

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

Навчально-науковий інститут енергетичної інформаційної
та транспортної інфраструктури

Кафедра альтернативної електроенергетики та електротехніки

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

бакалавра

на тему:

«Система резервного живлення на базі гібридного інвертора»

Виконав: студент 3 курсу,
групи НВДЕ 2023-1у
спеціальності 141 – Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка
(Нетрадиційні та відновлювальні джерела
енергії)

_____  **А. Г. Колесніков**
Керівник _____  **О. О. Шкурпела**
Рецензент _____  **І. О. Костенко**

Харків – 2026

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

ННІ Енергетичної, інформаційної та транспортної інфраструктури

Кафедра Альтернативної електроенергетики та електротехніки

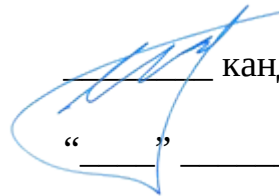
Освітньо-кваліфікаційний рівень Бакалавр

Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Освітня програма Нетрадиційні та відновлювальні джерела енергії

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

в.о. завідувача кафедри АЕЕ

 канд. техн. наук, доц. **О. Б. Єгоров**
“ ” 2026 року

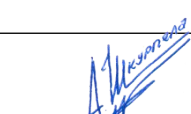
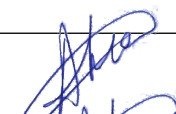
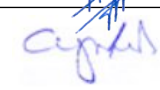
З А В Д А Н Н Я

НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ СТУДЕНТУ

Колеснікову Андрію Геннадійовичу

1. Тема проєкту: «Система резервного живлення на базі гібридного інвертора»
керівник проєкту Шкурпела Олександр Олександрович, канд. техн. наук,
затверджені наказом вищого навчального закладу 22.05. 2026 року № 440-03.
2. Строк подання студентом проєкту 14 червня 2026 року.
3. Вихідні дані до проєкту (роботи): ДСТУ 2843-94, ДСТУ 3440-96 Системи енергетичні, Правила улаштування електроустановок, Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів .
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Аналіз складових систем аварійного живлення для серверу підприємства. Розрахунок потужності серверів. Розрахунок вартості життєвого циклу системи аварійного живлення. Охорона праці.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): 1) Структурна схема систем аварійного живлення. 2) Графік залежності ємності акумулятора від часу резервування з урахуванням потужності серверу. 3) Графік залежності часу резерву від потужності серверу для акумулятора 150 А·г.

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розрахункова частина	Шкурпела О. О., асистент каф. АЕЕ		
Охорона праці	Серіков Я. О., доцент каф. ОП та БЖД		

7. Дата видачі завдання 25 травня 2026 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Аналіз ДБЖ та вибір інвертора.	25.05.2026-30.05.2026	
2	Проектування та розрахунок ємності акумулятора.	31.05.2026-05.06.2026	
3	Розробка заходів з охорони праці.	07.06.2026-10.06.2026	
4	Оформлення пояснювальної записки	11.06.2026-12.06.2026	
5	Підготовка та подання дипломного проєкту до захисту.	13.06.2026-14.06.2026	

Студент  Колесніков А. Г.

Керівник роботи  Шкурпела О. О.

РЕФЕРАТ

Бакалаврська робота складається з розрахунково-пояснювальної записки, виконаної машинописним способом на 84 аркушах формату А4, яка вміщує 4 розділи, 10 таблиць, 26 рис., перелік посилань 31 і 8 листів презентаційної частини.

Мета роботи – розрахунок потужності та ємності системи аварійного електропостачання.

У роботі проведено дослідження сучасного стану та особливостей функціонування електричних мереж і електротехнічного обладнання невеликих продовольчих супермаркетів.

У другому розділі виконано розрахунок необхідної потужності та ємності акумуляторної батареї, призначеної для роботи у складі системи з гібридним інвертором. Підтримання циклічних режимів роботи акумулятора забезпечується завдяки технічним рішенням, реалізованим в інверторі, які дозволяють здійснювати ефективне заряджання та оперативне відновлення енергетичного запасу накопичувача.

Третій розділ присвячений обґрунтуванню вибору типу акумуляторної батареї на основі аналізу її технічних та економічних характеристик. Проведено розрахунок вартості акумулятора для системи резервного електроживлення та виконано порівняльний аналіз запропонованого варіанта з альтернативними рішеннями з метою оцінки його техніко-економічної ефективності.

Розглянуто питання охорони праці.

Ключові слова: система аварійного живлення, джерело безперебійного живлення (ДБЖ), гібридний інвертор, силове обладнання.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СКЛАДОВИХ СИСТЕМИ АВАРІЙНОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ.....	8
1.1 Аналіз технічного завдання на проект системи.....	8
1.2 Складові системи аварійного живлення.....	22
1.2.1 Розрахунок потужності навантаження споживачів супермаркету ...	22
1.2.2 Вибір системи аварійного живлення.....	27
1.2.3 Вибір силового обладнання.....	30
1.3 Висновки з розділу 1.....	43
РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНОК ЦИКЛУВАННЯ АКУМУЛЯТОРА СИСТЕМИ АВАРІЙНОГО ЖИВЛЕННЯ	44
2.1 Розрахунок ємності акумулятора.....	44
2.2 Висновки до розділу 2.....	46
РОЗДІЛ 3. РОЗРАХУНОК ВАРТОСТІ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ СИСТЕМИ АВАРІЙНОГО ЖИВЛЕННЯ	47
3.1 Теоретичне обґрунтування вибору типу акумулятору	47
3.2 Розрахунок вартості акумулятора накопичувача.....	54
3.3 Висновки до розділу 3.....	55
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	56
4.1 Завдання в галузі охорони праці.....	56
4.2 Проектування робочого місця науковця в проектно-конструкторській лабораторії сонячної енергетики з урахуванням вимог ергономіки.....	58
4.3 Визначення небезпечних і шкідливих виробничих факторів при виконанні робіт в проектно-конструкторській лабораторії сонячної енергетики.....	62
4.4 Розробка організаційних заходів з охорони праці в проектно-конструкторській лабораторії сонячної енергетики.....	64
4.5 Розробка технічних заходів з охорони праці.....	65
4.6 Забезпечення пожежної безпеки у приміщенні проектно-конструкторської лабораторії сонячної енергетики.....	71
4.7 Висновки до розділу 4.....	72

ВИСНОВОК.....	73
ДОДАТОК А.....	76

ВСТУП

Однією з найважливіших складових стабільного функціонування суспільства є забезпечення продовольчої безпеки. Вона охоплює широкий комплекс процесів, включаючи виробництво сільськогосподарської продукції, її переробку, зберігання, транспортування, реалізацію та забезпечення доступності продуктів харчування для населення. Особливе значення має організація ефективної системи роздрібної торгівлі, яка дозволяє споживачам отримувати необхідні продукти за прийнятними цінами.

Вартість харчових продуктів формується під впливом багатьох чинників, серед яких витрати на виробництво, логістику, зберігання, реалізацію, а також можливі втрати, пов'язані з псуванням продукції. У зв'язку з цим важливим завданням є мінімізація ризиків, що можуть призвести до економічних збитків підприємств торгівлі, оскільки це безпосередньо впливає на кінцеву ціну товарів для споживачів.

Події останніх років продемонстрували ще один суттєвий фактор ризику — нестабільність електропостачання. Для продовольчих магазинів це питання є особливо актуальним, оскільки значна частина харчових продуктів потребує дотримання визначених температурних режимів зберігання та належить до категорії швидкопсувних товарів. Переривання електроживлення може призводити до втрати продукції та значних матеріальних збитків. Крім того, сучасні торговельні об'єкти широко використовують електронні касові системи, термінали самообслуговування, системи обліку та контролю, безперебійна робота яких також залежить від надійного електропостачання.

Найбільш поширеним способом забезпечення резервного живлення є використання автономних генераторних установок з двигунами

внутрішнього згоряння. Проте їх експлуатація супроводжується низкою обмежень, пов'язаних із підвищеним рівнем шуму, необхідністю зберігання запасів пального та дотриманням додаткових вимог пожежної безпеки.

З огляду на зазначені недоліки, як альтернативний варіант забезпечення аварійного електропостачання розглядається система резервного живлення, побудована на основі статичного силового перетворювача та акумуляторного накопичувача енергії. Таке рішення характеризується низьким рівнем шуму, високою швидкістю, простотою експлуатації та можливістю забезпечення безперервної роботи критично важливого обладнання в разі відключення основного джерела живлення.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СКЛАДОВИХ СИСТЕМИ АВАРІЙНОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

1.1 Аналіз технічного завдання на проект системи

Електроспоживачі, що приєднуються до загальнопромислових електричних мереж, відповідно до ступеня надійності електропостачання поділяються на три категорії. До другої категорії належать об'єкти, перерва в електроживленні яких може призвести до значних економічних втрат, пов'язаних із порушенням технологічних процесів виробництва, зберігання або реалізації продукції.

У сучасних умовах до споживачів другої категорії дедалі частіше відносять продовольчі магазини. Це зумовлено зростанням кількості електротехнічного обладнання, необхідного для забезпечення їхньої нормальної роботи. До такого обладнання належать холодильні установки, системи освітлення, електронні ваги, касові термінали та системи самообслуговування, засоби відеоспостереження, а також інформаційні системи обліку товарів. Таким чином, стабільне електропостачання є критично важливим навіть для торговельних об'єктів, які не реалізують швидкопсувну продукцію.

У даній дипломній роботі розглядається невеликий продовольчий супермаркет, що обумовлено значною кількістю таких об'єктів та їх широким поширенням порівняно з великими торговельними мережами, які зазвичай мають власні резервні системи живлення. Події 2022–2023 років в Україні наочно продемонстрували необхідність забезпечення малих торговельних підприємств джерелами аварійного електроживлення. Найпоширенішим рішенням у цій сфері традиційно є використання автономних генераторних установок з двигунами внутрішнього згоряння. Їх

основною перевагою є відносна простота конструкції та реалізації системи електропостачання в цілому. Водночас такі рішення мають і суттєві недоліки, які можуть спричинити значні незручності в експлуатації або навіть унеможливити їх використання, що призводить до простоїв у роботі магазинів, втрати доходів та погіршення фінансового становища власників і працівників.

Альтернативним підходом до організації аварійного електроживлення є застосування статичних перетворювачів у поєднанні з акумуляторними батареями, а за потреби — із використанням відновлюваних джерел енергії, таких як сонячні панелі чи вітроустановки. Подібне рішення є особливо доцільним в умовах міської забудови, оскільки воно не створює додаткового шумового навантаження та не супроводжується викидами шкідливих речовин у атмосферу.

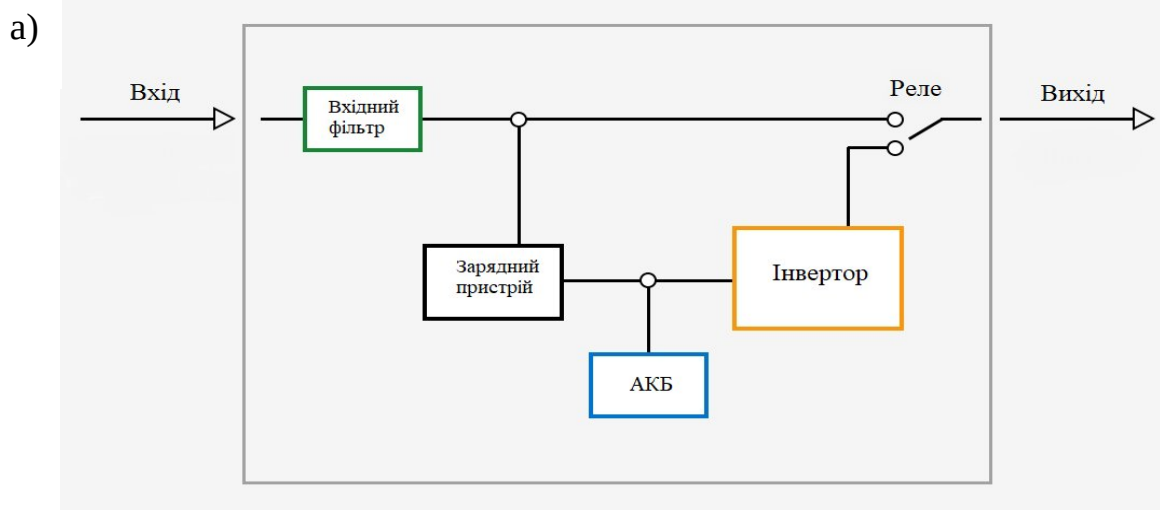
Статичні перетворювачі можуть бути реалізовані у вигляді джерел безперебійного живлення (ДБЖ) або гібридних інверторів, що використовуються в системах альтернативної енергетики. Джерело безперебійного живлення (англ. UPS — Uninterruptible Power Supply) призначене для забезпечення безперервного електроживлення споживачів у разі аварійного зникнення напруги в мережі. Фактично це пристрій, здатний автоматично визначати необхідність переходу на автономне живлення та забезпечувати подачу електроенергії від акумуляторної батареї.

Сучасні ДБЖ не обмежуються лише функцією резервного живлення. Залежно від типу та конструкції вони можуть виконувати додаткові функції, зокрема:

- стабілізацію напруги (у моделях лінійно-інтерактивного та подвійного перетворення);
- фільтрацію імпульсних і високочастотних перешкод;

- функцію «холодного старту» для запуску обладнання в автономному режимі;
- індикацію параметрів роботи системи (рівень навантаження, вхідні та вихідні параметри тощо);
- програмоване керування часом увімкнення та вимкнення навантаження;
- віддалений моніторинг і інтеграцію з комп'ютерними системами;
- захист від перенапруг, мережевих завад і стрибків напруги.

За принципом роботи розрізняють кілька типів ДБЖ, серед яких базовим є резервний (off-line) тип. У нормальному режимі такий пристрій пропускає електроенергію безпосередньо від мережі до навантаження, виконуючи функції мережевого фільтра. У разі відхилення параметрів напруги від допустимих меж або повного зникнення живлення, ДБЖ автоматично перемикає навантаження на акумуляторну батарею, де електроенергія через інвертор перетворюється з постійного струму на змінний. Після відновлення нормальних параметрів мережі пристрій так само автоматично повертається до живлення від основного джерела. Схема, що описує принцип роботи off-line ДБЖ приведена на рисунку 1.3.



б)



Рисунок 1.1 – а) Схема роботи резервного ДБЖ б) Зовнішній вигляд резервного ДБЖ на прикладі Logicpower LPM-825VA-P

Резервні (off-line) джерела безперебійного живлення найчастіше застосовуються у побутових умовах завдяки їх відносно низькій вартості та прийнятним технічним характеристикам. Вони є доступним варіантом базового захисту електрообладнання, яке не є критично чутливим до якості вхідної напруги та не має значної індуктивної складової навантаження.

Водночас такі пристрої формують на виході модифіковану синусоїду, що обмежує сферу їх використання. Зокрема, їх не рекомендується застосовувати для живлення обладнання з електродвигунами та чутливими електронними компонентами, такими як циркуляційні насоси, кухонні комбайни, блендери, міксери або холодильне обладнання. Використання резервного ДБЖ у таких випадках може призвести до некоректної роботи або навіть виходу техніки з ладу.

Натомість персональні комп'ютери та офісна техніка зазвичай сумісні з даним типом ДБЖ, оскільки їх навантаження не вимагає ідеальної форми вихідної напруги. Однак для серверного та критично важливого обладнання використання резервних ДБЖ не рекомендується через можливу появу

електромагнітних завад і ризик втрати даних у разі некоректного відключення живлення.

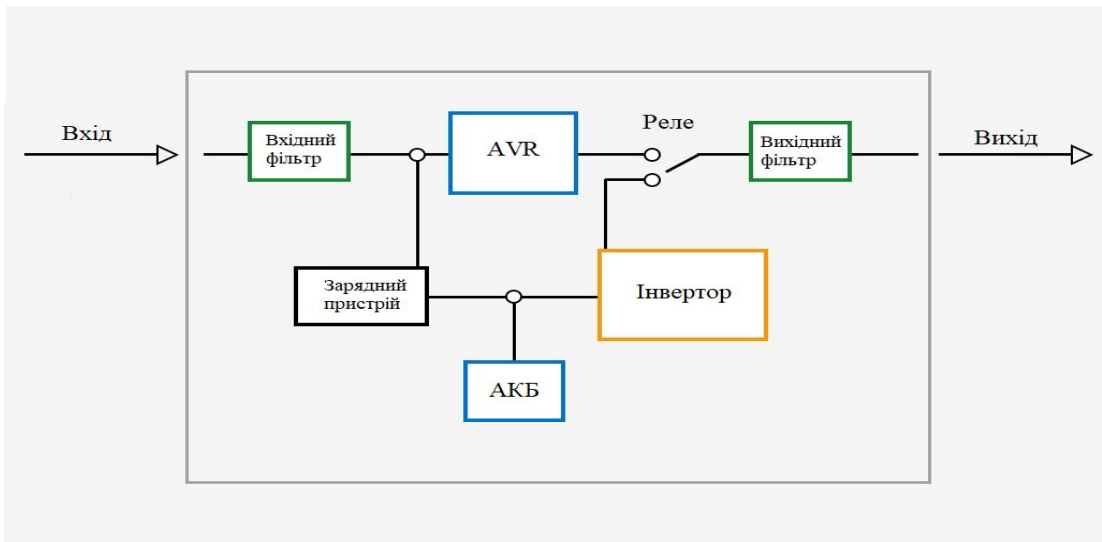
Лінійно-інтерактивні джерела безперебійного живлення (line-interactive) належать до більш досконалого класу пристроїв порівняно з резервними моделями. Їх ключовою особливістю є наявність автоматичного регулятора напруги (AVR), який дозволяє коригувати вхідну напругу без переходу на живлення від акумуляторної батареї. Це розширює діапазон допустимих коливань напруги в електромережі, за яких пристрій здатний працювати без перемикання в автономний режим.

Крім того, лінійно-інтерактивні ДБЖ характеризуються значно меншим часом перемикання на акумуляторне живлення порівняно з резервними моделями — приблизно до 4 мс, що підвищує надійність електроживлення підключеного обладнання.

Принцип дії лінійно-інтерактивного ДБЖ є подібним до резервного, однак доповнюється вбудованим регулятором напруги (AVR), який здійснює підвищення або зниження вхідної напруги залежно від її відхилення від номінального значення. Схема роботи таких пристроїв наведена на рисунку 1.4.

За умови формування вихідної напруги у вигляді чистої синусоїди лінійно-інтерактивні ДБЖ можуть застосовуватися для живлення широкого спектра побутового та промислового обладнання, зокрема насосів, холодильників, систем керування газовими котлами, а також пристроїв із трансформаторними блоками живлення та електродвигунами.

а)



б)



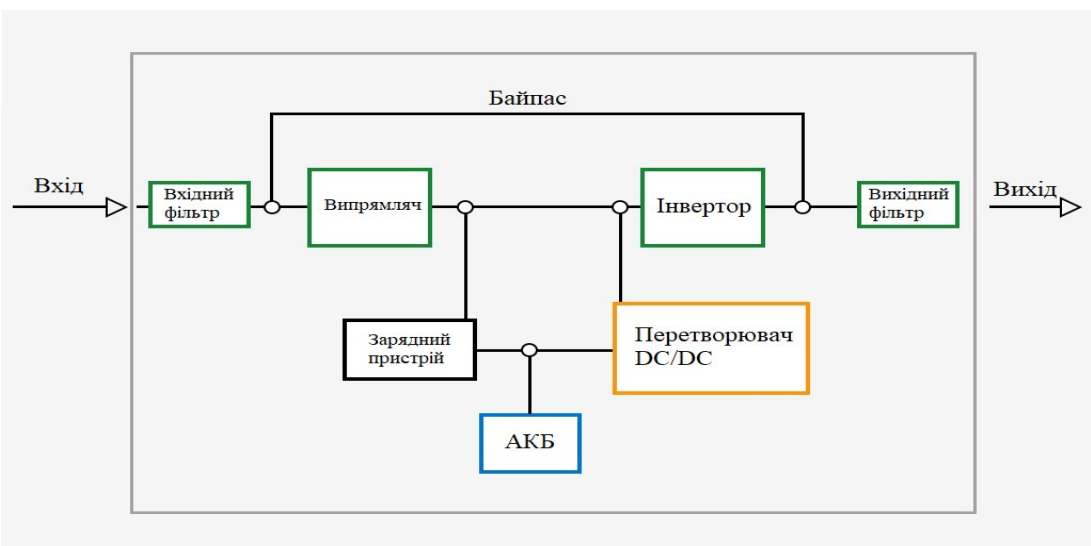
Рисунок 1.2 – а) Схема роботи лінійно-інтерактивного ДБЖ б) Зовнішній вигляд лінійно-інтерактивного ДБЖ на прикладі LPM-1100VA-P

Джерела безперебійного живлення з подвійним перетворенням (on-line) забезпечують безперервну обробку електричної енергії шляхом подвійного перетворення вхідної змінної напруги. Спочатку змінна напруга перетворюється у постійну з одночасною підзарядкою акумуляторної батареї, після чого отримана енергія знову інвертується у змінну напругу з високоякісною синусоїдальною формою сигналу. Така структура дозволяє повністю ізолювати вихідні параметри живлення від будь-яких відхилень у зовнішній електромережі.

Принцип функціонування ДБЖ on-line типу ґрунтується на безперервному двоетапному перетворенні електроенергії: спочатку змінний струм мережі випрямляється у постійний, а далі за допомогою інвертора знову формується змінна напруга необхідної якості. В акумуляторній системі такого пристрою батареї інтегровані між випрямлячем та інвертором і постійно знаходяться в робочому режимі, виконуючи функцію проміжного джерела енергії.

Завдяки такій схемотехніці забезпечується відсутність затримок при переході на автономне живлення, оскільки інвертор безперервно підключений до акумуляторної батареї. У разі зникнення або погіршення параметрів зовнішньої мережі не відбувається додаткових комутацій, що гарантує стабільність і безперервність електропостачання підключеного навантаження. Схема, що описує принцип роботи on-line ДБЖ приведена на рисунку 1.5.

а)



б)



Рисунок 1.3 – а) Схема роботи онлайн ДБЖ б) Зовнішній вигляд онлайн ДБЖ на прикладі Smart-UPS LogicPower 2000 PRO RM

Джерела безперебійного живлення on-line типу забезпечують найвищий рівень захисту як від повного зникнення напруги, так і від незначних відхилень параметрів електромережі. Перехід на автономний режим у таких пристроях відбувається без затримки (0 мс), що гарантує безперервність електроживлення навантаження.

Онлайн-ДБЖ ефективно працюють з обладнанням, яке висуває високі вимоги до якості електроживлення, зокрема з електродвигунами, комп'ютерною та офісною технікою, системами керування опалювальних котлів, а також відеоапаратурою. Крім того, вони демонструють стабільну роботу навіть у мережах із низькою якістю електроенергії [5].

Після розгляду основних типів ДБЖ можна зробити висновок щодо доцільності їх використання на підприємстві. Як зазначається в [6], резервні (off-line) ДБЖ характеризуються доступною вартістю, однак мають низку суттєвих недоліків, серед яких:

- затримка при переході на живлення від акумулятора (понад 5 мс);

- несинусоїдальна форма вихідної напруги в автономному режимі;
- обмежена здатність до фільтрації та відсутність регулювання параметрів мережевого сигналу;
- різкі зміни напруги та частоти в момент перемикання режимів живлення.

Зазначені недоліки є критичними для мікропроцесорної техніки та можуть призводити до збоїв у роботі або навіть виходу обладнання з ладу. Таким чином, резервні ДБЖ не є оптимальним рішенням для захисту сучасних серверних систем і чутливої електроніки.

Лінійно-інтерактивні ДБЖ мають подібну структуру до резервних моделей, але додатково оснащуються стабілізатором напруги (AVR). Вони зазвичай реалізуються на основі автотрансформатора з перемиканням обмоток, що дозволяє коригувати вихідну напругу при незначних коливаннях у мережі без переходу на акумуляторне живлення.

Завдяки синхронізації інвертора з вхідною напругою, час перемикання в автономний режим у таких пристроїв менший, ніж у off-line ДБЖ, однак він не дорівнює нулю. Крім того, лінійно-інтерактивна топологія не забезпечує повного придушення електричних завад і не гарантує повної незалежності вихідних параметрів від стану мережі. У результаті такі пристрої не можуть повністю захистити обладнання, чутливе до електромагнітних перешкод.

Найбільш досконалим типом ДБЖ є системи з подвійним перетворенням (on-line). У них акумуляторна батарея постійно включена в контур живлення, що забезпечує нульовий час переходу на резервне живлення та стабільну вихідну напругу синусоїдальної форми. Такі пристрої повністю ізолюють навантаження від впливу зовнішньої мережі та гарантують високу якість електроживлення незалежно від її стану.

Відповідно, саме on-line ДБЖ є найбільш надійним варіантом для використання на підприємствах із чутливим обладнанням.

Гібридний інвертор являє собою пристрій, що може жити навантаження як від зовнішньої електромережі, так і від акумуляторів, які заряджаються від альтернативних джерел енергії. Контролер заряду може бути як вбудованим, так і зовнішнім. За функціональними можливостями гібридні інвертори умовно поділяються на три основні групи.

Базові гібридні інвертори, які за принципом дії подібні до ДБЖ, але додатково мають можливість заряджання акумуляторів не лише від мережі, а й від відновлюваних джерел (наприклад, сонячних панелей). У нормальному режимі вони живлять навантаження від мережі та паралельно заряджають акумулятори. У разі зникнення мережі відбувається перехід на живлення від батарей із можливістю їх підзарядки від альтернативного джерела. При критичному розряді акумуляторів живлення споживачів вимикається до відновлення мережі. Це найбільш прості та доступні за вартістю рішення.

Гібридні інвертори з пріоритетом AC/DC, які дозволяють обирати режим роботи. У режимі AC вони функціонують як звичайні інвертори, тоді як у режимі DC максимально використовують енергію альтернативного джерела. Живлення навантаження та заряд акумуляторів у такому випадку здійснюється переважно від відновлюваного джерела, а мережа підключається лише при недостатній потужності або критичному розряді батарей. Такий режим підвищує ефективність використання енергії, однак потребує акумуляторів більшої ємності та може зменшувати їх ресурс при глибоких циклах розряду.

Гібридні інвертори з функцією «підмішування» (line-interactive) є найбільш сучасним рішенням. Вони дозволяють одночасно використовувати енергію альтернативного джерела та мережі, «підмішуючи» її для живлення

навантаження, що забезпечує максимальну енергоефективність. Також такі пристрої можуть підтримувати мережу у разі недостатньої потужності та короткочасно компенсувати пікові навантаження, що особливо важливо для обладнання з великими пусковими струмами. У таких режимах інвертор здатний перевищувати номінальну потужність у кілька разів протягом короткого часу (2–3 с). Водночас це найбільш складні та дорогі пристрої серед розглянутих типів.

Зазначений поділ є умовним, оскільки функціональність інверторів може змінюватися залежно від комплектації та програмного забезпечення. Остаточний вибір типу інвертора доцільно здійснювати на основі конкретних вимог до системи електроживлення та умов експлуатації.

Під час вибору інвертора доцільно враховувати низку ключових технічних характеристик:

Номінальна потужність – визначає сумарне навантаження, яке інвертор здатний забезпечувати в тривалому режимі роботи (Вт або ВА).

Максимальна (пікова) потужність – показує рівень навантаження, яке пристрій може короткочасно витримувати протягом обмеженого проміжку часу (Вт або ВА).

Форма вихідного сигналу – характеризує якість електроживлення; бажано, щоб вихідна напруга була максимально наближеною до синусоїдальної форми. Зазвичай цей параметр оцінюється через коефіцієнт гармонічних спотворень (THD), який повинен бути меншим ніж 5%.

Струм зарядного пристрою (за його наявності) – визначає швидкість заряджання акумуляторної батареї та можливу її ємність.

Режим енергозбереження (sleep mode) – функція автоматичного переходу інвертора у режим зниженого споживання енергії за відсутності навантаження.

Таким чином, розглянуто основні параметри інверторів та джерел безперебійного живлення, а також їх класифікацію. Для подальшого проєктування системи електроживлення необхідно визначити склад та характер навантаження супермаркету, що дозволить обґрунтувати вибір резервного обладнання.

Основні споживачі електроенергії супермаркету

1. Бухгалтерія

Будь-яке підприємство потребує ведення облікової та фінансової документації, що забезпечується бухгалтерським відділом. У супермаркеті цей підрозділ відповідає за облік товарів, контроль їх кількості та стану, а також за дотримання вимог законодавства щодо бухгалтерського обліку, оподаткування та захисту прав споживачів.

2. Система відеоспостереження

Сучасні супермаркети використовують значну кількість електронного обладнання, тому система відеонагляду є обов'язковим елементом безпеки. Вона забезпечує контроль за збереженням майна, безпекою персоналу та відвідувачів, а також сприяє вирішенню спірних ситуацій.

До основних вимог до системи відеоспостереження належать:

– Камери високої роздільної здатності

Використання камер з високою якістю зображення дозволяє фіксувати деталі подій, що є важливим при розслідуванні інцидентів або крадіжок, а також слугує доказовою базою.

– Віддалений доступ

Можливість підключення камер до смартфонів або інших мобільних пристроїв забезпечує дистанційний контроль об'єкта, що особливо актуально при цілодобовому режимі роботи магазину.

– Всепогодні та антивандальні виконання

Для зовнішніх зон, зокрема парковок, доцільно використовувати камери із захистом від погодних умов та механічних пошкоджень, що підвищує їх надійність і довговічність.

– Відеореєстратори та сервери зберігання даних

Для накопичення та архівування відеоінформації застосовуються відеореєстратори або серверні системи, що забезпечують довготривале зберігання записів і доступ до архіву.

3. Освітлення торговельної зали та вітрин

Для освітлення доцільно використовувати світлодіодні системи, які забезпечують високу енергоефективність та можливість зонального регулювання освітлення. Колірна температура світла впливає на сприйняття товарів і може впливати на поведінку покупців.

4. Холодильне обладнання для напоїв

Такі холодильники мають стандартні технічні характеристики. У ряді випадків їх можна не включати до системи резервного живлення, оскільки напої допускають тимчасове зберігання при кімнатній температурі, що дозволяє зменшити вимоги до ємності акумуляторних батарей.

5. Холодильники для продуктів і морозильні камери

Є критично важливим обладнанням, оскільки забезпечує збереження швидкопсувних продуктів. Саме ця група споживачів в першу чергу підлягає резервуванню електроживлення.

6. Система вентиляції

Вентиляційне обладнання забезпечує комфортні умови перебування покупців і персоналу, що опосередковано впливає на рівень продажів і загальну ефективність роботи підприємства.

7. Касові апарати та системи самообслуговування

Сучасні POS-системи та термінали самообслуговування дозволяють оптимізувати процес обслуговування клієнтів і зменшити черги. Оскільки вони взаємодіють із банківськими системами та базами даних, такі пристрої потребують стабільного та надійного електроживлення навіть при невеликій споживаній потужності.

1.2 Складові системи аварійного живлення

1.2.1 Розрахунок потужності навантаження споживачів супермаркету

Характерною особливістю електричного навантаження цілодобово працюючих супермаркетів є відносно рівномірний графік споживання електроенергії протягом доби. Окремо слід виділити роботу холодильного обладнання, яке має специфічний режим функціонування: при запуску спостерігається короткочасний різкий стрибок потужності, тоді як у встановленому режимі споживання енергії є значно нижчим і стабільним. Такі особливості необхідно враховувати при виборі силового та резервного електрообладнання.

У даному дипломному проєкті як об'єкт дослідження розглядається невеликий продовольчий супермаркет. Його планувальне рішення є доволі витягнутим за формою, що є зручним для організації торговельного простору. Для магазинів самообслуговування така конфігурація приміщення є раціональною, оскільки дозволяє ефективно розміщувати стелажі та полегшує навігацію покупців у торговельній залі.

Торговельне обладнання розміщене як вздовж стін, так і в центральній частині залу. Зокрема, встановлено 13 пристінних стелажів та 10 острівних стелажних секцій. Окрім цього, передбачено спеціалізовані конструкції: два кондитерські стелажі для реалізації солодоців, один дерев'яний стелаж для хлібобулочних виробів, а також окремий стелаж для фруктів та овочів.

Для обслуговування покупців організовано касову зону з безстрічковим касовим боксом, обладнаним вузьким накопичувачем. Реалізація гастрономічної продукції здійснюється за допомогою комбінованих

холодильних вітрин типу «Арктика», зокрема встановлено одну вітрину довжиною 2 м та дві вітрини по 1,6 м.

Для зберігання та демонстрації напоїв і пива використовується холодильне обладнання у вигляді двох великогабаритних дводверних шаф, а також окремих моделей, таких як Inter-950T СКР та Inter-390T СР (об'ємом близько 400 л). Використання окремих холодильних шаф обумовлене тим, що постачальники пива часто надають обладнання лише під конкретну продукцію, що є економічно недоцільним для магазину.



Рисунок 1.4. – зовнішній вигляд холодильної шафи Inter 950T СКР

Таблиця 1.1

Технічні характеристики холодильної шафи Inter 950T СКР

Технічні характеристики	
Загальний/корисний об'єм, л	894/832
Кліматичний клас	T
Температура навколишнього середовища	+12...+40
Діапазон вхідної напруги, В	187-242
Особливості обладнання	
Компресор	Danfoss
Споживання електроенергії, кВт·год/добу	12,6
Тип хладагенту	R134a
Тип дверей	купе, скло
Потужність, кВт	650



Рисунок 1.5. – зовнішній вигляд холодильної шафи Inter 390T CP

Таблиця 1.2

Технічні характеристики холодильної шафи Inter 390T CP

Основні характеристики	
Тип	Холодильний шкаф торговий
Площа підлоги, що займається, м ²	0,378
Загальний/корисний об'єм, л	390/373
Кліматичний клас	T
Температура навколишнього середовища	+12...+40
Діапазон вхідної напруги, В	187-242
Особливості обладнання	
Компресор	Danfoss
Споживання електроенергії, кВт·год/добу	4,7
Тип хладагенту	R134a
Тип дверей	Розпашні, скло
Механічний замок	+

Заморожена риба, напівфабрикати та м'ясо зберігатися в морозильних скринях Јuka M500P, в кількості 3 штуки. Вони мають гарну місткість (500 літрів). Скляні кришки дозволяють оцінити весь асортимент товару, не відкриваючи при цьому скриню.



Рисунок 1.6. – зовнішній вигляд морозильної скрині Juka M500P

Таблиця 1.3

Технічні характеристики морозильної скрині Juka M500P

Технічні характеристики	
Загальний/корисний об'єм, л	518/437
Кліматичний клас	T
Температура навколишнього середовища	+16...+35
Діапазон вхідної напруги, В	220-240
Особливості обладнання	
Регулятор температури	Електромеханічний
Споживання електроенергії, кВт·год/добу	4,0 / 4,0 / 3,3
Тип хладагенту	R404a / R452a / R290
Механічний замок	+

Магазин прагне забезпечити клієнтам максимально високий рівень сервісу та зручності обслуговування, у зв'язку з чим було встановлено слайсер для нарізання ковбасних виробів і твердих сирів. У якості

обладнання обрано найпоширенішу модель Celme FA 220 CE.



Рисунок 1.7. – зовнішній вигляд слайсеру Celme FA 220 CE

Таблиця 1.4

Технічні характеристики слайсеру Celme FA 220 CE

Діаметр ножа, мм	220
Товщина нарізки, мм	от 0,5 до 16
Максимальний розмір нарізки, мм:	220x165
Матеріал корпусу	літий полірований алюміній
Нож	закалена хромована сталь
Заточуючий пристрій	встроенное
Каретка	ручна
Потужність, кВт	0,15
Напруга, В	220

Окремо в торговельній залі встановлено систему відеоспостереження, освітлювальне обладнання та систему вентиляції. Повний перелік споживачів електричної енергії подано у таблиці.

Таблиця 1.5

Розрахунок споживання електроенергії виробництвом протягом доби.

№	Навантаження	Кількість, шт	Потужність, кВт	Тривалість навантаження, год на добу	Разом, кВт·год
1	Холодильна шафа Inter-950T СКР	2	-	-	25,2
2	Холодильна шафа Inter 390T СР	1	-	-	4,7
3	Слайдер FA 220 СЕ	1	0,15	2	0,3
4	Морозильна скриня Juka M500P	3	-	-	12
5	Каса та термінал самообслуговування	1	0,1	24	2,4
6	Освітлення	1	0,5	24	12
7	Вентиляція	1	2	24	48
8	Сервер відеоспостереження	1	0,5	24	12
9	Комп'ютер обліку та документації	1	0,2	10	2
Загальне навантаження за добу, кВт·год (округлено у більший бік)					118,6 (120)

1.2.2 Вибір системи аварійного живлення

Враховуючи розглянуті варіанти систем аварійного електроживлення, вибір доцільно здійснювати між ДБЖ та інвертором. Основною перевагою джерел безперебійного живлення є мінімальний час перемикавання на резервне живлення.

При виборі інвертора слід враховувати тип його живлення. Такі пристрої поділяються на дві основні категорії:

Однофазні інвертори – це резервні джерела живлення, що підключаються до стандартної мережі 230 В. Вони застосовуються для забезпечення електроживлення серверного обладнання, серверних груп або окремих стійок. Популярна модель цієї категорії - Powerman ONLINE PLUS 2000VA, вказана на рисунку 1.7.



Рисунок 1.8. – зовнішній вигляд ДБЖ однофазного типу Powerman ONLINE PLUS 2000VA

Трифазні інвертори — це високопотужні установки, що працюють від мережі 380 В та забезпечують резервне електроживлення для серверного обладнання, окремих комплексів і навіть дата-центрів. Прикладом є високопродуктивна модель Cyberpower HSTP33 40000VA, призначена для використання в ЦОД (рисунок 1.8) [14].



Рисунок 1.9. – зовнішній вигляд ДБЖ трифазного типу Cyberpower HSTP33 40000VA

Різниця між однофазним і трифазним живленням полягає, насамперед, у допустимій вихідній потужності. Водночас існує важливий нюанс: однофазні пристрої зазвичай дозволяють підключення навантаження до приблизно 10 кВт, тоді як у трифазних системах потужність розподіляється між трьома лініями і на кожну з них припадає не більше однієї третини загальної потужності захисту.

Як приклад можна навести ДБЖ IPRON Innova RT 33 40K Tower, зображений на рисунку 1.9. Його загальна вихідна потужність становить 40 кВт, однак через трифазну схему живлення навантаження на кожну окрему фазу не повинно перевищувати приблизно 13,3 кВт.



Рисунок 1.10. – зовнішній вигляд трифазного ДБЖ IPPON Innova RT 33 40K Tower

1.2.3 Вибір силового обладнання

Відповідно до обраної топології системи аварійного електроживлення здійснюється підбір силових компонентів. Основними елементами силової частини є інвертор та акумуляторна батарея.

Критерії вибору інвертора сформульовано таким чином:

- тип пристрою — гібридний інвертор;
- вхідна напруга — трифазна 380 В промислової частоти;
- вихідна напруга — трифазна 380 В промислової частоти;
- обов’язкова можливість заряджання акумуляторної батареї від мережі;
- наявність функції моніторингу та контролю стану акумуляторної батареї.

Для реалізації проєкту обрано інвертор SolaX X3-HYBRID-12.0M потужністю 12 кВт. Даний пристрій забезпечує високу ефективність роботи, надійність та має такі переваги:

- час перемикання менше 10 мс;
- підтримка літєвих та свинцево-кислотних акумуляторів;
- 5 режимів роботи та 2 інтервали заряджання;
- трифазний несиметричний вихід (до 50% номінальної потужності на одну фазу);
- інтелектуальне керування навантаженням (зокрема тепловими насосами);
- сумісність із СТ-сенсорами, швидка реакція на зміну навантаження (до 0,3 с).



Рисунок 1.11. – зовнішній вигляд SolaX X3-HYBRID-12.0M

Основні технічні характеристики SolaX X3-HYBRID-12.0М 12 кВт представлені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.6

Основні технічні характеристики SolaX X3-HYBRID-12.0М 12 кВт

ВХІД постійного струму	
Макс. вхідна потужність фотоелектричної панелі, кВт	18
Макс. Вхідна напруга PV, В	1000
Початкова вихідна напруга, В	200
Номінальна вхідна напруга, В	640
Діапазон напруги MPP, В	180-950
Кількість MPP трекерів	2
Макс. вхідний струм (вхід А/вхід В), А	26/16
Макс. струм короткого замикання (вхід А/вхід В), А	30/18
ВХІД І ВИХІД змінного струму	
Номінальна вихідна потужність змінного струму, кВт	12
Макс. Повна вихідна потужність змінного струму, ВА	13,2
Макс. Вихідний струм змінного струму, А	19,3
Макс. Повна вхідна потужність змінного струму, ВА	20
Макс. Вхідний струм змінного струму, А	32
Номінальна напруга змінного струму, В	400/230
Номінальна частота мережі, Гц	50/60
Коефіцієнт потужності зміщення	0,8
THDi (номінальна потужність), %	<3
ДАНІ БАТАРЕЇ	
Тип батареї	Li-ion/ Lead-Acid
Діапазон напруги акумулятора, В	180-650
Макс. постійний струм заряду/розряду, А	30

ВИХІД EPS (ВІД МЕРЕЖІ АБО РЕЗЕРВНИЙ)	
Номінальна вихідна потужність, кВт	12
Пікова повна потужність, кВА	15, 60с
Максимальний тривалий струм, А	17,5
Номінальна напруга, В; Частота, Гц	400/230; 50/60
Час перемикання, мс	<10
Паралельна робота	+

Стандартний метод підключення інвертора до мережі магазину представлено на рисунку.

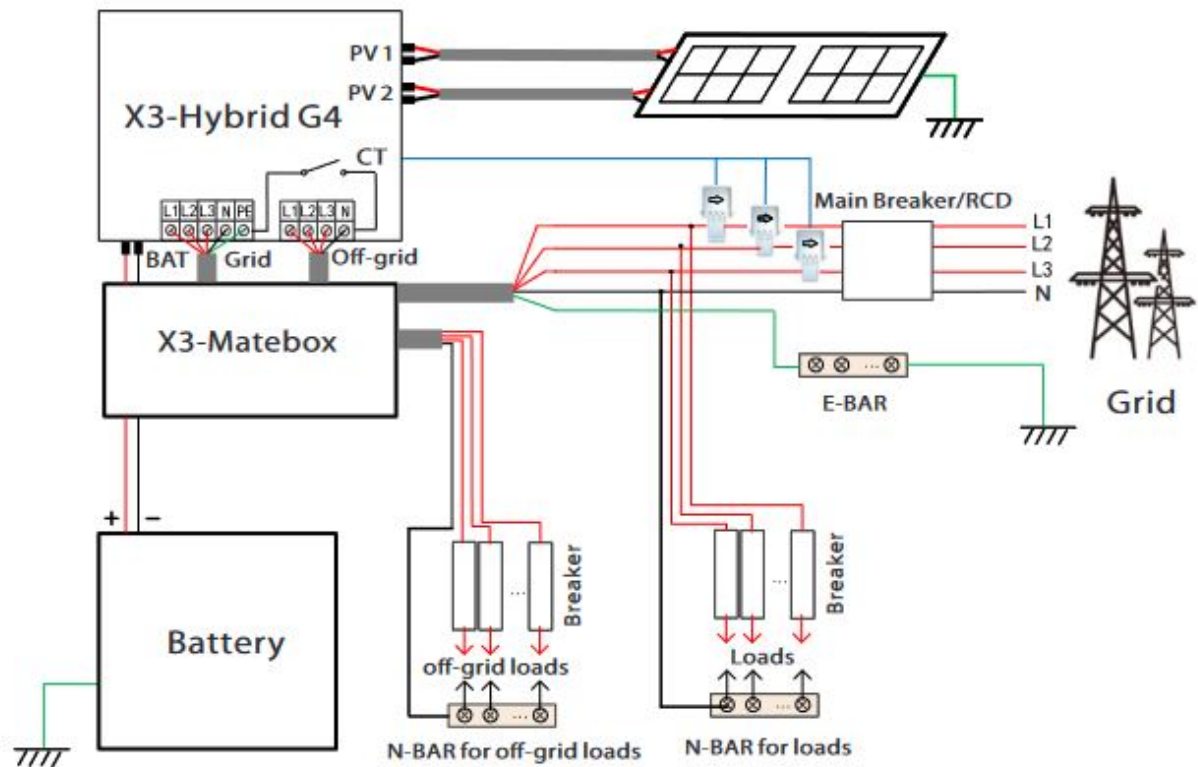


Рисунок 1.12. Схема підключення при трифазному вході та розділених живлячих лініях.

Зручність підключення забезпечується індивідуальними роз'ємами для кожного функційного вводу. Зовнішній вигляд панелі підключень інвертора представлений на рисунку 1.12.

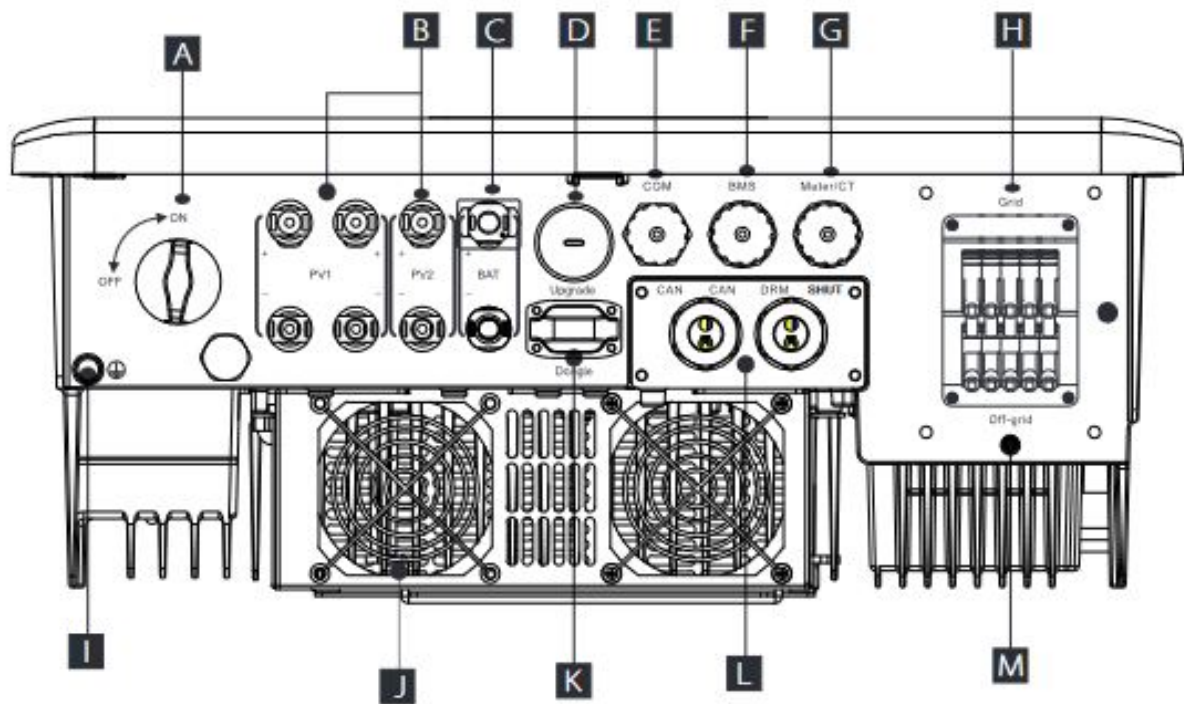


Рисунок 1.13. Панель підключення інвертора.

Інвертор SolaX X3-HYBRID-12.0M підтримує кілька режимів роботи, які обираються залежно від умов експлуатації та потреб користувача.

Self Use (самоспоживання)

Режим самоспоживання призначений для об'єктів, де електроенергія з мережі є дорогою, а використання власної генерації (PV) є пріоритетним.

1. За достатньої потужності фотоелектричної станції (PV):

Енергія від сонячних панелей насамперед забезпечує живлення навантаження. Надлишок спрямовується на заряд акумуляторної батареї, а після її повного заряджання може передаватися в мережу. У випадку

обмежень або заборони генерації в мережу інвертор автоматично обмежує вихідну потужність.

(логіка: PV → навантаження → акумулятор → мережа)

2. За недостатньої потужності PV:

Якщо генерації недостатньо, система комбінує джерела живлення залежно від режиму:

- спочатку PV покриває навантаження, решта енергії надходить з мережі, при цьому акумулятор не розряджається;

- у режимі розряду акумулятор підключається для підтримки навантаження разом із PV, а при нестачі потужності додатково використовується мережа.

(логіка: PV + батарея + мережа → навантаження)

3. За відсутності генерації PV (нічний режим):

- у режимі заряджання мережа забезпечує живлення навантаження та одночасно заряджає акумулятор;

- у режимі розряду навантаження живиться від акумулятора, а при його недостатній ємності — від мережі. У разі критичного рівня заряду інвертор переходить у режим очікування.

(логіка: акумулятор + мережа → навантаження)

Додатково користувач може встановити мінімальний рівень заряду акумулятора в межах 10–100%, що дозволяє обмежити глибину розряду та продовжити ресурс батареї.

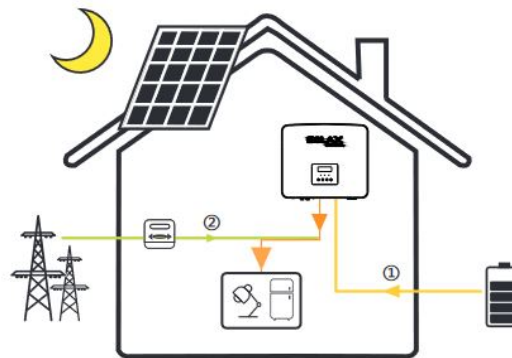
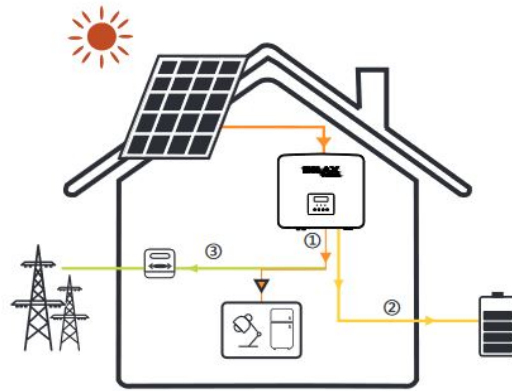


Рисунок 1.14. Енергоменеджмент в режимі самостійного використання
Feed-in priority (Пріоритет живлення)

Режим пріоритету живлення зазвичай застосовується в регіонах із високими тарифами або субсидуванням, але з обмеженням дозволеної потужності споживання.

① Коли потужності PV достатньо

Період заряджання:

PV-панелі в першу чергу забезпечують живлення навантаження, а надлишок електроенергії передається в мережу. Якщо є можливість, надлишок також може використовуватися для заряджання акумулятора.

(PV > навантаження: PV → навантаження → мережа → акумулятор)

Період розрядження:

PV продовжує живити навантаження, а надлишок енергії віддається в мережу.

(PV > навантаження: PV → навантаження → мережа)

② Коли потужності PV недостатньо

Період заряджання:

PV покриває навантаження в першу чергу, а нестача компенсується енергією з мережі. Акумулятор у цей час не розряджається.

(PV < навантаження: PV + мережа → навантаження)

Період розрядження:

PV і акумулятор працюють разом для живлення навантаження. Якщо цього недостатньо, додаткова енергія береться з мережі.

(PV < навантаження: PV + акумулятор + мережа → навантаження)

③ Коли фотоелектрична генерація відсутня

Період заряджання:

Будинок живиться від мережі, при цьому також заряджається акумулятор.

(PV = 0: мережа → навантаження + акумулятор)

Період розрядження:

Спочатку навантаження забезпечується від акумулятора. Якщо його недостатньо, додаткова енергія береться з мережі. Інвертор може переходити в режим очікування.

(PV = 0: акумулятор + мережа → навантаження)

Також можна встановити мінімальний рівень заряду акумулятора в діапазоні 10%–100%.

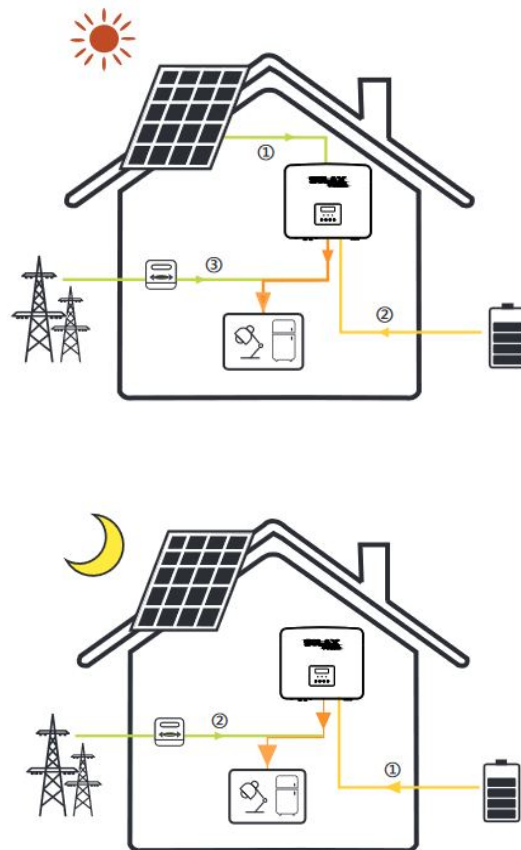


Рисунок 1.15 Енергоменеджмент в режимі пріоритетного живлення

Backup mode (Резервний режим)

Резервний режим призначений для регіонів із частими перебоями електропостачання. Його логіка роботи подібна до режиму «самоспоживання», однак із підвищеним пріоритетом збереження заряду акумулятора.

У цьому режимі система підтримує рівень заряду батареї на відносно високому значенні (за налаштуванням користувача), щоб забезпечити

Автономний режим (Off-grid)

Автономний режим роботи застосовується у випадку відсутності напруги в зовнішній електромережі. У цьому режимі електропостачання споживачів забезпечується за рахунок фотоелектричних модулів та акумуляторної батареї. Для реалізації даного режиму обов'язковою є наявність підключеного акумулятора.

1. Достатня потужність сонячних панелей

Якщо потужність, що генерується фотоелектричною станцією, перевищує поточне навантаження, то вироблена електроенергія насамперед спрямовується на живлення споживачів. Надлишок енергії використовується для заряджання акумуляторної батареї.

$$P_{PV} > P_n$$

Схема розподілу енергії:

$PV \rightarrow \text{Навантаження} \rightarrow \text{Акумулятор}$

2. Недостатня потужність сонячних панелей

Якщо потужність фотоелектричних модулів є меншою за потужність навантаження, то сонячна генерація покриває частину споживання, а дефіцит енергії компенсується за рахунок акумуляторної батареї.

$$P_{PV} < P_n$$

Схема розподілу енергії:

$PV + \text{Акумулятор} \rightarrow \text{Навантаження}$

3. Відсутність сонячної генерації

За відсутності виробітку електроенергії фотоелектричними модулями живлення аварійних навантажень здійснюється виключно від акумуляторної

батареї. Робота триває до досягнення мінімально допустимого рівня заряду батареї (SOC_{min}), після чого інвертор автоматично переходить у режим очікування.

$$P_{PV} = 0$$

Схема розподілу енергії:

Акумулятор → Навантаження.

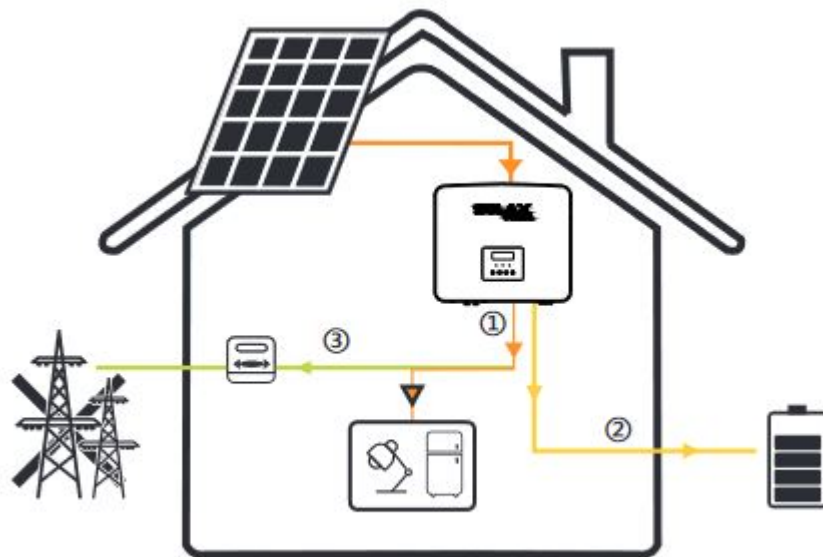


Рисунок 1.17 Енергоменеджмент в автономному режимі

Отже, можна зробити висновок, що обраний інвертор повністю задовольняє технічні вимоги, визначені на етапі вибору обладнання, та забезпечує гнучкі можливості інтеграції з різними схемами електропостачання і типами мереж.

Для роботи інвертора передбачено використання акумуляторних батарей на основі технології LiFePO₄ (літій-залізо-фосфат). Цей тип акумуляторів характеризується високою циклічною стійкістю, значним

терміном служби та високою безпекою експлуатації, що обумовлює його широке застосування у сучасних системах резервного та автономного електроживлення. Номінальна напруга повністю зарядженого елемента LiFePO_4 становить близько 3,65 В.

Оскільки зарядний пристрій інвертора взаємодіє з системою керування та захисту акумуляторної батареї (BMS) через цифровий інтерфейс обміну даними, застосування окремих акумуляторних елементів або батарей без підтримки такого зв'язку є недоцільним. З цієї причини акумуляторна система формується з готових батарейних модулів номінальною напругою 48 В. Кожен модуль оснащений вбудованою платою BMS, що забезпечує контроль параметрів роботи, захист від аварійних режимів та синхронізацію з інвертором через цифровий канал зв'язку.



Рисунок 1.18 Зовнішній вигляд блоків акумулятора



Рисунок 1.19 Розташування комірок акумулятора всередині блоку



Рисунок 1.20 Акумуляторна шафа у зібраному стані

Таблиця 1.7

Технічні характеристики LiFeOP₄ акумулятора BES-48300

Вхідні дані акумулятора	Значення
Номинальна напруги акумулятора, В	51,2
Діапазон напруги батареї, В	58,4 - 40
Номинальний струм заряду	0,5С

Розрахуємо напругу накопичувача за формулою:

$$N_{\text{посл.ак}} = \frac{U_{\text{вх.ак}}}{U_{\text{ак}}} = \frac{650}{58,4} = 11,1 \quad (17)$$

Отриману кількість округлюємо до 10, оскільки батарея з 11 акумуляторів має недостатній запас за напругою та незручна у компоновці. Отримаємо, що батарея повинна складатися з 10 послідовно з'єднаних 48 В блоків.

Номинальний струм заряду акумулятора складає 30А (згідно характеристикам зарядного пристрою інвертора), а допустимий зарядний струм обраного акумулятора складає 150 А, що задовольняє вимогам.

Згідно обраного циклуванню роботи накопичувача маємо час роботи від акумулятора $t_{\text{ак}}$ рівним 4 години. Тоді, з урахуванням 100% завантаженості зарядної станції та глибини розряду акумулятора 80%, необхідна ємність накопичувача розрахуємо за формулою:

$$Q = \frac{W \cdot 1000}{U_{\text{ак.ном}} \cdot N_{\text{посл.ак}}} = \frac{132 \cdot 1000}{51,2 \cdot 10} = 257,8 \text{ Аг} \quad (18)$$

$$\text{де } W = P_{\text{нав}} \cdot 1,1 = 120 \cdot 1,1 = 132 \text{ кВтг}$$

Близькою за значенням зі стандартного ряду ємностей акумуляторів є ємність 300Аг. Тоді перерахуємо глибину розряду акумулятора з

урахуванням 4 годинного циклу розряду.

$$W = \frac{Q \cdot U_{\text{ак.ном}} \cdot N_{\text{посл.ак}}}{1000} = \frac{300 \cdot 51.2 \cdot 10}{1000} = 153.6 \text{ кВтг} \quad (19)$$

Тоді глибина розряду складатиме 85.9%, що є допустимим для LiFePO_4 акумуляторів. Таким чином приймаємо кількість акумуляторних батарей – 1 батарея по 10 послідовно з'єднаних 48 В блоків.

1.3 Висновки з розділу 1

У першому розділі дипломного проєкту виконано аналіз структури та основних компонентів системи резервного електроживлення серверного обладнання підприємства.

У підрозділі 1.1 обґрунтовано доцільність впровадження серверної інфраструктури для забезпечення безперервної роботи підприємства. Розглянуто основні типи серверів, їх призначення та особливості застосування. Також проведено аналіз існуючих типів джерел безперебійного живлення та виконано їх порівняння за основними технічними характеристиками. За результатами аналізу для забезпечення високої якості електроживлення та надійного захисту серверного обладнання обрано ДБЖ типу On-Line з подвійним перетворенням енергії. Крім того, визначено перелік основних інформаційних сервісів і функцій, необхідних для ефективної діяльності підприємства, що розглядається в проєкті — фітнес-клубу. На основі проведених розрахунків та аналізу технічних характеристик обрано сервери Dell PowerEdge R720 (8 LFF), які передбачається встановити в кількості 12 одиниць.

У підрозділі 1.2 детально досліджено складові системи резервного електроживлення. Наведено методику визначення споживаної потужності серверного обладнання з урахуванням характеру та графіка навантаження. Розроблено функціональну схему електропостачання серверів та визначено основні вимоги до системи безперебійного живлення. На підставі техніко-економічного аналізу та відповідності встановленим критеріям вибору як основне джерело безперебійного живлення обрано ДБЖ Innova RT Tower 3/1 потужністю 10 кВА. Також розглянуто можливі схеми підключення ДБЖ до мережі електропостачання. Найбільш доцільним визнано варіант із незалежним підключенням основного живлення та лінії байпасу, що забезпечує максимальну надійність роботи системи. Додатково проаналізовано альтернативні варіанти підключення для різних умов

експлуатації. На завершення проведено оцінку можливостей подальшого масштабування системи резервного живлення з урахуванням перспектив модернізації серверного обладнання та підвищення його енергоефективності.

Таким чином, у першому розділі сформовано теоретичне та технічне підґрунтя для подальшого проектування системи резервного електроживлення, визначено склад основного обладнання та обґрунтовано вибір технічних рішень, які забезпечують необхідний рівень надійності та безперервності роботи серверної інфраструктури підприємства.

РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНОК ЦИКЛУВАННЯ АКУМУЛЯТОРА СИСТЕМИ АВАРІЙНОГО ЖИВЛЕННЯ

2.1 Розрахунок ємності акумулятора

Для визначення необхідної ємності акумуляторної батареї слід забезпечити виконання умови безперервного живлення навантаження протягом заданого часу резервування. Тому розрахунок ємності акумуляторної батареї доцільно виконувати на основі потужності споживачів та тривалості автономної роботи системи.

$$Q_{AK} = \frac{W}{U_{AK}} \quad [A \cdot год] \quad (2.1)$$

де W – енергоспоживання навантаження, кВтгод;

$U_{ак}$ – напруга акумуляторного блоку, В

Результати розрахунку ємності акумуляторної батареї занесемо до таблиці 1.3.

Таблиця 2.1

Розрахунок ємності акумуляторної батареї від часу резервування

Ємність	Енергоспоживання навантаження, % від номінального								
	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Аг	70,3	93,75	117,18	140,6	164	187,5	210,9	234,3	257,8
% від ном.	23,4	31,2	39	46,8	54,6	62,5	70,3	78,1	85,9

Для вибору необхідної ємності акумуляторної батареї слід враховувати тривалість резервного електроживлення та середню потужність навантаження.

Оскільки в межах даного проєкту не визначено конкретне місце розташування супермаркету та відсутні дані щодо ймовірності повторних відключень електропостачання, доцільно додатково оцінити час, необхідний для повного відновлення заряду акумуляторної батареї після її розрядження.

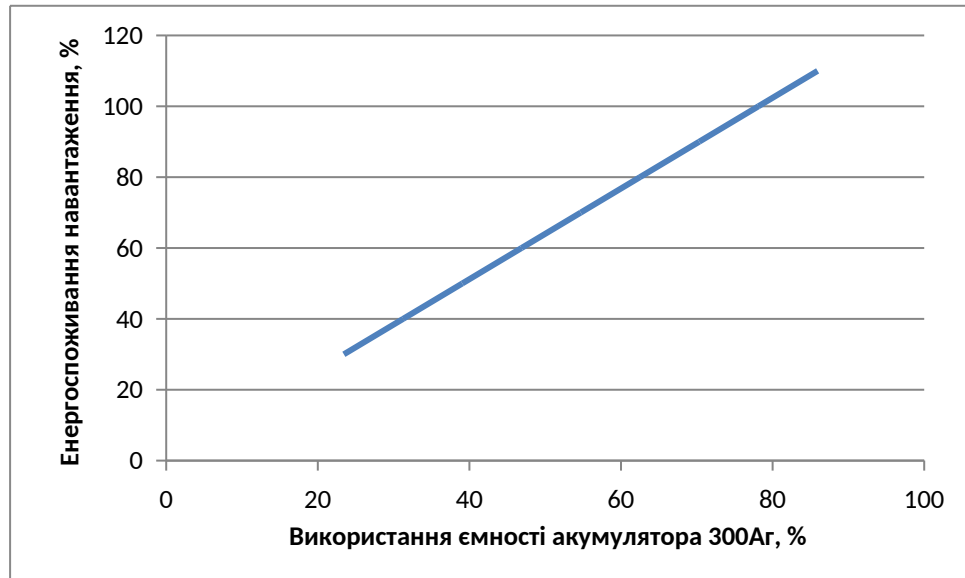


Рисунок 2.1. Залежність ємності акумулятора від часу електроспоживання навантаження в відсотках від розрахункового.

Глибина розряду акумуляторної батареї є одним із ключових параметрів, що безпосередньо впливає на її ресурс та кількість циклів заряджання-розряджання. Допустиме значення глибини розряду встановлюється виробником і наводиться в технічній документації на акумулятор. Під час визначення необхідної ємності акумуляторної батареї цей параметр обов'язково повинен враховуватися.

Проведені розрахунки часу заряджання для акумуляторної батареї ємністю 300 А·год показали, що обрана ємність є достатньою для забезпечення надійної роботи системи резервного електроживлення. Навіть після глибокого розряду відновлення запасу енергії може бути здійснене протягом наступної доби, що відповідає типовим умовам експлуатації та статистичним показникам тривалості відключень у мережах електропостачання. Отже, акумуляторна

батарея ємністю 300 А·год може бути рекомендована як оптимальне рішення для даного проєкту.

2.2 Висновки до розділу 2

У цьому розділі дипломного проєкту виконано розрахунок режимів роботи акумуляторної батареї системи резервного електроживлення з урахуванням технічних параметрів обраного джерела безперебійного живлення.

Аналіз результатів, представлених на рисунку 2.1, свідчить про наявність прямої лінійної залежності між необхідною ємністю акумуляторної батареї та тривалістю резервного живлення за незмінної потужності навантаження. Зі збільшенням часу автономної роботи пропорційно зростає і необхідна ємність акумулятора.

На підставі даних рисунка 2.2 встановлено, що зі зростанням потужності серверного обладнання скорочується тривалість його автономної роботи від акумуляторної батареї за умови незмінної ємності накопичувача енергії. Таким чином, між потужністю навантаження та часом резервування існує обернена залежність.

У другій частині розділу проведено розрахунок часу заряджання акумуляторної батареї залежно від потужності навантаження та рівня її розряду після роботи в автономному режимі. Отримані результати наведено в таблиці 2.2 та використано для оцінки ефективності відновлення запасу енергії в системі резервного електроживлення.

РОЗДІЛ 3. РОЗРАХУНОК ВАРТОСТІ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ СИСТЕМИ АВАРІЙНОГО ЖИВЛЕННЯ

3.1 Теоретичне обґрунтування вибору типу акумулятору

Свинцево-кислотні акумуляторні батареї набули широкого поширення в різних сферах застосування завдяки відносно низькій вартості, надійності та простоті експлуатації. Залежно від конструктивного виконання та технічних характеристик вони можуть використовуватися в системах резервного та автономного електроживлення, транспортних засобах, телекомунікаційному обладнанні та інших електротехнічних установках. Відповідно до технічної документації на ДБЖ Innova RT Tower 3/1 потужністю 10 кВА, як зовнішні накопичувачі енергії допускається застосування свинцево-кислотних акумуляторних батарей.

Основними різновидами свинцево-кислотних акумуляторів є:

Обслуговувані свинцево-кислотні акумулятори (Lead-Acid) — батареї з номінальною напругою 6 або 12 В, які традиційно використовуються для запуску двигунів внутрішнього згорання та в інших системах електроживлення. Такі акумулятори потребують періодичного технічного обслуговування, зокрема контролю рівня та густини електроліту, а також забезпечення належної вентиляції приміщення. Для них характерний порівняно високий рівень саморозряду.

Герметизовані свинцево-кислотні акумулятори з клапанним регулюванням (Valve Regulated Lead-Acid, VRLA) — необслуговувані батареї номінальною напругою 4, 6 або 12 В. Вони виконані у герметичному корпусі, не потребують доливання електроліту та можуть безпечно експлуатуватися в закритих приміщеннях без спеціальних систем вентиляції. Завдяки простоті обслуговування та прийнятній вартості такі акумулятори широко

застосовуються в джерелах безперебійного живлення та рекомендуються для роботи в буферному режимі.



Рисунок 3.1. VRLA акумулятор

AGM VRLA (Absorbent Glass Mat Valve Regulated Lead-Acid) — сучасний різновид герметизованих свинцево-кислотних акумуляторів, у яких електроліт утримується в пористих скловолоконних сепараторах. Така конструкція забезпечує надійну фіксацію активних матеріалів пластин, зменшує їх механічне руйнування та підвищує довговічність акумулятора. Завдяки використанню абсорбованого електроліту батареї даного типу характеризуються високою ефективністю заряджання та здатністю працювати зі значними зарядними струмами, які можуть становити 20–25 %, а в окремих випадках до 30 % від номінальної ємності акумулятора. Це дозволяє суттєво скоротити час відновлення заряду.

Акумулятори технології AGM VRLA випускаються в різних модифікаціях, оптимізованих для конкретних умов експлуатації. Зокрема, серія Deep Cycle призначена для роботи в режимах частих глибоких розрядів, Front Terminal використовується переважно в телекомунікаційному обладнанні завдяки зручному розташуванню виводів, Standard є універсальним рішенням загального призначення, High Rate забезпечує покращені розрядні характеристики та підходить для потужних джерел безперебійного живлення, а Modular дозволяє формувати високовольтні батарейні системи та акумуляторні шафи великої ємності. Завдяки широкому спектру виконань акумулятори AGM VRLA успішно застосовуються як у буферному, так і в циклічному режимах роботи.



Рисунок 3.2. OPzV акумулятор EverExceed

GEL VRLA (Valve Regulated Lead-Acid) — це необслуговувані свинцево-кислотні акумулятори з номінальною напругою 2, 4, 6 або 12 В, що належать до сучасних модифікацій даного типу батарей. Їхня технологія базується на

використанні гелеподібного електроліту, який рівномірно розподілений по всьому об'єму елемента та забезпечує максимальний контакт з позитивними і негативними пластинами. Така структура підвищує стабільність роботи та покращує експлуатаційні характеристики акумулятора.

Для ефективного використання GEL-батарей необхідно застосовувати високоякісні зарядні пристрої з точним контролем напруги та струму заряду. Лише за умови дотримання оптимальних режимів заряджання можна повною мірою реалізувати їхні переваги порівняно з акумуляторами типу AGM VRLA.



Рисунок 3.3. OPzV акумулятор EverExceed

OPzV — це необслуговувані свинцево-кислотні акумуляторні елементи номінальною напругою 2 В, які зазвичай використовуються для формування батарей безпосередньо на місці експлуатації. Дані акумулятори виготовляються за технологією з трубчастими позитивними пластинами та

гелеподібним сірчаноокислотним електролітом, що забезпечує високу стабільність роботи та тривалий термін служби.

Позитивні та негативні електроди містять легуючі добавки кальцію, які підвищують стійкість до корозійних процесів і покращують загальну довговічність елементів. Негативні пластини виконані за технологією намазування активної маси, що збільшує площу контакту з електролітом і покращує електрохімічні характеристики.

Акумулятори типу OPzV відзначаються високою стійкістю до глибоких розрядів і розраховані на тривалий строк експлуатації, який може досягати до 20–22 років. Для їх виготовлення застосовуються високоякісні матеріали, що забезпечує надійну роботу в умовах циклічного навантаження та підвищених вимог до довговічності.



Рисунок 3.4. OPzV акумулятор EverExceed

Акумулятори типу OPzV широко застосовуються в телекомунікаційних системах, установках аварійного освітлення, джерелах безперебійного живлення, навігаційному обладнанні, а також у побутових і промислових системах накопичення енергії, зокрема в об'єктах сонячної енергетики.

OPzS — це стаціонарні свинцево-кислотні акумулятори з мінімальним рівнем обслуговування, що випускаються у виконаннях 2, 6 або 12 В. Вони належать до заливних (flooded) типів і мають трубчасті позитивні пластини з додаванням сурми, що підвищує механічну міцність і термін служби елементів. Негативні пластини також містять незначну кількість сурми та виконані за намазною технологією, що забезпечує ефективну взаємодію з електролітом.

Електроди розділені мікропористими сепараторами, які запобігають виникненню внутрішнього короткого замикання. Корпус акумулятора виготовляється з міцного, хімічно стійкого та термостійкого прозорого пластику, а конструкція вентиляційних клапанів забезпечує підвищений рівень безпеки, запобігаючи проникненню іскор та відкритого полум'я всередину елемента.



Рисунок 3.5. OPzS акумулятор Victron Energy

Прозорі стінки корпусу дозволяють легко контролювати рівень електроліту за допомогою нанесених позначок мінімального та максимального значення. Завдяки конструкції вентиляційних клапанів передбачена можливість доливання дистильованої води без демонтажу елементів, а також вимірювання густини електроліту під час експлуатації. Залежно від інтенсивності навантаження, підживлення водою зазвичай виконується приблизно один раз на два роки.

Акумулятори типу OPzS характеризуються одними з найвищих експлуатаційних показників серед свинцево-кислотних батарей. Їхній строк служби може сягати 20–25 років, а кількість циклів глибокого розряду (до 80%) становить до 1800. Такі акумулятори доцільно застосовувати в системах із вимогами до середнього та глибокого розряду, включно з обладнанням, де присутні пускові струми середньої величини.

Для проведення аналізу використовувалися усереднені технічні характеристики більш ніж десяти виробників акумуляторного обладнання,

продукція яких тривалий час представлена на ринку України та успішно застосовується в різних галузях. Серед них: EverExceed, B.B. Battery, CSB, Leoch, Ventura, Challenger, C&D Technologies, Victron Energy, Sunlight, Trojan та інші.

Таблиця 3.1

Технічні характеристики різних технологій свинцево-кислотних акумуляторів

ТИП	LA	VRLA	AGM VRLA	GEL VRLA	OPzV	OPzS
Ємність, Аг	10-300	1-300	1-3000	1-3000	50-3500	50-3500
Рекомендована глибина розряду, %		30	<40	<50	<60	<60
Максимальна глибина розряду, %		<75	<80	<90	<90	<100
Циклічний ресурс, D.O.D.=50%		<250-300	<1000	<1400	<3200	<3300
Діапазон температури	0...+45	+15...+25	+10...+25	+10...+25	0...+30	0...+30
Термін експлуатації, років	<7	<7	5-15	8-15	15-20	17-25
Саморозряд, %	3-5	2-3	1-2	1-2	1-2	1-2
Максимальний струм заряду, % ємності	10-20	20-25	20-30	15-20	15-20	10-15
Мінімальний час заряду, г	8-12	6-10	6-10	8-12	10-14	10-15
Вимоги до обслуговування	3-6міс.					1-2роки
Середня вартість, \$, 12 В/100Аг	70-150	200-250	250-380	350-500	1000-1400	1500-3500

3.2 Розрахунок вартості акумулятора накопичувача

Для обґрунтування вибору оптимального типу акумуляторної батареї для ДБЖ виконується розрахунок вартості її життєвого циклу. На основі аналізу даних, наведених у таблиці 3.1, для порівняння обрано акумулятори типу GEL як більш доступний варіант та LiFePO_4 як дорожчу, але технологічно досконалішу альтернативу. Акумулятори LiFePO_4 мають суттєві переваги при роботі в циклічному режимі з глибокими розрядами та можуть бути доцільними у випадку подальшого масштабування системи.

Для більш детального техніко-економічного обґрунтування вибору виконується розрахунок вартості одного циклу заряд-розряд. При цьому додатково уточнюється необхідна ємність акумуляторної батареї з урахуванням оптимального значення глибини розряду.

$$Q = Q_{\text{ак}} \cdot k_{\text{розряду}} \quad (3.1)$$

Оскільки акумулятори виготовляються зі стандартизованим рядом ємностей округлимо отримані значення до більшого цілого. Для розрахунку вартості оберемо конкретний тип акумулятора, для порівняння візьмемо 2 Pulsar High Temperature Gel серія HTL 12В 300Аг та BES-48300. Враховуючи топологію система резервного живлення розрахована ємність GEL повинна бути більшою в 2 рази для досягнення розрахункової кількості циклів. Ціни згідно інтернет магазинівна травень 2026 року.

Таблиця 3.2

Розрахунок вартості акумуляторної батареї

	GEL	LiFePO_4
Напруга акумулятора, В	12	48
Необхідна кількість акумуляторів, шт.	80	24
Номінальна ємність акумулятора, Аг	300	300
Глибина розряду, %	43	85,9
Вартість одного акумулятора, тис. грн	21,115	83,600
Вартість акумуляторної батареї, млн.грн	1,69	2
Розрахункова кількість циклів	800	7000
Вартість одного циклу, тис.грн	2,11	0,286

3.3 Висновки до розділу 3

Третій розділ дипломного проекту присвячено техніко-економічному обґрунтуванню системи аварійного електроживлення шляхом розрахунку вартості її життєвого циклу. З урахуванням експлуатаційних характеристик свинцево-кислотних акумуляторів для подальшого аналізу було обрано батареї типу OPzV.

Розрахунками встановлено, що для забезпечення роботи одного ДБЖ необхідно 24 акумулятори, відповідно для двох систем загальна кількість становить 48 одиниць. Орієнтовна вартість акумуляторного накопичувача перевищує 750 тис. грн. Для оцінки ефективності запропонованого рішення проведено порівняння з альтернативним варіантом — дизель-генераторною установкою. Отримані результати показали, що вартість життєвого циклу дизель-генератора є практично співставною з акумуляторною системою. Враховуючи прийняту в розрахунках зменшену кількість циклів заряд–розряд, можна зробити висновок, що в умовах реальної експлуатації різниця у витратах є мінімальною та знаходиться в межах похибки розрахунків.

Окремо слід зазначити, що вартість пального, прийнята для розрахунків, не відповідає поточному рівню та має тенденцію до зростання, що не було повною мірою враховано через складність прогнозування. Це додатково впливає на економічну доцільність дизельного варіанту.

Таким чином, можна зробити висновок, що запропонована акумуляторна система за ефективністю не поступається альтернативному рішення, а в довгостроковій перспективі, з урахуванням зростання вартості пального, має суттєві економічні переваги.

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Завдання в галузі охорони праці

Державна політика в галузі охорони праці визначається відповідно до Конституції України Верховною Радою України і спрямована на створення належних, безпечних і здорових умов праці, запобігання нещасних випадків і професійних захворювань.

Державна політика в галузі охорони праці базується на принципах:

- пріоритету життя і здоров'я працівників, повної відповідальності роботодавця за створення належних, безпечних і здорових умов праці;
- підвищення рівня промислової безпеки шляхом забезпечення суцільного технічного контролю за станом виробництв, технологій та продукції, а також сприяння підприємствам у створенні безпечних та нешкідливих умов праці;
- комплексного розв'язання завдань охорони праці на основі загальнодержавної, галузевих, регіональних програм з цього питання та з урахуванням інших напрямів економічної і соціальної політики, досягнень в області науки і техніки та охорони навколишнього середовища тощо.

Основним законодавчим актом, що регулює положення з охорони праці на підприємствах, установах і організаціях є Закон України «Про охорону праці».

Статистичні дані свідчать, що більшість нещасних випадків на виробництві трапляються через такі причини:

- незадовільну організацію виконання робіт - 15-16%;
- порушення трудової і виробничої дисципліни – 11-12%;
- порушення технологічного процесу - 10%;
- недоліки в методичній роботі з охорони праці 8-9%;
- незадовільне утримання і недоліки в організації робочих місць - 6-7%;
- порушення вимог безпеки та незастосування засобів індивідуального

захисту - 4-5%;

Поліпшення умов праці та підвищення безпеки при виробництві робіт впливає на не тільки зниження ризику виробничого травматизму та професійного захворювання, а й на надійність роботи електроенергетичних виробів і систем в цілому, якість та собівартість продукції, що випускається.

Основними задачами в області охорони праці на підприємствах є:

- навчання працюючих безпечним методам праці, в тому числі при наявності негативних виробничих факторів;
- навчання працюючих методам захисту від впливу негативних виробничих факторів, правилам користування засобами індивідуального захисту;
- проведення інструктажів по попередженню виробничого травматизму і профзахворювань;
- виявлення небезпечних та шкідливих виробничих факторів на кожному робочому місці;
- розробка і впровадження заходів, які забезпечують безпечні й нешкідливі умови праці.

Описані напрямки реалізації охорони праці є закріпленими в законодавчих і нормативно-правових актах з охорони праці. Недотримання їх положень викликає відповідальність керівників підприємств, представників служби охорони праці різного рівня, включаючи й кримінальну.

Виходячи з викладеного вище, в Україні розроблений комплекс законодавчої й нормативно-правової документації, що спрямована на вирішення завдань забезпечення виробничої санітарії, охорони, безпеки праці й електробезпеки.

Державна політика вимагає забезпечення реалізації вимог виробничої санітарії, промислової безпеки у кожному конкретному випадку. Виходячи з викладеного вище, завданням розділу бакалаврської роботи є проектування заходів з охорони праці, що спрямовані збереження здоров'я працюючої

людини, при монтажі сонячних батарей проекрованої системи акумулювання електричної енергії для малого домогосподарства.

4.2 Аналіз умов праці при монтажі сонячних батарей системи акумуляування електричної енергії для малого домогосподарства

Сонячні батареї системи накопичення електричної енергії встановлюються на спеціальні опорні конструкції, які повинні забезпечувати надійне кріплення фотомодулів, необхідний кут їх нахилу відносно положення Сонця, а також стійкість до впливу зовнішніх атмосферних факторів, зокрема вітрових навантажень.

Монтаж сонячних батарей, незалежно від типу опорної системи, виконується за загальним алгоритмом. Спочатку фотомодулі доставляються до місця встановлення. У випадку розміщення сонячної електростанції на даху або інших підвищених конструкціях, панелі піднімаються на висоту та тимчасово фіксуються.

Каркас несучої конструкції формується із металевих елементів, зокрема косинців розміром 50×50 мм, а також розпірних елементів 25×25 мм, що забезпечує необхідну жорсткість і стійкість системи. Збирання каркаса виконується за допомогою болтових з'єднань М6 та М8, тоді як кріплення конструкції до покрівлі здійснюється із використанням шпильок М12.

Для монтажу фотомодулів у відповідних місцях металоконструкції попередньо виконуються монтажні отвори. Кріплення сонячних батарей до несучого каркаса здійснюється двома основними способами: за допомогою притискних фіксаторів або болтових з'єднань. Для забезпечення надійності монтажу кожна панель закріплюється щонайменше у чотирьох точках уздовж її довгої сторони.

Виконання монтажних, експлуатаційних та сервісних робіт із сонячними електростанціями супроводжується дією низки небезпечних і шкідливих факторів, які можуть призвести до травмування персоналу. Серед основних — наявність електричної напруги, за якої можливе ураження струмом через тіло

людини, а також підвищена температура елементів обладнання та поверхонь фотомодулів.

Зазначені умови обумовлюють необхідність розробки та суворого дотримання вимог охорони праці, електробезпеки та виробничої безпеки під час виконання робіт.



Рис. 4.1 Установка системи сонячних батарей на похилій конструкції

4.3 Розробка організаційно-технічних заходів з охорони праці при монтажі сонячних батарей системи акумулювання електричної енергії для малого домогосподарства

Відповідно до ГОСТ 12.0.003-74*, небезпечні та шкідливі виробничі фактори поділяються на чотири основні групи: фізичні, хімічні, біологічні та психофізіологічні. Під час монтажу сонячних батарей біологічні фактори практично відсутні, однак на персонал можуть впливати фізичні та психофізіологічні виробничі чинники.

Фізичні фактори:

- Переміщення та транспортування вузлів і виробів (монтаж та перенесення сонячних батарей).
- Низька або висока температура повітря під час виконання робіт у різні пори року, оскільки монтаж здійснюється на відкритому повітрі.
- Наявність гострих кромek і задирок на поверхнях обладнання, вузлів та конструкцій.
- Підвищена напруга в електричних колах, контакт із якою можливий при використанні електрифікованого інструменту або під час випробувань системи накопичення енергії.
- Робота на висоті понад 1,3 м від рівня землі, що пов'язано з розміщенням робочого місця у підвищеній зоні.
- Недостатній рівень природного освітлення під час роботи у темний час доби або в умовах обмеженої видимості.
- Підвищена температура поверхонь обладнання, що може виникати під час монтажу в умовах високих температур повітря, а також при виконанні паяльних робіт, що створює ризик опіків.
- Ризик падіння предметів під час виконання робіт на висоті, що становить небезпеку для працівників, які знаходяться внизу.

Психофізіологічні фактори:

- Фізичні перевантаження, пов'язані з переміщенням важких блоків та сонячних батарей.
- Нервово-психічні навантаження, що виникають під час виконання робіт під напругою або в умовах підвищеної відповідальності.

4.4 Розробка організаційно-технічних заходів з охорони праці при монтажі сонячних батарей системи акумулювання електричної енергії для малого домогосподарства

4.4.1 Організаційні заходи з охорони праці

До виконання монтажних робіт із встановлення сонячних батарей допускаються працівники, які відповідають таким вимогам:

вік персоналу становить не менше 18 років;

працівники повинні пройти навчання з електробезпеки та мати групу допуску з електробезпеки не нижче III, що підтверджується відповідним посвідченням встановленого зразка;

необхідне проходження спеціалізованих курсів з монтажу фотоелектричних сонячних станцій із отриманням підтвердного сертифіката або посвідчення;

перед початком виконання робіт працівники повинні пройти цільовий інструктаж з охорони праці, який проводить відповідальна особа, уповноважена електромонтажною організацією;

перед початком робіт електромонтажний персонал має бути забезпечений необхідними засобами індивідуального захисту та спеціальним одягом;

для запобігання перевтомі та зниження впливу психофізіологічних факторів, зокрема нервово-психічного навантаження при роботі під напругою,

у процесі виконання робіт повинні передбачатися регламентовані технологічні перерви.

4.4.2 Розробка технічних заходів з охорони праці

З метою забезпечення безпеки під час переміщення сонячних батарей із місця складування працівники повинні використовувати захисні рукавиці з надолонниками та застосовувати засоби малої механізації (рис. 4.1). Такі рукавиці запобігають травмуванню рук гострими кромками та задирками на поверхнях вузлів, виробів і обладнання.

Для захисту від впливу низьких або високих температур повітря під час виконання робіт у холодний чи теплий період року, з урахуванням того, що монтаж здійснюється на відкритому повітрі, електромонтажники повинні бути забезпечені відповідним спеціальним одягом.

Роботи, що виконуються на висоті понад 1,3 м від рівня землі, відносяться до категорії «роботи на висоті». Для забезпечення безпеки під час їх виконання працівники повинні бути оснащені засобами індивідуального захисту, зокрема страхувальними системами та прив'язними канатами.



Рис. 4.1 Засоби малої механізації для транспортування електричних батарей (1) та спецодяг (2, 3) і засоби захисту – пояс з прив'язним канатом (4) для провадження робіт з монтажу сонячних батарей системи акумулювання електричної енергії

4.5 Розробка заходів з електробезпеки монтажного персоналу при монтажі сонячних батарей системи акумулювання електричної енергії

Відповідно до вимог ПУЕ для забезпечення захисту електромонтажного персоналу від ураження електричним струмом у даному випадку необхідно передбачити такі заходи безпеки:

Застосування малої напруги.

Малою вважається номінальна напруга не більше 42 В, яка використовується в електроустановках для підвищення рівня електробезпеки. У межах виконання даних робіт доцільно застосовувати напругу не вище 10 В для живлення ручного електроінструменту та переносних світильників.

Подвійна ізоляція.

Подвійна ізоляція являє собою поєднання робочої та додаткової захисної ізоляції, що забезпечує відсутність небезпечного потенціалу на доступних для дотику частинах електрообладнання навіть у разі пошкодження однієї з ізоляцій. Електрифікований інструмент і переносні освітлювальні прилади повинні бути виконані з таким типом ізоляції.

4.5.1 Розрахунок схеми занулення споживачів і обладнання системи акумулювання електричної енергії

На виході системи накопичення електричної енергії формується змінна напруга 220 В частотою 50 Гц із глухозаземленою нейтраллю. У таких електричних мережах захист від ураження електричним струмом забезпечується шляхом занулення.

Відповідно до вимог ГОСТ 12.1.030-81*, зануленням називають навмисне електричне з'єднання металевих неструмоведучих частин електроустановок, які можуть опинитися під напругою, з нульовим захисним провідником. Принципова електрична схема занулення наведена на рисунку 4.2.

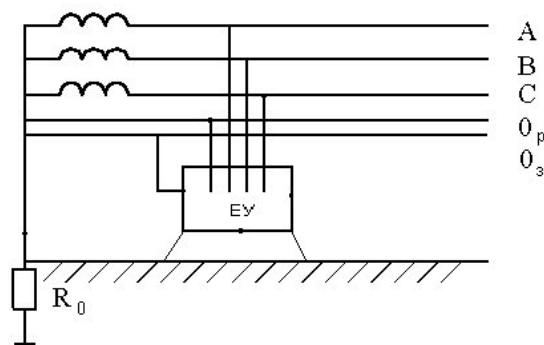


Рис. 4.2 Електрична принципова схема занулення електричних установок

Принцип дії занулення полягає у перетворенні замикання на корпус у режим однофазного короткого замикання, що забезпечує спрацювання захисної апаратури та автоматичне відключення електроустановки від мережі живлення.

Під час розрахунку занулення основним завданням є визначення струму однофазного короткого замикання на корпус ($I_{кз}$). При цьому повинна виконуватися така умова:

$$I_{кз} > I_{ном} \cdot K, \quad (3.1)$$

де $I_{ном}$ - номінальний струм електроустановки, А;

K - коефіцієнт запасу. При використанні автоматичних вимикачів $K = 1,25$, а якщо використовуються плавкі вставки, то $K = 3$.

Знайдемо необхідний перетин шини занулення. Сумарне розрахункове навантаження споживачів дорівнює:

$$P = (P_i \cdot n) \cdot K_{з.м}, \quad (3.2)$$

де P_i - потужність одного приймача електроенергії;

n - число приймачів електроенергії;

$K_{з.м}$ - коефіцієнт запасу потужності ($K_{з.м} = 1,5$).

Усереднена споживана потужність споживачів складає 2500 Вт. Сумарне розрахункове навантаження з урахуванням запасу потужності складає:

$$P = 2500 \cdot 1.5 = 3750 \text{ Вт.}$$

Величина розрахункового струму для групи приймачів, приєднаних до однієї фази розраховується по формулі:

$$I_n = P_{заг} / U_{н.ф} = 3750/380 = 9,87 \text{ А}, \quad (3.3)$$

де $U_{н.ф}$ - номінальна напруга приймачів (дорівнює фазній напрузі мережі), В; $P_{заг}$ - сумарне розрахункове навантаження, Вт.

Необхідний перетин фазного і нульового провідників:

$$S = I_n / J_{ек}, \quad (3.4)$$

де $J_{ек}$ - нормоване значення щільності струму (для мідних провідників із ПВХ ізоляцією $J_{ек} = 3,1 \text{ А/мм}^2$).

Таким чином,

$$S = 9,87 / 3,1 = 3,18 \text{ (мм}^2\text{)}.$$

Виберемо стандартне номінальне значення перетину фазного і нульового провідників $S = 6 \text{ мм}^2$.

Відповідно до вимог ПУЕ щодо виконання занулення, опір нульового захисного провідника не повинен перевищувати опір фазного провідника більш ніж у два рази. Оскільки нульовий захисний провідник виконується з того самого матеріалу, що й фазний (мідь), доцільно прийняти його переріз рівним $S = 6/2 = 3 \text{ мм}^2$.

Обчислимо струм КЗ фази на корпус.

$$I_{\text{кз}} = U / (Z_m + Z_n), \quad (3.5)$$

де U - фазна напруга, В;

Z_m - внутрішній опір джерела струму, Ом;

Z_n - повний опір ланцюга «фаза-нуль», Ом.

Повний опір ланцюга «фаза-нуль» визначається по формулі

$$Z_n = \sqrt{(R_\phi + R_n)^2 + X_n^2}, \quad (3.6)$$

де R_ϕ - активний опір фазного проводу, Ом; R_n - активний опір нульового проводу, Ом; X_n - індуктивний опір ланцюга «фаза-нуль», Ом

Тому що індуктивний опір мідного проводу малий, то величиною X_n можна зневажити. Опір фазного і нульового проводів знаходимо по формулі:

$$R = \rho \cdot l / S, \quad (3.7)$$

де ρ - питомий опір міді, $\rho = 0.018 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$; l - довжина проводу, м;
 S - площа поперечного перерізу проводу, мм^2 .

Довжина l фазного і захисного нульового проводів приймаємо 30 м.
 Таким чином:

$$Z_n = R_\phi + R_n = 0,018 \cdot (30/6 + 30/3) = 0,27 \text{ (Ом)}. \quad (4.8)$$

Струм короткого замикання обчислюємо по формулі:

$$I_{кз} = 220/(1,04+0,27) = 168 \text{ (А)}.$$

При номінальному значенні струму плавкої вставки, рівному 40 А, умова надійного спрацьовування захисту при короткому замиканні фази на корпус виконана (3.1).

4.6 Забезпечення пожежної безпеки при монтажних роботах системи акумулювання електричної енергії

Під час монтажу систем накопичення електричної енергії широко застосовуються електрогазозварювальні роботи. При виконанні електрозварювання та різання металів виникає підвищена пожежна небезпека, пов'язана з можливістю займання горючих матеріалів, що знаходяться поблизу робочої зони. Джерелом займання можуть бути електрична дуга високої температури, іскри та розпечені частинки електродів, що розлітаються під час роботи. Іскри при зварюванні можуть розлітатися в середньому на відстань до 8–10 м у горизонтальному напрямку та до 4 м у вертикальному. У разі порушення режимів експлуатації зварювального обладнання можливе також займання ізоляції проводів та обмоток внаслідок перевантажень або коротких замикань.

Зона виконання електрогазозварювальних робіт, а також місця встановлення зварювальних агрегатів повинні бути ретельно очищені від горючих матеріалів у радіусі не менше 5 м. За необхідності для захисту конструкцій та матеріалів, що можуть займатися, застосовують переносні

екрани з негорючих матеріалів, які запобігають впливу іскор та теплового випромінювання. При виконанні зварювальних робіт на дерев'яних риштуваннях або конструкціях їх попередньо захищають від загоряння шляхом зволоження водою.

Під час виконання робіт на висоті внизу обов'язково призначається спостерігач, який контролює можливе падіння іскор і розплавлених частинок металу. Така особа повинна бути забезпечена засобами первинного пожежогасіння, зокрема вуглекислотним вогнегасником типу ВВ-5.

4.7 Надання долікарської допомоги при нещасних випадках при монтажних роботах системи акумулювання електричної енергії

Перша допомога при нещасних випадках являє собою комплекс дій, спрямованих на збереження життя та підтримання здоров'я постраждалого до прибуття медичних працівників. Як правило, такі випадки трапляються в умовах, коли відсутній медичний персонал і швидке звернення до лікувального закладу є ускладненим.

У разі ураження електричним струмом першочерговим завданням є якнайшвидше припинення дії електричного струму на людину, оскільки тяжкість електротравми безпосередньо залежить від тривалості впливу. Алгоритм надання першої допомоги визначається станом постраждалого і включає два основні етапи: оперативну оцінку його стану та негайне виконання необхідних реанімаційних заходів.

Для оцінки стану постраждалого його необхідно покласти на спину та перевірити наявність дихання і серцевої діяльності. Дихання визначають за рухами грудної клітки під час вдиху та видиху. За його відсутності слід негайно розпочати штучну вентиляцію легень.

Наявність серцевої діяльності перевіряють шляхом визначення пульсу, найчастіше на сонній артерії. Відсутність пульсу зазвичай свідчить про припинення кровообігу. Додатковою ознакою є стан зіниць: їх значне розширення може вказувати на відсутність кровообігу. У таких випадках необхідно розпочати непрямий масаж серця.

Уся первинна оцінка стану потерпілого (розміщення, перевірка дихання, пульсу та зіниць) повинна виконуватися максимально швидко — протягом 15–20 секунд. У період клінічної смерті, який зазвичай триває 4–5 хвилин, зміни в організмі ще є оборотними, тому своєчасне та правильне надання допомоги має вирішальне значення.

Основними методами реанімації є штучне дихання («рот у рот», «рот у ніс») та непрямий масаж серця.

Для проведення штучної вентиляції легень постраждалого слід покласти на тверду поверхню, звільнити грудну клітку від одягу, що стискає, та забезпечити прохідність дихальних шляхів. Можливими перешкодами можуть бути запалий язик або сторонні предмети в ротовій порожнині. Голову необхідно повернути набік, очистити ротову порожнину пальцем, обгорнутим марлею або тканиною, після чого закинути голову назад, поклавши одну руку під шию, а іншою натиснувши на лоб. Це забезпечує відкриття дихальних шляхів і відновлення прохідності повітря в легені.

4.8 Висновки до розділу 4

У розділі «Охорона праці» проведено аналіз умов виконання монтажних робіт сонячних батарей системи накопичення електричної енергії. Виявлено основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори, що можуть впливати на персонал під час виконання робіт. На основі проведеного аналізу розроблено комплекс організаційних і технічних заходів щодо забезпечення охорони праці, електробезпеки та загальної виробничої безпеки. Виконано розрахунок параметрів схеми занулення.

Також розроблено заходи пожежної безпеки під час проведення електромонтажних та електрогазозварювальних робіт.

Окремо наведено правила надання першої долікарської допомоги постраждалим у разі ураження електричним струмом.

ВИСНОВОК

У даному дипломному проєкті запропоновано систему резервного електропостачання малого супермаркету, що базується на використанні накопичувача електричної енергії на основі акумуляторної батареї та гібридного інвертора. Виконано розрахунок потужності навантаження в робочих режимах та визначено оптимальну ємність акумуляторної батареї, необхідну для забезпечення заданої тривалості автономної роботи.

Додатково проведено теоретичне обґрунтування вибору типу акумуляторної батареї, а також уточнено її ємність з урахуванням допустимої глибини розряду.

Для оцінювання ефективності запропонованого технічного рішення здійснено розрахунок вартості життєвого циклу двох альтернативних систем. Отримані результати показали, що більш дорогі акумуляторні рішення мають вищий ресурс експлуатації, що в довгостроковій перспективі забезпечує значну економічну вигоду за рахунок зменшення витрат на заміну обладнання.

Таким чином, можна зробити висновок, що запропонована система резервного електропостачання є технічно та економічно доцільною, забезпечує надійне живлення малих супермаркетів і може бути рекомендована до практичного впровадження.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. [https://use.com.ua]
2. [https://www.bezpeka-shop.com]
3. [https://galtsystems.com/blog/start/chto_takoe_server_i_dlya_chego_on_nuzhen/]
4. [https://voltmarket.ua/vidy-ibp-i-ikh-otlichiya]
5. [https://www.shtyl.ru/support/articles/ibp-opredelenie-naznachenie-princip-raboty/]
6. [https://www.shtyl.ru/support/articles/kak-podobrat-ibp-dlya-serverov/]
7. [https://www.1cbit.ru/blog/bukhgalteriya-v-fitness-klube/]
8. [https://xn----7sbcickxnhd6alkoeinny1mti.xn--j1amh/uk/buxgalterski-poslugi-dlya-fitness-centriv-i-trenazhernix-zaliv/]
9. [https://worldvision.com.ua/articles/videokameri-bezopasnosti-v-sportzalah-ozdorovitelnih-klubah-i-fitness-tsentrakh]
10. [https://www.universe-soft.ru/skud/skud/]
11. [https://ifish.com.ua/baza-znanij/fitnesscenter-website/]
12. [https://vashumnyidom.ru/elektropitanie/ups/ibp-dlya-servera.html]
13. [https://www.techtarget.com/searchdatacenter/]
14. [https://andpro.ru/blog/ups/ibp-dlya-servera-kakie-byvayut-i-kak-vybrat/]
15. [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwIl--Chpq4AhVk_SoKHQF5C-0QFnoECBQQAQ&url=https%3A%2F%2Felar.urfu.ru%2Fbitstream%2F10995%2F76189%2F1%2Ftim_2019_059.pdf&usg=AOvVaw1kiMAbmJhlGxF5PHBo9DbM]
16. Закон України «Про охорону праці». – Київ : 2002
17. Законодавство України про охорону праці. Збірник нормативних документів.
18. Алексеева С.В., Усенко В.Р. Гигиена труда. – Москва : Медицина, 1998. – 576 с.

19. Серіков Я.О. Основи охорони праці / Навч. посібник для студентів вищих навчальних закладів. Харків : ІОЦ ХНАМГ, 2007. – 227 с.
20. Серіков Я.О. Основи електробезпеки / Навч. посібник для студентів вищих навч. закладів. Харків : СМІТ, 2011. – 227 с.
21. ГОСТ 12.0.003-74*. Міждержавний стандарт. Небезпечні і шкідливі виробничі фактори. Класифікація.
22. ДСН 3.3.6.042-99. Повітря робочої зони. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги.
23. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку і інфразвуку.
24. ДБНВ 2.5. – 28 – 2006 Природне і штучне освітлення.
25. ДНАОП 0.00-1.31-99 Норми площі працюючих.
26. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.
27. ДНАОП 0.00 – 1.32.01 Правила улаштування електроустановок.
28. ГОСТ 12.1.030-81*. ССБТ. Міждержавний стандарт. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление.
29. ДНАОП 0.00-1.21-98. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів.
30. Правила пожежної безпеки в Україні.
31. НАПБ Б 03.001-2004 Типові норми належності вогнегасників.

ДОДАТОК А