

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
Центр перепідготовки та післядипломної освіти
Кафедра електричної інженерії

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи

магістр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: «РОЗРОБКА ГІБРИДНОЇ СИСТЕМИ
ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
ВИСОКОЇ НАДІЙНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ»

Виконав: студент II курсу, групи ЕЕд-2,
спеціальності

141 – Електроенергетика, електротехніка
та електромеханіка

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Тимчак Роман Ярославович

(прізвище та ініціали)

Керівник Оробчук Б.Я.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль Вакуленко О.О.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Савків В.Б.

(прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет Центр перепідготовки та післядипломної освіти

Кафедра Електричної інженерії

Освітньо-кваліфікаційний рівень - магістр

Галузь знань 14 – «Електрична інженерія»

Спеціальність 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Електричної інженерії

д.т.н., проф. Тарасенко М.Г.

“ 23 ” червня 2020 року

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Тимчаку Роману Ярославовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Розробка гібридної системи електропостачання для забезпе-
чення високої надійності функціонування»

керівник роботи Оробчук Богдан Ярославович, к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від 16 червня 2020 р. № 4/7-426

2. Строк подання студентом роботи - грудень 2020 року

3. Вихідні дані до роботи: Виконати дослідження та аналіз існуючих автономних
систем генерації електричної енергії; розробити схеми електропостачання на
базі дизельних електростанцій; розробити схеми електропостачання на базі віт-
ро- і фотовольтичної установок; розробити структурну схему гібридної систе-
ми автономного електропостачання житлового будинку; виконати вибір облад-
нання і розрахунок забезпечення житлового будинку електроенергією.

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

1. Аналітичний розділ

2. Проектно-конструкторський розділ

3. Розрахунково-дослідницький розділ

4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

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

1. Актуальність теми, предмет і об'єкт дослідження, поставлені задачі та шляхи їх розв'язку

2. Схеми систем електропостачання на базі дизельних електростанцій

3. Схема принципова мікро-ГЕС та комплектація вітреенергетичної установки

4. Схема електропостачання сонячної фотовольтичної установки

5. Навантаження автономної системи електропостачання і її характеристики

6. Структурна схема гібридної системи автономного електропостачання

7. Загальні висновки до дипломної роботи

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях</i>	<i>Гурик О.Я., к.т.н., доцент</i>		
<i>Напмоконтроль</i>	<i>Вахуленко О.О., ст. викладач</i>		

7. Дата видачі завдання - червень 2020 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	<i>Аналітичний розділ</i>		
2	<i>Проектно-конструкторський розділ</i>		
3	<i>Розрахунково-дослідницький розділ</i>		
4	<i>Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях</i>		
5	<i>Оформлення пояснювальної записки</i>		
6	<i>Оформлення графічної частини</i>		

Студент

(підпис)

Тимчак Р. Я.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Оробчук Б. Я.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Тимчак Р. Я. Розробка гібридної системи електропостачання із забезпеченням високої надійності функціонування, 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка; Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. Центр перепідготовки та післядипломної освіти. Кафедра електричної інженерії, група ЕЕд-2. – Тернопіль: ТНТУ, 2020

Стор. - 79; рис. - 33; табл. - 15; плакатів - 7; джерел – 45

У кваліфікаційній роботі розглянуто основні питання і характерні особливості автономного електропостачання приватної житлової будівлі. Базовим джерелом є сонячні панелі, в якості додаткового - вітрогенератор, а резервним джерелом виступає дизельний електроагрегат.

У пояснювальній записці кваліфікаційної роботи розглянуто питання про загальні відомості актуальності і переваги альтернативної енергетики, можливі варіанти автономного електропостачання. Також виконано порівняльний розрахунок ефективності мікро-ГЕС з дизельним блоком живлення та розглянуто всі види автономного електропостачання. Проведено технічні розрахунки, відповідно до яких виконано вибір сонячних панелей, вітроустановок, необхідну кількість і ємність акумуляторних батарей та підібрано основне електрообладнання.

В графічній частині роботи приведено план розташування електрообладнання житлової споруди та принципову схему гібридної автономної системи електропостачання.

Ключові слова: автономна система електропостачання; вітроустановка; фотоелектрична система; сонячна батарея; електропривід.

ABSTRACT

Tymchak R. Development of a hybrid power supply system with high reliability. 141 - Electrical Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics. Ternopil Ivan Puluj National Technical University. Center for retraining and postgraduate education. Chair of Electrical Engineering, group ЕЕд-2. – Ternopil: TNTU, 2020.

Page – 79; Illustrations – 33; Tables – 15; Blueprints – 7; Sources – 45

The qualification work considers the main issues and characteristics of autonomous power supply of a private residential building. The basic source is solar panels, as an additional - a wind generator, and the reserve source is a diesel power unit.

The explanatory note of the qualification work considers the general information about the relevance and benefits of alternative energy, possible options for autonomous power supply. A comparative calculation of the efficiency of micro-hydropower plants with diesel power supplies was also performed and all types of autonomous power supply were considered. Technical calculations were carried out, according to which the choice of solar panels, wind turbines, the required number and capacity of batteries and the basic electrical equipment were selected.

The graphic part of the work shows the location plan of electrical equipment of a residential building and the schematic diagram of the wind turbine

Key words: autonomous power supply system; wind installation; photoelectric system; solar battery; electric drive.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	7
ВСТУП	8
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ.....	12
1.1 Актуальність застосування поновлюваних джерел енергії	12
1.2 Перспективи розвитку ВДЕ.....	13
1.3 Вибір конфігурації гібридної системи	14
1.4 Огляд гібридних систем та їх принципу роботи.....	16
1.5 Вибір типу автономної системи електропостачання.....	20
1.6 Висновки до розділу	23
2 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	24
2.1 Розробка варіантів електропостачання житлового будинку	24
2.2 Системи електропостачання на базі дизельних електричних установок ..	25
2.3 Система електропостачання на базі мікро-ГЕС	31
2.4 Система електропостачання на базі вітроелектричної установки	34
2.5 Система електропостачання на базі фотоелектричної установки.....	38
2.6 Висновки до розділу	44
3 РОЗРАХУНКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ	45
3.1 Аналіз ефективності мікро-ГЕС і дизельної електростанції	45
3.2 Розрахунок акумуляторних батарей автономної системи електро- постачання.....	46
3.3 Розрахунок сонячних панелей	51
3.4 Розрахунок вітроелектричної установки	52
3.5 Структура гібридної енергосистеми	58
3.6 Вплив синергетичного ефекту	59
3.7 Розрахунок та вибір обладнання.....	60
3.8 Розрахунок забезпечення житлового будинку електроенергією	63
3.9 Висновки до розділу	67

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	68
4.1 Захист персоналу у діючих електроустановках	68
4.2 Розрахунок блискавкозахисту об'єкта.....	70
4.3 Висновки до розділу	74
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	75
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	76

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АБ	Акумуляторні батареї
БЕГ	Бензиновий електрогенератор
ВРТ	Вітрова роторна турбіна
ВЕС	Вітрова електростанція
ВДЕ	Відновлювальні джерела енергії
ГЕС	Гідроелектростанція
ГДР	Гранично допустимий рівень
ДГ	Дизельний генератор
КЗ	Коротке замикання
ЛЛ	Люмінесцентна лампа
ЛЕП	Лінії електропередачі
ПУЕ	Правила улаштування електроустановок
ПЗП	Порційний зарядний пристрій
РП	Розподільний пристрій
СЗП	Сонячний зарядний пристрій
СП	Сонячна панель
ТЕН	Термоелектричний нагрівач
ОМС	Обмежувач максимального струму
ФЕБ	Фотоелектричні батареї
ЩР	Щиток розподільний

ВСТУП

Актуальність теми. Відповідно до Енергетичної стратегії України на період до 2030 року [1] одним з пріоритетів названо розвиток автономних систем генерації (АСГ) на основі відновлюваних джерел енергії (ВДЕ).

З впровадженням вітроенергетичних і фотоелектричних установок, в АСГ проблема надійності використовуваного обладнання і всього енергокомплексу (ЕК) стає однією з головних. Необхідно розвивати і вдосконалювати методи аналізу та розрахунку надійності, які дозволять на етапі проектування врахувати можливі характеристики відновлюваної енергетики, показники надійності та практику експлуатації наявного обладнання. А це, в свою чергу, дозволить провести розрахунок надійності установок, здійснити порівняльний аналіз варіантів схем АСГ на основі ВДЕ та виконати обґрунтування вибору оптимального варіанту.

Розробка системи автономного електропостачання з підвищеною надійністю функціонування має велике значення для забезпечення безперервного електроживлення житлових споруд, які відносяться до електроприймачів третьої категорії. Електропостачання зазначених об'єктів може здійснюватися від одного джерела живлення за умови, що перерва електропостачання, необхідна для ремонту або заміни пошкодженого елемента системи електропостачання, не перевищує однієї доби.

Більшість робіт, розглянутих в Аналітичному розділі кваліфікаційної роботи, присвячено оцінці надійності систем генерації, які базуються тільки на вітровій або сонячній енергії, натомість мало робіт висвітлює оцінку надійності систем генерації на традиційних джерела енергії, зокрема дизельні генератори (ДГ), а також пристрої накопичення енергії (акумуляторні батареї), які працюють спільно з ВДЕ.

У зв'язку з цим є актуальним питання вдосконалення методів оцінки надійності енергокомплексів, що містять вітроенергетичні і/або фотоелектричні, дизель-генераторні установки і пристрої акумуляування енергії.

Врахування надійності дозволяє оцінити вплив аварійних відмов і складу обладнання на величину вироблення електроенергії АСГ, а також визначити техніко-економічні показники з урахуванням надійності.

Мета і завдання досліджень. Метою кваліфікаційної роботи є розвиток технічних засобів і методів оцінки надійності автономних систем генерації на основі відновлювальних джерел енергії, які дозволяють враховувати надійність використовуваного обладнання та зміни кліматичних умов.

Для досягнення мети поставлені та вирішені такі завдання:

- проведено порівняльний аналіз існуючих автономних систем генерації електричної енергії, вказано на їх переваги та недоліки;
- розроблено схеми електропостачання житлового будинку від дизельних електростанцій напругою 220 В і напругою 380 В;
- проведено аналіз вітроенергетичного потенціалу України з метою вибору типу вітроенергетичної установки;
- розроблено структури вітроенергетичної і фотоелектричної установок та схеми електропостачання на їх базі;
- проведено розрахунок та визначено навантаження системи автономного електропостачання;
- розроблено структурну схему гібридної системи автономного електропостачання житлового будинку;
- виконано вибір обладнання та проведено розрахунок забезпечення житлового будинку електроенергією.

Об'єктом дослідження є автономна система електропостачання, що містить вітроенергетичну установку і фотоелектричні перетворювачі, дизельний генератор і акумуляторні батареї.

Предметом дослідження є надійність функціонування автономної системи електропостачання на основі відновлюваних джерел енергії.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у запропонованому підході до впровадження моделі надійності гібридної системи автономного електропостачання, яка складається з вітрогенераторної установки, фотоелектричних панелей і дизельгенераторної установки, що дозволяє врахувати відмови генеруючих елементів системи, погодні умови та оцінити недовідпущення електроенергії споживачам.

Практичне значення одержаних результатів роботи. Практична значимість результатів, отриманих в кваліфікаційній роботі, роботи полягає в можливості оцінки надійності і економічної ефективності гібридних автономних систем електропостачання різних конфігурацій і складів, які використовують відновлювальні джерела енергії, та прийнятті оптимального технічного рішення ще на стадії проектних робіт.

Результати досліджень, що містяться в кваліфікаційній роботі, можуть бути впроваджені в навчальний процес кафедри електричної інженерії Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

Апробація результатів магістерської роботи.

Основні положення роботи і її результати доповідалися на Міжнародній науково-технічній конференції «Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій» до 60 річчя з дня заснування Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя та 175 річчя з дня народження Івана Пулюя, 14-15 травня 2020 р. (м. Тернопіль)

Публікації.

За результатами виконаних досліджень опубліковано 1 тезу доповідей «Технологічна радімережа обміну даними для управління телемеханікою в силовій енергетиці». Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій: зб. тез доповідей міжнар. наук.-техн. конф. до 60 річчя з дня заснування Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя та 175 річчя з дня народження Івана Пулюя, (Тернопіль, 14–15 травня 2020) // М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін]. – Тернопіль: ТНТУ, 2020. – С. 216-217.

Структура роботи.

Робота складається зі вступу, 4 розділів, висновків, переліку посилань (45 найменувань).

Загальний обсяг текстової частини: 79 сторінок, 15 таблиць, 33 рисунки.

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Актуальність застосування відновлюваних джерел енергії

Відновлюване джерело енергії – це енергія, яку отримують при допомозі ресурсу, що швидко відновлюється (заповнюється) внаслідок природнього безперервного процесу.

З погляду економіки відновлювані джерела енергії (ВДЕ) можна сприймати як ефективний метод стимуляції інноваційної й ділової активності в державних економіках, які передбачають створення нових робочих місць, отримання суттєвих джерел прибутку від імпорту сучасного обладнання [2].

Згідно запропонованої експертами ООН можна привести таку класифікацію ВДЕ: енергія сонця і вітру; енергія отримана з торфу, біомаси, відходів сільської, лісової, промислової й комунальної діяльності; енергія ГЕС, які мають потужність менше 1 МВт; геотермальна енергія; енергія течій, припливів і відливів, температурних перепадів океану; низькопотенціальна енергія (тепла землі).

Основним елементом сталого розвитку високотехнологічних країн має бути вибір екологічно чистої енергетики в майбутньому [3]. Згідно прогнозів Міжнародного енергетичного агентства [3] до 2025 р. споживання електричної енергії на планеті може становити 26 трлн. кВт/год, враховуючи встановлену потужність електростанцій приблизно 5500 ГВт, до 2035 року – 32 трлн. кВт/год, встановлена потужність електростанцій становитиме 5900 ГВт. Приблизно 45% у досягненні заявлених показників очільники світових держав прогнозують за ВДЕ, так як традиційні способи отримання електроенергії мають обмежений початковий ресурс, мають негативний вплив на навколишнє середовище [4].

У 2019 р. згідно даних інвестиційного дослідження UNEP [5] глобальні інвестиції у ВДЕ становили більше 400 млрд. євро, а в 2020 р. ця сума уже перевищила 450 млрд. доларів [6].

За останні роки розвитку інноваційних технологій в галузі ВДЕ майже вдвічі зменшилась ціна генерації (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 - Середні витрати на генерацію різних видів ВДЕ в європейських країнах в 2019 р. (дол./тон нафтового еквівалента)

Джерело енергії	Витрати на генерацію
Природний газ	625–950
Віддалений дизельний генератор	3000–5000
Вітер	600–1500
Біомаса	1000–1500
Фотоелектричний без підключення до мережі	2000–4500
Фотоелектричний з підключенням до мережі	4000–6500

1.2 Перспективи розвитку ВДЕ

Потужні світові виробники вибрали шлях до нової енергетики ВДЕ, вказали безальтернативність її розвитку на сучасному етапі і спрогнозували, що загальні витрати на ВДЕ до 2030 року складуть близько 7 трильйонів доларів [7].

Методика безальтернативного інноваційного вибору ВДЕ світовою енергетикою зробила отримання загальної потужності галузі ВДЕ більше 500 ГВт, що у 1,5 рази перевищує потужності атомних електростанцій, які працюють на даний час. У 2020 р. введені потужності виробництва електроенергії на відновлюваних джерелах склали більше 700 ГВт [8].

Автономні системи відновлюваних джерел енергії не можна вважати надійними через не стабільну доступність та змінні кліматичні умови. Поєднання двох або більше відновлюваних джерел енергії є значно ефективнішим, ніж система з одним джерелом, беручи до уваги ціну, ефективність та надійність. Таку систему прийнято називати *гібридною відновлюваною енергетичною системою* (ГВЕС) і вона є елементом найбільш швидкого розвитку ринку в усьому світі [9].

Загалом, гібридні системи переводять усю отриману енергію в один вид, зазвичай електричну, і накопичують енергію у хімічному вигляді, стисненого

повітря, тепловому, механічного маховика, а отриманий вихід використовується для живлення різноманітних споживачів.

Гібридизація призводить до збільшення надійності системи ВДЕ, однак передбачає оптимальний вибір джерел енергії та технологій їх відбору, що буде визначати методологію проектування таких систем для покращення експлуатаційних характеристик, розв'язання задач диспетчеризації й керування. Стислий огляд різних технологій генерації енергії ВЕ/АЕ та різних способів зберігання енергії, що використовуються в гібридних системах, представлено у табл. 1.2.

Таблиця 1.2 - Технології генерації енергії ВЕ/АЕ та схеми зберігання енергії

Основні технології ВУ /АУ	Варіанти накопичення енергії
Біомаса	Акумуляторна батарея
Геотермальна	Стиснене повітря
Гідро/мікрогідро	Махове колесо
Океанські припливи/Хвилі	Водень
Сонячні фотоелектричні панелі	Гідравлічні насоси
Вітер	НМСЕ
Паливний елемент	Суперконденсатор

Різні комбінації технології генерації відновлюваної/альтернативної енергії за певного зберігання та у поєднанні із звичайною технологією генерації, зокрема дизель-генератором, можуть створювати гібридну енергетичну систему. Наприклад, гібридна система може мати декілька варіантів комбінації системи: вітроенергетичну, сонячну на основі фотоелектричних панелей, мікро-гідро, мікротурбіни, стандартного дизель-генератора, акумуляторної батареї й комірки водню, виготовленої на базі електролізу, а також у автономній або мережевій конфігурації.

1.3 Вибір конфігурації гібридної системи

При виборі оптимальної конфігурації гібридної системи відповідно до вимог навантаження оцінювання потрібно проводити за критеріями надійності електроживлення та ціни системи життєвого циклу.

Гібридні системи можуть комплектуватися джерелами теплової енергії (біогазові установки, теплові сонячні колектори) та джерелами на органічному паливі (дизель-генератори), які виступають у ролі елементів резервного живлення. Технологічні конфігурації класифікуються відповідно до типу напруги мережі, тобто постійного, змінного струму або їх поєднання [10].

У гібридній системі на базі постійного струму всі компоненти з отримання енергії зв'язані з лініями постійного струму, від яких заряджаються акумуляторні батареї. У гібридних системах із змінним струмом базові джерела напруги можуть бути з'єднані напряму з лінією змінного струму або через додаткові інвертори для забезпечення необхідних характеристик змінного струму (коли необхідно з'єднати систему із центральною мережею). Враховуючи особливості роботи, гібридні системи можна класифікувати як послідовні, паралельні і системи перемикання [11].

До недоліків системи можна віднести часті перезарядки акумуляторної батареї, що веде до скорочення терміну служби пристрою, потреба в наявності батарей високої ємності з метою зменшення глибини розрядження. Вихід з ладу інвертора може привести до повного відімкнення споживачів від електричної мережі.

На основі розглянутих літературних джерел можна відмітити наступні особливості автономних гібридних систем, які дозволяють робити їх конкурентоспроможними та ефективними:

- вибір палива гнучкий, надійність, економічність та зменшення шкідливих викидів;
- присутня можливість щодо включення таких систем до складу високопотужних та високоефективних теплових пристроїв, зокрема паливних елементів, сучасних матеріалів, систем охолодження і ін.);
- можна одночасно забезпечити високого рівня якості та доступності електроенергії;
- можна, враховуючи місце знаходження, включати в схему максимальну кількість ВДЕ;

- дозволяє забезпечити суттєво нижчий рівень шкідливих викидів в порівнянні з стандартними технологіями, які працюють на корисних копалинах;
- дозволяє досягнути необхідних характеристик при відносно низькій вартості, що є ознакою до входу на комерційний ринок.

1.4 Огляд гібридних систем та їх принципу роботи

На рис. 1.1 приведено структурну схему традиційної гібридної енергетичної системи з відкритим контуром на базі використання сонячної та вітрової енергії [12].



Рисунок 1.1 - Структурна схема гібридної системи з використанням енергії вітру та сонця

Представлена на рис. 1.1 система складається із сонячної і вітрової енергоустановок. Потужність, яка генерується вітровою установкою, є змінним струмом, також має змінну амплітуду й частоту, які в подальшому можуть бути перетворені в постійний струм для заряджання акумулятора. В схемі є контролер, який захищає акумулятор від високої заряджання або глибокого розряджання. Так як висока напруга може бути застосована для пониження втрат системи, інвертор, як правило, призначений для перетворення постійного струму низької напруги в змінний струм напругою 220 В та частотою 50 Гц. Контролер в схемі гібридної системи виконує наступні функції:

- збільшує величину електроенергії, виробленої фотоелектричними модулями або вітрогенератором, за допомогою визначення та встановлення положення робочої точки, що відповідає за максимум енергії;

- акумулювання електроенергії в акумуляторних батареях з метою забезпечення постійної і безперебійної роботи;
- керування процесом заряджання й розряджання батарей;
- захист вітроустановки від максимальної швидкості, для чого підключається фіктивне навантаження на його вихід;
- запуск в роботу дизель-генератора або підключення системи при наявності в електричну мережу в той час, коли поновлювані джерела енергії не забезпечують достатньої кількості електроенергії;
- забезпечення акумуляції та формування інформації про місцеве сонячне випромінювання: різні значення денного сонячного випромінювання, які розраховуються на один рік.

На рис. 1.2 приведено структуру стандартної гібридної енергетичної системи, яка використовує у своєму складі джерело сонячної та гідроенергії [13].

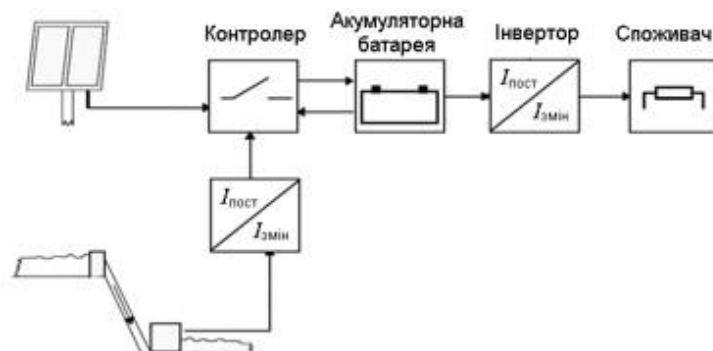


Рисунок 1.2 - Структурна схема гібридної енергетичної системи на базі роботи джерел сонячної та водяної енергії

Джерелом гідроенергії служить невеличкий резервуар, де є накопичена вода. Місце розміщення приведеної системи в основному залежить від географічних характеристик встановлених доступних джерел води, які розміщені на достатній висоті. Потужність системи розраховують враховуючи кількості води та сонячної радіації.

На рис. 1.3 приведено структурну схему стандартної гібридної енергетичної системи, виконаної на базі використання енергії біопалива, енергії сонця та дизель-генератора [14].

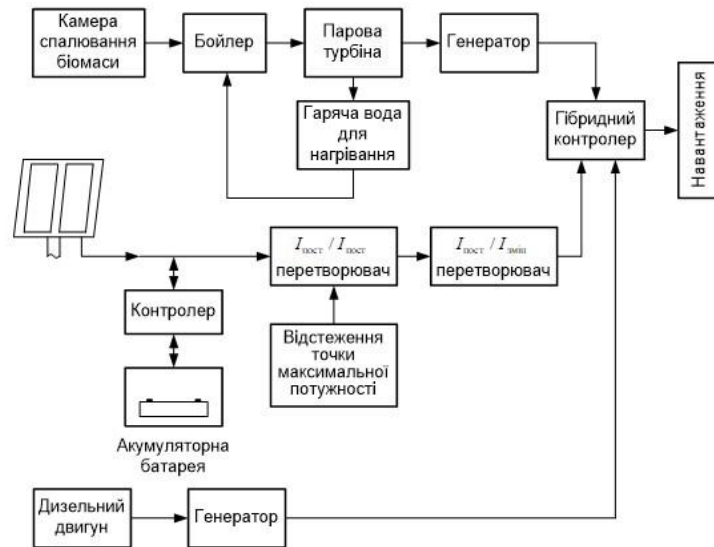


Рисунок 1.3 - Структурна схема гібридної енергетичної системи з використанням енергії біопалива, сонця та дизель-генератора

У якості біопалива у приведеній гібридній енергетичній системі можна використовувати сміття (сухі дерева, гілки, суха трава, залишки сільськогосподарських рослин, тирсу, кору й тирса з пилорам, шини і ін.). На рис. 1.4 приведено структурну схему стандартної гібридної енергетичної системи, виконаної на основі використання енергії сонячних фотомодулів, теплових сонячних колекторів та електричної мережі [15].

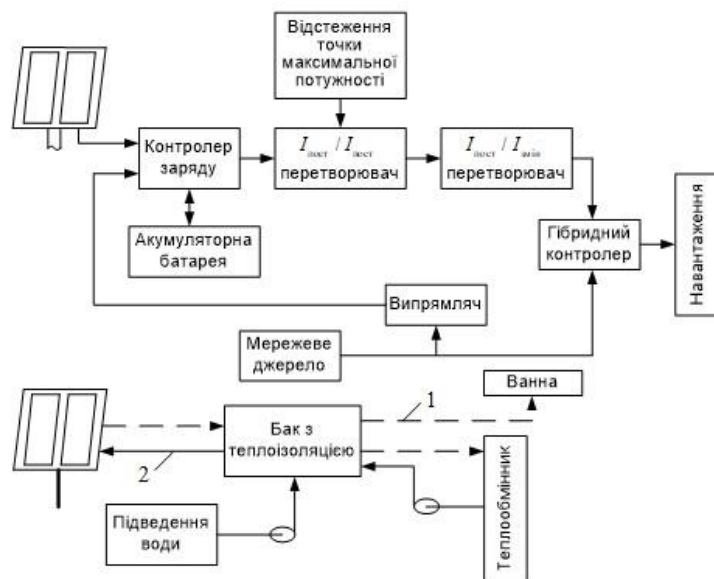


Рисунок 1.4 - Структурна схема гібридної енергетичної системи на основі використання енергії сонячних панелей, сонячної колекторів енергії та електромережі: 1 – гаряча вода; 2 – холодна вода

Вважається, що сонячна радіація є одним із найдешевших та найбільш практичних форм поновлюваної енергії (гаряча вода для житлового будинку або комерційних цілей, наприклад, спортивних басейнів, автомобільних мийок і пралень, звичайні сонячні печі та плити застосовуються в усьому світі як на промислових кухнях, так і у приватних приміщеннях).

Варто також відмітити самостійно розроблену гібридну енергетичну установку у Національному авіаційному університеті (м. Київ) на кафедрі авіаційних комп'ютерно-інтегрованих комплексів і яка розміщена на даху навчального корпусу №5 (рис. 1.5).



Рисунок 1.5 - Гібридна енергетична установка VS-1

В табл. 1.3 приведено робочі характеристики гібридної енергетичної установки, а на рис. 1.6 - графік залежності потужності енергетичної установки від швидкості вітру.

Таблиця 1.3 - Робочі характеристики гібридної енергетичної установки

Характеристика	Од. вим.	Значення
Номинальна потужність	Вт	2000
Максимальна потужність	Вт	2200
Максимальна вихідна напруга генератора	В	~60
Робоча швидкість вітру	м/с	6-14
Стартова швидкість вітру	м/с	2
Робочий діапазон швидкостей вітру	м/с	4-30
Вага	кг	90
Строк експлуатації	років	20

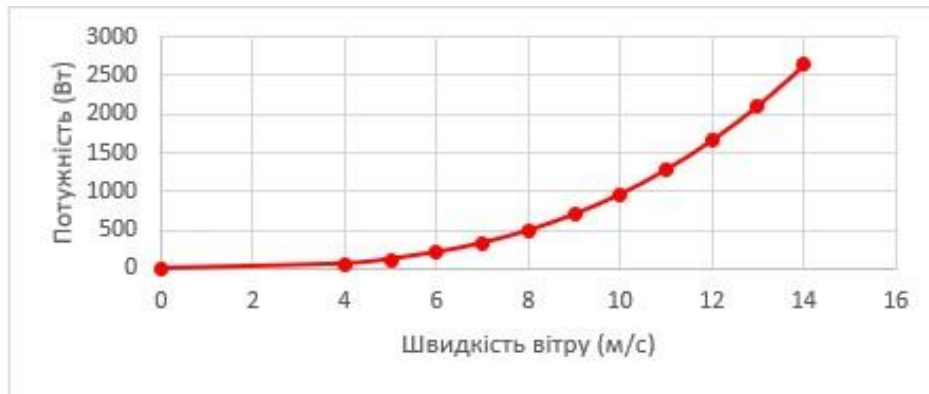


Рисунок 1.6 - Залежність потужності енергоустановки від швидкості вітру

1.5 Вибір типу автономної системи електропостачання

Енергетичні характеристики автономних систем електропостачання дозволяють зробити початкові висновки щодо доцільності використання вітру і сонячного випромінювання у вибраній місцевості. Дотримуючись розповсюджених рекомендацій і посібників із застосування вітроустановок невеликої потужності, середньорічна швидкість вітру не повинна становити менше 4 м/с. На даний час за нижню межу середньорічної швидкості вітру приймають 3 м/с.

Як правило, енергетичний потенціал сонячної радіації розподілений по всій території в середньому рівномірно. Можливість фотоелектричного перетворення прямого і розсіяного сонячного випромінювання дозволяє використовувати сонячні електростанції майже повсюдно [17]. Вагомою рекомендацією про доцільність застосування сонячних електростанцій є рівень питомої річної сонячної радіації більше 1000 кВт·год на квадратний метр горизонтальної поверхні. Робочий варіант структури гібридної енергетичної установки і долю участі в генеруванні електроенергії установками ВДЕ приймається на основі аналізу енергетичного балансу.

Проведені розрахунки показали, що у випадку, коли сумарна потужність споживача замиського будинку (електричних навантажень) не перевищує декількох кВт, а відстань до найближчого підключення до мережі централізованого електропостачання становить більше декількох сотень метрів, то автономна система електропостачання у цьому випадку є більш вигіднішою, ніж підключення до централізованої мережі.

Вибираючи варіант підключення до централізованої мережі електропостачання, необхідно враховувати наступні моменти: при підключенні до цієї мережі потрібно оплатити вартість підключення, вартість прокладання низьковольтної ЛЕП, яка коливається від 10000 до 17000 доларів США за 1 км в залежності від регіону, а також оплатити за споживану електроенергію за максимальним тарифом енергомереж. Цю суму можна здешевити, якщо є можливість розділити вартість підключення і будівництва ЛЕП на декількох осіб. Але і у цьому випадку це доволі вартісний проект для електропостачання заміського приватного будинку.

Отже, якщо у місцевості, де відсутня можливість підключення до централізованої мережі електропостачання, більшу частину року є яскраве сонячне випромінювання, присутні помірні вітри, або із заміським будинком протікає невелика, то, навіть беручи до уваги існуючі ціни, електропостачання такого будинку від поновлюваних джерел енергії буде набагато дешевшим варіантом, ніж прокладання і підключення лінії електропередач.

Для вирішення цієї проблеми можна обрати системи електропостачання для організації живлення споживача від наступних джерел: сонячних фотовольтаїчних батарей; вітрової електричної установки; мікро-ГЕС; термоелектричного генератора. В даному випадку автономна система електропостачання буде мати такі компоненти (рис. 1.7):

- джерело безперебійного живлення (ДБЖ) з вмонтованим контролером заряду акумуляторної батареї;
- акумуляторна батарея;
- резервний бензоелектричний генератор (потужність 1-3 кВт);
- фотоелектрична батарея (ФЕБ) і/або вітроелектрична установка (ВЕУ).

Якщо поблизу заміського будинку є швидкий водотік або перепад води, можна розглянути варіант з використанням мікро-ГЕС.



Рисунок 1.7 - *Схема автономного електропостачання будинку*

Також можна введенням в систему автономного електропостачання резервний бензоелектричний генератор (БЕГ), в результаті чого це дозволить вирішити декілька проблем:

- 1) БЕГ використовується у якості резервного джерела електропостачання;
- 2) від БЕГа можна забезпечити швидке зарядження акумуляторної батареї у випадку розрядження до критичного рівня. При цьому БЕГ може працювати з максимальним навантаженням, що забезпечить мінімальне споживання палива;
- 3) забезпечується можливість короткочасного живлення відносно великого навантаження - пральної машини, праски, мікрохвильової печі, виробничого інструменту і т.д.

Під час роботи такого навантаження БЕГ може включитися в роботу автоматично і безпосередньо забезпечувати роботу навантаження електротехнічного обладнання.

1.6 Висновки до розділу

Таким чином, в результаті виконаного аналітичного огляду доступних літературних джерел та розглянутих готових технічних рішень для активізації науково-технічного розвитку в галузі відновлювальних джерел енергії необхідно:

1. Впровадити програму інтенсивного використання відновлювальних джерел енергії для зниження викидів вуглекислого газу і покращення стану екології.

2. Визначити практичні орієнтири розвитку секторів ВДЕ з метою забезпечення оптимального співвідношення отримання поновлюваної і традиційної енергій для визначених регіонів України, враховуючи потенціал відновлювальних джерел енергії.

3. З метою створення нових робочих місць та зниження рівня безробітності визначити найбільш придатні регіони держави для розвитку виробництва відновлювальних джерел енергії.

4. Запропонувати інструмент державного замовлення для вітчизняних виробників обладнання ВДЕ з метою вкладання інвестицій у цю галузь.

5. Активно підтримувати розвиток поновлюваної енергетики шляхом покращення діючих нормативних документів та розробляти нові.

6. Впроваджувати автономні системи електропостачання на базі ВДЕ в якості перспективного рішення з метою розвитку децентралізованого електропостачання в сільській місцевості та віддалених споживачів, забезпечення акумулювання надлишків електроенергії та зняття пікових навантажень джерел енергії великої потужності.

2 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

2.1 Розробка варіантів електропостачання житлового будинку

У технічних рішеннях, розглянутих в Аналітичному розділі, пропонуються автономні системи електропостачання для одноквартирних і блокових житлових будинків, розроблені на базі автономних джерел електричної енергії. Автономним джерелом електричної енергії є енергетична установка, призначена для генерації електричної енергії і не входить до складу енергетичної системи [18].

В якості автономних джерел електричної енергії на даний час для одноквартирних і блокових житлових будинків застосовують:

- дизельні електроагрегати потужністю від 2 до 16 кВт;
- вітрові енергетичні установки потужністю від 0,5 до 16 кВт;
- сонячні установки з фотоелектричними модулями потужністю до 5 кВт;
- мікро-ГЕС потужністю від 1 до 50 кВт.

Автономні системи електропостачання для цих об'єктів використовуються у випадку відсутності централізованого електропостачання або неможливості приєднання до централізованої системи електропостачання, а також можуть використовуватися в якості резервної системи електропостачання.

В цих електричних установках дозволяється до використання обладнання і матеріали, що випускаються вітчизняною та зарубіжною промисловістю, і мають сертифікат Держстандарту України. Основне електричне обладнання, яке може бути рекомендоване для автономних систем електропостачання, супроводжується інформацією (каталогами) про його виробників і фірм-постачальників.

Електропостачання одноквартирних і блокових житлових будинків передбачається здійснювати напругою 220 В однофазного або 380 В трифазного змінного струму частотою 50 Гц від стандартних стаціонарних джерел електричної енергії. Джерела однофазного струму повинні мати один глухозаземлений вивід, а джерела трифазного струму - глухозаземлену нейтраль.

При використанні пересувних автономних джерел електричної енергії режим нейтралі джерел електричної енергії та захисні засоби повинні

відповідати режиму нейтралі і засобам захисту, які використовуються в мережах стаціонарних електричних приймачів житлових споруд.

2.2 Системи електропостачання на базі дизельних електричних установок

В автономних системах електропостачання використовуються дизельні електроустановки з місцевим керуванням, які встановлюються стаціонарно в окремому приміщенні. Потужність електроустановки обирають за розрахованим навантаженням житлової споруди. Залежно від типу електроустановки запуск можна здійснювати вручну при допомозі пускового шнура чи стартера. При використанні стартера в складі електроустановки використовується акумуляторна батарея.

Українська промисловість уже зараз серійно виробляє трифазні блоки живлення потужністю 8 і 16 кВт, а також започатковано виробництво однофазних електроустановок потужністю 4 кВт [12].

Електроустановки випускаються у переносного виконання з ізольованою нейтраллю (рис. 2.1). При стаціонарному використанні таких електроустановок необхідно виконати заземлення нейтралі, виконати роз'єднання ізоляції та перевірити чутливість захисту.

Захист генератора від можливих видів пошкоджень та ненормальних робочих режимів здійснюється автоматичним вимикачем з максимальними розмикачами або спеціальним блоком електронного захисту.

Контроль за струмом навантаження передбачено здійснювати за допомогою амперметра.

У випадку відсутності централізованого електропостачання облік споживаної електричної енергії споживач електроустановки може здійснювати за власним бажанням.

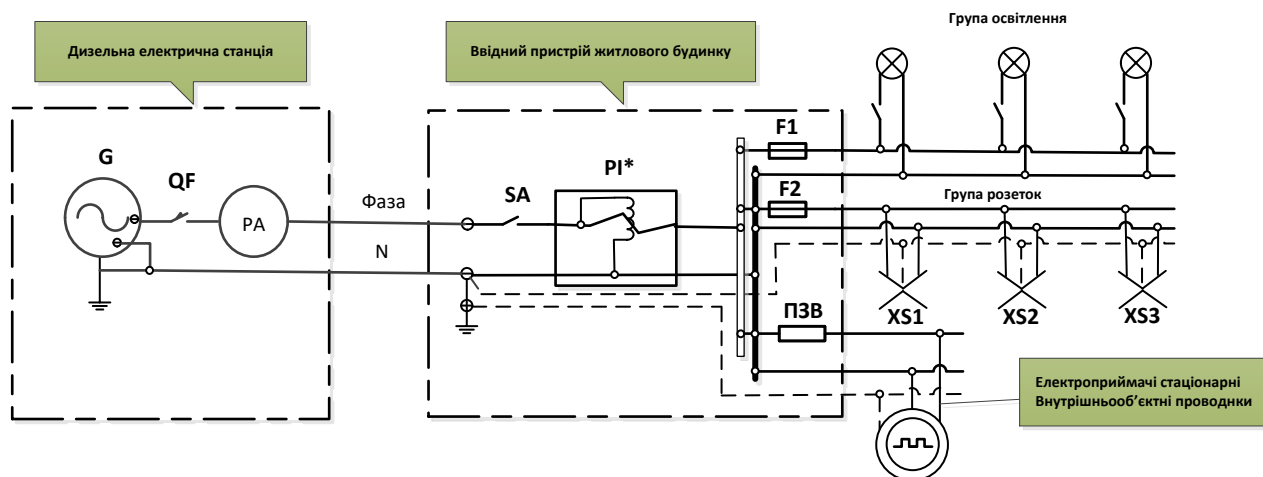


Рисунок 2.1 - Електропостачання житлового будинку від дизельної електростанції напругою 220 В: G - генератор; QF - автоматичний вимикач; PA - амперметр; SA - вимикач пакетний; PI* - лічильник активної енергії; F1, F2 - запобіжники; ПЗВ - пристрій захисного відключення

У випадку наявності централізованого електропостачання та використання електроустановки в якості резервного джерела електричної енергії в схемі електропостачання передбачено ручний пристрій перемикання S-42, який блокує можливість одночасного подання напруги в мережу споживача і в мережу організації, яка надає централізоване електропостачання (рис. 2.2).

Облік електричної енергії, що споживається від мережі централізованого електропостачання, здійснюється за допомогою лічильника активної енергії, який встановлено на ввідному розподільному пристрої житлової будівлі.

Дизельна електроустановка розміщується в будівельних спорудах I і II ступенів за вогнестійкістю. Щодо пожежонебезпеки, то приміщення електроустановки відноситься до категорії «Г».

В такому приміщенні повинна бути встановлена примусова вентиляція, яка забезпечує виведення окису вуглецю та охолодження електроустановки в літній період, а також пожежна сигналізація, система опалення з підтримкою температури повітря приміщення не нижче плюс 8 °С, загальне робоче і аварійне освітлення.

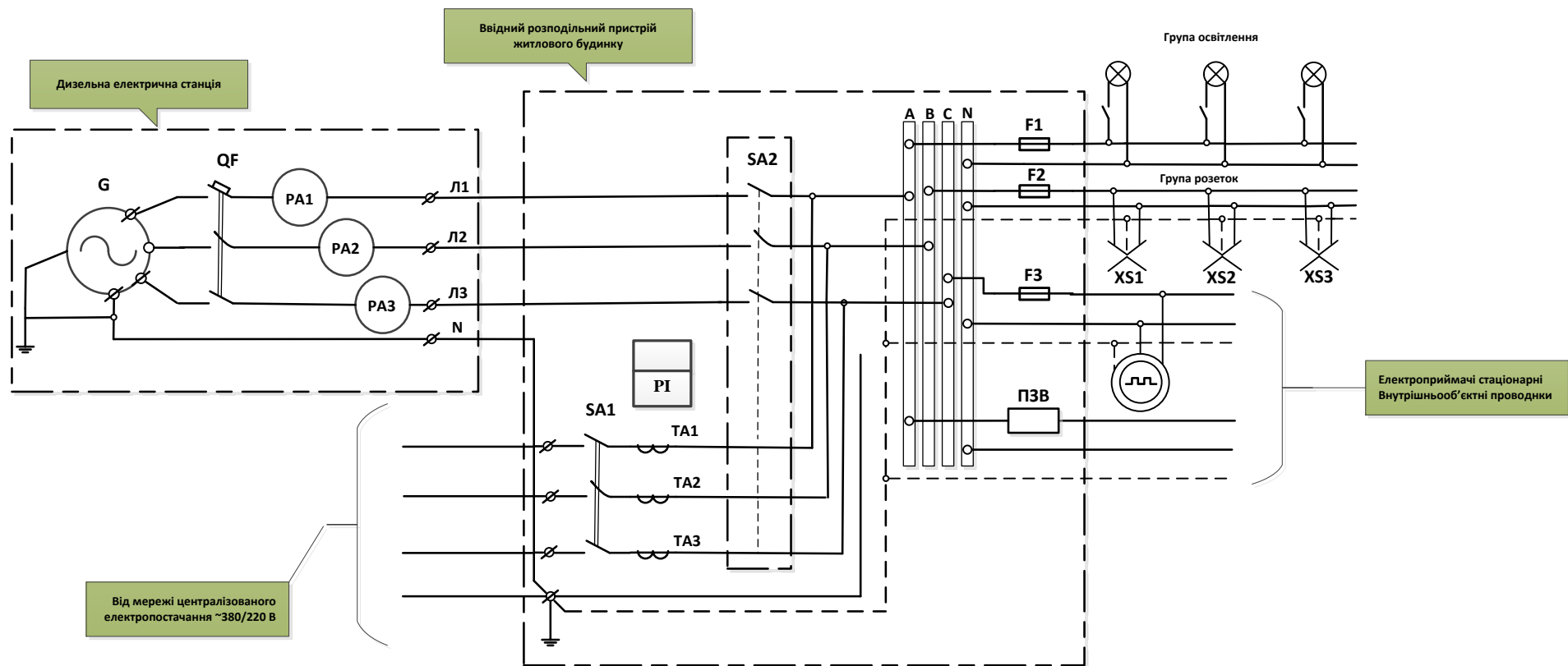


Рисунок 2.2 - Електропостачання житлового будинку від дизельної електростанції напругою 380/220 В: G - генератор; SA1 – пакетний вимикач; SA2 – пакетний перемикач; PI - лічильник активної енергії; F1-F3 - запобіжники; PA1-PA3 - амперметри; ПЗВ - пристрій захисного відключення; QF - вимикач автоматичний.

У приміщенні електроустановки монтується шафа, обладнана витяжною із зарядним пристроєм, шафа керування системою вентиляції, бак з паливом (рисунок 2.3). Для електроустановки здійснюється забір повітря з метою утворення паливної суміші двигуна та відведення відпрацьованих газів за межі приміщення.

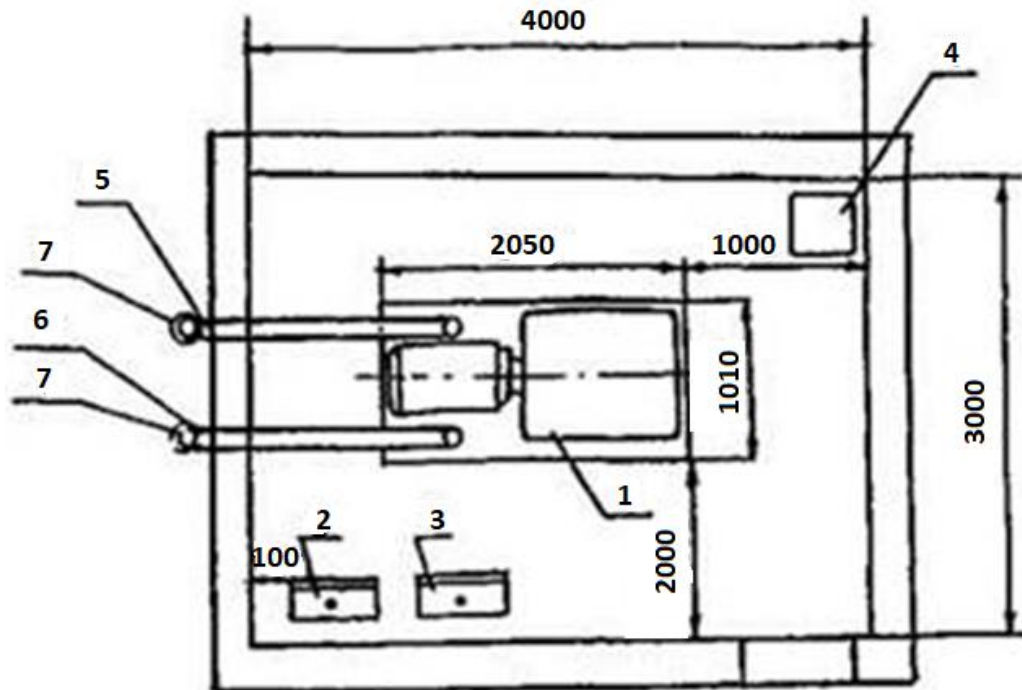


Рисунок 2.3 - Дизельна електростанція на базі електроустановки АД16:
 1 - дизельна електроустановка; 2 - витяжна шафа для обслуговування акумуляторних батарей; 3 - шафа керування вентиляційною системою; 4 - паливний бак; 5 - трубопровід відведення вихлопних газів; 6 - трубопровід повітрозбірний; 7 - глушники

В системі використовується акумуляторна батарея закритого типу (стартер), апаратура керування і захисту монтується на одній основі з електроустановкою.

Блок-контейнер (БК) типу «Клімат», що використовується у автономній системі електропостачання, призначений для розміщення в ньому автономних джерел електроживлення, стаціонарних автоматизованих дизельних електричних установок та станцій потужністю від 8 до 200 кВт, а також іншого допоміжного обладнання (табл. 2.1). Блок-контейнер дозволяє забезпечити надійну роботу і експлуатацію обладнання автономної системи

електропостачання в екстремальних кліматичних умовах в діапазоні температур від мінус 60 до плюс 40 °С.

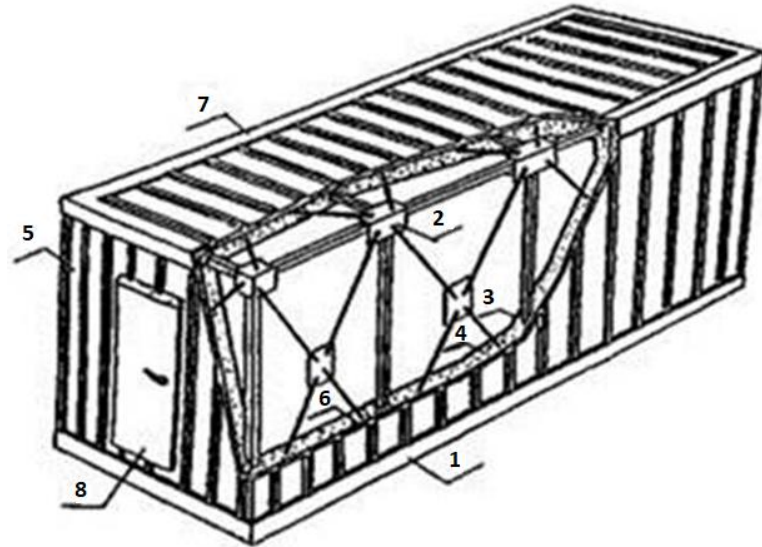


Рисунок 2.4 - Дизельна електростанція на базі БК типу «Клімат»

Блок-контейнер «Клімат» є контейнером зварної конструкції із несучою основою, виконаної зі сталевого прокату, оброблений зовні оцинкованим гнучим профнастилом марки С15, всередині обшитий сталевим оцинкованим листом (товщина 0,9 мм), що має декоративне пластикове покриття марки ЕОЦ-П. Також в конструкції передбачено шар утеплювача з поліуретану «Ізолан-18» (товщина 80-120 мм), який нанесено на внутрішню обшивку за допомогою наплення, що дозволяє забезпечити герметичність конструкції контейнера.

Нижню внутрішню основу апаратної частини роблять з ЦСП (товщина до 24 мм) або ДСП (товщиною 12-20 мм), використовуючи в якості покриття полімерного матеріал. Основу під дизельну електростанція і для стикувального модуля виконано із сталевого рифленого листа (товщина від 4 до 6 мм).

БК конструктивно виконано у вигляді прямокутного паралелепіпеда, який може мати одні або двоє дверей і отвори для труб, кабелів, системи вентиляції та кондиціонування та розділений перегородками на кілька відсіків.

Технічні та конструктивні параметри блок-контейнер приведено табл. 2.1 і табл. 2.2.

Таблиця 2.1 – Конструктивні характеристики БК «Клімат»

Позиція на рис.	Назва	Конструктивні особливості
1	Основа контейнера	Зварна конструкція зі сталюого прокату
2	Каркас	Зварна конструкція зі сталюого прокату, поєднана з основою
3	Внутрішня обшивка	Панелі з сталюого оцинкованого листа діаметром 0,7 мм з полімерним напиленням
4	Шар утеплювача	Діаметр 100 мм, виготовлено з пінополіуретану «Ізолан-18», нанесено методом напилення
5	Зовнішня обшивка	Сталюий оцинкований пофарбований профільний лист (d = 0,7-1,0; С 18)
6	Повітряний проміжок від 8 до 35 мм	Виконаний між зовнішньою обшивкою і утеплювачем, що дозволяє покращити внутрішній температурний режим контейнера
7	Ущільнювач	З декоративного металопластику
8	Вхідні двері	Дверний блок зі сталюого гнугого профілю з утеплювачем «Ізолан-18»

Таблиця 2.2 – Основна технічна характеристика

Габарити, мм	5900×2620×3100
Внутрішні розміри, мм	5400×2100×2310
Вага без обладнання, кг	3000
Максимальне навантаження на підлогу, кг/м:	
- апаратного приміщення	550
- дизельного приміщення	980
Максимальне навантаження на дах і стіни кг/м	180
Споживана потужність системи життєзабезпечення блок-контейнера, кВт	1,5
Категорія вогнестійкості	III-а

Враховуючи вимоги споживача, БК може комплектуватися системою автоматизованого життєзабезпечення (опалення, вентиляції, кондиціонування), системою робочого і аварійного електроосвітлення, охоронною пожежною сигналізацією та системою автоматизованого пожежогасіння.

2.3 Система електропостачання на базі мікро-ГЕС

Маленькі гідроелектричні станції (мікро-ГЕС) з номінальною потужністю до 50 кВт можна використовувати в якості автономних джерел електричної енергії для електропостачання власних житлових будівель, котеджних будинків, фермерських господарств і малих селищних поселень, які знаходяться поблизу невеликих річок, потоків, ставків і приватних водосховищ у випадку відсутності централізованого електропостачання.

Мікро-ГЕС можна використовувати при потребі для всієї території України, але найбільш вигідним є їхнє застосування в гірській і передгірській областях [19]. Для прикладу можна взяти за досвід використання потенціалу діючих малих мікро-ГЕС на території нашої держави [20].

При експлуатації мікро-ГЕС на рівнинній місцевості виникає потреба в будівництві греблі, яка повинна для роботи турбіни забезпечити необхідний напір води. При експлуатації мікро-ГЕС на похилих місцевостях достатнім буде будівництво дериваційного трубопроводу, що здійснити частковий відвід води від базового русла річки в необхідному для роботи турбіни обсязі (рис. 2.5).



Рисунок 2.5 – Приклад формування нахилу потоку води для мікро-ГЕС

При проектуванні мікро-ГЕС з номінальною напругою 400 В змінного струму частотою 50 Гц рекомендується розміщувати їх на відстані до 1 км від

житлового будинку, інакше виникає потреба у встановленні трансформаторної підстанції напругою 10/0,4 кВ.

Устаткування мікро-ГЕС встановлюється в спеціальному закритому приміщенні з метою захисту обладнання від впливу факторів навколишнього середовища [21] (рис. 2.6).

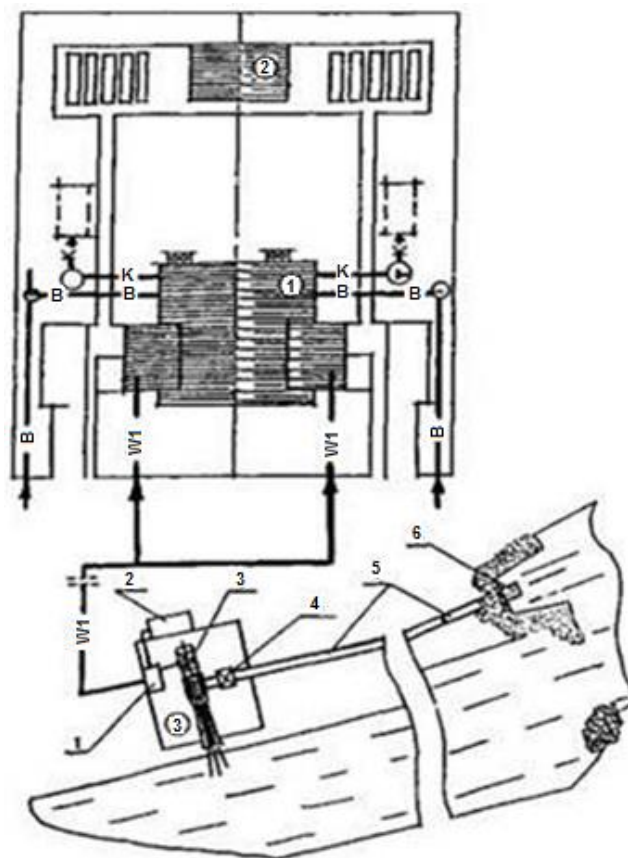


Рисунок 2.6 – Мікро-ГЕС дериваційного типу: 1 - блок системи регулювання; 2 - пристрій навантаження баласту; 3 - агрегат гідроелектричний; 4 - засувка запірня; 5 - підвідний трубопровід; 6 - водозабірний пристрій. К - каналізаційна мережа; В - водопровідна мережа; W1 - повітряна або кабельна до 1 кВ. (1) - житлова споруда; (2) - господарське приміщення; (3) - приміщення мікро-ГЕС

Для автономних систем електропостачання на базі мікро-ГЕС можна не встановлювати резервне джерело електричної енергії при умові стабільної експлуатації мікро-ГЕС в будь-який час року незалежно від кліматичних факторів. Додатковими перевагами мікро-ГЕС є екологічна чистота і можливість роботи в автоматичному режимі без обслуговуючого персоналу [22].

Автономна система електропостачання на базі мікро-ГЕС складається з гідроелектричного агрегату, генератора, системи автоматичного управління, системи автоматичного регулювання, водозабірної пристрою з очисткою від сміття, пристрою збудження та блоку баластного навантаження [23] (рис. 2.7).

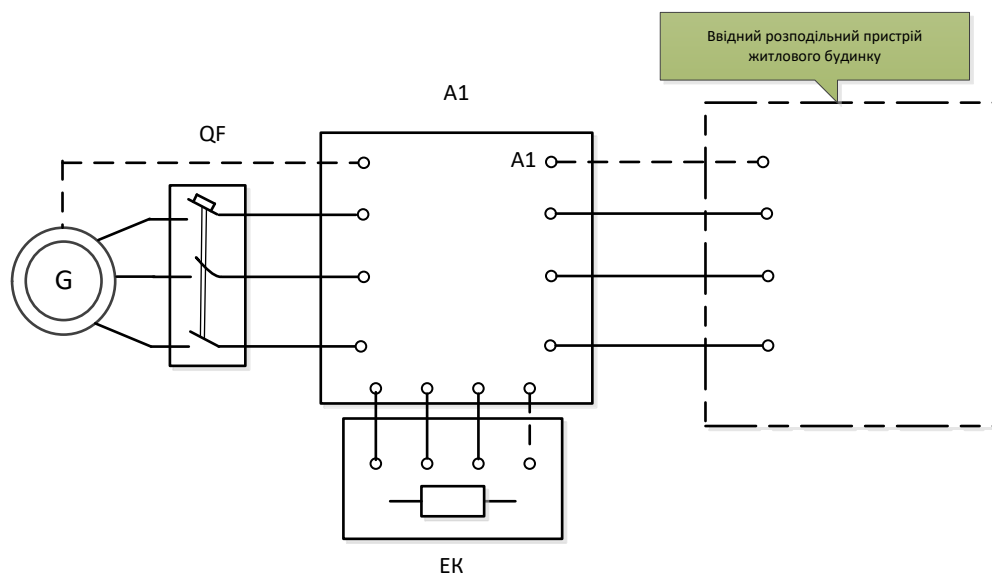


Рисунок 2.7 – Схема принципова мікро-ГЕС:

G - генератор; QF - вимикач автоматичний; A1 - блок системи регулювання;
ЕК - баластне навантаження

Принцип роботи мікро-ГЕС полягає в тому, що вода по напірному трубопроводу попадає на турбіну і заставляє її обертатися. Турбіна запускає в роботу хід ротор генератора, що встановлений на валу турбіни. За допомогою блока регулювання статорні обмотки генератора підключаються до електричної мережі споживача. Основне призначення блока регулювання – це узгодження режимів генерації електричної енергії за допомогою підключення баластної системи навантаження. Баластна система навантаження складається із системи повітряних трубчастих електричних нагрівачів (ТЕНів) .

Захист генератора від перевантаження і від струмів короткого замикання і здійснюється автоматичним вимикачем з максимальними розмикачами, які встановлені в кожен фазу електричної мережі.

2.4 Система електропостачання на базі вітроелектричної установки

Вітроелектричні установки (ВЕУ) рекомендується застосовувати для автономних систем електропостачання житлових приміщень в тих районах, де середньорічна швидкість вітру становить не менше 5 м/с [25]. Вибір ділянки для монтажу ВЕУ потрібно проводити відповідно до методичних рекомендацій «Проведення пошукових робіт оцінювання вітроенергетичних ресурсів для обґрунтування схем розміщення і проектування ВЕУ» і СНіП П-12-77 «Захист від шуму». При цьому необхідно брати до уваги, що відстань від ВЕУ до житлової споруди має становити не менше 30 - 40 м.

З метою забезпечення електропостачанням житлової споруди в періоди відсутності вітру в складі вітроелектричної установки передбачено резервне джерело електричної станції - дизельна електрична установка. Залежність потужності від швидкості вітру наведено в табл. 2.3 [26].

Таблиця 2.3 – *Характеристика потужності в залежності від швидкості вітру*

<i>Швидкість вітру, м/с</i>	4,3	55,2	65,0	75,0	87,0	89,5	9,2-25,2	25,2
<i>Потужність, кВт</i>	0,26	0,85	22,5	34,1	56,0	88,5	7,8	0

В стандартних схемах ВЕУ автономне джерело електричної енергії за допомогою блоку управління і регулювання та кабелів підключено до розподільного щита напругою 0,4 кВ. Акумуляторна батарея підключається до розподільного щита напругою 380 В за допомогою понижувального трансформатора і випрямляча. За допомогою інвертора здійснюється перетворення постійного струму від акумуляторної батареї в змінний струм напругою 220/380 В. Перехід на резервне джерело електричної енергії - дизельну електроустановку - здійснюється за допомогою пакетного перемикача. Надлишок отриманої електричної енергії можна використати для отримання гарячої води.

На рис. 2.8 приведено конструкцію вітрової установки ВТН8, яку можна застосовувати для системи атомного електропостачання окремих житлових приміщень [27].

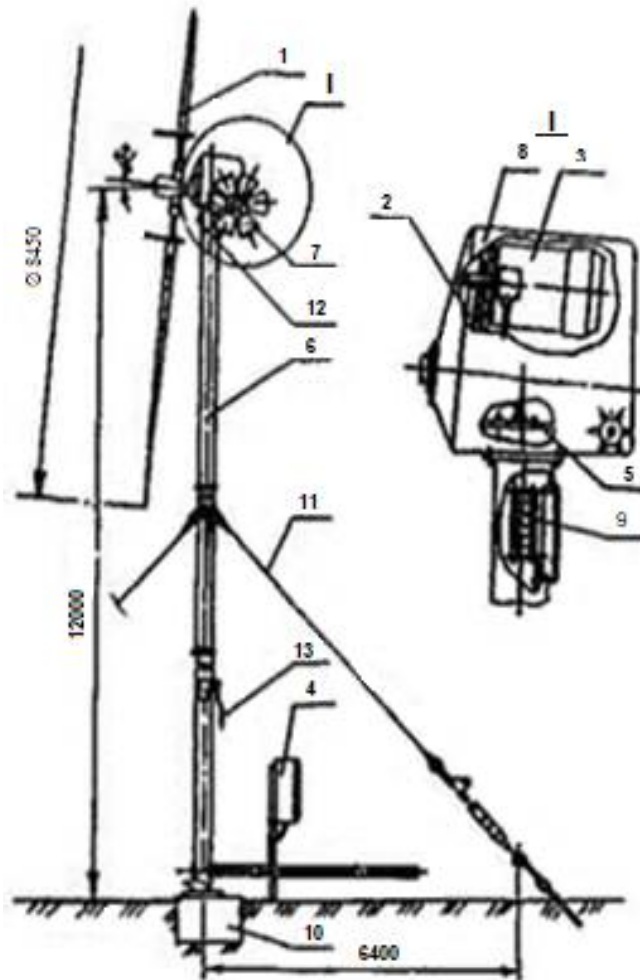


Рисунок 2.8 – Конструкція вітрової установки ВТН8:

- 1 - вітроколесо; 2 - мультиплікатор; 3 - генератор; 4 - блок регулювання;
 5 - редуктор; 6 - вежа; 7 - віндрузи; 8 - кожух; 9 - струмознімач;
 10 - фундамент; 11 - розтяжка; 12 - штурмова лопатка; 13 – рукоятка

Вітроелектрична установка ВТН8 є горизонтально-осьовим агрегатом, у якому площина обертання вітроколеса розміщена перед вежею. При дії вітру сила обертання вітроколеса передається на вхідний вал мультиплікатора, який пов'язаний з ротором генератора. Генератор за допомогою струмознімача, розміщеного всередині вежі вітроустановки, і кабелів під'єднується до блоку керування і регулювання (БКР). Вежа вітроустановки монтується на фундаменті і закріплюється за допомогою розтяжок.

Основні технічні характеристики вітрової установки ВТН8 приведено в табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – *Технічна характеристика вітроустановки ВТН8*

Номінальна потужність, кВт	8,1
Номінальна швидкість вітра, м/с	8,9
Максимальна робоча швидкість вітру, м/с	25,2
Мінімальна робоча швидкість вітру, м/с	4,7
Гранична швидкість вітру, м/с	61,0
Номінальна напруга, В	410/235
Частота струму, Гц	50
Річна генерація електроенергії (кВт×год) при середньорічній швидкості вітру, м/с:	
5	18100
6	25200
7	31000
Діаметр вітроколеса, м	8,47
Кількість лопатей	2
Номінальна частота обертання, об/хв	190
Тип регулятора вітроколеса	центробіжний аеродинамічний з повертанням лопатей
Спосіб орієнтації на вітер	віндрозний
Висота вежі, м	12,5
Маса установки з вежею, кг	790

При зміні напрямку вітру зміна орієнтації вітроколеса виконується автоматично при допомозі віндрозного редуктора, зубчасте колесо (нерухома частина) якого з'язане з вежею вітроустановки, а корпус редуктора (рухома частина) приводиться в рух з допомогою віндроз. Обертання віндроз зупиняється при співпадинні площини обертання віндроз і осі обертання вітроколеса з напрямком вітру. Вітроелектричний агрегат і БКР встановлюються на приватній ділянці на відстані не менше 30 м від житлової будівлі.

БКР має ступінь захисту IP56, монтується на кронштейнах біля вітроелектричної установки. Інше обладнання вітроенергетичної установки – акумуляторні батареї, випрямляч, інвертор і ін.) монтується в окремому приміщенні енергетичного блоку разом з резервним джерелом електроенергії - дизельною електричною установкою (рис. 2.9).

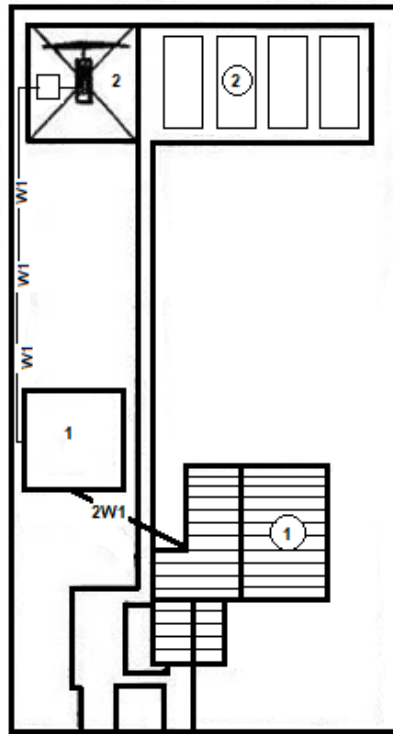


Рисунок 2.9 – План встановлення вітрової установки ВТН8:

- 1 - вітроелектрична установка; 2 - блок керування і регулювання;
W1 - повітряна або кабельна лінія напругою до 1 кВ;
(1) - житлове приміщення; (2) - приміщення енергетичного блоку

Кабельна лінія від блоку БКР до енергетичного блоку може бути проведена в землі (в траншеї на глибині 0,7-0,8 м) або відкрито (сталева чи поліетиленова труба) на спеціальному кріпленні вздовж огорожі.

Від енергетичного блоку до житлового будинку потрібно прокласти дві повітряні лінії (ПЛ) ізольованими проводами: до ввідно-розподільного пристрою будинку і до водонагрівача. Відстань від ПЛ до пішохідних доріжок має бути не менше 4 м. Тип проводів і його перетин вибирають відповідно до ПУЕ [28] та «Керівних матеріалів з електропостачання індивідуальних житлових будинків, котеджів, дачних (садових) будинків та інших приватних споруд».

Ввід в житлове приміщення і енергетичний блок здійснюють через патрубки. У приміщенні енергетичного блоку, обладнаного вентиляційною системою, акумуляторні батареї встановлюють на стелажах. Їхня ємність акумуляторів розраховується з умови забезпечення електропостачанням житлового приміщення на протязі трьох годин.

2.5 Система електропостачання на базі фотоелектричної установки

На даний час сонячні фотоелектричні установки (СФУ) використовуються для автономного освітлення, живлення побутових приладів, подачі води і ін. Ці установки в Україні отримали широке розповсюдження та застосування. Ефективність їх використання характеризується інтенсивністю сонячної радіації та кліматичними умовами, тобто залежністю від географічного розміщення і числа сонячних днів протягом року [29].

Сонце можна розглядати як джерело енергії високої стабільності. Але враховуючи закономірність руху Землі, слід мати на увазі, що це викликає річні, сезонні та добові коливання при надходженні сонячного випромінювання. Необхідно при проектуванні автономних систем електроспоживання врахувати, що число похмурих днів у північній півкулі Землі зростає в осінньо-зимовий період. В результаті надходження сонячного випромінювання і, відповідно, генерація електричної енергії на сонячних фотоелектричних установках може змінюватися в широкому діапазоні: від 5 кВт×год/м² в сонячний день весною або літом до 0,5 кВт×год/м² в похмурий день зимою. Слід зауважити, що фотоелектричних установках практично не можуть працювати в темний час доби, тому при виборі таких установок в якості джерела електропостачання необхідно враховувати циклічність її роботи [30].

В дипломній роботі ми використовуємо проект сонячної фотоелектричної установки як резервне джерело електроенергії беручи до уваги наявність мережі централізованого електропостачання, а також як резервне джерело

живлення для автономних систем електропостачання на базі дизельних електроустановок.

Сонячну фотоелектричну установку рекомендується встановлювати на найбільш інтенсивній і тривало освітлюваній ділянці житлового будинку.

Доцільним є розміщення такої установки на південній частині незатіненого схилу покрівлі житлового будинку, що дозволить скоротити довжину силових і з'єднувальних проводів, зменшити витрати на монтажні роботи та надати можливість використовувати вивільнену корисну площу земельної ділянки біля будинку для інших цілей.

Комплект СФУ включає: сонячну батарею, зарядний пристрій, акумулятори та інвертор [31] (рис. 2.10).

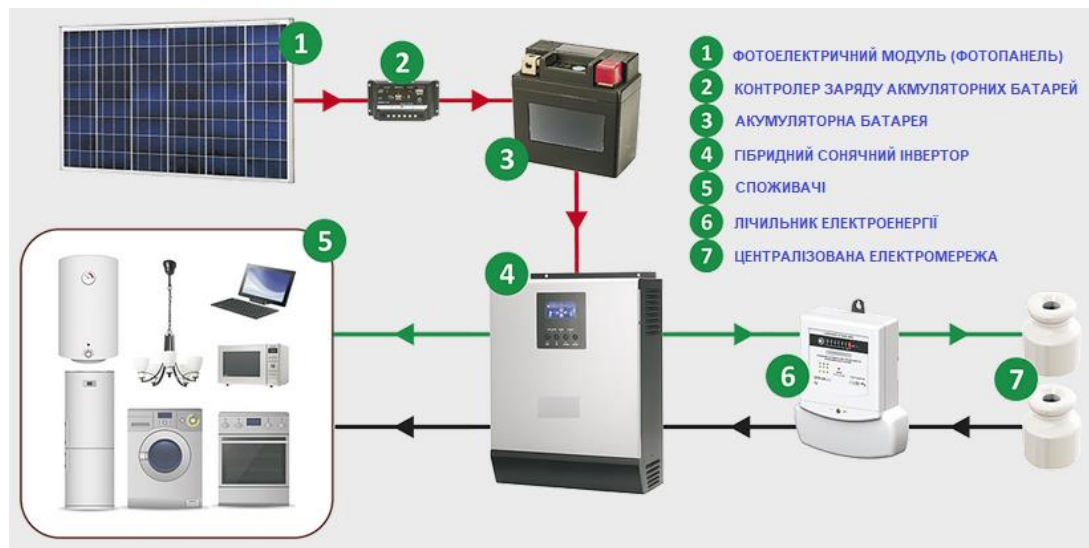


Рисунок 2.10 – Будова гібридної фотоелектричної установки

Сонячна батарея складається з фотоелектричних модулів, кожен з яких виконаний у вигляді панелі, укладеної в алюмінієвий корпус (рис. 2.11). Конструктивно панель виконана у вигляді фотоелектричного генератора, що складається зі скляної плити, з внутрішнього боку якої між двома шарами герметичної плівки встановлено сонячні елементи, які з'єднані між собою електрично провідними шинами. Нижній шар герметичної плівки захищено від впливу зовнішнього середовища шаром захисної плівки. Зовнішні сторони панелі вмонтовані у алюмінієву окантовку та захищені спеціальним герметиком.

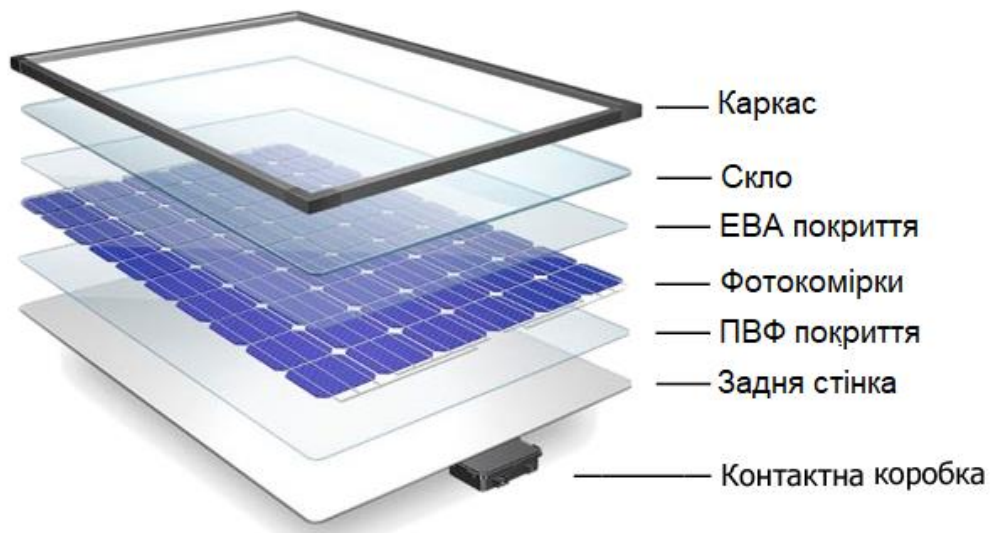


Рисунок 2.11 – Будова фотоелектричного модуля

До внутрішньої сторони фотомодуля прикріплено спеціальний діодний блок, під кришкою якого є три електричних контакти (1 - плюсовий вивід, 2 - вивід середньої точки кола, 3 - мінусовий вивід), які використовуються для підключення фотоелектричного модуля (рис. 2.11). На корпусі модуля передбачено отвори для його кріплення.

Модулі такої конструкції можуть експлуатуватися при:

- температурі навколишнього повітря від мінус 40 °С до плюс 40 ° С;
- відносній вологості повітря до 100%;
- атмосферному тиску 85-107 кПа.



Рисунок 2.12 - Кріплення фотомодулів на похилій покрівлі

Фотоелектричні модулі можуть працювати після дії сонячної радіації з інтегральною густиною світлового потоку не більше 1120 Вт/м^2 , в тому числі при спектральній густині потоку ультрафіолетової частини 65 Вт/м^2 (довжина хвилі становить 285-405 нм), а також в дощових інтенсивністю 5 мм/хв , туману, снігового і вітрового навантаження до 2000 Па . Термін служби модулів може становити до 20 років, а гарантійний термін - 10 років. Основні технічні характеристики фотоелектричних модулів, що використовуються на нашому ринку, наведені в табл. 2.5.

Таблиця 2.5 - Технічні характеристики електричних фотомодулів

Тип модуля	Макс. потужність, Вт	Напруга, В			Струм при $U_{\text{макс}}$, А	Ікз, не менше, А	Маса, кг	Габарити, мм
		Макс.	Ном.	холос- того ходу				
СМ-110	11	18	12,5	21,2	0,62	0,83	1,7	341×341×20
СМ-215	16	18	12,5	21,2	0,87	1,08	2,2	401×401×20
СМ-325	26	18	12,5	21,2	1,62	2,04	5,1	1081×289×39
СМ-330	31	18	12,5	21,2	1,80	2,04	5,1	1080×289×39
СМ-435	36	18	12,5	21,2	2,16	2,31	7,2	980×451×39
СМ-450	51	18	12,5	21,2	2,96	3,22	7,2	980×451×39
СМ-550	51	28	12,5	36,4	1,86	2,04	7,3	1081×465×39
СМ-655	56	18	12,5	21,2	3,42	4,03	7,6	1081×551×39
СМ-660	61	18	12,5	21,2	3,67	4,03	7,6	1081×551×39
СМ-665	66	18	12,5	21,2	3,97	4,03	7,6	1081×551×39
СМ-755	56	17,5	12,5	20,6	3,42	4,03	8,2	1250×465×39
СМ-760	61	17,5	12,5	20,6	3,67	4,03	8,2	1250×465×39
СМ-765	66	17,5	12,5	20,6	3,97	4,03	8,2	1250×465×39
СМ-870	71	18	12,5	21,2	4,29	4,64	8,8	1151×535×39

Кріплення фотоелектричних модулів на даху будинку виконується за допомогою спеціальних опор. Для кріплення модулів на горизонтальних дахах застосовуються опори у вигляді поздовжніх балок з алюмінієвого профілю або дерев'яних брусів (рис.2.13). Крім того, для кріплення фотоелектричних модулів на таких дахах використовують регулюючі опори, які дозволяють змінювати кут нахилу модулів по відношенню до горизонтальної площі даху.



Рисунок 2.13 - Опора для кріплення фотоелектричних модулів на горизонтальному даху будинку

Режим роботи сонячної фотоелектричної установки є циклічним, з періодом в одну добу.

Потужність фотоелектричної установки розраховують, виходячи з умов забезпечення максимального електроспоживання за день житлової споруди в півгодинний максимум навантаження та забезпечення заряду акумуляторів, за період розряду яких здійснюється електропостачання у вечірній час (рис. 2.14).

За допомогою зарядного пристрою здійснюють контроль за процесами заряджання і розряджання акумуляторної батареї та її захист від перевантаження.

Сонячна електрична батарея, яка складається з фотоелектричних елементів, є джерелом постійного струму. Перетворення постійного струму в змінний напругою 220 В і частотою 50 Гц здійснюється за допомогою інвертора. Тип інвертора та його технічні характеристики зазвичай є вихідними даними, які визначають основні параметри сонячної фотоелектричної установки: вихідну напругу сонячної батареї, напругу акумуляторної системи, потужність зарядного пристрою і його конструкцію, тип проводів та кабелю і ін. Номінальна напруга фотоелектричного модуля становить 12 В.

В більшості випадків використовують сонячну батарея з вихідною напругою 24 В або 48 В постійного струму, який отримують за рахунок послідовно-паралельного з'єднання фотоелектричних елементів [32].

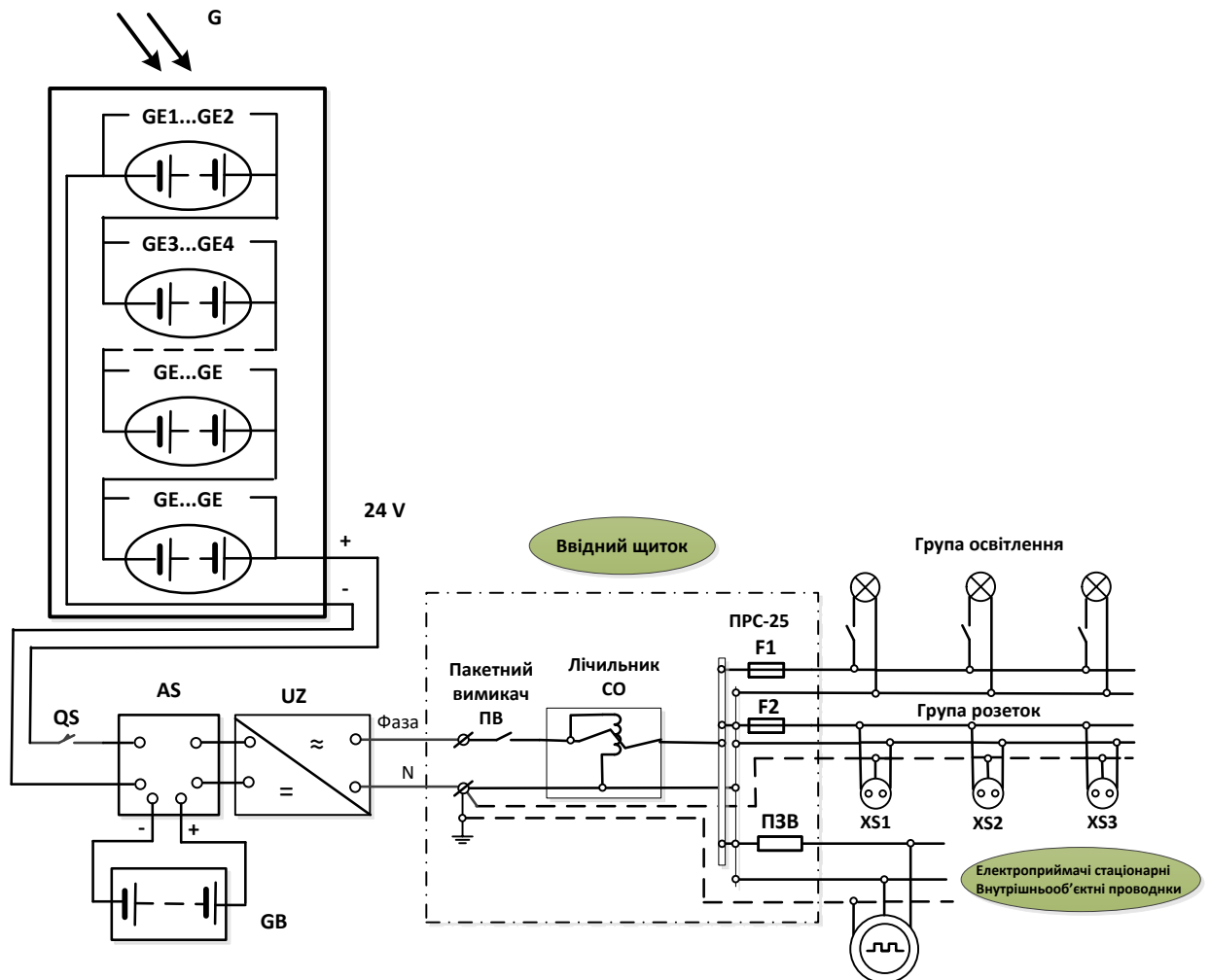


Рисунок 2.14 - Електрична схема електропостачання на базі сонячної фотоелектричної установки: G - сонячна батарея; GE - фотоелектричний модуль; GB - акумуляторна батарея; QS - вимикач; AS - зарядний пристрій; UZ - інвертор

2.6 Висновки до розділу

1. Виконано розробку варіантів електропостачання житлового будинку, проаналізовано їх переваги та недоліки.
2. Розглянуто систему електропостачання на базі дизельної електричної установки, виконано розрахунок її економічної ефективності та доцільності застосування.
3. Проведено розрахунок системи електропостачання на базі мікро-ГЕС різної потужності та її економічної ефективності
4. Виконано розрахунок системи електропостачання на базі вітро-електричної установки з врахування вітроенергетичного потенціалу конкретної географічної місцевості
5. Розроблено систему електропостачання на базі фотоелектричної установки з вибором обладнання та комплектуючих елементів.

3 РОЗРАХУНКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Аналіз ефективності мікро-ГЕС і дизельної електростанції

Для того, щоб вибрати оптимальний варіант автономної системи електропостачання житлового будинку, необхідно виконати порівняльний розрахунок ефективності розглянутих в попередньому розділі дизельної електростанції і мікро-ГЕС. Розглянемо декілька варіантів.

1) *Мікро-ГЕС потужністю 10 кВт.*

Термін служби мікро-ГЕС такої потужності при умові виконання правил експлуатації має становити не менше 10 років ($T = 3650$ діб) [33].

Вироблена потужність: $N = 10$ кВт;

Добова генерація електричної енергії (Q_d) при користуванні цією енергією протягом шістнадцяти годин на добу ($t = 16$ год) та потужності N рівна:

$$Q_d = N \times t = 10 \text{ кВт} \times 16 \text{ год} = 160 \text{ кВт}\cdot\text{год.}$$

За весь термін експлуатації T буде вироблено наступну кількість енергії Q :

$$Q = Q_d \times T = 160 \text{ кВт}\cdot\text{год} \times 3650 = 584\,000 \text{ кВт}\cdot\text{год.}$$

На даний час вартість мікро-ГЕС такої потужності становить 105 800 грн., зокрема ціна самої мікро-ГЕС (94 400 грн.) та вартість матеріалів і робіт для виконання монтажу мікро-ГЕС (11 400 грн.) [34]. Вартість 1 кВт·год електроенергії, виробленої за допомогою мікро-ГЕС, буде рівна:

$$B_2 = 105\,800 / 584\,000 = 0,18 \text{ грн./ кВт}\cdot\text{год} \text{ (18 копійок за 1 кВт}\cdot\text{год)}.$$

2) *Мікро-ГЕС потужністю 50 кВт.*

Термін служби мікро-ГЕС такої потужності при умові виконання правил експлуатації має становити не менше 10 років ($T = 3650$ діб) [33].

Вироблена потужність: $N = 50$ кВт;

Добова генерація електричної енергії (Q_d) при користуванні цією енергією протягом шістнадцяти годин на добу ($t = 16$ год) та потужності N рівна:

$$Q_d = N \times t = 50 \text{ кВт} \times 16 \text{ год} = 800 \text{ кВт}\cdot\text{год.}$$

За весь термін експлуатації T буде вироблено наступну кількість енергії Q :

$$Q = Q_{\partial} \times T = 800 \text{ кВт}\cdot\text{год} \times 3650 = 2\,920\,000 \text{ кВт}\cdot\text{год}.$$

На даний час вартість мікро-ГЕС такої потужності становить 431 600 грн., зокрема ціна самої мікро-ГЕС (408 800 грн.) та вартість матеріалів і робіт для виконання монтажу мікро-ГЕС (22 800 грн.) [34]. Вартість 1 кВт·год електроенергії, виробленої за допомогою мікро-ГЕС, буде рівна:

$$B_2 = 431\,600 / 2\,920\,000 = 0,15 \text{ грн./кВт}\cdot\text{год} \text{ (15 копійок за 1 кВт}\cdot\text{год)}.$$

3) Використання дизельної станції

Для вироблення 1 кВт·год електричної енергії в дизельній станції витрачається 300 г дизельного палива (0,0003 т/кВт·год).

При ціні дизельного палива 16 970 грн./т [35] вартість цієї кількості палива дорівнює:

$$B_{\partial,n} = 16\,970 \text{ грн./т} \times 0,0003 \text{ т/кВт}\cdot\text{год} = 5,9 \text{ грн./кВт}\cdot\text{год} \text{ (за 1 кВт}\cdot\text{год)}.$$

У розрахунку враховано тільки прямі витрати на пальне при використанні дизельної станції для отримання 1 кВт·год електроенергії, але не враховано вартості самої дизельної станції та роботу обслуговуючого персоналу.

Отже, можна зробити висновок, що вартість електроенергії при використанні мікро-ГЕС приблизно в 35 рази нижча, ніж при використанні дизельної станції.

3.2 Розрахунок акумуляторних батарей автономної системи електропостачання

Розрахунок та вибір акумуляторних батарей для системи автономного електропостачання вимагає окремого підходу [36]. Зазвичай автомобільні акумулятори в таких системах не застосовують, так як вони не розраховані на роботу в циклічних режимах, коли акумулятор віддає енергію довго та

повільно, і майже всі автомобільні акумулятори (навіть ті, які не обслуговуються) при своїй роботі виділяють шкідливі гази.

Найкращим варіантом в нашому випадку для систем автономного та резервного електропостачання буде застосування спеціальних акумуляторних батарей, які розраховані на циклічні режими роботи і глибоку регулярну розрядку. Можна використати акумуляторні батареї з рідким електролітом (OpzS серії) або герметичні гелеві (OpzV серії). Такі батареї є суттєво дорожчі за автомобільні, але в результаті, при технічно грамотному проектуванні системи, забезпечують надійне електропостачання.

Одним із варіантів можливе використання герметичних батарей, виготовлених за AGM- або GEL-технологією. Вони працюють значно ефективніше за автомобільні акумулятори, відсутні виділення при роботі шкідливих речовин, а вартість трохи вища за стартерні батареї.

Для автономних систем електропостачання з регулярними глибокими циклами розрядів рекомендується застосовувати гелеві акумулятори, приймаючи до уваги, що розряджений стан для них не критичний на відміну від AGM акумуляторів. Тому в автономних систем електропостачання такі акумулятори є набагато ефективнішими, і крім того, термін служби в них набагато більший, ніж AGM для аналогічних умов роботи.

Гелевий акумулятор є свинцево-кислотним герметичним акумулятором, в якому в якості сепаратора використано силікагель для заповнення простору між пластинами (рис. 3.1). Силікагель знаходиться в застиглому стані, утворюючи тверду речовину пористу речовину: маленькі пори утримують електроліт, а більші служать для циркуляції газів. Така конструкція забезпечує покращені характеристики, тобто кількість циклів розряду і витривалість до глибоких розрядів, що впливає на високу вартість цих акумуляторів приблизно на 30-40% у порівнянні зі своїми конкурентами [37]. До переваг можна віднести стійкість до вібрації, герметичність, температурний режим роботи (від - 35 до +50 °C), не відбувається сульфатації і корозії анодних пластин, стійкість до глибоких розрядів, можливе зберігання розрядженої батареї декілька днів.

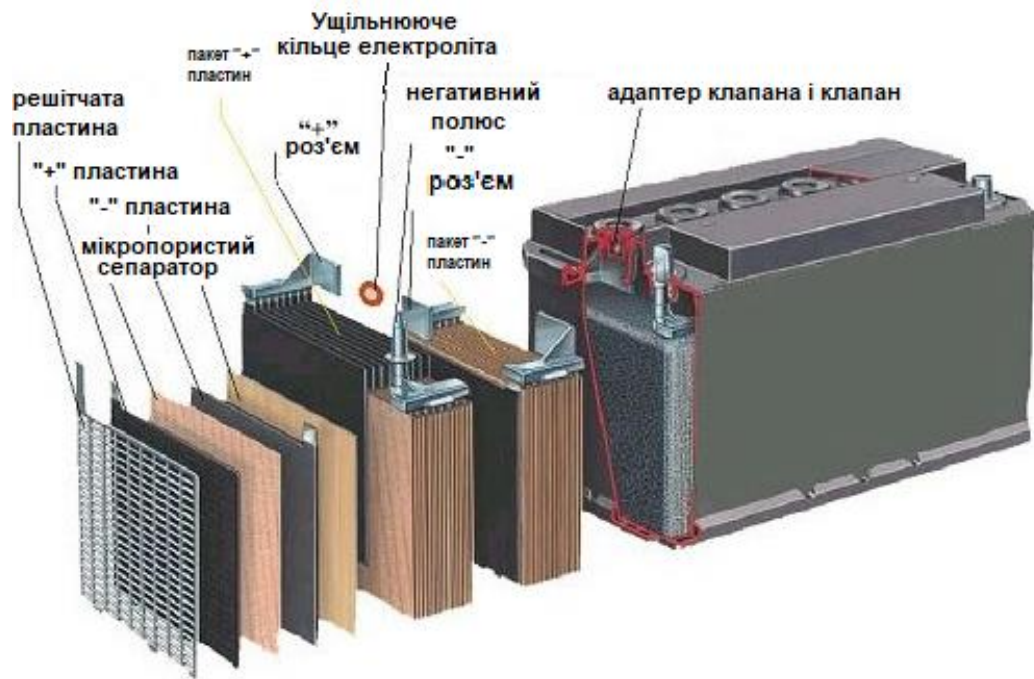


Рисунок 3.1 – Будова гелевого акумулятора

Такі акумуляторні батареї мають більшу товщину пластин електродів, відповідно, термін їх служби в режимі тривалого розряду суттєво перевищує термін служби стартерних батарей.

Враховуючи вищесказане, в автономних систем електропостачання на базі відновлюваних джерел енергії і системах безперебійного живлення, рекомендується застосовувати герметичні, «необслуговувані» акумуляторні батареї. Це пояснюється тим, що сонячна фотобатарея, електричний термогенератор і електрична вітроустановка малої потужності генерують відносно невеликий струм, тому заряд акумуляторної батареї має достатньо тривалий період, відповідно, можна використати найдешевші з «необслуговуваних» типів батарей.

Тому гелеві акумулятори на практиці використовують там, де потрібно забезпечити тривалий термін служби при глибоких режимах розряду і у випадку, коли температура акумулятора опускається нижче 5 градусів за Цельсієм. Отже, для реалізації нашого проекту приймаємо акумулятори Delta (рис. 3.2, табл. 3.1), виготовлених за технологією GEL, як призначені для роботи, як в буферному (5 років), так і в циклічному режимах (1300 циклів при 30% глибині розрядки).



Рисунок 3.2 – Гелевий акумулятор Delta GEL 12-100

Таблиця 3.1 – Технічні дані АБ Delta GEL 12-100

Тип акумулятора	U (В)	C (А·год)	Д (мм)	Ш (мм)	В (мм)	Вага (кг)
Delta GEL12-100	12	100	333	173	222	32,5

В табл. 3.2 приведено типове обладнання, що складає навантаження автономної системи електропостачання в сучасному житловому будинку.

Таблиця 3.2 – Навантаження автономної системи електропостачання

Назва обладнання	К-ть, шт.	Потужність, Вт	Заг. потужність, Вт	Час роботи протягом доби, год	Споживання за добу, кВт·год
Комп'ютер	1	200	200	4	0,8
Кондиціонер	1	2000	2000	2	4,0
Водонагрівальний котел	1	1500	1500	8	12,0
Побутові прилади	3	600	1800	3	5,4
Світлодіодний світильник	5	50	250	4	1,0
Телевізор + аудіосистема	1	500	500	4	2,0
<i>Сумарна встановлена потужність</i>			6,25 кВт	<i>Сумарне споживання за добу</i>	25,2

Якщо використовувати в якості джерела електроенергії сонячну панель і вітроенергетичну установку, то час резервування буде становити 8 годин. Для наступних розрахунків визначимо середню потужність на годинну в зимовий час:

$$W_{\text{cp}} = \frac{W_{\text{доб}}}{24} = \frac{25200}{24} = 1050 \text{ Вт} \cdot \text{год}. \quad (3.1)$$

Споживання за 8 годин буде становити:

$$W = 1050 \cdot 8 = 8400 \text{ Вт} \cdot \text{год}.$$

Дальше отримане значення потрібно помножити на коефіцієнт 1,2, що враховує втрати в інверторі:

$$W_{\text{повн}} = W \cdot k = 8400 \cdot 1,2 = 10800 \text{ Вт} \cdot \text{год}. \quad (3.2)$$

Значення вхідної напруги інвертора знаходимо за характеристикам вибраного інвертора, тобто обираємо напругу 48 В. Розділивши отримане значення споживання енергії за добу та враховуючи втрати на напругу, отримаємо кількість ампер-годин, необхідних для забезпечення навантаження змінного струму:

$$C = \frac{W_{\text{повн}}}{\sum U_{AB}} = \frac{10800}{48} = 210 \text{ А} \cdot \text{год}. \quad (3.3)$$

Тепер потрібно визначити кількість акумуляторних батарей. Беручи до уваги, що максимальний допустимий розряд батареї буде становити 30% від номінальної ємності (при сильнішому розряджанні батареї різко скорочується термін її служби) приблизна ємність рівна:

$$C_{\text{np}} = \frac{100\% \cdot C}{30\%} = \frac{100 \cdot 210}{30} = 700 \text{ А} \cdot \text{год}. \quad (3.4)$$

Дальше виконаємо розрахунок кількості, напруги, способу включення та тип акумуляторів. Необхідно враховувати, що при паралельному підключенні акумуляторних батарей в електричне коло буде додаватися ємність (А/год), а

при послідовному - напруга (В). Кількість послідовно з'єднаних в ряд акумуляторних батарей буде становити:

$$n_1 = 48/12 = 4. \quad (3.5)$$

Кількість паралельно з'єднаних рядів (табл. 3.1):

$$n_2 = \frac{700}{100} = 7 \quad (3.6)$$

Сумарна ємність акумуляторних батарей рівна:

$$\sum C_m = 100 \cdot 7 = 700 A \cdot год \quad (3.7)$$

Загальна кількість акумуляторних батарей рівна:

$$N = n_1 \cdot n_2 = 4 \cdot 7 = 28 \quad (3.8)$$

3.3 Розрахунок сонячних панелей

Розрахована за формулою (3.7) сумарна ємність акумуляторних батарей становить $700 A \cdot год$. Також необхідно врахувати втрати на заряд-розряд акумуляторної батареї (приблизно 20% при використанні спеціальних батарей):

$$1,2 \cdot \sum C = 1,2 \cdot 700 = 840 A \cdot год \quad (3.9)$$

Середня кількість максимальних сонячних годин для території Західної України становить 5 годин [38]. Необхідну кількість ампер-годин від сонячних батарей розраховуємо за формулою:

$$C = \frac{\sum C}{\text{години}} = \frac{840}{5} = 168 A \cdot год \quad (3.10)$$

Струм фотоелектричної панелі згідно специфікації виробника в точці максимальної потужності становить 10,35 А. Розрахуємо кількість модулів, які з'єднуються паралельно:

$$N_{\text{пар.}} = \frac{C}{I_m} = \frac{168}{10,35} = 16,23 \quad (3.11)$$

Округляємо до найближчого більшого цілого значення - до 16 штук. Номінальна напруга фотоелектричного модуля становить 12 В. Вибираємо фотоелектричний модуль серії ТСМ-180 (рис. 3.3 і табл. 3.3). Це є кремнієвий монокристалічний модуль зі скляною основою в алюмінієвій рамці. На протилежній стороні модуля знаходиться клемна коробка. Конструкція модуля одностороння.



Рисунок 3.3 - Фотоелектрична панель ТСМ-180

Таблиця 3.3 - Технічні параметри фотоелектричної панелі

Модель	Потужність, Вт	U_{xx} , В	U_n , В	I_m , А	Розміри, мм	Вага, кг
ТСМ-180	180,5	21,1	12	10,35	1341×991×39	19

У цій панелі використано спеціальне текстуроване скло, завдяки якому втрати світлової енергії мінімізовані. Це дозволяє збільшити потужність з одиниці площі модуля приблизно на 15%.

3.4 Розрахунок вітроелектричної установки

Сучасні вітроенергетичні установки - це агрегати, які перетворюють вітрову енергію в механічну енергію обертання вітроколеса, а далі - в електричну енергію.

Останнім часом в світі використовуються дві основні конструкції вітро-двигунів: горизонтально-осьові і вертикально-осьові агрегати. Обидва типи вітроенергетичних установок мають приблизно однаковий коефіцієнт

корисної дії, але найбільш поширеними є вітроустановки першого типу. Потужність вітроенергетичної установки може коливатися від сотні ватів до декількох мегават.

Попередні конструкції вітроустановок використовували вітроколеса «активного» типу (карусельного, Савоніуса), які працюють на силі тиску вітру (на відміну від вище описаних вітроколес з підйомною силою). Але такі установки мають дуже коефіцієнт корисної дії менше 20%, тому на даний час для генерації енергії майже не застосовуються.

Основні складові вітроустановки (рис. 3.4):

- *вітроколесо* або *ротор* - виконує перетворення енергії потоку вітру в енергію механічного обертання осі турбіни. Розмір вітроколеса в діаметрі може змінюватися від декількох метрів до декількох десятків метрів. Частота обертання вітроколеса коливається від 10 до 120 об/хв. Як правило, при з'єднанні з централізованою мережею вітроенергетичної установки, частота обертання її вітроколеса є постійною. При використанні в автономних системах з випрямлячем і інвертором частота обертання вітроколеса є змінною;

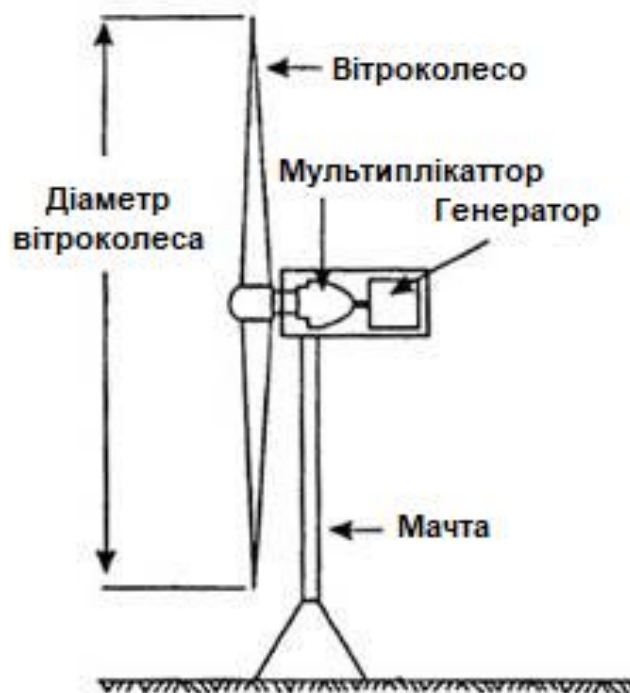


Рисунок 3.4 - Комплектація горизонтально-осьової вітроустановки

- *мультиплікатор* представляє собою проміжну ланку між вітроколесом і електричним генератором, який служить для підвищення частоти обертання валу вітроколеса та виконує узгодження з оборотами генератора. Винятком з цього правила є вітроенергетичні установки малої потужності з спеціалізованими генераторами на постійних магнітах. В таких ВЕУ мультиплікатори, як правило, не використовують;

- *мачта* (або сталеві розтяжки) – служить для встановлення вітроколеса. У вітроенергетичних установках великої потужності висота мачти може мати 75 м. Як правило, це циліндричні мачти, але можуть використовуватися і у вигляді решіток;

- *фундамент* - призначений для захисту від падіння установки при сильних вітрах. Також для захисту від пошкоджень при ураганних і сильних вітрових потоках більшість вітроенергетичних установок великої потужності виконують зупинку автоматично, при умові перевищення граничної величини швидкості вітру. З метою забезпечення обслуговування такі установки оснащуються гальмівним пристроєм. Горизонтально-осьові вітроенергетичні установки мають пристрій, який дозволяє автоматично орієнтувати вітроколесо за напрямком вітру.

Розмір вітроенергетичної установки залежить від умов використання. Головним параметром, який визначає розмір таких систем, є потужність вітроустановки. Наприклад, коли передбачена робота на централізовану мережу, можна використовувати вітроенергетичні установки потужністю вище 50 кВт. Вітроенергетичні установки меншої потужності в більшості випадків використовуються в якості автономних. Наприклад, така установка може бути використана в даній дипломній роботі для електропостачання житлового будинку з потужністю від 100 Вт до 10 кВт, приймаючи до уваги навантаження і енергоспоживання. До складу зазначених вітроенергетичних установок, як правило, входять акумуляторні батареї, а також і дизель-генератор, який використовується як резервне джерело енергії під час відсутності вітрових потоків. Малі підприємства і віддалені населені пункти можуть використовувати вітроенергетичні установки значно більшої

потужності. Турбіни потужністю менше 1 кВт використовують в більшості випадків для заряджання акумуляторів та електропостачання невеликого навантаження (побутова техніка, освітлення, електроінструмент і ін).

Вітрогенераторні установки з горизонтальною віссю обертання використовують для перетворення енергії вітру силу опору або підйомну силу. Установки на базі підйомної сили вважаються кращими, так як вони розвивають набагато більшу силу, ніж установки з безпосередньою дією сили опору. Крім того, останні установки не можуть розвивати швидкість, яка є більшою за швидкість вітру. В результаті цього лопаті, на які діє підйомна сила, є більш швидкохідними та мають краще співвідношення потужності і маси при меншій ціні встановленої одиниці потужності.

Конструкція вітроколеса може мати різну кількість лопатей (від однолопатевого вітрогенератора до багатолопатевого з числом лопатей більше 50). Вітроколеса з горизонтальною віссю обертання деколи виконують фіксованими у напрямку: вони не можуть обертатися відносно вертикальної осі, яка є перпендикулярною напрямку вітру. Такі вітрогенератори використовують лише при наявності одного основного напрямку вітру. Конструкція системи, на якій закріплено вітроколесо, в більшості випадків виконується поворотною з орієнтацією за напрямком вітру. У малих вітроустановках для цієї мети зазвичай застосовують хвостові оперення, у великих – для орієнтації використовують електронну систему керування.

З метою обмеження частоти обертання вітроколеса на великих швидкостях вітру практикується декілька методів, зокрема встановлення лопатей у флюгерне положення, застосування клапанів, які встановлюються на лопатях або крутяться сумісно, а також засоби для виводу вітроколеса з-під дії вітру за допомогою бокової панелі, яку встановлюють паралельно до площині обертання колеса.

На валу генератора безпосередньо кріплять лопаті вітроколеса або ж передають крутний момент його основи через допоміжний вал до генератора чи іншої робочої машини.

Проведені дослідження показали малу ефективність перпендикулярного напрямку дії вітру на горизонтально-осьові установки, так як тут також необхідне використання систем орієнтації та відносно складних методів отримання потужності, що тягне за собою втрати їх ефективності [26]. В цьому випадку ми не отримуємо переваг в порівнянні з іншими вітровими двигунами, які використовують горизонтальну і вертикальну вісь обертання (рис. 3.5).

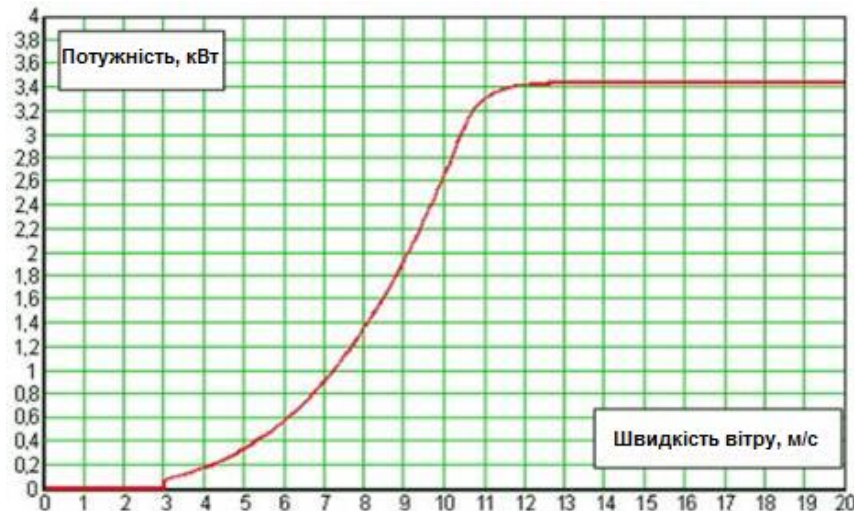


Рисунок 3.5 - Залежність згенерованої потужності вітрового генератора від швидкості вітру

З графіка (рис. 3.5) бачимо, як різко збільшується значення потужності вітрового потоку при зростанні швидкості вітру тільки на 1 м/с.

З рис. 3.6 бачимо, що середньорічна швидкість вітру в Західних областях України може досягати 7 м/с. Визначимо кількість електроенергії, яка може бути згенерована при сприятливих умовах за 8 робочих годин:

$$W_{\text{віт}} = V \cdot W_m = 7 \cdot 1000 = 7000 \text{ Вт}, \quad (3.12)$$

де V - швидкість вітру, м/с;

W_m - миттєва потужність вітроустановки, Вт.

Визначимо необхідну кількість вітроустановок для забезпечення функціонування житлового будинку:

$$n = \frac{W_{\text{нов}}}{W_{\text{віт}}} = \frac{10800}{7000} = 1,34. \quad (3.13)$$



Рисунок 3.6 – Енергетичний потенціал вітру на території України

Округлими отримане значення до найближчого цілого $n = 1$. Отже, для резервного живлення буде достатньо встановити одну вітроустановки ОМ-3000 потужністю по 3 кВт (рис. 3.7).



Рисунок 3.7 – Вітрова установка ОМ-3000 потужністю 3000 Вт

3.5 Структура гібридної енергосистеми

Базовим джерелом електроенергії в системі автономного електропостачання є сонячна фотоелектрична панель (СП). Цей пристрій заряджає акумуляторну батарею в світлий час доби, використовуючи сонячний зарядний пристрій (СЗП). Другим джерелом електроенергії в гібридній системі є вітрова генераторна турбіна (ВГТ), яка перетворює вітрову енергію в енергію змінного трифазного струму (рис. 3.8). Випрямляч регулятора заряду виконує перетворення трифазного змінного струму в енергію постійного струму, який використовують для заряджання акумуляторної батареї. Обмежувач максимального струму (ОМС) служить в цій системі для захисту порційного зарядного пристрою (ПЗП) від великих значень струмів. Варто відзначити, що ПЗУ використовується для рівномірного розподілу заряду між акумуляторними батареями. АБ служать для накопичення електроенергії. Для перетворення напруги 24/48 В постійного струму в синусоїдальну стандартну напругу (220 В, 50 Гц) до батареї підключається інвертор, який здійснює живлення споживачів житлових приміщень змінним струмом.

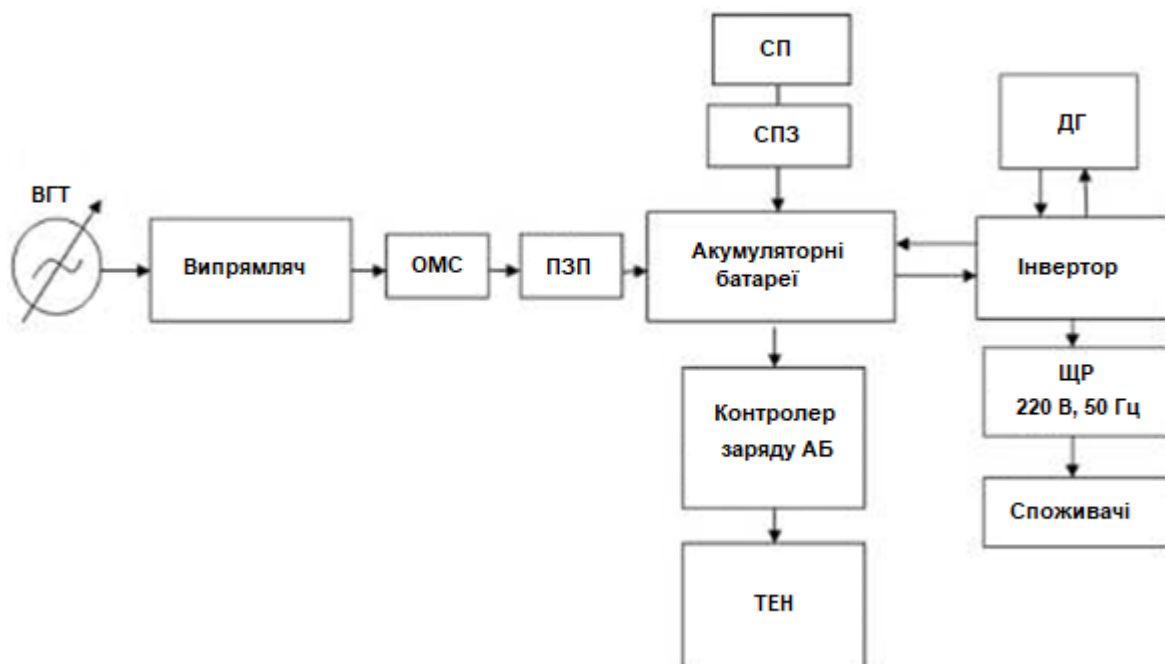


Рисунок 3.8 - Структурна схема гібридної системи автономного електропостачання житлового будинку

Регулятор заряду захищає акумуляторну батарею від струмі перезарядження. Коли батарея повністю заряджена і в ній появляється надлишок електричної енергії, контролер заряду здійснює перемикає на термоелектричний нагрівач (ТЕН).

Сучасні інвертори можуть поєднувати в собі декілька функцій, а саме: перетворювача напруги постійного струму в змінний, зарядний пристрій від централізованої електромережі або від дизельного генератора, програмований контролер для контролю напруги мережі, контроль вихідної і вхідної напруги з акумуляторних батарей.

У випадку відсутності вітру споживачі заживлюються через інвертор, який дозволяє перетворити напругу постійного струму акумуляторної батареї в напругу змінного струму. Інвертор здійснює контроль ступені розрядження акумуляторної батареї за значенням величини напруги. Коли понижується напруга батареї нижче за допустиме значення, інвертор посилає команду на включення дизельного генератора (ДГ). Після того, як дизельний генератор досягне робочого режиму, напруга змінного струму з ДГ буде подаватися через інвертор споживачам. Вбудований в інвертор зарядного пристрою служить для зарядження акумуляторної батарею, від якої здійснюється електропостачання споживачів житлового будинку постійним струмом. Процес зарядження акумуляторної батареї програмується в самому контролері інвертора, а також ним здійснюється контроль. Коли акумуляторна батарея повністю зарядиться, інвертор сформує сигнал на вимикання дизельного генератора.

3.6 Вплив синергетичного ефекту

При розробці проекту цієї кваліфікаційної роботи було зроблено акцент на те, що вітрова генераторна турбіна, фотоелектричні панелі і акумуляторні батареї, які входять до складу автономної енергетичної системи, працюють одночасно. Цей аспект дозволяє забезпечити синергетичний ефект [39], тобто гарантувати розрахункову генерацію електричної енергії за будь-яких

погодних умов з одночасним зниженням необхідної для споживача ємності акумуляторної батареї. Зазначений ефект можна пояснити тим, що первинні джерела сонячної та вітрової енергії доповнюють один одного (рис.3.9): в той період, коли спадає сонячне випромінювання, посилюється сила вітру і навпаки. Це, в свою чергу, дозволяє забезпечити постійну подачу електричної енергії користувачам автономної системи електропостачання протягом доби, місяця і року.

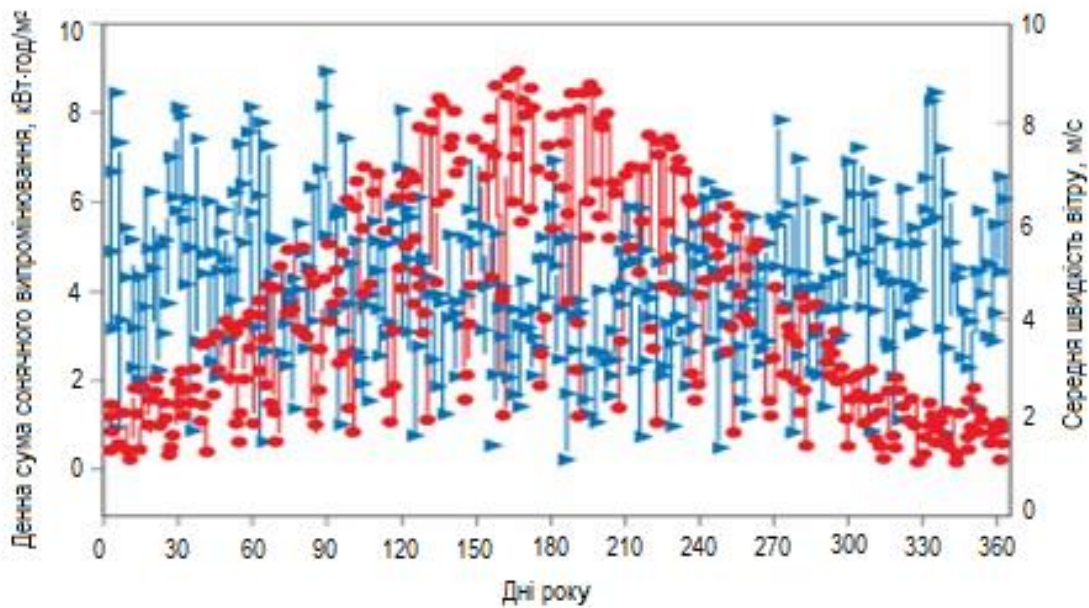


Рисунок 3.9 – Розподіл середніх денних швидкостей вітру і сонячного випромінювання протягом року на теренах Західної України

3.7 Розрахунок та вибір обладнання

Технічні характеристики електроспоживачів (ЕС), які будуть використовувати автономну систему електропостачання для житлового будинку, приведені в табл. 3.4. На основі цих даних необхідно виконати розрахунок і вибір захисного обладнання для забезпечення нормального функціонування автономної системи електропостачання.

Проведемо розрахунок для електроспоживача № 1.

Розраховуємо значення номінального струму:

$$I_{ном} = \frac{P_{ном}}{\sqrt{3} \times U_{ном} \times \cos \varphi}, \text{ А.} \quad (3.14)$$

$$I_{ном} = \frac{0,2}{\sqrt{3} \times 0,23 \times 0,9} = 0,56 \text{ А.}$$

Знайдемо значення пускового струму:

$$I_{пуск} = K_{пуск} \cdot I_{ном}, \text{ А.} \quad (3.15)$$

$$I_{пуск} = 5 \cdot 0,56 = 2,8 \text{ А.}$$

Отримані значення заносимо в табл. 3.4. Аналогічні розрахунки виконуємо для інших споживачів і отримані результати заносимо в табл. 3.4.

Таблиця 3.4 – Технічні характеристики електричних споживачів

№ ЕС	Назва обладнання	$P_{ном},$ кВт	$I_{ном},$ А	$K_{пуск}$	$I_{пуск}$	α	$I_{пуск}/\alpha$	$\cos\varphi$
1	Комп'ютер	0,2	0,56	5	2,8	2,5	0,6	0,9
2	Кондиціонер	2,0	6,9	5	34,5	2,5	13,8	0,9
3	Водонагрівальний котел	1,5	5,3	5	26,5	2,5	10,6	0,9
4...6	Побутові прилади	0,6	2,1	5	10,5	2,5	4,2	0,8
7...11	Світлодіодний світильник	0,05	0,3	5	1,5	2,5	0,6	0,9
12	Телевізор + аудіосистема	0,5	2,3	5	11,5	2,5	4,6	0,9

Виконаємо вибір захисного автомата для споживача №1 і проводу для кабельної лінії до розподільного щита (ЩР).

Загальний робочий струм автономної системи електроспоживання в розподільному щиті (табл. 3.5):

$$I_{р щр} = 17,46 \text{ А.}$$

Знаходимо кратний струм автономної системи електроспоживання:

$$I_{крат} = I_{пуск} = I_{пуск.найб} + \Sigma I_{ном}. \quad (3.16)$$

$$I_{крат} = 34,5 + 17,34 = 51,84 \text{ А.}$$

Вибираємо автомат марки E-NEXT та перевіряємо, чи виконується умова захисту вибраного апарата від перевантаження.

$$I_{ном ав} = 63 \text{ А} > I_{ном} = 17,34 \text{ А.} \quad (3.17)$$

$$I_{ном роз.} = 25 \text{ А} > I_{ном} = 17,34 \text{ А.} \quad (3.18)$$

Струм спрацювання електромагнітного розмикача (струм відключення) цього автомата рівний:

$$I_{від} = 300 \text{ А.}$$

Перевіряємо виконання умови захисту від перевантаження:

$$I_{від} > 1,25 \cdot I_{крат}. \quad (3.19)$$

$$I_{від} = 1,25 \cdot 51,84 = 64,8 \text{ А, тобто } 300 \text{ А} > 64,8 \text{ А.}$$

Умова виконується.

Вибираємо кабель до розподільного щита (ЩР): ВВГ-1(3x6)+(1x4).

Перевіряємо виконання умови захисту від перевантаження:

$$I_{доп} = 25 \text{ А} > I_{ном} = 17,46 \text{ А}$$

(3.20)

Умова виконується.

Аналогічні розрахунки виконуємо для інших споживачів і отримані результати заносимо в табл. 3.5.

Таблиця 3.5 – Результати розрахунку захисних апаратів і провідників до електроспоживачів

№ ЕС	$I_{ном}, \text{ А}$	$I_{кр}, \text{ А}$	Автоматичний вимикач				Тип апарата	K_3	$K_3 \cdot I_3$	$I_{доп пров}$	Марка і перетин
			$I_{ном авт}$	$I_{ном р}$	$I_{р.ср}$	$I_{від}$					
1	0,56	1,396	10	25	1,86	300	Е-NEXT	0,3	2,08	25	ВВГ-3(1x6)+(1x4)
2	6,9	33,48	63	50	41,26	300	Е-NEXT	0,3	5,27	25	ВВГ-3(1x6)+(1x4)
3	5,3	1,66	10	25	2,14	300	Е-NEXT	0,3	2,08	25	ВВГ-3(1x6)+(1x4)
4...6	2,1	11,01	16	25	13,73	300	Е-NEXT	0,3	2,08	25	ВВГ-3(1x6)+(1x4)
7...11	0,3	11,2	16	25	13,94	300	Е-NEXT	0,3	2,08	25	ВВГ-3(1x6)+(1x4)
12	2,3	5,58	10	25	6,7	300	Е-NEXT	0,3	2,08	25	ВВГ-3(1x6)+(1x4)
ЩР	17,46	39,86	63	25	49,83	300	Е-NEXT	1	16	36	ВВГ-1(3x6)+(1x4)

Виконаємо перевірку вибраного перетину кабелю відповідно до коефіцієнта захисту K_3 встановленого автомата. Для живлення споживачів від

автономної системи електропостачання в земляній траншеї прокладаємо один кабель, відповідно в цьому випадку поправочний коефіцієнт $K_n = 1$ і коефіцієнт захисту для автомата с нерегульованою характеристикою $K_3 = 1$.

$$I_{\text{дон}} = \frac{K_3 \cdot I_3}{K_n}, \text{ А.} \quad (3.21)$$

$$I_{\text{дон}} = \frac{1 \cdot 50}{1} = 50 \text{ А} < 111 \text{ А}$$

Умова виконується.

Приймаємо до встановлення пристрій захисного відключення ПЗВ-Д40 зі струмом витоку 30 мА.

3.8 Розрахунок забезпечення житлового будинку електроенергією

На даний час відомо, що наявних запасів нафти при сучасному рівні загальносвітового видобутку може вистачити на 50 - 60 років, а ціни на паливо постійно ростуть [8, 9, 15]. В Україні, де домінують помірні зими і відносно тривалий опалювальний період, половину споживаної на душу населення енергії, витрачається на теплопостачання, що є порівняно більше з іншими країнами Європи [34]. Входом з цієї непростой ситуації може бути використання відновлюваних джерел енергії, зокрема енергії сонця, вітру і ін., а це, в свою чергу, дозволить вирішити гостру сьогоденну проблему енергопостачання житлових споруд [3]. Сучасним споживачам відомо багато систем на базі альтернативної енергії для енергопостачання житлових будівель - це індивідуальні установки, які доповнюють традиційні системи енергопостачання, які зазвичай є надто складними в реалізації та економічно недоцільними, тобто вони відсутні на масовому ринку [12, 15].

Основною перевагою розробки автономної системи електропостачання, запропонованої в цій дипломній роботі, є її доступність для побутових споживачів. В Україні швидкими темпами розвивається будівництво індивідуального житла, сучасний технічний благоустрій яких можна забезпечити автономними

системами - найбільш економічними для даного типу будівель, зведення яких не залежить від об'ємів і порядку їх побудови.

Відсутність технологічних матеріалів та інженерного обладнання при проектуванні автономних систем електропостачання гальмує їх розвиток і в більшості в таких системах використовуються їх різноманітні примітивні конструкції замість ефективних систем. Як наслідок, це викликає погіршення екологічного стану довкілля, значні витрати паливних ресурсів, низький технічний рівень населення. У вигляді альтернативи використовують інженерне обладнання централізованих систем, які тягнуть за собою великий кошторис і матеріальні ресурси та значні експлуатаційні витрати.

Але реальна вітчизняна практика та набутий зарубіжний досвід показали, що тільки рух в напрямку автономного інженерного забезпечення дозволить досягнути значних успіхів, підняти рівень комфорту проживання в приватному житловому будинку та прирівняти його до умов в багатоквартирних міських будівлях [13, 15].

Для забезпечення заміської дачі або приватного житлового будинку електричною енергією на даний час використовують електричні станції на сонячних панелях і вітрогенераторі [12]. В більшості випадків така система має наступні компоненти (рис. 3.10):

- фотоелектричні панелі – служать для перетворення світла в електричну енергію;
- контролер заряду батарей – здійснює контроль за правильним режимом заряду акумуляторів;
- вітрогенератор – служить для перетворення енергії вітру в електричну енергію;
- контролер вітрогенератора – здійснює контроль за правильним режимом заряду акумуляторів;
- акумуляторні батареї – використовуються для накопичення електроенергії у світлу пору дня та її віддача у вечірню і нічну пору;
- інвертор – служить для перетворення напруги постійного струму в напругу змінного струму.

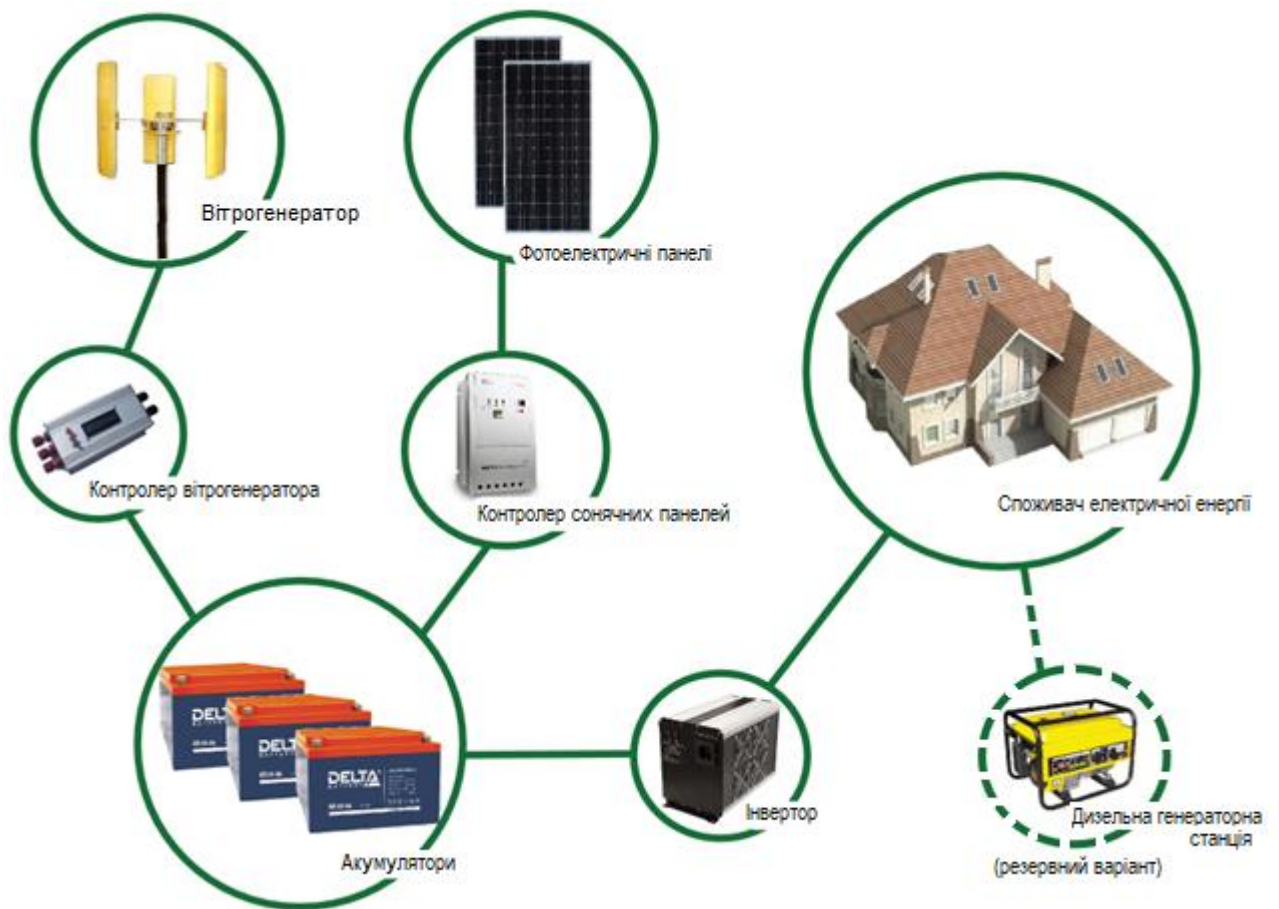


Рисунок 3.10 – Структурна схема гібридної автономної системи електропостачання

Для розрахунку вартості розробленої в дипломній роботі автономної системи електропостачання необхідно детальніше розглянути варіанти енергоспоживання, які були описані вище в цьому розділі, враховуючи різні рівні виробленої потужності та підключене навантаження.

При розрахунку вартості комплектуючих автономної системи електропостачання використано теперішні ринкові ціни з метою формування реального стану фінансових витрат на побудову зазначеної системи. При проведенні розрахунку було враховано, що при терміні використання сонячних панелей більше 20 років лише з невеликою втратою їх коефіцієнта корисної дії, термін служби вибраних акумуляторів буде становить приблизно 10 років.

Для реалізації проекту дипломної роботи вибираємо автономну систему з щомісячним споживанням електроенергії 700 кВт·год/місяць. Цей варіант

характеризується від розглянутих вище розрахунків більшою витратою електричної енергії – приймаємо до уваги випадок, що в будинку проживає велика родина і на пріоритетне місце висунуто умови комфортного проживання мешканців будинку і тільки після цього піднімається питання економії електричної енергії. При розрахунку споживаної потужності для житлового будинку в якості прикладу врахуємо такі електричні прилади:

- бойлер;
- холодильник;
- водяний насос;
- мікрохвильова піч;
- 5 світлодіодних світильників;
- 2 телевізори;
- персональний комп'ютер;
- вуличне освітлення.

Протягом доби для цього варіанту приблизні витрати електричної енергії складуть 20-25 кВт·год при середньодобовій потужності до 1 кВт. Беручи до уваги ці показники, можна спрогнозувати, що середньомісячний результат буде становити близько 700 кВт·год.

Розрахуємо приблизну вартість компонентів автономної системи електропостачання, орієнтуючись на сучасні ринкові ціни:

- 20 сонячних монокристалічних панелей потужністю 180 Вт
(3675 грн. × 20 = 73500 грн.);
- 20 кріплень для сонячних панелей (456 грн. × 20 = 9120 грн.);
- 20 акумуляторів 12 В, 100 А·год (4200 грн. × 20 = 84000 грн.);
- інвертор 48 або 120 В, 3 кВт (6840 грн.);
- вітрогенератор вертикальний потужністю 3 кВт з вбудованим інвертором
(35000 грн.)

В підсумку вартість такої системи буде становити 208460 грн.

3.9 Висновки до розділу

1. В результаті проведеного аналізу було визначено ефективність мікро-ГЕС та дизельної електростанції для умов використання в автономній системі електропостачання
2. Проведено розрахунок акумуляторних батарей для автономної системи електропостачання, визначено їх тип, підібрано технічні характеристики та необхідну кількість до встановлення
3. Виконано розрахунок сонячних панелей та вітрогенератора для автономної системи електропостачання, визначено їх тип, технічні параметри та необхідну кількість до встановлення
4. Розроблено структура гібридної енергосистеми, проведено розрахунок та вибір обладнання для її повноціного функціонування з врахуванням впливу синергетичного ефекту
5. Проведено розрахунок забезпечення житлового будинку електричною енергією.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Захист персоналу у діючих електроустановках

Щодо заходів безпеки, які передбачені в діючих електроустановках, зокрема, на повітряних і кабельних лініях електропередачі при проведенні ремонтних, монтажних, налагоджувальних, будівельних і інших робіт, можна розділити на 3 категорії: робота під напругою, робота без зняття напруги, робота зі зняттям напруги [40].

При виконанні робіт з частковим включенням обладнання електро-монтажнику забороняється наближатися самому і наближати інструмент та прилади, з якими він працює, до струмопровідних частин під напругою на відстань, яка є меншою за вказану в табл. 4.1, де приведено найменшу допустиму відстань виробничих працівників і використовуваних ними інструментів та приладів від тимчасових огорож до струмопровідних частин під час виконання робіт під напругою. Виконання робіт зі зняттям напруги здійснюється при повному або частковому відключенні електрообладнання.

Таблиця 4.1 - Безпечна відстань від струмопровідних частин

	Діюча напруга електрообладнання, кВ									
	до 1,0	3 ... 35	60 ... 110	150	220	330	400 ... 500	750	800 постійного струму	1150
Найменша допустима відстань, м	0,7	0,7	1,0	1,8	2,1	2,6	3,6	5,2	3,6	8,3

На рис. 4.1 показано, як визначити відстані від людини, що виконує роботи в діючих установках, до струмоведучих частин, що знаходяться під напругою вище 1000 В.

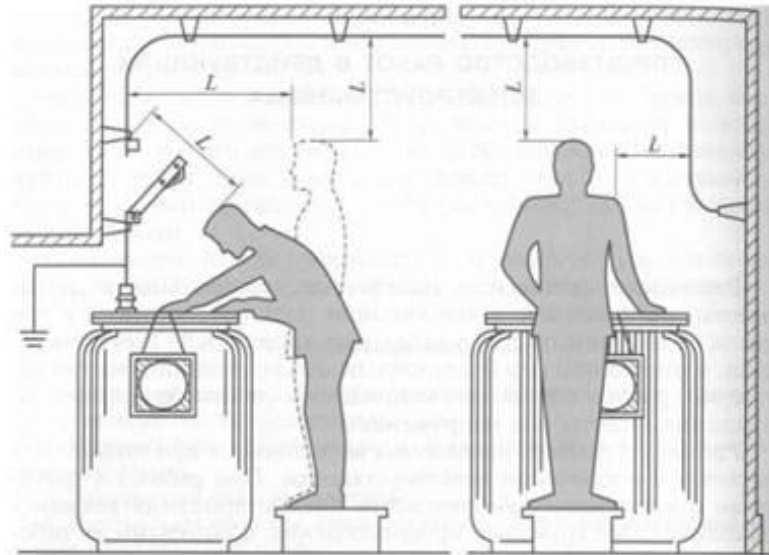


Рисунок 4.1 - Допустимі відстані від працівника до струмопровідних частин

Найменші допустимі відстані від людини до струмоведучих частин, що знаходяться під напругою вище 1000 В напругою при виконанні робіт в діючій електроустановці приведені в табл. 4.1.

Роботи без зняття напруги проводяться без відключення будь-яких частин електрообладнання. В цьому випадку працювати можна за огороженнями струмопровідних частин постійними і тимчасовими, на корпусах обладнання, на основі оболонки кабелів, а також на відстанях від неогороджених струмопровідних частин під напругою, які приведені в табл. 4.1.

Роботи під напругою можна виконувати прямо на струмопровідних елементах із використанням електричних захисних засобів на відстанях, які зазначені в табл. 4.1.

В електричних установках всі види робіт потрібно виконувати з обов'язковим дотриманням таких умов [41]:

- робота виконується з дозволу уповноваженої офіційної особи відповідно до завдання, яке оформлене у вигляді розпорядження або наряду-допуску;

- для забезпечення персоналу безпечних умов праці мають бути проведені організаційні і технічні заходи,

4.2 Розрахунок блискавкозахисту об'єкта

Базову основу захисту обладнання електричних установок від атмосферних високих напруг, які можуть викликати ураження прямими ударами блискавки, складає облаштування блискавковідводів, тобто надійно заземлених провідників, що розташовані вище елементів захисту розробленої електроустановки: вертикальної осьової вітроенергетичної турбіни, фотоелектричних сонячних панелей і житлової будівлі, в якій розташоване побутове радіо- і електротехнічне обладнання [42].

Існує три категорії обладнання блискавкозахисту: I-а і II-а захищають від безпосередніх ударів електростатичної та електромагнітної індукції та попадання високих потенціалів, III-я захищає від безпосередніх ударів та попадання високих потенціалів. За зону захисту блискавкозахисту приймають частину навколишнього простору, всередині якого здійснюється захист об'єкта від попадання блискавки з певним ступенем надійності: зона А має 99,6% і більше, зона Б -95% і більше.

Для поглинання електростатичного заряду блискавки і відводу її струмів в землю використовують стандартні частини блискавкозахисту - громовідводи, що мають у своєму складі несучу опору, приймач блискавки, струмовідвід та заземлювач [43].

За конструкцією громовідводи поділяються на:

- 1) стержневі одиночні;
- 2) стержневі подвійний, коли 2 стержневі блискавковідводи розташовані з різних сторін на об'єкті, що захищається;
- 3) тросові, коли між стержневими подвійними громовідводами натягнуто трос сталеві конструкції;
- 4) сітка блискавкоприймаюча – така конструкція монтується на неметалевий дах будівлі.

Основи блискавковідводів можуть бути виготовлені з дерева, сталі або залізобетону. Стержневі блискавкоприймачі зазвичай виконують стальними

перерізом 100 мм² і більше та довжиною більше 200 мм. В якості блискавкоприймача можуть служити частини металевих конструкції об'єктів захисту - труби, дефлектори, дах і ін.).

Блискавкоприймачі на базі тросових блискавковідводів виготовляють з багатопровідного оцинкованого сталевго троса перерізом 35 мм² і вище. Сітку блискавкоприймаюча виготовляють зі смугової сталі перетином 46 мм² і більше або сталевго дроту 6-8 мм² та укладають прямо на дах будівлі чи під шар пожежобезпечного утеплювача (гідроізоляції). За допомогою зварки з'єднують вузли сітки - розмір утворених комірок при цьому повинен становити приблизно 36 м² (6×6 м) для захисту об'єктів II-ї категорії і 150 м² (12×12) для об'єктів III-ї категорії.

Для захисту від ударів блискавок II-ї і III-ї категорії дозволяється в якості блискавкоприймача застосовувати металеве покриття будівлі. Всі металеві елементи об'єкта, які розташовані на покрівлі, необхідно з'єднати з металом даху або сітки, а неметалеві елементи, які розташовані над дахом, оснащуються додатковими блискавкоприймачами [44].

Струмовідводи, які з'єднують дах або сітку з заземлювачами, потрібно прокладати через кожні 25 м по периметру будівлі. Струмовідводи виготовляють у вигляді сталевих труб, смуг або тросів перетином 25-50 мм² і найкоротшим шляхом прокладають до заземлювачів.

З'єднання блискавкоприймачів струмовідводів та заземлювачів виконується за допомогою зварювання. Середньорічна інтенсивність грозової активності в годинах приведена в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Середньорічна активність ударів блискавки на 1 км²

Інтенсивність грозової діяльності, год/рік	15-20	20-45	45-65	65-85	85 і більше
<i>n</i>	1	3	6	9	12

Очікувану число уражень блискавкою в рік можна обчислити за наступною формулою:

$$N = (S + 6 \cdot h) \cdot (L + 6 \cdot h) \cdot n \cdot 10000, \quad (4.1)$$

де S, L - ширина і довжина будівлі, яка захищається, м;

h - найбільша висота будівлі, м;

n - середньорічна кількість ударів блискавок на 1 км² площі.

Обчислити величину імпульсного опору заземлювача, яка пов'язана з гранично допустимим опором розтікання струму промислової частоти, можна за наступною формулою:

$$R_i = K, \quad (4.2)$$

де K - коефіцієнт імпульсу.

Імпульсний опір заземлювача має бути не більше 10 Ом (для об'єктів II-ї категорії - 20 Ом), а в землі з питомим опором 500 Ом·м² може бути і до 40 Ом.

При облаштуванні блискавкозахисту потрібно зазвичай враховувати і наступне: з метою дотримання безпеки людей і тварин заземлювачі блискавковідводів слід розміщувати в тих місцях, які нечасто відвідуються, на відстані більше 5 від проїжджої та пішохідної частини. Для усунення попадання високих електричних потенціалів на об'єкти захисту по підземних комунікацій, рекомендується розміщувати заземлювачі і струмовідводи до них достатньо віддалено від цих комунікацій, а для запобігання перебиття розряду від блискавкоприймача - на значній віддалі від елементів об'єкта.

Висота житлової заміської будівлі розміром 5×5 м становить $h_x = 10$ м. Висота вітроенергетичної установки $h_x = 20$ м. За правилами техніки електробезпеки даний об'єкт відноситься до зони захисту Б, тому приймаємо один блискавковідвід висотою $h = 22$ м.

Знайдемо висоту твірної перелому конуса:

$$h_0 = 0,92 \cdot h. \quad (4.3)$$

$$h_0 = 0,92 \cdot 22 = 20,24 \text{ м.}$$

Обчислимо радіус зони захисту житлової будівлі і гібридної енергетичної установки:

$$r_0 = 1,5 \cdot h_0. \quad (4.4)$$

$$r_0 = 1,5 \cdot 20,24 = 30,36 \text{ м.}$$

Обчислимо радіус зони захисту енергетичної установки:

$$r_k = 1,5 \cdot \left(h - \frac{h_x}{0,92} \right). \quad (4.5)$$

$$r_k = 1,5 \cdot \left(22 - \frac{10}{0,92} \right) = 16,97 \text{ м.}$$

Властивості захисту стержневого блискавковідводу можна охарактеризувати зоною захисту, тобто розрахованим простором навколо громовідводу, де ураження об'єкта, що захищається, розрядами атмосферних явищ є малоюмовірним. Отже, при розрахованій висоті блискавковідводів 22 м, дана гібридна енергетична установка буде знаходитися в безпечній зоні захисту.

Користуючись результатами розрахунку, формуємо необхідні елементи побудови обрисів захисної зони (рис. 4.2).

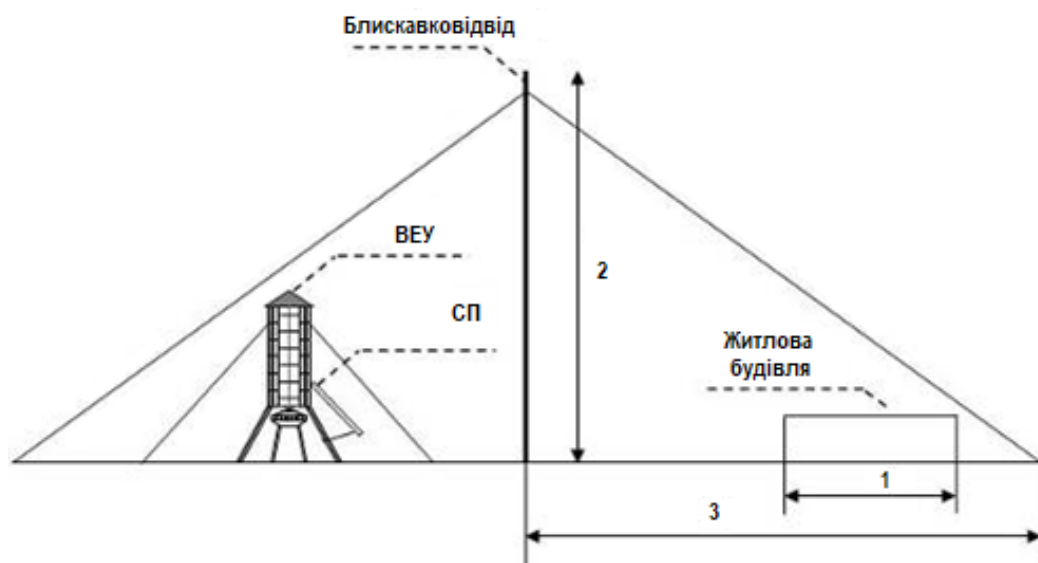


Рисунок 4.2 – Зона блискавкозахисту:

ВЕУ – вітроенергетична установка; СП – сонячні панелі;
1 – житлова споруда; 2 – блискавковідвід; 3 – радіус зони захисту

З метою захисту підвищення надійності блискавкозахисту при монтажі блискавковідводів на порталах підстанції потрібно:

- біля стійок конструкцій з громовідводами встановити додатковий заземлювач з двох-трьох труб або металічних кутників довжиною 3-5 м;
- створити умови для розтікання струму блискавки від металічних конструкцій до блискавковідводу в 3-4 напрямках;
- на порталах підстанції подвоїти число ізоляторів в гірляндах;
- виконати приєднання заземлювача трансформаторів на відстані більше 15 метрів від заземлювача блискавковідводу.

4.3 Висновки до розділу

1. Запропоновано організаційні та технічні заходи щодо захисту персоналу у діючих електроустановках.

2. Виконано розрахунок блискавкозахисту об'єкта, на якому буде розміщено розроблену в кваліфікаційній роботі автономну систему електропостачання житлового будинку.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі приведені результати теоретичних досліджень та вирішена науково-технічна задача, що полягає в розробці гібридної системи електропостачання із забезпеченням високої надійності функціонування. На базі отриманих результатів та розробок зроблено наступні висновки:

1. Проведено порівняльний аналіз існуючих гібридних системи електропостачання житлових будинків, вказано на їх переваги та недоліки.
2. Виконано розробку варіантів електропостачання житлового будинку.
3. Розглянуто системи електропостачання на базі дизельелектричної установки, мікро-ГЕС різної потужності, вітроелектричної установки, проведено розрахунок їх економічної ефективності та доцільності застосування.
4. Проведено розрахунок акумуляторних батарей, сонячних панелей та вітрогенератора для автономної системи електропостачання, визначено їх тип, підібрано технічні характеристики та необхідну кількість до встановлення.
5. Розроблено систему електропостачання на базі фотоелектричної установки з вибором обладнання та комплектуючих елементів.
6. Розроблено структура гібридної енергосистеми, проведено розрахунок та вибір обладнання для її повноцінного функціонування з врахуванням впливу синергетичного ефекту.
7. Обрано схему внутрішнього електропостачання, вибрано обладнання та кабелі для електромережі житлового будинку.
8. Проведено розрахунок забезпечення житлового будинку електричною енергією та витрат на автономне енергозабезпечення будинку.
9. Розроблено і запропоновано заходи щодо охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях при реалізації проекту на базі виконаної роботи.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Енергетична стратегія України на період до 2030 р. Розпорядження Кабінету Міністрів України 24 липня 2013 року N 1071.
2. Кара-Мурза С.Г. Научная картина мира, экономика и экология. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: URL: http://www.hrono.ru/libris/lib_k/ecec7.html.
3. Перспективи розвитку світової електроенергетики до 2035 року // Електроенергія, передача і розподіл. – 2011, № 2, С.103.
4. Tugcu S., Ozturk I., Alper A. Renewable and non-renewable energy consumption and economic growth relationship revisited: Evidence from G7 countries. Energy Economics, Volume 34. Issue 6. November 2012. p. 1942.
5. United Nations Environment Programmed. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: URL: <http://www.ecolife.ua/infos>.
6. Інвестиції у відновлювальні джерела енергії досягли рекорду. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: URL: <https://solar.kiev.ua/gotovie-sistemy>.
7. BNEF. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: URL: <http://aenergy.ua>.
8. Титко Р. Відновлювальні джерела енергії (досвід Польщі для України) / Р. Титко, В. Калініченко. – Варшава – Краків – Полтава: OWG, 2010. – 533 с.
9. Нікульшин В.Р. Використання відновлювальних джерел енергії: навч. посіб. / В.Р. Нікульшин, В.В. Височин. – Одеса: Наука і техніка, 2006. – 244 с.
10. Лукутін Б.В. Відновлювальні джерела енергії. Електронний навчальний посібник. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: URL: <https://solar.kiev.ua/goto-vie-sistemy>.
11. Роза А. Возобновляемые источники энергии. Физико-технические основы. – М.: Издательский дом МЭИ, 2010. -704 с.
12. Кудря С.О. Основи конструювання енергоустановок з відновлювальними джерелами енергії / С.О. Кудря, В.М. Головка. – К.: НТУ “КПІ”, 2009. – 201 с.

13. Шиняков Ю.А. Повышение энергетической эффективности автономных фотоэлектрических энергетических установок / Ю.А. Шиняков, Ю.А. Шурьгин, О.Е. Аркатова // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. – 2010. – № 2 (22). – Ч. 2. – С. 102-107.

14. Харитонов В.П. Автономные ветроэлектрические установки / В.П. Харитонов. – М.: ГНУ ВИЭСХ, 2006. – 280 с.

15. Сокольский А.К. Возобновляемые источники энергии для индивидуальных домов и небольших поселений / А.К. Сокольский // Энергетическая автономия. – 2006. – № 9 (57). – С. 107-125.

16. Мокін Б.І. Математична модель пристрою керування електричною вітроенергетичною установкою з вертикальною віссю обертання / Б.І. Мокін, О.Б. Мокін, О.А. Жуков // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2010. – № 3. – С. 48-54.

17. Самойлов Д.В. Расчет величины поступления теплоты от солнечной радиации на поверхность Земли. – М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. – 20 с.

18. Вільна енциклопедія. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: URL: <http://wikipedia.org>.

19. Гідрохімічний довідник: Поверхневі води України. Гідрохімічні розрахунки. Методи аналізу / В.І. Осадчий та ін. – К. : Видавництво «НікаЦентр», 2008. – 656 с.

20. Малі річки України: Довідник / А.В Яцик, Л.Б. Бишовець та ін. За ред. А.В. Яцика. – К. : Урожай, 1991. – 296 с.

21. Водний кодекс України / Відомості Верховної Ради (ВВР). – 1995. – № 24. – С. 189.

22. Методические указания по оценке влияния гидротехнических сооружений на окружающую среду / [А.Б. Векслер, В.М. Донненберг, А.А. Каган и др.] – СПб. : Изд-во ОАО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева», 2003. – 93 с.

23. ДБН В.2.4-3:2010. Гідротехнічні споруди. Основні положення. – К. : Мінрегіонбуд України. 2010.

24. Векслер А.Б. Надежность, социальная и экологическая безопасность гидротехнических объектов: оценка риска и принятие решений/А.Б. Векслер, Д.А. Ивашинцов, Д.В. Стефанишин. – СПб. : Изд-во ОАО «ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева», 2002. – 592 с.

25. Кузьо І.В. Корендій В.М. Обґрунтування розвитку вітроенергетичних установок малої та над малої потужності // Національний університет "Львівська політехніка", 2010. – С. 61 – 68.

26. Про вплив зміни методик спостережень на визначення швидкості вітру на метеорологічній мережі України. Труды УкрНИГМИ, 2004, вып. 253, с. 164-172.

27. Шевченко В.В. Исходные положения для построения модели ветроэнергетической установки при решении проблем промышленной энергетики / В.В. Шевченко, Л.Н. Омельченко, И.Я. Лизан // Наукові праці ДонНТУ, серія «Обчислювальна техніка та автоматизація», вип. 19 (171). – Донецьк, 2010. – С. 65 – 69

28. Правила улаштування електроустановок. – Харків: «Форт», 2009. 770 с.

29. Солнечная энергетика: обзор отрасли: [Электронный ресурс] / за матеріалами компанії Nitol Solar Limited. – Режим доступу World Wide Web: <http://nitolsolar.com/rusolarenergy/>

30. Фаренбрух А. Солнечные элементы: теория и эксперимент: [Пер. с англ. И.П. Гавриловой и А.С. Даревского; под ред. М.М. Колтуна] / А. Фаренбрух, Р. Бьюб . – М.: Энергоатомиздат, 1987. –280с. –ил.

31. Сафонов В.А. Разработка комбинированной солнечной установки для автономного потребителя / В.А.Сафонов, В.В.Кувшинов // Відновлювана енергетика. – №4(23). –2010. – с.61-69.

32. Сколько электричества можно получить с одной солнечной батареей? [Электронный ресурс]. – Режим доступу: http://solareview.blogspot.com/2011/03/blog-post_23.html.

33. Картанбаев Б.А. Руководство по строительству и эксплуатации микро гидроэлектростанций (микро ГЭС) / Б.А. Картанбаев, К.А. Жумадилов, А.А. Зазульский. - Б.: «ДЭМИ», 2011. – 57 с.

34. Держенергоефективності України [Електронний ресурс]– Режим доступу: <http://sae.gov.ua/uk/ae/hydroenergy/>
35. Ціна на дизпальне у крупному опті. [Електронний ресурс]– Режим доступу: <https://landlord.ua/news/tsina-na-dyzpalne>
36. Шембель О. М., Білогуров В. А. Основні характеристики сучасних хімічних джерел струму різних електрохімічних систем // Сучасна спеціальна техніка. Науково-практичний журнал. — № 2(17), 2009. (с.:66-86)
37. Основи будови та експлуатації акумуляторних батарей : навч. посіб. / М. Б. Шелест, П. І. Гайда ; М-во освіти і науки України, Сум. держ. ун-т. — Суми: Сум. держ. ун-т, 2014. — 210 с. : іл. — Бібліогр.: с. 183
38. Сумарне випромінювання // Словник – довідник з екології : навч.-метод. посіб. / уклад. О. Г. Лановенко, О. О. Остапішина. — Херсон : ПП Вишемирський В.С., 2013. — С. 170-171
39. Цикин В. А. Брижатый А. В. Синергетика и образование: новые подходы. — Сумы: СумГПУ, 2005. — 276 с.
40. Лут М.Т. Охорона праці в галузі. Методичні вказівки щодо виконання розділу у дипломних проектах студентів зі спеціальності 7.091901 «Енергетика сільськогосподарського виробництва». К.:НАУ,2000.-136с.
41. Основи охорони праці: підручник для студентів вищих навчальних закладів // За ред. д.т.н., проф. М.П. Гандзюка - К.: Каравела, 2003. - 408 с
42. Лапін В.М., Безпека життєдіяльності людини, - Львів: ЛБК НБУ; Київ: Знання, 2000.-188 с.
43. Влияние электромагнитного излучения на жизнедеятельность человека и способы защиты от него. Учебное пособие – Захаров С. Г., Каверзнева Т. Т. СПб.: СПбГТУ, 1992, 74 с., ил.
44. Закон України “Про захист людини від надзвичайних ситуацій техногенного та природного походження”, ВРУ, № 1809 – 111. – К., 2000.
45. Євтух П.С., Буняк О.А., Оробчук Б.Я. Решетник В.Я. Зміст та тематика дипломних проектів (робіт) за спеціальністю 7.05070103 (8.05070103) електротехнічні системи електроспоживання // Методичні вказівки. - Тернопіль, ТНТУ імені Івана Пулюя, 2012.