

**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)

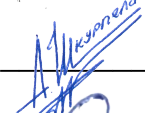
бакалавра

на тему:

**«Система автономного електропостачання для фермерського
господарства»**

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

 Д. М. Юркін

Керівник  О. О. Шкурпела

Рецензент  Я. Б. Форкун

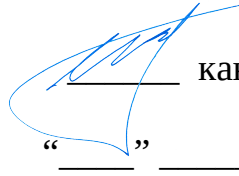
Харків – 2026

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

Юркіну Данилу Максимовичу

1. Тема проєкту: «Система автономного електропостачання для фермерського господарства»

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 оптимальної потужності сонячної станції. Визначення параметрів вітроустановки. Охорона праці.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): 1) Структурна схема системи електропостачання. 2) Діаграма продуктивності складових системи. 3) Характеристики силового обладнання.

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	Розрахунок енергетичного балансу фотоелектричної станції. Геліорозрахунки.	25.05.2026-30.05.2026	
2	Розрахунок енергії вітроустановки.	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  Юркін Д. М.

Керівник роботи  Шкурпела О. О.

РЕФЕРАТ

Бакалаврська робота складається з розрахунково-пояснювальної записки, виконаної машинописним способом на 67 аркушах формату А4, яка вміщує 4 розділи, 9 таблиць, 28 рисунків, перелік посилань 18 і 9 листів презентації.

Мета роботи – проектування системи автономного електропостачання з використанням сонячної, вітрової та дизельних установок.

У роботі було проведено аналіз архітектур автономних систем електропостачання. Обґрунтований вибір гібридної архітектури, сказані її переваги та недоліки.

Другий розділ присвячений вибору гібридного інвертора та наведення його основних параметрів. Зазначено особливість розрахунку ємності акумуляторної батареї. Наведено характеристики вітроустановки та контролера заряду.

У третьому розділі проведений розрахунок енергетичного балансу. Визначений дефіцит енергії у зимові місяці.

Розглянуто питання охорони праці.

Ключові слова: фотоелектрична установка, сонячна радіація, опорні конструкції, гібридний інвертор, безпека.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПАРАМЕТРІВ ПОБУДОВИ СИСТЕМИ АВТОНОМНОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ	8
1.1 Огляд архітектур автономних систем електропостачання.....	8
1.1.1 Загальний склад автономних систем електропостачання.....	8
1.1.2 Сонячна електростанція.....	9
1.1.3 Вітрова електростанція.....	11
1.1.4 Дизельна електростанція.....	14
1.1.5 Гібридна електростанція.....	16
1.1.6 Технічне порівняння систем.....	19
1.1.7 Економічне порівняння систем.....	20
1.2 Основні режими роботи автономної системи електропостачання	23
1.2.1 Нормальний режими роботи.....	23
1.2.2 Режим живлення від акумулятора.....	23
1.2.3 Комбінований режими роботи.....	24
1.2.4 Резервний режими роботи.....	24
1.2.5 Аварійний режими роботи.....	25
1.2.6 Сезонні особливості роботи.....	26
1.3 Висновки з розділу 1.....	28
РОЗДІЛ 2. ВИБІР ТА РОЗРАХУНОК СИЛОВОГО ОБЛАДНАННЯ АВТОНОМНОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ	29
2.1 Вибір гібридного інвертора.....	29
2.2 Розрахунок ємності акумуляторної батареї.....	36
2.3 Розрахунок потужності фотоелектричної системи.....	40
2.4 Розрахунок потужності вітроенергетичної установки.....	41
2.5 Висновки до розділу 2.....	44
РОЗДІЛ 3. АНАЛІЗ ЕНЕРГЕТИЧНОГО БАЛАНСУ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ	45
3.1 Розрахунок енергетичного балансу.....	45
3.2 Використання генератора для покриття можливого дефіциту.....	47
3.3 Висновки з розділу 3.....	49
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ	50
4.1 Завдання в галузі охорони праці.....	50

4.2	Аналіз умов праці при монтажі кабельних з'єднань у системі сонячної фотоелектричної станції для живлення станції заряджання електромобілів.....	52
4.3	Виявлення небезпечних і шкідливих виробничих факторів, характерних при виконанні робіт з монтажу кабельних з'єднань у системі сонячної фотоелектростанції.....	54
4.4	Розробка організаційних заходів з охорони праці при монтажі кабельних з'єднань у системі сонячної фотоелектростанції.....	56
4.5	Розробка технічних заходів з охорони праці при монтажі кабельних з'єднань у системі сонячної фотоелектростанції.....	57
4.6	Забезпечення електромонтажного персоналу нормативними санітарно-гігієнічними вимогами. Розрахунок необхідної площі тимчасових пересувних санітарно-побутових приміщень.....	60
4.7	Висновки з розділу 4.....	62
	ВИСНОВОК.....	63
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	64
	ДОДАТОК А.....	65

ВСТУП

Сучасне сільське господарство неможливо уявити без використання електричної енергії. Електропостачання необхідне для роботи насосних станцій, систем поливу, освітлення, холодильного обладнання, систем автоматизації та інших технологічних процесів. Проте багато фермерських господарств розташовані на значній відстані від централізованих електричних мереж або стикаються з проблемами нестабільного електропостачання.

У таких умовах особливого значення набувають автономні системи електропостачання, які дозволяють забезпечити незалежність від зовнішніх джерел енергії та підвищити надійність роботи господарства. Використання відновлюваних джерел енергії, зокрема сонячної та вітрової енергії, сприяє зменшенню експлуатаційних витрат та негативного впливу на навколишнє середовище.

Актуальність дослідження полягає у необхідності вибору найбільш ефективної архітектури автономної системи електропостачання для невеликого фермерського господарства з місячним енергоспоживанням 500–600 кВт·год.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПАРАМЕТРІВ ПОБУДОВИ СИСТЕМИ АУТОНОМНОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

1.1 Огляд архітектур автономних систем електропостачання

1.1.1 Загальний склад автономних систем електропостачання

Автономною системою електропостачання називається сукупність технічних засобів, призначених для виробництва, накопичення та розподілу електричної енергії без постійного підключення до централізованої електромережі.

Основними елементами автономної системи є:

- джерело генерації електроенергії;
- накопичувачі енергії;
- перетворювальне обладнання;
- система керування та захисту;
- споживачі електричної енергії.

Джерелами генерації можуть виступати сонячні панелі, вітрові турбіни, дизельні генератори або їх комбінації. Для накопичення енергії найчастіше використовуються акумуляторні батареї, що забезпечують живлення навантаження в періоди відсутності генерації.

Для невеликого фермерського господарства характерне нерівномірне споживання електроенергії протягом доби та року. Основними споживачами можуть бути:

- освітлення приміщень та території;
- насоси водопостачання та зрошення;
- холодильні установки;
- вентиляційні системи;

- електроінструмент;
- побутові електроприлади.

При місячному споживанні 500–600 кВт·год середньодобове навантаження становить приблизно 17–20 кВт·год. Максимальна миттєва потужність може досягати 3–5 кВт залежно від кількості одночасно увімкнених споживачів. Тому автономна система електропостачання повинна забезпечувати:

- надійне живлення навантаження;
- можливість накопичення енергії;
- резервування джерел живлення;
- економічну доцільність експлуатації;
- простоту технічного обслуговування.

Отже, вибір архітектури автономної системи електропостачання є важливим етапом проєктування енергозабезпечення фермерського господарства та безпосередньо впливає на його ефективність і надійність роботи.

1.1.2 Сонячна електростанція

Сонячна автономна електростанція являє собою комплекс обладнання, призначений для перетворення сонячної енергії в електричну та забезпечення електроживлення споживачів без підключення до централізованої електромережі.

Основою таких систем є фотоелектричні модулі, які перетворюють енергію сонячного випромінювання в електричну енергію постійного струму. Оскільки генерація електроенергії залежить від інтенсивності сонячного випромінювання та часу доби, до складу системи обов'язково входять

акумуляторні батареї для накопичення енергії та інвертор для забезпечення споживачів змінним струмом.

Сонячні автономні системи широко застосовуються для електропостачання приватних будинків, фермерських господарств, телекомунікаційних об'єктів, насосних станцій та інших віддалених об'єктів. Фотоелектричні модулі є основним джерелом генерації електроенергії. Вони складаються з напівпровідникових елементів, які під дією сонячного світла генерують електричний струм.

Найбільш поширеними є:

- монокристалічні панелі;
- полікристалічні панелі;
- тонкоплівкові модулі.

Монокристалічні панелі характеризуються найвищим коефіцієнтом корисної дії, який може перевищувати 20 %. Саме тому вони найчастіше використовуються в автономних системах електропостачання.

Контролер заряду призначений для регулювання процесу заряджання акумуляторних батарей та захисту їх від перезаряду і глибокого розряду.

У сучасних системах використовуються два основні типи контролерів:

- PWM (Pulse Width Modulation);
- MPPT (Maximum Power Point Tracking).

MPPT-контролери забезпечують вищу ефективність роботи сонячної електростанції завдяки автоматичному пошуку точки максимальної потужності фотоелектричних модулів.

Акумуляторні батареї призначені для накопичення електричної енергії та забезпечення безперервного живлення споживачів у нічний час або за несприятливих погодних умов.

У сучасних автономних системах найчастіше застосовуються:

- свинцево-кислотні акумулятори;
- AGM-акумулятори;
- гелеві акумулятори;

- літій-залізо-фосфатні (LiFePO_4) акумулятори.

Найбільш перспективними є літієві акумулятори, які характеризуються високим ресурсом роботи, великою глибиною розряду та високою енергоефективністю.

Інвертор виконує перетворення постійного струму, що надходить від акумуляторних батарей, у змінний струм напругою 220 В та частотою 50 Гц.

Для автономних систем рекомендується використовувати інвертори з чистою синусоїдою вихідної напруги, що забезпечує стабільну роботу насосів, холодильного обладнання та іншої електротехніки.

У денний час сонячні панелі виробляють електроенергію, яка використовується для живлення навантаження та заряджання акумуляторних батарей. У разі перевищення генерації над споживанням надлишок енергії накопичується в акумуляторах.

У нічний час або за відсутності достатнього сонячного випромінювання електропостачання здійснюється виключно за рахунок накопиченої енергії.

Ефективність роботи системи значною мірою залежить від:

- географічного розташування об'єкта;
- кута нахилу сонячних панелей;
- сезонних змін сонячної активності;
- стану акумуляторних батарей;
- режиму споживання електроенергії.

1.1.3 Вітрова електростанція

Вітрові електростанції належать до систем відновлюваної енергетики та використовують кінетичну енергію повітряних потоків для виробництва електричної енергії. На відміну від сонячних електростанцій, вітрові установки можуть генерувати електроенергію як удень, так і вночі, що робить їх ефективним джерелом живлення для автономних об'єктів.

Принцип роботи вітрової електростанції полягає у перетворенні механічної енергії обертання ротора вітротурбіни на електричну енергію за допомогою генератора.

Автономні вітрові системи можуть застосовуватися для електропостачання фермерських господарств, насосних станцій, віддалених будівель, телекомунікаційного обладнання та інших об'єктів, розташованих поза межами централізованих електромереж.

Вітротурбіна є основним елементом системи та призначена для перетворення кінетичної енергії вітру в механічну енергію обертання.

Основними складовими вітротурбіни є:

- лопаті ротора;
- вал;
- система орієнтації на вітер;
- гальмівна система;
- щогла.

За конструкцією розрізняють:

- горизонтально-осьові турбіни;
- вертикально-осьові турбіни.

Для автономних систем найчастіше використовуються горизонтально-осьові вітроустановки завдяки їх вищому коефіцієнту корисної дії.

Генератор перетворює механічну енергію обертання ротора на електричну енергію.

У сучасних автономних установках застосовуються:

- синхронні генератори;
- асинхронні генератори;
- генератори на постійних магнітах.

Найбільшого поширення набули генератори на постійних магнітах завдяки високій ефективності та надійності роботи.

Контролер заряду забезпечує стабільну роботу системи та виконує такі функції:

- регулювання процесу заряджання акумуляторів;
- захист акумуляторів від перезаряду;
- захист генератора при сильному вітрі;
- автоматичне керування навантаженням.

У разі повного зарядження акумуляторів контролер може спрямовувати надлишкову енергію на баластне навантаження.

Акумулятори накопичують вироблену електроенергію та забезпечують живлення споживачів при відсутності достатньої швидкості вітру.

Для автономних систем використовуються:

- АГМ-акумулятори;
- гелеві акумулятори;
- літієві акумуляторні батареї.

Літієві батареї мають найбільший термін служби та високий коефіцієнт корисної дії.

Інвертор здійснює перетворення постійного струму від акумуляторів у змінний струм напругою 220 В та частотою 50 Гц.

Для живлення насосів, компресорів та холодильного обладнання рекомендується використовувати інвертори з чистою синусоїдальною формою вихідної напруги.

Ефективність вітрової електростанції залежить від швидкості повітряних потоків. Потужність, яку може виробляти вітротурбіна, прямо пропорційна кубу швидкості вітру.

При збільшенні швидкості вітру навіть незначне зростання швидкості призводить до суттєвого збільшення виробітку електроенергії.

Основними факторами, що впливають на роботу системи, є:

- середньорічна швидкість вітру;
- висота встановлення щогли;
- рельєф місцевості;
- наявність природних та штучних перешкод;
- сезонні зміни погодних умов.

Для ефективної роботи автономної вітрової електростанції середньорічна швидкість вітру повинна становити не менше 4–5 м/с.

1.1.4 Дизельна електростанція

Дизельні електростанції є одним із найбільш поширених засобів автономного електропостачання. Вони забезпечують стабільне виробництво електроенергії незалежно від погодних умов та часу доби. Завдяки високій надійності та простоті експлуатації дизель-генератори широко використовуються на промислових підприємствах, будівельних майданчиках, фермерських господарствах та об'єктах критичної інфраструктури.

Основним елементом системи є дизельний двигун внутрішнього згоряння, який приводить у рух електричний генератор. Отримана електроенергія подається безпосередньо до споживачів або використовується для заряджання акумуляторних батарей у складі гібридних систем.

Для фермерських господарств дизельні генератори часто виконують роль резервного джерела живлення, яке автоматично запускається при недостатній генерації від сонячних або вітрових установок.

Дизельний двигун є джерелом механічної енергії для приводу генератора.

Основними перевагами дизельних двигунів є:

- високий коефіцієнт корисної дії;
- тривалий ресурс роботи;
- можливість безперервної експлуатації;
- відносно низька витрата пального.

Потужність двигуна підбирається залежно від необхідного навантаження та режиму роботи системи.

Генератор перетворює механічну енергію двигуна на електричну енергію змінного струму.

У сучасних електростанціях використовуються:

- синхронні генератори;
- безщіткові генератори;
- інверторні генератори.

Для живлення електрообладнання фермерського господарства найчастіше використовуються синхронні безщіткові генератори, які забезпечують стабільні параметри напруги та частоти.

Паливна система включає:

- паливний бак;
- паливний насос;
- паливні фільтри;
- систему подачі палива.

Об'єм паливного бака визначається необхідною тривалістю автономної роботи електростанції.

Система керування контролює роботу генератора та забезпечує:

- запуск і зупинку двигуна;
- контроль напруги та частоти;
- захист від перевантаження;
- контроль температури двигуна;
- контроль рівня мастила та палива.

На сучасних електростанціях часто встановлюються системи автоматичного введення резерву (АВР), які забезпечують автоматичний запуск генератора у разі відключення основного джерела живлення.

Дизельний генератор здатний забезпечувати електроживлення споживачів практично необмежений час за умови наявності достатнього запасу пального.

На відміну від сонячних та вітрових систем, виробництво електроенергії не залежить від погодних умов. Це робить дизельні електростанції одним із найнадійніших джерел автономного живлення.

Однак під час роботи генератора виникають:

- витрати пального;

- витрати на технічне обслуговування;
- шумове навантаження;
- викиди продуктів згоряння.

Саме тому в сучасних автономних системах дизельні генератори часто використовуються лише як резервне джерело енергії.

1.1.5 Гібридна електростанція

Гібридною системою електропостачання називається система, що поєднує декілька джерел генерації електричної енергії та накопичувачі енергії в єдиному комплексі. Основною метою створення таких систем є підвищення надійності електропостачання та забезпечення максимально ефективного використання різних джерел енергії.

У сучасних автономних енергетичних комплексах найчастіше поєднуються:

- сонячна електростанція;
- вітрова електростанція;
- акумуляторна система накопичення енергії;
- резервний дизель-генератор.

Завдяки поєднанню кількох джерел енергії вдається компенсувати недоліки кожного окремого виду генерації. Наприклад, сонячні панелі ефективно працюють у денний час, тоді як вітрові установки можуть виробляти електроенергію вночі або під час похмурої погоди. Дизельний генератор забезпечує резервне живлення в аварійних ситуаціях або під час тривалого дефіциту енергії.

Сонячна електростанція забезпечує основну частину генерації електроенергії протягом світлового дня.

Основні функції:

- генерація електроенергії;
- заряджання акумуляторів;

- живлення навантаження у денний час.

Для фермерського господарства сонячна електростанція часто є основним джерелом електроенергії.

Вітрогенератор забезпечує додаткову генерацію енергії, особливо в осінньо-зимовий період та в нічний час.

Основні переваги:

- доповнення сонячної генерації;
- зменшення навантаження на акумулятори;
- підвищення коефіцієнта використання встановленої потужності.

Система накопичення енергії виконує такі функції:

- зберігання надлишкової енергії;
- забезпечення живлення при відсутності генерації;
- згладжування коливань навантаження;
- підвищення стабільності роботи системи.

Найбільш перспективними для гібридних систем є літій-залізо-фосфатні акумулятори (LiFePO_4), які мають високий ресурс роботи та ефективність.

Гібридний інвертор є центральним елементом системи.

Він забезпечує:

- керування потоками енергії;
- заряджання акумуляторів;
- живлення навантаження;
- автоматичне перемикання між джерелами;
- моніторинг роботи системи.

Сучасні гібридні інвертори дозволяють реалізувати складні алгоритми керування енергетичними потоками та оптимізувати роботу всього комплексу.

Дизельний генератор використовується як резервне джерело живлення.

Його запуск здійснюється автоматично у випадках:

- критичного розряду акумуляторів;
- недостатньої генерації від сонячних панелей та вітротурбіни;
- аварійних режимів роботи системи.

Завдяки цьому значно скорочується споживання дизельного палива порівняно з автономною дизельною електростанцією.

У денний час основна частина електроенергії виробляється сонячними панелями. Надлишкова енергія використовується для заряджання акумуляторних батарей.

При наявності вітру додаткову генерацію забезпечує вітротурбіна. Енергія від неї також може спрямовуватися як на навантаження, так і на заряджання акумуляторів.

У нічний час або за несприятливих погодних умов живлення споживачів здійснюється від акумуляторних батарей.

Якщо рівень заряду акумуляторів знижується до критичного значення, система автоматично запускає дизель-генератор, який забезпечує живлення навантаження та одночасно заряджає акумулятори.

Такий алгоритм дозволяє максимально використовувати відновлювані джерела енергії та мінімізувати витрати пального.

Економічна доцільність використання гібридної системи. Хоча початкові капітальні витрати на створення гібридної системи є найбільшими серед усіх розглянутих варіантів, у довгостроковій перспективі саме вона забезпечує найнижчу собівартість виробленої електроенергії.

Основна частина енергії надходить від відновлюваних джерел, тому витрати на паливо практично відсутні. Дизельний генератор використовується лише епізодично, що значно знижує експлуатаційні витрати та збільшує ресурс обладнання.

Термін окупності такої системи залежить від вартості обладнання, режиму експлуатації та тарифів на електроенергію, але зазвичай становить від 5 до 10 років.

1.1.6 Технічне порівняння систем

Для проведення порівняльного аналізу розглядається невелике фермерське господарство з такими характеристиками:

- місячне споживання електроенергії – 500–600 кВт·год;
- середньодобове споживання – 17–20 кВт·год;
- максимальна потужність навантаження – до 5 кВт;
- необхідність цілодобового електропостачання;
- можливість встановлення відновлюваних джерел енергії.

До складу електроспоживачів входять:

- система освітлення;
- насосне обладнання;
- холодильні установки;
- вентиляційне обладнання;
- побутові електроприлади;
- електроінструмент.

На основі проведеного аналізу розглядаються чотири варіанти автономного електропостачання:

1. Сонячна електростанція.
2. Вітрова електростанція.
3. Дизельна електростанція.
4. Комбінована (гібридна) система.

Основні технічні характеристики досліджуваних систем наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

Порівняння технічних характеристик автономних систем

Показник	Сонячна система	Вітрова система	Дизельна система	Гібридна система
Надійність живлення	Середня	Середня	Висока	Дуже висока
Робота вночі	Через АКБ	Так	Так	Так
Робота взимку	Обмежена	Ефективна	Ефективна	Ефективна
Залежність від погоди	Висока	Висока	Відсутня	Низька
Потреба в паливі	Ні	Ні	Так	Мінімальна
Автоматизація	Висока	Висока	Висока	Дуже висока
Термін служби основного обладнання	20–25 років	15–20 років	8–12 років	20–25 років

З таблиці видно, що найвищу надійність забезпечує саме гібридна система, оскільки вона використовує одразу кілька незалежних джерел електроенергії.

1.1.7 Економічне порівняння систем

Для оцінки економічної ефективності виконано порівняння орієнтовних капітальних та експлуатаційних витрат.

Таблиця 1.2

Орієнтовні витрати на впровадження систем

Тип системи	Встановлена потужність	Початкові витрати	Експлуатаційні витрати
Сонячна	6–7 кВт	Високі	Низькі
Вітрова	5 кВт	Високі	Низькі
Дизельна	5–6 кВт	Середні	Високі
Гібридна	5 кВт + 3 кВт	Найвищі	Низькі

Найменших початкових витрат потребує дизельна система. Проте протягом тривалого часу експлуатації її економічна ефективність знижується через постійні витрати на паливо та технічне обслуговування.

Сонячні та вітрові системи характеризуються значними початковими вкладеннями, але практично не потребують витрат на паливо.

Гібридна система має найбільшу вартість встановлення, проте забезпечує найкраще співвідношення між надійністю та експлуатаційними витратами.

Одним із головних критеріїв вибору автономної системи для фермерського господарства є надійність електропостачання.

Сонячна електростанція залежить від рівня сонячної радіації та потребує значного запасу акумуляторної енергії в зимовий період.

Вітрова електростанція залежить від погодних умов та швидкості вітру, які можуть суттєво змінюватися протягом року.

Дизельний генератор забезпечує стабільну генерацію, проте повністю залежить від наявності пального та справності механічних вузлів.

Гібридна система поєднує переваги всіх розглянутих варіантів. У разі зниження генерації від одного джерела його функції можуть компенсувати інші джерела енергії. Така структура дозволяє досягти максимальної надійності електропостачання.

Вибір оптимальної архітектури

Для фермерського господарства з місячним споживанням 500–600 кВт·год найбільш важливими критеріями є:

- надійність електропостачання;
- економічність експлуатації;
- автономність роботи;
- мінімальна залежність від погодних умов;
- можливість резервування джерел живлення.

Порівняльний аналіз показав, що жодна з окремих систем не здатна повністю задовольнити всі зазначені вимоги.

Сонячна система є економічною в експлуатації, але залежить від погодних умов.

Вітрова система ефективна лише за достатнього вітрового потенціалу місцевості.

Дизельна система забезпечує високу надійність, але потребує постійних витрат на паливо.

Найкращі результати демонструє комбінована система, яка поєднує переваги всіх джерел енергії та мінімізує їхні недоліки.

Очікувані результати впровадження

Використання рекомендованої гібридної системи дозволить:

- забезпечити повну енергетичну автономність господарства;
- зменшити споживання дизельного палива на 70–90 %;
- підвищити надійність електропостачання;
- скоротити експлуатаційні витрати;
- знизити негативний вплив на навколишнє середовище;
- забезпечити стабільну роботу технологічного обладнання.

1.2 Основні режими роботи автономної системи електропостачання

1.2.1 Нормальний режими роботи

У нормальному режимі основним джерелом енергії виступають сонячна та вітрова підсистеми. Послідовність роботи:

1. Сонячні панелі виробляють електроенергію вдень.
2. Вітрогенератор виробляє електроенергію залежно від швидкості вітру.
3. Енергія від ФЕС та ВЕУ надходить до навантаження.
4. Надлишкова енергія використовується для заряджання акумуляторних батарей.

Особливості режиму:

- дизель-генератор не працює;
- споживання палива відсутнє;
- експлуатаційні витрати мінімальні;
- коефіцієнт використання відновлюваних джерел максимальний.

Для фермерського господарства цей режим характерний навесні та влітку, коли сонячна радіація висока, а вітрові умови сприятливі.

1.2.2 Режим живлення від акумулятора

Цей режим реалізується у випадках:

- вночі;
- за відсутності сонячного випромінювання (висока хмарність);
- при слабкому вітрі;
- під час короточасних піків навантаження.

Для фермерського господарства акумулятори можуть забезпечувати:

- нічне освітлення;
- роботу автоматики;
- системи охорони;
- циркуляційні насоси.

Переваги режиму:

- відсутність шуму;
- висока якість електроенергії;
- відсутність викидів шкідливих речовин.

1.2.3 Комбінований режим роботи

У практичній експлуатації найчастіше використовується саме комбінований режим. У цьому випадку:

- сонячні панелі та вітрогенератор одночасно живлять навантаження;
- акумулятор компенсує нестачу потужності;
- джерела працюють паралельно через систему керування.

Переваги:

- висока енергоефективність;
- стабільна робота обладнання;
- мінімальне використання дизельного генератора.

1.2.4 Резервний режим роботи

Дизельна підсистема використовується як резервне джерело електроенергії. Умови запуску:

- низький заряд акумуляторів;
- недостатня генерація ФЕС і ВЕУ;
- тривалий період несприятливої погоди;

- аварійні ситуації.

Алгоритм роботи:

Контролер фіксує зниження заряду АКБ нижче допустимого рівня.

Автоматично запускається дизель-генератор.

Генератор живить навантаження.

Одночасно здійснюється заряд акумуляторів.

Основні переваги:

гарантоване електропостачання;

висока надійність системи;

можливість роботи за будь-яких погодних умов.

Недоліки:

витрати палива;

шум;

необхідність технічного обслуговування.

1.2.5 Аварійний режим роботи

Аварійний режим виникає при відмові одного з елементів системи:

- Відмова сонячної підсистеми
 - Енергопостачання забезпечують:
 - вітрогенератор;
 - акумулятор;
 - дизель-генератор.
- Відмова вітрової підсистеми
 - Система працює за рахунок:
 - СЕС;
 - АКБ;
 - ДГУ.

- Відмова акумуляторної батареї (найбільш важка аварійна ситуація), живлення здійснюється безпосередньо від:
 - ФЕС;
 - ВЕУ;
 - дизельного генератора.
- Відмова дизель-генератора (важка аварійна ситуація) живлення здійснюється безпосередньо від акумуляторної батареї.

1.2.6 Сезонні особливості роботи

Літній режим характеризується:

- максимальною генерацією сонячної енергії;
- мінімальною потребою у дизельному генераторі;
- повним зарядом акумуляторів протягом більшої частини доби.

Частка сонячної енергії може перевищувати 70–80 % від загального балансу. Зимовий режим має такі особливості:

- короткий світловий день;
- зменшення виробітку ФЕС;
- збільшення ролі вітрової генерації;
- частіший запуск дизель-генератора.

У зимовий період частка енергії від ВЕУ може бути вищою за частку сонячної генерації. На фермерських господарствах можуть виникати короточасні піки споживання при запуску:

- насосів;
- компресорів;
- холодильних агрегатів;
- електродвигунів зернодробарок.

У цей момент:

- акумулятори миттєво віддають додаткову потужність;
- інвертор стабілізує напругу;
- після завершення пікового навантаження АКБ знову заряджається.

Такий режим дозволяє уникнути встановлення дизель-генератора надмірної потужності.

1.3 Висновки з розділу 1

Проведений аналіз показав, що найбільш ефективним рішенням для автономного електропостачання фермерського господарства з місячним споживанням електроенергії 500–600 кВт·год є комбінована система, яка включає сонячну електростанцію, вітрову установку, акумуляторну батарею та резервний дизель-генератор. Така архітектура забезпечує найвищий рівень надійності, економічності та енергетичної незалежності порівняно з окремими типами автономних систем.

РОЗДІЛ 2. ВИБІР ТА РОЗРАХУНОК СИЛОВОГО ОБЛАДНАННЯ АВТОНОМНОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

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 багатофункціональним пристроєм, який поєднує функції:

- інвертора постійного струму в змінний;
- зарядного пристрою акумуляторних батарей;
- контролера управління потоками енергії;
- системи моніторингу та захисту.

Основними завданнями інвертора є:

- забезпечення електроживлення споживачів;
- заряджання акумуляторів;
- узгодження роботи сонячної та вітрової генерації;
- підключення резервного дизельного генератора або електромережі;
- автоматичне перемикання між джерелами енергії.

Першим і найважливішим критерієм вибору є номінальна потужність інвертора. Вона повинна відповідати максимальній потужності споживачів фермерського господарства. Приймаємо, що одночасно можуть працювати електроприлади, що наведені у таблиці 2.1

Таблиця 2.1

Перелік потужностей електрообладнання

№зп	Назва	Потужність, кВт
1	Освітлення	0,5
2	Насос водопостачання	1,5
3	Холодильне обладнання	1,0
4	Вентиляція	0,8
5	Побутове обладнання	0,7
	РАЗОМ:	4,5

З урахуванням запасу 15–20 % та виходячи з модельного ряду інверторів більшості виробників, обираємо інвертор потужністю не менше 6 кВт. Для фермерського господарства із місячним споживанням 500–600 кВт·год зазвичай застосовуються інвертори потужністю від 5 до 10 кВт.

Багато сільськогосподарських механізмів мають електродвигуни, які під час запуску споживають струм у декілька разів більший за номінальний. До таких споживачів належать:

- насоси;
- компресори;
- вентилятори;
- холодильні установки;
- кормоподрібнювачі.

Тому необхідно враховувати пікову потужність інвертора. Зазвичай якісний гібридний інвертор здатний витримувати перевантаження:

- 150 % номінальної потужності протягом декількох секунд;
- 200 % номінальної потужності під час пуску двигунів.

Чим більша перевантажувальна здатність інвертора, тим надійніше працює система. Під час вибору інвертора необхідно враховувати параметри фотоелектричних модулів. Основними характеристиками є:

- максимальна напруга постійного струму;
- кількість МРРТ-трекерів;
- допустимий струм сонячних панелей;
- максимальна потужність сонячного поля.

Для вітросонячних станцій бажано використовувати інвертори з двома або більше МРРТ-контролерами. Це дозволяє:

- підключати різні групи панелей;
- компенсувати часткове затінення;
- підвищувати ефективність роботи системи.

Особливістю вітрогенераторів є нестабільність вихідної напруги та частоти. Тому інвертор повинен підтримувати:

- роботу через зовнішній вітровий контролер;
- широкий діапазон вхідної напруги;
- автоматичне регулювання зарядного струму;
- захист від перевищення швидкості обертання генератора.

Для потужних вітроустановок застосовуються окремі контролери заряду, які передають енергію до акумуляторної батареї або безпосередньо до інвертора. Важливим параметром є напруга акумуляторної системи. Найпоширенішими є 24 В та 48 В. Для невеликих систем застосовуються напруга 24 В. Для фермерських господарств рекомендується використовувати систему на 48 В, оскільки вона забезпечує:

- менші струми;
- менші втрати електроенергії;
- менший переріз кабелів;
- вищу ефективність роботи інвертора.

Сучасні інвертори повинні підтримувати різні типи акумуляторних батарей. Порівняння акумуляторів представлено у таблиці 2.2

Таблиця 2.2

Порівняння типів акумуляторів

Тип акумулятора	Переваги	Недолік
Свинцево-кислотні (стартерні)	низька вартість; простота експлуатації.	невеликий ресурс; значна маса.
AGM та GEL	герметичність; відсутність необхідності обслуговування.	більша вартість; значна маса
Літій-залізо-фосфатні (LiFePO ₄)	високий ресурс; швидке заряджання; високий ККД.	висока вартість

Для сучасних автономних станцій найбільш перспективними є літієві акумулятори, тому інвертор повинен підтримувати протоколи зв'язку BMS.

ККД інвертора показує, яка частина енергії передається споживачам без втрат. Сучасні якісні інвертори мають ККД до 95%. Високий ККД дозволяє зменшити втрати електроенергії, скоротити навантаження на акумулятори, підвищити загальну ефективність станції. Для автономних систем параметр ефективності інвертора важливіший ніж в гібридних, що мають підключення до мережі, оскільки при безперервній роботі власне споживання інвертора може значно знизити корисну ємність акумуляторної батареї. Гібридний інвертор повинен мати комплекс вбудованих захистів:

- від короткого замикання;
- від перевантаження;
- від перегріву;
- від перенапруги;
- від глибокого розряду акумуляторів;
- від неправильної полярності підключення.

Наявність таких функцій значно підвищує надійність роботи системи. Для автономного фермерського господарства важливо забезпечити резервне живлення під час тривалого періоду несприятливих погодних умов. Тому бажано, щоб інвертор підтримував:

- автоматичний запуск дизель-генератора;
- автоматичне вимкнення генератора після заряджання АКБ;
- програмовані режими роботи.

Це дозволяє мінімізувати витрати палива та збільшити ресурс генератора. Сучасні інвертори оснащуються:

- Wi-Fi-модулями;
- Ethernet-портами;
- GSM-модулями;
- мобільними застосунками.

Система моніторингу дозволяє контролювати:

- генерацію сонячної енергії;
- роботу вітрогенератора;
- стан акумуляторів;
- потужність навантаження;
- статистику споживання електроенергії.

Це особливо важливо для фермерських господарств, де обладнання може працювати без постійної присутності персоналу.



Рисунок 2.1 – Зовнішній вигляд гібридного інвертора
MUST PV19-6048 EXP

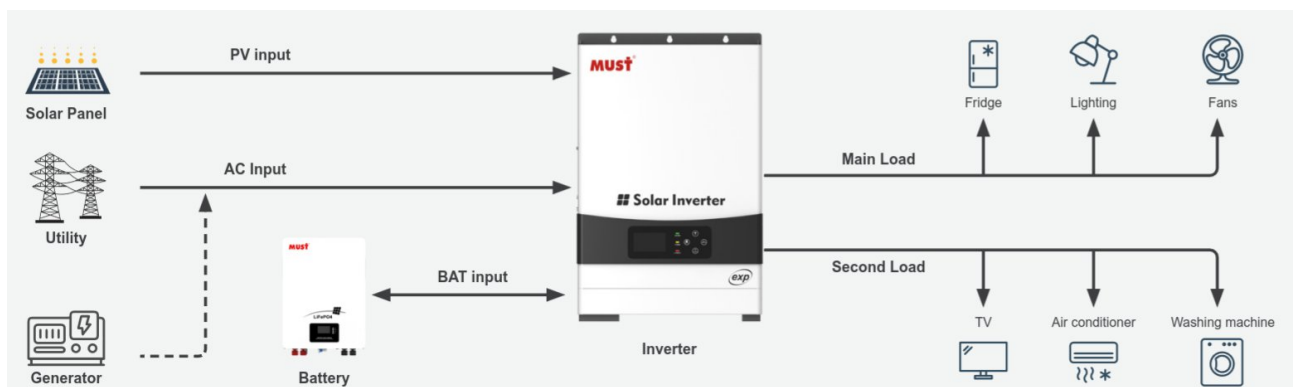


Рисунок 2.2 – Структурна схема підключення гібридного інвертора

MODEL	PV19-4024 EXP	PV19-6048 EXP
Default Battery System Voltage	24VDC	48VDC
INVERTER OUTPUT		
Rated Power	4000VA / 4000W	6000VA / 6000W
Surge Power	8000W	12000W
Waveform	Pure sine wave	
AC Voltage Regulation (Batt.Mode)	230VAC±5%(Setting)	
Inverter Efficiency(Peak)	92%	
Transfer Time	10ms(UPS / VDE4105) / 20ms(APL)	
AC INPUT		
Voltage	230VAC	
Selectable Voltage Range	170~280VAC(UPS) / 90~280VAC(APL) / 184~253VAC(VDE)	
Frequency Range	50Hz / 60Hz (Auto sensing)	
BATTERY		
Normal voltage	24VDC	48VDC
Floating Charge Voltage	27.4VDC	54.8VDC
Overcharge Protection	30VDC	60VDC
SOLAR CHARGER & AC CHARGER		
Maximum PV Array Open Circuit Voltage	500VDC (450V for parallel)	
Charging Algorithm	3-Step (Flooded Battery, AGM / GEL / LEAD Battery), 4-Step (Li)	
Maximum PV Array Power	5000W	6000W
PV Array MPPT Voltage Range	150~450VDC (150~430VDC for parallel)	
Maximum Solar Charge Current	100A	120A
Maximum AC Charge Current	80A	100A
Maximum Charge Current	100A	120A
MECHANICAL SPECIFICATIONS		
Machine Dimension (W*H*D)(mm)	322*486*134	309*505*147
Package Dimension (W*H*D)(mm)	575*229*425	603*260*400
N.W (kg)	10.6	12.9
G.W (kg)	12	13.8
OTHER		
Humidity	5% to 95% Relativ Humidity (Non-condensing)	
Operating Temperature	0°C~50°C	
Storage Temperature	-15°C -60°C	
Communication Interface	USB/WIFI	
Warranty	2 year	
CERTIFICATION & STANDARDS		

CE-EMC+LVD (EN6100-6-3:2007, EN6100-6-1:2017+EN IEC62109-1:2010, EN IEC62109-2:2011)
EN IEC62368-1:2020+A11:2020
CE-LVD (IEC62109-1:2010, EN IEC62109-2:2011)
EN IEC62368-1:2018, EN IEC62109-1:2010, EN IEC62109-2:2011

2.2 Розрахунок ємності акумуляторної батареї

Акумуляторна батарея в гібридній системі виконує роль накопичення надлишкової електроенергії в періоди активної сонячної генерації та її віддачу споживачам у вечірній та нічний час або за несприятливих погодних умов. Максимальний безперервний струм, який акумуляторна батарея здатна віддавати для живлення критичного навантаження в автономному режимі:

(2.1)

де P_{DC} – потужність, яку інвертор споживає від батареї, Вт;

$U_{min (AKB)}$ – мінімальна робоча напруга АКБ, що приведена в таблиці 2.6.

Потужність, яку інвертор споживає від батареї:

$$\frac{P_{AC}}{U_{min (AKB)}}$$

(2.2)

де P_{AC} – загальна повна потужність критичних споживачів з резервом.

Проведемо розрахунки:

$$\frac{12337}{24} = 514 \text{ Вт};$$

$$\frac{3731}{514} = 7.26 \text{ А.}$$

Отже, мінімальна енергія, яку має накопичити АКБ для забезпечення 12 годин автономної роботи споживачів вночі – 3731 Вт·год. А у разі похмурої погоди денне споживання – 12337 Вт·год.

Наступним кроком є розрахунок «чистої» (або корисної) ємності АКБ, яка необхідна для зберігання цієї енергії:

$$\frac{12337}{0.8} = 15421 \text{ Вт·год.}$$

(2.20)

$$\frac{15421}{24} = 642.5 \text{ А·год.}$$

Для розрахунку фактичної (номінальної) ємності батареї необхідно врахувати допустиму глибину розряду:



(2.21)

де k_{DoD} – коефіцієнт допустимого розряду. Для LiFePO_4 зазвичай приймають $k_{DoD} = 0,9$.

— А·год.

Для реалізації було вирішено обрати популярну на ринку акумуляторну батарею MUST LiFePO_4 LP16-48200 в кількості 2 штук. Зовнішній вигляд зображено на рисунку 2.6.



Рисунок 2.3 – Зовнішній вигляд літій-залізо-фосфатного акумулятора
MUST LiFePO_4 LP16-48200

Технічні характеристики наведені з паспортних даних і представлені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3

Технічні характеристики MUST LiFePO₄ LP16-48200

Параметр	Значення
Тип акумулятора	Літій-залізо-фосфатні LiFePO ₄
Ємність (А·год)	200
Масштабованість	Макс. 15 шт. паралельно
Номінальна напруга, В	51,2
Робоча напруга, В	44,0 ~ 58,4
Номінальна енергія, кВт·год	9,6
Корисна енергія (90%DOD), кВт·год	8,6
Зарядка/розрядка макс. безперервна, А	150 / 150
Рекомендована глибина розряду	90%
Розмір (Ш×В×Г, мм)	687×442×250 (без підвісного кронштейну та опори)
Приблизна вага, кг	80
Цикл експлуатації	≥6000 (25°C±2°C, 0.5C / 0.5C, 90%DOD, 70%EOL)
Порт зв'язку	CAN2.0, RS485

Схему підключення однієї батареї до інвертора показано на рисунку 2.2. Зв'язок між інвертором та АКБ здійснюється по інтерфейсу RS485. Через цей канал BMS надсилає інформацію в режимі реального часу про стан заряду, напругу, струм та параметри несправностей. Інвертор зможе швидко регулювати режими заряджання та розряджання на основі поточного стану АКБ та запобігати небезпечним умовам експлуатації.

Technical Data		LP16-24100	LP16-24200	LP16-48100	LP16-48200
Nominal Voltage		25.6V		51.2V	
Nominal Capacity		100Ah	200Ah	100Ah	200Ah
Nominal energy		2560Wh	5120Wh	5120Wh	10240Wh
Life Cycles		6000 cycles @ 80% DOD, 25°C			
Recommended Charge Voltage		29.2V		58.4V	
Recommended Charge Current		20A	40A	20A	40A
End Of Discharge Voltage		22V		44V	
Standard Method	Charge	20A	40A	20A	40A
	Discharge	50A	100A	50A	100A
Maximum Continuous Current	Charge	100A	150A	100A	150A
	Discharge	100A	150A	100A	150A
BMS Cut-Off Voltage	Charge	29.2 V (3.65V/Cell)		58.4 V (3.65V/Cell)	
	Discharge	22.0V (2s) (2.75V/Cell)		44.0V (2.75V/Cell)	
Temperature	Charge	0 ~ 45°C			
	Discharge	-10 ~ 55°C			
Storage Temperature		-5~35°C			
Shipment voltage		≥25.6V		≥51.2V	
Module Parallel		Up to 15 units			
Communication		CAN2.0/RS232/RS485			
Case Material		SPPC			
Machine Dimension (H*W*D) (mm)		485.5*442*177	486.5*442*250	625.5*442*177	686.5*442*250
Package Dimension (W*H*D) (mm)	carton box	557*547*227	557*547*300	688*557*227	non
	wooden box	555*565*340	555*565*410	696*565*335	759*569*391
N.W (kg)		27	44	45	80
G.W (kg)	carton box	30	48	48	non
	wooden box	40	57	58	97
* Variations in dimensions and weights may occur due to production batches.					
Charge Retention And Capacity Recovery Capability		Standard charge the battery, and then put aside at room temperature for 28d or 55°C for 7d, Charge retention rate≥90%, Recovery rate of charge≥90			
Warranty		5years			
Certification & Standards		CE-EMC (EN 61000-6-3: 2007+A1: 2011+AC: 2012 EN IEC 61000-6-1: 2019) IEC62619-1:2018; IEC62619:2022; IEC62619:2017; UN38.3/ MSDS			

2.3 Розрахунок потужності фотоелектричної системи

Для визначення річної енергії фотоелектричної станції необхідно обрати місце розташування фермерського домогосподарства. Для мети дипломного проектування обираємо місце – Харківська область. Встановлена потужність ФЕС становить 5 кВт при фіксованому куті положення 35° та направленні на південь. Тоді можемо отримати річне вироблення енергії по місяцях. Графік вироблення представлений на рисунку 2.

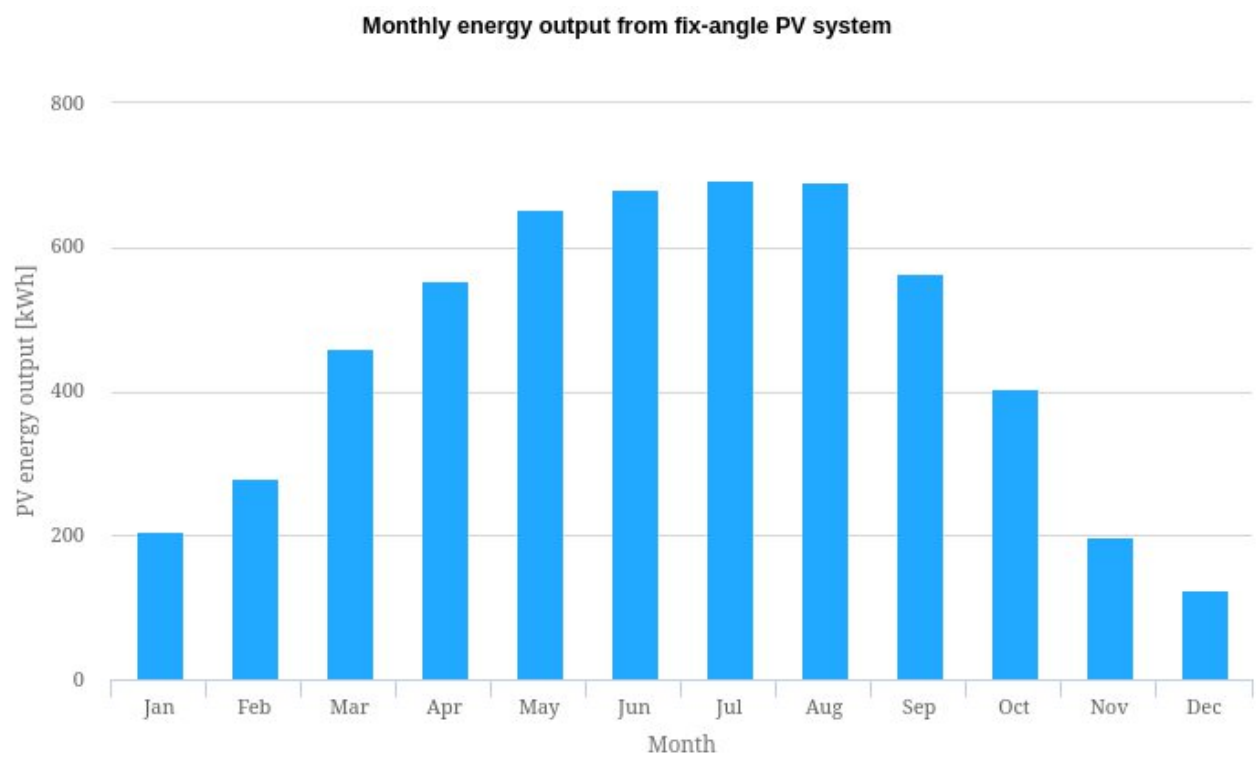


Рисунок 2.4 – Річний графік вироблення енергії ФЕС

Таблица 2.4

Річна енергія ФЕС 5 кВт

Номер місяця	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Енергія, кВт•год	187	271	451	556	665	693	710	700	560	393	192	112

2.4 Розрахунок потужності вітроенергетичної установки

Вітроенергетична установка в проєкті пропонується від компанії OULU модель FD3.2-2000. Зовнішній вигляд БЕУ представлений на рисунку 2.



Рисунок 2.5 – Зовнішній вигляд БЕУ OULU FD3.2-2000

Таблиця 2.5

Характеристики БЕУ 2 кВт

Характеристика	Значення
Номінальна потужність, кВт	2
Номінальна швидкість, хв^{-1}	400
Номінальна напруга, В	48/96
Початкова швидкість вітру, м/с	2,5
Номінальна швидкість вітру, м/с	10
Діаметр ротора, м	3,2
Кількість лопатей	3

Для підключення та керування вітроустановкою використовується контролер заряду. Зовнішній вигляд контролера представлений на рисунку 2. Контролер комплектується штатним баластом, для реалізації захисту вітроустановки від надмірної швидкості вітру.



Рисунок 2.6 – Зовнішній вигляд контролера заряду ВЕУ

Особливістю обраного контролера заряду є наявність окремого входу для підключенні додаткових сонячних фотомодулів, що може стати в пригоді при модернізації системи електропостачання.

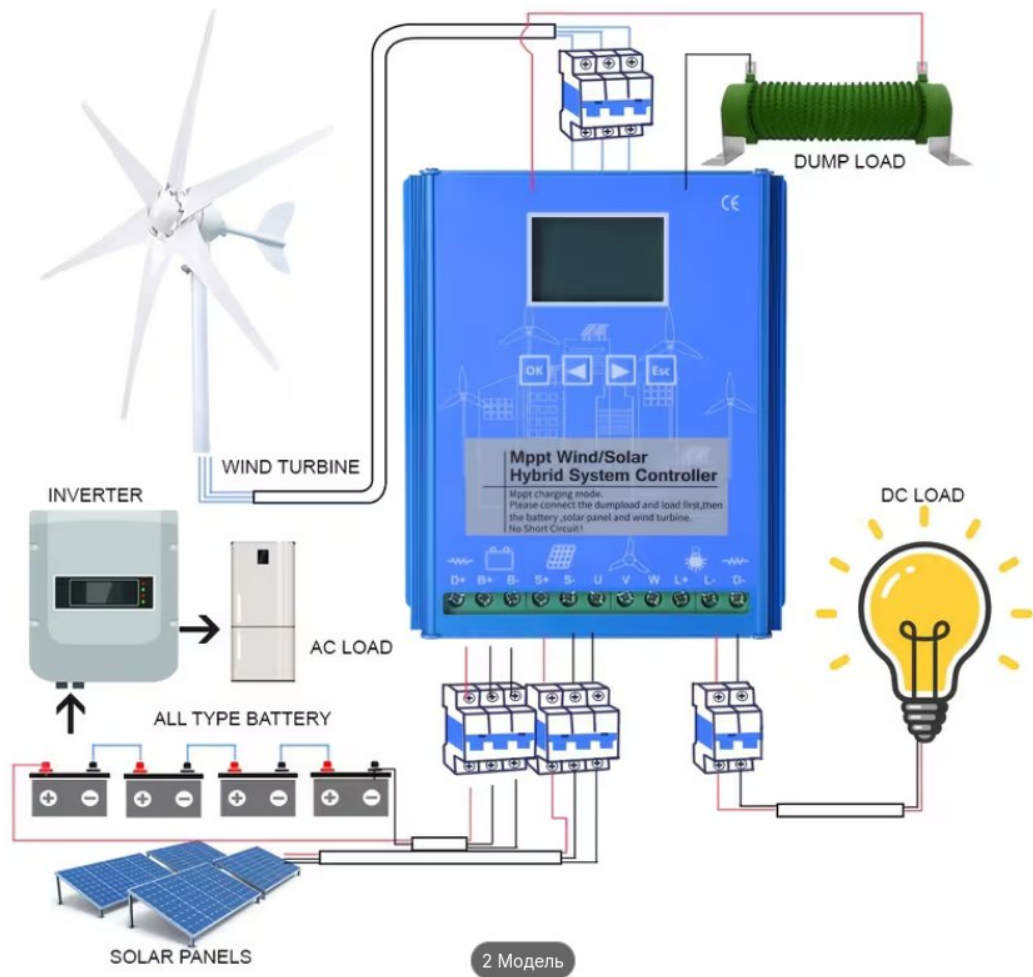


Рисунок 2.7 – Спосіб підключення контролера заряду вітроустановки

Отримаємо розрахунок доступної енергії, що віддасть БЕУ 2 кВт для Харківської області.

Таблица 2

Річна енергія ВЕС 2 кВт

Номер місяця	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Енергія, кВт•год	220	240	220	170	130	110	100	100	120	150	180	210

2.5 Висновки до розділу 2

В другому розділі дипломного проекту виконаний вибір основного силового обладнання запропонованої системи електропостачання фермерського домогосподарства. Параметри гібридного інвертора забезпечуються стабільну роботу системи та мають запас на модернізацію. Показаний розрахунок річної енергії складових системи електропостачання.

РОЗДІЛ 3. АНАЛІЗ ЕНЕРГЕТИЧНОГО БАЛАНСУ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

3.1 Розрахунок енергетичного балансу

Для вирішення завдання дипломного проекту з забезпечення автономного електропостачання фермерського домогосподарства використана гібридна система електропостачання, що дозволяє об'єднувати різні джерела живлення. У таблиці 3.1 представлено річна очікування енергії системи електропостачання.

Таблиця 3.1

Річна енергія системи електропостачання

Номер місяця	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
ВЕУ, кВт•год	220	240	220	170	130	110	100	100	120	150	180	210
ФЕС, кВт•год	187	271	451	556	665	693	710	700	560	393	192	112
Загальна, кВт•год	407	511	671	726	795	803	810	800	680	543	372	322

Для наочності представимо ці дані у вигляді гістограми, що зображена на рисунку 3.1 та представляють собою розподіл енергії ФЕС та ВЕУ. З гістограми видно, що відновлювані джерела повністю забезпечують очікувані потреби фермерського домогосподарства в повному обсязі впродовж 9 місяців в році. Дефіцитними лишаються 11, 12 та 01 місяці. Відповідно дефіцит дорівнює 25%, 35%, 18%. Що може бути перекрито за рахунок дизель –генератора.

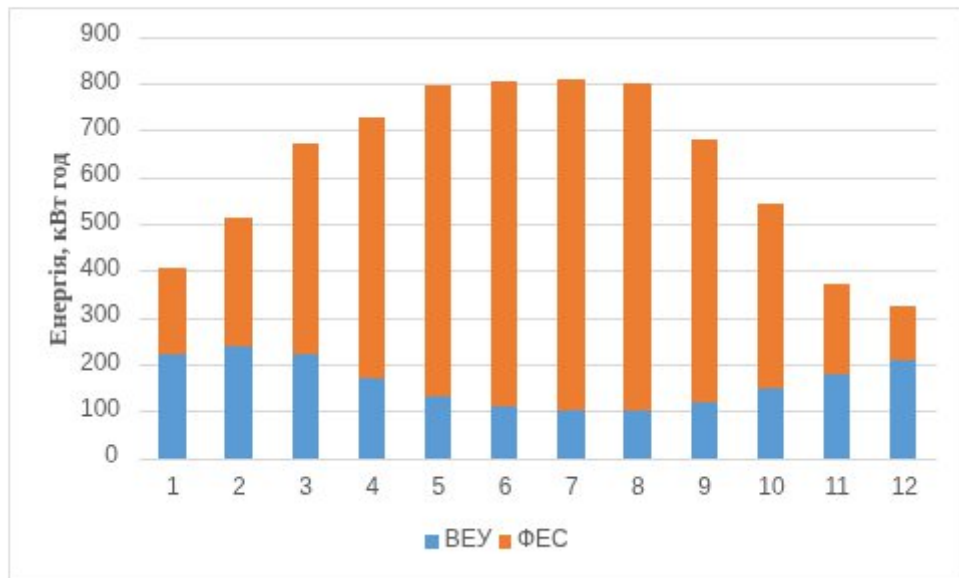


Рисунок 3.1 – Розподіл енергії ФЕС та БЕУ

3.2 Використання генератора для покриття можливого дефіциту

Для вирішення задачі покриття дефіциту енергії, за умови такої потреби, пропонується використовувати дизель-генератор типу JD6000SE від компанії JLT POWER. Основні характеристики:

ГЕНЕРАТОР

- Тип Однофазний генератор
- Регулювання напруги AVR
- Частота змінного струму (Гц) 50 60
- Вихідна напруга змінного струму (В) 220; 230; 240 110/220; 120/240
- Постійна вихідна потужність змінного струму (кВт) 5,0 5,5
- Максимальна вихідна потужність змінного струму (кВт) 5,5 6,0
- Вихід постійного струму (В/А) 12/8,3

ДВИГУН

- Модель JD188FA
- Тип 4-тактний, одноциліндровий з повітряним охолодженням
- Діаметр циліндра × хід поршня 88 × 72 мм
- Робочий об'єм (мл) 438
- Макс. потужність (HP/об/хв) 12/3000/3600
- Паливо Дизель
- Ємність паливного бака (л) 16
- Кількість годин безперервної роботи (год) 10
- Ємність масляного бака (л) 1,35
- Система запалювання SAE10W/30.
- Система запуску Електрична
- Рівень шуму під час роботи (на відстані 7 м) дБ(А) 72

АГРЕГАТ

- Габарити Д × Ш × В (мм) 999 × 600 × 703 мм
- Вага нетто (кг) 160

- Вага брутто (кг) 165
- Кількість у 20/40-футовому контейнері 72/144

Зовнішній вигляд генератора представлений на рисунку 3.2



Рисунок 3.2 – Дизель-генератор JD6000SE

3.3 Висновки з розділу 3

У розділі 3 дипломного проекту виконаний розрахунок енергетичного балансу. Встановлено, що відновлювані джерела забезпечують автономне електропостачання впродовж 9 місяців. Для покриття дефіциту запропоновано використання дизель-генератора. Показано, що дефіцит не перевищує 35% в грудні місяці.

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Завдання в галузі охорони праці

Держава Україна піклується про поліпшення умов охорони праці, наукової організації, про збереження, а надалі й повного витиснення важкої фізичної праці на основі комплексної механізації й автоматизації виробничих процесів у всіх галузях економічної діяльності.

Основні правові засади охорони праці в Україні викладені в Конституції України, в якій сказано: «...кожний громадянин має право на безпечні і здорові умови праці». Також вказано на заборону використання праці жінок і неповнолітніх на шкідливих для їх здоров'я роботах.

Стаття 38 Конституції України говорить про охорону трудових прав громадян і заборону будь-яких обмежень при прийомі на роботу громадян і заборону будь-яких обмежень в залежності від раси, національності і релігії.

Закон України «Про охорону праці» був прийнятий 24.11.92 р., друга редакція його – в 2002 р.

В сукупності законодавство по правовій основі охорони праці регламентує режим робочого часу і відпочинку робітників та службовців, трудові права громадян, гарантії і компенсації, трудову дисципліну, працю жінок, працю молоді, пільги для працюючих і службовців, що сполучають роботу з навчанням.

На підставі Кодекса законів про працю (КЗПУ) вирішуються конкретні заходи щодо створення здорових і безпечних умов праці, забезпеченню здорових і безпечних умов праці, виключенню нещасних випадків і професійних захворювань, що регламентуються спеціальними правилами.

У розвитку основних положень законодавства про охорону праці розробляють ряд нормативно-правових документів, що передбачають безпеку, охорону праці та електробезпеку: «Санітарні норми і правила (СН)», «Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів (ПТЕ)», Правила безпеки

при експлуатації електроустановок споживачів (ПБЕЕ)» тощо. Одним з найважливіших комплектів нормативно-правових документів по охороні праці є «Система стандартів безпеки праці» (ССБП), що представляє собою комплекс взаємозалежних стандартів, спрямованих на забезпечення гігієни, безпеки праці, електробезпеки.

На даний час, враховуючи спрямування на активний розвиток відновлюваних джерел енергії (Закон України «Про альтернативні джерела енергії» від 20.02.2003, Закон України «Про приєднання України до Статуту Міжнародного агентства відновлювальних джерел енергії (IRENA)» від 05.12.2017), є важливою розробка заходів, що забезпечують збереження здоров'я працюючих при спорудженні, експлуатації й ремонті таких об'єктів енергетики.

Виходячи з такого стану, а також базуючись на стратегії розвитку України в галузі охорони праці, задачею розділу «Охорона праці» є розробка комплексу організаційно-технічних заходів з охорони праці при монтажі кабельних з'єднань у системі сонячної електростанції для живлення станції заряджання електромобілів, яка є об'єктом проектування бакалаврської роботи.

4.2 Аналіз умов праці при монтажі кабельних з'єднань у системі сонячної фотоелектричної станції для живлення станції заряджання електромобілів

Згідно з Положеннями Правил улаштування електроустановок (ПУЕ), місця з'єднання і відгалуження жил кабелів, що використовують в проектованій системі сонячної фотоелектричної станції, а також їх з'єднувальні та відгалужувальні стискання повинні мати ізоляцію, рівноцінну ізоляції кабельних жил. Для забезпечення такої вимоги кабельні з'єднання монтують в кабельних муфтах (рис. 3.1). Електричні з'єднання заливають припоєм, а потім - кабельною масою з метою захисту від механічних пошкоджень, кліматичних впливів, вологи тощо.

Кабельні з'єднання монтують та ізолюють з застосуванням епоксидного компаунду і спеціальних лаків № 1 і 2.

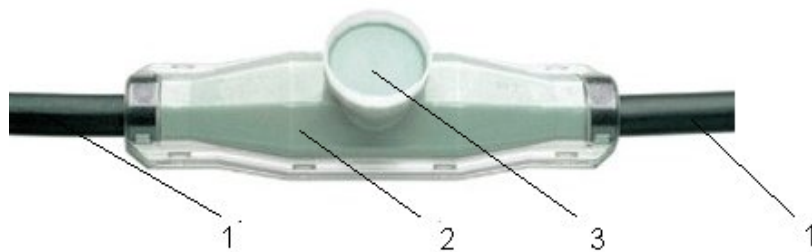


Рис. 3.1 З'єднання кабелів у кабельній муфті: 1 – кабель; 2 – кабельна муфта;
3 – отвір для заливання кабельної маси

При обробленні кабелю в муфті чи воронці і їхньому заливанні кабельною масою, її доводиться розігрівати до температури 120 - 130 °С. Цей процес небезпечний для електромонтажників у відношенні отримання опіків, що вони можуть отримати при розбризкуванні розігрітої маси, а також при її загоранні.

Тому, кабельну масу потрібно розігрівати поза приміщенням на електронагрівачі чи на жаровні, застосовуючи як паливо вугілля, газ чи електричну енергію. Температуру маси, що розігрівається, контролюють

термометром, при цьому її не можна доводити до кипіння, тому що це може викликати спалах пари і її загоряння. При розігріванні кабельну масу, для рівномірного її нагрівання, необхідно перемішувати сталевим прутком чи спеціальною ложкою, але не дерев'яною палицею, що може виявитися вологою. Потрапляння навіть незначної кількості вологи в розплавлену кабельну масу може викликати її розбризкування. Щоб уникнути травм кабельну масу необхідно переливати з каструлі в кабельні муфти чи воронки в брезентових рукавицях і в запобіжних окулярах. Муфта чи воронка перед заливанням їхньою кабельною масою повинні бути ретельно просушені, щоб уникнути розбризкування гарячої маси паром, що утворилися від вологи. Передавати каструлю з розплавленою масою безпосередньо з рук у руки небезпечно. Спочатку її потрібно поставити на підлогу чи на землю, а після чого її можна взяти.

Аналогічну небезпеку представляє розплавлювання припою для пайки жил чи кабелю для кріплення на жилах кабельних наконечників. Припій розігрівається в сталевому казанку і сталеву ложкою обережно заливається в з'єднувальні клеми чи в кабельні наконечники. Цю роботу також необхідно виконувати в брезентових рукавицях і запобіжних окулярах.

4.3 Виявлення небезпечних і шкідливих виробничих факторів, характерних при виконанні робіт з монтажу кабельних з'єднань у системі сонячної фотоелектростанції

З врахуванням усього вищевикладеного зробимо виявлення небезпечних і шкідливих виробничих факторів (НШВФ), що є потенційними при монтажі кабельних з'єднань у проектованій системі сонячної фотоелектричної станції. Відповідно до Міждержавного ГОСТ 12.0.003-74* «Небезпечні і шкідливі виробничі фактори. Класифікація», НШВФ поділяються на чотири групи: фізичні, хімічні, біологічні, психофізіологічні. В даному випадку біологічні фактори будуть відсутні.

Фізичні фактори:

1. Машини, що рухаються, і механізми, що пересувають обладнання (можливе травмування електромонтажного персоналу).
2. Підвищена чи знижена температура повітря робочої зони (перегрівання працюючих при високих температурах у літню пору року, переохолодження - у зимову).
3. Гострі країки і задирки на поверхні кабелів, інструменту.
4. Підвищене значення напруги електричного ланцюга, замикання якого може відбутися через тіло людини (при налагодженні й іспитах змонтованого електроустаткування).
5. Нестача природного освітлення (при роботі в темний час доби).
6. Підвищена температура поверхні устаткування (при паянні жил і наконечників кабелів, що може призвести до отримання опіків).

Хімічні фактори:

1. Дратівливі речовини (при роботі з епоксидними смолами. При цьому можливі захворювання шкіри – дерматоз, роздратування слизоватої оболонки очей і верхніх дихальних шляхів).

Психофізіологічні фактори

1. Фізичні перевантаження (при розкочуванні й укладанні кабелів).

4.4 Розробка організаційних заходів з охорони праці при монтажі кабельних з'єднань у системі сонячної фотоелектростанції

До основних організаційних заходів охорони праці належать інструктажі.

Ввідний інструктаж проводять інженери по техніці безпеки. Його проводять з усіма прийнятими на роботу незалежно від освіти, стажу роботи.

Повторний інструктаж проводиться на робочому місці не рідше 1 разу на 3 місяці. Поточний (цільовий) інструктаж виконується безпосередньо перед виконанням робіт.

Через кожні 3 роки переглядаються виробничі інструкції з безпеки праці.

Щоб правильно організувати виробничий процес, робітники повинні бути навчені методам, безпечним прийомам праці. Для цього навчання інженерно-технічних робітників проводиться відділом технічного навчання по затвердженим програмам. Крім того, з кожним робітником проводиться спеціальний інструктаж і навчання з безпеки праці.

Регулярно проводяться медогляди робочих і інженерно-технічних робітників, які працюють в шкідливих умовах, а також флюорографічний огляд всіх працюючих.

Персоналу, що працює в шкідливих умовах, надаються пільги і компенсації.

До робіт допускаються лише електромонтажники, які пройшли цільовий інструктаж з охорони праці.

4.5 Розробка технічних заходів з охорони праці при монтажі кабельних з'єднань у системі сонячної фотоелектростанції

Використовуючи дані з виявлених небезпечних і шкідливих виробничих факторів (Р.3.3), розробляємо необхідні технічні заходи захисту, які представляємо у вигляді зведеної таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Заходи і засоби захисту при монтажі кабельних з'єднань у системі сонячної фотоелектростанції

НШВФ	Заходи і засоби захисту електромонтажного персоналу при монтажі кабельних з'єднань
1	2
1. Фізичні	
1.1 Гострі крайки чи задирки на поверхні жил кабелів	- забезпечення робітників спецодягом, брезентовими рукавицями
1.1 Підвищена або знижена температура робочої зони	- виробничо-побутові приміщення для охолодження (обігріву) робітників; - забезпечення робітників спецодягом;
1.2 Недолік природного освітлення	- застосування переносних світильників. Живлення світильників повинне забезпечуватися від понижувального трансформатора напругою 10 В. Забороняється використання автотрансформаторів

Таблиця 3.1 Продовження

1	2
1.3 Підвищена напруга електричного кола, замикання якого може пройти через тіло людини	- не струмоведучі металеві частини устаткування повинні бути заземлені; - застосування електромонтажного персоналу електрозахисних індивідуальних засобів: діелектричні рукавички, діелектричні боти
1.4 Підвищена температура поверхні устаткування	- при пайці з'єднань кабельних жил і кабельних наконечників необхідно використовувати брезентові рукавиці і запобіжні окуляри
1.4 Розташування робочого місця на значній висоті	- при закріпленні змонтованих кабелів по конструкціях будинку, стінам слід застосовувати діелектричні драбини
1.5 Падаючі предмети	- огороження робочої зони, у якій виробляються роботи на висоті і можливі падіння предметів; - застосування захисних головних уборів;
1.6 Підвищена загазованість робочої зони	- застосування індивідуальних засобів захисту органів дихання – респіраторів від дії шкідливих парів епоксидної смоли
2. Хімічні	
2.1 Дратівні речовини	- до роботи з епоксидними смолами допускаються особи не молодше 18 років; - застосування гумових чи поліетиленових рукавичок, фартухів, пластмасових нарукавників, захисних окулярів; - застосування біологічних рукавичок у вигляді тонкого шару спеціальної захисної пасти;

Кабельні з'єднання монтують та ізолюють з застосуванням епоксидного компаунду і спеціальних лаків № 1 і 2.

Такому електромонтажному персоналу перед виконанням робіт необхідно видавати відповідний спецодяг і індивідуальні засоби захисту (рис. 3.2).



Рис. 3.2 Спецодяг і індивідуальні засоби захисту електромонтажного персоналу при монтажі кабельних з'єднань у системі фотоелектричної станції: 1 – спецодяг; 2 – спецвзуття; 3 – захисні печатки з латексним покриттям; 4 – захисна каска; 5 – захисні окуляри з герметичною оправою; 6 - респіратор

4.6 Забезпечення електромонтажного персоналу нормативними санітарно-гігієнічними вимогами. Розрахунок необхідної площі тимчасових пересувних санітарно-побутових приміщень

Проектування санітарно-гігієнічного забезпечення включає визначення переліку необхідних приміщень, розрахунок потрібної їх площі і вибір необхідних таких інвентарних виробів.

Номенклатура приміщень включає санітарно-побутові приміщення, приміщення охорони здоров'я (медпункт), громадського харчування (приймання їжі), приміщення для сушки, знепилення, знезараження і ремонту спецодягу і спецвзуття. Конкретний їх перелік встановлюють залежно від виконуваних робіт.

Визначимо площу таких приміщень для виїзної бригади електромонтажників, які виконують роботи з монтажу кабельних ліній, їх з'єднань на фотоелектричній сонячній електростанції, що призначена для зарядки електромобілів. Розрахунок потрібної площі таких приміщень зведений в таблицю 3.2.

Таблиця 3.2. Потрібні площі санітарно-побутових приміщень для виїзної бригади електромонтажників для монтажу кабельних ліній, їх з'єднань на сонячній фотоелектричній станції

Найменування приміщення	Розрахункова кількість робочих, осіб	Нормативна площа, м ²	Потрібна площа, м ²
1 Побутові приміщення	6	0,9	5,4
2 Гардероб	6	0,82	5
3 Уборна	6	0,2	2,4
4 Приміщення для прийому їжі	6	0,25	3
5 Кімната для відпочинку, обігріву, захисту від сонця і атмосферних опадів	6	0,7	5
6 Приміщення для зберігання і сушіння спецодягу	6	0,1	1,5

Примітка: площа деяких приміщень вибрана виходячи з мінімально допустимих значень.

Виробничо-побутові приміщення можуть бути трьох типів: рухомі, контейнерні і збірно-розбірні. В даному випадку ми використовуємо контейнерні приміщення (вагончик) (рис. 3.3).

4.7 Висновки з розділу 4

У розділі «Охорона праці поведений аналіз умов праці при монтажі кабельних з'єднань у системі сонячної електростанції для живлення станції заряджання електромобілів. У результаті аналізу виявлені небезпечні шкідливі виробничі фактори, які можуть діяти на електромонтажний персонал. З метою збереження здоров'я персоналу розроблені організаційні й технічні заходи з охорони праці. Підібрані необхідні засоби індивідуального захисту. Розрахована потрібна площа пересувних санітарно-побутових приміщень і підібраний необхідний тип інвентарного вагончика.

Описані правила надання долікарської допомоги потерпілому у разі нещасного випадку при виконанні робіт.

ВИСНОВОК

У розділі «Охорона праці поведений аналіз умов праці при монтажі кабельних з'єднань у системі сонячної електростанції для живлення станції заряджання електромобілів. У результаті аналізу виявлені небезпечні шкідливі виробничі фактори, які можуть діяти на електромонтажний персонал. З метою збереження здоров'я персоналу розроблені організаційні й технічні заходи з охорони праці. Підібрані необхідні засоби індивідуального захисту. Розрахована потрібна площа пересувних санітарно-побутових приміщень і підібраний необхідний тип інвентарного вагончика.

Описані правила надання долікарської допомоги потерпілому у разі нещасного випадку при виконанні робіт.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. <https://energystorage.com.ua/wp-content/uploads/2020/03/Itog1.pdf>
2. Закон України «Про охорону праці».- Київ : 2002.
3. Законодавство України про охорону праці. Збірник нормативних документів.
4. Алексеева С.В., Усенко В.Р. Гигиена труда. – Москва : Медицина, 1998. - 576 с.
5. Серіков Я.О. Основи охорони праці / Навч. посібник для студентів вищих навчальних закладів. Харків : ІОЦ ХНАМГ, 2007. – 227 с.
6. Серіков Я.О. Основи електробезпеки / Навч. посібник для студентів вищих навчальних закладів. Харків : СМІТ, 2011. – 285 с.
7. ГОСТ 12.0.003-74*. Міждержавний стандарт. Небезпечні і шкідливі виробничі фактори. Классификация.
8. ДСН 3.3.6.042-99. Повітря робочої зони. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги.
9. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку і інфразвуку.
10. ДБНВ 2.5. – 28 – 2006 Природне і штучне освітлення.
11. ДНАОП 0.00-1.31-99 Норми площі на працюючих.
12. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.
13. ДНАОП 0.00 – 1.32.01 Правила улаштування електроустановок.
14. ГОСТ 12.1.030-81*. ССБТ. Міждержавний стандарт. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление.
15. ДНАОП 0.00-1.21-98. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів.
16. Правила пожежної безпеки в Україні.
17. НАПБ Б 03.001-2004 Типові норми належності вогнегасників.

ДОДАТОК А