

Хмельницький національний університет
Факультет інформаційних технологій
Кафедра телекомунікацій, медійних та інтелектуальних технологій

КВАЛІФІКАЦІЙНИЙ ПРОЄКТ

Бакалавр

Освітній рівень

АВТОНОМНЕ ДЖЕРЕЛО ОСВІТЛЕННЯ В УКРИТТІ

Назва теми

КПТР.022084.01.13 ПЗ

Шифр

Галузь знань 17 "Електроніка та телекомунікації"

Шифр, назва

Спеціальність 172 "Телекомунікації та радіотехніка"

Шифр, назва

Освітня програма "Телекомунікації, медійні технології та інтелектуальні мережі"

Назва

Виконав: здобувач 4 курсу, група TP2-22-1

Шифр


Підпис

20.06.26

Дата

А. С. Токар

Ініціали, прізвище

Керівник


Підпис, дата

5.06.26

Дата

В. І. Стецюк

Ініціали, прізвище

Нормоконтроль


Підпис, дата

5.06.26

Дата

В. І. Стецюк

Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:
зав. кафедри телекомунікацій,
медійних та інтелектуальних
технологій


Підпис, дата

С. К. Підченко

Ініціали, прізвище

9 червня 2026 р.

Хмельницький 2026 р.

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інформаційних технологій

Кафедра телекомунікацій, медійних та інтелектуальних технологій

Освітній рівень: бакалавр

Галузь знань: 17 "Електроніка та телекомунікації"

Спеціальність: 172 "Телекомунікації та радіотехніка"

Освітня програма: «Телекомунікації, медійні та інтелектуальні технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри ТМІТ


Підпис, дата
21.01.2025

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНИЙ ПРОЄКТ

Токару Артему Сергійовичу

Прізвище, ім'я, по-батькові здобувача

студент 4 курсу групи ТР2-22-1

1. Тема проекту: Автономне джерело освітлення в укритті

Керівник проекту Стецюк В. І., к.т.н, доцент

Прізвище, ім'я, по-батькові, науковий ступінь, учене звання

Затверджено наказом ректора університету від 20 січня 2026 р. № 7

2. Строк подання здобувачем проекту на кафедру 02.06.2025 р.

3. Вихідні дані до проекту автономність (акумуляторна батарея), живлення від мережі ~220 В та від акумулятора з використанням автоматичного введення резерву, вихідна потужність – 75-80 Вт, навантаження – LED світлодіоди.

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

1. Аналітичний огляд літературних джерел і патентних матеріалів.

2. Техніко-економічне обґрунтування структурної схеми

3. Розрахунок схеми електричної принципової

4. Висновки

5. Перелік джерел посилання

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







1. Плакат 1. Класифікація джерел освітлення

2. Плакат 1. Вибір оптимального джерела освітлення

3. КПТР. 022084.01.13 Е1. Схема електрична структурна

4. КПТР. 022084.01.13 Е3. Схема електрична принципова

6. Консультанти розділів кваліфікаційного проекту

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|---------------|---|---|---|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| Нормоконтроль | Стецюк Віктор Іванович |  |  |
| Антиплагіат | Стецюк Віктор Іванович |  |  |
| Антиплагіат | Пивовар Олег Сергійович |  |  |

7. Дата видачі завдання 02.02.2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| Назва етапів (розділів) кваліфікаційного проєкту | Термін виконання етапів проєкту | Примітка |
|---|---------------------------------|----------|
| Отримання технічного завдання на КП | 02.02.2026 | Виконано |
| Складання графіку виконання робіт | 03.02.2026 | Виконано |
| Преддимломна практика | 09.02.2026-27.02.2026 | Виконано |
| Аналітичний огляд літературних джерел і формування 1 розділу КП | до 14.03.2026 | Виконано |
| Написання 2 розділу КП | до 28.03.2026 | Виконано |
| Написання 3 розділу КП | до 18.04.2026 | Виконано |
| Формування висновків | до 25.04.2026 | Виконано |
| Оформлення графічної частини | до 01.05.2026 | Виконано |
| Оформлення переліку посилань | до 08.05.2026 | Виконано |
| Оформлення пояснювальної записки КП | до 15.05.2026 | Виконано |
| Формування презентації | до 22.05.2026 | Виконано |
| Одержання відгуку та рецензії | до 25.05.2026 | Виконано |
| Підготовка до захисту | до 27.05.2026 | Виконано |
| Попередній захист КП | 28.05.2026 | Виконано |
| Перевірка на антиплагіат | до 08.06.2026 | Виконано |

Здобувач


Підпис

А. С. Токар
Ініціали, прізвище

Керівник проєкту


Підпис

В. І. Стецюк
Ініціали, прізвище

АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційного проекту: “Автономне джерело освітлення в укритті”.

Автор проекту: Токар Артем Сергійович.

Керівник проекту: к.т.н, доцент Стецюк Віктор Іванович

Пояснювальна записка: 83 сторінок, 37 рисунків, 3 таблиці, 20 джерел.

Графічна частина: 2 плакати, 2 креслення, 10 слайдів презентації.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: Освітлення, укриття, акумулятор, світлодіод, драйвер.

Метою кваліфікаційного проекту є розробка автономного джерела освітлення в укритті.

Проект складається з трьох основних розділів.

На основі аналітичного огляду літературних джерел та патентних матеріалів, аналізу аналогів, представлених на ринку, обрано та обґрунтовано вибір пристрою-прототипу.

У відповідності до технічного завдання, специфіки експлуатації, розроблена структурна схема електрична структурна пристрою.

Розроблено схему електричну принципову автономного джерела освітлення в укритті. Прилад складається з платформи розробника STM32, мережевого блоку живлення (AC/DC перетворювача), акумуляторної батареї (LiFePO4), battery management system (BMS), автоматичного вводу резерву, LED драйверів, LED стрічки.

Особливістю кваліфікаційного проекту є простота, надійність, широка номенклатура функціональних можливостей і високий ступінь захисту.

А. С. Токар

Ініціали, прізвище здобувача







Підпис, дата

ЗМІСТ

стр.

| | |
|---|----|
| ВСТУП | 7 |
| 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ І ПАТЕНТНИХ МАТЕРІАЛІВ | 9 |
| 1.1. Класифікація | 9 |
| 1.2. Нормативні акти | 16 |
| 1.3. Огляд промислових технічних рішень | 18 |
| ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1 | 24 |
| 2. ВИБІР І ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ | 25 |
| 2.1. Розрахунок рівня освітленості для укриття | 25 |
| 2.2. Структурна схема автономного джерела освітлення в укритті | 29 |
| ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2 | 38 |
| 3. РОЗРАХУНОК СХЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРИНЦИПОВОЇ | 39 |
| 3.1. АС/DC перетворювач | 39 |
| 3.2. Акумуляторна батарея | 52 |
| 3.3. BMS | 53 |
| 3.4. Автоматичний ввід резерву (АВР) | 57 |
| 3.5. LED драйвер | 59 |
| 3.6. LED стрічка | 62 |
| ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3 | 64 |
| ВИСНОВКИ | 65 |
| ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ | 67 |
| ДОДАТКИ | 68 |
| Додаток А. Графічна частина | 68 |
| Додаток Б. Слайди презентації | 72 |

| | | | | | | | | |
|----------------------|-------|----------------|---|---------|---|--------|-------|---------|
| КПТР.022084.01.13 ПЗ | | | | | | | | |
| Зм | Аркуш | № докум. | Підпис | Дата | Автономне джерело освітлення в укритті Пояснювальна записка | Літера | Аркуш | Аркушів |
| Розробив | | Токар А. С. |  | 2.06.20 | | Г | | |
| Перевіряв | | Стецюк В. І |  | 5.06.20 | | | | |
| Н. копир. | | Стецюк В. І |  | 5.06.20 | | | | |
| Затя. | | Підченко С. К. |  | 4.06.20 | | | | |
| ХНУ, гр. ТР2-22-1 | | | | | | | | |

ВСТУП

В сучасних умовах нестабільної енергетичної ситуації, надзвичайних подій та воєнних загроз питання забезпечення безпечних умов перебування людей в укриттях є надзвичайно важливим. Одним із ключових факторів, що впливають на комфорт, безпеку та психологічний стан людей під час перебування в укритті, є наявність якісного та безперебійного освітлення. У випадках аварійного відключення електроенергії або пошкодження центральних електромереж звичайні системи освітлення стають недоступними, тому виникає потреба у використанні автономних джерел світла.

Автономне джерело освітлення – це система або пристрій, здатний забезпечувати освітлення незалежно від централізованого електропостачання. Такі джерела можуть працювати від акумуляторів, батарей, генераторів, сонячних панелей або інших альтернативних джерел енергії. Їх основним завданням є підтримання необхідного рівня освітленості в укритті протягом тривалого часу, що дозволяє людям безпечно пересуватись, орієнтуватись у просторі, користуватись засобами зв'язку та виконувати необхідні дії під час надзвичайної ситуації.

Особливого значення автономне освітлення набуває в укриттях, де люди можуть перебувати багато годин або навіть діб. Відсутність світла створює не лише фізичні незручності, а й негативно впливає на емоційний стан людини, підвищує рівень тривоги та ускладнює організацію життєдіяльності. Саме тому система освітлення повинна бути не тільки енергоефективною, а й надійною, безпечною та простою у використанні.

Під час проектування автономного джерела освітлення необхідно враховувати низку важливих факторів: потужність освітлювальних приладів, тривалість автономної роботи, економне споживання електроенергії, можливість заряджання, мобільність конструкції та безпечність експлуатації. Сучасні технології дозволяють створювати компактні та ефективні системи освітлення на основі світлодіодних ламп, які споживають мінімальну кількість енергії та

| | | | | | | |
|-----|-------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | КПТР.022084.01.13 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Аркуш | № докум. | Підпис | Дата | | |

забезпечують достатню яскравість. Немаловажним фактором є дотримання санітарних норм і вимог ДБН до джерел освітлення укриттів, які регламентують колірну температуру, потужність, елементи захисту та інші важливі параметри, які необхідно врахувати, проєктуючи подібну систему. Розробник повинен врахувати всі ці чинники, щоби забезпечити максимально комфортні умови перебування людей, особливо у стані стресу та у нічний час.

Отже, створення автономного джерела освітлення для укриття є важливим і актуальним завданням, що має практичне значення для забезпечення безпеки та комфортних умов перебування людей у надзвичайних ситуаціях. Дослідження принципів роботи таких систем, вибір оптимальних джерел живлення та розробка ефективних рішень сприяють підвищенню рівня готовності укриттів до тривалого автономного функціонування.

| | | | | | | |
|-----|-------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | КІТР.022084.01.13 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Аркуш | № докум. | Підпис | Дата | | |

1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ І ПАТЕНТНИХ МАТЕРІАЛІВ

1.1. Класифікація.

В цілому джерела освітлення можуть бути мережні (живляться від мережі змінного або постійного струму) та автономні. Однак в рамках даного проєкту більше цікавлять автономні джерела освітлення – як освітлювальні пристрої, які працюють незалежно від стаціонарної електромережі. Вони мають власне джерело енергії (батареї, акумулятори, паливо, сонячну енергію тощо).


Класифікація автономних джерел освітлення:

1) за джерелом енергії:

- батарейні (працюють від одноразових батарейок, наприклад ручні ліхтарі, аварійні лампи);
- акумуляторні (мають перезаряджувані акумулятори, заряджаються від мережі, USB або інших джерел);
- сонячні (працюють завдяки сонячним панелям, накопичують енергію в акумуляторі вдень);
- генераторні (енергія виробляється механічним генератором (ручне динамо));
- паливні, наприклад туристичні лампи, які використовують паливо у вигляді газу, бензину, тощо;

2) за призначенням:

- побутові (ліхтарі для дому або повсякденного використання);
- аварійні (використовуються при відключенні електроенергії);
- туристичні (для походів, кемпінгу, польових умов);
- спеціальні (для рятувальників, військових, шахтарів, підводних робіт);

| | | | | | | | | | |
|----------------------|-------|----------------|---|---------|---|-------------------|-------|---------|--|
| КПТР.022084.01.13 ПЗ | | | | | | | | | |
| № | Аркуш | № докум | Підпис | Дата | Автономне джерело освітлення в укритті Пояснювальна записка | Літера | Аркуш | Аркушів | |
| Розробив | | Токар А. С. |  | 2.06.26 | | | | | |
| Перевірів | | Стецюк В. І. |  | 5.06.26 | | | | 9 | |
| Н. контр | | Стецюк В. І. |  | 5.06.26 | | | | | |
| Зашв. | | Підченко С. К. |  | 5.06.26 | | | | | |
| | | | | | | ХНУ. гр. ТР2-22-1 | | | |

3) класифікація за принципом дії:

- світлодіодні (LED);
- люмінесцентні;
- лампи розжарювання;
- газорозрядні;

4) за конструкцією:

- ручні ліхтарі;
- налобні ліхтарі;
- кемпінгові лампи;
- переносні прожектори;
- сигнальні світильники.

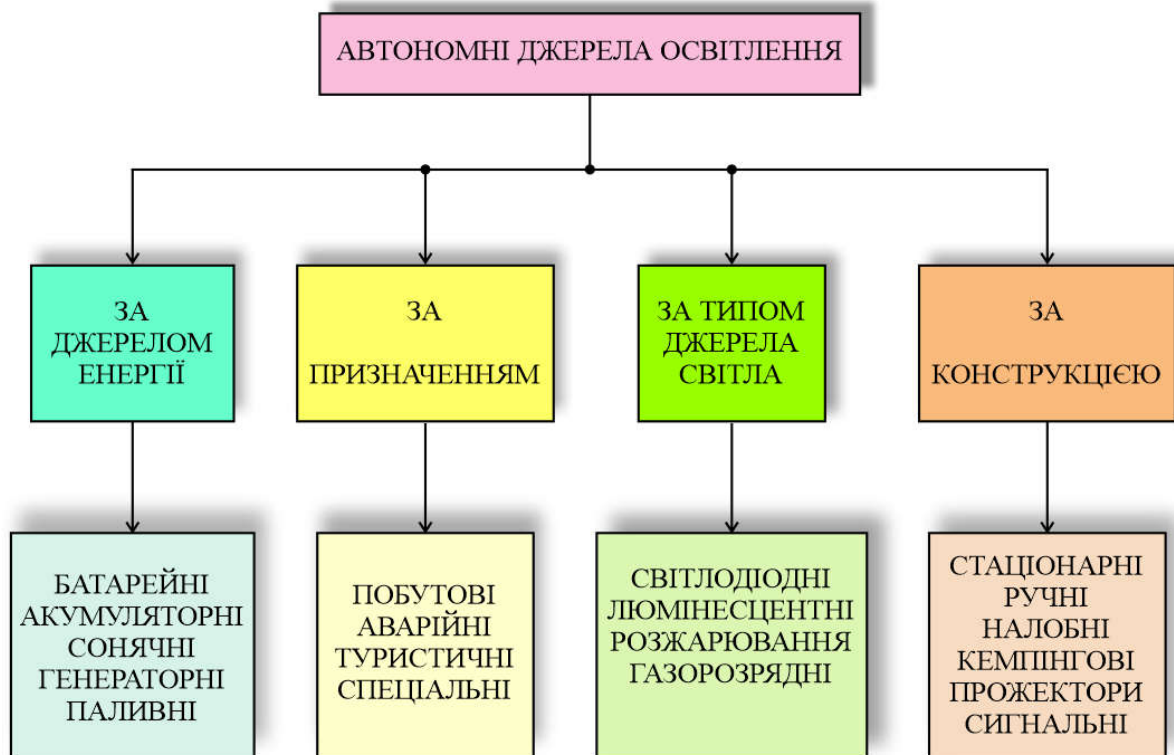


Рисунок 1.1 – Класифікація автономних джерел освітлення

Нас цікавлять спеціальні джерела світла, які можуть використовуватися в тому числі для укриттів. Найчастіше використовують системи аварійного та евакуаційного освітлення, які працюють незалежно від основної електромережі.

| | | | | | | |
|-----|-------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | КПТР.022084.01.13 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Аркуш | № докум. | Підпис | Дата | | |

Аварійне освітлення – це основний тип освітлення для укриттів. Воно автоматично вмикається при відключенні електроенергії, працює від акумуляторів або автономного джерела живлення і забезпечує мінімально достатній рівень освітлення для безпеки людей.

Типовими джерелами світла аварійного освітлення є:

- світлодіодні лампи (LED);
- люмінесцентні лампи;
- газорозрядні лампи.

Зрозуміло, що найбільш розповсюдженими є LED лампи, які володіють рядом переваг над іншими джерелами світла:

- довговічність – тривалий час експлуатації, порядку 50000 год.;
- енергоефективність та економічність (споживають на 80-90% менше електроенергії, ніж лампи розжарювання);
- менше нагрівання;
- екологічність (не містять шкідливих речовин (наприклад, ртуті як у люмінесцентних ламп));
- міцність (стійкі до ударів і вібрацій, бо не мають крихкої нитки розжарювання та скляних елементів);
- миттєве вмикання (світять на повну яскравість одразу, без “розігріву”);
- можливість формування різноманітних кольорів світла (наприклад для RGB ламп) та обирати тепле, нейтральне або холодне світло залежно від потреб;

2. Евакуаційне освітлення – використовується для позначення шляхів виходу з укриття. Воно встановлюється:

- над евакуаційними виходами;
- у коридорах і проходах;
- на сходах;
- у місцях поворотів або перехресть коридорів.

В якості евакуаційного освітлення також використовуються різноманітні світлові покажчики або фосфоресцентні знаки, які світяться у темряві (стрілки, піктограми, надписи типу “Вихід”, тощо).

| | | | | | | |
|-----|-------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | КПТР.022084.01.13 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Аркуш | № докум. | Підпис | Дата | | |

У реальних укриттях часто застосовують переносні автономні джерела світла:

- акумуляторні ліхтарі;
- налобні ліхтарі;
- кемпінгові LED-лампи;
- світлодіодні лампи від павербанка;
- світлодіодні стрічки з акумулятором;

Це допомагає освітлювати укриття, навіть якщо стаціонарне аварійне освітлення відсутнє.

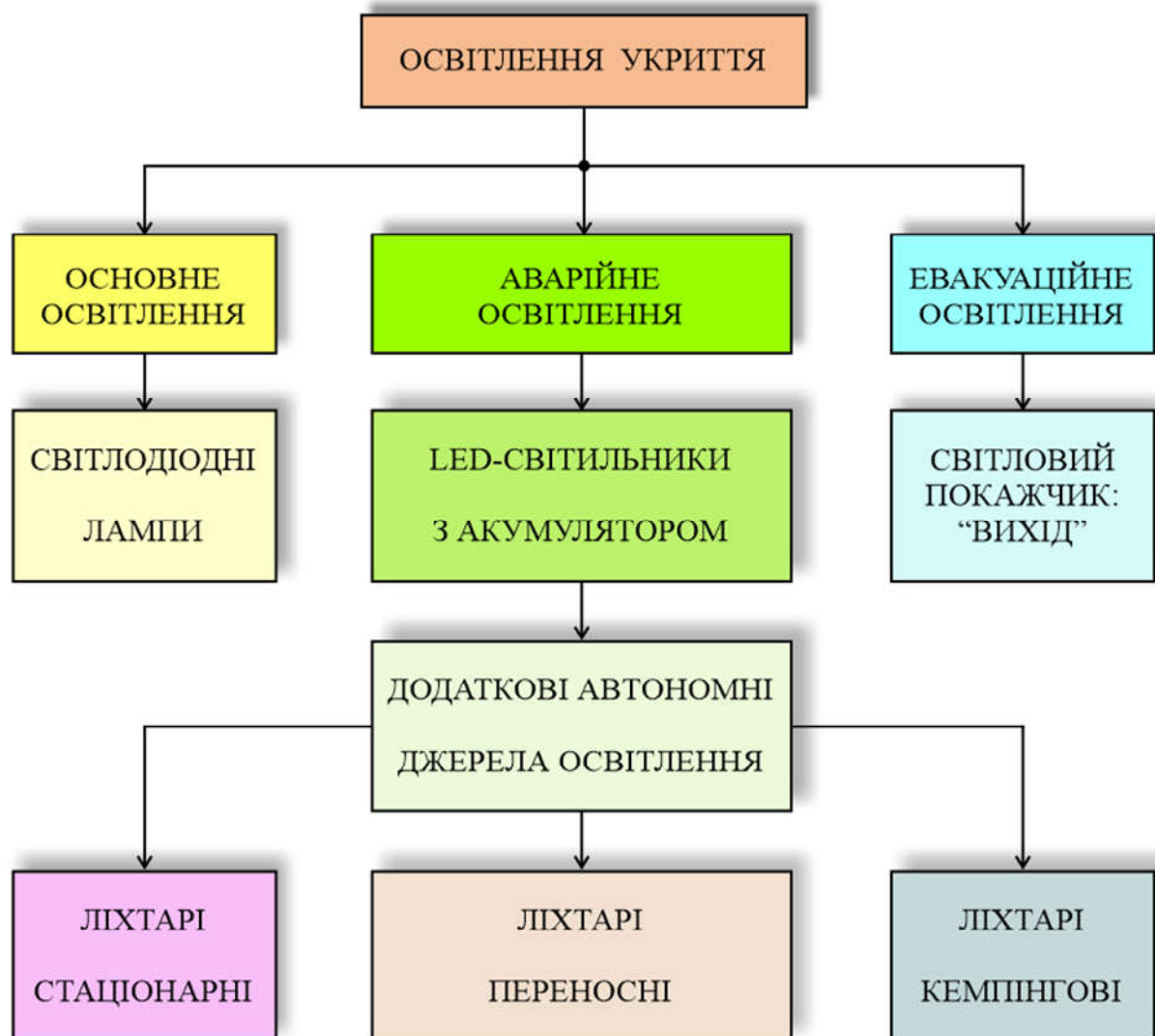


Рисунок 1.2 – Варіанти освітлення укриття

Таким чином, для укриттів використовують спеціальні аварійні та евакуаційні світильники, які працюють автономно (від акумуляторів) і забезпечують освітлення та орієнтацію людей під час надзвичайних ситуацій.

В свою чергу, аварійне освітлення укриття можна класифікувати наступним чином (рис. 1.3).



Рисунок 1.3 – Класифікація аварійного освітлення укриття

Сучасні лампи можна класифікувати наступним чином:

1) тип цоколю (рис. 1.4, 1.5):

- E14;
- E17;
- E27;
- E40;
- G5,3;
- G13 та інші;

2) тип лампи:

- лампи розжарювання;
- галогенні;
- газорозрядні (люмінесцентні, неонові, кварцові);
- світлодіодні;

3) форма:

- класичні геометричні форми (куля, циліндр, прямокутник, трикутник);
- лінійна;
- грушоподібна;
- у формі свічки;
- фігурні декоративні (скульптурні форми);
- рефлекторна колба;
- LED збірки;
- LED стрічка, гірлянди;

4) призначення:

- загальне освітлення (побутові, промислові, вуличні);
- аварійне освітлення;
- декоративне освітлення;
- автомобільне освітлення (головне світло, сигнальні, внутрішні);
- спеціальні (інфрачервоні, ультрафіолетові, сигнальні, індикаторні);

5) колірна температура:

- тепле біле світло (2700-3000 °K);
- нейтральне (природне) біле світло (3500-4500 °K);
- холодне біле світло (5000-6500 °K);

Правильне освітлення важливе для комфорту і здоров'я людей. Температура світлодіодного освітлення впливає на сприйняття кольорів і фактури предметів. Для освітлення укриттів оптимальною є колірна температура 2700-3000 °K (тепле жовте світло) або 3500-4500 °K (нейтральне/денне світло). Тепле світло (2700-3000 °K) найкраще сприяє розслабленню, зменшує стрес і комфортне для очей, що важливо для тривалого перебування. Нейтральний спектр (до 4500 °K) забезпечує кращу видимість для робочих зон, якщо укриття використовується для читання, продовження виробничого циклу, навчання, тощо.

Для створення комфортних умов краще використовувати м'яке, розсіяне освітлення в теплих тонах.

| | | | | | | |
|-----|-------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | КПТР.022084.01.13 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Аркуш | № докум. | Підпис | Дата | | |



Рисунок 1.4 – Класифікація цоколів сучасних ламп типу “Е”

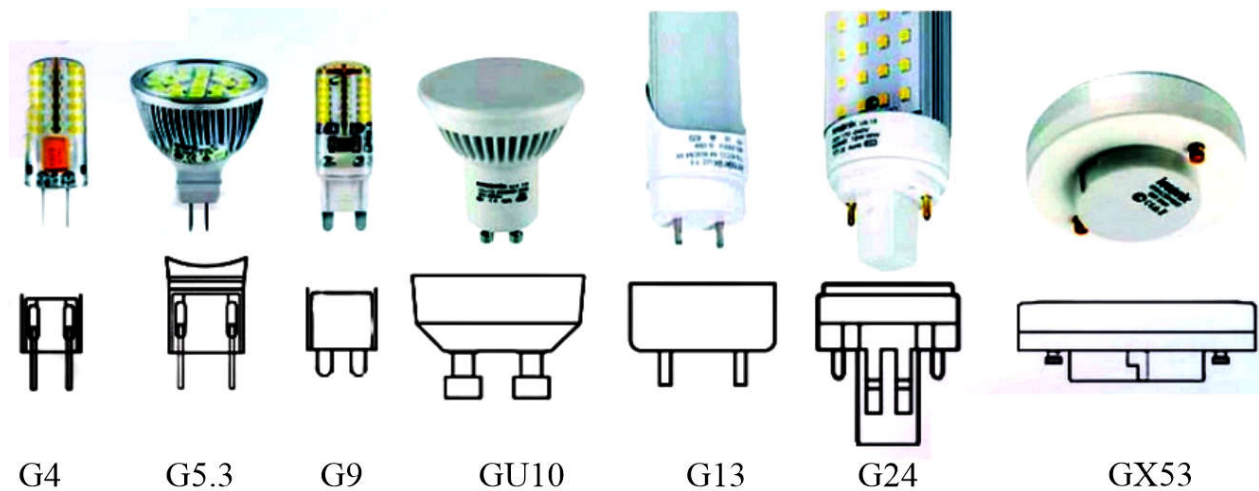


Рисунок 1.5 – Класифікація цоколів сучасних ламп типу “G”

1.2. Нормативні акти.

Освітлення в укриттях регулюється державними будівельними нормами, зокрема:

- ДСТУ EN 60598-2-22:2018 (EN 60598-2-22:2014; АС:2015; АС:2016-05; АС:2016-09, IDT; IEC 60598-2-22:2014; Cor2:2016, IDT). Світильники. Частина 2-22. Додаткові вимоги. Світильники для аварійного освітлення.

- ДСТУ EN 50172:2019 (EN 50172:2004, IDT). Системи евакуаційного освітлення;

- ДБН В.2.5-28:2018;

- ДБН В.2.2-5:2023. Захисні споруди цивільного захисту.

Він визначає технічні умови безпеки, конструкції та випробувань для автономних і централізованих аварійних світильників.

Основні вимоги стандарту:

- час перемикання: світильники повинні перемикатися в аварійний режим не пізніше ніж через 25 с після збою основного живлення;

- автономні світильники вимагають 24-годинного заряджання перед випробуванням, яке проводиться при мінімальній напрузі живлення;

- світильники централізованого живлення тестуються при мінімальній напрузі живлення в сталому тепловому режимі;

| | | | | | | |
|-----|-------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | КПТР.022084.01.13 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Аркуш | № докум. | Підпис | Дата | | |

- функціональність: світильники забезпечують нормований світловий потік протягом усього часу роботи.

- надійність та автономність забезпечують комфортне перебування людей в зоні освітлення протягом тривалого часу.

Види освітлення:

- робоче – забезпечує нормальну життєдіяльність та виконання завдань у всіх приміщеннях укриття;

- аварійне (резервне) – вмикається автоматично при відключенні основного живлення для підтримки мінімально необхідних умов;

- евакуаційне – підсвічує шляхи виходу, сходи та двері, а також включає світлові покажчики «Вихід» або «Укриття»;

- чергове – використовується у неробочий час для загального нагляду.

Норми та вимоги:

- рівень освітленості – у загальних залах для укриття людей мінімальна норма становить близько 150-300 лк;

- автономність – укриття повинно мати незалежне джерело живлення (акумулятори, генератори або блоки безперебійного живлення), що забезпечує роботу світла протягом щонайменше 12-48 годин;

- джерела світла – рекомендується використовувати LED-світильники, оскільки вони енергоефективні, мають тривалий термін служби та менше нагріваються;

- рівномірність – світло має бути стабільним, без різких тіней та пульсації, щоб не викликати дискомфорту у людей, які перебувають у закритому просторі.

Так, наприклад ДСТУ EN 60598-2-22:2018 – це національний стандарт України, що встановлює вимоги до світильників аварійного освітлення з електричними джерелами світла, які працюють від мереж аварійного живлення з напругою не вище 1000 В. Стандарт набув чинності з 01.07.2019 і охоплює автономні та централізовані системи.

| | | | | | | |
|-----|-------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | КПТР.022084.01.13 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Аркуш | № докум. | Підпис | Дата | | |

1.3. Огляд промислових технічних рішень.

Промисловістю випускається широка номенклатура освітлювальних приладів для забезпечення аварійних та автономних режимів роботи.

1.3.1. Світильник акумуляторний Eurolamp EM-60SMD/12W.

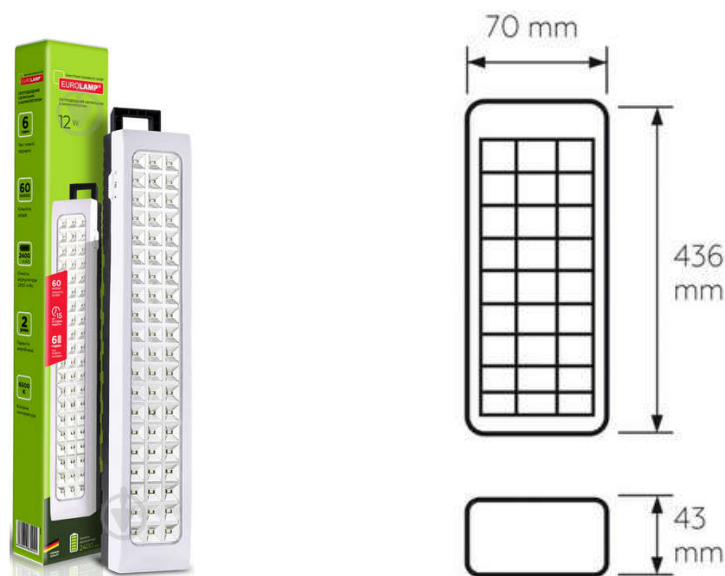


Рисунок 1.6 – Світильник акумуляторний Eurolamp EM-60SMD

Аварійний акумуляторний LED світильник EUROLAMP 60SMD забезпечує потужне холодне біле світло і широко використовується в укриттях для освітлення шляхів евакуації в разі непередбаченого відключення електроживлення. Може використовуватись як резервне джерело світла для невеликих житлових і торгових приміщень, а також як переносний акумуляторний світильник.

Eurolamp EM-60SMD має наступні технічні характеристики:

Напруга живлення від зовнішньої мережі – 220 В;

- потужність – 12 Вт;

- кількість світлодіодів – 60 SMD LED;

- колірна температура – 6500 °К;

- світловий потік – 960 Лм;

- клас енергоспоживання – А;

| | | | | | | |
|-----|-------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | КПТР.022084.01.13 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Аркуш | № докум. | Підпис | Дата | | |

який при знеструмленні мережі, автоматично перемикає живлення виробу з мережі на акумуляторну батарею. Повне зарядження батареї триває 6 годин. Час роботи приладу в аварійному режимі від 5 до 15 годин залежно від обраного режиму роботи. Режим вибирається за допомогою перемикача на корпусі. Світильник може монтуватися на пласку поверхню або використовуватись як переносний завдяки спеціальній ручці, розташованій на корпусі.

Стосовно класу енергоспоживання (або енергоефективності) – це показник, який демонструє, наскільки економно побутовий прилад використовує електроенергію порівняно зі встановленими стандартами. Маркування допомагає оцінити енерговитрати приладу. Маркування клас енергоспоживання показує рівень споживання електроенергії приладом: від найбільш економного (А, раніше А+++), до найменш економного (G):

- клас А (зелений колір) – найбільш енергоощадні прилади; з розвитком технологій з'явилися підкласи А+, А++ та А+++ (найвищий рівень економії);
- класи В та С (світло-зелений та жовтий) – помірна ефективність, часто зустрічаються у бюджетному сегменті;
- класи D, E, F, G (помаранчевий та червоний) – низька енергоефективність; така техніка має значно більше споживає енергії.

1.3.2. Світильник аварійний LED Ledvance EM BULKHEAD E.



Рисунок 1.8 – Світильник LED Ledvance EM BULKHEAD E

| | | | | | | |
|-----|-------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | КПТР.022084.01.13 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Аркуш | № докум. | Підпис | Дата | | |

Світильник аварійний LED Ledvance EM BULKHEAD E є надійним та ефективним рішенням для забезпечення евакуаційного освітлення у разі відключення основного електроживлення. Технічні параметри та характеристики аварійного світильника Ledvance EM BULKHEAD E:

- висота – 63 мм;
- довжина – 355 мм;
- кольорова температура, °K – 5700 (холодний білий);
- ступінь захисту IP – 65;
- кут випромінювання – 100×120 град.;
- номінальна напруга – 220-240 В;
- частота мережі – 50/60 Гц;
- номінальна потужність – 1,3 Вт;
- номінальний струм споживання – 42 мА;
- час заряджання – 24 годин;
- час автономної роботи – 3 годин;
- тип акумулятора – LiFePO4;
- номінальна ємність акумулятора – 1800 мА·год;
- строк служби – 50000 годин;
- світловий потік – 200 Лм;
- ступінь захисту IP – 65;
- сфера застосування – укриття, коридори та сходові клітини, виробничі та складські приміщення, торгові центри, офіси, навчальні та медичні заклади, підземних паркінги та тунелі, інші громадські та промислові об'єкти, де потрібне резервне аварійне освітлення;
- економічність – низьке енергоспоживання та довгий термін служби;
- універсальність – підходить для внутрішнього та зовнішнього використання;
- простота монтажу та обслуговування;
- наявність функції автоматичного тестування для зручного контролю;
- відповідність стандартам аварійного освітлення.

| | | | | | | |
|-----|-------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | КПТР.022084.01.13 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Аркуш | № докум. | Підпис | Дата | | |

експлуатації, дозволяє обирати режими потужності та тривалість роботи в аварійному режимі. Пристрій автоматично вмикається, коли гасне звичайне освітлення та підтримує роботу ламп від вбудованого акумулятора.

Технічні характеристики:

- потужність світильників, що підключаються – 3-8 Вт (режими 3/5/8);
- характеристики акумулятора – Li-ion; 7,4 В; 2200 мА·год.;
- потужність акумулятора – 16,28 Вт;
- час автономної роботи від акумулятора – 4/2/1,5 год. (регульований);
- час заряджання акумулятора – 24 год.;
- вихідна напруга – 15-220 В (DC);

Приклади реалізації освітлення реальних укриттів представлені на рис. 1.11.

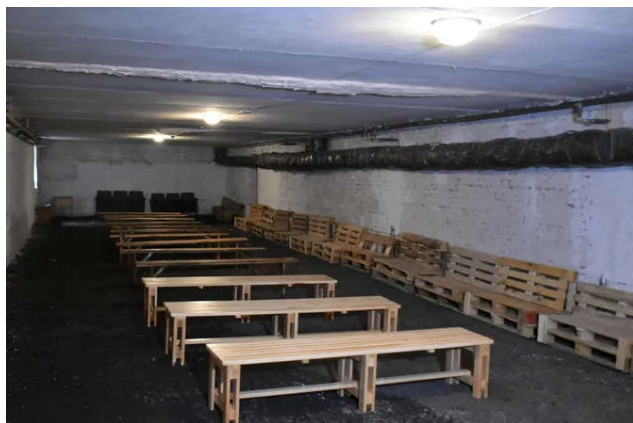
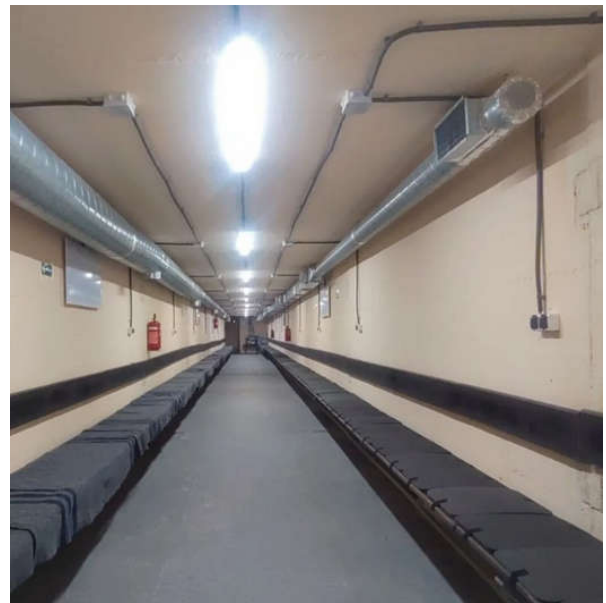
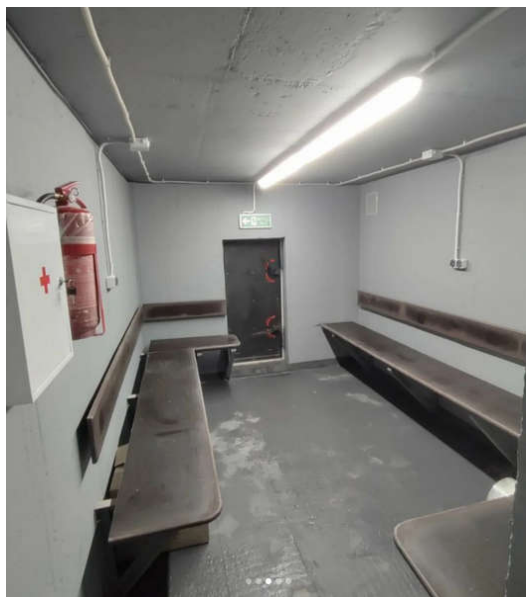


Рисунок 1.11 – Приклади реалізації освітлення реальних укриттів

| | | | | | | |
|-----|-------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | КПТР.022084.01.13 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Аркуш | № докум. | Підпис | Дата | | |

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1

1. У розділі "Аналітичний огляд літературних джерел і патентних матеріалів" розглянуто детальну класифікацію аварійних та автономних джерел освітлення укриттів, зокрема за джерелом енергії, за призначенням, за принципом дії та за конструкцією. Для забезпечення комфортних умов перебування в укритті надано рекомендації стосовно оптимальної колірної температури світлодіодного освітлення: тепле жовте світло 2700-3000 °K для звичайного режиму перебування і відпочинку та нейтральне денне світло 3500-4500 °K для проведення навчань, читання або роботи.

2. Наведені основні нормативні акти (ДСТУ EN і ДБН) організації освітлення в укриттях, побудови систем евакуаційного освітлення та вимоги до світильників зокрема.

3. Проаналізовано найбільш характерні промислові рішення для реалізації освітлення укриттів. Слід відмітити, що існує досить обмежена кількість спеціалізованих світильників для укриттів та окремих блоків аварійного живлення, має логічне пояснення. На основі проведено аналізу обрано пристрій-прототип – блок аварійного живлення EPS6, як такий, що найбільше підходить до характеру даної розробки.

| | | | | | | |
|-----|-------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | КПТР.022084.01.13 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Аркуш | № докум. | Підпис | Дата | | |

2. ВИБІР І ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ

2.1. Розрахунок рівня освітленості для укриття.

Оптимальний вибір джерел світла та їх розрахунок мають важливе значення для комфортного перебування людей в укритті.

Необхідну кількість світла можна визначити наступним чином:

$$E = \frac{N \cdot P}{S} \quad (2.1)$$

де E – освітленість (лк), N – кількість джерел світла, P – потужність ламп (Вт), S – площа освітлювального приміщення (m^2).

Також для базового розрахунку освітлення приміщення можна використати універсальну формулу світлового потоку:



$$F = S \cdot E \cdot K \quad (2.2)$$

де: S – площа приміщення (m^2); E – норма освітленості (лк), залежно від класу приміщення і норм ДБН; K – коефіцієнт висоти стелі.

Значення коефіцієнта висоти стелі, K :

- до 2,7 м – $K=1,0$;
- 2,7-3,0 м – $K=1,2$
- 3,0-3,5 м – $K=1,5$.

При розрахунку рівня освітленості приміщень важливо врахувати наступні особливості:

| | | | | | | | | | |
|----------------------|-------|----------------|---|---------|---|----------------------|-------------------|---------|--|
| КПТР.022084.01.13 ПЗ | | | | | | | | | |
| Зм. | Аркуш | № докум. | Підпис | Дата | Автономне джерело освітлення в укритті | Літера | Аркуш | Архивів | |
| | | Токар А. С. |  | 2.06.26 | | | | 25 | |
| | | Стецюк В. І. |  | 5.06.26 | | Пояснювальна записка | ХНУ, гр. ТР2-22-1 | | |
| | | Стецюк В. І. |  | 5.06.26 | | | | | |
| | | Підченко С. К. |  | 2.06.26 | | | | | |

- колір інтер'єру: темні стіни та меблі поглинають до 50% світла, тому для темних кімнат отриманий результат варто помножити на 1.3-1.5;

- колірна температура: рекомендується обирати тепле біле світло 2700-3300 °K;

- зонування: замість одного потужного джерела світла краще використовувати кілька менш потужних, рівномірно рознесених у просторі.

Колірна температура визначає колір світла, випромінюваного лампою і співвіднесення його з кольором світла від еталонного джерела при нагріванні до певної температури. Вимірюється в градусах Кельвіна (°K).

Оптимальний вибір колірної температури залежить від конкретної функціональної зони всередині захисної споруди та тривалості перебування людей. Стосовно зонування освітлення в укриттях, слід відмітити наступне:

- для цивільних та військових укриттів рекомендована тепла (2700-3300 °K) колірна температура, яка має найбільше природні відтінки сонця, що знижує рівень стресу, створює відчуття безпеки, мінімізує психологічне напруження та допомагає людям заспокоїтися;

- загальні проходи, медичні пункти та зони реєстрації рекомендується обладнувати джерелами з нейтральною колірною температурою (4000-4500 °K); такий спектр підтримує концентрацію персоналу, полегшує орієнтацію у просторі, не викривляє кольори під час надання медичної допомоги та є комфортним для тривалого перебування без втоми для очей;

- санвузли та технічні приміщення краще обладнувати нейтральними джерелами світла – 4000 °K, що забезпечує чітку видимість та відповідає санітарно-гігієнічним вимогам;

Чому варто уникати холодного білого світла понад 5000 °K? Яскраве холодне або блакитне світло (наприклад, 5000-6500 °K) стимулює вироблення кортизолу та пригнічує мелатонін. В умовах замкнутого простору укриття це може спровокувати паніку, посилити тривожність, викликати головний біль та серйозні порушення сну у людей, які там перебувають.

| | | | | | | |
|-----|-------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | КПТР.022084.01.13 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Аркуш | № докум. | Підпис | Дата | | |

Існує емпірична рекомендація для мінімально комфортного рівня освітленості – 1 світильник з лампами на 30-40 Вт забезпечує необхідний рівень освітленості на площі до 6 м².

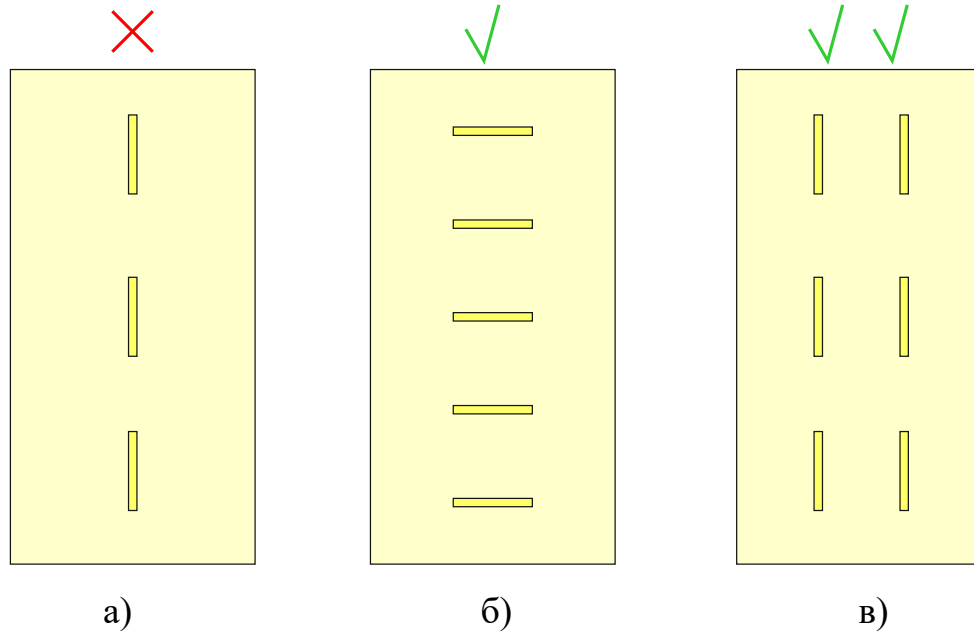


Рисунок 2.2 – Графічне пояснення необхідного рівня освітленості для приміщення 32 м² (4×8 м):

а) недостатній рівень освітлення (3 світильники з лампами 36 Вт); б) достатній комфортний рівень освітлення (5 світильників з лампами 36 Вт); в) більш ніж достатній рівень освітлення (6 світильників з лампами 36 Вт)



Рисунок 2.3 – Приклад укриття з правильною організацією освітлення

| | | | | | | |
|-----|-------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | КПТР.022084.01.13 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Аркуш | № докум. | Підпис | Дата | | |

Слід враховувати також тепловиділення від джерел штучного освітлення $Q_{осв.}$, ккал/год (Вт):

$$Q_{осв.} = 860 \times P_{осв.}, \text{ [ккал/год];}$$

або (2.3)

$$Q_{осв.} = 1,16 \times 860 \times P_{осв.}, \text{ [Вт],}$$

де $P_{осв.}$ – сумарна потужність джерел освітлення, кВт.

У випадку застосування світильників на світлодіодних лампах величину $Q_{осв.}$ слід помножити ще на коефіцієнт 0,2.

Штучне освітлення приміщень захисних споруд цивільного захисту сховищ виконується згідно з ДБН В.2.5-28, ДСТУ EN 12464-1. Для приміщень загальних місць перебування людей рекомендується застосувати світлотехнічні вимоги згідно з ДСТУ EN 12464-1 як для зон очікування або залів очікування.

Аварійне освітлення захисних споруд цивільного захисту та сховищ не залежно від періоду використання, виконується у відповідно до ДБН В.2.5-28, ДСТУ EN 1838 та ДСТУ EN 50172.

2.2. Структурна схема автономного джерела освітлення в укритті.

Для організації оптимального рівня освітленості укриття розроблено спеціальну схему, яка складається з наступних функціональних вузлів (рис. 2.4):

- мережевий блок живлення (AC/DC перетворювач);
- акумуляторна батарея (LiFePO4);
- battery menegement system (BMS);
- автоматичний ввід резерву;
- LED драйвери (1-4);
- LED стрічки (1-4).

Розглянемо кожен складову більш детально.

| | | | | | | |
|-----|-------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | КПТР.022084.01.13 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Аркуш | № докум. | Підпис | Дата | | |

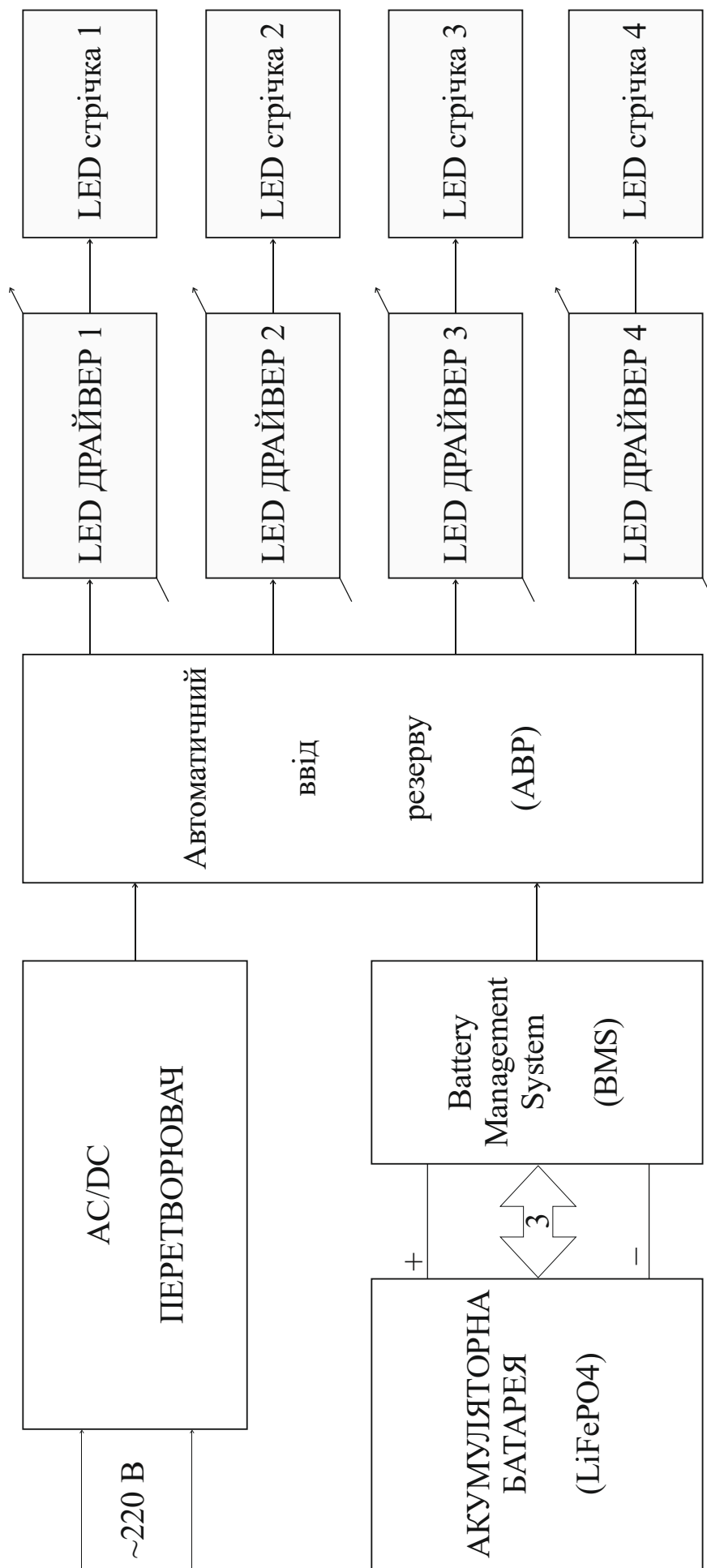


Рисунок 2.4 – Схема електрична структура автономного джерела освітлення в укритті

Мережевий блок живлення представляє собою класичний *AC/DC перетворювач напруги* мережі змінного струму ~ 220 В в постійну напругу +15 В, відповідно з гальванічною розв'язкою. До даного блоку живлення пред'являється ряд додаткових вимог із врахування його місця експлуатації:

- захищеність не нижче рівня IP65;
- електромагнітна сумісність: стійкість до електромагнітних перешкод та відсутність випромінення самого пристрою (як в ефір, так і в мережу живлення);
- відсутність зовнішніх елементів і вузлів (провідників) із напругою, вище 36 В;
- заборона експлуатації кислотних акумуляторів;
- вибухозахищеність.

Рівні захисту IP (Ingress Protection) регламентуються міжнародним стандартом (IEC 60529), який позначає ступінь захисту оболонки електрообладнання від потрапляння твердих предметів (пилу) та рідин. Стандарт записується як *IP* та дві цифри, де перша означає захист від пилу, а друга – від вологи.

Перша цифра – тверді частинки (0–6):

- 0 – без захисту;
- 1 – захищає від твердих предметів розміром ≥ 50 мм (наприклад, випадкового контакту з рукою);
- 2 – захищає від крупних твердих предметів розміром $\geq 12,5$ мм (наприклад, пальців);
- 3 – захищає від твердих предметів розміром $\geq 2,5$ мм (наприклад, інструментів, товстих дротів);
- 4 – захищає від твердих предметів розміром ≥ 1 мм (наприклад, більшості дротів, гвинтів);
- 5 – частково пилонепроникний (обмежене потрапляння пилу, яке не порушує роботу пристрою);
- 6 – пилонепроникний; повний захист від потрапляння пилу.

Друга цифра: рідини (0–9):

| | | | | | | |
|-----|-------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | КПТР.022084.01.13 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Аркуш | № докум. | Підпис | Дата | | |

- 0 – без захисту;
- 1 – захищає від вертикально падаючих крапель води;
- 2 – захищає від крапель води, спрямованих під кутом до 15° від вертикалі;
- 3 – захищає від розбризкування води під кутом до 60° від вертикалі;
- 4 – захищає від бризок води з будь-якого напрямку;
- 5 – захищає від струменів води низького тиску з будь-якого напрямку;
- 6 – захищає від сильного струменів води (наприклад, морські хвилі);
- 7 – захищає від тимчасового занурення (на глибину до 1 метра протягом 30 хвилин);
- 8 – захищає від тривалого занурення у воду за умов, зазначених виробником;
- 9 – захищає від струменів води високого тиску та високої температури з близької відстані (мийка гарячою водою).

В даному виробі рекомендується рівень захисту не нижче IP65. Це пояснюється умовами експлуатації та близьким розташуванням людей. Як правило укриття – це вологі підвальні приміщення, в який можливе розташування комунікацій будівлі (труби гарячої, холодної води, ливневі стоки, тощо). Також підлоги укриттів в більшості випадків не мають захисного чи антипилового покриття. Часті переміщення великої кількості людей можуть спричинити серйозні запилення приміщень. Окрім того, тривале перебування великої кількості людей може спричинити виділення власної вологи у вигляді конденсату та підвищеної вологості самого повітря. Всі ці фактори необхідно враховувати при проектування електротехнічних та радіоелектронних пристроїв для укриттів.

АС/DC перетворювач напруги, в свою чергу, побудований за класичною схемою імпульсних блоків живлення (рис. 2.5). Він містить:

- елементи захисту від короткого замикання (КЗ) та стартових струмів;
- мережевий фільтр;
- діодний міст;
- згладжуючий фільтр;
- ШІМ-контролер із силовим ключем;

| | | | | | | |
|-----|-------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | КПТР.022084.01.13 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Аркуш | № докум. | Підпис | Дата | | |

- розв'язуючий трансформатор;
- випрямляч вторинної напруги;
- згладжуючий фільтр вторинної напруги;
- зворотний зв'язок.

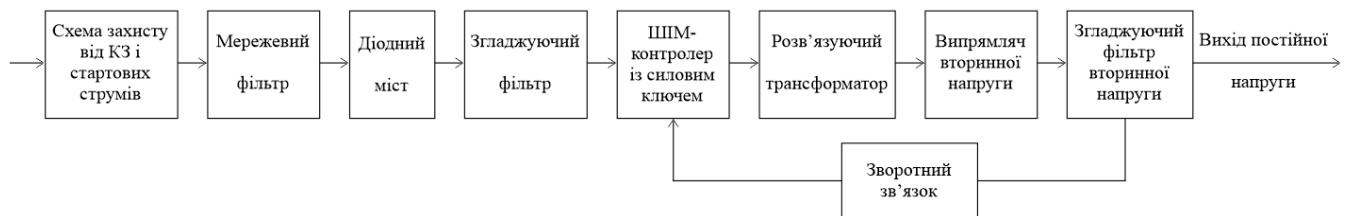


Рисунок 2.5 – Схема електрична структурна AC/DC перетворювача

Акумуляторна батарея. Вище представлено вимоги до акумуляторів укриттів, де наголошено про заборону використання кислотних акумуляторів. Із врахуванням цього, а також враховуючи сучасні тенденції з розвитку акумуляторної техніки, прийнято рішення застосувати акумулятори типу LiFePO4.

Літій-залізо-фосфатний акумулятор (LiFePO4) – це різновид літій-іонних акумуляторів, в якому в якості катода використовує фосфат заліза-літію. Це одна із самих безпечних, довговічних і стабільних акумуляторних технологій на сьогоднішній день. Вона широко застосовується в сонячних електростанціях, електромобілях, джерелах безперебійного живлення (ДБЖ), тощо.

Battery management system (BMS) – система керування зарядом-розрядом акумулятора (блоку акумуляторів), яка контролює стан акумулятора і запобігає критичним ситуаціям (перезаряд, перегрівання, дисбаланс комірок, тощо). По суті – це електронний «мозок» акумуляторного блоку, який гарантує безпеку акумулятора, оптимізує продуктивність та максимізує термін служби, що робить BMS важливим компонентом у системах накопичення енергії (ESS).

Основні функції пристрою:

- захист та безпека – BMS негайно відключає акумулятор, щоб запобігти пожежам або незворотним пошкодженням, якщо виявляє перезарядження, перерозрядження, коротке замикання або екстремальні температури.

| | | | | | | | | | |
|-----|-------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | |
| Зм. | Аркуш | № докум. | Підпис | Дата | | | | | |

- балансування елементів – немаловажна функція, яка перерозподіляє енергію між окремими елементами, щоб забезпечити рівномірний заряд та розряд, підтримуючи максимальну ємність.

- оцінка стану – розраховує такі параметри, як стан заряду (SOC), для точного відображення залишкової потужності/запасу ходу та стан справності (SOH) для відстеження деградації акумулятора.

- зв'язок – передає діагностичні дані в режимі реального часу на зовнішні пристрої через протоколи зв'язку (CAN або Bluetooth).

Сучасні LiFePO4 акумулятори мають високу енергоємність, але надзвичайно чутливі до неправильного використання. Без системи управління акумуляторами (BMS) коливання продуктивності елементів призведуть до швидкої деградації акумулятора або теплового пробую.

Типи BMS:

- пасивна BMS – використовує резистори для «відведення» надлишкової енергії з елементів вищої напруги під час заряджання, щоб привести їх у відповідність з елементами нижчої напруги;

- активна BMS: активно перерозподіляє заряд, переміщуючи енергію від елементів вищої напруги до елементів нижчої напруги, що є високоефективним, але дорогим;

- розумна BMS – має вбудовані мікроконтролери, які дозволяють користувачам контролювати дані акумулятора через ПК або мобільні додатки.

Автоматичний ввід резерву (ABP) – це пристрій, який автоматично перемикає споживачів на резервне джерело живлення у разі зникнення напруги на основному вході.

Основні функції:

- постійний контроль напруги в мережі (моніторинг);

- миттєве виявлення аварійних ситуацій (зникнення фаз, просідання напруги);

- автоматичне відключення основного джерела;

| | | | | | | |
|-----|-------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | КПТР.022084.01.13 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Аркуш | № докум. | Підпис | Дата | | |

- безпечне підключення резервного джерела (генератора, акумулятора, іншої лінії);

- зворотне перемикання після відновлення основної мережі;

Сфери застосування:

- промисловість (заводи, фабрики, безперервні виробництва);

- інфраструктура (лікарні, дата-центри, ТРЦ, вокзали);

- приватний сектор (заміські будинки з резервними генераторами).

Види АВР за типом пристрою:

- на контакторах (пусках) – класичний варіант, висока швидкість, але значні габарити;

- на моторизованих рубильниках – надійні, мають механічне блокування від зустрічного струму;

- електронні (статичні) – надшвидкісні перемикачі для високоточного обладнання та ІТ.

Головні вимоги до системи:

- швидкість дії – перемикання має відбуватися за мінімальний час;

- надійність – виключення можливості одночасного увімкнення двох джерел (захист від зустрічного струму);

- однократність – система не повинна циклічно вмикатися-вимикатися при нестабільній напрузі.

LED драйвер – це спеціалізоване джерело живлення, яке стабілізує струм для забезпечення правильної та тривалої роботи світлодіодів. На відміну від звичайних ламп світлодіоди дуже чутливі до стрибків струму, тому безпосередньо до джерела напруги їх підключати не можна. Основні типи драйверів – це стабілізатори струму (СС – Constant Current), які формують постійний струм, але не важлива зміна напруги (тобто функція стабілізації напруги не важлива). Окрім звичайної функції стабілізації напруги, деякі драйвери можуть забезпечувати регулювання яскравості світіння світлодіодів (димери). Можуть бути також розумні LED драйвери, які дозволяють організувати функцію регулювання яскравості світла на основі протоколів Wi-Fi, Bluetooth чи інших.

| | | | | | | |
|-----|-------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | КПТР.022084.01.13 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Аркуш | № докум. | Підпис | Дата | | |

Важливим параметром LED драйвера є дотримання робочого струму в навантаженні, тобто на світлодіодах, які до нього під'єднані. Цей параметр повинен суворо відповідати паспортним даним світлодіода (перевищення струму може дуже швидко знищити кристал і він миттєво вийде з ладу). Також слід дотримуватися запасу по потужності, який рекомендується обирати на рівні 20-30%, щоб драйвер не працював на межі та не перегрівався. Головні причини виходу з ладу LED драйверів – перегрів (через відсутність вентиляції, відсутність або недостатню площу радіатора). При проектуванні LED драйверів слід уникати дешевих компонентів, особливо напівпровідників і електролітичних конденсаторів.

LED стрічка – одна із можливих реалізацій освітлення на основі LED технології (Light Emitting Diode, світлодіод). Така технологія дозволяє перетворювати електричний струм на світло за допомогою напівпровідникових структур. Завдяки високій енергоефективності, довговічності вона стала стандартом у побутовому освітленні, дисплеях та автоіндустрії.

Основні переваги:

- енергоефективність – споживають у 10 разів менше енергії, ніж лампи розжарювання;
- довговічність – працюють від 20000 до 50000 годин (до 5 років безперервної роботи);
- екологічність – не містять ртуті, важких металів та не потребують спеціальної утилізації;
- надійність – стійкі до вібрацій, механічних пошкоджень та частих циклів увімкнення/вимкнення.

Основні типи LED-технологій:

- DIP (Direct In-line Package) – застарілі циліндричні діоди з двома ніжками, які використовуються в індикаторах та простих табло;

SMD (Surface Mounted Diode) – кристали, що монтуються безпосередньо на поверхню плати і є найпоширенішим типом для стрічок та побутових ламп;

| | | | | | | |
|-----|-------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | КПТР.022084.01.13 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Аркуш | № докум. | Підпис | Дата | | |

- COB (Chip-on-Board) – велика кількість кристалів на одній підкладці під єдиним шаром люмінофору; дає надзвичайно щільне, рівномірне світло без ефекту "точок";

- Filament (філаментні лампи) – світлодіодні нитки всередині скляної колби, які візуально імітують старовинні лампи Едісона, маючи високу енергоефективність.

Сфери застосування LED технологій:

- освітлення – побутові лампи, вуличні ліхтарі, промислові та архітектурні світильники;

- екрани та підсвічування LCD-телевізорів, а також величезні вуличні медіафасади з окремих пікселів;

- автомобільна сфера – автомобільні фари головного світла, денні ходові вогні (DRL) та Bi-LED лінзи;

- розумний дім (Smart Lighting) – керування яскравістю (димування), зміна кольору світла (RGB) та автоматичні сценарії через додатки;

- суміжні та похідні технології екранів.

Вибір LED стрічки, а не окремих LED ламп пояснюється наступними причинами:

1) стрічки найчастіше бувають низьковольтові (12 В), що особливо актуально для безпеки в укриттях, які часто розташовуються у сирих підвалах;

2) мають малу потужність при високому рівні освітлення;

3) більший просторовий розмір (можуть бути від кількох метрів, до кількох десятків метрів);

4) більш рівномірний розподіл світлового потоку по відношенню до площі приміщення;

5) гнучкість;

6) можуть мати конструктивне виконання з IP68 (залиті м'яким компаундом), що повністю захищає від будь-якого типу зовнішніх факторів.

| | | | | | | |
|-----|-------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | КПТР.022084.01.13 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Аркуш | № докум. | Підпис | Дата | | |

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2

1. У даному розділі кваліфікаційного проекту проведено розрахунок рівня освітленості для укриття. Вказано, що при розрахунку рівня освітленості приміщень важливо врахувати такі особливості, як колір інтер'єру, колірну температуру обраного джерела освітлення та зонування. Так, оптимальний вибір колірної температури є найважливішим фактором, який залежить від конкретної функціональної зони всередині захисної споруди, тривалості перебування людей і рекомендоване значення складає 2700-3300 °K (теплі відтінки).

2. Рівень освітленості в укриттях регламентується рядом нормативних документів (ДБН В.2.5-28:2018 та ДБН В.2.2-5:2023). На основі даних норм штучного освітлення в захисних спорудах цивільного захисту (укриттях) рекомендований мінімальний рівень складає 50 люкс на рівні підлоги.

3. Розроблена схема електрична структурна автономного джерела освітлення в укритті, яка містить АС/DC перетворювач, акумуляторну батарею на основі літій-іонних технологій, battery management system (BMS), автоматичний ввід резерву, LED драйвери та в якості джерела світла – LED стрічки. Проведено детальний аналіз всіх функціональних елементів, їх вибір та поєднання.

| | | | | | | |
|-----|-------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | КПТР.022084.01.13 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Аркуш | № докум. | Підпис | Дата | | |

3. РОЗРАХУНОК СХЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРИНЦИПОВОЇ

3.1. AC/DC перетворювач.

AC/DC перетворювач представляє собою мережевий блок живлення, побудований за класичною інверторною схемою (рис. 3.1). Його структурна схема представлена на рис. 2.5 і детально розглянута. Він містить:

- елементи захисту від короткого замикання (КЗ) та стартових струмів;
- мережевий фільтр;
- діодний міст;
- згладжуючий фільтр;
- ШІМ-контролер із силовим ключем;
- розв'язуючий трансформатор;
- випрямляч вторинної напруги;
- згладжуючий фільтр вторинної напруги;
- схему зворотного зв'язку.

Елементом захисту від короткого замикання (КЗ) є звичайний запобіжник FU1 – 0,5 А. Захист від стартових струмів забезпечує термістор NTC 5D-9 (рис. 3.2). 5D-9 – це силовий NTC-термістор (терморезистор з негативним температурним коефіцієнтом, Negative Temperature Coefficient), призначений для обмеження пускових струмів у блоках живлення та інверторах.

Технічні характеристики:

- опір – 5 Ом (за температури 25 °С);
- максимальний струм – 3А;
- діаметр дискового корпусу – 9 мм;
- допустиме відхилення (допуск) – ±20%;
- діапазон робочих температур – від -55 до +200 °С.

| | | | | | | | | |
|-----------|-------|----------------|-----------------|---------|---|-------------------|-------|---------|
| | | | | | КПТР.022084.01.13 ПЗ | | | |
| Зм. | Аркуш | № докум. | Підпис | Дата | Універсальне автономне джерело освітлення укриття | Літера | Аркуш | Аркушів |
| Розробив | | Токар А. С. | <i>[Підпис]</i> | 7.06.20 | | | 39 | |
| Перевірив | | Стецюк В. І. | <i>[Підпис]</i> | 5.06.20 | | | | |
| Н. контр. | | Стецюк В. І. | <i>[Підпис]</i> | 5.06.20 | | | | |
| Затв. | | Підченко С. К. | <i>[Підпис]</i> | 1.06.20 | Пояснювальна записка | ХНУ, гр. ТР2-22-1 | | |

У момент увімкнення електронного пристрою в мережу відбувається різкий стрибок струму (наприклад, через заряджання вхідних конденсаторів фільтра). Оскільки термістор NTC 5D-9 в цей момент холодний, його опір становить 5 Ом, що ефективно обмежує пусковий струм та захищає діодний міст VD2 та запобіжник FU1 від вигорання. У процесі роботи через термістор протікає струм, компонент сильно розігрівається, його опір падає майже нуля, мінімізуючи втрати енергії. Таким чином, робота термістора з обмеження струму у початковий момент часу забезпечує плавний перехідний процес схеми.



Рисунок 3.2 – Зовнішній вигляд термістора NTC 5D-9

Захист від кидків напруги на вході мережного блоку живлення забезпечує варистор R7 типу 07K471.



Рисунок 3.3 – Зовнішній вигляд варистора 07K471

Маркування варисторів серії 07 має наступний вигляд:



де 07 – розмір корпусу в мм;

K – допустимі відхилення від номіналу ($\pm 10\%$);

471 – номінальна напруга варистора, В.

| | | | | | | |
|-----|-------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | КПТР.022084.01.13 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Аркуш | № докум. | Підпис | Дата | | |

Варистор є пасивним двовивідним, твердотільний напівпровідниковим приладом, який використовується для забезпечення захисту електричних та електронних схем. На відміну від плавкого запобіжника або автоматичного вимикача, які забезпечують захист струму, варистор забезпечує захист від перенапруги за допомогою стабілізації напруги подібно до стабілітрону. Однак, на відміну від потенціометра, опір якого може бути змінено вручну, варистор змінює свій опір автоматично зі зміною напруги на його контактах, що робить його опір залежним від напруги, тобто його можна охарактеризувати як нелінійний резистор. Сучасні резистивний елемент варистора виготовляють із напівпровідникового матеріалу. Це дозволяє використовувати його як у колах змінного, так і постійного струму. Варистори виготовляють із заповненням на основі оксиду цинку (ZnO) та керамічного наповнювача, рис. 3.4. Як Провідні зерна оксиду цинку розділені межами зерен наповнювача та забезпечують необхідні характеристики.

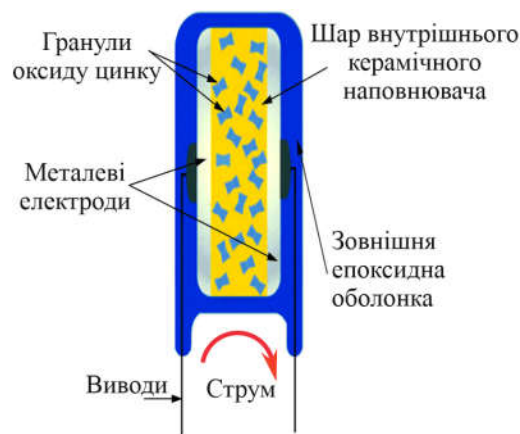


Рисунок 3.4 – Будова варистора 07K471

За нормальних умов роботи варистор має дуже високий опір і працює як стабілітрон, не впливаючи на нижчу порогову напругу. Однак, коли напруга на варисторі (будь-якої полярності) перевищує номінальне значення варистора, його ефективний опір зі збільшенням напруги сильно зменшується. Типова вольт-амперна характеристика (ВАХ) варистора та його робочі зони представлені на рис. 3.5

| | | | | | | |
|-----|-------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | КПТР.022084.01.13 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Аркуш | № докум. | Підпис | Дата | | |

Вольт-амперна характеристика варистора має симетричний двонаправлений вигляд, тому він здатний працювати як при додатній, так і при від'ємній полярності напруги. За принципом дії такий елемент можна порівняти з двома стабілітронами, увімкненими назустріч один одному. Це робить варистори особливо ефективними в колах змінного струму, де напруга періодично змінює полярність.

Однією з важливих переваг варистора є його висока швидкодія. Реакція на перенапругу відбувається практично миттєво, що дає змогу ефективно пригнічувати навіть дуже короткі імпульсні завади. Крім того, варистори мають компактні розміри, просту конструкцію та відносно невисоку вартість, завдяки чому широко застосовуються у блоках живлення, побутовій техніці, телекомунікаційному обладнанні та промислових електронних системах.

Таким чином, варистор виконує функцію обмежувача перенапруги, підтримуючи напругу в допустимих межах навіть при значних коливаннях струму. Його використання суттєво підвищує надійність і довговічність електронних пристроїв та забезпечує стабільну роботу електричних схем у складних умовах експлуатації.

Технічні характеристики варистора 07K471:

- номінальна класифікаційна напруга варистора – 470 В;
- максимальна робоча напруга АС – 300 В;
- максимальна робоча напруга DC – 385 В;
- максимальний струм – 50 А;
- пікове значення струму – 2000 А;
- корпус – VAR-07;
- робоча температура – -40...85 °С;
- діаметр, мм – 7;
- енергія поглинання – 30 Дж;
- ємність – 100 пФ;
- напруга обмеження (фіксації) – 775 В.

| | | | | | | |
|-----|-------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | КПТР.022084.01.13 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Аркуш | № докум. | Підпис | Дата | | |

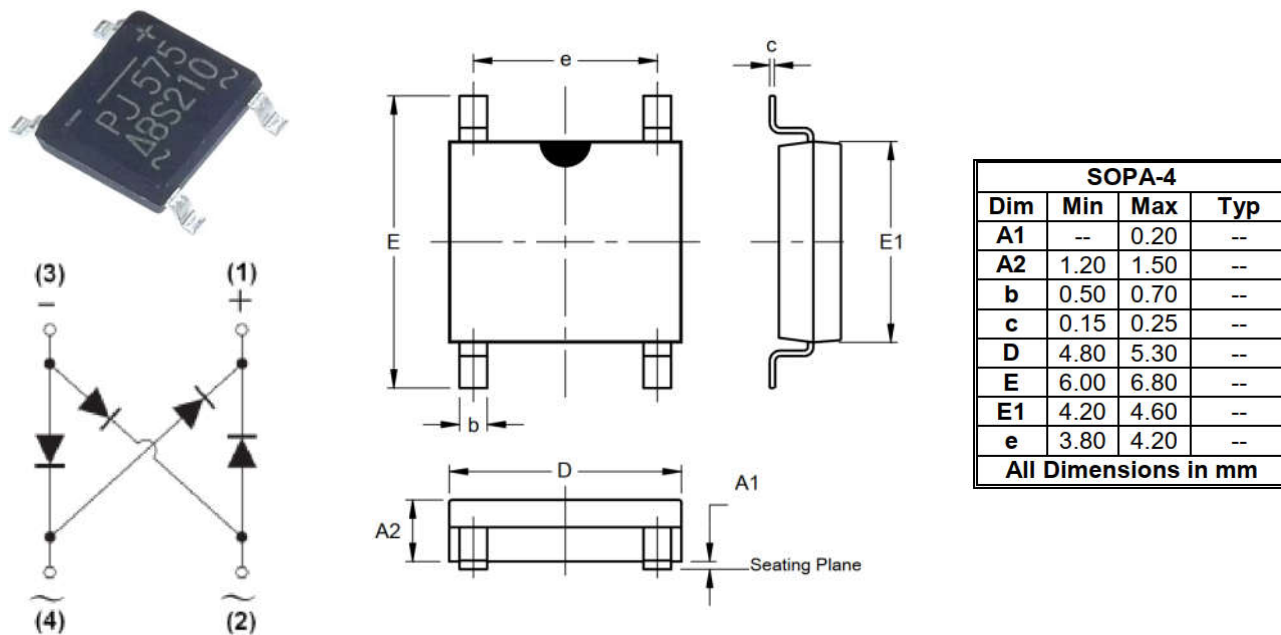


Рисунок 3.6 – Зовнішній вигляд та призначення виводів діодного мосту ABS210

Випрямлена і згладжена напруга використовується для роботи інвертора, зібраного на інтегральній мікросхемі FSDM0565RB, яка містить ШІМ-контролер і силовий транзистор в одному корпусі, рис. 3.7.

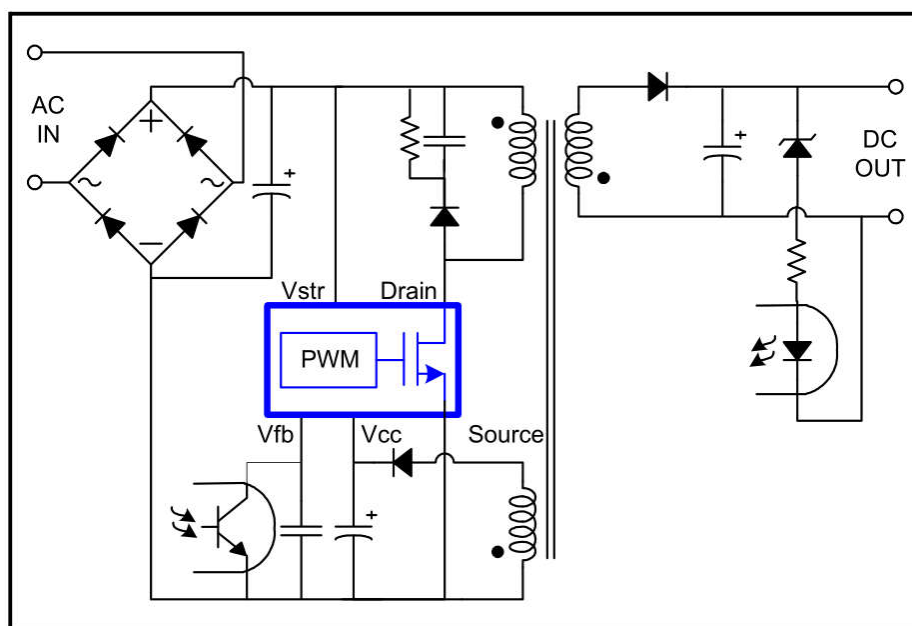


Рисунок 3.7 – Внутрішня будова мікросхеми FSDM0565RB

Технічні характеристики FSDM0565RB:

- внутрішній лавинний польовий транзистор Rugged Sense;
- розширений режим роботи в пакетному режимі споживає менше 1 Вт при 240 В змінного струму та навантаженні 0,5 Вт;
- точна фіксована робоча частота (66 кГц);
- внутрішня схема запуску;
- покращене обмеження струму імпульсним режимом;
- захист від перенапруги (OVP) ;
- захист від перевантаження (OLP) ;
- внутрішня функція теплового вимкнення (TSD) ;
- режим автоматичного перезапуску;
- блокування за низької напруги (UVLO) з гістерезисом;
- низький робочий струм (2,5 мА);
- діапазон вхідних напруг – 85-265 В;
- вихідна потужність – 80 Вт;
- вбудований плавний пуск.

FSDM0565RB – це інтегрований широтно-імпульсний модулятор (ШИМ) та польовий транзистор Sense FET, спеціально розроблений для високопродуктивних автономних імпульсних джерел живлення (SMPS) з мінімальною кількістю зовнішніх компонентів. Цей пристрій являє собою інтегрований високовольтний імпульсний регулятор потужності, який поєднує в собі лавинно-стійкий польовий транзистор Sense FET з блоком керування ШИМ у струмовому режимі. ШИМ-контролер включає в себе інтегрований генератор фіксованої частоти, блокування за зниженою напругою, гасіння переднього фронту (LEB), оптимізований драйвер заслону, внутрішній плавний пуск, точні джерела струму з температурною компенсацією для схеми компенсації петлі та самозахисту. Порівняно з дискретним MOSFET та ШИМ-контролером, він може одночасно зменшити загальну вартість, кількість компонентів, розмір та вагу, підвищуючи ефективність, продуктивність та надійність системи. Цей пристрій є базовою платформою для економічно ефективних конструкцій зворотноходових перетворювачів.

| | | | | | | |
|-----|-------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | КПТР.022084.01.13 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Аркуш | № докум. | Підпис | Дата | | |

ІМС FSDM0565RB працює в парі з імпульсним трансформатором TV1, який має 3 обмотки:

- первинна обмотка – під'єднана до вив. 1 (Drain), який є стоком високовольтного польового транзистора і призначений для безпосереднього керування трансформатором;

- обмотка основного живлення – під'єднана до вив. 3 мікросхеми; під час початкового запуску схеми (у момент подачі напруги мережі), живлення подається через обмежувальний резистор R12 на внутрішнє джерело струму високої напруги, підключеного до контакту V_{str} (вив. 6); коли напруга живлення V_{cc} , сформована обмоткою досягає 12 В, внутрішнє джерело струму високої напруги вимикається, і живлення подається від допоміжної обмотки трансформатора; для формування постійного рівня напруги живлення використовуються наступні елементи: обмежувальний резистор R19 (1 кОм), випрямний діод VD6 (TVR10G), згладжувальний конденсатор C13 (2,2 нФ) та стабілітрон 2MY22 (з напругою стабілізації 22 В); як бачимо з функціональної схеми FSDM0565RB (рис. 3.9), підвищена напруга живлення 22 В необхідна для роботи внутрішньої схеми компаратора мікросхеми;

- вторинна обмотка трансформатора використовується для формування напруги +15 В і гальванічного розв'язання від мережної напруги (це необхідно для усунення гальванічного зв'язку та запобігання враження електричним струмом при торканні елементів у вторинних колах пристрою та під'єданого до пристрою навантаження); на виході обмотки встановлено випрямний діод Шотки VD8 (MBR10100G), дросель L2 та згладжуючі конденсатори фільтра вторинної напруги C18, C19 (2200 мкФ×50 В).

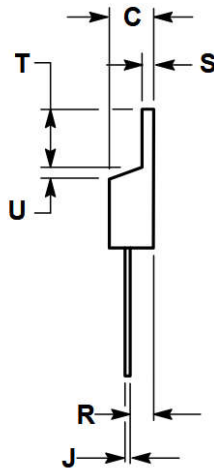
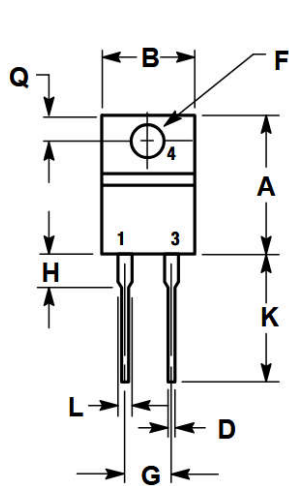
MBR10100 (і його модифікації) – це потужний діод Шотки у різних корпусах, (рис. 3.10). Він відрізняється дуже малим падінням напруги і високою швидкістю дії.

Основні характеристики:

- максимальна зворотна напруга – 100 В;
- максимальний прямий випрямлений струм – 10 А;

| | | | | | | |
|-----|-------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | КПТР.022084.01.13 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Аркуш | № докум. | Підпис | Дата | | |

- максимальне пряме падіння напруги – 0,8-0,85 В (при 10 А);
- імпульсний прямий струм – 150 А;
- робоча температура переходу – (-50...+150 °С).

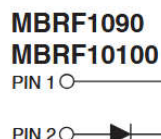
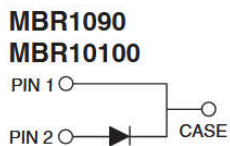
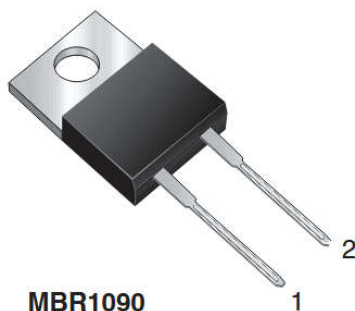


| DIM | INCHES | | MILLIMETERS | |
|-----|--------|-------|-------------|-------|
| | MIN | MAX | MIN | MAX |
| A | 0.595 | 0.620 | 15.11 | 15.75 |
| B | 0.380 | 0.405 | 9.65 | 10.29 |
| C | 0.160 | 0.190 | 4.06 | 4.82 |
| D | 0.025 | 0.035 | 0.64 | 0.89 |
| F | 0.142 | 0.147 | 3.61 | 3.73 |
| G | 0.190 | 0.210 | 4.83 | 5.33 |
| H | 0.110 | 0.130 | 2.79 | 3.30 |
| J | 0.018 | 0.025 | 0.46 | 0.64 |
| K | 0.500 | 0.562 | 12.70 | 14.27 |
| L | 0.045 | 0.060 | 1.14 | 1.52 |
| Q | 0.100 | 0.120 | 2.54 | 3.04 |
| R | 0.080 | 0.110 | 2.04 | 2.79 |
| S | 0.045 | 0.055 | 1.14 | 1.39 |
| T | 0.235 | 0.255 | 5.97 | 6.48 |
| U | 0.000 | 0.050 | 0.000 | 1.27 |

TMBS®

TO-220AC

ITO-220AC



TO-263AB

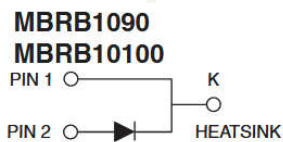
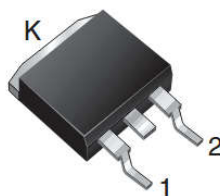


Рисунок 3.10 – Зовнішній вигляд та призначення виводів діода Шотки MBR10100

Технічні параметри EL817:

- напруга ізоляції – до 5000 В (забезпечує високу безпеку схем);
- максимальна напруга виходу – 35 В (колектор-емітер) ;
- максимальний прямий струм входу – 50 мА;
- максимальний вихідний струм – 50 мА;
- пряме падіння напруги – ~1.2 (тип.);
- максимальна робоча частота – до 80 кГц;
- кількість каналів – 1.

Напруга зворотного зв'язку із виходу оптрона поступає на вхід (вив. 4) мікросхеми DA2 ШІМ-контролера.

3.2. Акумуляторна батарея.

В якості акумуляторів вирішено обрати літій-іонного типу, а саме LiFePO₄. Літій-залізо-фосфатні акумулятори є найбільш довговічними, безпечними та стабільними серед усіх сучасних літійових елементів живлення. Завдяки хімічному складу вони позбавлені головних недоліків стандартних літій-іонних батарей (ризик займання) та свинцево-кислотних акумуляторів (короткий термін служби).

Головними перевагами LiFePO₄ є:

- довговічність – служать від 3000 до 6000 циклів заряд-розряд (10-15 років роботи);
- максимальна безпека – термічно та хімічно стабільні, не схильні до самозаймання або вибуху навіть у разі пошкодження, проколу чи перегріву;
- глибокий розряд без деградації – дозволяють безпечно використовувати до 90-100% своєї ємності; для порівняння, свинцеві акумулятори (AGM/GEL) втрачають ресурс, якщо їх розряджати глибше ніж на 50%;
- стабільна напруга – утримують номінальну напругу (близько 3.2 В на комірку) практично до повного виснаження заряду; пристрої працюють на повну потужність до останньої хвилини;

| | | | | | | |
|-----|-------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | КПТР.022084.01.13 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Аркуш | № докум. | Підпис | Дата | | |

- висока швидкість зарядки – здатні приймати великі струми, що дозволяє повністю зарядити батарею всього за 1-2 години;
- екологічність – не містять токсичних важких металів на кшталт кобальту, кадмію, свинцю чи ртуті;
- відсутність «ефекту пам'яті» – акумулятор можна дозаряджати в будь-який момент і на будь-якому етапі розряду;
- стійкість до хронічного недозаряду – тривале перебування у напіврозрядженому стані не псує батарею;
- низький саморозряд – втрачають менше ніж 3-5% заряду на місяць під час зберігання;
- легка вага – приблизно в 2-3 рази легші та компактніші за аналогічні за ємністю свинцево-кислотні батареї.

3.3. BMS

Battery menegement system (BMS) є важливим елементом при використанні акумуляторів типу LiFePO₄, особливо у збірках (в нашому випадку планується послідовне ввімкнення 4 елементів, 4S). Існує велика кількість заводських збірок BMS вже готових до використання (рис.3.12). Однак в даному випадку вирішено розробити власну схему, яка входить до складу основної плати автономного джерела освітлення, максимально враховуючи специфіку саме цього проєкту. Крім того в даному випадку не потрібно ускладнювати конструкцію складними балансирами і схемами дистанційного моніторингу на основі Bluetooth чи Wi-Fi. Це має бути максимально проста, дешева і надійна конструкція для масового поширення.

Головне призначення система керування батареєю BMS полягає в забезпеченні безпечної роботи, продовженні терміну служби та оптимізації ефективності акумулятора. Вона виступає електронним контролером процесів заряду/розряду та запобіжником акумуляторного блоку.

| | | | | | | |
|-----|-------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | КПТР.022084.01.13 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Аркуш | № докум. | Підпис | Дата | | |

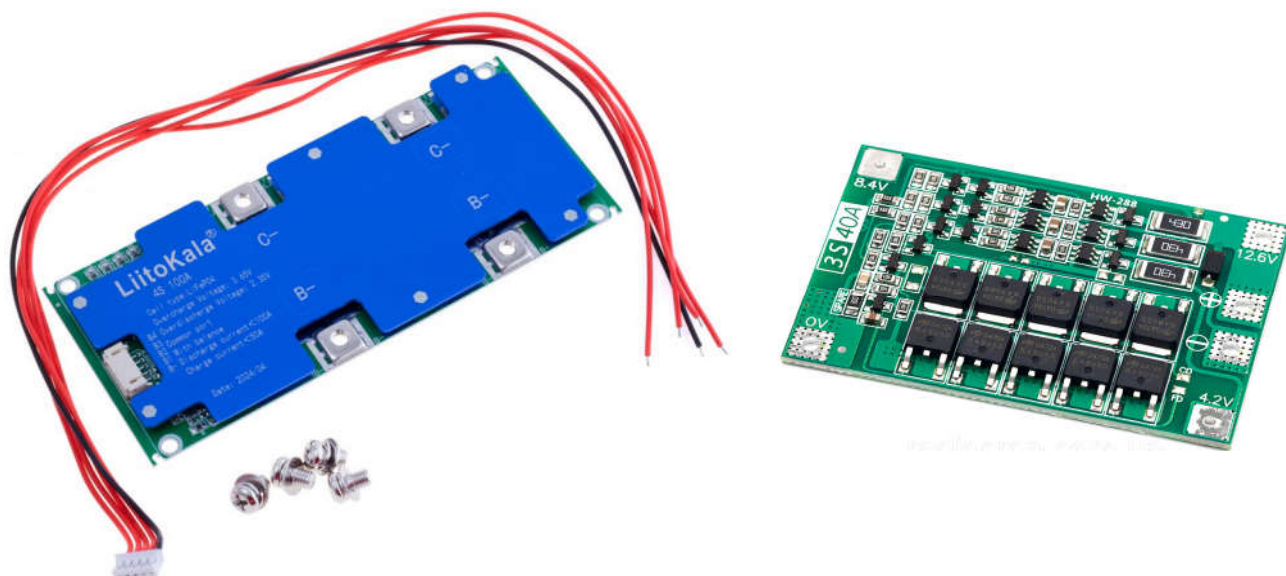


Рисунок 3.12 – Приклади промислових зразків BMS

Основні функції та завдання BMS:

- захист акумулятора – вимикає батарею у разі перезаряду, глибокого розряду, короткого замикання чи перевищення допустимого струму;
- контроль температури – запобігає перегріву або критичному переохолодженню комірок.
- балансування комірок – вирівнює рівень заряду між окремими елементами живлення, що збільшує загальну ємність блока;
- моніторинг стану (SoC та SoH) – розраховує поточний рівень заряду (State of Charge) та оцінює ступінь зносу батареї (State of Health);
- збір даних та зв'язок – вимірює напругу та струм, передаючи інформацію на зовнішні пристрої (інвертор, екран або додаток у смартфоні).

Схема електрична принципова BMS представлена на рис. 3.13. З одного боку до неї під'єднується блок акумуляторів LiFePO₄, а з іншого кола зарядки та навантаження. Слід відмітити, що контроль та комутація (відключення) у платах BMS найчастіше реалізуються по мінусовій шині (Low-Side Switching) через технічні переваги та меншу вартість електронних компонентів. Це зумовлено фізичними особливостями напівпровідників (транзисторів) та спрощенням схеми керування (дешевші та ефективніші польові N-канальні транзистори MOSFET).

| | | | | | | | |
|-----|-------|----------|--------|------|--|----------------------|------|
| | | | | | | КПТР.022084.01.13 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Аркуш | № докум. | Підпис | Дата | | | |

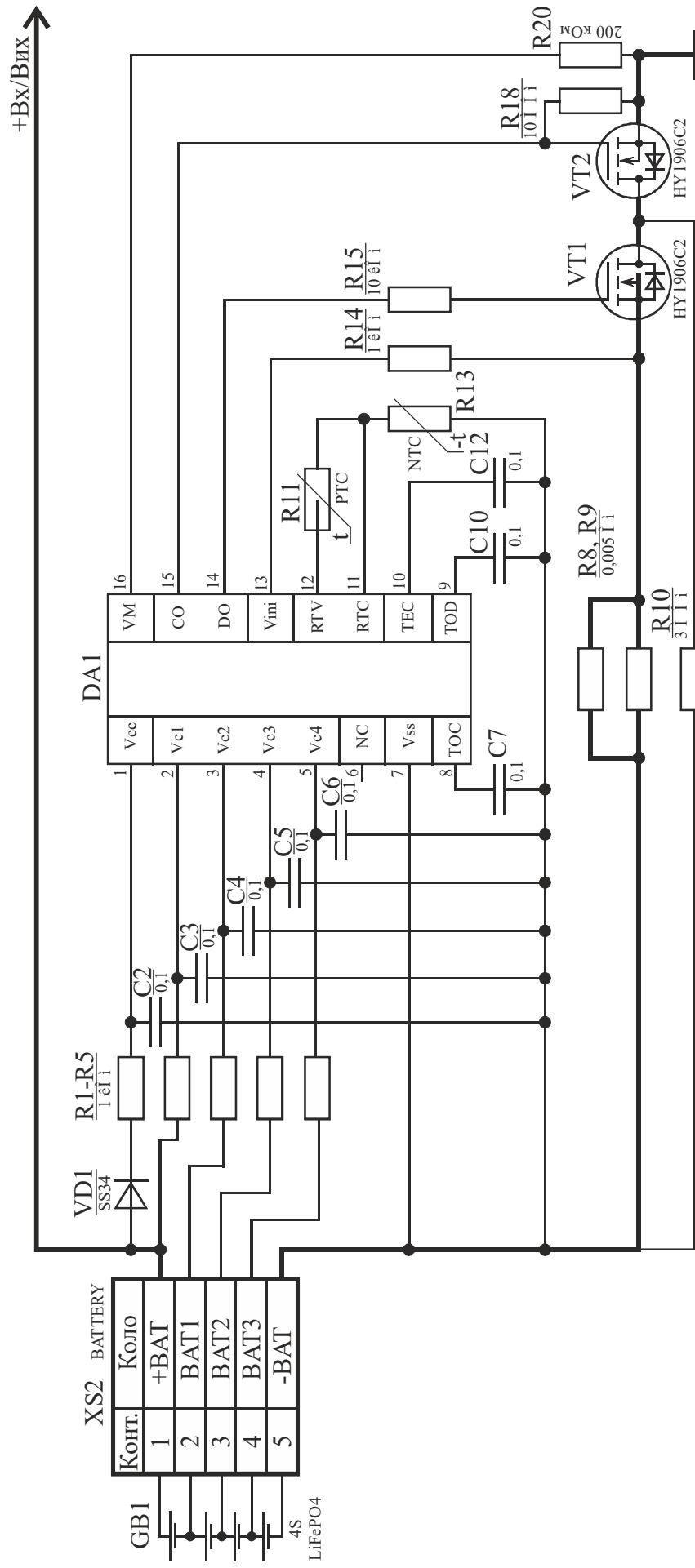


Рисунок 3.13 – Схема електрична принципова BMS

Основою розробки є спеціалізована мікросхема CM1041, рис. 3.14.

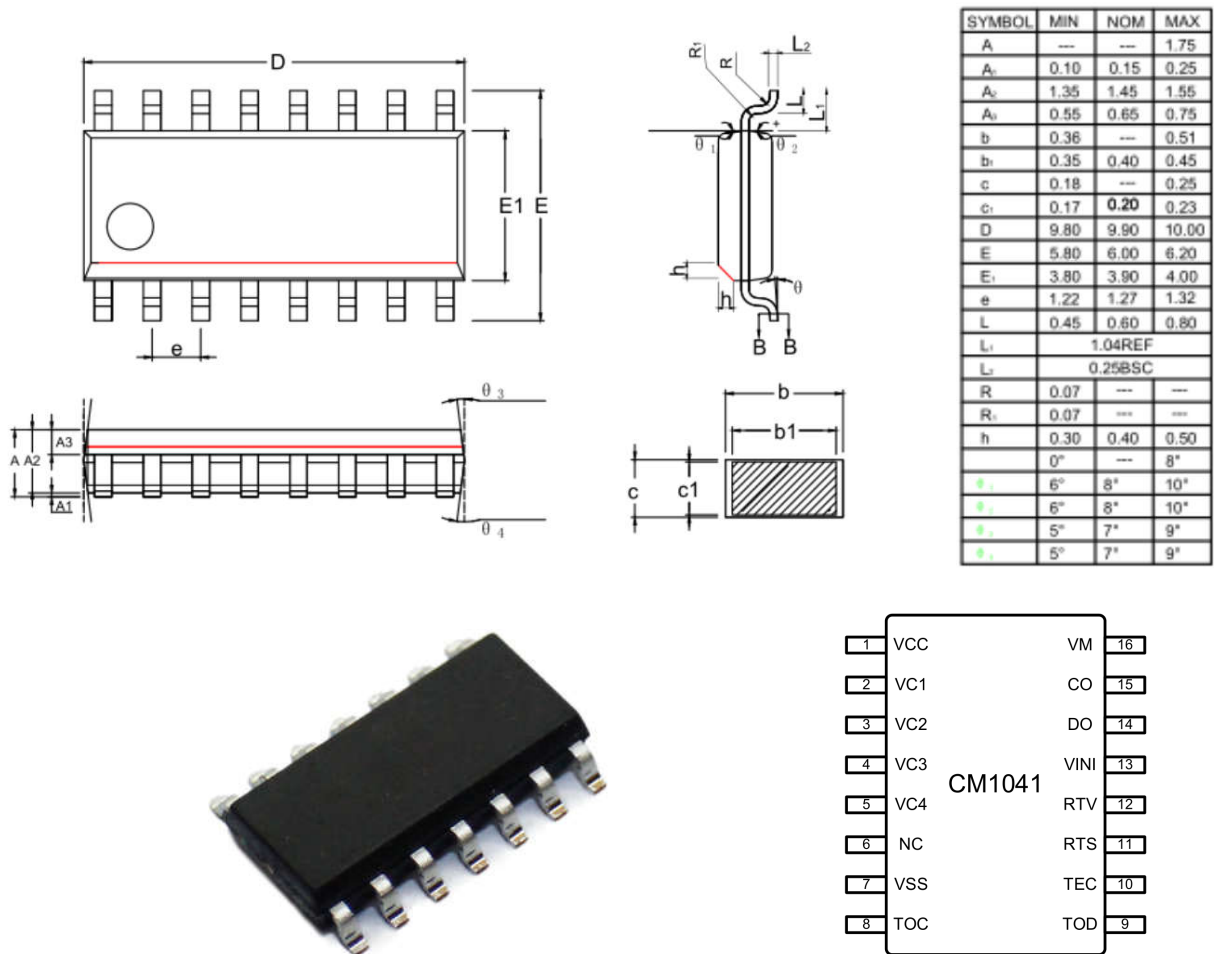


Рисунок 3.14 – Зовнішній вигляд та призначення виводів CM1041

Мікросхема забезпечує температурний контроль стану акумуляторної батареї за допомогою терморезисторів R11 і R13.

В якості силових транзисторів обрано одноканальні MOSFET з режимом покращення сигналу та захисними діодами Шотки НУ1906 на основному кристалі, рис. 3.15. Вони мають наступні параметри:

- максимальна напруга стік-витік – до 60 В;
- максимальний постійний струм стоку – до 120 А;
- максимальний імпульсний струм стоку – до 380 А;
- опір відкритого каналу – 7,5-8 мОм (при напрузі на заслоні 10 В);
- максимальна розсіювана потужність – 188 Вт;

- максимальна напруга заслін-витік – ± 25 В;
- робоча температура – від -55 до $+175$ °С.

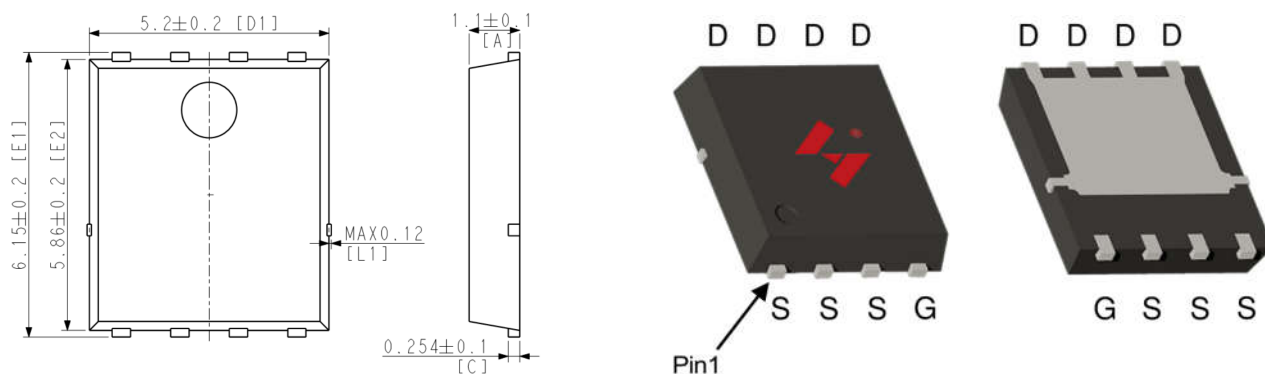


Рисунок 3.14 – Зовнішній вигляд та призначення виводів MOSFET транзистора HY1906

3.4. Автоматичний ввід резерву (АВР).

Пристрій автоматичного вводу резерву представлений на рис. 3.15.

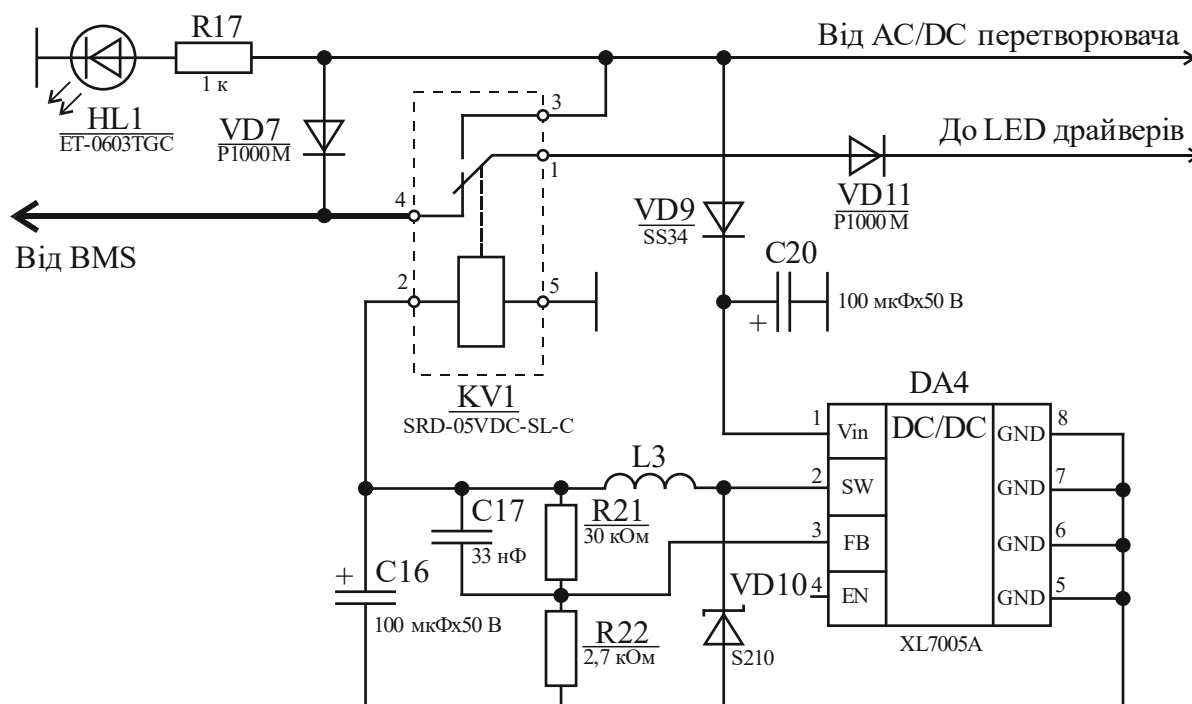


Рисунок 3.15 – Схема електрична принципова АВР

Працює схема наступним чином. У нормальному стані, коли присутня мережева напруга живлення, вона використовується для зарядки батареї акумуляторів через діод VD7 (P1000M) і живлення мікросхеми DC/DC перетворювача DA4 (XL7005A), рис. 3.16.



| | | | |
|---------|---|---|-----|
| VIN | 1 | 8 | GND |
| SW | 2 | 7 | GND |
| XL7005A | | | |
| FB | 3 | 6 | GND |
| EN | 4 | 5 | GND |

Рисунок 3.16 – Зовнішній вигляд та призначення виводів ІМС XL7005A

Задача цієї мікросхеми сформувати постійну стабільну напругу живлення +5 В комутаційного реле KV1, рис. 3.17. Реле встановлюється у позицію комутації напруги +15 В з мережевого блока живлення на вихід схеми – до LED драйверів.

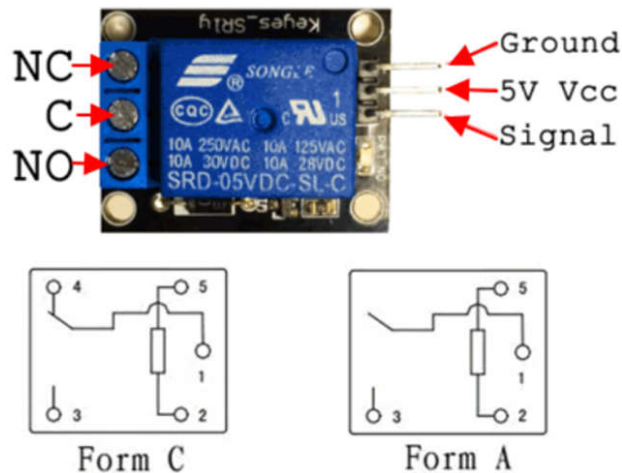


Рисунок 3.17 – Реле SRD-05VDC-SL-C

Про наявність присутності мережної напруги живлення і відповідно режиму зарядки свідчить елемент індикації – світло діод HL1 (ET0603TGC), рис. 3.18.

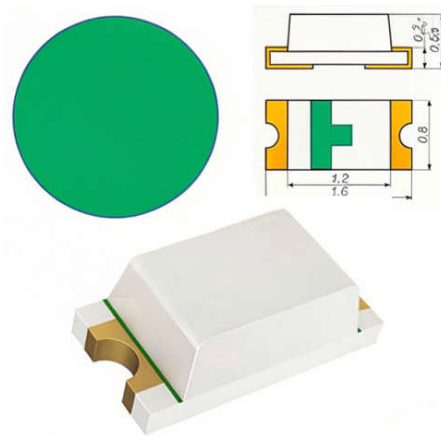


Рисунок 3.18 – Зовнішній вигляд та призначення виводів світлодіоду ET0603TGC

При відсутності напруги мережі, контакти реле розмикаються і встановлюються у положення передачі напруги від акумуляторної батареї на LED драйвери.

3.5. LED драйвер.

Світлова ефективність світлодіодів набагато вища, ніж у ламп розжарювання. Наприклад, світлова віддача типового білого світлодіода потужністю 1 Вт становить 50 лм/Вт і вище, тоді як для звичайної лампи потужністю 60 Вт лише 15 лм/Вт. Основною проблемою, з якою доводиться стикатися при використанні світлодіодів, є джерело живлення. У разі світлодіодів малої потужності із цим проблем не виникає, оскільки світло діод живиться через резистор, що обмежує струм до безпечного значення.

Для світлодіодів великої потужності використання обмежувального резистора неефективно, оскільки він повинен мати велику розсіювану потужність та значні розміри. Також такий резистор сильно нагріватиметься під час роботи, знижуючи при цьому енергоефективність джерела світла. Найкраще вирішення цієї проблеми – використовувати джерело стабільного струму. Сила світла, що випускається, пропорційна струму, і тому виробники світлодіодів пов'язують їх

| | | | | | | | |
|-----|-------|----------|--------|------|--|----------------------|------|
| | | | | | | КПТР.022084.01.13 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Аркуш | № докум. | Підпис | Дата | | | |

характеристики (інтенсивності, форми променя і колір) з силою струму, а не з прямою напругою. Оскільки для живлення світлодіодів необхідне джерело струму з високою ефективністю і низькою потужністю, що споживається, то кращим джерелом в цьому випадку є імпульсний стабілізатор. Прикладом такого стабілізатора імпульсного є інтегральна мікросхема-драйвер PT4115, рис. 3.19.



Рисунок 3.19 – Зовнішній вигляд та призначення виводів LED драйвера PT4115

Це свого роду знижуючий конвертер. Перевагою використання PT4115 є висока ефективність (ККД), що досягає 97%, невелика кількість зовнішніх компонентів, просте регулювання вихідного струму, режим димеру. Мікросхема PT4115 має захист від перегріву та короткого замикання.

Технічні характеристики ІМС PT4115:

- напруга живлення від 6 до 30 В;
- вихідний струм до 1,2 А;
- високий ККД (до 97%);
- вхід для димування (регулювання яскравості за допомогою ШІМ);
- захист від обриву навантаження;
- невелика кількість зовнішніх компонентів;
- частота перемикання до 1 МГц;
- корпус ESOP8 для застосувань з великою вихідною потужністю.

Схема електрична принципова LED драйвера на основі мікросхеми PT4115 представлена на рис. 3.20.

| | | | | | | |
|-----|-------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | КПТР.022084.01.13 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Аркуш | № докум. | Підпис | Дата | | |

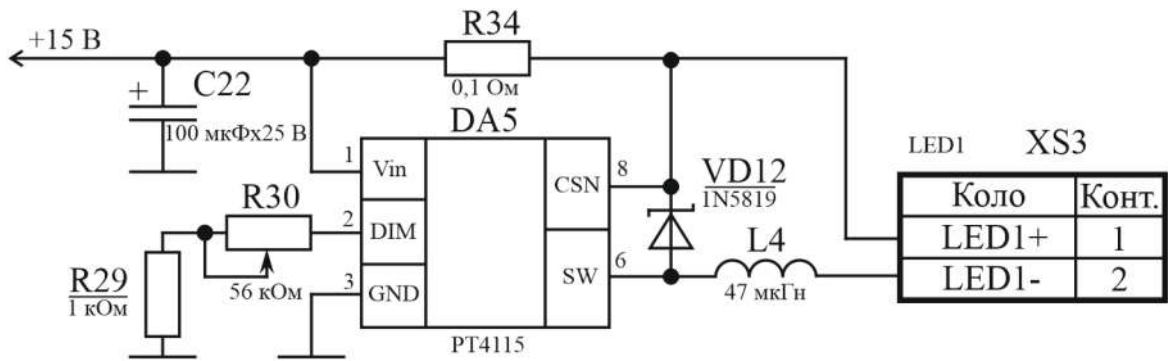


Рисунок 3.20 – Схема електрична принципова LED драйвера

У таблиці 3.1 наведено значення індуктивності дроселя L4 залежно від необхідного струму світлодіода. Струм насичення дроселя повинен бути вищим за номінальний струм навантаження.

Таблиця 3.1 – Залежність номіналу дроселя від вихідного струму навантаження

| Вихідний струм | Рекомендована індуктивність, мкГн |
|--|-----------------------------------|
| $I_{OUT} > 1 \text{ A}$ | 21...47 |
| $0,8 \text{ A} < I_{OUT} \leq 1 \text{ A}$ | 47...82 |
| $0,4 \text{ A} < I_{OUT} \leq 0,8 \text{ A}$ | 82...100 |
| $I_{OUT} \leq 0,4 \text{ A}$ | 100...220 |

Яскравість світлодіода регулюється виводом DIM за допомогою змінного резистора R30 (56 кОм). На цей вхід може подаватися постійна напруга в діапазоні 0,5...2,5.

Таблиця 3.2 – Залежність вихідного струму навантаження від напруги регулювання

| U_{DIM} , В | Вихідний струм, мА |
|---------------|--------------------|
| 0,5 | 100 |
| 1,0 | 300 |
| 1,5 | 600 |
| 2,0 | 900 |
| 2,5 | 1200 |

Лінійне затемнення застосовується у тих пристроях, у яких зміна кольору внаслідок зміни сили струму вважається прийнятним. При живленні світлодіодів потужністю 3 Вт та вище варто використовувати радіатор, який дозволить відвести надлишкове тепло від РТ4115.

Блок живлення забезпечує потужність порядку 75 Вт, тобто при напрузі 15 В, максимальний струм складає 5 А. Світлодіодні стрічки можуть мати наступні рівні потужності:

- мала потужність (4,8-7,2 Вт/м);
- середня потужність (9,6-14,4 Вт/м) – найпопулярніший варіант;
- висока потужність (16-24 Вт/м).

Для укриттів достатньо джерел малої потужності порядку 4,8 Вт/м. Тому передбачається встановлення до 4 джерел навантаження, кожне з яких споживатиме струм до 1,2 А (сумарно 4,8 А). З цією метою у схемі відповідно сформовано ідентичних схеми LED драйверів. Схему одного із них ми розглянули вище. Інші три – аналогічні.

3.6. LED стрічка.

У попередніх розділах ми розглянули вимоги до освітлення укриттів, серед яких і колірна температура. Зважаючи на ці вимоги оберемо в якості навантаження і джерела освітлення світлодіодну стрічку LLS-300WW-P-2835-IP65-12 (теплий білий, 60 LED/м, 12 В, IP65, SMD світлодіоди типорозміром 2835).



Рисунок 3.21 – LED стрічка LLS-300WW-P-2835-IP65-12

| | | | | | | |
|-----|-------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | КПТР.022084.01.13 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Аркуш | № докум. | Підпис | Дата | | |

Таблиця 3.3 – Характеристики LED стрічки LLS-300WW-P-2835-IP65-12

| | |
|------------------------|---------------------------|
| Бренд | LED-LENTA |
| Клас якості | Standart |
| Робоча напруга | 12 В |
| Тип діода | SMD 2835 |
| Кількість світлодіодів | 60 шт./м |
| Колір світіння | Білий теплий (2700-3200К) |
| Потужність | 4.8 Вт/метр |
| Світловий потік | 600 Лм/метр |
| Клас захисту | IP 65 (вологостійкість) |
| Ширина стрічки | 8 мм |
| Кратність різання | 5 см |
| Термін служби діодів | 50 000 годин |
| Робоча температура | -40° до 60 °С |
| Кут світіння | 120 ° |

Як бачимо, навіть стрічка малої потужності (4,8 Вт/м) забезпечує до 600 Лм/м. Виходячи із норми освітленості 50 лк, маємо, що одного метра обраної стрічки вистачить на 12 м²:

$$S = \frac{600}{50} = 12 \text{ м}^2 \quad (3.1)$$

Перевагами обраної LED стрічки є:

- надійний захист на рівні IP65;
- ультраясраві світлодіоди;
- енергоефективність;
- довговічність
- простота встановлення та багатофункціональність;
- легкість монтажу та гнучкість.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3

1. Згідно технічного завдання, виданого кафедрою телекомунікацій, медійних та інтелектуальних технологій, спроектовано схему електричну принципову автономного джерела освітлення в укритті. Здійснено вибір всіх компонентів електро-радіоелементів, розглянуто принцип дії та призначення всіх складових схеми.

2. Пристрій одержав наступні технічні параметри:

- потужність 80 Вт;
- струм навантаження – 5 А;
- 4 незалежних каналу навантаження з можливістю регулювання;
- сумарна довжина LED стрічки складає 16 м (4 канали по 4 м);
- загальна площа освітлення на рівні 50 лк – 192 м²;
- акумуляторна батарея LiFePO₄ – 4 послідовних комірки (4S);
- час роботи від автономного джерела живлення (при максимальній потужності навантаження):
 - для акумуляторів типорозміру 18650 (3500 мА×h) – 2,8 год.;
 - для акумуляторів типорозміру 32700 (7000 мА×h) – 5,6 год.;
 - для акумуляторів типорозміру 42120 (12500 мА×h) – 10 год.;
 - для акумуляторів типорозміру 40135 (20000 мА×h) – 16 год.;
 - для акумуляторів типу LF50K (50000 мА×h) – 40 год.;
 - для акумуляторів типу LF100K (100000 мА×h) – 80 год.
- наявність власної BMS;
- наявність пристрою автоматичного введення резерву (ABP).

| | | | | | | |
|-----|-------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | КПТР.022084.01.13 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Аркуш | № докум. | Підпис | Дата | | |

- загальна площа освітлення на рівні 50 лк – 192 м²;
- акумуляторна батарея LiFePO₄ – 4 послідовних комірки (4S);
- час роботи від автономного джерела живлення (при максимальній потужності навантаження):
- для акумуляторів типорозміру 18650 (3500 мА×h) – 2,8 год.;
- для акумуляторів типорозміру 32700 (7000 мА×h) – 5,6 год.;
- для акумуляторів типорозміру 42120 (12500 мА×h) – 10 год.;
- для акумуляторів типорозміру 40135 (20000 мА×h) – 16 год.;
- для акумуляторів типу LF50K (50000 мА×h) – 40 год.;
- для акумуляторів типу LF100K (100000 мА×h) – 80 год.
- наявність власної BMS;
- наявність пристрою автоматичного введення резерву (ABP).

| | | | | | | |
|-----|-------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | КІТР.022084.01.13 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Аркуш | № докум. | Підпис | Дата | | |

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. ДСТУ EN 60598-2-22:2018 (EN 60598-2-22:2014; AC:2015; AC:2016-05; AC:2016-09, IDT; IEC 60598-2-22:2014; Cor2:2016, IDT). Світильники. Частина 2-22. Додаткові вимоги. Світильники для аварійного освітлення.
2. ДСТУ EN 12464-1:2016 «Світло та освітлення. Освітлення робочих місць. Частина 1. Робочі місця в приміщеннях». 2. ДСТУ EN 50172:2019 (EN 50172:2004, IDT). Системи евакуаційного освітлення.
3. ДБН В.2.5-28:2018. 2018 «Природне і штучне освітлення». – Київ : Мінрегіон України, 2018.
4. ДБН В.2.2-5:2023. Захисні споруди цивільного захисту. – Київ : Мінінфраструктури України, 2023.
5. ПУЕ «Правила улаштування електроустановок». – Харків : Форт, останнє видання.
6. ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень».
7. ДСТУ 9195:2022 «Швидкосторуджувани захисні споруди цивільного захисту».
8. Кноррінг Г. М. Освітлювальні установки : підручник. – Київ : Вища школа, 2010.
9. Беляєв О. І. Світлотехніка та джерела світла : навчальний посібник – Львів : Львівська політехніка, 2018.
10. Таоріна Г. О. Електричне освітлення : навчальний посібник. – Одеса : ОНАХТ, 2019.
11. Федоров А. В. Електропостачання та електрообладнання цивільних споруд. – Київ : Кондор, 2017.
12. Жежеленко І. В. Електробезпека : підручник. – Київ : Каравела, 2020.
13. Практичний посібник з проектування укриттів у закладах дошкільної та загальної середньої освіти. – Мінвідновлення України, 2023

| | | | | | | |
|-----|-------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | КПТР.022084.01.13 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Аркуш | № докум. | Підпис | Дата | | |

14. Технічний опис FSDM0565RB. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/1447347/ONSEMI/FSCM0565R.html>. (Дата звернення 02.03.2026).

15. Технічний опис EL817. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/171353/EVERLIGHT/EL817.html>. (Дата звернення 12.03.2026).

16. Технічний опис CM1041. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.alldatasheet.com/view.jsp?Searchword=CM1041&sField=4>. (Дата звернення 06.04.2026).

17. Технічний опис HY1906. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.alldatasheet.com/view.jsp?Searchword=HY1906>. (Дата звернення 10.04.2026).

18. Технічний опис XL7005A. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <file:///C:/Users/User/Desktop/XL7005A.PDF>. (Дата звернення 12.04.2026).

19. Технічний опис ET0603TGC. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.alldatasheet.com/view.jsp?Searchword=ET0603TGC>. (Дата звернення 14.04.2026).

20. Технічний опис PT4115. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <file:///C:/Users/User/Desktop/PT4115.PDF>. (Дата звернення 16.04.2026).

| | | | | | | |
|-----|-------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | КПТР.022084.01.13 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Аркуш | № докум. | Підпис | Дата | | |

ДОДАТКИ

ПЛАКАТ 1
КЛАСИФІКАЦІЯ ДЖЕРЕЛ ОСВІТЛЕННЯ

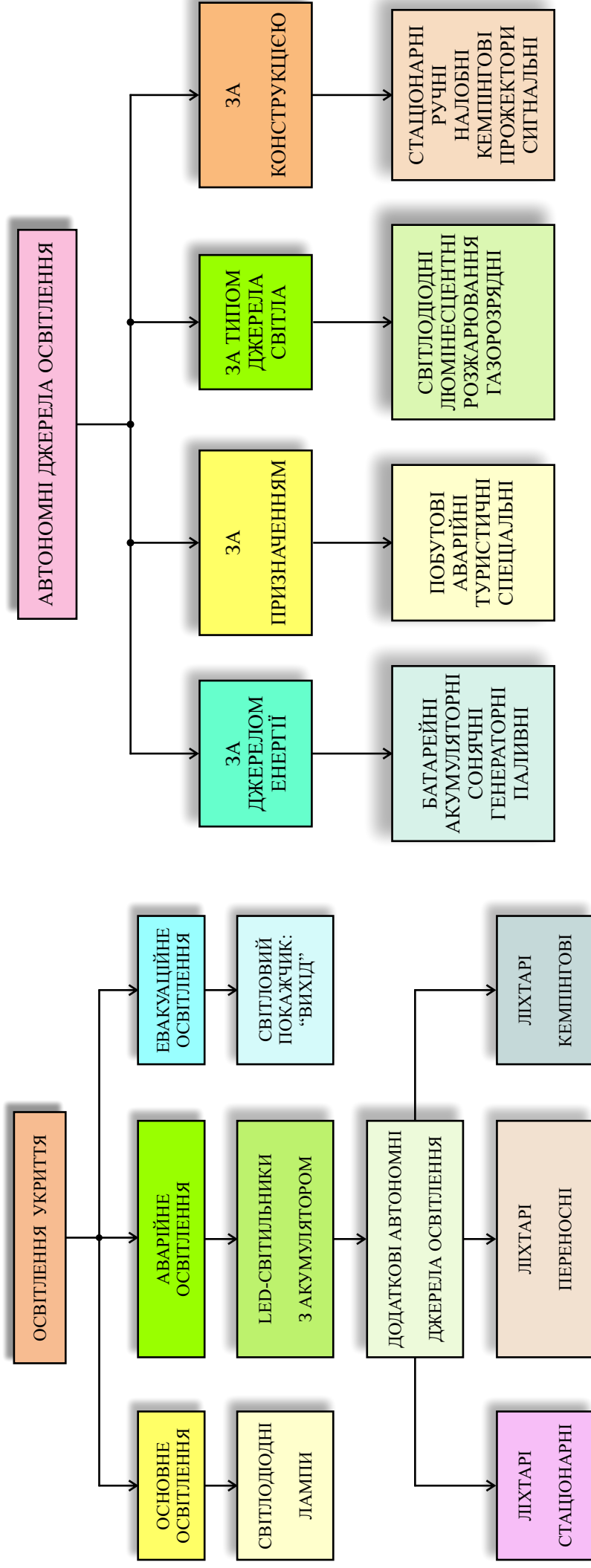


Рисунок 1.1 – Варіанти освітлення укриття

Рисунок 1.2 – Класифікація автономних джерел освітлення

ПЛАКАТ 2

ВИБІР ОПТИМАЛЬНОГО ДЖЕРЕЛА ОСВІТЛЕННЯ

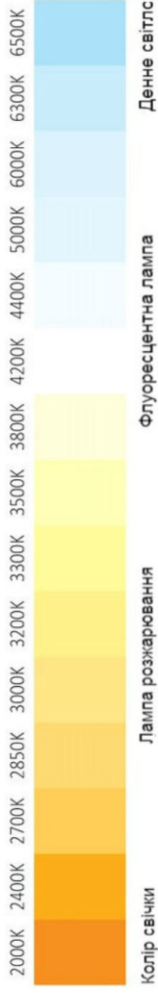


Рисунок 2.1 – Колірна температура джерел світла

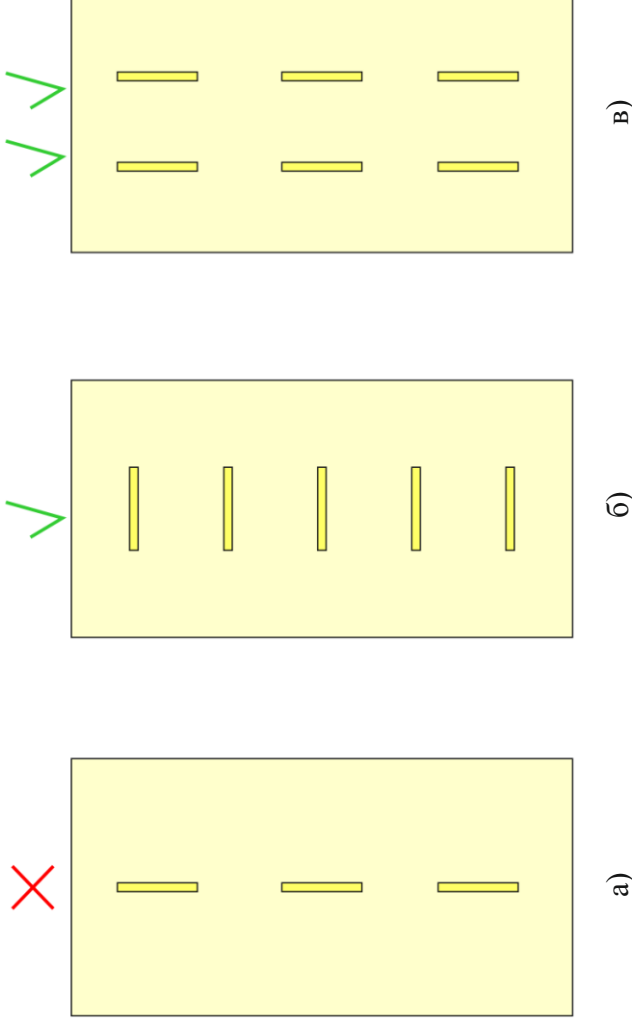


Рисунок 2.2 – Графічне пояснення необхідного рівня освітленості

- для приміщення $32 \text{ м}^2 (4 \times 8 \text{ м})$:
- а) недостатній рівень освітлення (3 світильники з лампами 36 Вт);
 - б) достатній комфортний рівень освітлення (5 світильників з лампами 36 Вт);
 - в) більш ніж достатній рівень освітлення (6 світильників з лампами 36 Вт)

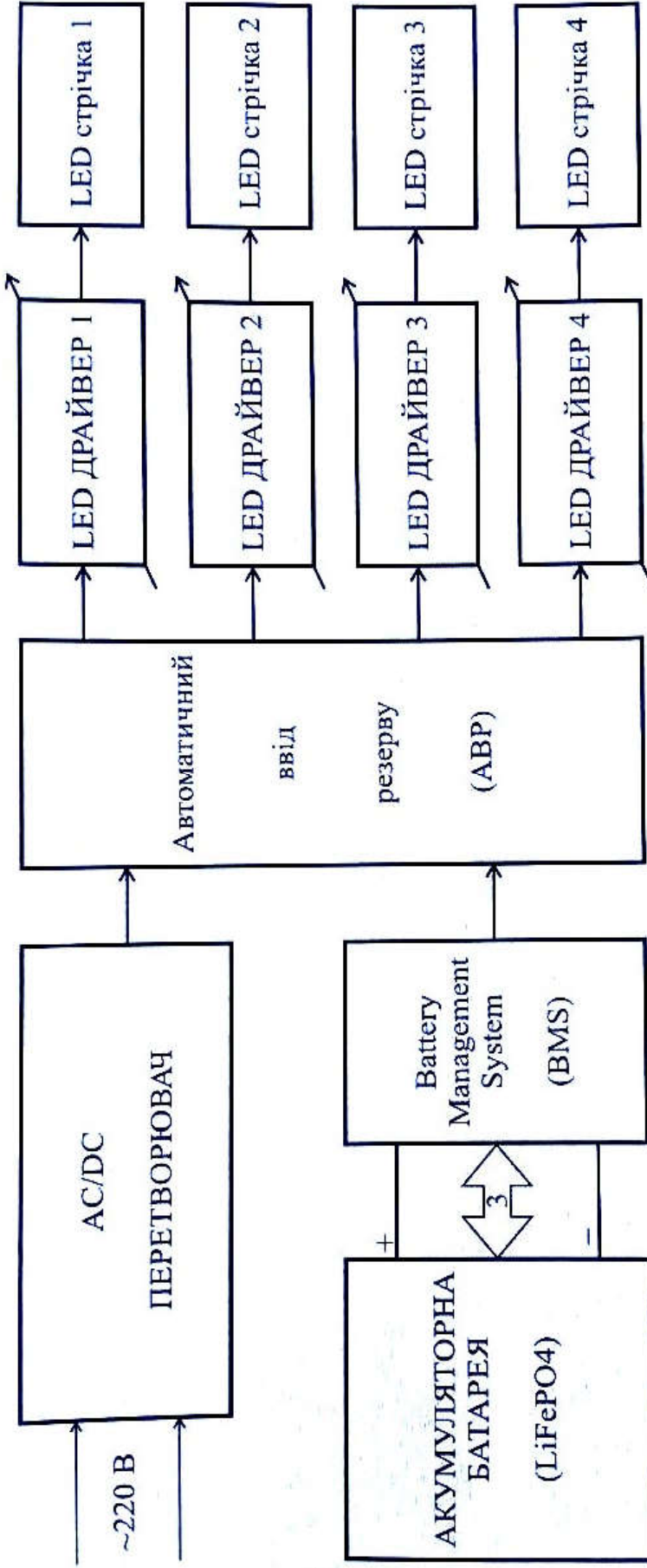


Рисунок 2.3 – LED стрічка LLS-300WW-P-2835-IP65-12

Таблиця 2.1 – Характеристики LED стрічки LLS-300WW-P-2835-IP65-12

| | |
|------------------------|---------------------------|
| Бренд | LED-LENTA |
| Клас якості | Standart |
| Робоча напруга | 12 В |
| Тип діода | SMD 2835 |
| Кількість світлодіодів | 60 шт/м |
| Колір світіння | Білий теплий (2700-3200К) |
| Потужність | 4.8 Вт/метр |
| Світловий потік | 600 Лм/метр |
| Клас захисту | IP 65 (вологостійкість) |
| Ширина стрічки | 8 мм |
| Кратність різання | 5 см |
| Термін служби діодів | 50 000 годин |
| Робоча температура | -40° до 60 °С |
| Кут світіння | 120 ° |

КІПТР.022084.01.13 Е1

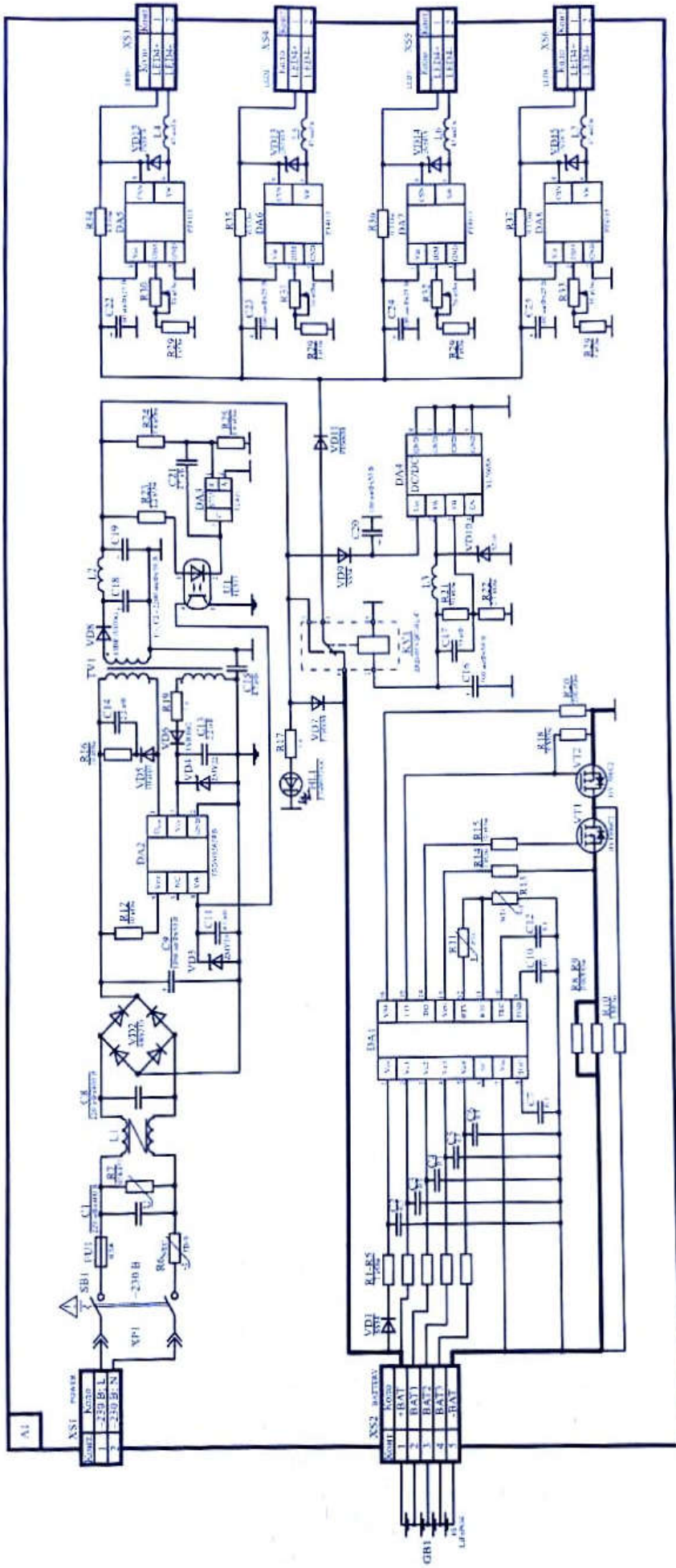


КІПТР.022084.01.13 Е1

| Літера | Маса | Масштаб |
|--|------|---------|
| | | |
| Автономне джерело освітлення в укритті | | |
| Схема електрична структурна | | |
| Архив | 72 | Архив |
| ХНУ, гр. ГР2-22-1 | | |

| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата |
|----------------|------|----------------|--------------------|---------|
| Розробив | | Токар А. С. | <i>[Signature]</i> | 2.06.26 |
| Перевіряв | | Стецюк В. І. | <i>[Signature]</i> | 5.06.26 |
| Н. конструктор | | Стецюк В. І. | <i>[Signature]</i> | 5.06.26 |
| Затвердив | | Підченко С. К. | <i>[Signature]</i> | 9.06.26 |

КІПТР.022084.01.13 ЕЗ



КІПТР.022084.01.13 ЕЗ

Автономне джерело
освітлення в укритті

Схема електрична принципова

| | | |
|------------|------|-----------|
| Листера | Маса | Місткість |
| | | |
| Аркушів 73 | | Аркушів |

ХНУ, гр. ТР2-22-1

| | | | | |
|-------------|----------------|----------|--------------------|----------|
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата |
| | | | | |
| Розробив | Юшар А. С. | | <i>[Signature]</i> | 2.05.16 |
| Перевірив | Стецюк В. І. | | <i>[Signature]</i> | 06.06.16 |
| Н. контроль | Стецюк В. І. | | <i>[Signature]</i> | 06.06.16 |
| Затвердив | Підченко С. К. | | <i>[Signature]</i> | 06.06.16 |



Хмельницький національний університет

Факультет інформаційних технологій

Кафедра телекомунікацій, медійних та інтелектуальних технологій

Токар Артем Сергійович

АВТОНОМНЕ ДЖЕРЕЛО ОСВІТЛЕННЯ В УКРИТТІ

Спеціальність: 172 “Телекомунікації та радіотехніка”

Освітня програма: *«Телекомунікації, медійні технології
та інтелектуальні мережі»*

Керівник проєкту – к.т.н., доцент, Стецюк В. І.

Хмельницький, 2026 р.



РОЗРОБКА АВТОНОМНОГО ДЖЕРЕЛА ОСВІТЛЕННЯ В УКРИТТІ

ОСНОВНІ ЗАВДАННЯМ КВАЛІФІКАЦІЙНОГО ПРОЄКТУ

1. Здійснити аналітичний огляд і аналіз за темою проєкту.
2. Розробити структурну схему автономного джерела освітлення в укритті.
3. Розробити принципову схему автономного джерела освітлення в укритті.
4. Зробити детальний аналіз отриманих результатів та привести висновки.

КВАЛІФІКАЦІЙНИЙ ПРОЄКТ МІСТИТЬ

1. Текстову документацію:
 - пояснювальна записка (3 розділи) – 80 арк.;
2. Графічну документацію (креслення, плакати) - 4 арк.



КЛАСИФІКАЦІЯ ДЖЕРЕЛ ОСВІТЛЕННЯ

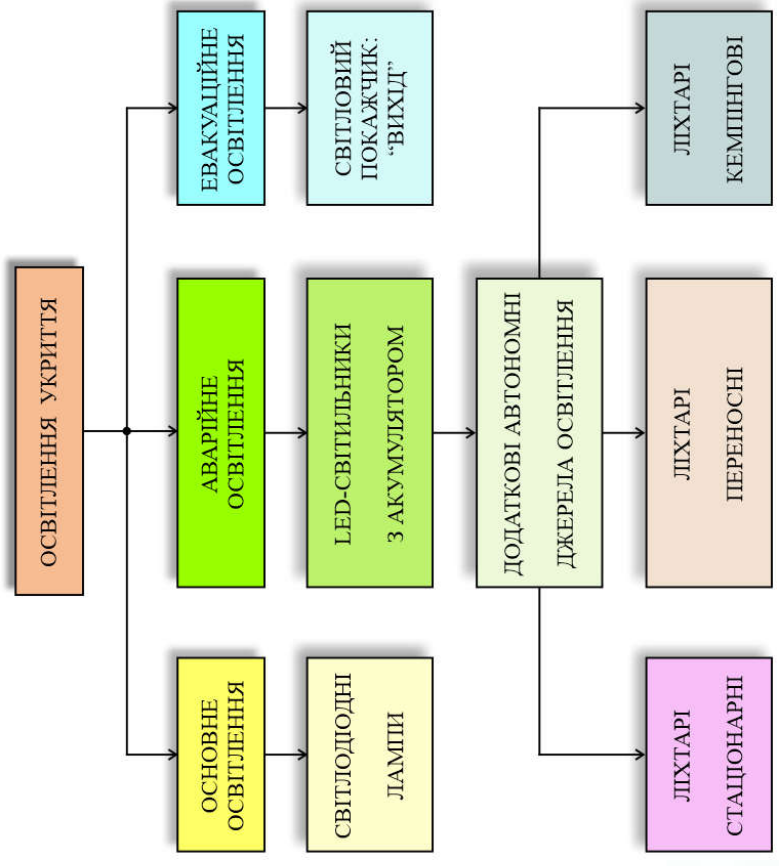


Рисунок 3.1 – Варіанти освітлення укриття

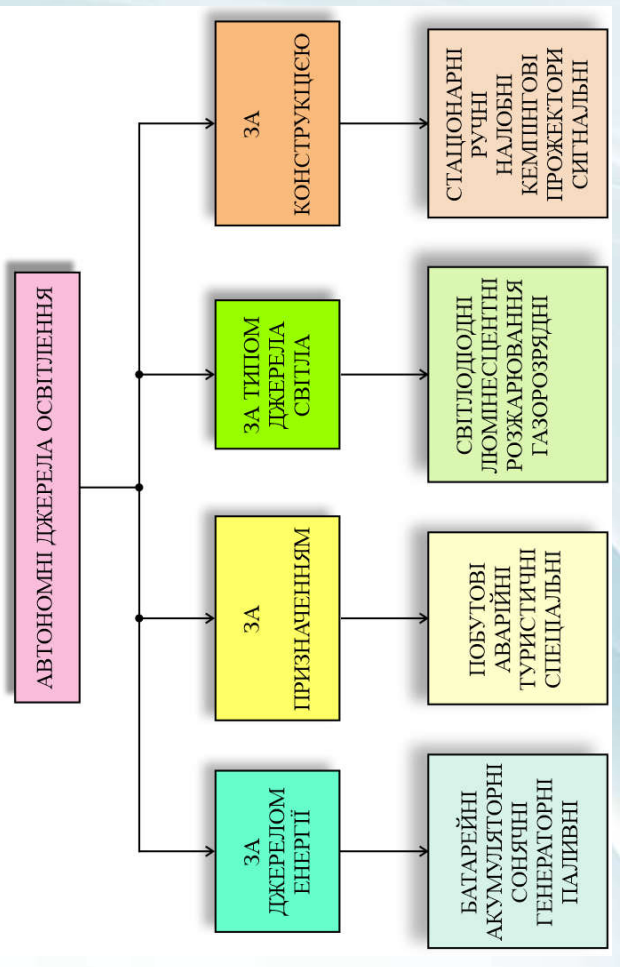


Рисунок 3.2 – Класифікація автономних джерел освітлення



Оптимальний вибір джерел світла та їх розрахунок мають важливе значення для комфортного перебування людей в укрітті.

Необхідну кількість світла можна визначити наступним чином:

$$E = \frac{N \cdot P}{S} \quad (4.1)$$

де E – освітленість (лк), N – кількість джерел світла, P – потужність ламп (Вт), S – площа освітлювального приміщення (m^2).

Також для базового розрахунку освітлення приміщення можна використати універсальну формулу світлового потоку:

$$F = S \cdot E \cdot K \quad (4.2)$$

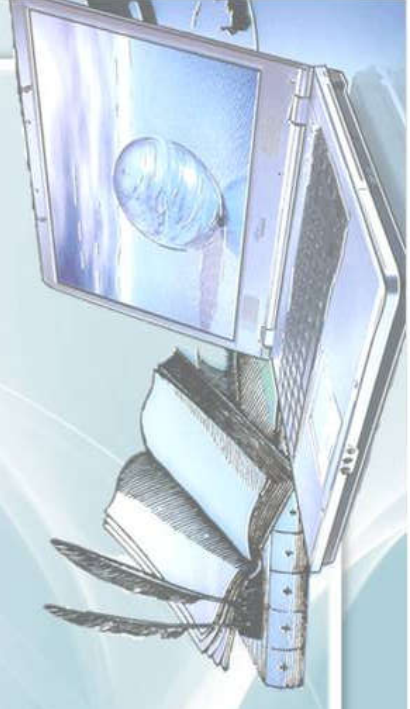
де: S – площа приміщення (m^2); E – норма освітленості (лк), залежно від класу приміщення і норм ДБН; K – коефіцієнт висоти стелі.

Значення коефіцієнта висоти стелі, K :

- до 2,7 м – $K=1,0$;

- 2,7-3,0 м – $K=1,2$

- 3,0-3,5 м – $K=1,5$.



При розрахунку рівня освітленості приміщень важливо врахувати наступні особливості:

- колір інтер'єру: темні стіни та меблі поглинають до 50% світла, тому для темних кімнат отриманий результат варто помножити на 1.3-1.5;
- колірна температура: рекомендується обирати тепле біле світло 2700-3300 °K;
- зонування: замість одного потужного джерела світла краще використовувати кілька менш потужних, рівномірно рознесених у просторі.

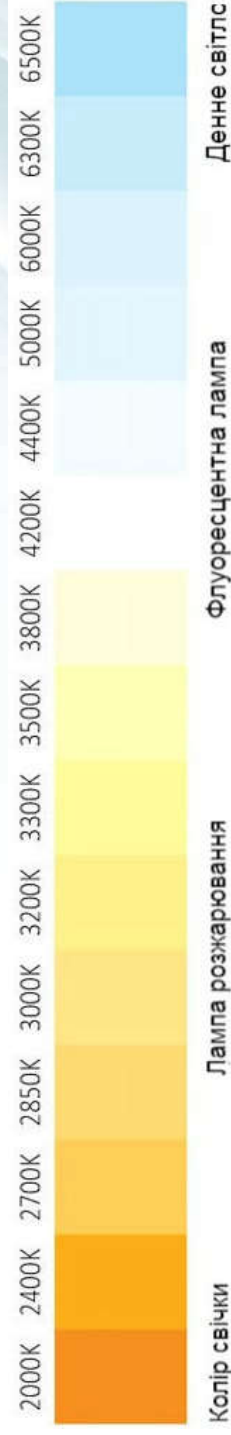


Рисунок 5.1 – Колірна температура джерел світла

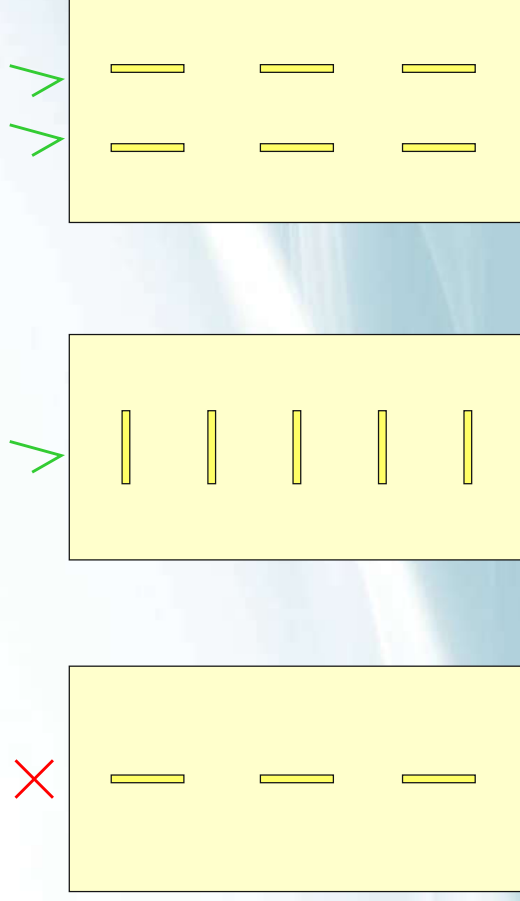


Рисунок 5.2 – Графічне пояснення необхідного рівня освітленості для приміщення 32 м² (4×8 м):

- а) недостатній рівень освітлення (3 світильники з лампами 36 Вт); б) достатній комфортний рівень освітлення (5 світильників з лампами 36 Вт); в) більш ніж достатній рівень освітлення (6 світильників з лампами 36 Вт)

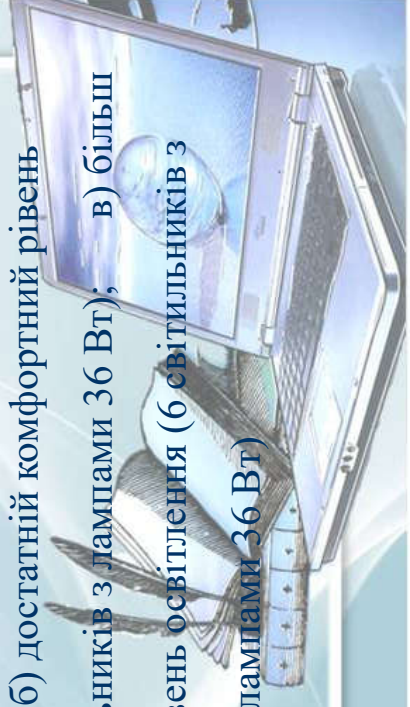
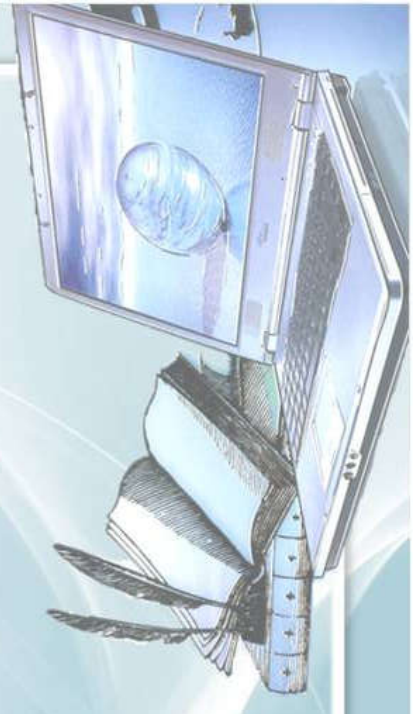
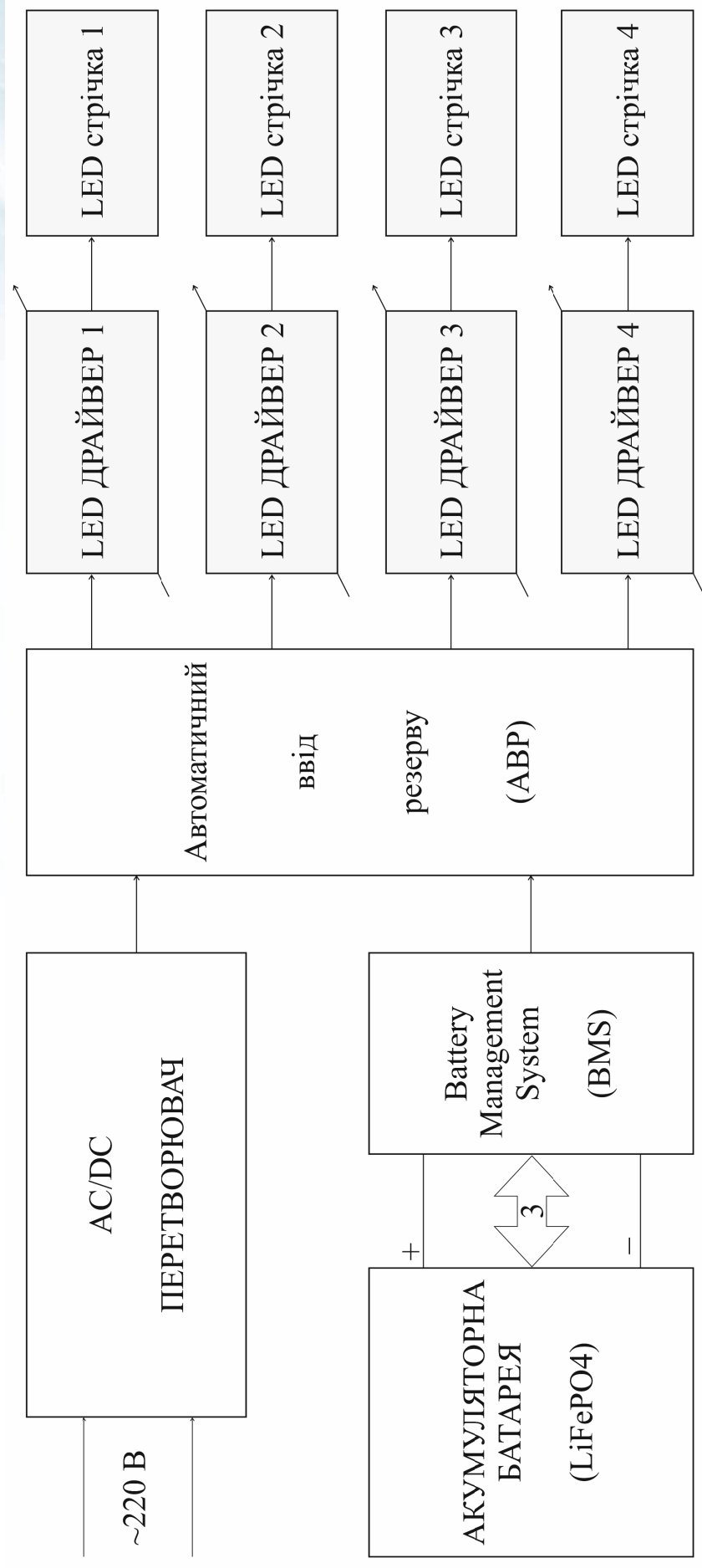


СХЕМА ЕЛЕКТРИЧНА СТРУКТУРНА АВТОНОМНОГО ДЖЕРЕЛА ОСВІТЛЕННЯ В УКРИТТІ



РЕАЛІЗАЦІЙНА ОСНОВА ПРОЄКТУ

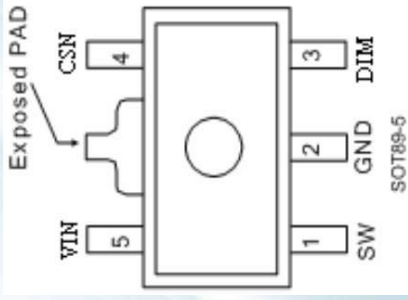
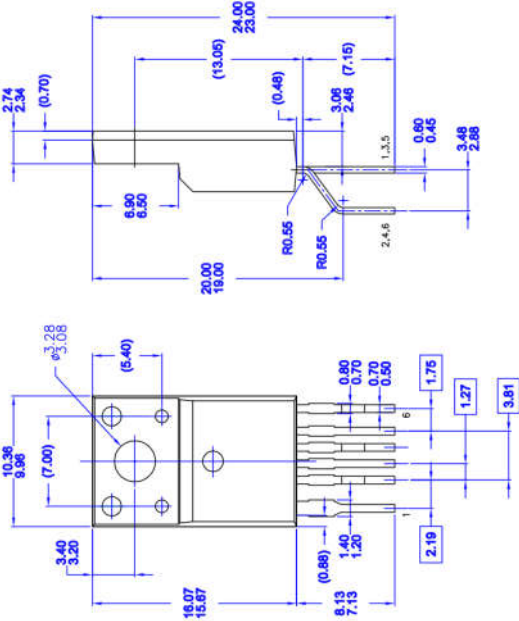
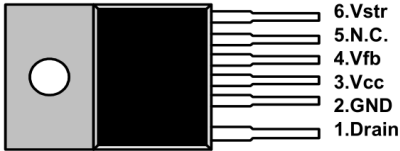


Рисунок 8.1 — Зовнішній вигляд та призначення виводів ІМС FSDM0565RB (ІБЖ)

Рисунок 8.2 — Зовнішній вигляд та призначення виводів CM1041 (BMS)

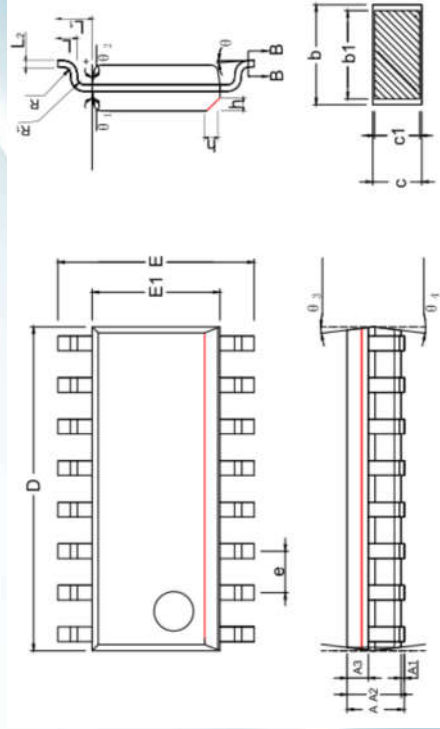
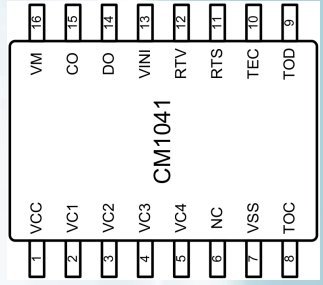


Рисунок 8.3 — Зовнішній вигляд та призначення виводів PT4115

Рисунок 8.3 — Зовнішній вигляд та призначення виводів LED драйвера PT4115



Таблиця 9.1 – Характеристики LED стрічки LLS-300WW-P-2835-IP65-12

| | |
|------------------------|---------------------------|
| Бренд | LED-LENTA |
| Клас якості | Standart |
| Робоча напруга | 12 В |
| Тип діода | SMD 2835 |
| Кількість світлодіодів | 60 шт./м |
| Колір світіння | Білий теплий (2700-3200К) |
| Потужність | 4.8 Вт/метр |
| Світловий потік | 600 Лм/метр |
| Клас захисту | IP 65 (вологостійкість) |
| Ширина стрічки | 8 мм |
| Кратність різання | 5 см |
| Термін служби діодів | 50 000 годин |
| Робоча температура | -40° до 60 °С |
| Кут світіння | 120 ° |

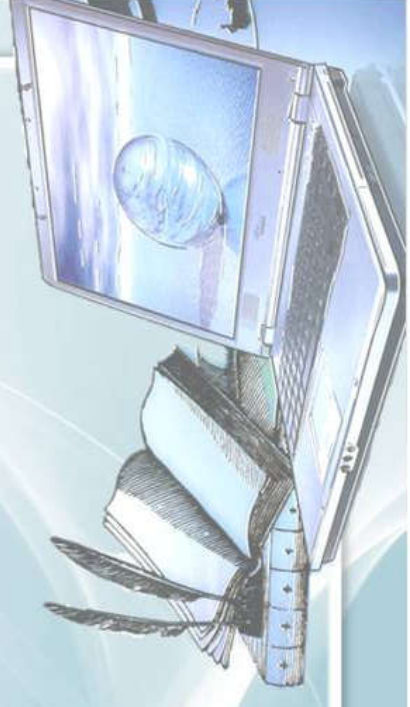
Рисунок 9.1 – LED стрічка
LLS-300WW-P-2835-IP65-12

Як бачимо, навіть стрічка малої потужності (4,8 Вт/м) забезпечує до 600 Лм/м. Виходячи із норми освітленості 50 лк, маємо, що одного метра обраної стрічки вистачить на 12 м²:

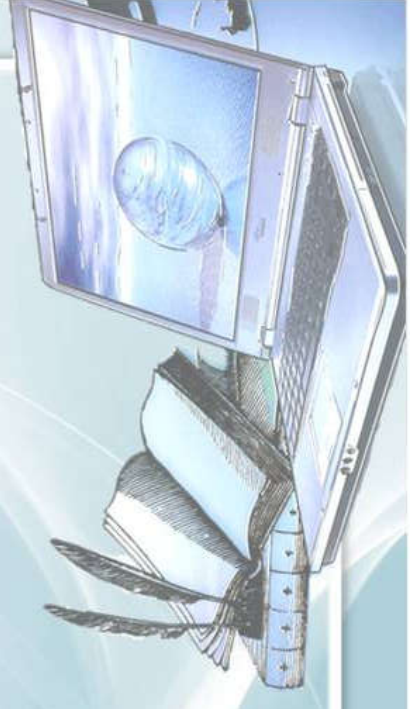
$$S = \frac{600}{50} = 12 \text{ м}^2 \quad (9.1)$$

Перевагами обраної LED стрічки є:

- надійний захист на рівні IP65;
- ультраяскраві світлодіоди;
- енергоефективність;
- довговічність
- простота встановлення та багатифункціональність;
- легкість монтажу та гнучкість.



1. У розділі "Аналітичний огляд літературних джерел і патентних матеріалів" розглянуто детальну класифікацію аварійних та автономних джерел освітлення укріття, зокрема за джерелом енергії, за призначенням, за принципом дії та за конструкцією. Проаналізовано найбільш характерні промислові рішення для реалізації освітлення укріття, обрано пристрій-прототип.
2. У кваліфікаційному проєкті проведено розрахунок рівня освітленості для укріття. Вказано, що при розрахунку рівня освітленості приміщень важливо врахувати такі особливості, як колір інтер'єру, колірну температуру обраного джерела освітлення та зонування. Так, оптимальний вибір колірної температури є найважливішим фактором, який залежить від конкретної функціональної зони всередині захисної споруди, тривалості перебування людей і рекомендоване значення складає $2700\text{--}3300\text{ }^\circ\text{K}$ (теплі відтінки).
3. Розроблена схема електрична автономного джерела освітлення в укрітті, яка містить AC/DC перетворювач, акумуляторну батарею на основі літій-іонних технологій, battery management system (BMS), автоматичний ввід резерву, LED драйвери та в якості джерела світла – LED стрічки. Проведено детальний аналіз всіх функціональних елементів, їх вибір та поєднання.
4. Згідно технічного завдання, виданого кафедрою телекомунікацій, медійних та інтелектуальних технологій, спроектовано схему електричну принципову автономного джерела освітлення в укрітті. Здійснено вибір всіх компонентів електро-радіоелементів, розглянуто принцип дії та призначення всіх складових схеми.
5. Пристрій одержав наступні технічні параметри:
 - потужність 80 Вт;
 - струм навантаження – 5 А;
 - 4 незалежних каналу навантаження з можливість регулювання;
 - сумарна довжина LED стрічки складає 16 м (4 канали по 4 м);
 - загальна площа освітлення на рівні 50 лк – 192 м²;
 - акумуляторна батарея LiFePO4 – 4 послідовних комірки (4S);
 - час роботи від автономного джерела живлення (при максимальній потужності навантаження):
 - для акумуляторів типорозміру 18650 (3500 мА×h) – 2,8 год.;
 - для акумуляторів типорозміру 32700 (7000 мА×h) – 5,6 год.;
 - для акумуляторів типорозміру 42120 (12500 мА×h) – 10 год.;
 - для акумуляторів типорозміру 40135 (20000 мА×h) – 16 год.;
 - для акумуляторів типу LF50K (50000 мА×h) – 40 год.;
 - для акумуляторів типу LF100K (100000 мА×h) – 80 год.
 - наявність власної BMS;
 - наявність пристрою автоматичного введення резерву (ABR).



Завідувачу кафедри телекомунікацій,
медійних та інтелектуальних технологій
д.т.н., професору ПІДЧЕНКУ Сергію
здобувача вищої освіти
Токара Артема Сергійовича
ФІТ, гр. ТР2-22-1


ЗАЯВА

З правилами чинного Положення про систему забезпечення академічної доброчесності у Хмельницькому національному університеті, згідно з яким виявлення академічного плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту і застосування заходів академічної відповідальності, ознайомлений. Про використання спеціалізованих програмних засобів (СПЗ) StrikePlagiarism та Anti-Plagiarism для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на наявність академічного плагіату оповіщений. Надаю університету право на передачу мого кваліфікаційного проекту для обробки та збереження в базах даних СПЗ і використання роботи для виявлення академічного плагіату в інших роботах, які перевіряються СПЗ.

Також надаю свою згоду на обробку й збереження університетом мого кваліфікаційного проекту «Автономне джерело освітлення в укритті» в Інституційному репозитарії Хмельницького національного університету.

Робота надається для перевірки в електронному варіанті. Електронна версія мого кваліфікаційного проекту збігається (ідентична) з друкованою.

25.05, 2026 р.

 (підпис)

Anti-Plagiarism (<http://ap.km.ua>) v-16.718**Максимальне співпадіння з одним документом 4.0%****Словники перевірки: UA, US, RU. Помилки в документах: 12%**

| | | | | |
|---|----------|---------|-----------------------------|---------|
| ID: 272883 Назва: Автономне джерело освітлення в укритті Додано в БД: 2026-05-31 Автора: Токар Артем Сергійович Керівники: Стецюк Віктор Іванович Консультанти: Опоненти: | Документ | | Сумарний збіг по Базі Даних | |
| | Символи | Лексеми | Символи | Лексеми |
| | 61131 | 558 | 3511 (6%) | 42 (8%) |

Джерело плагіату

| ID | Опис | Наявність плагіату в документі | |
|----|------|--------------------------------|---------|
| | | Символи | Лексеми |
| | | | |

Протокол аналізу звіту подібності науковим керівником

Заявляю, що я ознайомився (-лась) з Повним звітом подібності, який був згенерований Системою виявлення і запобігання плагіату щодо роботи:

Автор: Артем ТОКАР_TP2-22-1

Співавтор:

Назва: Автономне джерело освітлення в укритті

Науковий керівник: Віктор СТЕЦЮК к.т.н., доц.

Підрозділ: Кафедра телекомунікацій, медійних та інтелектуальних технологій

Коефіцієнт подібності 1: 8.46%

Коефіцієнт подібності 2: 2.23%

Мікропробіли: 25

Заміна букв: 1

Інтервали: 0

Білі знаки: 0

Дата створення звіту: 2026-05-31 19:25:18.0

Після аналізу Звіту подібності констатую наступне:

Запозичення, виявлені в роботі є законними і не є плагіатом. Рівень подібності не перевищує допустимої межі. Таким чином робота незалежна і приймається.

Запозичення не є плагіатом, але перевищено граничне значення рівня подібностей. Таким чином робота повертається на доопрацювання.

Виявлено запозичення і плагіат або навмисні текстові спотворення (маніпуляції), як передбачувані спроби укриття плагіату, які роблять роботу невідповідною вимогам законодавства (Ст. 32. ЗУ Про вищу освіту, пункт 3.1, Ст. 42. ЗУ Про освіту) та вимог НАЗЯВО (Критерій 5), а також кодексу етики і процедурам. Таким чином робота не приймається.

Обґрунтування:

Дата 31.05.2026р

експерт



ВІДГУК

на кваліфікаційний проект “АВТОНОМНЕ ДЖЕРЕЛО ОСВІТЛЕННЯ В УКРИТТІ”

студента Токара Артема Сергійовича

Кваліфікаційний проект “Автономне джерело освітлення в укритті” присвячений сучасній, досить актуальній на даний момент тематиці.

Проект складається з трьох основних розділів.

На основі аналітичного огляду літературних джерел та патентних матеріалів, аналізу існуючих вітчизняних та зарубіжних аналогів, обґрунтовано вибір пристрою-прототипу.

У відповідності до технічного завдання розроблена структурна схема пристрою та проведено її техніко-економічне обґрунтування.

У кваліфікаційному проекті розроблено схему електричну принципову. Особливістю розробки є його простота, надійність та функціональність, що забезпечуються детальним підбором елементної бази та розрахунком режимів роботи ЕРЕ.

Проект містить всі потрібні розділи основного і додаткового призначення, графічну частину. Все виконано з дотриманням правил оформлення конструкторської документації.

Результати дозволяють зробити висновок, що студент Токар А. С. має відмінні знання по загальнотехнічним та спеціальним дисциплінам, вміє використовувати ці знання для рішення конкретних інженерних задач.

В цілому дипломний проект заслуговує оцінки “добре”, а студент Токар А. С. присвоєння освітньої кваліфікації бакалавра з телекомунікацій та радіотехніки за спеціальністю 172 – “Телекомунікації та радіотехніка”.

Керівник кваліфікаційного проекту



В. І. Стецюк

РЕЦЕНЗІЯ

на кваліфікаційний проект студента Токара Артема Сергійовича

“АВТОНОМНЕ ДЖЕРЕЛО ОСВІТЛЕННЯ В УКРИТТІ”

Пояснювальна записка складається з трьох основних розділів. В цілому проект містить 83 сторінки, 37 рисунків, 3 таблиці, 20 джерел посилань. Графічна частина складається із 2 плакатів, 2 креслень та 10 слайдів презентації.

Перевагами даного кваліфікаційного проекту є актуальність, велика потреба у подібних пристроях, варіативність застосування, простота, надійність, раціональний вибір елементної бази. Дана розробка відноситься до енергоефективних та автономних, що відноситься до перспективних напрямків, підтримуваних державою.

До особливостей розробки слід віднести довготривалу автономну роботу, застосування LED стрічок, можливість незалежного регулювання яскравості світіння в окремих каналах та наявність 4 каналів навантаження, що дозволяє використовувати пристрій у кількох приміщеннях незалежно та індивідуально до потреб. Розробка має реальний потенціал до практичного впровадження та подальшої комерціалізації – як рішення укриттів, територіальних громад, ОСББ, приватного сектору або систем безпеки.

Загалом кваліфікаційний проект повністю відповідає вимогам до випускових кваліфікаційних робіт бакалаврів та заслуговує на оцінку "ДОБРЕ".

Рецензент:



Юрій Кельс

**РІШЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ КОМІСІЇ КАФЕДРИ
ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ, МЕДІЙНИХ ТА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ**

Назва кваліфікаційного проєкту: Автономне джерело освітлення в укритті

Автор: Токар Артем Сергійович

Освітня програма Телекомунікації, медійні технології та інтелектуальні мережі

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Спеціальність 172 "Телекомунікації та радіотехніка"

Керівник кваліфікаційного проєкту: к. т. н., доцент Стецюк Віктор Іванович

На основі аналізу кваліфікаційної роботи на дотримання вимог академічної доброчесності (у т.ч. відсутності ознак академічного плагіату) з урахуванням результатів перевірки роботи спеціалізованим програмним засобом(ами) комісія зробила такий висновок:

| № | Висновок | Позначка про відповідність |
|-----|---|----------------------------|
| 1 | Ознаки академічного плагіату | |
| 1.1 | Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є академічним плагіатом (далі - зазначаються підстави віднесення запозичень до правомірних, якщо потрібно). Робота приймається до захисту. | Відповідає |
| 1.2 | Виявлені запозичення не є академічним плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи (далі - зазначаються детальні та аргументовані підстави віднесення запозичень до правомірних). Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована. | - |
| 1.3 | Виявлені запозичення не є академічним плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота може бути допущена до захисту після того як буде відкоригована та доопрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат. | - |
| 1.4 | Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття текстових запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту. | - |
| 2 | Інші види порушень академічної доброчесності | - |

Підтвердження:

Виявлені запозичення не являються академічним плагіатом, а являються загальноприйнятими термінами, визначеннями і технічними поняттями. Коефіцієнти подібності складають 8,46% і 2,23%, а також мають посилання на приведенний перелік літературних джерел.

"01" червня 2026 р.

Завідувач кафедри


Підпис

Сергій ПІДЧЕНКО

Ім'я, ПРІЗВИЩО

Гарант освітньої програми


Підпис

Віктор Стецюк

Ім'я, ПРІЗВИЩО

Керівник кваліфікаційної роботи


Підпис

Віктор Стецюк

Ім'я, ПРІЗВИЩО

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ГОЛОВІ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ

Направляється студент Токар Артем Сергійович на захист кваліфікаційної роботи
(прізвище, ім'я, по батькові)

за спеціальністю 172 - Телекомунікації та радіотехніка

На тему: Автономне джерело освітлення в укритті

Кваліфікаційна робота, рецензія і довідка про перевірку на академічні запозичення додаються.

В.о. Декан факультету



Сергей Лисичко
(ім'я, прізвище)

ДОВІДКА УСПІШНОСТІ

Токар А.С. з 2022 по 2025 роки повністю виконав навчальний план спеціальності з таким розподілом оцінок за:

національною шкалою: відмінно 0,00 %, добре 26,09 %, задовільно 73,91 %.

шкалою ЄКТС: А 0,00 %, В 0,00 %, С 26,09 %, D 17,39 %, E 56,52 %.

Методист факультету

Тетяна Казар
(ім'я, прізвище)

ВИСНОВОК КЕРІВНИКА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ТА ОБГРУНТУВАННЯ ОЦІНКИ

Студент Токар Артем Сергійович програму кваліфікаційного проєктування виконав в повному об'ємі. Проєкт містить всі необхідні складові графічної документації та пояснювальної записки. Зарекомендував себе як старанний, дисциплінований студент. До захисту КП допускається. Заслуговує на оцінку "Добре"

Оцінка кваліфікаційної роботи "Добре"

Керівник кваліфікаційної роботи

[Підпис]
(підпис)

Стецюк В.І.
(ім'я, прізвище)

" 5 " червня 2026 р.

ВИСНОВОК КАФЕДРИ ПРО КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Кваліфікаційну роботу розглянуто. Студент Токар А.С. допускається до її захисту на екзаменаційній комісії.

Завідувач кафедри

ТМІТ

(назва)

[Підпис]
(підпис, ім'я, прізвище)

" 11 " червня 2026 р.