Колмаков В.М. Практикум по побудові і ремонту автотранспорту. Київ : Урожай, 1992. 320 с.

7. Лавриненко В.Ю. Довідник по напівпровідниковим приладам. Київ : Техніка, 1984. 424 с.

8. Tessier A., Dubois M., Trovao J. Real-Time Estimator Li-ion Cells Internal Resistance for Electric Vehicle Application. World Electric Vehicle Journal. Vol. 8, No. 2. 2016. P. 410-421.

9. Alonso, M., Amaris, H., Germain, J.G. and Galan, J.M. "Optimal Charging Scheduling of Electric Vehicles in Smart Grids by Heuristic Algorithms". Energies, 2014. Vol. 7, pp. 2449-2475.

10. Воробйова. О. М., Іванченко В. Д.. Основи схемотехніки: підручник. [2-е вид.]. Одеса : Фенікс, 2009. 388 с.

11. Бойко В. І., Гуржій А. М., Жуйков В. Я. Схемотехніка електронних систем: Аналогова схемотехніка та імпульсні пристрої: Підручник. Київ : Вища шк., 2004. 366 с.

12. Кожем'яко В. П., Павлов С. В., Тарновський М. Г. Оптоелектронна схемотехніка. Навчальний посібник. Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2008. 189 с.

13. Верьовкін Л. Л., Світанько М. В., Кісельов Є. М., Хрипко С. Л. Цифрова схемотехніка: підручник. Запоріжжя : ЗДІА, 2016. 214 с. ISBN 978-617-685-023-6.

14. Рябенький В.М., Жуйков В.Я., Гулий В.Д.. Цифрова схемотехніка: навчальний посібник. Львів : "Новий Світ-2000", 2019. 736 с. ISBN 978-966-418-067-9.

15. Кожемякін Г.Б., Рижков В.Г., Бєлоконь К.В. Охорона праці та техногенна безпека: методичні вказівки до виконання розділу магістерських робіт для студентів ЗДІА всіх спеціальностей денної та заочної форм навчання. Запоріжжя : ЗДІА, 2012. 48 с.

16. Ткачук К.Н. Охорона праці і довкілля в радіоелектронній промисловості. Київ : Вища шк., 1988. 240 с.

17. Горобець А.І. Степаненко А.І. Охорона праці в радіоелектронній промисловості. Київ : Техніка, 1987. 345 с.

Долаток А

ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІНІСТЕРСТВА ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Науково-дослідна частина ЗНУ
Наукове товариство студентів, аспірантів та докторантів ЗНУ
Рада молодих вчених ЗНУ

20-24 квітня 2026 року

XIX університетська науково-практична конференція студентів, аспірантів, докторантів і молодих вчених

«МОЛОДА НАУКА-2026»



Запоріжжя, 2026

Науменко Михайло
студент 4 курсу ІННІ ім. Ю.М. Потебні
Наук. кер.: канд. тех. наук, доц. Небеснюк О.Ю.

КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРІВ АКУМУЛЯТОРНИХ БАТАРЕЙ АЛЬТЕРНАТИВНИХ СИСТЕМ ЖИВЛЕННЯ

З розвитком технічного прогресу, автономні системи живлення потребують постійної модернізації. Сучасна автономна система повинна забезпечувати мережу стабільним електроживленням. Основним джерелом електричної енергії служать альтернативні пристрої. Вони містять у собі пристрій постачання електроенергії, регулятор напруги і акумулятор.

Регулятор напруги забезпечує підтримку напруги в заданих межах (максимальне відхилення напруги повинне бути ±3% від оптимального значення) при всіх можливих режимах роботи пристрою постачання електроенергії: відключених і повністю включених споживачах електроенергії; номінальних і максимальних режимах пристроїв постачання електроенергії, а також при змінах температури й вологості [1].

Недоліками електронних регуляторів напруги є: низька завадостійкість і нестабільність параметрів, обумовлені сильною залежністю властивостей їхніх складових від зовнішніх дестабілізуючих впливів, наприклад температури, часу (старіння елементів).

Актуальною являється розробка мікроелектронних систем параметричного контролю акумуляторних батарей автономних систем живлення, які базуються на постачанні альтернативної електроенергії.

Індикатори рівня напруги акумуляторних батарей – це пристрої, які демонструють ступінь заряду, захищають від глибокого розряду (нижче 10,5 В або візуалізують стан за допомогою кольорових датчиків. Найчастіше використовуються вольтметри (мультиметри) та вбудовані індикатори густини електроліту.

Автономні акумуляторні системи живлення - це комплекси, які забезпечують електроенергію без підключення до мережі, поєднуючи інвертор, контролер заряду (наприклад, MPPT) та акумулятори (LiFePO4, AGM). Вони забезпечують безперебійне живлення ДБЖ, накопичуючи енергію від мережі або сонячних панелей для тривалої автономності.

Вибір правильної акумуляторної системи живлення важливий для ефективного заряджання пристроїв автономних систем живлення. Враховуючи наявність багатьох систем, важко визначити, яка з них найбільше підходить для поставленого завдання. Найпоширенішим рішенням, яке приймають споживачі, є використання системи 12 або 24 В. У кожної є свої плюси та мінуси і найбільше підходить та, яка залежатиме від потреб [2].

Номінальна напруга — це стандартна робоча напруга акумуляторної системи. Це стандартне значення, яке використовується для сортування та ранжирування різних батарейних систем і описує різницю напруг, яка використовується для керування електричним струмом. Наприклад, батарея на 12

В зазвичай забезпечує приблизно 12 В постійного струму під навантаженням, тоді як вихідна напруга акумуляторної системи на 24 В становить приблизно 24 В.

Пристрій контролю напруги акумуляторної батареї дозволяє перевірити стан кола заряду. У нормальних умовах зарядна напруга не повинна перевищувати 15,5 В, інакше батарея може вийти зі строю. При заряді акумуляторної батареї нижче 10,5 В, можлива сульфатація пластин і їх руйнування.

У схему введена звукова сигналізація. Якщо з якої-небудь причини напруга в системі впаде нижче 10,5 В, зазвучить сигнал тривоги. Можна підключити до сигналізації також 15-вольтовий вивід індикатора, щоб сигнал подавався і у випадку перезарядження батареї. У зв'язку з цими умовами робота схеми індикації на мікросхемі LM3914 повинна здійснюватися в режимі «точка». Світлодіоди із збільшенням напруги заряду загоряються і гаснуть послідовно. Таким чином можливо зафіксувати критичні мінімальну і максимальну напруги (рис. 1).

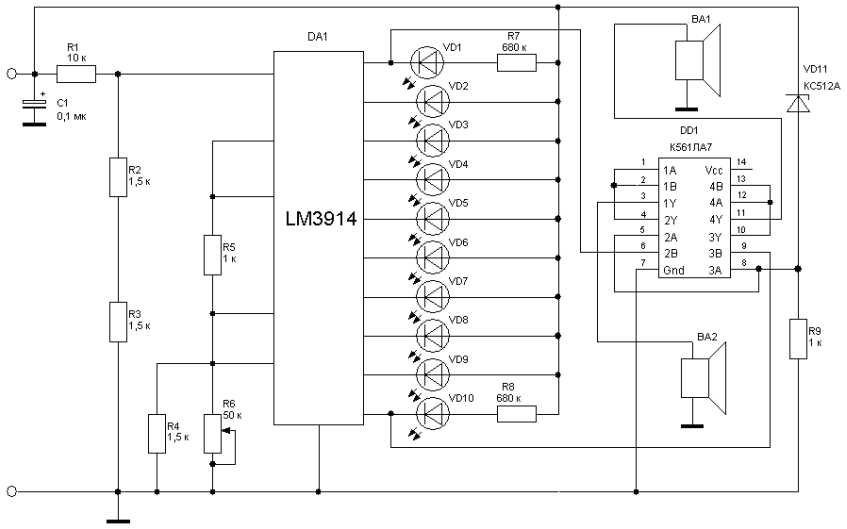


Рисунок 1 – Схема пристрою контролю напруги і ступеню заряду акумуляторних батарей

Стан батареї відображається двояко за допомогою кодування кольором світлодіодів. За допомогою колірної шкали можна визначити точне значення напруги батареї і її зарядовий стан [3].

Література:

1. Андрєєв А. І. Сучасна концепція побудови пристроїв електроживлення телекомунікаційних та комп’ютерних мереж. Праці НПК “Сучасні проблеми телекомунікацій – 2005”. Львів, 2005. 12 с.

2. Воєца А. С. Резервні та автономні джерела електроживлення постійним струмом: метод. посіб. Львів: ЛК ДУІКТ, 2004. 51 с.

3. Цифрова схемотехніка : підручник / Л. Л. Верьовкін, М. В. Світанько, Є. М. Кісельов та ін. Запоріжжя : ЗДІА, 2016. 214 с.