

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 проєкту (роботи)

бакалавра

на тему:

«РОЗРОБКА ГІБРИДНОГО ЕНЕРГЕТИЧНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ
ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ФЕРМИ З ВИРОЩУВАННЯ ШОВКОПРЯДІВ»

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



Н.В. Вікулова

Керівник



М.Л. Глебова

Рецензент



О.Б. Єгоров

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»
завідувач кафедри АЕЕ



доц. О.Б. Єгоров

“ 14 ” червня 2026 року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ СТУДЕНТУ

Вікуловій Наталі Василівні

1. Тема проєкту: Розробка гібридного енергетичного комплексу для
електропостачання ферми з вирощування шовкопрядів

керівник проєкту (роботи) Глебова Марина Леонідівна, канд. техн. наук, доцент
затверджені наказом вищого навчального закладу 22.05.2026 року № 440-03.

2. Строк подання студентом проєкту 14 червня 2026 року.

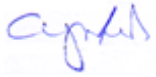
3. Вихідні дані до проєкту (роботи): Загальна характеристика виробництва,
кліматичні характеристики місцевості .

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Короткий опис виробництва та обґрунтування способу живлення,
структура електричного навантаження. Аналіз можливих варіантів застосування
автономних джерел. Оцінка вітрового та сонячного потенціалу. Вибір вітрової
та сонячної установок, інвертору, акумуляторів, кабелів. Аналіз охорони праці
та заходи для її поліпшення.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): 1) Порівняння структур енергетичних установок. 2) Природні
характеристики місцевості та вибір схеми енергетичної установки. 3).

Характеристики вітрової установки та акумуляторів. 4). Характеристики сонячної установки та інвертору. 5. Схема розподільного щита, заземлення .

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розрахункова частина	Глебова М. Л., доцент 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	Обґрунтування необхідності застосування автономної енергетичної установки на Миргородському grenзаводі	25.05.2026-30.05.2026	
2	Аналіз рішень та розробка структури автономної системи	31.05.2026-06.06.2026	
3	Розробка заходів з охорони праці	07.06.2026-10.06.2026	
4	Підготовка та подання дипломної роботи до захисту.	11.06.2026-14.06.2026	

Студент  Наталя Вікулова

Керівник  Марина Глебова

РЕФЕРАТ

Дипломна робота бакалавра: 69 сторінок пояснювальної записки, 3 розділи, 27 рисунків, 11 таблиць, 5 аркушів графічної частини, 23 використаних джерел інформації.

Метою роботи була розробка автономної системи електропостачання підприємства з вирощування шовкопрядів. Кліматичні умови місцевості сприяють застосуванню гібридної установки з отримання електроенергії від сонця та вітру. Для вітрової генерації запропонована установка Estar-H 30 потужністю 30 кВт. Сонячна частина комплектується з модулів типу Amerisolar AS-6P30. Для забезпечення сумісної роботи складових застосований гібридний інвертор PH1100-12 KL3-E1. Накопичення надлишку електроенергії та згладжування генерації передбачено за допомогою літій-залізо-фосфатних (LiFePO_4) акумуляторів.

Для забезпечення живлення виробництва в разі тривалої одночасної відсутності сонця та вітру передбачений дизельний генератор.

Розроблена схема ввідного щита в виробниче приміщення та запропонована технологія перемикачів при переході на живлення від дизельного генератора.

В розділі охорони праці приділена увага законодавчим актам направленим на поліпшення умов праці, виконаний аналіз виробничого процесу на підприємстві, розглянуті шкідливі та небезпечні фактори та заходи з їх усунення, розроблений пристрій заземлення.

Ключові слова: КЛІМАТ, ВІТРОВА УСТАНОВКА, СОНЯЧНА УСТАНОВКА, ІНВЕРТОР, АКУМУЛЯТОРИ, РОЗПОДІЛЬНИЙ ЩИТ, БЕЗПЕКА ПРАЦІ, ЗАЗЕМЛЕННЯ.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ	7
ВСТУП	8
1 ОБҐРУНТУВАННЯ НЕОБХІДНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ АВТОНОМНОЇ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ УСТАНОВКИ НА МИРГОРОДСЬКОМУ ГРЕНЗАВОДІ	10
1.1 Історичні аспекти становлення шовківництва на Полтавщині	10
1.2 Технологічні основи вирощування шовкопрядів та необхідне обладнання і аспекти становлення шовківництва на Полтавщині	11
Висновки за розділом 1	13
2 АНАЛІЗ РІШЕНЬ ТА РОЗРОБКА СТРУКТУРИ АВТОНОМНОЇ СИСТЕМИ	14
2.1 Використання відновлюваних джерел для автономного електропостачання	14
2.2 Гібридні системи з використанням дизельних електростанцій	15
2.3 Комбіновані вітро-сонячно-дизельні системи	17
2.4 Вибір складу і структури енергетичного комплексу	18
2.4.1 Оцінка енергетичних потреб та потужності шовковичної ферми	19
2.4.2 Вітровий потенціал місця розташування енергетичної установки	21
2.4.3 Потенціал сонячної енергії в місці розташування енергоустановки	23
2.5 Розрахунок параметрів вітрової установки	26
2.5.1 Пропозиції з застосування вітрової установки заводського виготовлення	28
2.6 Розрахунок та вибір сонячної установки	29
2.7 Розрахунок випрямляча для вітрового генератора	31
2.8 Вибір гібридного інвертора	35
2.9 Вибір типу, кількості та ємності акумуляторних батарей	37
2.10 Вибір резервного паливного генератора	42
2.11 Вибір з'єднувальних кабелів, способу прокладання та їх перерізів	43
2.12 Схема розподільного щита виробничого приміщення	44
2.12.1 Технологія виконання перемикань джерел живлення	46

Висновки за розділом 2	47
3 ОХОРОНА ПРАЦІ	48
3.1 Основні законодавчі акти, підзаконні акти та нормативні документи охорони праці	48
3.2 Характеристика підприємства та виконуваних робіт	51
3.3 Шкідливі та небезпечні фактори. Заходи з їх запобігання	52
3.3.1 Мікроклімат виробничих приміщень	55
3.3.2 Захист від шкідливих газів, пилу	57
3.4 Забезпечення безпеки працівників підприємства під час монтажу вітрової установки	58
3.5 Пожежна безпека на фермі	59
3.6 Електрична безпека ферми. Розрахунок пристрою заземлення	62
Висновки за розділом 3	65
ВИСНОВКИ	66
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ	68

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

ВДЕ – відновлювані джерела енергії;
ППЕ – перетворювач первинної енергії;
В/П – випрямляч чи перетворювач електроенергії;
АКБ – акумуляторна батарея;
АІ – автономний інвертор;
Н – навантаження;
БН – баластне навантаження;
ДЕС – дизельна електростанція;
СЕС – сонячна електростанція;
ВЕС – вітрова електростанція;
РЩ – розподільний щит;
АКБ – акумуляторна батарея;
НПАОП – Нормативно-правові акти з охорони праці;
ДСанПіН – Державні санітарні правила і норми;
ВЕУ – вітроенергетична установка;
ВЕУ – вітрова енергетична установка;
ККД – коефіцієнт корисної дії;
ВК – вітрове колесо;
ЕРС – електрорушійна сила;
СГПМ – синхронний генератор із збудженням від постійних магнітів;
ЗП – пристрій заземлення
ПУЕ – Правила улаштування електроустановок.

ВСТУП

Розвиток сучасного суспільства значною мірою визначається рівнем виробництва та ефективністю використання електричної енергії, яка є необхідною складовою практично всіх сфер життєдіяльності людини.

Енергетична галузь пройшла шлях від невеликих локальних електростанцій до потужних централізованих систем, які охоплюють процеси генерації, передачі, розподілу та споживання електроенергії. У результаті сформувалися складні енергосистеми, такі як європейська мережа ENTSO-E та Об'єднана енергосистема України. Водночас протягом останніх десятиліть активно розвивається інша модель – розподілена енергетика, що передбачає використання численних джерел меншої потужності. Такий підхід став можливим завдяки впровадженню ефективних газотурбінних і парогазових установок, а також стрімкому розвитку відновлюваних джерел енергії.

Серед альтернативних джерел особливе місце посідають сонячна та вітрова енергетика. Вони здатні забезпечувати електроенергією як великі об'єкти, так і віддалені малопотужні споживачі. Наразі для таких споживачів часто застосовуються автономні системи з використанням паливних генераторів, які відзначаються високою вартістю виробництва електроенергії, значним споживанням ресурсів та негативним впливом на довкілля.

Ключовими вимогами до сучасної енергетики є надійність, доступність, екологічна безпечність та стабільність роботи. Використання енергії сонця і вітру, що є практично невичерпними ресурсами, сьогодні розглядається як один із найбільш перспективних напрямів генерації електроенергії. Окрім цього, впровадження таких технологій сприяє зниженню залежності країни від традиційних енергоресурсів.

Зокрема, вітрова енергетика належить до економічно вигідних способів виробництва електроенергії. За оцінками Міністерства енергетики США, собівартість електроенергії, виробленої на нових вітроелектростанціях, становить у середньому близько 0,02 долара за кВт·год.

Важливою перевагою об'єктів відновлюваної енергетики є також відносно короткі строки їх будівництва: спорудження вітрових електростанцій зазвичай триває близько дев'яти місяців, а сонячних – від трьох до шести місяців.

Водночас інтеграція відновлюваних джерел, які характеризуються нестабільністю генерації, із традиційною енергетикою потребує підвищення гнучкості всієї енергосистеми.

Очевидно, що модернізація енергетичного сектору передбачає не лише впровадження нових генеруючих потужностей, а й розвиток сучасних технологій передачі електроенергії, систем накопичення та зберігання енергії, інструментів управління попитом і підвищення загальної надійності електропостачання.

Для України це питання є особливо актуальним через постійні ризики пошкодження або втрати окремих генеруючих потужностей. Використання локальних джерел генерації у споживачів із можливістю підключення до енергосистеми дозволяє підвищити стабільність електропостачання, а також забезпечує можливість передачі надлишкової електроенергії в мережу з отриманням економічної вигоди.

У деяких випадках споживачі можуть повністю відмовитися від підключення до централізованої електромережі, забезпечуючи себе електроенергією автономно.

В ряді випадків можлива повна відмова споживачів від приєднання до загальної мережі.

В даній роботі якраз пропонується розробка автономного гібридного енергетичного комплексу для електропостачання ферми з вирощування шовкопрядів.

1 ОБҐРУНТУВАННЯ НЕОБХІДНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ АВТОНОМНОЇ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ УСТАНОВКИ НА МИРГОРОДСЬКОМУ ГРЕНЗАВОДІ

1.1 Історичні аспекти становлення шовківництва на Полтавщині [1]

Шовківництво належить до найдавніших напрямів аграрного виробництва. Завдяки сприятливим природно-кліматичним умовам України ця галузь має значний потенціал для подальшого розвитку. Вона охоплює вирощування шовкопрядів, отримання коконів і грени, виробництво натурального шовку та забезпечення різних галузей промисловості якісною сировиною.

Попри стрімкий розвиток синтетичних матеріалів, натуральний шовк не лише зберігає конкурентоспроможність, а й часто перевершує штучні аналоги. Він відзначається високою міцністю (навіть вищою за сталь при розтягуванні), еластичністю, термостійкістю, а також не накопичує статичної електрики. Крім того, матеріал має відмінні гігієнічні властивості, зокрема добре поглинає вологу та пропускає повітря.

Сфера застосування натурального шовку не обмежується текстильною промисловістю. Його використовують у виробництві технічних виробів, зокрема фільтрів, парашутів, велосипедних шин, поліграфічних трафаретів і навіть музичних інструментів. Особливу цінність шовкові нитки мають у медицині – їх застосовують у хірургії та мікрохірургії як шовний матеріал, оскільки вони не викликають подразнення тканин, сприяють швидкому загоєнню та формують малопомітні рубці. До того ж такі нитки легко зав'язуються, а їх товщина менша ніж у більшості синтетичних аналогів.

Відходи виробництва шовку також мають практичне значення. Завдяки високому вмісту білків та незамінних амінокислот їх можна використовувати для створення адсорбційних препаратів.

За умови раціональної організації виробництва шовківництво може стати безвідходною галуззю. Використання продукції гренажних підприємств сприяє

отриманню додаткових фінансових ресурсів. Водночас вирощування шовковиці позитивно впливає на довкілля: насадження виконують функцію озеленення, захищають ґрунти від ерозії, сприяють накопиченню снігу та формують кормову базу.

Розвиток шовківництва на Полтавщині бере початок із початку XVIII століття. В той період ця діяльність була поширеною серед населення через свою економічну вигідність. За радянських часів розведенням шовкопрядів почали активно займатися колективні господарства. У 1931 році було створено Миргородський шовкорадгосп, який у 1955 році трансформувався у племінну шовкостанцію, а згодом – у гренажний завод.

У 1990-х роках галузь в Україні зазнала значного занепаду. Проте Миргородський гренажний завод залишався одним із небагатьох підприємств, що продовжували працювати в цій сфері. Він співпрацював із науково-дослідними установами, зокрема інститутом шовківництва в Мерефі, а також підтримував міжнародні контакти. На жаль, після пожежі у 2010 році підприємство припинило діяльність.

На сучасному етапі у більшості країн спостерігається стагнація або зменшення обсягів виробництва шовку. Водночас навіть невеликі господарства, маючи 15–16 гектарів насаджень шовковиці, здатні виробляти до 0,6 тони коконів і отримувати стабільний дохід.

У таких умовах українська шовкова продукція має потенціал для значного попиту на світовому ринку. Відродження галузі може стати важливим джерелом валютних надходжень і сприяти економічному розвитку країни.

1.2 Технологічні основи вирощування шовкопрядів та необхідне обладнання [2]

Тутовий шовкопряд отримав свою назву завдяки особливостям живлення, оскільки споживає виключно листя шовковиці (тутового дерева). Як і більшість комах, він проходить чотири основні стадії розвитку: яйце, личинка (гусениця),

лялечка (кокон) і доросла особина – метелик. Останній має доволі великі розміри, з розмахом крил приблизно до 60 мм (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Метелик тутового шовкопряду [2]

Яйця шовкопряду, відомі як грена, є дуже дрібними: в одному грамі може міститися до двох тисяч одиниць. Їх дозрівання триває певний час, а відкладання відбувається влітку – переважно у липні та серпні. У зимовий період грена повинна зберігатися при температурі від 0 до -2 °С, інакше розвиток личинок буде порушений.

Після вилуплення гусениця активно росте протягом приблизно 40 днів, збільшуючись у розмірах у десятки разів та проходячи кілька линьок. Завершальним етапом є формування кокона, всередині якого відбувається перетворення на метелика. Вихід дорослих особин зазвичай припадає на ранкові години. Метелики живуть близько трьох тижнів, не споживаючи їжі, але активно відкладаючи яйця.

Розведення шовкопрядів здійснюється у спеціально обладнаних приміщеннях. Вони мають бути чистими, добре вентильованими, з підтриманням стабільної температури в межах 20 – 25 °С та помірною вологістю. Важливо уникати протягів і різких температурних коливань.

Якщо кокони призначені для виробництва шовку, їх піддають термічній обробці для знищення лялечки. Після цього відбувається процес розмотування коконів і формування шовкової нитки, яка згодом використовується для виготовлення пряжі.

Враховуючи економічну принадність розведення шовкопрядів правління ДП Миргородський гренажний завод прийняло рішення про відродження виробництва.

Основними споживачами електроенергії на фермерському господарстві виступають холодильні системи, вентиляційне обладнання, кондиціонери для нагрівання повітря, освітлювальні прилади, установка для очищення коконів, насосна станція, а також водонагрівальний бойлер. Детальний перелік обладнання із зазначенням кількості та потужності наведено у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Перелік та потужність встановленого обладнання

№ з/п	Найменування приймача	Потужність одиниці, Вт	Кількість приймачів, шт.	Загальна потужність, Вт
1	Холодильні агрегати	500	3	1500
2	Вентилятори	300	3	900
3	Кондиціонери	1000	4	4000
3	Насос водяної станції	450	1	450
4	Бойлер	1800	1	1800
5	Механізм очищення коконів	400	1	400
5	Пральна машина	1500	1	1500
6	Комп'ютер	300	1	300
7	Роутер Wi-Fi	15	1	15
8	Чайник	1500	1	1500
9	Освітлення приміщень	20	40	800
10	Освітлення зовнішнє	20	5	1000
11	Телевізор	100	2	200
Сумарна встановлена потужність електроприймачів, кВт				14,4

З метою забезпечення електричного живлення ферми, що спеціалізується на вирощуванні шовкопрядів і отриманні коконів, доцільно використати автономну енергетичну систему на базі відновлюваних джерел енергії. Такий підхід дозволяє гарантувати стабільне електропостачання незалежно від підключення до централізованих мереж.

Висновки за розділом 1

Шовківництво в Україні має глибокі корені. Одним з провідних підприємств галузь свого часу був Миргородський гренажний завод, роботу якого планується відновити.

В розділі визначене електричне навантаження підприємства та прийняте рішення про застосування автономної енергетичної системи.

2 АНАЛІЗ РІШЕНЬ ТА ВИБІР СТРУКТУРИ АВТОНОМНОЇ СИСТЕМИ

2.1 Використання відновлюваних джерел для автономного електропостачання

Електроспоживання змінюється у часі та має нерівномірний характер, тому генерація електроенергії повинна відповідно адаптуватися до цих коливань. Водночас виробіток енергії сонячними та вітровими установками залежить від природних факторів, що ускладнює узгодження виробництва і споживання. Без застосування систем накопичення енергії забезпечити баланс між генерацією та навантаженням практично неможливо. Саме акумуляторні пристрої дозволяють накопичувати енергію у періоди її надлишку та віддавати її при дефіциті.

Типова структура автономної енергосистеми включає джерело відновлюваної енергії, пристрої перетворення, акумуляторні батареї, інвертор та навантаження, рис. 2.1. [3]

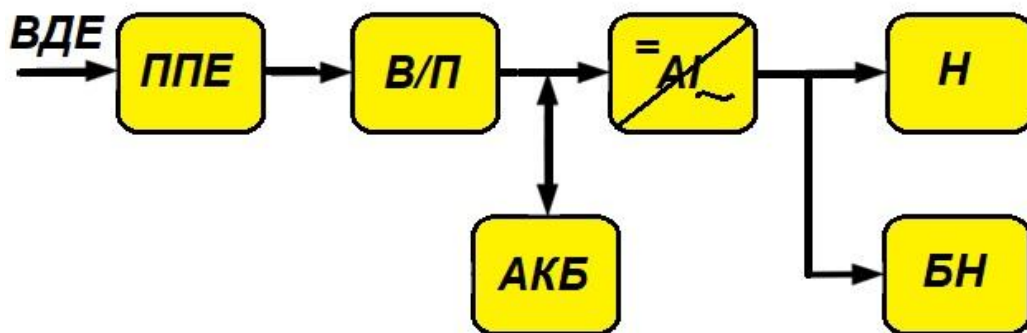


Рисунок 2.1 – Узагальнена структура автономної енергетичної установки.

ВДЕ – відновлюване джерело енергії; ППЕ – перетворювач первинної енергії;

В/П – випрямляч чи перетворювач електроенергії; АКБ – акумуляторна батарея;

AI – автономний інвертор; Н – навантаження; БН – баластне навантаження

Електроенергія подається споживачам у вигляді змінного струму через інвертор, який працює у зв'язці з акумуляторами. Саме ця комбінація визначає максимально можливу потужність системи. Середній рівень навантаження

визначається балансом енергії, накопиченої та використаної, з урахуванням ефективності обладнання.

Надлишкова електроенергія, яка не використовується споживачами, може спрямовуватися на баластні навантаження. Через значні добові та сезонні коливання сонячної та вітрової енергії повністю автономне забезпечення об'єктів лише за рахунок ВДЕ є складним завданням. Тому такі рішення зазвичай застосовуються для споживачів відносно невеликої потужності (в межах 100 кВт).

2.2 Гібридні системи з використанням дизельних електростанцій

Комбінування відновлюваних джерел із дизельними електростанціями (ДЕС) дозволяє створити більш надійні та ефективні системи електропостачання, рис. 2.2. Дизельні генератори, які не залежать від погодних умов, доповнюють нестабільну генерацію ВДЕ, але наявність ВДЕ дає змогу значно зменшити витрати пального та підвищити ресурс роботи обладнання за рахунок скорочення часу роботи дизельної установки.

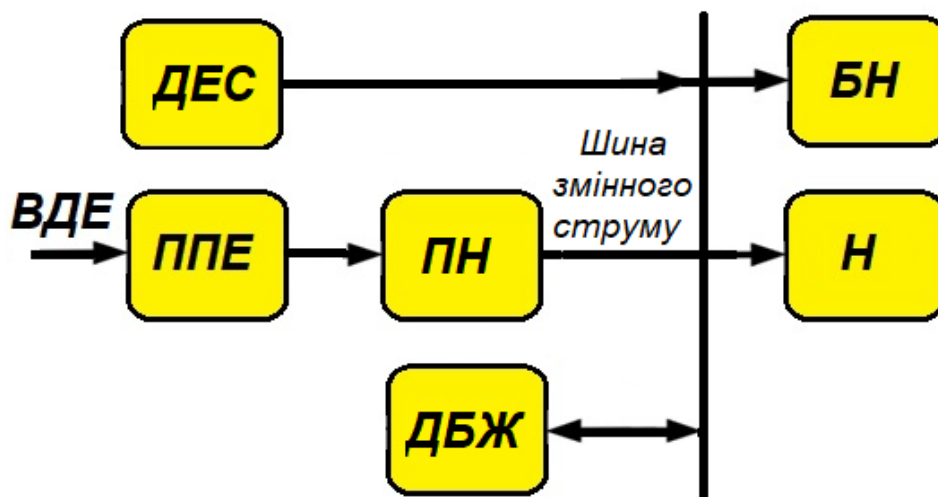


Рисунок 2.2 – Гібридний енергетичний комплекс з дублюючою ДЕС [3]

ДЕС – дизельна електростанція; ВДЕ – відновлюване джерело енергії; ППЕ – перетворювач первинної енергії; ПН – перетворювач напруги; Н – навантаження; ДБЖ – джерело безперебійного живлення; БН – баластне навантаження

У подібних системах різні джерела енергії, як правило, працюють на спільну мережу змінного струму.

У періоди достатньої генерації відновлюваної енергії дизельні генератори вимикаються, а коливання потужності компенсуються акумуляторами. Водночас така схема потребує складніших систем керування.

Співвідношення потужностей між дизельною установкою та ВДЕ визначає режим їхньої взаємодії – роздільний або паралельний. У разі надлишкової генерації енергії вона може відводитися на баластне навантаження. Зазвичай частка енергії з відновлюваних джерел у таких системах становить не менше половини загального балансу.

Розвитком гібридних систем є використання інверторних дизельних електростанцій, які забезпечують економію палива при низьких навантаженнях, рис. 2.3 [3].

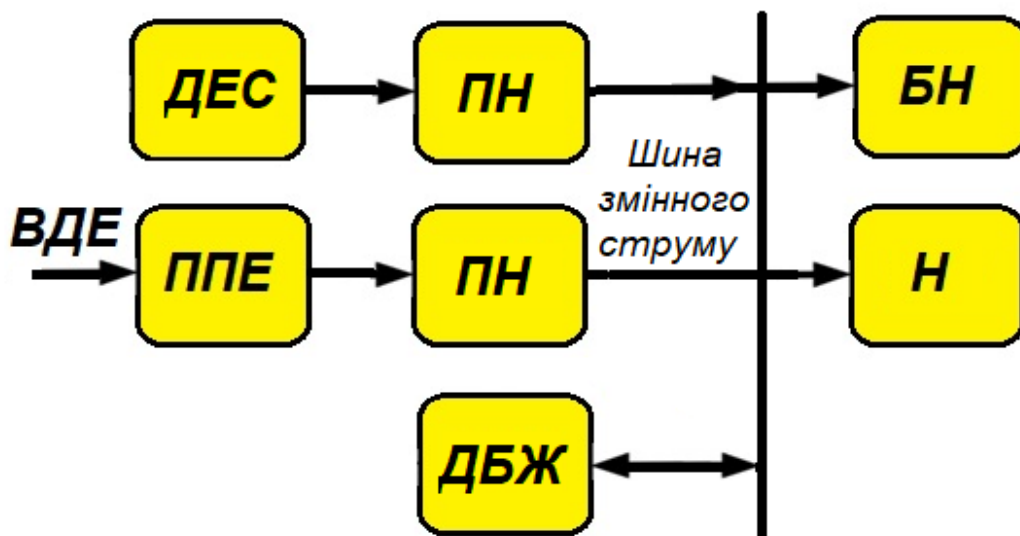


Рисунок 2.3 – Гібридний енергетичний комплекс з шиною змінного струму та інверторною ДЕС [3]

ДЕС –дизельна електростанція; ВДЕ –відновлюване джерело енергії; ППЕ – перетворювач первинної енергії; ПН – перетворювач напруги; Н – навантаження; ДБЖ – джерело безперебійного живлення; БН – баластне навантаження

У таких системах можливе об'єднання різних джерел енергії як на шині змінного, так і постійного струму, що спрощує інтеграцію обладнання різної природи за допомогою випрямлячів або перетворювачів напруги (В/П), рис. 2.4.

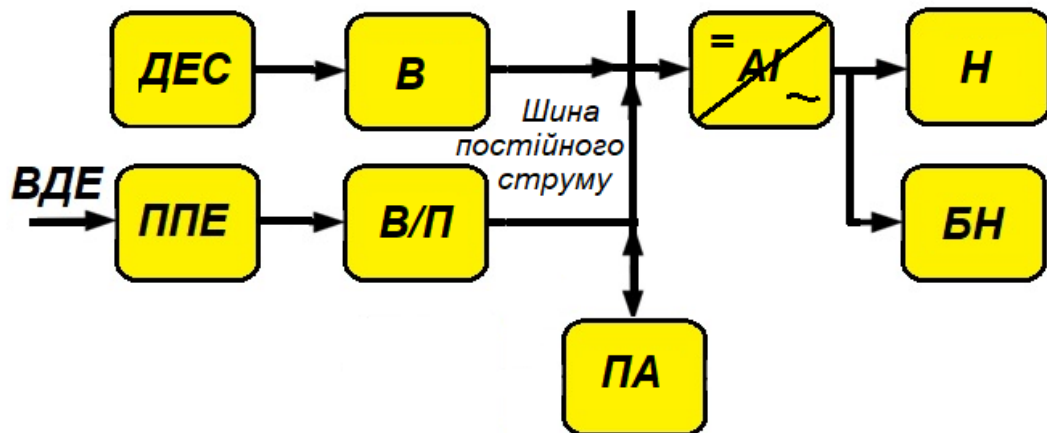


Рисунок 2.4 – Гібридний енергетичний комплекс з шиною постійного струму [3]

ДЕС – дизельна електростанція; ВДЕ – відновлюване джерело енергії; ППЕ – перетворювач первинної енергії; В – випрямляч; П – перетворювач; ПА – пристрій акумуляції;

Н – навантаження; AI – автономний інвертор; БН – баластне навантаження

В тому разі коли при створенні системи розподіленої генерації енергетичні установки ВДЕ інтегруються в існуючі системи електропостачання, переважає шина змінного струму.

2.3 Комбіновані вітро-сонячно-дизельні системи

Найбільш ефективним варіантом автономного електропостачання є поєднання вітрових, сонячних і дизельних установок. У цьому випадку дизельна електростанція виконує роль базового джерела, а відновлювані джерела дозволяють зменшити споживання палива.

Для забезпечення стабільності роботи системи миттєва потужність відновлюваних джерел зазвичай обмежується приблизно половиною потужності дизельної установки. Середнє співвідношення потужностей між ВДЕ та дизельною частиною зазвичай становить близько 1:5.

Перевагою таких систем є їх відносна простота та зменшені вимоги до керування. Водночас їх недоліком є обмежений рівень заміщення традиційної дизельної генерації відновлюваними джерелами енергії.

Структура такого комплексу приведена на рис. 2.5. [3]

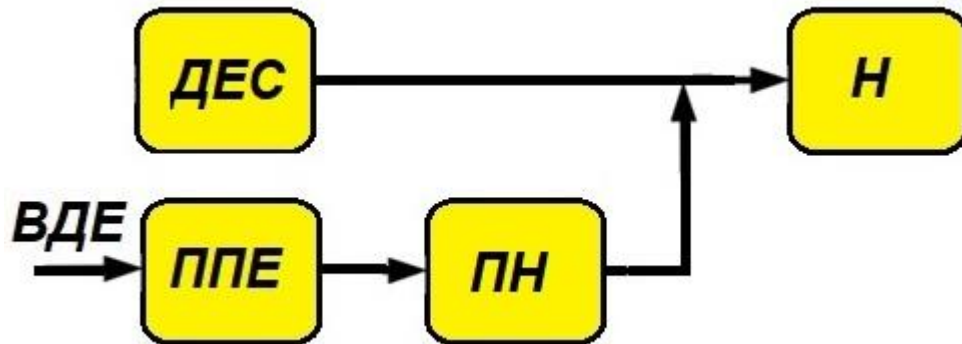


Рисунок 2.5 – Гібридний енергетичний комплекс з ДЕС, яка працює постійно

В/П – випрямляч чи перетворювач напруги; ПА – пристрій акумуляції енергії;

АІ – автономний інвертор

2.4 Вибір складу і структури енергетичного комплексу

Об'єкти відновлюваної енергетики є унікальними через свою залежність від природних умов, різноманіття конструкцій, складу, методів виконання робіт та взаємодії з навколишнім середовищем. Вибір найкращого проекту передбачає врахування множини взаємопов'язаних чинників і здійснюється через серію поступових уточнюючих розрахунків.

До основних показників гібридного енергетичного комплексу, що потребують детального обґрунтування при проектуванні, належать (рис. 2.6):

- енергетичні потреби об'єкта електропостачання;
- оцінка потенціалу відновлюваних джерел енергії (сонячного випромінювання та вітрової енергії);
- характеристики енергетичного обладнання;
- розрахунок встановленої потужності комплексу та його складових елементів;
- параметри комунікаційних мереж.



Рисунок 2.6 – Параметри енергетичного комплексу

На етапі обґрунтування проєкту необхідно провести оцінку його ефективності та здійснити відповідний економічний розрахунок.

2.4.1 Оцінка енергетичних потреб та потужності шовковичної ферми

Системи децентралізованого електропостачання характеризуються значною різноманітністю, що стосується таких параметрів, як встановлена потужність, режими споживання енергії, вимоги до її якості та інші фактори. Це ускладнює їх класифікацію.

Децентралізовані електричні системи найбільше використовуються для постачання енергії таким категоріям споживачів:

- індивідуальні об'єкти з невеликою потужністю (від кількох до десятків кВт), зокрема котеджі, заміські будинки, метеорологічні станції, вежі мобільного зв'язку, польові споруди, фермерські господарства;
- групи непромислових споживачів з потужністю від кількох десятків до сотень кВт;
- великі житлові будинки, мікрорайони, соціальні об'єкти, комерційні установи, медичні заклади, а також населені пункти малоповерхової забудови;
- промислові підприємства з потужністю від сотень до тисяч кВт.

Згідно з інформацією, викладеною в розділі 1, можна зробити висновок, що для забезпечення безперебійної роботи ферми достатньо тільки електричної енергії, тому потреба в інших джерелах енергії відсутня. Потужність

електричного обладнання, яке планується встановити – 14,4 кВт. З урахуванням можливого використання додаткового обладнання, максимальну потужність енергетичної системи приймаємо рівною 20 кВт.

Розрахункове навантаження буде нижчим, і визначатиметься обладнанням яке працюватиме одночасно, а також від навколишньої температури та періоду вирощування шовкопрядів.

З метою забезпечення надійності електропостачання за основу прийнята структурна схема енергетичної установки, показаної на рис. 2.4 з використанням двох складових відновлюваної енергії – вітрової (ВЕС) і сонячної (СЕС) генерації та ДЕС у якості резервної. Можлива сумісна робота тільки ВЕС та СЕС. Приєднання ДЕС до навантаження виконується тільки в разі повної втрати живлення від альтернативних джерел за допомогою перемикачів S1, S2. Прийнята схема показана на рис. 2.7.

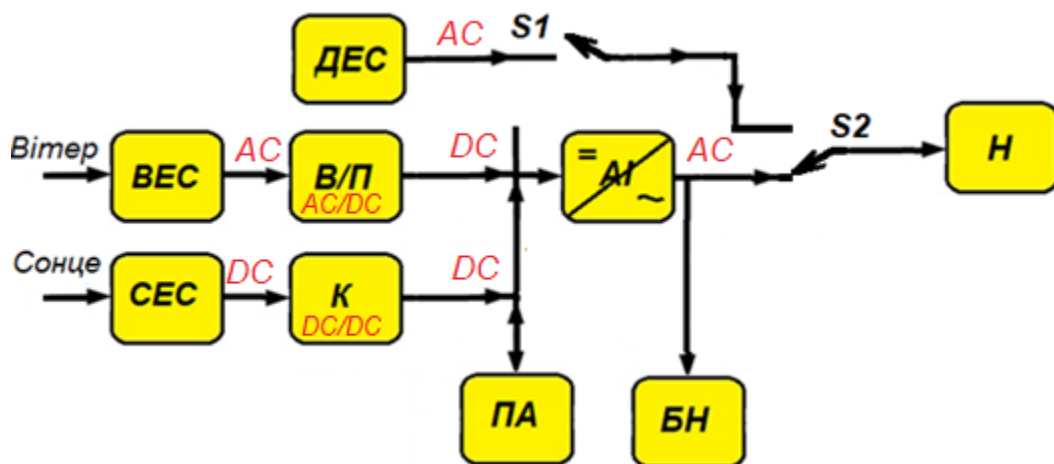


Рисунок 2.7 – Прийнята структурна схема енергетичної установки

ДЕС –дизельна електростанція; ВЕС – вітрова електростанція; СЕС – сонячна електростанція; В/П – випрямляч/ перетворювач напруги; ПА – пристрій акумуляції; К – контролер; Н – навантаження; AI – автономний інвертор; БН – баластне навантаження

Запуск ДЕС передбачається вручну, приєднання також. Час запуску та перемикання не є критичним, тому що на фермі відсутні приймачі які не допускають перерви електропостачання. Потужність ДЕС розраховується тільки на живлення холодильних агрегатів, вентиляторів та освітлення

приміщень і становить 5 кВт. Заряджання акумуляторів від ДЕС не передбачається.

2.4.2 Вітровий потенціал місця розташування енергетичної установки

Територія, де розташована ферма, є рівнинною, неподалік протікає річка Хорол. Клімат регіону характеризується як теплий з помірною вологістю, що створює оптимальні умови для вирощування шовковиці. Погода в даній місцевості визначається наступними факторами: інтенсивністю сонячного світла, значною відстанню до великих водойм, впливом як атлантичних, так і арктичних повітряних мас, а також рівнинним ландшафтом. За інформацією Полтавського обласного гідрометеорологічного центру, середньорічна температура повітря в цій місцевості становить $8,1^{\circ}\text{C}$, а середня річна вологість повітря становить 76%. В літні місяці переважають північно-західні та західні вітри, тоді як взимку найчастіше спостерігаються вітри зі сходу. Швидкість вітру протягом року змінюється, і її середнє значення, згідно з даними Полтавського обласного центру гідрометеорології, дорівнює 4,3 м/с. Інформація про середні показники швидкості вітру по місяцях представлена на графіку, рис. 2.8.

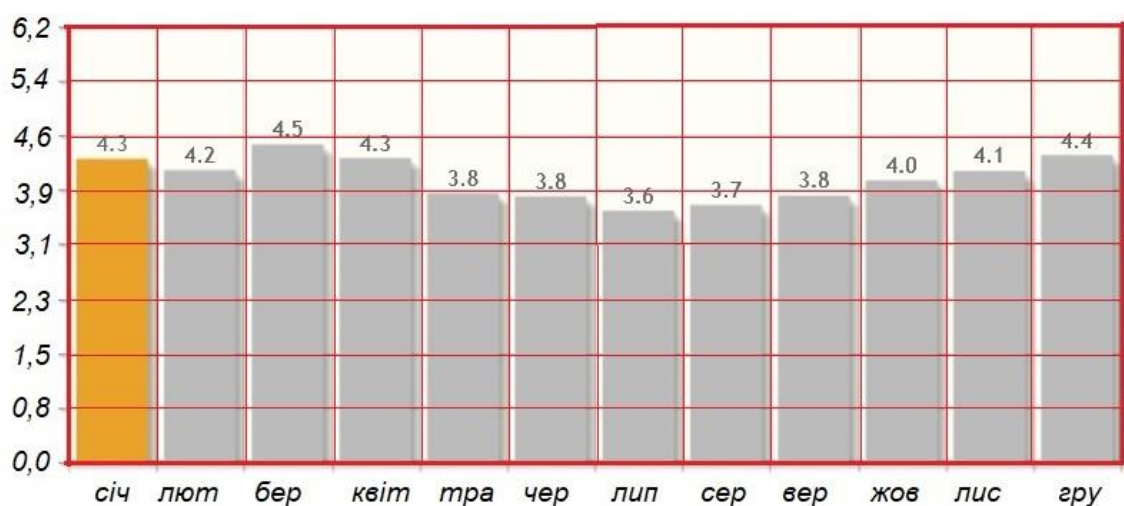


Рисунок 2.8 – Швидкість вітру в районі розташування ферми протягом року [4]

Основним обмеженням використання вітрової енергії є її низька густина. При звичайних швидкостях вітру (не ураганних) енергетичний потік є досить низьким і співмірним з потоком сонячної радіації. Проте, коли вітер посилюється, енергетичний потік значно зростає, хоча його ефективне використання складніше.

Для оцінки вітрового потенціалу в конкретному місці необхідно визначити середню швидкість вітру на рівні передбачуваної висоти вежі вітрової турбіни. Відомо, що швидкість вітру збільшується із відстанню від поверхні Землі, а сам потік стає більш стабільним. Ступінь цього зростання залежить від шорсткості поверхні місцевості. Висота шорсткості поверхні Z_0 визначається як відстань, на якій швидкість вітру дорівнює нулю. Для ділянки з деревами шовковиці, що ростуть поблизу ферми, значення Z_0 становить 0,2 м. [5].

Швидкість вітру на висоті вежі рекомендується визначати за формулою:

$$V = V_1 \times \frac{\ln \frac{H}{Z_0}}{\ln \frac{H_1}{Z_0}}, \quad (1.1)$$

де V – швидкість вітру на висоті вежі H , м/с;

V_1 – швидкість вітру на висоті флюгеру H_1 ;

Z_0 – висота, на якій швидкість вітру дорівнює 0;

Швидкість вітру $V_1 = 4,3$ м/с визначена на висоті $H_1 = 10$ м, а висота вежі прийнята $H = 40$ м. На такій висоті швидкість вітру становитиме:

$$V = 4,3 \times \frac{\ln \frac{40}{0,2}}{\ln \frac{10}{0,2}} = 5,82 \text{ м/с.}$$

Слід також враховувати, що крім швидкості V на кінетичну енергію вітру впливає густина повітря, що суттєво залежить від атмосферного тиску і температури. При атмосферному тиску, близькому до нормального (760 мм),

густина повітря взимку $\rho_{\text{пов}} = 1,32 \text{ кг/м}^3$ (температура $t = -5^\circ\text{C}$), для літа $\rho_{\text{пов}} = 1,21 \text{ кг/м}^3$ ($t = +20^\circ\text{C}$); для весни та осені $\rho_{\text{пов}} = 1,25 \text{ кг/м}^3$ ($t = +10^\circ\text{C}$). [6].

2.4.3 Потенціал сонячної енергії в місці розташування енергоустановки

Інтенсивність сонячного випромінювання визначається сукупністю чинників, серед яких географічне розташування, кут орієнтації поверхні відносно Сонця, кліматичні умови, рівень хмарності й забруднення атмосфери, висота місцевості над рівнем моря, а також сезонні та добові зміни.

Енергетичний потенціал Сонця оцінюють за двома основними показниками: загальною кількістю сонячної енергії, що падає на горизонтальну площину, та тривалістю сонячного освітлення протягом року. Обсяг доступної для використання сонячної енергії можна підвищити шляхом нахилу поверхні під певним кутом. Найбільш ефективним є положення, коли поверхня розміщена перпендикулярно до напрямку сонячних променів, що досягається завдяки спеціальним системам відстеження руху Сонця.

Застосування таких підходів дозволяє збільшити надходження сонячної енергії влітку приблизно на 25–40%, а взимку — на 10–15%. У практичних умовах поверхні зазвичай орієнтують у південному напрямку, а кут нахилу вибирають відповідно до географічної широти місцевості, що вважається оптимальним і технічно доцільним рішенням. Додаткове підвищення ефективності можливе за рахунок сезонного регулювання положення приймальних елементів.

Сонячне випромінювання, яке досягає земної поверхні, має дві складові: пряму та розсіяну. Пряме випромінювання надходить безпосередньо від Сонця без зміни траєкторії, тоді як розсіяне формується внаслідок відбиття та заломлення променів в атмосфері. На рисунку 2.9 представлено схематичне зображення, яке застосовують для обчислення потоку сонячної енергії, що падає на площину з довільною орієнтацією. [7].

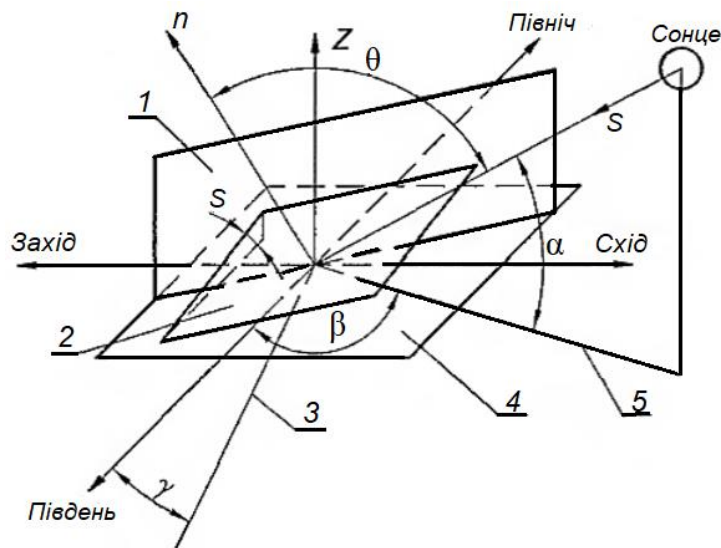


Рисунок 2.9 – Схема для розрахунку сонячного випромінювання

1 – вертикальна площина; 2 – похила площина (досліджуваний майданчик);
3 – горизонтальна проекція нормалі n ; 4 – горизонтальна площина; 5 – горизонтальна проекція сонячного променя; Z – вертикаль місцевості; S – прямі сонячні промені на поверхню Землі; γ – кут нахилу досліджуваного майданчика

Кут падіння прямого сонячного випромінювання θ – кут між напрямом випромінювання на будь-яку поверхню та нормаллю n до цієї поверхні.

Схилення δ – кутове положення Сонця у сонячний південь щодо площини екватора (значення позитивне для північної півкулі).

Азимутальний кут площини γ – відхилення нормалі до площини від місцевого меридіана (відхилення на схід вважається позитивним, на захід – негативним).

Висота Сонця α – кут між напрямком прямого сонячного випромінювання та горизонтальною проекцією сонячного променя.

Азимут Сонця β – кут між горизонтальною проекцією сонячного променя та напрямком на південь.

Середня місячна сонячна радіація, що надходить на горизонтальну та вертикальну поверхню за ясного неба для $49^{\circ}57'57''$ північної широти (Миргород) представлена в табл. 2.1, а дані природної освітленості та її тривалість, між сходом та заходом Сонця показані в табл. 2.2. [4].

Таблиця 2.1 – Середня місячна сонячна радіація, що надходить на горизонтальну та вертикальну поверхню [4]

Місяць	Сонячна радіація пряма/розсіяна, МДж/м ²								
	Поверхня								
	Вертикальна								Горизонтальна
	Пн	ПнСх	Сх	ПдСх	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	
Січень	0/33	0/35	19/37	63/41	95/42	68/40	23/37	1/35	28/59
Лютий	0/57	3/58	28/63	79/67	112/68	89/66	34/62	13/58	52/99
Березень	0/86	15/90	57/98	100/103	143/105	121/102	68/97	16/90	112/171
Квітень	4/99	37/105	96/112	137/112	132/117	126/114	87/113	35/105	185/218
Травень	18/129	61/137	147/142	162/142	132/142	153/143	129/143	70/137	306/274
Червень	34/139	96/145	157/151	150/147	113/146	144/148	137/152	86/146	342/287
Липень	27/134	92/139	161/147	164/143	130/142	154/145	147/148	86/140	342/276
Серпень	9/109	68/117	145/126	183/131	174/128	177/131	130/128	62/117	295/238
Вересень	0/73	33/79	109/86	174/92	201/96	172/92	103/87	33/79	205/166
Жовтень	0/49	9/50	57/53	130/59	168/63	125/60	56/54	8/50	98/109
Листопад	0/26	1/27	19/29	59/31	85/32	62/31	19/29	1/27	30/57
Грудень	0/23	0/24	12/25	48/28	68/29	48/28	14/25	0/24	17/42

Таблиця 2.2 – Природна освітленість в зоні розташування ферми [4]

Місяць	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Середньорічна
Середня сумарна денна горизонтальна по місяцях, тисяч люкс	83	163	282	410	580	655	620	540	375	205	85	55	338
Середня розсіяна денна горизонтальна по місяцях, тисяч люкс	57	110	175	234	287	310	288	249	177	111	59	41	175
Тривалість освітленості, годин	10	11	13	15	17	18	18	16	14	12	11	9	14

2.5 Розрахунок параметрів вітрової установки

Більшість вітрових установок, які застосовуються на сьогодні, головним чином мають горизонтальну вісь обертання та три лопаті. Для даного об'єкту приймаємо аналогічну установку з кількістю лопатей $i_{\text{л}}=3$.

Середня швидкість вітру за рік в районі розташування вітроустановки на розрахунковій висоті вежі становить $V_{\text{ср}} = 5,82$ м/с, але значення номінальної швидкості вітру приймається в межах $(1,25 - 2) \times V_{\text{ср}}$, тобто: [8]

$$\begin{aligned} V_H &= (1,25 - 2)V_{\text{ср}}, \\ V_H &= 1,5 \times 5,82 = 8,73 \text{ м/с}. \end{aligned} \quad (2.1)$$

Потужність вітрової установки розраховується за умови повного забезпечення електричного навантаження ферми, тобто активна потужність генератора повинна становити $N_{\text{ген}} = 20$ кВт (розділ 2.4.1). Розрахунок діаметра вітроколеса D виконується за формулою:

$$D = 45,6 \sqrt{\frac{N}{\xi v_H^3}}, \quad (2.2)$$

де $N_{\text{ген}}$ – потужність вітроустановки, кВт;

$v_H = 8,73$ м/с – номінальна швидкість вітрового потоку;

ξ – коефіцієнт потужності, приймається в межах $\xi = 0,3 - 0,4$. [8].

При коефіцієнті $\xi = 0,35$ діаметр становитиме:

$$D = 45,6 \times \sqrt{\frac{20}{0,35 \times 8,73^3}} = 13,4 \text{ м} \approx 14 \text{ м}.$$

Швидкохідність Z (число модулів) для вітрових коліс з трьома лопатями рекомендується в межах від 4,5 до 7 [8], приймаємо $Z = 6$.

При вказаних параметрах ротор матиме частоту обертання:

$$\omega_{об/хв} = \frac{60 \times Z \times v}{\pi \times D} = \frac{60 \times 6 \times 8,73}{3,14 \times 14,0} = 71,5 \text{ об/хв.} \quad (2.3)$$

В Герцах це становитиме: $\omega_{Гц} = \frac{\omega_{об/хв}}{60} = \frac{71,5}{60} = 1,19 \text{ Гц.}$

Крім вже розрахованої довжини лопаті, що дорівнює половині діаметру вітрового колеса $R = 7,0 \text{ м}$, необхідно визначити відстань, яка називається хордою профілю, між носиком і кінцем лопаті. Хорду у малих вітрових установках приймають змінною вздовж лопаті. Вона залежить від відстані даної точки лопаті до її комелю (кореня), або приблизно від осі обертання.

Довжина хорди визначається за виразом:

$$b = \frac{16 \times \pi \times R \times \left(\frac{R}{r}\right)}{9 \times Z^2 \times i_L}, \quad (2.4)$$

де r – відстань від осі до даної точки лопаті, що змінюється в межах від 0 до R ;

i_L – кількість лопатей, $i_L = 3$;

Z – швидкохідність, $Z = 6$;

R – радіус лопаті, $R = 7,0 \text{ м}$.

Згідно з (3.14) розраховуємо величину хорди на відстані 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0 R , що становить 1,4 м; 2,8 м; 4,2 м; 4,8 м; 7,0 м.

Наприклад, довжина хорди на відстані 1,4 м становить:

$$b_{1,4} = \frac{16 \times 3,14 \times 7,0 \times \left(\frac{7,0}{1,4}\right)}{9 \times 6^2 \times 3} = 1,81 \text{ м.}$$

Відповідно на відстані 2,8 м – 0,9 м; 4,2 м – 0,6 м; 7 м – 0,36 м.

2.5.1 Пропозиції з застосування вітрової установки заводського виготовлення

Серед вітрових установок, які пропонує промисловість України, розрахованим вище характеристикам найбільше відповідає вітровий генератор Estar-H електричною потужністю 30 кВт з горизонтальною віссю. [9]

Він починає працювати вже при швидкості вітру 3м/с, а номінальна величина швидкості 9 м/с, що також відповідає розрахункам.

Вітрова турбіна з електричним генератором має прямий зв'язок – редуктор відсутній, до позитивних якостей слід віднести також те, що застосований електричний генератор із збудженням від постійних магнітів. Вітрогенератор оснащений надійною системою безпеки, з електричними та гідравлічними гальмами, для захисту від пошкодження установки при сильному вітру.

Характеристики вітрової установки представлені в таблиці 2.3, а зовнішній вигляд – на рисунку 2.10. [9]

Таблиця 2.3 – Характеристики вітрової установки Estar-H 30 кВт [9]

Параметр	Значення
Номінальна потужність, кВт	30
Максимальна потужність, кВт	35
Кількість фаз	3
Номінальна напруга, В	230
Діаметр вітрового колеса, м	15,6
Кількість лопатей, шт.	3
Швидкість вітру при зрушенні, м/с	3
Номінальна швидкість вітру, м/с	9
Максимальна швидкість вітру, м/с	59,5
Максимальна частота обертання ротора, об/хв	60
Площа обдування (обмахування), м ²	191
Температурні умови експлуатації, град. Цельсія	-20 – + 50
Коефіцієнт корисної дії генератора	0,95
Рівень шуму, дБ	55
Вага, кг	2750



Рисунок 2.10 – Зовнішній вигляд вітрової установки Estar-H 30 кВт [9]

2.6 Розрахунок та вибір сонячної установки

Необхідна кількість сонячних модулів і їх потужність визначається значенням сонячної інсоляції та кількістю електроенергії яку необхідно отримати. Розміщення модулів планується на землі, хоча така система потребує більших витрат на монтажні конструкції та роботи. Однак у таких систем вища ефективність генерації. Панелі встановлюються на металевих опорних системах. Кількість модулів n визначається за формулою:

$$n = \frac{P_{\text{розр}}}{P_{\text{пан}}}, \quad (2.5)$$

де $P_{\text{розр}}$ – розрахункова потужність СЕС, Вт;

$P_{\text{пан}}$ – потужність однієї панелі, Вт.

Застосовуємо панелі типу Amerisolar AS-6P30 потужністю $P_{\text{пан}} = 265$ Вт.

Тоді для потужності $P_{\text{розр}} = 20000$ Вт необхідно $n = \frac{20000}{265} = 75,5$ шт.

Приймаємо 80 шт., сумарною потужністю 21,2 кВт.

Площа панелі $S_{\text{пан}} = 1,626 \text{ м}^2$, для всієї установки необхідна площа: $S_{\text{уст}} = n \times S_{\text{пан}} = 76 \times 1,626 \approx 124 \text{ м}^2$, розміри панелі – на рисунку 2.11.

Технічні характеристики панелей показані в таблиці 2.4. [10]

Таблиця 2.4 – Технічні характеристики сонячних модулів Amerisolar AS-6P30

Параметр	Значення
Виробник	Amerisolar
Тип	Стаціонарна
Максимальна напруга системи, В	1000
Напруга неробочого ходу (U_{OC}), В	38,3
Номінальна напруга ($U_{\text{мрр}}$), В	30,98
Номінальна потужність, Вт	265
ККД, %	16,29
Тип кристалу	Полікристалічний кремній
Струм короткого замикання (I_{sc}), А	8,98
Кількість комірок (фотоелементів), шт	60
Площа, м^2	1,626
Матеріал рами	Анодований алюміній
Діапазон робочих температур, $^{\circ}\text{C}$	$-40 - +85^{\circ}\text{C}$
Ширина, мм	992
Довжина, мм	1640
Товщина, мм	40
Вага, кг	18,5

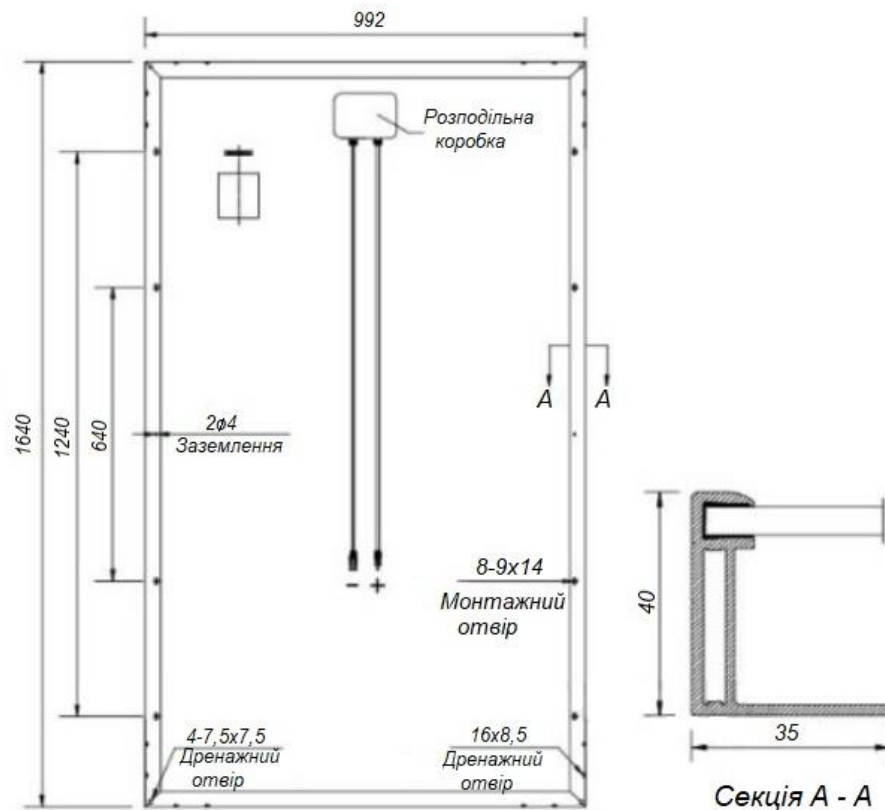


Рисунок 2.11 – Установочні розміри сонячної панелі Amerisolar AS-6P30 [10]

Сонячні панелі з'єднуються послідовно в дві окремі групи (стрінги), кожна з яких приєднується до свого інвертору. Напруга неробочого ходу кожної групи становить 383 В.

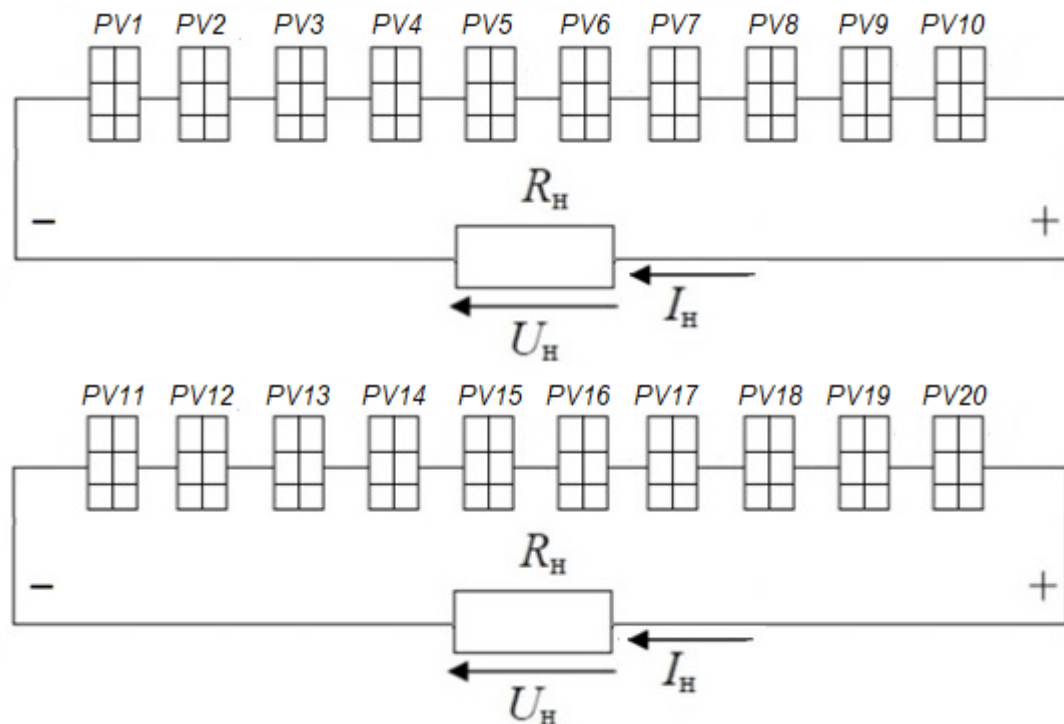


Рисунок 2.12 – Схема з'єднання сонячних панелей

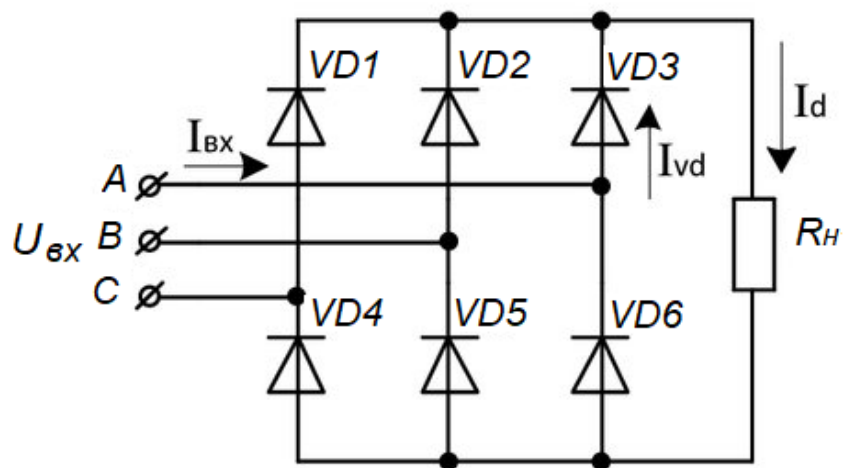
Поділ батареї на групи та приєднання до «свого» контролера дозволяє підвищити надійність роботи системи та її потужність.

2.7 Розрахунок випрямляча для вітрового генератора

Збудження електричного генератора вітрової установки здійснюється за допомогою постійних магнітів, тому регулювати величину збудження, відповідно напругу на виході, неможливо. Напруга, як і частота, залежить від швидкості обертання. Забезпечити постійність параметрів можливо за допомогою електронних пристроїв після випрямлення змінного струму в постійний, враховуючи те, що сонячні панелі також генерують постійний струм і пристрої управління різних джерел можуть використовуватися сумісно. Для заряджання акумуляторів також необхідний постійний струм.

Генератор вітрової установки трифазний, з номінальною лінійною напругою 230 В. Для випрямлення змінного струму має сенс застосування трифазного мостового випрямляча, що зазвичай використовується в схемах зі значним навантаженням.

Вибираємо трифазний мостовий випрямляч MDS 75 A – 1600 В [11], який зібраний за схемою Ларіонова. Схема показана на рис. 2.13, а зовнішній вигляд – на рис. 2.14.



Рисунок

2.13 – Схема випрямляча



Рисунок 2.14 – Зовнішній вигляд випрямляча MDS 75 A [11]

Середня випрямлена напруга U_d на виході такого випрямляча за номінальної напруги генератора визначається виразом:

$$U_d = 2,34 \times \frac{U_L}{\sqrt{3}}, \quad (2.6)$$

де U_L – лінійна напруга генератора, В; $U_L = 230$ В.

$$U_d = 2,34 \times \frac{230}{\sqrt{3}} = 298 \text{ В} \approx 311 \text{ В}.$$

З урахуванням ККД навантаження P_d становитиме:

$$P_d = \frac{P_H}{\eta}, \quad (2.7)$$

де P_d – потужність навантаження, кВт; $P_H = 20,0$ кВт;

η – коефіцієнт корисної дії випрямляча; $\eta = 0,9$.

$$P_d = \frac{20}{0,9} = 22 \text{ кВт}.$$

Розрахунок максимального струму I_d на виході випрямляча при такому навантаженні виконується за формулою:

$$I_d = \frac{P_d}{U_d}, \quad (2.8)$$

$$I_d = \frac{22000}{311} \approx 71 \text{ А}.$$

Середній струм I_{VD} кожного діода в мосту дорівнює:

$$I_{VD} = \frac{I_d}{3} = \frac{71}{3} \approx 23,7 \text{ А}.$$

В закритому стані на кожний діод діятиме максимальна зворотна напруга $U_{зв.мах}$, яка дорівнює амплітуді напруги генератора:

$$U_{зв.мах} = \sqrt{2} \times 230 \approx 324 \text{ В.}$$

В інтервалі провідності під дією лінійної напруги відкрита одна пара діодів протягом інтервалу $\pi/6$. Чергування пар відкритих діодів, графіки миттєвих значень напруги та струмів показані на рис. 2.15.

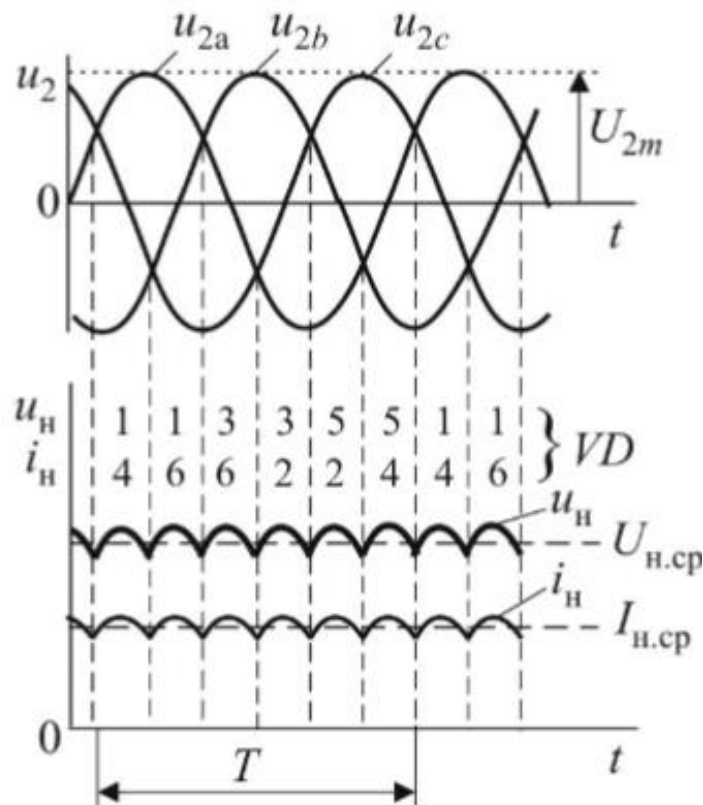


Рисунок 2.15 – Графіки миттєвих значень напруги та струмів випрямляча та чергування роботи діодів

Випрямляч має зварювану конструкцію з АВС-пластику та латуні, обладнаний високоякісною основою, що забезпечує надійну ізоляцію, його приєднання здійснюється за допомогою гвинтів.

Міст не вимагає обслуговування в процесі роботи та має значний строк служби. Технічні характеристики мосту MDS 75 А наведені в табл. 2.5.

Таблиця 2.5 – Технічні характеристики мостового випрямляча MDS 75 A [11]

Параметр	Значення
Модель корпусу	M15
Структура	6 діодів
Номинальний робочий струм, А	75
Максимальний імпульсний струм, А	1000
Максимальна напруги в прямому напрямку при 25 °С, В	1.2
Максимальний зворотний струм при номінальній напрузі, мкА	0,1
Максимальна зворотна напруга, В	1600
Максимальна напруга пробією ізоляції, В	2500
Спосіб монтажу	Гвинтовий
Робоча температура, °С	- 40 – + 150

Встановлення випрямляючого мосту планується безпосередньо біля генератора з метою зменшення втрат напруги.

2.8 Вибір гібридного інвертора

Гібридні інвертори (Hybrid Inverter) [6] є комплексними пристроями, що об'єднують відразу три функції: інвертора (перетворює постійний струм DC від сонячних панелей чи акумулятора в змінний AC), контролеру заряду (контролює та керує процесом заряду акумуляторів) та мережевого зарядного пристрою (заряджає акумулятори від генератора чи панелей залежно від наявності генерації).

Гібридний інвертор може накопичувати надлишок енергії, виробленої сонячними панелями чи генератором ВЕУ, в акумуляторній батареї з метою подальшого використання при недостатності генерації – живлення споживачів забезпечується безперервно.

На випадок тривалого періоду відсутності сонячної чи вітрової генерації передбачений паливний генератор, який запускається персоналом ферми за необхідності живлення окремих приймачів залежно від ситуації (наприклад, холодильних установок чи вентиляції і таке інше). Автоматичний запуск навіть при розряді батарей не планується.

Для встановлення на джерелі живлення шовковичної ферми пропонуються два гібридних інвертора типу Must PH1100-E1) [12] кожний потужністю 12 кВт. Це дозволить підвищити надійність роботи всієї системи.

Вибрані інвертори підтримують сумісну роботу до шести однотипних пристроїв та акумулювати електричну енергію в низьковольтних акумуляторах.

Технічні характеристики інвертора Must PH1100-E1 показані в табл. 2.6, а зовнішній вигляд – на рис. 2.16.

Таблиця 2.6 – Технічні характеристики інвертору PH1100-12 KL3-E1 [12]

Параметр	Значення
Тип батареї	Свинцево-кислотна чи літієва
Напруга батареї, В	48
Діапазон напруги, В	40 – 60
Технологія заряджання	Триступенева адаптивна
Технологія зарядки для Li-Ion акумуляторів	Самоадаптація до BMS
Захист від надструмів/ перегріву	Так/Так
Максимальна потужність заряджання/ розряджання, Вт	12000
Максимальний струм заряджання/ розряджання, А	240
Максимальна вхідна потужність постійного струму, Вт	15600
Максимальна напруга постійного струму, В	800
Діапазон напруги постійного струму при повному навантаженні, В	350 – 650
Діапазон напруги MPPT, В	200 – 650
Кількість МРР трекерів, шт	2
Діапазон регулювання коефіцієнту потужності	0,8 – випередження чи відставання
Номінальна вихідна напруга змінного струму, В	230/400
Номінальна вихідна частота, Гц	50
Тип мережі	Трифазний
Максимальний ККД, %	97,0
Ступінь захисту	IP 65



Рисунок 2.16 – Зовнішній вигляд гібридного інвертору PH1100-12 KL3-E1 [12]

2.9 Вибір типу, кількості та ємності акумуляторних батарей

Генерування електричної енергії сонячними та вітровими установками дуже мінливе і не передбачуване, тому для більш повного використання потужності станцій і гарантованого електропостачання споживачів необхідне застосування пристроїв накопичення електроенергії. Вони дозволяють вирівнювати рівень генерації енергії СЕС та ВЕС і підвищувати якість електричної енергії у споживачів, оскільки можуть згладжувати коливання напруги.

Накопичення та зберігання енергії можливе з використанням механічних, електрохімічних та електромагнітних пристроїв. Вони відрізняються не тільки за принципом дії, а і за часом зберігання та віддачі енергії – накопичувачі короткочасної чи тривалої дії. Швидко накопичують енергію суперконденсатори, супермаховики та індуктивні надпровідні накопичувачі, але вони не забезпечують довготривалого зберігання.

При використанні відновлюваних джерел енергії потрібні накопичувачі тривалої дії, якими можуть слугувати гідравлічні та пневматичні акумулятори, водневі накопичувачі, хімічні акумулятори. Вони дозволяють компенсувати нестабільність вітрової чи сонячної генерації за рахунок запасеної енергії в період її максимального виробництва.

Для порівняння в табл. 2.7 наведені характеристики технологій тривалого зберігання енергії.

Таблиця 2.7 – Порівняльні характеристики накопичувачів [6]

Технологія накопичення	Тип накопичувача	Ємність, МДж	ККД, %
Механічна	Гідроакумуляування	100- 1000	70 – 80
	Стиснене повітря	0,1- 1000	75 – 85
Електрохімічна	Акумуляторна батарея	0,1- 10	60 – 88
	Водень	0,1- 1	20 – 40

З порівняння видно, що ККД системи накопичення залежно від технології знаходиться в межах 20% – 88%, але при виборі системи необхідно враховувати

їх надійність та довговічність, складність експлуатації. Значну роль відіграє також вартість систем. Для невеликих автономних систем електропостачання єдиним рішенням може бути тільки застосування хімічних акумуляторів.

На сьогодні найбільше використовуються такі типи хімічних акумуляторів:

- свинцево-кислотні (AGM/GEL);
- літій-іонні (Li-ion, LiFePO₄);
- нікелеві (NiCd, NiMH).

Вони відрізняються величиною енергетичної ємності, терміном служби, вагою, ціною та призначенням. Традиційно найбільше застосовуються свинцево-кислотні, які є економічно вигіднішими, але мають відносно низьку питому ємність, середній термін служби, дуже важкі і потребують уваги при експлуатації.

Для гібридної автономної станції найбільш виправданим буде застосування літій-залізо-фосфатних (LiFePO₄) акумуляторів, які мають високу енергоємність, можуть працювати як при низьких так і при високих температурах, не є надто важкими та мають дуже великий термін експлуатації.

Передбачені для встановлення гібридні інвертори типу Must PH1100-E1 розраховані на сумісну роботу з акумуляторними батареями напругою 48 В. Необхідно вибрати їх ємність, а також розрахувати кількість та розробити схему з'єднання.

Розрахунок ємності батареї виконуємо за умови роботи шовковичного комплексу протягом $t = 24$ години при розрахунковому навантаженні $P_{\text{розр}} = 7,5$ кВт (холодильне обладнання, кондиціонери, освітлення). При визначенні ємності враховуємо, що втрати в акумуляторах становлять 15%, тобто коефіцієнт збільшення потужності, $k_{\Delta P} = 1,15$.

Ємність батареї визначається за співвідношенням:

$$C = \frac{P_{\text{розр}} \times k_{\Delta P}}{k_u \times U_{\text{ом}}} \times t \times k_t, \quad (2.9)$$

де $P_{\text{розр}}$ – розрахункове навантаження при відсутності генерації, $P_{\text{розр}} = 7500$ Вт;

$k_{\Delta P}$ – коефіцієнт збільшення потужності, $k_{\Delta P} = 1,15$;

k_u – допустима глибина розряду за напругою, $k_u = 0,8$;

$U_{\text{ош}}$ – напруга основної шини, В $U_{\text{ош}} = 48$ В;

k_t – температурний коефіцієнт, $k_t = 1,04$ (для температури 21°C).

$$C = \frac{7500 \times 1,15}{0,8 \times 48} \times 24 \times 1,04 \approx 5600 \text{ А} \cdot \text{год.}$$

Вибираємо літій-залізо-фосфатний акумулятор ENERGIS ESS 51.2-1400FLP, ємністю 280 А·годин. [13]

Для забезпечення загальної ємності 5600 А·год необхідно встановити 20 акумуляторів з'єднаних паралельно – при такому з'єднанні загальна ємність збільшується $C = n \times C_1 = 20 \times 280 = 5600$ А·год., а напруга залишається рівною напрузі одного акумулятора $U_{\text{ак}} = 48$ В.

Схема з'єднання акумуляторів в батарею показана на рис. 2.17.

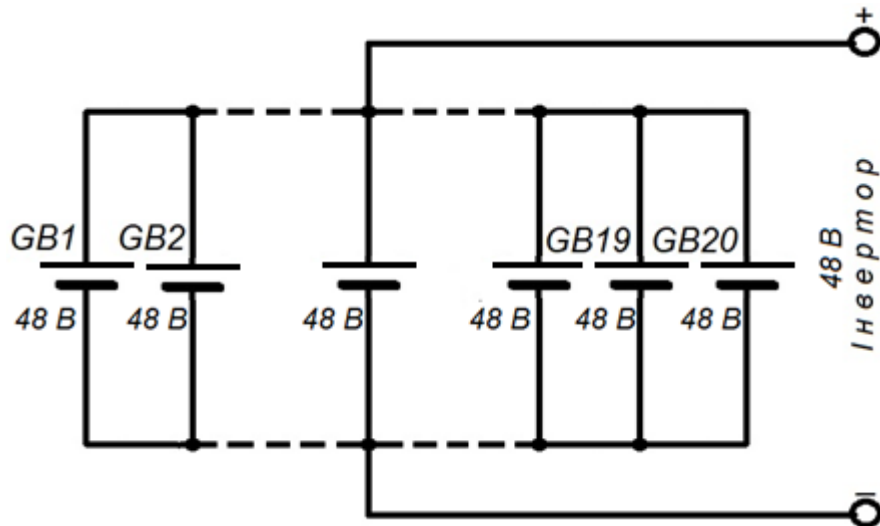


Рисунок 2.17 – Схема з'єднання в батарею акумуляторів 48 В

Технічні характеристики акумулятора ENERGIS ESS 51.2-1400FLP наведені в табл. 2.8, а зовнішній вигляд – на рис. 2.18.

Таблиця 2.8 – Технічні параметри акумулятора ENERGIS ESS 51.2-1400FLP [13]

Параметр	Значення
Тип	LiFePO4
Номинальна напруга, В	48
Максимальна напруга, В	54
Максимальний струм заряду, А	125
Ємність, А·год.	280
Піковий струм розряду, А	325
Запас енергії, кВт·год.	14,34
Ресурс, циклів	При 25 ⁰ С – 6000; При 45 ⁰ С – 2500
Корпус	Металевий
Габаритні розміри, мм	714×440×250
Маса, кг	100



Рисунок 2.18 – Зовнішній вигляд акумулятора ENERGIS ESS 51.2-1400FLP [13]

Батарея акумуляторів може бути зібраною за змішаною схемою залежно від напруги та ємності конкретних акумуляторів. Розглянемо схему з'єднання акумуляторів типу Eco Worthy LiFePO4 12V 280Ah номінальною напругою 12 В та ємністю 280 А·годин. [14]

Оскільки напруга основної шини прийнятого гібридного інвертора становить 48 В, то необхідно послідовно з'єднати 4 акумулятори послідовно.

Такі ланки в кількості 20 шт. між собою з'єднуються паралельно. Всього потрібно 80 акумуляторів. Схема АКБ для цього випадку показана на рис. 2.19, а зовнішній вигляд акумулятора – на рис. 2.20. Технічні характеристики акумулятора представлені в табл. 2.9.

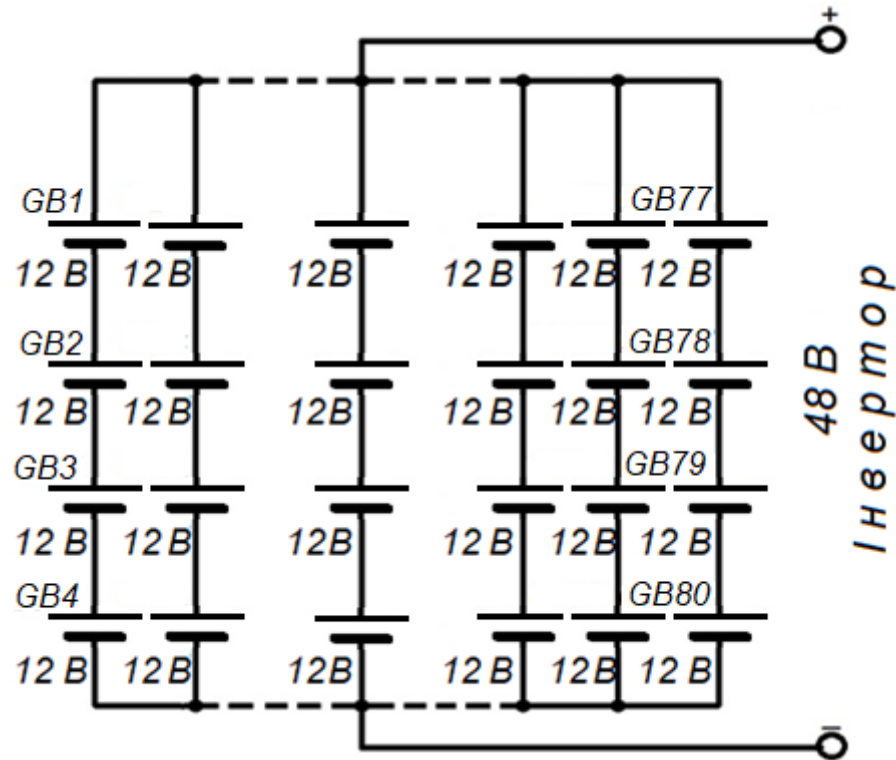


Рисунок 2.19 – Схема з'єднання в батарею акумуляторів 12 В



Рисунок 2.20 – Зовнішній вигляд акумулятора Eco Worthy LiFePO4 12V 280Ah [14]

Згідно до заводської інструкції як паралельне так і послідовне з'єднання необмежене. В акумулятор вбудований BMS 200A, який захищає від надмірного заряду/розряду, перевищення струму заряду/розряду, короткого

замикання, здійснює балансування напруги елементів. Акумулятор рекомендується для автономних систем електропостачання.

Таблиця 2.9 – Технічні параметри акумулятора Eco Worthy LiFePO₄ 12V 280Ah [14]

Параметр	Значення
Тип	LiFePO ₄
Номинальна напруга, В	12
Максимальна напруга, В	54
Максимальний струм заряду, А	160
Ємність, А·год.	280
Піковий струм розряду, А	325
Запас енергії, кВт·год.	3,58
Ресурс, циклів	6000;
Корпус	Пластик ABS
Габаритні розміри, мм	453×238×221
Маса, кг	28,5

Можливе також застосування акумуляторів з іншою напругою, ємністю та інших типів за умови правильного з'єднання.

2.10 Вибір резервного паливного генератора

В якості резервного використовуємо дизельний генератор Hyundai DHY 6000 SE 3 номінальною потужністю 5 кВт. Зовнішній вигляд наведений на рис. 2.21, а технічні характеристики – в табл. 2.10. [15]

Таблиця 2.10 – Технічні характеристики генератор Hyundai DHY 6000 SE 3

Параметр	Значення
Модель	DHY 6000SE-3
Виробник	Hyundai, Південна Корея
Номинальна потужність, кВт	5
Максимальна потужність, кВт	5,5
Кількість фаз	3
Вихідна напруга, В	380
Тип запуску	Електростартер
Двигун	Дизельний, HYUNDAI
Охолодження	Повітряне
Час безперервної роботи, годин	16
Габаритні розміри, Д×Ш×В (мм)	960x560x790
Маса, кг	158



Рисунок 2.21 – Генератор дизельний Hyundai DHY 6000 SE 3 [15]

2.11 Вибір з'єднувальних кабелів, способу прокладання та їх перерізів

Вітрова установка та сонячні панелі розташовані на відстані 150 м від виробничого приміщення, інвертори та акумуляторні батареї розміщуються поряд з ним, але в окремій споруді. Також окремо розміщений дизельний генератор. Випрямляч змінного струму вітрової установки встановлюється безпосередньо на ній, оскільки він не потребує значного місця та особливих умов. Загальна схема розташування виробничого приміщення та іншого обладнання показана на рис. 2.22.

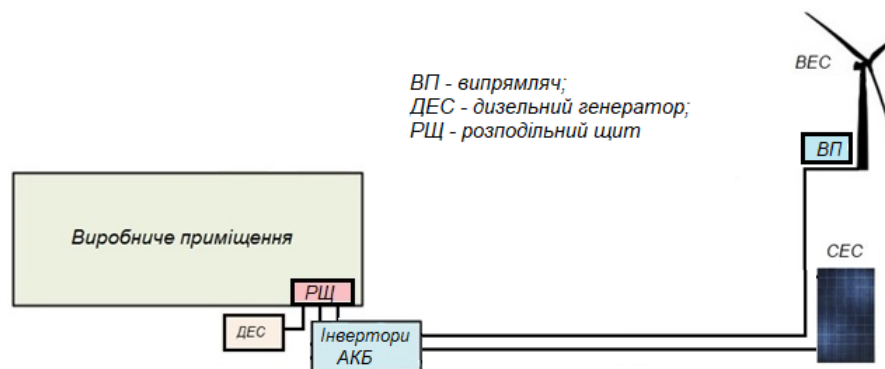


Рисунок 2.22 – Загальна схема розташування виробничого приміщення та обладнання електропостачання

Кабелі для приєднання ВЕС та СЕС прокладаються на глибині 0,8 м в одній траншеї; для захисту від механічних ушкоджень кожен з них поміщується в жорстку трубу діаметром 32 мм з гладкими стінками, виготовлену з полівінілхлоридного пластикату. Такі труби легко монтуються, довговічні (термін експлуатації до 50 років), забезпечують захист від вологи, дозволяють легко замінювати кабель, не вимагають заземлення, діапазон робочої температури – від -25°C до $+60^{\circ}\text{C}$, не поширюють горіння.

Для вибору перерізу струмопровідних жил визначаємо величину постійного струму I_d при найбільшому навантаженні $P_{\text{нав}} = 20 \text{ кВт}$:

$$I_d = \frac{P_{\text{нав}}}{U_d}, \quad (2.10)$$

$$I_d = \frac{20000}{311} \approx 64 \text{ А.}$$

Відповідно до табл.1.3.6 ПУЕ [16] для алюмінієвого трижильного кабелю з полівінілхлоридною ізоляцією перерізом 10 мм^2 допустимим значенням струму при прокладанні в землі є 70 А, тому приймаємо кабелі марки АПвВГнг 3 х 10 з оболонкою з ПВХ пластикату зниженої горючості.

Дві жили призначені для (+) та (-), а третя – для з'єднання контуру заземлення приміщення ферми і генеруючих установок.

2.12 Схема розподільного щита виробничого приміщення

Для приєднання внутрішньої електричної мережі приміщення ферми в ньому встановлюється розподільний щит (РЩ). Він виконаний у вигляді металевої шафи обладнаної замком для запобігання несанкціонованого доступу. В середині шафи встановлені комутаційні апарати, трансформатори струму, запобіжники та два лічильника електричної енергії. Корпус шафи обов'язково заземлюється. Схема РЩ показана на рис. 2.23. Як видно з

електричної однолінійної схеми до шафи заведені два кабелі: один – від інверторів, які працюють від ВЕС та СЕС, другий – від дизельного генератора.

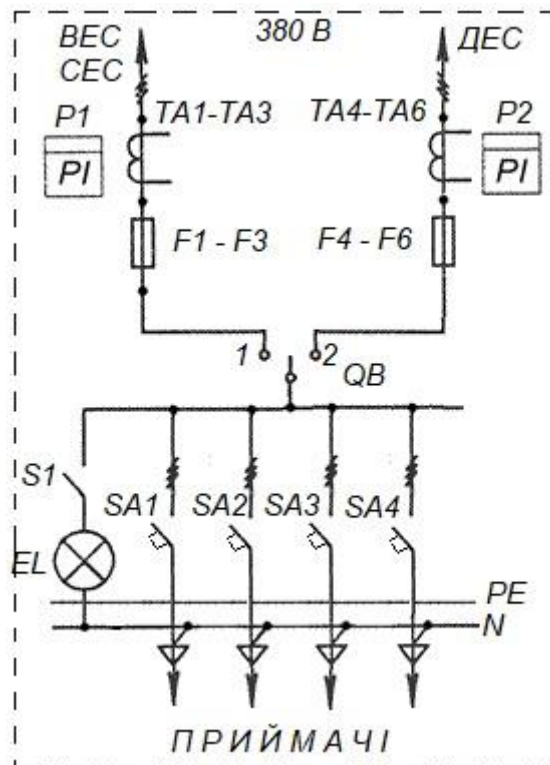


Рисунок 2.23 – Однолінійна схема розподільного щита виробничого приміщення

Для приєднання лічильників $P1$ та $P2$ передбачені трансформатори струму $TA1 - TA6$ по три на кожний ввід. Лічильники використовуються тільки для технічного обліку. Захист від коротких замикань забезпечується запобіжниками $F1 - F6$. Для перемикання живлення з на необхідний ввід встановлений трифазний перемикач з ручним приводом QB . На відповідних кабельних лініях встановлені триполюсні автомати $SA1 - SA4$ типу призначені не тільки для вмикання та вимикання, а і для захисту від перевантаження та короткого замикання. Захист освітлювальних кіл і електричних установок з помірними пусковими струмами (двигунів) здійснюється автоматами типу В, які спрацьовують на відключення при перевищенні номіналу струму автомата на 200% за 0,015 секунди.

Вигляд автоматичного вимикача ВА 76 показаний на рис. 2.24. [17] Встановлюються такі автомати на спеціальну рейку за допомогою заціпок.



Рисунок 2.24 – Зовнішній вигляд триполюсного автомату ВА 76 [17]

При виконанні робіт у шафі передбачена можливість її освітлення за допомогою лампи *EL*, яка вмикається вимикачем *S1*.

2.12.1 Технологія виконання перемикачів джерел живлення

За нормальною схемою живлення відбувається від інверторів, які отримують струм від ВЕС чи СЕС, а в разі відсутності генерації від АКБ. Перемикач *QV* знаходиться в положенні 1. Якщо генерація відсутня, а батарея розрядиться нижче допустимого рівня, інвертор відключає навантаження, після чого необхідний запуск дизельного генератора. Відповідальний працівник перевіряє його стан і запускає за допомогою електричного стартера. Після виходу двигуна на стійкі оберти приміщення ДЕС запирається, а перемикач *QV* в РЩ переводиться в положення 2. В разі відновлення напруги на виході інверторів перемикач повертається в положення 1, а двигун вмикається. Час відсутності живлення при перемикачній не є сильно критичним – перерва може становити до 30 хвилин.

Висновки за розділом 2

В розділі розглянуті найбільш розповсюджені структури гібридних автономних комплексів з виробництва електроенергії. Прийнята система з застосуванням вітрового та сонячного потенціалу.

Розрахований діаметр вітрового колеса турбіни, який становить 14 м та величина хорди лопаті на різних відстанях від осі обертання.

Для сонячної установки застосовані панелі потужністю 265 Вт які з'єднуються послідовно в два стрінги по 10 шт.

З врахуванням можливості застосування промислової вітрової установки запропоноване використання вітрової установки Estar-H потужністю 30 кВт з генератором змінного струму на постійних магнітах. Для випрямлення змінного струму розрахований та вибраний трифазний випрямляч.

Управління системою, регулюванням заряду акумуляторних батарей та перетворення постійного струму в змінний стандартною напругою 400 В здійснюється двома гібридними інверторами.

Резервування на випадок тривалої відсутності генерування та розряду акумуляторних батарей запропоноване використання дизельного генератора зручним запуском та переводом живлення на нього.

Розроблена схема розподільного щита та технологія перемикання джерел.

3 ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці є науковою дисципліною, що вивчає методи захисту персоналу та формування безпечного трудового простору на підприємствах. Вона передбачає виявлення потенційних загроз, які можуть виникати під час трудового процесу, впровадження систем захисту та розробку планів реагування на надзвичайні ситуації. Головна мета – мінімізація ризиків для здоров'я працівників і забезпечення умов для їхньої максимально продуктивної праці.

Складовими нормативної бази охорони праці в Україні є закони, підзаконні акти, стандарти та галузеві правил. Вони регулюють відносини між роботодавцями і працівниками щодо створення безпечних умов праці, профілактики виробничого травматизму та професійних захворювань.

3.1 Основні законодавчі акти, підзаконні акти та нормативні документи охорони праці [18, 19,20]

Базовим документом є Закон України «Про охорону праці», який визначає основні принципи державної політики у цій сфері, права працівників на безпечні умови праці та обов'язки роботодавців.

Головні надбання закону «Про охорону праці» полягають в наступному:

- функція управління охороною праці закріплена за державою, тобто держава є гарантом створення безпечних та нешкідливих умов праці на підприємствах усіх форм власності;

- встановлені норми прямої дії щодо організації охорони праці безпосередньо на підприємстві, в установі чи організації з чітким визначенням функцій, обов'язків, прав, відповідальності роботодавця та працівників та основоположних складових частин системи управління охороною праці;

- підтверджений вагомий статус служб охорони праці стосовно прав і повноважень працівників служб охорони праці, їх віднесення до основних виробничо-технічних служб підприємства, підтвердження необхідності створення служб охорони праці в усіх органах державного управління, включаючи місцеві державні адміністрації;

- визначене вагоме місце та роль колективного договору у вирішенні завдань охорони праці, забезпеченні прав і соціальних гарантій працівників;

- встановленні порядку створення в Україні нормативної-правової бази з питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища з врахуванням ринкових перетворень та забезпечення єдиних державних нормативів з охорони праці на рівні, не нижчому від міжнародних стандартів;

- забезпеченні якісного навчання працівників та посадових осіб з питань охорони праці, впровадженні в усіх навчальних освітніх закладах вивчення основ охорони праці;

- впровадженні дієвої системи громадського контролю за охороною праці, забезпеченні активної участі професійних спілок та громадськості у роботі стосовно покращення стану охорони праці.

Кодекс законів про працю України (КЗпП) регулює трудові відносини та встановлює вимоги щодо безпеки праці, робочого часу і відпочинку.

Закон України «Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування» забезпечує соціальний захист працівників у разі нещасних випадків або професійних захворювань.

До підзаконних актів належать нормативно-правові акти з охорони праці (НПАОП), які містять конкретні правила безпеки для різних видів діяльності. НПАОП – це правила, норми, регламенти, положення, стандарти, інструкції та інші документи, щодо охорони праці обов'язкові для виконання.

Відповідно до статті 28 Закону «Про охорону праці» нормативно-правові акти з охорони праці переглядаються в міру впровадження досягнень науки і техніки, що сприяють поліпшенню безпеки, гігієни праці та виробничого середовища, але не рідше одного разу на десять років.

Державні санітарні норми (ДСанПіН) регламентують показники мікроклімату, освітлення, шуму, вібрації та інших факторів виробничого середовища.

В свою чергу Державні стандарти України (ДСТУ) встановлюють технічні вимоги до обладнання, технологічних процесів і засобів індивідуального захисту.

Стосовно охорони праці Україна орієнтується на міжнародні стандарти в цій сфері, зокрема на рекомендації Міжнародної організації праці (МОП) та стандарт ISO 45001, які спрямовані на впровадження сучасних підходів до управління ризиками та покращення умов праці.

На всіх підприємствах також існує система управління охороною праці (СУОП), яка включає:

- розробку інструкцій з охорони праці за професіями і видами робіт;
- проведення інструктажів (вступного, первинного, повторного);
- навчання працівників безпечним методам роботи;
- контроль за станом умов праці;
- забезпечення засобами індивідуального захисту.

Роботодавець несе відповідальність за створення безпечних умов праці, а працівники зобов'язані дотримуватися встановлених правил.

Нормативна база охорони праці є комплексною та базується на вказаних загальнодержавних і галузевих нормативних актах. Вона забезпечує правові умови для створення безпечного виробничого середовища, зменшення ризиків травматизму та збереження здоров'я працівників.

Громадський контроль за дотриманням законодавства про охорону праці у відповідності до стаття 41 закону «Про охорону праці» здійснюють професійні спілки, та їх об'єднання в особі своїх виборних органів і представників

Ефективне застосування норм, разом із впровадженням сучасних стандартів, є запорукою безпечного та продуктивного розвитку суспільного виробництва.

3.2 Характеристика підприємства та виконуваних робіт

Одним з найдавніших напрямів аграрного виробництва на Полтавщині є шовківництво, яке в різні роки проходило етапи розвитку та занепаду.

Враховуючи економічну принадність розведення шовкопрядів правлінням ДП Миргородський гренажний завод прийняте рішення про відродження виробництва. Для досягнення цієї мети необхідне забезпечення його надійним автономним енергетичним комплексом.

Цей комплекс планується виконати гібридним, до його складу входить вітрова та сонячна електростанція з системою акумулювання електроенергії. Для резервування у випадку повного розряду батарей акумуляторів і відсутності вітрової та сонячної генерації живлення частини приймачів шовковичної ферми може здійснюватися від генератора з двигуном внутрішнього згоряння невеликої потужності.

Основними споживачами електроенергії на фермі є холодильні системи, вентиляційне обладнання, кондиціонери для нагрівання повітря, освітлювальні прилади, установка для очищення коконів, насосна станція, а також водонагрівальний бойлер. Загальна потужність електричного навантаження становить близько 15 кВт. Потужності вітрової та сонячної установок передбачаються рівними 20 кВт.

Вітровий генератор встановлюється на вежі висотою 40 м, а сонячні панелі розташовуються на металевих конструкціях на землі. Установку, монтаж обладнання та експлуатацію виконуватиме спеціалізована організація, тому питання охорони праці розглядаються стосовно питань пов'язаних з виведенням і вирощуванням шовкопрядів та отримання грени.

Особливістю шовківництва є відсутність вузькоспеціалізованих нормативних актів з охорони праці, тому, оскільки воно включає вирощування шовкопряда, обробку коконів і первинну переробку сировини, застосовуються норми як для аграрної діяльності, так і для підприємств.

3.3 Шкідливі та небезпечні фактори. Заходи з їх запобігання

Трудова діяльність людини охоплює дві взаємопов'язані складові – фізичну та психічну. Перша з них визначається роботою м'язів, тоді як друга пов'язана з перебігом психічних процесів: сприйняттям інформації, її аналізом, ухваленням рішень і подальшим їх виконанням. У цьому процесі задіяні пам'ять, мислення, емоційна сфера, відчуття та вольові дії. Залежно від виду діяльності співвідношення цих компонентів змінюється: при фізичній праці переважає м'язова активність, а при інтелектуальній – інтенсивна робота психіки.

Людський організм здатний пристосовуватися до різних рівнів навантаження, навіть за несприятливих умов довкілля чи самої роботи. Проте така адаптація не виключає виникнення втоми.

Втома являє собою сукупність змін у фізичному та психічному стані людини, що знижують її працездатність. Вона може виникати як унаслідок фізичних, так і розумових навантажень, особливо за умов одноманітної діяльності або під впливом емоційних чинників.

Інтенсивна втома зазвичай є результатом надмірних навантажень, які перевищують індивідуальні можливості організму. Як правило, після короткого відпочинку такий стан минає. Натомість повільне стомлення формується поступово й проявляється зниженням ефективності роботи внаслідок тривалої або монотонної діяльності.

Якщо втома накопичується протягом тривалого часу через нераціональний режим праці та відпочинку, це може призвести до перевтоми, яку вже розглядають як патологічний стан.

Суттєве значення для запобігання перевтомі має правильна організація робочого режиму. Вона передбачає раціональне чергування робочих змін, надання вихідних днів, визначення тривалості обідніх перерв і коротких пауз у процесі роботи.

Крім того, виробниче середовище часто відрізняється від природних умов, що здатне негативно впливати на функціонування окремих органів або всього організму. Важливо також враховувати, що під час виконання професійних обов'язків працівники можуть зазнавати впливу різноманітних небезпечних і шкідливих чинників.

Для виробничих умов розроблена класифікація небезпечних та шкідливих чинників. Згідно до неї такі чинники за природою дії поділяються на 4 групи: фізичні, хімічні, біологічні та психофізіологічні.

Фізичні чинники охоплюють механічні пошкодження від рухомих частин обладнання, роботу на висоті, негативний вплив шуму, вібрації, випромінювань, а також неналежне освітлення та несприятливі параметри мікроклімату (температура, тиск, вологість).

Хімічні: включають токсичні, подразнювальні або канцерогенні речовини, що здатні проникати в організм через дихання, шкіру чи травну систему та негативно впливати на здоров'я, зокрема на репродуктивну систему.

Біологічні чинники зумовлені впливом шкідливих мікроорганізмів (бактерій, вірусів, грибів) та продуктів їхньої життєдіяльності.

Психофізіологічні чинники: пов'язані з надмірними фізичними навантаженнями або нервовим перенапруженням, включаючи монотонність праці та стресові чинники.

Варто зауважити, що під час аварій (наприклад, пожеж) на людину досить ймовірний вплив комбінації декількох факторів одночасно. Крім того, один і той же чинник може змінювати свій статус зі шкідливого на небезпечний залежно від концентрації: так, велика кількість пилу може спричинити не лише професійну хворобу, а й призвести до потужного вибуху.

Основними небезпечними та шкідливими факторами при роботах в шовківництві є:

- підвищена температура і вологість у приміщеннях в період вигодовування шовкопрядів;
- контакт із біологічними об'єктами (шовкопрядом);
- використання хімічних речовин для дезінфекції приміщень;
- ризики при обробці коконів гарячою водою або парою;
- фізичні навантаження та монотонність праці.

Весь комплекс заходів з охорони праці має бути спрямований на захист здоров'я працівників, мінімізацію впливу шкідливих факторів водночас зі створенням оптимальних умов для шовкопрядів. Для цього необхідне застосування організаційних, технічних та санітарно-гігієнічних заходів. Перелік таких заходів наведений в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Перелік заходів з охорони праці

Умови роботи	Організаційні	Технічні	Санітарно-гігієнічні
Підвищена температура в приміщенні для вигодовування шовкопрядів	-Раціональний режим праці та відпочинку; - Скорочення часу роботи; - Інструктаж з безпеки; - Контроль стану здоров'я	- Вентиляція (природна/примусова) - Кондиціонування - Термоізоляція приміщення; Контроль температури і вологості	- Питний режим - Легкий спецодяг - Особиста гігієна - Профілактика перегріву
Контакт із біологічними об'єктами (шовкопрядом)	- Навчання персоналу - Обмеження доступу сторонніх; - Медичні огляди	ЗІЗ (рукавички, маски) - Спеціальний інвентар; - Фільтрація повітря	- Миття рук - Дезінфекція інвентарю; - Прибирання приміщень; - Захист від алергенів
Використання хімічних речовин (дезінфекція)	- Інструктаж; - Дотримання дозування; - Допуск навчених працівників; - Строгий облік засобів дезінфекції	ЗІЗ (респіратор, рукавички, окуляри, спецодяг); - Вентиляція; - Безпечне обладнання	- Правильне зберігання; - Провітрювання після обробки; - Уникнення контакту зі шкірою; - Засоби першої допомоги

Обробка коконів після їх збирання виконується на іншому підприємстві.

3.3.1 Мікроклімат виробничих приміщень

Мікроклімат у приміщенні формується сукупністю показників, які впливають на теплообмін в організмі людини. До них належать: температура повітря, його відносна вологість, швидкість руху, інтенсивність теплового (інфрачервоного) випромінювання та температура поверхонь.

Кожен із цих параметрів як окремо, так і в поєднанні визначає роботу терморегуляції організму та впливає на самопочуття людини. Коли змінюються умови навколишнього середовища, організм реагує, посилюючи або послаблюючи фізіологічні процеси, що регулюють утворення тепла і його віддачу. Завдяки цьому людина здатна підтримувати відносно стабільну температуру тіла навіть за значних коливань зовнішніх умов.

Зокрема, температура тіла людини залишається близькою до 36,6 °C навіть тоді, коли температура повітря змінюється від –40 °C до +40 °C. Водночас температура різних ділянок шкіри та внутрішніх органів може коливатися в межах 24–37,1 °C. Зниження температури навколишнього середовища підсилює тепловіддачу через конвекцію та випромінювання, що може призвести до переохолодження. При підвищенні температури повітря відбуваються протилежні процеси. Встановлено, що при температурі понад 30 °C працездатність людини знижується, а основним способом тепловіддачі стає потовиділення та випаровування вологи.

Тривала дія високої температури разом із підвищеною вологістю може спричинити накопичення тепла в організмі та розвиток гіпертермії – стану, коли температура тіла підвищується до 38 – 40 °C. При цьому можливі головний біль, запаморочення, слабкість, порушення сприйняття кольорів, сухість у роті, нудота й блювання. Також спостерігається прискорення пульсу та дихання, підвищення рівня азоту й молочної кислоти в крові, блідість або посиніння шкіри, розширення зіниць, судоми та навіть втрата свідомості.

Дія гарячого повітря показана на рисунку 3.1.

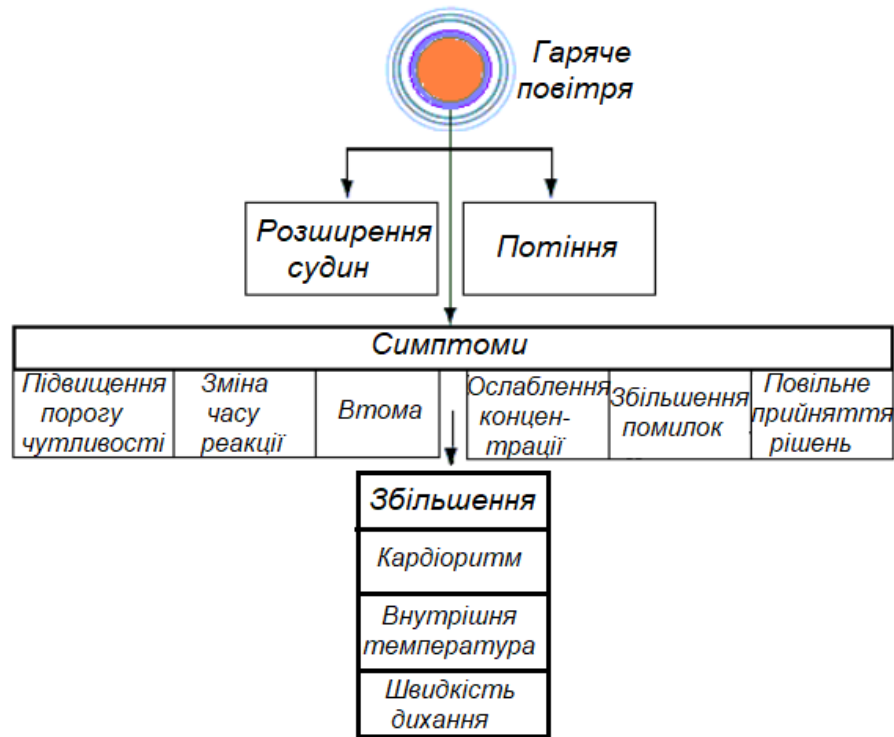


Рисунок 3.1 – Дія гарячого повітря на людину

Суттєвий вплив на процеси терморегуляції має вологість повітря. При її підвищенні до 85% організму складніше підтримувати тепловий баланс, а зниження до 20% викликає дискомфорт через пересихання слизових оболонок і шкіри. Найсприятливішим вважається рівень вологості в межах 40–60%.

Не менш важливим є рух повітря. У теплу пору року помірний повітряний потік сприяє охолодженню тіла і покращує самопочуття. Натомість у холодних умовах він може посилювати втрату тепла, що призводить до переохолодження окремих частин тіла або всього організму, підвищуючи ризик обморожень і простудних захворювань. Мінімальна швидкість руху повітря, яку відчуває людина, становить приблизно 0,2 м/с.

Приміщення для вирощування шовкопрядів обладнані вентиляцією, за необхідності при зниженні зовнішньої температури в них за допомогою кондиціонерів підтримується температура в межах 20 – 25 °C при помірній вологості. Застосовуються кондиціонери часткового кондиціонування, що

забезпечують підтримку на оптимальному рівні тільки одного параметра – температури.

Така температура є комфортною для людей і не впливає на їх працездатність і здоров'я.

3.3.2 Захист від шкідливих газів, пилу

Усі існуючі заходи та технічні засоби для їх реалізації, що направлені на захист працівників від впливу шкідливих газів, парів та пилу, можна поділити на три групи:

1. Направлені на запобігання появи шкідливих речовин у повітрі робочої зони.
2. Направлені на заміну чистим повітрям забрудненого та очищення останнього від шкідливих речовин.
3. Індивідуальні засоби захисту від впливу шкідливих речовин.

До основних заходів запобігання появи шкідливих речовин у повітрі приміщення, в першу чергу слід віднести використання технологічних процесів та обладнання, що виключають утворення шкідливих речовин. В приміщеннях для вигодовування шовкопрядів шкідливі речовини відсутні, але має місце неприємний запах від шовкопрядів. Його концентрація знижується тільки за допомогою вентиляювання приміщення.

При збиранні коконів утворюється дрібний пил боротися з яким за рахунок зволоження неможливо за технологією. Тому для захисту органів дихання працівників від потрапляння пилу використовуються респіратори, спецодяг, окуляри, рукавички та підсилюється вентиляція.

Під час виконання прибирання та дезінфекції стелажів і приміщення вентиляція виробничих приміщень збільшується. Слід також дезінфікувати інвентар. На підприємстві повинні бути засоби нейтралізації хімікатів.

Персонал повинен знати та виконувати правила роботи з біологічними об'єктами. В зону виконання робіт заборонений доступ сторонніх осіб.

3.4 Забезпечення безпеки працівників підприємства під час монтажу вітрової установки

Під час встановлення на території підприємства вітрової установки потрібно передбачити комплекс заходів з охорони праці, оскільки це роботи підвищеної небезпеки (висотні роботи, монтаж важких конструкцій, електробезпека).

Перш за все повинен бути розроблений проєкт виконання робіт з монтажу вітрової установки (ПВР), в розділі якого «Загальні положення» вказується характер робіт: встановлення вітрової установки, місце виконання, замовник, виконавець, тривалість робіт, договір на виконання робіт.

Обов'язково вказуються тип установки (вітрогенератор щоглового типу висотою 40 м) та основні елементи: фундамент, монолітна щогла, генератор, лопаті. Також перелічується обсяг робіт до якого входять підготовчі роботи, спорудження фундаменту, доставка та складування елементів ВЕУ, монтаж вежі та інших елементів, електромонтажні та пусканалагоджувальні роботи.

Всі роботи з монтажу виконуються тільки за нарядом-допуском в якому вказується кількість працівників та склад бригади. До неї повинні входити машиніст крану, монтажники з допуском до висотних робіт, електрик і відповідальні особи- керівник робіт і відповідальний за охорону праці.

З механізмів повинні застосовуватися автокран необхідної вантажопідйомності, автовишка, такелажне обладнання, електричний інструмент.

Перед початком робіт територія їх проведення огорожується радіусом не меншим висоти установки (40 м), встановлюються попереджувальні знаки та перевіряється стан ґрунту. Огородження місця робіт повинне бути освітленим в нічний час.

Обов'язковим є проведення інструктажів, використання засобів індивідуальної безпеки такі як каски, системи страхування, спеціальне взуття.

При роботі крана повинен бути навчений сигнальник.

Після завершення монтажних робіт ВЕУ виконується прокладання кабелів, заземлення та приєднання до інверторів.

Загалом роботи завершуються перевіркою болтових з'єднань, вертикальності вежі та електричних параметрів, наведенням порядку на майданчику і оформленням актів на виконані роботи.

3.5 Пожежна безпека на фермі

Пожежі становлять серйозну проблему для багатьох держав, причому в більшості з них спостерігається тенденція до збільшення їх кількості разом із зростанням економічних, екологічних і соціальних збитків.

Зростання пожежної небезпеки на промислових об'єктах зумовлене підвищенням енергоозброєності виробництва, збільшенням щільності інженерних комунікацій, підвищенням температур і тиску в технологічному обладнанні, а також використанням нових полімерних матеріалів із високою пожежною небезпекою.

На збільшення кількості пожеж також впливає широке застосування пожежонебезпечних електроприладів, опалювального обладнання та установок, а також їх неправильний монтаж, експлуатація й ремонт. Додатковим фактором є використання значної кількості легкозаймистих і горючих матеріалів під час будівництва та оздоблення будівель.

Сучасні пожежі відзначаються стрімким розвитком: за короткий час можуть бути втрачені цінності, відновлення яких потребує років, а також виникає серйозна загроза життю та здоров'ю людей. При цьому середній час прибуття та початку ефективних дій пожежно-рятувальних підрозділів становить 20–25 хвилин.

Основними причинами пожеж на виробництві є: необережне поводження з відкритим вогнем; незадовільний технічний стан електрообладнання та порушення правил його встановлення й використання; відхилення від технологічних режимів; несправність опалювальних пристроїв і порушення правил їх експлуатації; недотримання вимог нормативних актів з пожежної безпеки.

Проектування та будівництво виробничих будівель здійснюється з урахуванням властивостей і кількості речовин, що використовуються, а також особливостей технологічних процесів, які визначають рівень вибухової та пожежної небезпеки об'єкта.

В Україні чинним нормативним документом для визначення категорій приміщень, будівель і зовнішніх установок за рівнем пожежної та вибухопожежної небезпеки є ДСТУ Б В.1.1-36:2016 [21, 22].

Згідно зі стандартом виділяють п'ять категорій:

А – вибухопожежонебезпечна;

Б – вибухопожежонебезпечна;

В – пожежонебезпечна;

Г – помірно пожежонебезпечна;

Д – зниженої пожежонебезпечності.

Якісним показником визначення категорії є наявність речовин із відповідними характеристиками вибухопожежної небезпеки, а кількісним – величина надлишкового тиску, що може виникнути під час вибуху максимально можливої кількості цих речовин у приміщенні.

Відповідно до цього стандарту, приміщення ферми належить до категорії В (пожежонебезпечна). До неї відносяться приміщення, де використовуються або зберігаються горючі рідини, тверді горючі й важкогорючі матеріали, волокна, а також речовини, здатні горіти при взаємодії з водою, киснем або між собою, за умови, що такі приміщення не належать до категорій А чи Б.

Кодекс цивільного захисту, «Правила пожежної безпеки в Україні» (наказ МВС № 1417) та ряд інших нормативно-правових актів регламентують забезпечення вимог пожежної безпеки в Україні. Основною метою є запобігання пожежам, зменшення збитків та захист життя людей.

Адміністративну та кримінальну відповідальність за протипожежний режим несе власник або керівник підприємства, який зобов'язаний призначити осіб, відповідальних за пожежну безпеку та організувати проходження всім персоналом регулярних інструктажів та навчань з питань пожежної безпеки. Обов'язково на підприємстві має бути розроблена інструкція про заходи пожежної безпеки, а також план евакуації.

Всі будівлі повинні бути забезпечені вогнегасниками, ящиками з піском, бочками з водою, протипожежними покривалами.

На підприємстві, що розглядається, відсутній централізований водопровід, тому повинен бути запас води на випадок пожежі. Для цього передбачено дві ємності з водою об'ємом 500 літрів кожна, розташовані в різних торцях будівлі. Також біля них знаходяться 2 пожежні щити, які комплектуються наступними засобами: 2 відра; 1 багор; 2 штикових лопати; 1 сокира; два вогнегасники; ящик з піском (об'єм 0,5 – 1,0 м³). В доступних місцях по периметру приміщення рівномірно на висоті 1 – 1,5 м розміщуються вогнегасники в кількості 10 штук з розрахунку 1 вогнегасник на 140 м². Для гасіння електричного обладнання поряд з розподільним щитом та на входах в приміщення розміщені 3 вуглекислотні вогнегасники ВВК-5. Такі ж вогнегасники в кількості 1 шт. передбачаються для приміщення з інверторами та акумуляторами і для дизельного генератора.

Всі вогнегасники повинні своєчасно проходити перевірку та технічне обслуговування.

Особливу увагу необхідно звертати на момент доставки в приміщення корму з допомогою автомобілів чи трактора з причепом. Їх вихлопні труби обов'язково повинні мати справні іскрогасники. Техніка повинна

перевірятися на щільність з'єднання вихлопної труби з патрубком випускного колектору та самого колектору з блоком двигуна.

3.6 Електрична безпека ферми. Розрахунок пристрою заземлення.

Живлення електрообладнання ферми здійснюється за допомогою чотирипровідної мережі, яка має три фазні проводи та один нульовий, що дає змогу підключати як трифазні споживачі електроенергії до лінійної напруги, так і однофазні – до фазної.

Для такої мережі характерні такі особливості:

а) у разі однофазного короткого замикання пошкоджена ділянка оперативно відключається автоматичними вимикачами або плавкими запобіжниками, причому час відключення зазвичай не перевищує 0,1 с;

б) при замиканні на корпус заземлені частини набувають певного потенціалу, величина якого залежить від опору нульового проводу та розташування заземлювачів уздовж лінії. Як правило, цей потенціал менший за фазну напругу, а безпечність дотику забезпечується короткою тривалістю протікання струму;

в) випадковий контакт із фазним проводом (через необережність або недотримання правил безпеки) є вкрай небезпечним, оскільки людина фактично стає частиною електричного кола під фазною напругою.

Корпуси електродвигунів, металеві елементи освітлювальних приладів та інші струмопровідні частини, які можуть опинитися під напругою у разі пошкодження ізоляції, під'єднують до нульового проводу. Це робиться для забезпечення автоматичного відключення ділянки мережі при замиканні на корпус. Такий спосіб використання нульового проводу називається зануленням. Щоб пошкоджені ділянки надійно відключалися, опір кола однофазного короткого замикання має бути мінімальним.

Замикання на землю може виникнути в будь-якій точці мережі. В цьому випадку струм від місця пошкодження повертається до джерела

живлення різними шляхами: частково через провідники, частково через ґрунт. У місці входження струму в землю, якщо відсутні спеціальні відвідні пристрої, можуть виникати значні потенціали та небезпечні перепади напруги на поверхні землі. Це зумовлено тим, що питомий опір ґрунту значно перевищує опір провідникових матеріалів.

Для усунення такої небезпеки застосовують заземлювальні пристрої, призначені для зменшення потенціалів і градієнтів напруги до безпечного рівня. Основним елементом вказаних пристроїв є заземлювач – система неізолюваних провідників, які контактують із землею та забезпечують відведення струму. З метою підвищення безпеки контурний провідник заземлювача повинен охоплювати всю установку.

Заземлюючий пристрій на фермі відсутній, тому пропонується створення ЗП, схема якого показана на рис. 3.2. Згідно з ПУЕ [16] опір ЗП повинен становити не більше 0,4 Ом.

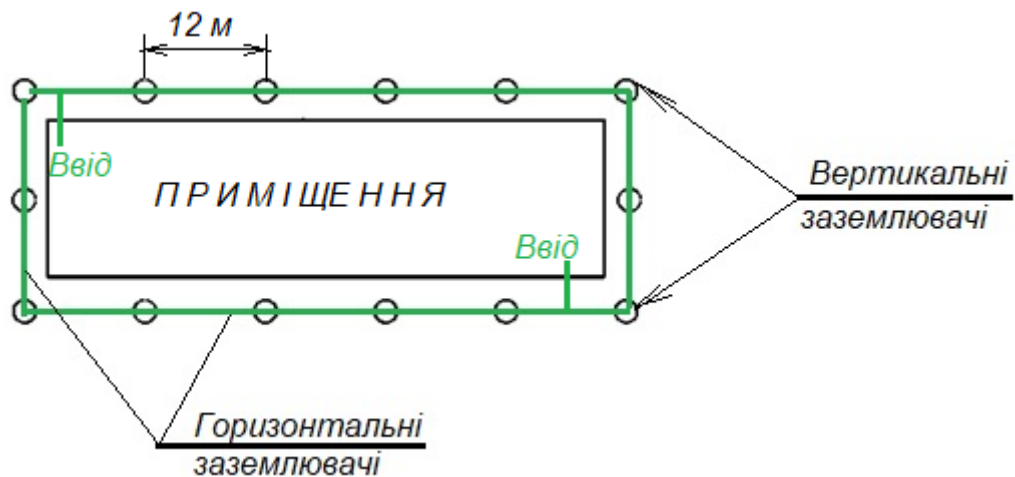


Рисунок 3.2 – Схема пристрою заземлення

Як видно зі схеми, до ЗП входять вертикальні заземлювачі, з'єднані між собою горизонтальними провідниками (горизонтальними заземлювачами), прокладеними на відстані 2 м від фундаменту. Площа приміщення $S=1440 \text{ м}^2$ ($60 \times 24 \text{ м}$).

ЗП розміщується в траншеї глибиною $h=0,8 \text{ м}$. Довжина горизонтальних заземлювачів (з'єднувальних смуг) становить $L = 168 \text{ м}$,

вертикальних $l = 5$ м кількістю $n = 14$ шт. При розрахунку використовується двошарова модель ґрунту [23] з товщиною верхнього шару $H = 2,0$ м. Питомий опір цього шару $\rho_1 = 90$ Ом×м, а нижнього $\rho_2 = 100$ Ом×м.

Вертикальні заземлювачі розміщуються в двох шарах з різним питомим опором, тому їх довжину враховується еквівалентним значенням, як показано на рисунку 3.3 за формулою:

$$l_e = l_1 + \frac{l_2 \times \rho_1}{\rho_2}, \quad (3.1)$$

де l_e – еквівалентна довжина вертикального електроду, м;

ρ_1 – питомий опір верхнього шару ґрунту, Ом×м;

ρ_2 – питомий опір нижнього шару ґрунту, Ом×м;

l_1 – довжина частини вертикального електрода, що розміщена в верхньому шарі ґрунту, м, $l_1 = 1,2$ м;

l_2 – довжина частини вертикального електрода, що розміщена в нижньому шарі ґрунту, м, $l_2 = 3,8$ м;

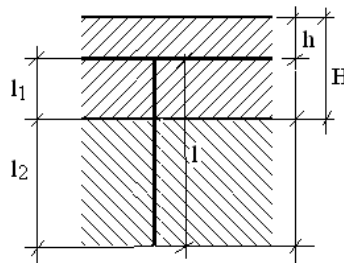


Рисунок 3.3 – Розрахунок еквівалентної довжини вертикального заземлювача

$$\text{Тоді за (3.1) } l_e = 1,2 + \frac{3,8 \times 90}{100} = 4,62 \text{ м.}$$

Величина опору ЗП $R_{ЗП}$ розраховується за формулою:

$$R_{ЗП} = 0,433 \times \frac{\rho_2}{\sqrt{S}} \times \left(\frac{\rho_1}{\rho_2} \right)^g + \frac{\rho_1}{L + n \times l_e}, \quad (3.2)$$

$$\text{де } g = \frac{2H}{(\sqrt{S} + n \times l_e)} = \frac{2 \times 2}{(\sqrt{1440} + 14 \times 4,62)} = 0,04.$$

$$\text{За (3.2) : } R_{3П} = 0,433 \times \frac{100}{\sqrt{1440}} \times \left(\frac{90}{100}\right)^{0,04} + \frac{70}{168 + 14 \times 4,62} = 1,73 \text{ Ом.}$$

За такої конструкції опір пристрою заземлення значно менший 4 Ом, кількість вертикальних заземлювачів може бути зменшеною, але краще залишити з урахуванням можливого збільшення опору ЗП внаслідок корозії.

Висновки за розділом 3

Виконаний короткий огляд основних законодавчих, підзаконних актів та нормативних документів стосовно охорони праці. Надана характеристика підприємства та особливості робіт на ньому. Виявлені особливості мікроклімату виробничих приміщень та пливу на працівників.

Звернута увага на виконання робіт під час монтажу вітрової установки, зокрема на необхідність розробки плану виконання робіт та строгого його виконання.

Детально розглянуті питання пожежної безпеки та заходи запобігання пожежам, передбачені засоби первинного пожежогасіння.

Для забезпечення електричної безпеки передбачене застосування пристрою заземлення та виконаний його розрахунок.

ВИСНОВКИ

Однією з галузей сільського господарства в Україні донедавна було шовківництво, яке приносило значні доходи, але починаючи з 90-х років минулого століття почався процес занепаду. В той же час відновлення виробництва може стати досить вигідним.

Процес вигодовування шовкопрядів та отримання від них коконів не вимагає великих енергетичних затрат. Необхідні тільки приміщення та плантації шовковиці. В роботі розглянуті питання забезпечення електроенергією одного з підприємств – Миргородського гренажного заводу, який свого часу був одним з провідних у виробництві як коконів так і яєць шовкопрядів – грени. Для надійного забезпечення електроенергією пропонується створення гібридного енергетичного комплексу в складі вітрової та сонячної станції.

Аналіз необхідного обладнання, що споживає електроенергію, виявив необхідну потужність такого комплексу, яка становить близько 14 кВт. Застосування автономної енергетичної системи на базі відновлюваних джерел енергії дозволяє гарантувати стабільне електропостачання незалежно від підключення до централізованих мереж.

Електричне навантаження виробництва має нерівномірний характер, генерація електроенергії також, тому узгодження виробництва і споживання досить складне. Забезпечення балансу можливе тільки застосуванням системи накопичення енергії. Огляд автономних джерел показав, що для даного комплексу найзручнішими є хімічні акумулятори та сумісна робота вітрової та сонячної електростанцій. При виборі структурної схеми комплексу враховувались енергетичні потреби підприємства, встановлена потужність та потенціал відновлюваних ресурсів. Результатом детального аналізу стала структурна схема в якій вітрова та сонячна станції працюють на загальну шину постійного струму та живлять навантаження через інвертор. Для резервування передбачене встановлення невеликого дизельного

генератора на випадок повної відсутності генерації та розрядження акумуляторної батареї. Це джерело приєднується не автоматично, а персоналом з огляду на технологічний процес, який залежно від умов довкілля може допускати значні перерви в електропостачанні.

Вітрові та сонячні умови району розташування дозволяють застосування вибраних типів станцій.

Розраховані окремі параметри вітрової установки на основі яких прийнята установка Estar-H потужністю 30 кВт. Оскільки генератор виробляє змінний струм, то передбачений трифазний мостовий випрямляч MDS 75 A.

Сонячна установка комплектується з модулів Amerisolar AS-6P30 кількістю 80 штук. Сонячні панелі з'єднуються послідовно в дві окремі групи, кожна з яких приєднується до свого інвертору. Напруга неробочого ходу кожної групи становить 383 В.

Загальна робота установки забезпечується двома гібридними інверторами типу Must PH1100-E1, які допускають паралельну роботу в кількості до шести. Інвертори можуть працювати з різними типами акумуляторних батарей.

В роботі передбачене застосування літій-залізо-фосфатних (LiFePO₄) акумуляторів.

Як резервний використаний дизельний генератор Hyundai DHY 6000 SE 3 номінальною потужністю 5 кВт. Потужність вибрана з урахуванням тільки критично необхідних приймачів.

Розроблена схема розподільного щита виробничого приміщення та вибрані кабелі для приєднання.

В розділі «Охорона праці» розглянуті основні законодавчі та підзаконні акти, а також нормативних документів стосовно охорони праці. Надана характеристика підприємства та особливості робіт на ньому. Виявлені шкідливі та небезпечні фактори виробництва, запропоновані заходи запобігання їх дії.

Розроблений та розрахований пристрій заземлення.

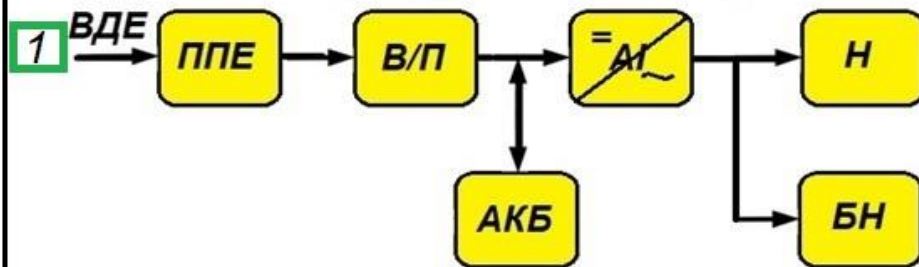
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ

1. Васильєва О. О. Коротка історія та перспективи галузі шовківництва на Полтавщині / О. О. Васильєва, О. П. Крупа // Проблеми відтворення та охорони біорізноманіття України. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції / За загальною редакцією проф. М.В. Гриньової. — Полтава: Астроя, 2016. — С. 6-8.
2. <https://enu.org.ua/use/g-use/grena>.
3. Кузнецов М. П. Особливості комбінованих енергосистем з відновлюваними джерелами енергії: монографія / М. П. Кузнецов. — Київ: ІВЕ, 2022. — 142 с.
4. ДСТУ-Н Б В.1.1 – 27:2010 Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія. Національний стандарт України
5. Основи вітроенергетики: підручник /Г. Півняк, Ф. Шкрабець, Н. Нойбергер, Д. Ципленков ; М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. — Д.: НГУ, 2015. — 335 с.
6. Немикіна О.В. Поновлювальні та альтернативні джерела енергії. Для студентів спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка: навч. посібник / О.В. Немикіна — Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2020. — 188 с.
7. Єрмолаєв С.О., Яковлев В.Ф., Мунтян В.О. та ін. Проектування систем електропостачання в АПК. Мелітополь: Люкс, 2009. 568 с.
8. Вітроенергетика. Курсовий проєкт. [Електронний ресурс]: навч. посіб. студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та для електромеханіка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; Укладачі: Головка В.М., Коваленко І.Я., - Електронні текстові дані (1 файл: 1,8 Мбайт). — Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. — 27с.
9. <https://estar.com.ua/ua/p2463192808-gorizontalnyj-vetrogenerator-estar.html>

10. <https://axiomplus.com.ua/ua/solnechnyye-paneli/product-74667/>
11. https://online.budstandart.com.ua/catalog/doc-page.html?id_doc=65419
12. <https://must-ukraine.com/product/invertor-must-ph1100-12kl3-eu/?srsltid=AfmBOop5MJui0sUgQHitf-q2OaOptkhOz4rYwZO1PRbuZuihZ8Sqi7vE>
13. <https://voltmarket.ua/ua/litievye-akkumulyatory/energis/ess51214000flp>
14. llegro.pl/produkt/akumulator-eco-worthy-lifepo4-280-ah-12-v-3c3c04ed-4e47-481f-a0b5-5dc9c51b9291?srsltid=AfmBOoq94bnwjXwXRfxKlkwVurM66YbFNDUmVkoatOGL5KZOL4UYKQQm
15. https://generator.ua/ru/dizelnye-generatory/1319-generator-hyundai-dhy-6000-se-3.html?srsltid=AfmBOorljDRBkcc9OAJSX4GjhJROVmX1t_C3r5LV5FZFdzMGCLyaxYvP
16. Правила улаштування електроустановок. – Видання офіційне. Міненерговугілля України. - Х. : Видавництво «Форт», 2017. – 760 с.
17. delectric.com.ua/ua/p1612004423-vyklyuchatel-avtomaticheskij-40a.html
18. Конституція України в практиці Конституційного Суду: офіційне тлумачення та юридичні позиції. 1997–2023 /вступ. слово С. П. Головатого; упоряд.: С. П. Головатий, В.М. Бесчастний, Л.І. Бірюк, Н.І. Адамчик, Ю.М. Михеєнко. Київ : ВАІТЕ, 2024. 450 с.
19. <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/2694-12#Text>
20. <https://pracija.com.ua/kzpp/211.html>
21. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою
<https://online.budstandart.com.ua/catalog/doc-page.html?>
22. Про пожежну безпеку : Закон України від 17 грудня 1993 року № 3745-ХІІ // Голос України. – 1994. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/3745-12/ed19931217>
23. Голінько В.І. Основи охорони праці: підручник / В.І. Голінько; М-во освіти і науки України; Нац. гірн. ун-т. – 2-ге вид. – Д.: НГУ, 2014. – 271 с.

ГРАФІЧНІ МАТЕРІАЛИ

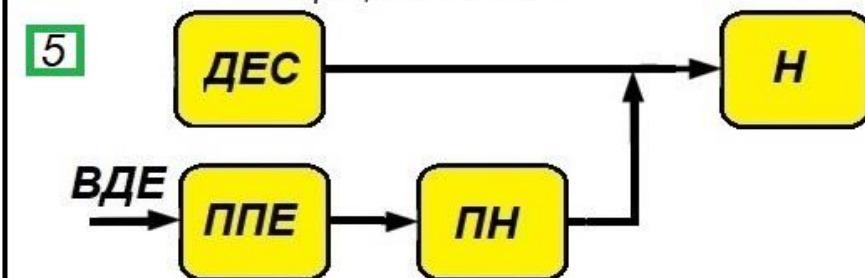
Узагальнена структура автономної енергетичної установки



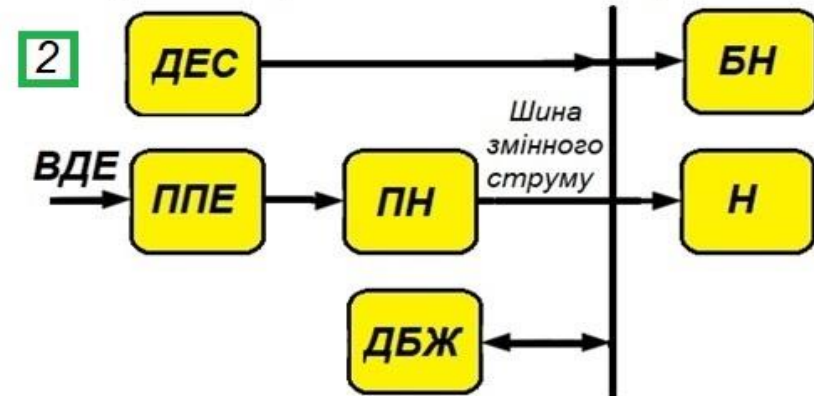
Гібридний енергетичний комплекс з шиною змінного струму та інверторною ДЕС



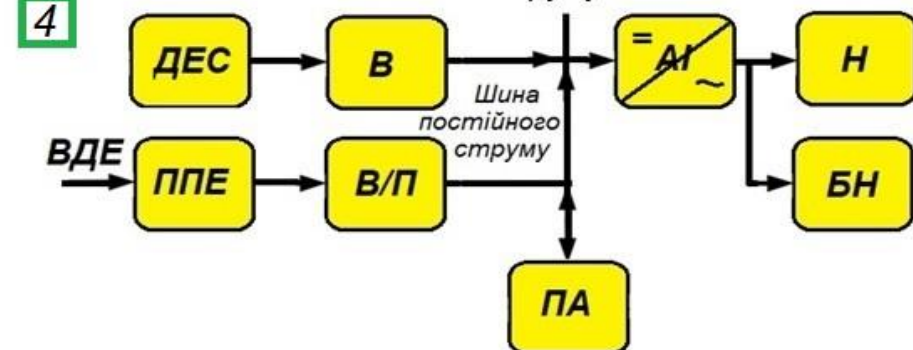
Гібридний енергетичний комплекс з ДЕС, яка працює постійно



Гібридний енергетичний комплекс з дублюючою ДЕС



Гібридний енергетичний комплекс з шиною постійного струму



ПОЗНАЧЕННЯ

ВДЕ - відновлюване джерело енергії;
 ППЕ - перетворювач первинної енергії;
 В/П - випрямляч чи перетворювач електроенергії;
 АБ - акумуляторна батарея;
 AI - автономний інвертор;
 Н - навантаження;
 БН - баластне навантаження;
 ДБЖ - джерело безперебійного живлення;
 ПА - пристрій акумуляції;
 ПН - перетворювач напруги



Приймачі електроенергії, кількість та потужність

№ з/п	Найменування приймача	Потужність одиниць, Вт	Кількість приймачів, шт.	Загальна потужність, Вт
1	Холодильні агрегати	500	3	1500
2	Вентилятори	300	3	900
3	Кондиціонери	1000	4	4000
3	Насос водяної станції	450	1	450
4	Бойлер	1800	1	1800
5	Механізм очищення коконів	400	1	400
5	Пральна машина	1500	1	1500
6	Комп'ютер	300	1	300
7	Роутер Wi-Fi	15	1	15
8	Чайник	1500	1	1500
9	Освітлення приміщень	20	40	800
10	Освітлення зовнішнє	20	5	1000
11	Телевізор	100	2	200
Сумарна встановлена потужність електроприймачів, кВт				14,4

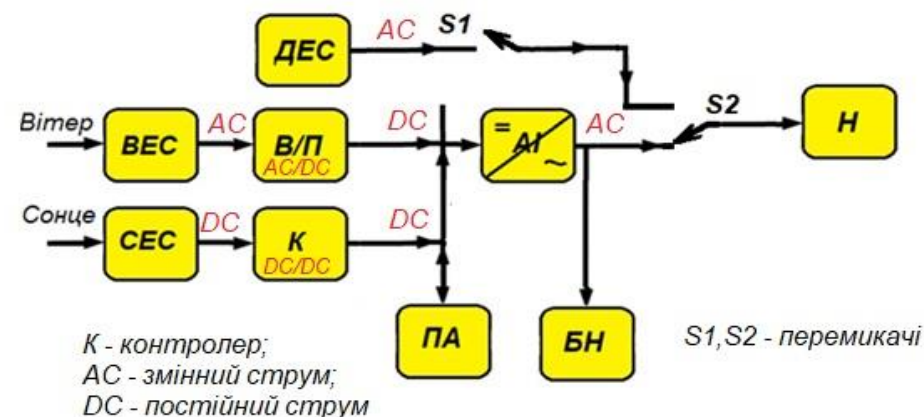
Швидкість вітру протягом року, м/с



Природна освітленість в зоні розташування підприємства

Місяць	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Середня за рік
Середня сумарна денна горизонтальна, тисяч люкс	83	163	282	410	580	655	620	540	375	205	85	55	338
Середня розсіяна денна горизонтальна, тисяч люкс	57	110	175	234	287	310	288	249	177	111	59	41	175
Тривалість освітленості, годин	10	11	13	15	17	18	18	16	14	12	11	9	14

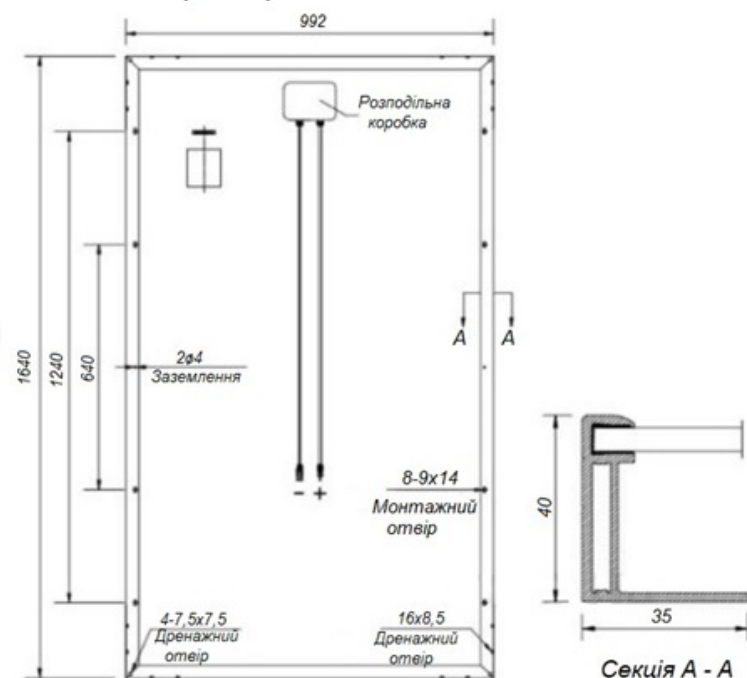
Прийнята структурна схема енергетичної установки



Зовнішній вигляд вітрової установки Estar-H 30 кВт



Установочні розміри сонячної панелі Amerisolar AS-6P30



Характеристики вітрової установки Estar-H 30 кВт

Параметр	Значення
Номинальна потужність, кВт	30
Максимальна потужність, кВт	35
Кількість фаз	3
Номинальна напруга, В	230
Діаметр вітрового колеса, м	15,6
Кількість лопатей, шт.	3
Швидкість вітру при зрушенні, м/с	3
Номинальна швидкість вітру, м/с	9
Максимальна швидкість вітру, м/с	59,5
Максимальна частота обертання ротора, об/хв	60
Площа обдування (обмахування), м ²	191
Температурні умови експлуатації, град. Цельсія	-20 – + 50
Вага, кг	2750

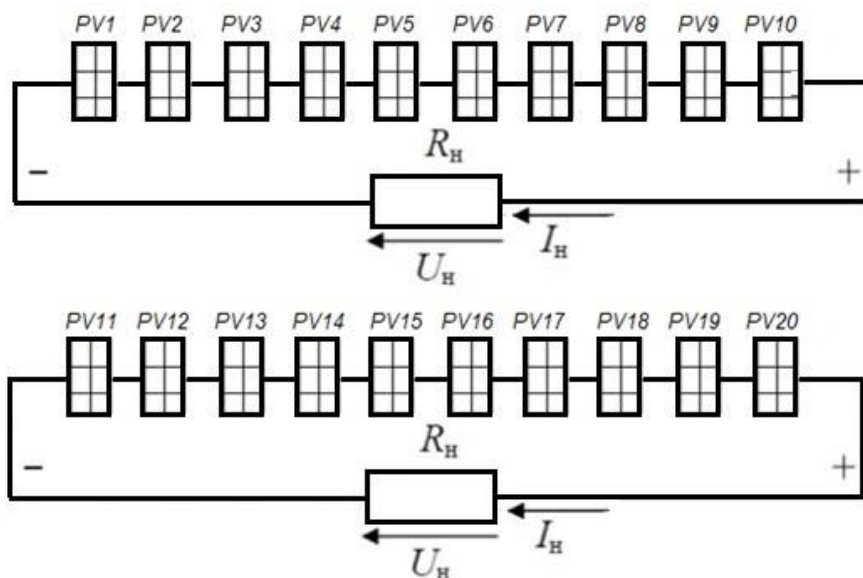
Технічні параметри акумулятора ENERGIS ESS 51.2-1400FLP

Параметр	Значення
Тип	LiFePO4
Номинальна напруга, В	48
Максимальна напруга, В	54
Максимальний струм заряду, А	125
Ємність, А·год.	280
Піковий струм розряду, А	325
Запас енергії, кВт·год.	14,34
Ресурс, циклів	При 25° С – 6000;
Габаритні розміри, мм	714×440×250
Маса, кг	100

Технічні параметри акумулятора Eco Worthy LiFePO4 12V

Параметр	Значення
Тип	LiFePO4
Номинальна напруга, В	12
Максимальна напруга, В	54
Максимальний струм заряду, А	160
Ємність, А·год.	280
Піковий струм розряду, А	325
Запас енергії, кВт·год.	3,58
Ресурс, циклів	6000;
Габаритні розміри, мм	453×238×221
Маса, кг	28,5

Схема з'єднання сонячних панелей



Зовнішній вигляд гібридного інвертору PH1100-12 KL3-E1



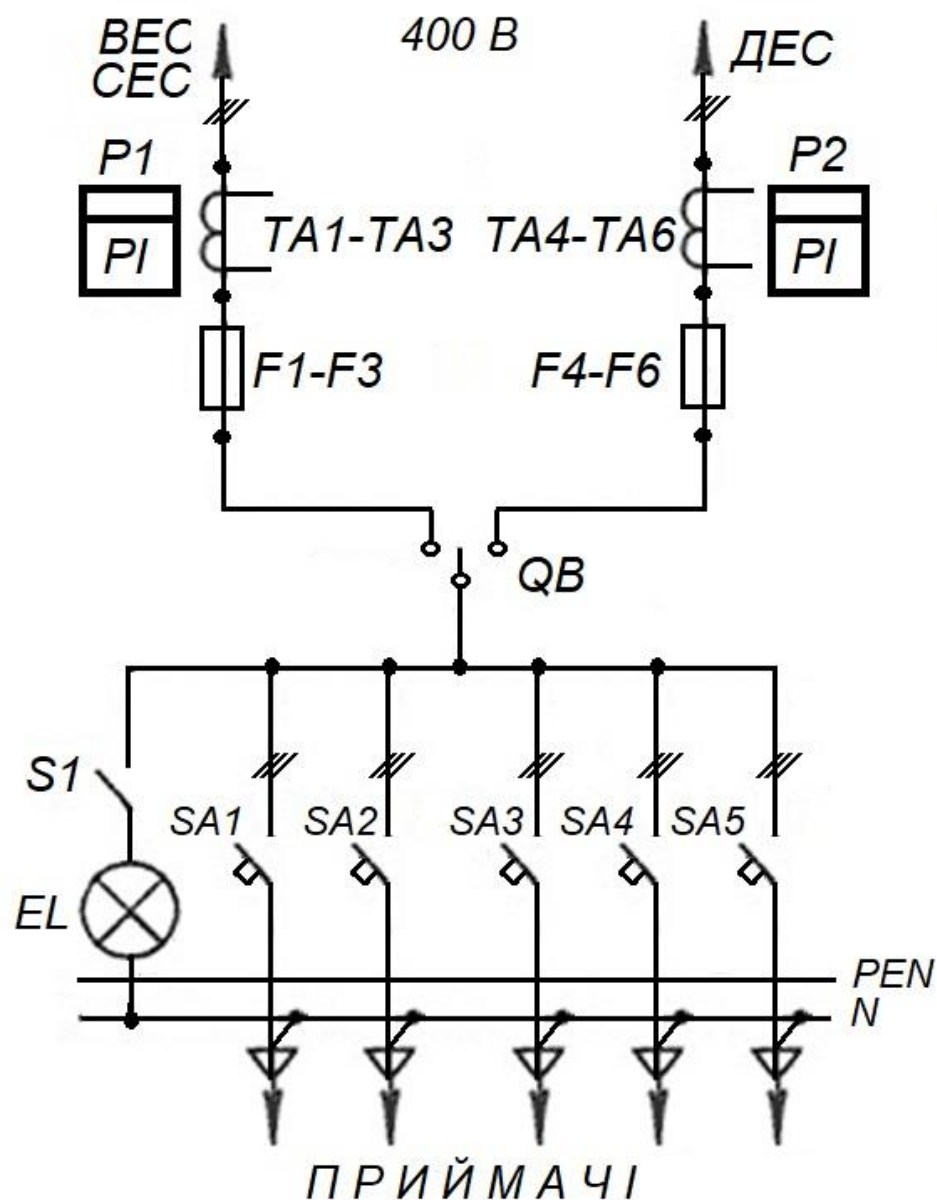
Технічні характеристики сонячних модулів Amerisolar AS-6P30

Параметр	Значення
Виробник	Amerisolar
Тип	Стационарна
Максимальна напруга системи, В	1000
Напруга неробочого ходу (U_{oc}), В	38,3
Номінальна напруга (U_{mp}), В	30,98
Номінальна потужність, Вт	265
ККД, %	16,29
Тип кристалу	Полікристалічний кремній
Струм короткого замикання (I_{sc}), А	8,98
Кількість комірок (фотоелементів), шт	60
Площа, м ²	1,626
Діапазон робочих температур, °C	-40 – +85°C
Ширина, мм	992
Довжина, мм	1640
Товщина, мм	40
Вага, кг	18,5

Технічні характеристики інвертору PH1100-12 KL3-E1

Параметр	Значення
Тип батареї	Свинцево-кислотна чи літієва
Напруга батареї, В	48
Діапазон напруги, В	40 – 60
Захист від надструмів/перегріву	Так/Так
Максимальна потужність заряджання/розряджання, Вт	12000
Максимальний струм заряджання/розряджання, А	240
Максимальна вхідна потужність постійного струму, Вт	15600
Максимальна напруга постійного струму, В	800
Діапазон напруги постійного струму при повному навантаженні, В	350 – 650
Кількість MPP трекерів, шт	2
Діапазон регулювання коефіцієнту потужності	0,8 – випередження чи відставання
Номінальна вихідна напруга змінного струму, В	230/400
Номінальна вихідна частота, Гц	50
Тип мережі	Трифазна
Максимальний ККД, %	97,0
Ступінь захисту	IP 65

Розподільний щит



Загальна схема розташування виробничого приміщення та електричного обладнання

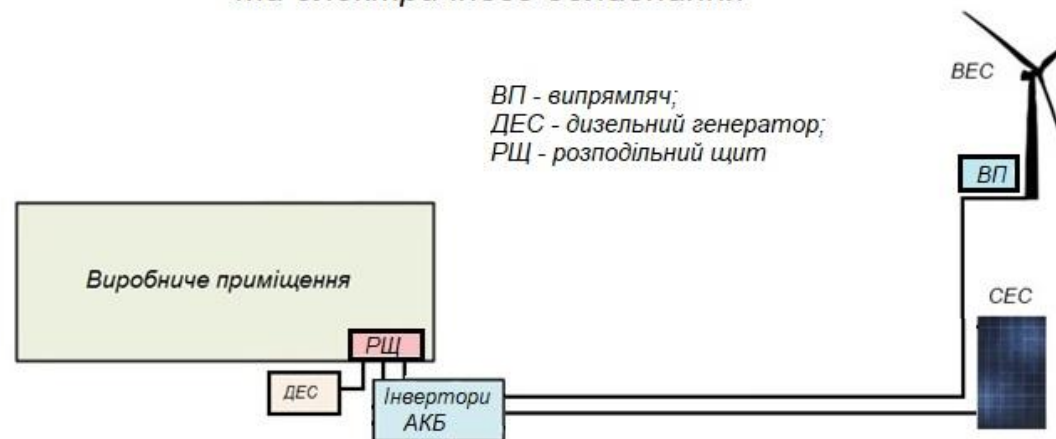
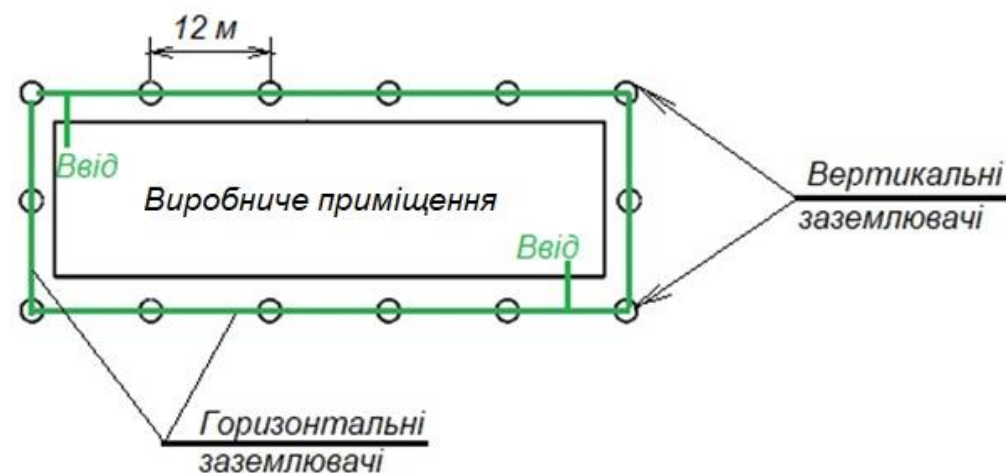


Схема пристрою заземлення



Опір пристрою заземлення 1,73 Ом