

**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 стабілізації напруги мережі живлення домогосподарства»

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

 **Є. Є. Чередніченко**

Керівник  **О. О. Шкурпела**

Рецензент  **Я. Б. Форкун**

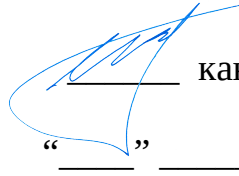
Харків – 2026

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. **Єгоров О. Б.**
“ _____ ” _____ 2026 року

З А В Д А Н Н Я

НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ СТУДЕНТУ

Чередніченку Єгору Євгеновичу

1. Тема проєкту: «Система стабілізації напруги мережі живлення домогосподарства»

керівник проєкту Шкурпела Олександр Олександрович, канд. техн. наук,
затверджені наказом вищого навчального закладу 22.05.2026 року
№ 440-03.

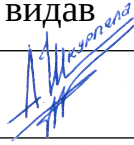
2. Строк подання студентом проєкту 14 червня 2026 року.

3. Вихідні дані до проєкту (роботи): Дані по інтенсивності сонячного випромінювання за областями України, 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 та вибір оптимального місця встановлення фотоелектричної системи. Розрахунок доступної площі сонячної станції. Визначення параметрів фотоелектричної системи. Охорона праці.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): 1) Структурна схема системи електропостачання. 2) Діаграма продуктивності від кута нахилу сонячного фотомодуля. 3) Креслення опорних конструкцій.

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	Вибір гібридного інвертора та зарядного пристрою	25.05.2026-30.05.2026	
2	Вибір та розрахунок акумулятоної батареї.	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  **Є. Є. Чередніченко**

Керівник роботи  **Шкурпела О. О.**

РЕФЕРАТ

Бакалаврська робота складається з розрахунково-пояснювальної записки, виконаної машинописним способом на 65 аркушах формату А4, яка вміщує 4 розділи, 9 таблиць, 28 рисунків, перелік посилань 18 і 9 листів презентації.

Мета роботи – проектування системи електропостачання на базі фотоелектричної станції для максимізації використання доступної площі.

У роботі було проведено аналіз технічних рішень стабілізації напруги мережі домогосподарства. В першому розділі наведено огляд стабілізаторів, їх переваги та недоліки. Показано основні можливості джерел безперебійного живлення в якості стабілізаторів.

У другому розділі проведено вибір гібридного інвертора для задач стабілізації напруги мережі. Обґрунтовано вибір зарядного пристрою для заряду акумулятора від мережі з широким допустимим діапазоном напруг. Показаний вибір та розрахунок акумуляторної батареї.

У третьому розділі виконано аналіз режимів роботи системи стабілізації електроживлення, що дозволило оцінити її експлуатаційні характеристики та довговічність основних компонентів.

Розглянуто питання охорони праці.

Ключові слова: стабілізатор, зарядний пристрій, акумулятор, гібридний інвертор, безпека.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ПО СТАБІЛІЗАЦІЇ НАПРУГИ	7
1.1 Стабілізатори напруги.....	7
1.2 Гібридні інвертори.....	11
1.3 Висновки з розділу 1.....	15
РОЗДІЛ 2. ВИБІР ТА РОЗРАХУНОК СИЛОВОГО ОБЛАДНАННЯ СИСТЕМИ СТАБІЛІЗАЦІЇ ЖИВЛЕННЯ	16
2.1 Вибір гібридного інвертора.....	16
2.2 Розрахунок ємності та вибір типу акумуляторної батареї.....	21
2.3 Вибір зарядного пристрою.....	35
2.4 Висновки до розділу 2.....	39
РОЗДІЛ 3. АНАЛІЗ РЕЖИМІВ РОБОТИ СИСТЕМИ СТАБІЛІЗАЦІЇ ЖИВЛЕННЯ	41
3.1 Розрахунок діапазону оптимального навантаження.....	41
3.2 Розрахунок життєвого циклу акумуляторної батареї.....	43
3.3 Висновки з розділу 3.....	45
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ	46
4.1 Завдання в галузі охорони праці.....	46
4.2 Виявлення небезпечних і шкідливих виробничих факторів при монтажних та зварювальних роботах ФЕС.....	48
4.3 Розробка організаційних заходів з охорони праці при проведенні зварювальних робіт при монтажі ФЕС.....	50
4.4 Забезпечення електробезпеки при проведенні електрозварювальних робіт при монтажі ФЕС.....	52
4.4.1 Розрахунок захисного заземлення для електричного обладнання в робочій зоні проведення зварювальних робіт при монтажі ФЕС	53
4.5 Аналіз пожежної безпеки. Розробка протипожежних заходів..	55
4.6 Перша допомога потерпілим при ураженні електричним струмом.	56
4.6.1 Звільнення потерпілого від дії електричного струму.....	56
4.6.2 Надання першої допомоги потерпілому від дії електричного струму	58
4.6.3 Перша допомога потерпілим при ураженні електричним струмом	58

4.7 Висновки до розділу 4.....	60
ВИСНОВОК.....	61
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	62
ДОДАТОК А.....	63

ВСТУП

Сучасні системи електропостачання приватних будинків та малих об'єктів інфраструктури характеризуються високою чутливістю до якості електричної енергії. Коливання напруги, короточасні провали, перенапруги та повні відключення електроенергії можуть призводити до порушення роботи побутової техніки, телекомунікаційного обладнання та систем опалення, а також до скорочення строку їх експлуатації. У зв'язку з цим актуальним є питання розробки та впровадження систем стабілізації електроживлення з використанням сучасного силового обладнання.

Одним із найбільш ефективних рішень для забезпечення безперебійного та якісного електропостачання є використання гібридних інверторних систем у поєднанні з акумуляторними батареями типу LiFePO_4 та високочастотними зарядними пристроями. Такі системи дозволяють не лише забезпечувати резервне живлення при відключенні мережі, але й стабілізувати параметри напруги в режимі реального часу, підвищуючи надійність електропостачання.

Актуальність даної теми зумовлена зростанням навантаження на побутові електромережі, частими аварійними відключеннями електроенергії, а також збільшенням кількості чутливих електронних пристроїв, що потребують стабільних параметрів живлення. Крім того, розвиток відновлюваних джерел енергії, зокрема сонячних електростанцій, потребує інтеграції систем накопичення та перетворення електроенергії.

Метою дипломної роботи є розробка та технічне обґрунтування системи стабілізації електроживлення приватного будинку на основі гібридного інвертора, акумуляторної батареї та зарядного пристрою, а також аналіз режимів її роботи та вибір основного силового обладнання.

Для досягнення поставленої мети у роботі вирішуються такі завдання:

- аналіз сучасних технічних рішень у сфері стабілізації електроживлення;
- вибір та розрахунок потужності гібридного інвертора;
- визначення необхідної ємності акумуляторної батареї;

- обґрунтування вибору типу акумуляторів;
- вибір зарядного пристрою для системи накопичення енергії;
- аналіз режимів роботи та оцінка експлуатаційних характеристик системи.

Об'єктом дослідження є система стабілізації електроживлення приватного будинку.

Предметом дослідження є процеси перетворення, накопичення та розподілу електричної енергії в автономних та резервних енергетичних системах.

У роботі використовуються методи електротехнічних розрахунків, аналізу енергетичних режимів, порівняльного техніко-економічного аналізу та узагальнення технічних характеристик сучасного силового обладнання.

Практичне значення роботи полягає у можливості застосування отриманих результатів для проєктування реальних систем резервного та автономного електроживлення приватних будинків, а також підвищення їх енергоефективності та надійності.

Таким чином, розробка систем стабілізації електроживлення на базі сучасних інверторних технологій є актуальним та практично значущим напрямом, що дозволяє підвищити якість електропостачання та забезпечити безперебійну роботу побутових і промислових споживачів.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ПО СТАБІЛІЗАЦІЇ НАПРУГИ

1.1 Стабілізатори напруги

Стабілізація напруги є однією з ключових задач забезпечення якісного електропостачання споживачів у сучасних електричних мережах. В умовах нестабільної роботи енергосистем, значних коливань навантаження, аварійних режимів та зношеності розподільчих мереж напруга на затискачах споживача часто виходить за допустимі межі, визначені нормативними документами (зокрема $\pm 10\%$ від номінального значення).

Нестабільна напруга призводить до:

- некоректної роботи побутового та промислового обладнання;
- скорочення ресурсу електроприладів;
- підвищених втрат електроенергії;
- ризику виходу з ладу чутливої електроніки.

Для вирішення цієї проблеми застосовуються технічні засоби стабілізації напруги, які умовно можна поділити на дві великі групи:

- Стабілізатори напруги змінного струму.
- Інверторні системи живлення (включно з UPS та гібридними інверторами).

2. Стабілізатори напруги: класифікація та принцип дії

Стабілізатори напруги — це електротехнічні пристрої, призначені для автоматичного підтримання вихідної напруги в заданих межах при зміні вхідної напруги або навантаження.

2.1. Релейні стабілізатори

Релейні стабілізатори працюють на основі ступінчастого перемикання обмоток автотрансформатора за допомогою електромагнітних реле.

Переваги:

- проста конструкція;
- низька вартість;
- достатня швидкодія для побутових навантажень.

Недоліки:

- ступінчаста форма регулювання напруги;
- характерні клацання при перемиканні реле;
- обмежена точність стабілізації (зазвичай $\pm 6\text{--}10\%$).

Такі пристрої широко застосовуються в побутових умовах для захисту холодильників, телевізорів та іншої техніки середньої чутливості.

Симісторні (тиристорні) стабілізатори

У даному типі стабілізаторів перемикання обмоток здійснюється за допомогою напівпровідникових ключів (симісторів або тиристорів), що дозволяє підвищити швидкість реакції та зменшити знос елементів.

Переваги:

- висока швидкодія;
- відсутність механічного зносу;
- більша точність стабілізації порівняно з релейними.

Недоліки:

- складніша схема керування;
- теплові втрати на силових елементах;
- вища вартість.

Електромеханічні (серво) стабілізатори

Електромеханічні стабілізатори використовують автотрансформатор із рухомим контактним вузлом, положення якого регулюється сервоприводом.

Принцип роботи: система вимірює вихідну напругу та переміщує щітку по обмотці трансформатора для компенсації відхилень.

Переваги:

- висока точність стабілізації (до $\pm 1-3\%$);
- плавне регулювання напруги;
- здатність працювати з великими потужностями.

Недоліки:

- механічний знос;
- відносно повільна реакція;
- потреба в регулярному обслуговуванні.

Електронні (інверторні) стабілізатори напруги

Це сучасний тип стабілізаторів, що базується на подвійній конверсії електроенергії: змінний струм $\rightarrow$ постійний струм $\rightarrow$ змінний струм з заданими параметрами.

Переваги:

- висока точність стабілізації (до $\pm 1\%$);
- миттєва реакція на зміни напруги;
- повна відсутність механічних частин;
- широкий діапазон вхідної напруги.

Недоліки:

- висока вартість;
- складна електронна схема;
- необхідність ефективного охолодження.

Інвертори як засіб стабілізації напруги

Інвертори — це пристрої, які перетворюють постійний струм (DC) у змінний струм (AC) необхідної частоти та амплітуди. У сучасних енергосистемах інвертори часто виконують функцію не лише перетворення, але й стабілізації напруги.

Автономні інверторні системи

Такі системи використовуються у складі резервного або автономного електропостачання (сонячні станції, акумуляторні системи).

Функції:

- стабілізація вихідної напруги незалежно від стану мережі;
- забезпечення безперервного живлення при відключенні мережі;
- формування ідеальної синусоїди.

UPS (джерела безперебійного живлення)

UPS поєднує інвертор, акумулятор та систему керування.

Основні типи:

- Off-line UPS (резервні);
- Line-interactive UPS;
- On-line UPS (подвійного перетворення).

Найбільш ефективними для стабілізації є UPS онлайн-типу, оскільки вони постійно формують вихідну напругу через інвертор.

Переваги UPS:

- повна стабілізація напруги;
- захист від провалів і імпульсів;
- миттєве перемикання режимів (у on-line системах — 0 мс).

1.2 Гібридні інвертори

Гібридні інвертори є одним із найбільш прогресивних технічних рішень у сфері стабілізації напруги та організації резервного й автономного електроживлення. Їх широке застосування обумовлене розвитком відновлюваної енергетики (сонячні електростанції, вітрогенерація), а також потребою забезпечення високої якості електроенергії в умовах нестабільних мереж.

На відміну від класичних стабілізаторів напруги, гібридний інвертор не просто коригує рівень напруги, а формує вихідну електроенергію за рахунок перетворення та синхронізації різних джерел живлення (мережа, акумуляторні батареї, фотоелектричні модулі).

3.3.1. Загальний принцип роботи гібридного інвертора

Гібридний інвертор поєднує функції декількох пристроїв:

- мережевого інвертора;
- зарядного пристрою (контролера заряду);
- джерела безперебійного живлення;
- стабілізатора напруги.

Його робота базується на автоматичному керуванні потоками енергії між трьома основними контурами:

- Вхідна мережа змінного струму (AC)
- Акумуляторна система зберігання енергії (DC)
- Відновлюване джерело (зазвичай PV-модулі)

Базовий принцип полягає у тому, що інвертор:

- вирівнює параметри напруги на виході незалежно від коливань у мережі;
- при необхідності переходить у режим живлення від акумуляторів;
- заряджає акумулятори при наявності надлишкової енергії;
- компенсує пікові навантаження за рахунок накопиченої енергії.

3.3.2. Режимми роботи гібридного інвертора

Гібридні інвертори можуть працювати у декількох основних режимах:

1) Мережевий режим (Grid-tie mode)

У цьому режимі навантаження живиться безпосередньо від електричної мережі, а інвертор:

- контролює якість напруги;
- компенсує незначні відхилення;
- може передавати надлишкову енергію в мережу (за наявності відповідної конфігурації).

2) Режим резервного живлення (Backup mode)

При зникненні або значному погіршенні параметрів мережі інвертор:

- миттєво перемикається на живлення від акумуляторів;
- формує стабільну вихідну напругу синусоїдальної форми;
- забезпечує безперервність живлення критичних споживачів.

3) Автономний режим (Off-grid mode)

У цьому режимі інвертор повністю відключений від зовнішньої мережі та:

- живить навантаження виключно від PV-генерації та акумуляторів;
- виконує повне регулювання частоти та напруги;
- працює як незалежне джерело електроенергії.

4) Гібридний режим оптимізації енергоспоживання

Це найбільш складний режим, у якому інвертор:

- одночасно використовує мережу, акумулятори та сонячну генерацію;
- оптимізує енергопотоки за алгоритмом мінімізації витрат;
- згладжує пікові навантаження (peak shaving);
- зменшує споживання з мережі в години пікового тарифу.

3.3.3. Структурна схема гібридного інвертора

Типова структура гібридного інвертора включає:

- вхідний АС-фільтр;
- випрямляч (АС/DC перетворювач);
- DC-шину (проміжна ланка постійного струму);
- інверторний міст (DC/АС перетворення);
- контролер заряду акумуляторів;

- мікропроцесорну систему керування;
- систему захистів (перенапруга, перевантаження, перегрів).

DC-шина є ключовим елементом, оскільки саме через неї відбувається балансування енергії між усіма джерелами та навантаженням.

3.3.4. Функції стабілізації напруги

Гібридний інвертор виконує стабілізацію напруги не шляхом ступінчастого регулювання, як класичні стабілізатори, а через повне формування вихідної напруги.

Основні механізми стабілізації:

- Подвійне перетворення енергії (AC–DC–AC), що дозволяє повністю ізолювати навантаження від нестабільної мережі;
- PWM-регулювання (широтно-імпульсна модуляція) для формування синусоїди;
- цифрове керування напругою та частотою;
- динамічна компенсація навантаження при різких змінах споживання.

Завдяки цьому вихідна напруга має високу стабільність (зазвичай відхилення не перевищує $\pm 1\text{--}2\%$).

3.3.5. Переваги гібридних інверторів

Гібридні інвертори мають низку суттєвих переваг у порівнянні з класичними стабілізаторами:

- висока якість вихідної напруги (майже ідеальна синусоїда);
- безперервність живлення при аваріях у мережі;
- можливість роботи з відновлюваними джерелами енергії;
- зменшення витрат на електроенергію;
- автоматичне керування енергопотоками;
- висока швидкість реакції на зміни навантаження;
- інтеграція в «розумні» енергосистеми (smart grid).

3.3.6. Недоліки та обмеження

Попри значні переваги, гібридні інвертори мають і певні недоліки:

- висока початкова вартість обладнання;

- складність проектування системи (необхідність правильного підбору акумуляторів і PV-генерації);
- залежність ефективності від якості акумуляторних батарей;
- потреба у кваліфікованому обслуговуванні;
- втрати на багатократному перетворенні енергії.

3.3.7. Сфери застосування

Гібридні інвертори використовуються в різних галузях:

- приватні домогосподарства (сонячні електростанції з резервом);
- комерційні об'єкти (офіси, магазини, склади);
- критична інфраструктура (серверні, медичні установи);
- автономні об'єкти (віддалені будівлі, фермерські господарства);
- системи «розумних будинків».

Таблиця 1

Порівняльний аналіз стабілізаторів та інверторних систем

Тип пристрою	Точність стабілізації	Швидкість реакції	Надійність	Вартість	Сфера застосування
Релейний стабілізатор	середня	середня	висока	низька	побутова техніка
Симісторний стабілізатор	висока	висока	висока	середня	офіси, побут
Електромеханічний	дуже висока	низька–середня	середня	середня	будинки, промисловість
Електронний стабілізатор	дуже висока	дуже висока	дуже висока	висока	критичні навантаження
UPS (онлайн)	дуже висока	миттєва	дуже висока	висока	сервери, медицина
Гібридний інвертор	висока	висока	дуже висока	висока	СЕС, автономні системи

1.3 Висновки з розділу 1

Аналіз сучасних технічних рішень показує, що вибір системи стабілізації напруги залежить від вимог до точності, швидкодії та надійності електропостачання.

Для побутових навантажень доцільним є використання релейних або симісторних стабілізаторів, які забезпечують достатній рівень захисту при відносно низькій вартості.

Для відповідальних споживачів (серверне обладнання, медична техніка, системи управління) оптимальними є електронні стабілізатори або UPS онлайнового типу, які забезпечують безперервне та якісне електроживлення.

У сучасних енергетичних системах дедалі більшого значення набувають інверторні технології, зокрема гібридні інвертори, які поєднують функції стабілізації, резервування та інтеграції відновлюваних джерел енергії.

Таким чином, тенденція розвитку систем стабілізації напруги спрямована на підвищення інтелектуалізації, енергоефективності та інтеграції з розподіленою генерацією.

РОЗДІЛ 2. ВИБІР ТА РОЗРАХУНОК СИЛОВОГО ОБЛАДНАННЯ СИСТЕМИ СТАБІЛІЗАЦІЇ ЖИВЛЕННЯ

2.1 Вибір гібридного інвертора

Вибір типу сонячного фотомодуля становить критично важливий етап у процесі проєктування фотоелектричної системи, бо саме цей параметр визначає подальші технічні рішення щодо компонування масиву панелей, їхнього електричного з'єднання та загальної архітектури системи.

Гібридний інвертор є основним елементом модернізованої системи резервного живлення. Його основними функціями є:

- перетворення постійного струму акумуляторної батареї у змінний струм напругою 230 В;
- зарядження акумуляторної батареї від зовнішньої мережі або генератора;
- автоматичне перемикання між джерелами живлення;
- забезпечення безперервності електропостачання споживачів;
- контроль параметрів системи.

Під час вибору потужності інвертора необхідно враховувати максимальне навантаження будинку. До основних електроспоживачів належать електроприлади, згідно таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Технічні характеристики інвертора ANERN SCI-EVO-6200

	Найменування споживача	Потужність, Вт
	Освітлення	300
	Холодильник	250
	Газовий котел	150
	Насоси опалення	200
	Телевізор	150
	Комп'ютер	250
	Маршрутизатор та мережеве обладнання	50
	Пральна машина	2000
	Мікрохвильова піч	1200
	Електрочайник	2000

Сумарна встановлена потужність становить:

$$P_{\text{вст}} = 300 + 250 + 150 + 200 + 150 + 250 + 50 + 2000 + 1200 + 2000$$

$$P_{\text{вст}} = 6550 \text{ Вт}$$

Одночасна робота всіх споживачів практично неможлива. Для побутових споживачів приймається коефіцієнт одночасності:

$$K_{\text{од}} = 0,75$$

Розрахункове навантаження визначається:

$$P_{\text{розр}} = P_{\text{вст}} \times K_{\text{од}}$$

$$P_{\text{розр}} = 6550 \times 0,75 = 4912 \text{ Вт}$$

Отримане значення становить приблизно 4,9 кВт.

Для забезпечення резерву потужності приймається коефіцієнт запасу:

$$K_{\text{з}} = 1,2$$

Необхідна потужність інвертора:

$$P_{\text{інв}} = 4912 \times 1,2 = 5894 \text{ Вт}$$

Отримане значення округлюється до стандартного номіналу:

$$P_{\text{інв}} = 6 \text{ кВт}$$

Таким чином, використання гібридного інвертора потужністю 6 кВт є технічно обґрунтованим та забезпечує необхідний запас потужності. Для реалізації проєкту може бути використаний сучасний гібридний інвертор класу:

- Deye SUN-6K-SG03LP1-EU;
- ANERN SCI-EVO-6200;
- Voltronic Axpert VM IV 6 kW;
- Must PV18-6048 VHM.

Основні параметри обраного обладнання:

- – номінальна потужність – 6 кВт;
- – вихідна напруга – 230 В;
- – частота – 50 Гц;
- – ККД – не менше 95 %;
- – автоматичне перемикання режимів роботи;
- – підтримка літєвих акумуляторів.

Таким чином, для модернізованої системи приймається гібридний інвертор потужністю 6 кВт.



Рисунок 2.1 – Зовнішній вигляд інвертора ANERN SCI-EVO-6200

Таблиця 2.1

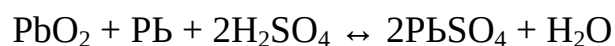
Технічні характеристики інвертора ANERN SCI-EVO-6200

Модель	SCI-EVO-4200	SCI-EVO-6200
Номинальна потужність	4200W	6200W
Максимальна вхідна потужність PV	6200W	6500W
Розмір: Г x Ш x В (мм)	420*350*110mm	450*350*110mm
Вага нетто (кг)	9	10
Grid-Tied Operation		
Діапазон вихідної напруги	195.5-253VAC	
Номинальна постійна напруга/максимальна постійна напруга	360VDC/500VDC	
Напруга запуску/Початкова напруга живлення	90VDC/120VDC	
Діапазон постійної напруги MPPT	60-450VDC	
Кількість трекерів MPPT/максимальний вхідний струм	18A	22A
Off-Grid Operation		
Миттєва потужність	8400W	12400W
Початкова напруга змінного струму/напруга автоматичного перезапуску	120-140VAC / 180VAC	
Прийнятний діапазон вхідної напруги	90-280VAC / 170-280VAC	
Номинальна робоча частота	50/60Hz	

2.2 Розрахунок ємності та вибір типу акумуляторної батареї

Свинцево-кислотні акумулятори широко використовуються в різних сферах завдяки своїй універсальності та відносно невисокій вартості. Залежно від типу акумулятора його доцільно застосовувати в певних системах, зокрема для резервного живлення, автономного електропостачання, транспортних засобів, засобів зв'язку та інших галузей.

У зарядженому стані анод (негативний електрод) свинцево-кислотного акумулятора складається зі свинцю, а катод (позитивний електрод) — з діоксиду свинцю (PbO_2). Обидва електроди мають пористу структуру, що забезпечує максимальну площу контакту з електролітом і сприяє підвищенню ефективності електрохімічних процесів. Конструкція електродів визначається призначенням та ємністю акумулятора, тому може суттєво відрізнятися залежно від конкретного застосування. Хімічні процеси, що відбуваються під час заряджання та розряджання акумулятора, описуються таким рівнянням:



Для заряджання свинцево-кислотного акумулятора теоретично необхідно витратити 167 Вт·год енергії на 1 кг його маси. Це значення одночасно характеризує теоретичну межу питомої енергоємності такого акумулятора. На практиці фактична питома акумуляуюча здатність є значно нижчою, тому під час розряджання акумулятор зазвичай віддає близько 30 Вт·год/кг електричної енергії.

Коефіцієнт корисної дії (ККД) акумулятора, який визначається як відношення енергії, отриманої під час розряду, до енергії, витраченої на заряджання, зазвичай становить від 70 до 80 %. Завдяки впровадженню низки технічних рішень, зокрема збільшенню концентрації електроліту до 39 %, використанню пластикових конструкційних елементів та мідних з'єднувальних деталей, вдалося підвищити питому енергоємність акумуляторів до 40 Вт·год/кг і навіть дещо вище.

Наведені дані свідчать про те, що питома енергоємність свинцево-кислотних акумуляторів, як і більшості інших типів акумуляторів, істотно поступається показникам первинних гальванічних елементів. Проте цей недолік компенсується низкою важливих переваг:

- можливістю багаторазового заряджання, що забезпечує значне зниження вартості електроенергії, отриманої від акумулятора;
- можливістю створення акумуляторних батарей дуже великої ємності, які за потреби можуть накопичувати до 100 МВт·год енергії.

Електрорушійна сила (ЕРС) свинцево-кислотного акумулятора залежить від густини електроліту та може бути визначена за допомогою емпіричної формули:

$$E = 0,84 + \gamma, \text{ где } E - \text{ЭДС В, } \gamma - \text{щільність електроліту кг/м}^3$$

Згідно з наведеною формулою, початкове значення ЕРС свинцево-кислотного акумулятора, залежно від його типу, становить приблизно від 2,05 до 2,10 В. У процесі експлуатації напруга на клеммах акумулятора може знижуватися до 1,7 В наприкінці розряду та зростати до 2,6 В наприкінці заряджання.

Кожен цикл заряджання і розряджання супроводжується незворотними змінами в активній масі електродів. Одним із таких процесів є поступове накопичення кристалів сульфату свинцю, які не беруть участі в подальших електрохімічних реакціях. Унаслідок цього після певної кількості циклів, зазвичай близько 1000, акумулятор втрачає здатність ефективно накопичувати електричну енергію.

Подібне погіршення характеристик може відбуватися і під час тривалого зберігання без використання, оскільки в акумуляторі постійно протікає процес саморозряду навіть за відсутності підключення до зовнішнього електричного кола. Для свинцево-кислотних акумуляторів втрати заряду внаслідок саморозряду зазвичай становлять від 0,5 до 1 % на добу. З метою компенсації цих втрат в електроустановках застосовують режим постійного підзаряджання

зі стабілізованою напругою в межах 2,15–2,20 В на елемент, залежно від його конструкції.

Ще одним незворотним явищем є електроліз води, який спостерігається наприкінці процесу заряджання та супроводжується так званим «кипінням» акумулятора. Хоча втрати води можна компенсувати її доливанням, утворення водню створює потенційну небезпеку, оскільки його суміш із повітрям є вибухонебезпечною. Тому акумуляторні приміщення повинні бути обладнані ефективною вентиляцією для безпечного відведення газів.

Протягом останніх десятиліть значного поширення набули герметизовані свинцево-кислотні акумулятори з гелеподібним електролітом. На відміну від традиційних конструкцій із рідким електролітом, вони можуть експлуатуватися практично в будь-якому положенні. Крім того, під час заряджання такі акумулятори майже не виділяють водень, що дозволяє встановлювати їх у різноманітних приміщеннях без спеціальних вимог до вентиляції.

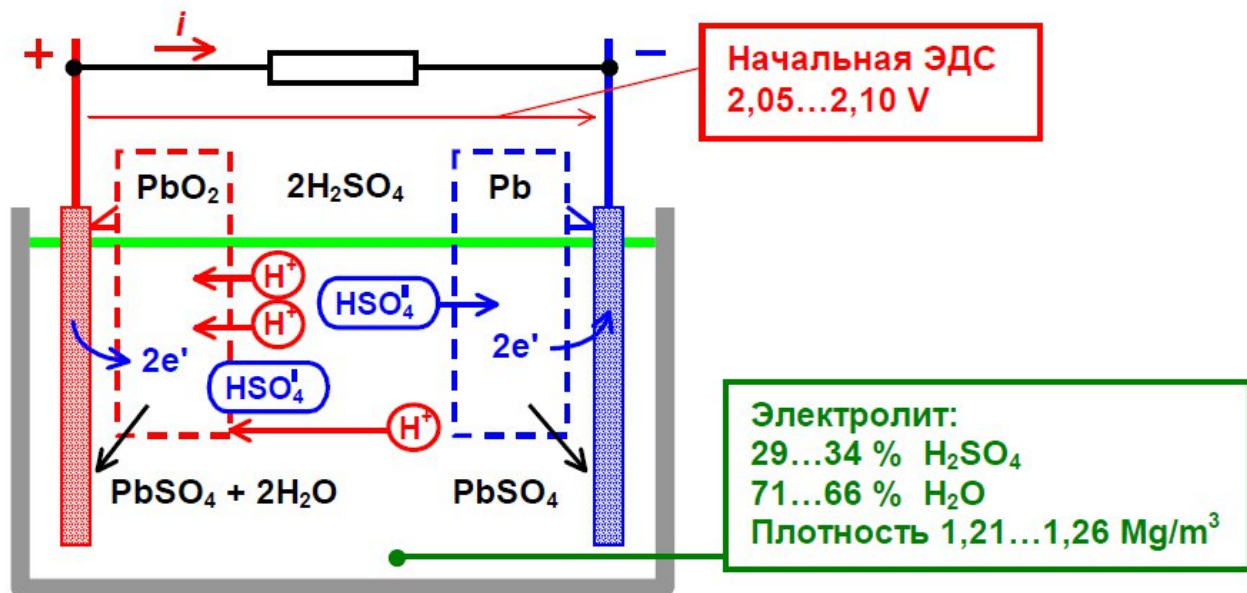


Рисунок 2.1. Структурна схема свинцево-кислотного акумулятора

Свинцево-кислотні акумулятори поділяються на декілька основних типів, які відрізняються конструкцією, умовами експлуатації та вимогами до обслуговування.

Lead-Acid (обслуговувані акумулятори) — акумуляторні батареї з номінальною напругою 6 В та 12 В. Це традиційні свинцево-кислотні джерела живлення, які найчастіше застосовуються як стартерні акумулятори для двигунів внутрішнього згорання, а також в інших сферах. Для забезпечення надійної роботи вони потребують регулярного технічного обслуговування, зокрема контролю рівня та густини електроліту, а також належної вентиляції приміщення. До їхніх недоліків належить відносно високий рівень саморозряду.

Valve Regulated Lead-Acid (VRLA, герметизовані необслуговувані акумулятори) — батареї з номінальною напругою 4 В, 6 В та 12 В. Вони виготовляються у герметичному корпусі та не потребують періодичного обслуговування. Завдяки особливостям конструкції такі акумулятори можуть безпечно використовуватися у житлових та службових приміщеннях без облаштування спеціальної вентиляції. VRLA-акумулятори характеризуються доступною вартістю та найчастіше застосовуються в системах резервного електроживлення, де працюють у буферному режимі.



Рисунок 2.2. VRLA акумулятор

AGM VRLA (Absorbent Glass Mat Valve Regulated Lead-Acid) — це сучасний тип свинцево-кислотних акумуляторів, у яких електроліт утримується в абсорбованому стані, а не знаходиться у рідкій формі. У конструкції використовуються скловолоконні сепаратори, що надійно фіксують свинцеві пластини та запобігають їх руйнуванню під час експлуатації. Завдяки цьому технологічному рішенню покращуються експлуатаційні характеристики батареї та суттєво скорочується час її заряджання, оскільки допустимий зарядний струм може становити 20–25%, а іноді до 30% від номінальної ємності.

Акумулятори типу AGM VRLA випускаються в різних виконаннях, кожне з яких оптимізоване під певні умови роботи. Модифікації Deep Cycle призначені для регулярних глибоких розрядів, Front Terminal — зручні для монтажу в телекомунікаційних шафах і стійках, Standard — універсальні для загального застосування. Серії High Rate забезпечують підвищені струми розряду та ефективну роботу в системах безперебійного живлення, а Modular-конфігурації дозволяють об'єднувати акумулятори в великі батарейні системи для підвищеної потужності.



Рисунок 2.3. OPzV акумулятор EverExceed

GEL VRLA (Gel Valve Regulated Lead-Acid) — це герметизовані необслуговувані свинцево-кислотні акумулятори, які випускаються з номінальною напругою 2, 4, 6 та 12 В. Вони є однією з найбільш удосконалених модифікацій свинцево-кислотних джерел живлення. Основною особливістю цієї технології є використання електроліту у вигляді гелю, що забезпечує рівномірний контакт з позитивними та негативними пластинами акумуляторних елементів і підтримує однорідний стан електроліту по всьому внутрішньому об'єму батареї.

Для ефективної роботи та досягнення заявлених експлуатаційних характеристик акумулятори GEL VRLA потребують використання високоточних зарядних пристроїв, здатних забезпечувати стабільне підтримання необхідних значень напруги та зарядного струму. Лише за умови дотримання оптимального режиму заряджання такі акумулятори повною мірою реалізують свої переваги порівняно з акумуляторами технології AGM VRLA, зокрема щодо ресурсу роботи та стійкості до глибоких розрядів.



Рисунок 2.4. OPzV акумулятор EverExceed

OPzV — це герметизовані необслуговувані свинцево-кислотні акумулятори з номінальною напругою 2 В, які зазвичай використовуються для формування акумуляторних батарей безпосередньо на об'єкті експлуатації. Їх конструкція базується на застосуванні трубчастих позитивних пластин та електроліту у вигляді гелю на основі сірчаної кислоти. До складу активних матеріалів електродів вводиться кальцій, що підвищує корозійну стійкість пластин і сприяє збільшенню терміну служби акумулятора. Негативні пластини виготовляються за намазною технологією, яка забезпечує покращений контакт активної маси з електролітом та підвищує ефективність електрохімічних процесів.

Акумулятори типу OPzV характеризуються високою стійкістю до глибоких розрядів і тривалим експлуатаційним ресурсом, який за сприятливих умов може досягати 22 років. Для їх виробництва використовуються високоякісні матеріали та сучасні технологічні рішення, що забезпечують надійну роботу в циклічному режимі, високу енергоефективність і стабільність характеристик протягом усього терміну експлуатації.



Рисунок 2.5. OPzV акумулятор EverExceed

Акумулятори OPzV широко застосовуються в телекомунікаційних системах, установках аварійного освітлення, джерелах безперебійного живлення, навігаційному обладнанні, а також у побутових і промислових системах накопичення електричної енергії та сонячних електростанціях. Завдяки високій надійності, тривалому ресурсу роботи та стійкості до циклічних навантажень вони ефективно використовуються в системах, де необхідне гарантоване резервне електроживлення.

OPzS — це стаціонарні свинцево-кислотні акумулятори відкритого типу, що потребують періодичного технічного обслуговування. Вони випускаються з номінальною напругою 2, 6 та 12 В. Конструкція таких акумуляторів передбачає використання трубчастих позитивних пластин із додаванням сурми, що підвищує механічну міцність і довговічність електродів. Негативні пластини мають решітчасту намазну конструкцію та також містять невелику кількість сурми у складі сплаву.

Для запобігання внутрішнім коротким замиканням між електродами встановлюються мікропористі сепаратори, які забезпечують надійне електричне розділення пластин. Корпус акумулятора виготовляється з прозорого ударостійкого пластику, стійкого до впливу агресивних хімічних речовин і підвищених температур. Вентиляційні елементи мають пожежобезпечне виконання та обладнані захистом від проникнення полум'я або іскор усередину акумулятора, що підвищує безпеку його експлуатації.

Прозорий корпус акумуляторів OPzS забезпечує можливість візуального контролю рівня електроліту за допомогою спеціальних позначок мінімального та максимального рівнів. Конструкція вентиляційних клапанів дозволяє виконувати доливання дистильованої води та контролювати густину електроліту без демонтажу елементів. Залежно від режиму експлуатації та інтенсивності навантаження поповнення запасу води, як правило, здійснюється приблизно один раз на два роки.



Рисунок 2.6. OPzS акумулятор Victron Energy

Акумулятори OPzS характеризуються одними з найкращих технічних показників серед традиційних свинцево-кислотних батарей. Їхній термін служби може досягати 20–25 років, а ресурс циклічної роботи становить до 1800 циклів при глибині розряду 80 %. Такі батареї доцільно використовувати в системах, що працюють в умовах середніх і глибоких розрядів, а також у випадках, коли обладнання створює значні пускові струми.

Для проведення порівняльного аналізу було використано усереднені технічні характеристики акумуляторних батарей більш ніж десяти провідних виробників, продукція яких протягом тривалого часу представлена на українському ринку та успішно експлуатується в різних галузях. До них належать батареї компаній EverExceed, B.B. Battery, CSB, Leoch, Ventura, Challenger, C&D Technologies, Victron Energy, Sunlight Group, Trojan Battery Company та інших виробників.

Літій-залізо-фосфатні акумулятори (LiFePO_4) є одним із найсучасніших і найперспективніших різновидів літій-іонних джерел живлення. Завдяки високому рівню безпеки, тривалому ресурсу роботи та стабільним експлуатаційним характеристикам вони набули широкого поширення в електротранспорті, системах накопичення енергії, сонячних електростанціях, установках резервного електроживлення та промисловому обладнанні. Технологія LiFePO_4 поєднує надійність, екологічність і високу ефективність, що робить її одним із пріоритетних напрямів розвитку сучасних акумуляторних систем.

Конструкція літій-залізо-фосфатного акумулятора

До складу LiFePO_4 акумулятора входять кілька основних компонентів.

Катод виготовляється з літій-залізо-фосфату (LiFePO_4), який визначає ключові характеристики батареї, зокрема її довговічність, безпечність та стабільність роботи.

Анод переважно виробляється з графіту. Під час заряджання в його структурі накопичуються іони літію, що надходять від катода.

Електроліт виконує функцію середовища для перенесення іонів літію між електродами. Найчастіше використовуються органічні електроліти на основі літієвих солей.

Сепаратор являє собою тонку пористу мембрану, яка електрично ізолює електроди один від одного, водночас забезпечуючи вільне проходження іонів літію.

Корпус забезпечує механічний захист внутрішніх елементів акумулятора та запобігає впливу зовнішніх факторів навколишнього середовища.

Принцип роботи

Функціонування літій-залізо-фосфатного акумулятора базується на оборотному переміщенні іонів літію між електродами.

У процесі заряджання під дією зовнішнього джерела електроенергії іони літію залишають катод і через електроліт переміщуються до анода, де

накопичуються в його структурі. Одночасно електрони рухаються зовнішнім електричним колом до анода.

Під час розрядження процес відбувається у зворотному напрямку: іони літію повертаються до катода, а електрони проходять через навантаження, створюючи електричний струм для живлення споживачів.

Завдяки високій стабільності матеріалів така система здатна витримувати тисячі циклів заряджання та розряджання зі збереженням основних технічних характеристик.

Основні технічні характеристики

Для літій-залізо-фосфатних акумуляторів характерні такі середні показники:

- номінальна напруга одного елемента — 3,2–3,3 В;
- максимальна напруга заряджання — близько 3,65 В;
- мінімальна допустима напруга розряджання — приблизно 2,5 В;
- коефіцієнт корисної дії — 90–98 %;
- робочий температурний діапазон — від -20°C до $+60^{\circ}\text{C}$;
- ресурс роботи — від 2000 до 7000 циклів і більше;
- питома енергоємність — 90–160 Вт·год/кг.

Конкретні значення можуть відрізнятися залежно від виробника, конструктивного виконання та умов експлуатації.

Переваги LiFePO_4 акумуляторів

Однією з головних переваг цієї технології є високий рівень безпеки. Катодний матеріал характеризується значною термічною та хімічною стабільністю, що практично виключає ризик теплового розгону, займання або вибуху.

Важливою перевагою також є тривалий термін служби. За правильних умов експлуатації такі батареї можуть ефективно працювати протягом 10–15 років, витримуючи кілька тисяч циклів заряджання та розряджання.

Ще однією позитивною характеристикою є екологічна безпечність. На відміну від деяких інших літій-іонних технологій, LiFePO_4 не містять значних кількостей кобальту та нікелю, що спрощує їх утилізацію та зменшує негативний вплив на довкілля.

Для цих акумуляторів характерна стабільна вихідна напруга, яка залишається практично незмінною протягом більшої частини циклу розрядження. Це позитивно впливає на роботу чутливого електронного обладнання.

Додатковими перевагами є високий коефіцієнт корисної дії, що може досягати 98 %, а також можливість швидкого зарядження без істотного скорочення ресурсу батареї.

Недоліки технології

Попри значну кількість переваг, літій-залізо-фосфатні акумулятори мають і певні обмеження.

Одним із них є нижча енергетична щільність порівняно з деякими іншими літій-іонними технологіями, зокрема NMC-акумуляторами. Через це для накопичення однакового обсягу енергії потрібні більші за масою та об'ємом батареї.

Крім того, за температур нижче 0 °C спостерігається зниження швидкості зарядження та доступної ємності, що може обмежувати ефективність використання в умовах холодного клімату.

До недоліків також можна віднести вищу початкову вартість, особливо порівняно зі свинцево-кислотними акумуляторами. Проте значний ресурс роботи та низька вартість одного циклу експлуатації часто компенсують ці витрати в довгостроковій перспективі.

Сфери застосування

Сьогодні LiFePO_4 акумулятори активно використовуються в різних галузях енергетики та транспорту. Вони широко застосовуються в електромобілях, де особливо цінуються їх безпечність і довговічність.

Важливим напрямом є використання таких батарей у системах накопичення енергії для сонячних електростанцій, як приватних, так і промислових. Також вони ефективно використовуються в джерелах безперебійного живлення, телекомунікаційних комплексах, дата-центрах та системах резервного електропостачання.

Завдяки високій стійкості до вібрацій та тривалому терміну служби літій-залізо-фосфатні акумулятори широко застосовуються на водному транспорті, зокрема на яхтах, катерах та інших суднах. Крім того, вони є ефективним рішенням для автономних систем електроживлення, забезпечуючи надійне накопичення електроенергії для живлення побутових і промислових споживачів.

Таблиця 2.1

Порівняння характеристик акумуляторів

Характеристика	LiFePO ₄	Свинцево-кислотний
Термін служби	10–15 років	3–5 років
Кількість циклів	2000–7000	300–800
ККД	90–98 %	70–85 %
Маса	Низька	Висока
Швидкість заряджання	Висока	Низька
Глибина розряду	До 90 %	До 50 %
Обслуговування	Не потребує	Може потребувати

Порівняння показує, що LiFePO₄ технологія значно перевершує традиційні свинцево-кислотні батареї за більшістю параметрів. Для безпечної експлуатації літій-залізо-фосфатних акумуляторів використовується система керування батареєю (Battery Management System — BMS). Основні функції BMS:

- контроль напруги кожного елемента;
- захист від перезаряду;
- захист від глибокого розряду;
- контроль температури;
- балансування елементів;
- захист від короткого замикання;

- контроль струму заряджання та розряджання.

Без використання BMS експлуатація сучасних літійових батарей є небезпечною та може призвести до швидкого зносу акумулятора.

Одним із найважливіших етапів проектування є визначення необхідної ємності акумуляторної батареї.

Вихідні дані:

- середнє добове споживання електроенергії – 10–12 кВт·год;
- приймаємо середнє значення:

$$W_{\text{доб}} = 11 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Для підвищення надійності системи необхідно забезпечити автономну роботу будинку протягом однієї доби без запуску генератора.

Для акумуляторів LiFePO₄ допускається глибина розряду:

$$\text{DOD} = 80 \%$$

Коефіцієнт корисної дії інвертора:

$$\eta = 0,95$$

Необхідний запас енергії визначається:

$$W_{\text{акб}} = W_{\text{доб}} / (\text{DOD} \times \eta)$$

$$W_{\text{акб}} = 11 / (0,8 \times 0,95)$$

$$W_{\text{акб}} = 14,47 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Отримане значення округлюється до найближчого стандартного номіналу.

Приймається:

$$W_{\text{акб}} = 15 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Для інвертора потужністю 6 кВт доцільно використовувати акумуляторну систему напругою 48 В.

Ємність батареї визначається:

$$C = W / U$$

де:

$$W = 15000 \text{ Вт} \cdot \text{год}$$

$$U = 48 \text{ В}$$

$$C = 15000 / 48$$

$$C = 312,5 \text{ А} \cdot \text{год}$$

Приймається стандартне значення:

$$C = 314 \text{ А} \cdot \text{год}$$

Отже, для забезпечення автономної роботи будинку необхідна акумуляторна батарея 48 В, 314 А·год або 15 кВт·год LiFePO₄.

Використання акумуляторів LiFePO₄ обумовлено такими перевагами:

- високий ресурс циклів заряду-розряду;
- підвищена пожежна безпека;
- низький саморозряд;
- можливість роботи з великими струмами;
- тривалий термін експлуатації.

Розрахунковий термін служби такої батареї становить 10–15 років.

2.3 Вибір зарядного пристрою

У проєкті системи резервного електроживлення використовується акумуляторна батарея типу LiFePO₄ номінальною напругою 48 В (51.2 В). Для забезпечення ефективного та безпечного процесу заряджання необхідно підібрати зарядний пристрій, який відповідає таким вимогам:

- номінальна вихідна напруга: 48 В (діапазон зарядної напруги 42–58.4 В);
- підтримка хімії LiFePO₄ із алгоритмом CC/CV;
- зарядний струм: не менше 50 А (для скорочення часу заряджання);
- можливість роботи від однофазної мережі 220 В;
- наявність захистів від перенапруги, перевантаження, короткого замикання;
- високий ККД (не менше 90%);
- стабільна робота в умовах нестабільної мережі.

Серед доступних на ринку рішень для заряджання 48 В акумуляторних систем можна виділити:

- гібридні інвертори з функцією заряджання;
- промислові зарядні пристрої високої частоти;
- лабораторні блоки живлення (обмежено придатні);
- спеціалізовані LiFePO₄ зарядні станції.

Для даного проєкту найбільш доцільним є використання спеціалізованого високочастотного зарядного пристрою, оскільки він забезпечує:

- стабільний алгоритм заряджання CC/CV;
- відсутність зайвих функцій інвертування;
- вищу надійність при тривалій експлуатації;
- простішу інтеграцію в систему.

Для реалізації проєкту обрано зарядний пристрій:

Lithium Battery Charger 48V 60A (промисловий високочастотний зарядний пристрій) (згідно з технічним паспортом виробника). Основні технічні характеристики пристрою:

- номінальна вихідна напруга: 48 В DC;
- максимальний зарядний струм: 60 А;
- максимальна потужність: близько 3.2 кВт;
- діапазон вхідної напруги: 90–260 В AC;
- підтримка режиму заряджання CC/CV;
- регульована напруга заряджання: 32–64 В;
- ККД: понад 92% при номінальному навантаженні;
- захисти: перенапруга, перевантаження, коротке замикання, перегрів;
- робоча температура: від –20 до +50 °С.



Згідно з технічною документацією, пристрій спеціально розроблений для заряджання літій-залізо-фосфатних акумуляторів (LiFePO₄), що забезпечує коректний алгоритм заряджання та тривалий строк служби батареї.

Вибір саме зарядного пристрою 48 В 60 А обґрунтовується такими факторами:

Оптимальний зарядний струм

Струм 60 А є оптимальним для акумуляторів ємністю 100–300 А·год, забезпечуючи заряджання без надмірної деградації елементів.

Скорочення часу заряджання

При потужності близько 3.2 кВт суттєво зменшується час повного заряду акумуляторної батареї.

Високий ККД та стабільність роботи

Високочастотна схема перетворення забезпечує ККД понад 90%, що мінімізує втрати енергії.

Сумісність з LiFePO₄

Пристрій підтримує зарядний профіль CC/CV та діапазон напруг, необхідний для 16S LiFePO₄ батарей.

Універсальність живлення

Можливість роботи від широкого діапазону вхідної напруги (90–260 В) дозволяє використовувати пристрій у нестабільних мережах.

Простота інтеграції

Зарядний пристрій працює як автономний блок і не потребує складної системної інтеграції, на відміну від гібридних інверторів.

Розрахунок часу заряджання акумулятора

Час заряджання акумуляторної батареї можна орієнтовно визначити за формулою:

$$t = C/I$$

де:

(C) — ємність акумулятора, А·год;

(I) — зарядний струм, А.

Наприклад, для батареї 200 А·год:

$$t = 200/60 = 3.3 \text{ год}$$

З урахуванням втрат та фаз CV-режиму фактичний час становитиме приблизно 3.5–4 години.

2.4 Висновки до розділу 2

У другому розділі дипломної роботи виконано обґрунтований вибір та розрахунок основного силового обладнання системи стабілізації та резервного електроживлення приватного будинку, зокрема гібридного інвертора, акумуляторної батареї та зарядного пристрою.

На першому етапі проведено аналіз електроспоживачів будинку та визначено сумарну встановлену потужність, яка становить 6550 Вт. З урахуванням коефіцієнта одночасності та коефіцієнта запасу розрахункове навантаження склало близько 4,9 кВт, що дозволило обґрунтовано прийняти гібридний інвертор номінальною потужністю 6 кВт. Такий вибір забезпечує необхідний резерв потужності, стабільну роботу системи при пікових навантаженнях та можливість подальшого розширення системи.

Далі виконано розрахунок ємності акумуляторної батареї з урахуванням добового споживання електроенергії, допустимої глибини розряду та ККД інвертора. Отримано необхідну енергоємність на рівні 15 кВт·год, що відповідає акумуляторній системі 48 В ємністю близько 314 А·год. Вибір LiFePO_4 технології обґрунтовано її високим ресурсом циклів, безпекою, стабільністю напруги та високим ККД.

У третьому підрозділі здійснено вибір зарядного пристрою для акумуляторної системи. Встановлено, що оптимальним рішенням є спеціалізований високочастотний зарядний пристрій типу Lithium Battery Charger 48V 60A, який забезпечує потужність близько 3.2 кВт, підтримує алгоритм заряджання CC/CV та повністю сумісний з LiFePO_4 акумуляторами. Пристрій має широкий діапазон вхідної напруги 90–260 В, високий ККД понад 92% та необхідний комплекс захистів, що гарантує надійну та безпечну експлуатацію.

Розрахунок часу заряджання показав, що акумуляторна батарея ємністю 200 А·год може бути повністю заряджена приблизно за 3.5–4 години, що є достатньо високим показником для систем резервного електроживлення.

Узагальнюючи результати розділу, можна зробити висновок, що підібране обладнання (гібридний інвертор 6 кВт, LiFePO_4 батарея 48 В 314 А·год та зарядний пристрій 48 В 60 А) є технічно узгодженим комплексом, який забезпечує надійну, ефективну та енергоощадну роботу системи стабілізації електропостачання приватного будинку.

РОЗДІЛ 3. АНАЛІЗ РЕЖИМІВ РОБОТИ СИСТЕМИ СТАБІЛІЗАЦІЇ ЖИВЛЕННЯ

3.1 Розрахунок діапазону оптимального навантаження

Монтаж сонячних фотоелектричних модулів на дахах приватних будинків є одним із найпоширеніших рішень для сонячних електростанцій через те, що дозволяє ефективно використовувати наявну площу покрівлі без необхідності додаткового земельного відведення. Вибір саме даху як місця встановлення фотомодулів в нашому проєкті зумовлений як технічними, так і економічними факторами. Дах забезпечує кут нахилу 37° , що наближений до оптимального (40°) для регіону, і дозволяє уникнути додаткових конструкцій для підняття панелей.

Система стабілізації електроживлення на базі гібридного інвертора, LiFePO_4 акумуляторної батареї та зарядного пристрою повинна працювати в межах оптимального навантаження, що забезпечує максимальний ККД, мінімальний знос обладнання та стабільні параметри вихідної напруги.

Номінальна потужність гібридного інвертора становить:

$$P_{\text{інв}} = 6 \text{ кВт} \quad P_{\text{інв}} = 6 \text{ кВт}$$

Практика експлуатації інверторних систем показує, що найбільш ефективний режим роботи знаходиться в діапазоні 40–80% від номінальної потужності, що дозволяє уникати як перевантаження, так і неефективної роботи на малих навантаженнях.

Мінімальне оптимальне навантаження

$$P_{\text{мін}} = 0.4 \cdot P_{\text{інв}} \quad P_{\text{мін}} = 0.4 \cdot 6 = 2.4 \text{ кВт}$$

Максимальне тривале навантаження

$$P_{\text{макс}} = 0.8 \cdot P_{\text{інв}} \quad P_{\text{макс}} = 0.8 \cdot 6 = 4.8 \text{ кВт}$$

Висновок по навантаженню

Отже, оптимальний діапазон роботи системи становить: 2.4 – 4.8 кВт

Робота в цьому діапазоні забезпечує:

- мінімальні втрати на перетворення енергії;
- зниження теплового навантаження на інвертор;
- стабільний заряд/розряд акумуляторної батареї;
- максимальний ресурс обладнання.

Короткочасні пікові навантаження до 6 кВт допускаються, але не повинні бути тривалими.

3.2 Розрахунок життєвого циклу акумуляторної батареї

Проектування кабельних ліній гібридної фотоелектричної системи має забезпечити надійну передачу електроенергії від фотомодулів до інвертора, від акумулятора до інвертора (мережа постійного струму) та від інвертора до споживачів і зовнішньої мережі (мережа змінного струму). Вибір перерізу провідників здійснюється з урахуванням допустимих тривалих струмів навантаження, втрат напруги та механічної міцності кабелю. Для приватних фотоелектричних станцій, встановлених на покрівлях будинків, характерною є відносно невелика протяжність кабельних трас, що спрощує розрахунки та зменшує втрати енергії.

Акумуляторна батарея LiFePO_4 є ключовим елементом системи, і її ресурс безпосередньо впливає на економічну ефективність проекту.

Згідно з технічними характеристиками, середній ресурс LiFePO_4 батарей становить:

2000 – 7000 циклів заряд/розряд (в залежності від глибини розряду та температурних умов)

Для розрахунку приймаємо:

середній ресурс:

$$N = 4000 \text{ циклів}$$

Річна кількість циклів

У системах резервного електроживлення приймається:

1 цикл на добу (повний або частковий)

$$N_{\text{річ}} = 365 \text{ циклів/рік}$$

Розрахунок терміну служби

$$T = \frac{N}{N_{\text{річ}}} = \frac{4000}{365} \approx 10.96 \text{ років}$$

Уточнення з урахуванням реальних умов

З урахуванням:

- неповних циклів розряду;
 - температурних впливів;
 - втрат ємності з часом;
- реальний термін експлуатації становить 10–12 років

Застосування LiFePO_4 батареї є технічно обґрунтованим, оскільки забезпечує:

- тривалий життєвий цикл;
- стабільні електричні характеристики;
- високу глибину розряду (до 80%);
- мінімальні витрати на обслуговування.

3.3 Висновки з розділу 3

У третьому розділі виконано аналіз режимів роботи системи стабілізації електроживлення, що дозволило оцінити її експлуатаційні характеристики та довговічність основних компонентів.

Встановлено, що оптимальний режим роботи гібридного інвертора потужністю 6 кВт знаходиться в межах 2.4–4.8 кВт, що відповідає 40–80% від номінального навантаження. Саме в цьому діапазоні система забезпечує максимальну ефективність, стабільність вихідних параметрів та мінімальні втрати енергії.

Розрахунок життєвого циклу акумуляторної батареї LiFePO_4 показав, що при середньому ресурсі 4000 циклів та режимі одного циклу на добу термін експлуатації становить близько 11 років. З урахуванням реальних умов експлуатації очікуваний строк служби складає 10–12 років, що є високим показником для систем резервного електроживлення.

Таким чином, аналіз підтверджує, що обрана конфігурація системи є технічно доцільною, забезпечує високий рівень надійності, енергоефективності та довготривалої стабільної роботи.

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Завдання в галузі охорони праці

Охорона праці — це сукупність правових, соціально-економічних, санітарно-профілактичних заходів і засобів, спрямованих на збереження здоров'я та працездатності працівників у процесі трудової діяльності.

В Україні питання охорони праці регулюються низкою законодавчих і нормативно-технічних документів, серед яких:

- Конституція України;
- Закон України «Про охорону праці»;
- Кодекс законів про працю України;
- Положення «Про державну експертизу умов праці»;
- Державні стандарти України;
- Санітарні норми і правила;
- Норми радіаційної безпеки;
- Правила улаштування електроустановок (ПУЕ);
- Будівельні норми і правила (БНіП);
- Протипожежні норми.

Згідно зі статтею 43 Конституції України (від 28.06.1996 р.) кожен громадянин має:

- право на працю, яка дозволяє забезпечувати себе матеріально і є добровільно обраною;
- право на безпечні й здорові умови праці;
- гарантію того, що заборонено використовувати працю жінок та неповнолітніх у шкідливих для їх здоров'я умовах.

Основні принципи державної політики у сфері охорони праці, визначені Законом України «Про охорону праці», включають:

- комплексне вирішення питань охорони праці на основі національних програм, з урахуванням загальнодержавної соціально-економічної політики, досягнень науки, техніки та екології;
- встановлення єдиних стандартів охорони праці для всіх підприємств незалежно від форми власності та виду діяльності;
- пріоритет збереження життя і здоров'я працівників над виробничими показниками;
- повну відповідальність роботодавця за створення безпечних і нешкідливих умов праці.

На основі аналізу стану охорони праці на об'єкті проектування, детального вивчення шкідливих і небезпечних виробничих чинників, а також аналізу існуючої організації виробництва, розробляються заходи з охорони праці. До них входить:

- впровадження технічних і організаційних рішень у сфері виробничої санітарії та безпеки праці;
- підбір параметрів мікроклімату робочого місця;
- проектування систем опалення, вентиляції, освітлення;
- розробка комплексу заходів пожежної безпеки, включно з вибором протипожежного захисту, що забезпечує безпеку людей та мінімізацію матеріальних збитків.

Відповідно до державної політики, метою розділу з охорони праці у цій бакалаврській роботі є розробка заходів, що гарантують безпечні та нешкідливі умови праці для монтажного персоналу при встановленні ФЕС для потреб малої генерації.

Оскільки значна частина монтажних робіт пов'язана зі зварюванням конструкцій трекера, саме ці роботи обрані об'єктом проектування заходів з охорони праці в межах даного проекту.

4.2 Виявлення небезпечних і шкідливих виробничих факторів при монтажних та зварювальних роботах ФЕС.

Відповідно до класифікації небезпечних і шкідливих виробничих факторів, викладеної у міждержавному стандарті ГОСТ 12.0.003-74* «Небезпечні і шкідливі виробничі фактори. Класифікація», визначено перелік потенційних факторів ризику, пов'язаних з виконанням зварювальних робіт.

До основних небезпечних і шкідливих чинників під час зварювання належать:

- наявність гострих кромek і задирок на поверхні заготовок, що може призвести до механічних ушкоджень;
- несприятливі температурні умови у робочій зоні — надто низька або висока температура повітря, особливо при виконанні зварювальних робіт на відкритому повітрі;
- надмірна запиленість та загазованість повітря, викликана утворенням пилу флюсів, продуктів згоряння мастил, а також надходженням у зону дихання зварювальних аерозолів, які містять оксиди важких металів (марганцю, хрому, нікелю, заліза тощо) та токсичні гази (чадний газ CO, озон O₃, фтороводень HF, діоксид азоту NO₂ та інші);
- перегрів обладнання, матеріалів або повітря у робочій зоні;
- інтенсивне випромінювання, що виникає при зварюванні, включаючи ультрафіолетове (УФ) та інфрачервоне (ІЧ) випромінювання;
- підвищена електрична напруга, за наявності якої можливе ураження струмом при замиканні ланцюга через тіло людини;
- недостатній рівень природного освітлення під час виконання робіт у слабоосвітлених зонах.

Крім того, при ручному зварюванні спостерігається підвищене статичне навантаження на м'язи рук, що також є фактором ризику.

Вплив шкідливих виробничих факторів може спричинити розвиток професійних захворювань, у той час як дія небезпечних факторів несе загрозу травмування або гострого порушення здоров'я працівника.

4.3 Розробка організаційних заходів з охорони праці при проведенні зварювальних робіт при монтажі ФЕС

Зварювальні роботи відносяться до категорії робіт підвищеної пожежної небезпеки та, як правило, виконуються в денний період доби. До їх проведення допускаються працівники віком від 18 років, які пройшли спеціальну професійну підготовку, успішно склали кваліфікаційні випробування та мають дійсне посвідчення зварника встановленого зразка.

Перед початком виконання робіт відповідальна особа повинна провести цільовий інструктаж безпосередньо на робочому місці. У ході інструктажу працівникам доводяться вимоги охорони праці, заходи пожежної безпеки та особливості безпечного виконання конкретного виробничого завдання.

До наряду-допуску та технологічної документації обов'язково включається виконавча схема або креслення, на якому зазначаються місце проведення робіт, їх обсяг та характер виконання.

Кожен працівник, який виконує зварювальні операції, повинен бути забезпечений комплектом спеціального одягу та засобів індивідуального захисту відповідно до чинних нормативних вимог. Перелік засобів захисту визначається з урахуванням умов праці, виду виконуваних робіт і пори року.

Для захисту від впливу високих температур, іскор, бризок розплавленого металу та ультрафіолетового випромінювання зварювальник зобов'язаний використовувати спеціальний вогнестійкий одяг і захисний щиток. Спецодяг, як правило, виготовляється з брезентових або інших термостійких матеріалів, оброблених вогнезахисними просоченнями.

Зварювальний щиток повинен бути виготовлений із негорючих матеріалів та обладнаний світлофільтром необхідного ступеня затемнення. Тип світлофільтра підбирається залежно від величини зварювального струму та інтенсивності випромінювання електричної дуги.

У разі виконання робіт за недостатнього природного освітлення або в темний час доби робоче місце повинно додатково освітлюватися переносними світильниками у вибухозахищеному виконанні з напругою живлення не більше 12 В.

Під час проведення зварювальних робіт працівники повинні користуватися повним комплектом засобів індивідуального захисту, до якого входять захисні рукавиці, зварювальний щиток або маска, респіратор, захисні окуляри (для газозварювальних робіт), каска чи захисний шолом, а також спеціальне захисне взуття.

Під час очищення зварних швів, обробки кромek та видалення шлаку обов'язковим є застосування захисних окулярів для запобігання травмуванню очей механічними частинками. Особи, які перебувають поблизу місця проведення зварювальних робіт, також повинні бути забезпечені захисними окулярами відповідного типу для захисту від дії інтенсивного світлового випромінювання та можливого потрапляння металевих частинок.



Рисунок 4.1 - Спецодяг і засоби індивідуального захисту газозварювальника 1 та електрозварювальника 2

4.4 Забезпечення електробезпеки при проведенні електрозварювальних робіт при монтажі ФЕС

Для забезпечення захисту персоналу від ураження електричним струмом на робочому місці передбачено комплекс організаційних і технічних заходів електробезпеки, зокрема:

- усі електроустановки обладнані захисним заземленням із опором заземлювального пристрою не більше 4 Ом;
- забезпечено захист від випадкового дотику до струмоведучих частин електрообладнання;
- електричні мережі виконані прихованою проводкою в захисних трубах, що запобігають механічним пошкодженням кабелів;
- встановлені марковані штепсельні з'єднання та розетки для виключення помилкових підключень;
- передбачено аварійний комутаційний апарат для оперативного відключення електроживлення у разі виникнення небезпечної ситуації.

З метою підвищення рівня електробезпеки всі зварювальні установки, металеві корпуси обладнання та допоміжні конструкції підлягають обов'язковому заземленню. Це дозволяє знизити ризик виникнення небезпечної напруги на відкритих провідних частинах у випадку пошкодження ізоляції.

Під час виконання електрозварювальних робіт в умовах підвищеної вологості працівник повинен використовувати додаткові засоби електрозахисту, зокрема діелектричні калоші. У холодний період року поверх них рекомендується надягати утеплене взуття для захисту від переохолодження та забезпечення комфортних умов праці.

Проведення електрозварювальних робіт допускається лише за умови дотримання безпечних відстаней до пожежо- та вибухонебезпечних матеріалів. Мінімальна відстань від місця зварювання до легкозаймистих речовин повинна

становити не менше 10 м.

Забороняється виконувати електрозварювальні роботи під час атмосферних опадів, а також при швидкості вітру понад 10 м/с, якщо робоче місце не обладнане спеціальними захисними екранами або навісами, які забезпечують захист від вологи та вітрових потоків.

Після завершення робіт електрозварювальник зобов'язаний відключити зварювальний апарат від мережі електроживлення та вжити заходів щодо недопущення його несанкціонованого ввімкнення. Для цього комутаційні апарати або рубильники, через які здійснюється живлення обладнання, повинні блокуватися або замикатися на замок, що унеможливило б доступ сторонніх осіб до електроустановки.

4.4.1 Розрахунок захисного заземлення для електричного обладнання в робочій зоні проведення зварювальних робіт при монтажі ФЕС

Захисне заземлення являє собою навмисне електричне з'єднання із землею або спеціальним заземлювальним пристроєм відкритих металевих неструмоведучих частин електрообладнання, які в аварійних режимах роботи можуть опинитися під напругою внаслідок пошкодження ізоляції або замикання струмоведучих частин на корпус.

Основною метою захисного заземлення є забезпечення безпеки персоналу шляхом зменшення ризику ураження електричним струмом при дотику до корпусів електроустановок та інших металевих елементів, які за нормальних умов не перебувають під напругою, але можуть стати небезпечними в разі виникнення несправності.

Принцип дії захисного заземлення полягає у відведенні струму замикання в землю та зниженні до безпечного рівня напруги дотику і напруги кроку, які виникають при пошкодженні ізоляції та появі напруги на корпусі електрообладнання. Завдяки цьому створюються умови для спрацювання

захисних апаратів і значно зменшується ймовірність ураження людини електричним струмом.

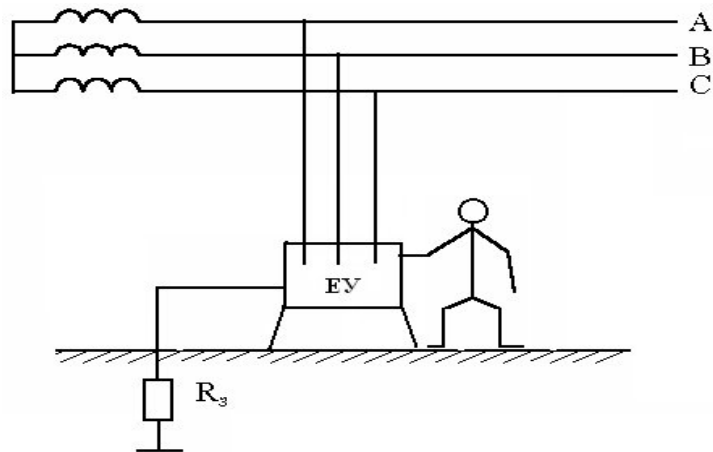


Рисунок - 28 Схема електрична принципова захисного заземлення

Зробимо електричний розрахунок параметрів захисного заземлюючого пристрою.

Оберемо параметрами заземлювача:

- $S = 100 \text{ м}^2$ - площа обмежена заземлювачем;
- $L = 24 \text{ м}^2$ - загальна довжина горизонтальних електродів;
- $l = 2,6 \text{ м}^2$ - довжина вертикальних електродів;
- $a = 10 \text{ м}^2$ - відстань між вертикальними смугами;
- $P_1 = 100 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ - питомий опір суглинного ґрунту;
- $P_2 = 50 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ - питомий опір чорнозему;

Розрахуємо параметр T при відношенні питомих опорів шарів ґрунту:

$$T = \frac{L}{\sqrt{P_1}} + \frac{l}{\sqrt{P_2}},$$

де $H = 0,5 \text{ м}$ - глибина закладення горизонтальних електродів;
 $h = 1 \text{ м}$ - товщина верхнього шару ґрунту

При — ,

$$C_B = 0,71; E_B = 0,24; C_b = 0,15; E_b = 0,32..$$

Визначаємо значення параметрів B і b по формулах:

$$\begin{aligned} B &= \frac{1}{\sqrt{C_B}} \cdot \frac{1}{\sqrt{E_B}} \\ b &= \frac{1}{\sqrt{C_b}} \cdot \frac{1}{\sqrt{E_b}} \end{aligned}$$

Визначаємо опір заземлення:

$$R_z = \frac{1}{\sqrt{B} + \sqrt{b}} \cdot \frac{1}{\sqrt{C_B + C_b}}$$

Визначаємо коефіцієнт напруги дотику

$$K = \frac{1}{1 + \frac{R_z}{R_{\text{дотику}}}}$$

де $m = 0,602$ - параметр визначений для — .

Визначаємо напругу дотику:

$$U_{\text{дотику}} = K \cdot U_{\text{з}} \text{ В,}$$

де $J_3 = 20 \text{ А}$ - струм короткого замикання, з урахуванням зі споживаної потужності.

Допустима напруга дотику згідно ПУЕ $U_{\text{дон}} = 42 \text{ В}$, що вище розрахованого значення.

Отже, параметри захисного заземляючого пристрою розраховані правильно.

4.5 Аналіз пожежної небезпеки. Розробка протипожежних заходів

Відповідно до вимог будівельних норм і правил усі виробничі та технологічні об'єкти поділяються за рівнем пожежної та вибухової небезпеки на категорії А, Б, В, Г, Д та Е. Така класифікація визначається фізико-хімічними властивостями речовин, що використовуються у виробництві, а також їх кількістю. Роботи, пов'язані зі зварюванням, відносяться до категорії В, яка охоплює виробництва з підвищеною пожежною небезпекою.

Ліквідація пожежі може здійснюватися одним із трьох основних способів:

- Охолодження осередку горіння або палаючих матеріалів шляхом подачі води чи пінних вогнегасних речовин, що знижують температуру нижче межі підтримання горіння.
- Зменшення вмісту кисню в зоні горіння за допомогою інертних газів, зокрема азоту або вуглекислого газу, які пригнічують процес окиснення.
- Ізоляція горючої речовини від повітря шляхом створення на її поверхні захисного шару за допомогою спеціальних вогнегасних засобів.

Важливою складовою системи пожежної безпеки є забезпечення робочих місць засобами для оперативної локалізації та ліквідації можливого загоряння.

До первинних засобів пожежогасіння належать:

- водяні та повітряно-пінні вогнегасники;
- пожежні стовбури, підключені через рукави до внутрішнього пожежного водопроводу та пожежних кранів.

У разі виникнення пожежі в зоні розташування електроустановок її гасіння, як правило, дозволяється лише після відключення електроживлення. Якщо оперативне знеструмлення неможливе, а існує загроза швидкого поширення полум'я, допускається гасіння обладнання, що перебуває під напругою, за умови суворого дотримання вимог електробезпеки та використання відповідних вогнегасних засобів.

Безпосередньо біля місця проведення зварювальних робіт повинні знаходитися такі засоби первинного пожежогасіння:

- вуглекислотний вогнегасник;
- ящик із сухим піском та совком;
- вогнестійке покривало з азбестового або повстяного матеріалу.

4.6 Перша допомога потерпілим при ураженні електричним струмом

4.6.1 Звільнення потерпілого від дії електричного струму

Контакт із струмоведучими частинами, що перебувають під напругою, у більшості випадків спричиняє мимовільні судомні скорочення м'язів. У результаті цього пальці постраждалого, який тримає провід руками, можуть так сильно стискатися, що самотійно розтиснути їх і звільнити провід стає неможливо.

У ситуації, коли потерпілий продовжує перебувати під впливом електричного струму, першочерговим завданням є негайне припинення дії струму на людину. Водночас варто пам'ятати, що доторк до тіла людини, яка перебуває під напругою, без засобів захисту становить серйозну загрозу для самого рятівника. Тому першою дією має бути вимкнення відповідної частини електроустановки, з якою контактує постраждалий.

При цьому необхідно враховувати наступне:

а) Якщо потерпілий знаходиться на висоті, миттєве знеструмлення може призвести до його падіння. Тож слід заздалегідь вжити заходів для запобігання травмуванню під час падіння (наприклад, встановити страхувальні засоби або амортизувальні підкладки).

б) Внаслідок знеструмлення установки може одночасно відключитися і освітлення. У такому випадку потрібно забезпечити додаткове джерело світла (ліхтар, свічка, аварійне освітлення тощо), не зволікаючи при цьому з рятувальними діями.

Якщо оперативно знеструмити електроустановку неможливо, необхідно вдатися до фізичного відокремлення потерпілого від джерела струму, при цьому суворо дотримуючись заходів електробезпеки.

Щоб уникнути ураження струмом під час торкання до тіла потерпілого, особливо оголених ділянок, рятувальник повинен:

- скористатися діелектричними рукавичками;
- або ізолювати руки за допомогою шарфа, рукава куртки, плаща з гумованого матеріалу чи просто сухої тканини;
- також рекомендується стати на ізолюючу підкладку — суху дерев'яну дошку, згорток одягу чи інший непровідний матеріал.

Під час відділення постраждалого від струмоведучих частин бажано діяти однією рукою, щоби зменшити ризик проходження струму через серце у випадку випадкового ураження.

4.6.2 Надання першої допомоги потерпілому від дії електричного струму

Заходи першої допомоги залежать від стану потерпілого після звільнення його від впливу електричного струму. Для оцінки цього стану необхідно негайно виконати такі дії:

- а) покласти потерпілого на спину на жорстку поверхню;

б) перевірити наявність дихання, спостерігаючи за підйомом і опусканням грудної клітини або використовуючи інші методи;

в) визначити пульс на променевій артерії зап'ястя або на сонній артерії з передньо-бічного боку шиї;

г) оцінити розмір зіниць — розширені зіниці свідчать про серйозне порушення кровопостачання мозку.

У будь-якому випадку ураження електричним струмом необхідно терміново викликати лікаря або швидку допомогу, незалежно від стану потерпілого.

4.6.3 Перша допомога потерпілим при ураженні електричним струмом

Порядок надання першої домедичної допомоги визначається характером ушкодження та станом потерпілого після припинення впливу електричного струму.

Якщо потерпілий перебуває у свідомості, але до цього знаходився в непритомному стані, його необхідно розмістити в зручному положенні, забезпечити тепло шляхом використання одягу або ковдри та створити умови для повного фізичного спокою до прибуття медичних працівників. Протягом усього часу слід постійно контролювати частоту дихання та пульс. Потерпілому не дозволяється самотійно пересуватися або продовжувати виконання робіт, оскільки навіть за відсутності зовнішніх ознак травмування можливий розвиток небезпечних ускладнень. Якщо виклик медичної допомоги неможливий, необхідно якнайшвидше доставити постраждалого до лікувального закладу із застосуванням носилок або іншого безпечного способу транспортування.

Якщо потерпілий перебуває без свідомості, але у нього зберігаються дихання та серцева діяльність, його слід обережно покласти на рівну поверхню, послабити або розстебнути одяг, що утруднює дихання, та забезпечити доступ свіжого повітря. Для стимуляції свідомості допускається використання нашатирного спирту або обережне зволоження обличчя холодною водою. При

цьому потерпілого не можна залишати без нагляду. Одночасно необхідно негайно викликати бригаду екстреної медичної допомоги та продовжувати спостереження за його станом до прибуття медичних працівників.

За наявності у потерпілого слабкого, переривчастого або судомного дихання необхідно негайно розпочати проведення штучної вентиляції легень та непрямого масажу серця.

У випадку повної відсутності дихання і пульсу не слід одразу констатувати смерть, оскільки такий стан часто є проявом так званої уявної (клінічної) смерті. У цій ситуації необхідно без зволікань розпочати комплекс реанімаційних заходів, що включає штучне дихання та непрямий масаж серця. Реанімацію слід продовжувати безперервно, навіть після прибуття медичного персоналу, до моменту, коли лікар офіційно прийме рішення про її припинення.

Під час надання допомоги у стані клінічної смерті вирішальне значення мають перші хвилини, тому реанімаційні дії необхідно розпочинати негайно, безпосередньо на місці події. Переміщення потерпілого допускається лише у випадках, коли існує пряма загроза його життю (наприклад, ризик повторного ураження електричним струмом) або коли проведення реанімації на місці є неможливим.

Констатація біологічної смерті після ураження електричним струмом допускається лише за наявності явних ознак несумісних із життям ушкоджень, таких як значні руйнування тіла, тяжкі травми черепа або повне обвуглення. В усіх інших випадках офіційне встановлення факту смерті належить виключно до компетенції медичного працівника.

4.7 Висновки до розділу 4

У розділі «Охорона праці» бакалаврської роботи здійснено аналіз умов праці під час проведення зварювальних робіт при монтажі ФЕС. В процесі виконання індивідуального завдання виявлено небезпечні та шкідливі виробничі чинники, які можуть впливати на зварювальників. Запропоновано організаційні та технічні заходи з охорони праці, спрямовані на створення безпечних і нешкідливих умов праці. Для забезпечення електробезпеки проведено розрахунок параметрів захисного заземлення. Також обрано індивідуальні засоби захисту.

Здійснено аналіз пожежної небезпеки та розроблено відповідні протипожежні заходи. Описано правила надання долікарської допомоги постраждалим від ураження електричним струмом.

ВИСНОВОК

У дипломному проекті обґрунтовано актуальність проблеми забезпечення якісного та безперебійного електропостачання приватних будинків і малих об'єктів інфраструктури, що зумовлено нестабільністю параметрів електричної енергії та зростанням кількості чутливих електронних споживачів. Показано, що використання сучасних гібридних інверторних систем у поєднанні з акумуляторними батареями LiFePO_4 є ефективним технічним рішенням для стабілізації напруги та забезпечення резервного живлення.

Сформульовано мету роботи, яка полягає у розробці та техніко-економічному обґрунтуванні системи стабілізації електроживлення приватного будинку, а також визначено основні завдання, що охоплюють аналіз сучасних рішень, вибір і розрахунок основного силового обладнання та дослідження режимів його роботи.

Визначено об'єкт і предмет дослідження, а також методи, що застосовуються для виконання поставлених завдань, включаючи електротехнічні розрахунки, аналіз енергетичних режимів і порівняльну оцінку обладнання. Практична значущість роботи полягає у можливості використання отриманих результатів при проектуванні реальних систем автономного та резервного електроживлення, що підвищує їх надійність та енергоефективність.

Отже, розробка та впровадження систем стабілізації електроживлення на основі сучасних інверторних технологій є доцільним і перспективним напрямом, який дозволяє підвищити якість електропостачання та забезпечити стабільну роботу споживачів у різних умовах експлуатації.

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.techtargget.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--ChpqR4AhVk_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