Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»
Інститут Електроенергетики
(інститут)
Електротехнічний факультет
(факультет)
Кафедра електроенергетики
(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеню магістра

(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студента Півня Нікіти Костянтиновича
(ПІБ)

академічної групи 141м-21-1
(шифр)

спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(код і назва спеціальності)

за освітньо-професійною програмою Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(офіційна назва)

на тему Вибір раціональної системи електропостачання житлового будинку на базі альтернативної енергетики
(назва за наказом ректора)

Керівники	**Прізвище, ініціали**	**Оцінка за шкалою**		**Підпис**
		рейтинговою	**інституційною**	
Кваліфікаційної роботи	Рухлова Н.Ю.			
Розділів:				
Вступна частина	Рухлова Н.Ю.			
Спеціальна частина	Рухлова Н.Ю.			
Техніко-економічне обґрунтування	Тимошенко Л.В.			

Рецензент				

Нормоконтролер	Олішевський Г.С.			

Дніпро

2022

ЗАТВЕРДЖЕНО:
завідувач кафедри
_____електроенергетики_____
(повна назва)

_____ Папаїка Ю.А..
(підпис) (прізвище, ініціали)

«_____»_____20___ року

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
ступеня магістра
(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студенту _____Півень Н.К._____ **академічної групи** _141м-21-1_____
(прізвище та ініціали) (шифр)
спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
за освітньо-професійною програмою Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(офіційна назва)

на тему Вибір раціональної системи електропостачання житлового будинку на базі альтернативної енергетики _____,

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 13.09.2022 № 918-с

Розділ	**Зміст**	**Термін виконання**
Вступна частина	Виконати аналіз процесу щодо порядку та особливостей будівництва автономної системи для електропостачання приватного будинку.	25.10.2022
Спеціальна частина	Виконати розрахунок електричної частини автономної системи електропостачання приватного будинку. Обрати та встановити захисне обладнання.	28.11.2022
Економічна частина	В економічному розділі на підставі запропонованих технічних рішень виконані розрахунки капітальних витрат і експлуатаційних витрат, необхідних для реалізації проекту.	2.12.2022

Завдання видано _____ _____Рухлова Н.Ю._____
(підпис керівника) (прізвище, ініціали)

Дата видачі 20.09.2022

Дата подання до екзаменаційної комісії 14.12.2022

Прийнято до виконання _____ _Півень Н.К._____
(підпис студента) (прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 82 стор., 33 рис., 13 табл., 1 додаток., 14 джерел.

Об’єктом дослідження: автономна система електропостачання, що містить вітроенергетичну установку і фотоелектричні перетворювачі, бензиновий генератор і акумуляторні батареї.

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

Мета дипломної роботи: вибір раціональної системи електропостачання житлового будинку на базі альтернативної енергетики.

У вступній частині приведені всі основні поняття та вихідні данні які потрібні для розробки проекту.

В спеціальній частині наведено розрахунки електричних навантажень, вибір основного обладнання, розрахунок ефективності проектованої автономної системи

Економічне обґрунтування проекту виконуємо шляхом розрахунків капітальних і експлуатаційних витрат на реалізацію запропонованих заходів, а також визначені показники економічної ефективності.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: БЕНЗИНОВИЙ ГЕНЕРАТОР, РОЗРАХУНКОВЕ НАВАНТАЖЕНЯЯ, КОЕФІЦІЄНТ ЗАХИСТУ, СИНЕРГЕТИЧНИЙ ЕФЕКТ, АВТОМАТИЧНИЙ ВИМИКАЧ, ФОТОЕЛЕКТРИЧНІ ПАНЕЛІ, СОНЯНА РАДІАЦІЯ, ГЕНЕРАЦІЯ, АКУММУЛЯТОРНІ БАТАРЕЇ, ВІТРОЕНЕРГЕТИЧНА УСТАНОВКА.

ЗМІСТ

ВСТУП 6
1 ВСТУПНА ЧАСТИНА 7
1.1 Актуальність застосування відновлюваних джерел енергії 7
1.2 Гібридні системи та їх конфігурації 11
1.3 Висновки 20
2 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ПРОЕКТУВАННЯ 21
2.1 Розрахунок параметрів автономного енергоспоживання 21
2.2 Розрахунок пікової потужності 21
2.3 Розрахунок споживаної енергії 22
2.4 Варіанти розробки найбільш раціональної системи електропостачання з використанням альтернативних джерел енергії. 22
2.5 Системи електропостачання, виконані на базі дизельних електричних агрегатів 26
2.6 Електропостачання житлового будинку на базі мікро ГЕС 30
2.7 Електропостачання на базі ВЕУ 33
2.8 Електропостачання житлового будинку на базі СЕС 36
3 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА 41
3.1 Аналіз ефективності мікро-ГЕС і дизельної електростанції 41
3.2 Розрахунок акумуляторних батарей автономної системи електропостачання 44
3.3 Розрахунок сонячних панелей 52
3.4 Розрахунок вітроелектричної установки 53
3.5 Структура гібридної енергосистеми 59
3.6 Вплив синергетичного ефекту 60
3.7 Розрахунок та вибір обладнання 61
3.8 Розрахунок забезпечення житлового будинку електроенергією 65
3.9 Висновки до розділу 69

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА 70
4.1 Розрахунок капітальних витрат 71
4.2 Розрахунок амортизаційних відрахувань 73
4.3 Визначення річної економії 75
4.4 Визначення та аналіз показників економічної ефективності 76
4.5 Висновок та аналіз економічної частини 78
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ 79
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ 80
ДОДАТОК А 82

ВСТУП

Актуальність теми. Відповідно до Енергетичної стратегії України на період до 2030 року 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 обгрунтування вибору оптимального варіанту.

Розробка системи автономного електропостачання з підвищеною надійністю функціонування має велике значення для забезпечення безперебійного 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 у Вступній частині 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 чи бензинові генератори (ДГ, БГ), 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 акумулювання енергії.

1. ВСТУПНА ЧАСТИНА

1.1.Актуальність застосування відновлюваних джерел енергії

Скорочення використання традиційних викопних палив диктується не тільки їх обмеженими запасами, але і вимогами щодо зменшення викидів в атмосферу парникових газів.

Одним з найбільш перспективних напрямів розвитку світової енергетики в даний час є використання відновлюваних джерел енергії, що знімає ряд проблем, пов'язаних з використанням традиційних палив. Кінець другого тисячоліття характеризується інтенсивним ростом обсягів використання енергії відновлюваних джерел енергії у світі.

За визначенням Міжнародного Енергетичного Агентства, відновлювальною називають енергію, отриману від сонця, вітру, біомаси, геотермальних, гідроенергетичних та океанських ресурсів, біогазу, рідких біопалив. В Україні відновлювальну енергію використовують як синонім нетрадиційної або альтернативної енергії, що містить торф, низькопотенційне тепло землі та "вторинні" джерела енергії (побутові й промислові відходи, тиск газу тощо).

Що стосується паливно-енергетичного комплексу України то забезпечити вирішення енергетичної проблеми можна тільки шляхом вживання комплексних заходів, зокрема за рахунок використання екологічно чистих відновлюваних джерел енергії, із яких найбільш поширеними та доступними для України є вітрова та сонячна енергетика, енергія біомаси та енергія малих річок, геотермальна та енергія довкілля. Енергозаощадження за рахунок використання енергії відновлюваних джерел стало актуальною необхідністю часу, оскільки воно сприяє вирішенню не тільки проблеми енергопостачання, але й багатьох екологічних, економічних та соціальних проблем.

Домінантна частка в структурі альтернативних джерел належала й належатиме біомасі. Біомаса як відновлювальне джерело енергії являє собою відходи та продукти сільського та лісового господарства, врожаї енергетичних рослин, а також біогаз. У сфері енергозбереження особлива увага приділяється не тільки ролі та значенню біомаси

для забезпечення надійності енергопостачання, а й зниженню негативного техногенного впливу на навколишнє середовище: використання біомаси призводить до зниження викидів парникових газів на 40–80% порівняно з видобувними видами палива, поліпшується місцева екологічна ситуація.

Україна має доволі великий потенціал для виробництва біомаси, доступний для отримання енергії з відновлювальних джерел. За оцінками вітчизняних експертів, біомаса (без частки, яку використовують інші сектори економіки) може забезпечити близько 8–10% загальної потреби в первинній енергії. Використання такої кількості біомаси еквівалентне збільшенню вітчизняного видобутку палива на 20%. За відповідних зусиль до 2030 р. 9–12% загального споживання первинних енергоносіїв в Україні можливо покрити завдяки енергії з біомаси.

Понад половину енергетичного потенціалу біомаси виробляють у сільському господарстві: солома зернових культур (23%), стебла, качани кукурудзи на зерно (10%), стебла та лушпиння соняшнику (10%), біогаз із гною (7%), біодизель, біоетанол (9%).

Біомаса з продукції, яку виробили вітчизняні сільськогосподарські виробники, може відкрити для України принципово нові високоефективні можливості для забезпечення сталого сільського розвитку на основі одержання дешевої, екологічно безпечної, теплової енергії від спалювання зерна, соломи, відходів переробки сільськогосподарської продукції, багаторічних енергетичних культур і дерев.

Селяни буквально “тримають у руках” власне енергетичне забезпечення країни, володіючи альтернативними відновлювальними джерелами енергії, якими є зерно, насіння олійних, цукрові буряки, солома, гній тощо. Завдяки цим відновлювальним енергетичним джерелам, вони можуть не тільки задовольняти власні потреби, а й сприяти диверсифікації напрямів формування енергетичної безпеки країни. Водночас, Україна може бути важливим гравцем на європейському ринку біопалива.

Земельні ресурси, які можуть бути відведені під виробництво біопалива в Україні без великої шкоди виробництву продуктів харчування та забезпечення тваринництва кормами, більші, ніж у країнах ЄС, разом узятих.

Сучасний стан земельно-ресурсного потенціалу сільського господарства України дає змогу на спеціально відведених низькопродуктивних або деградованих сільськогосподарських угіддях закладати енергетичні плантації швидкого обороту (верба, тополя тощо).

На землях, забруднених радіацією, можна вирощувати енергетичний ріпак. Зумовлене це властивостями ріпаку очищати грунт від радіонуклідів, не накопичуючи їх у насінні.

Світові ринки біоенергії мають тенденцію до розширення, що забезпечуватиме в перспективі тривале підвищення цін на сільськогосподарські культури, які є сировиною для виробництва енергоносіїв.

Залучення інвестицій в українську відновлювану енергетику є перспективною справою як для інвестора (надійне отримання прибутку), так і для України (швидке оновлення частини основних фондів в електроенергетиці).

На даний час в Україні запроваджуються такі механізми для стимулювання використання і розвитку відновлювальної енергії:

- ✓ зелений тариф – спеціальний тариф для закупівлі електроенергії, який встановлено для виробників енергії з відновлювальних джерел до 1 січня 2030 року;
- ✓ зобов’язання оптових постачальників електроенергії придбавати електроенергію, вироблену з відновлювального джерела, яку не було продано безпосередньо споживачам або енергорозподільчим компаніям;
- ✓ заборона постачальникам електроенергії, що здійснюють передачу електроенергії за допомогою їх власних мереж електроенергії, відмовляти виробникам електроенергії з відновлювальних джерел у доступі до таких мереж;
- ✓ виробники електроенергії з відновлювальних джерел повинні отримувати повну оплату в грошовій формі за вироблену електроенергію, без взаємозаліку;

- ✓ постачальники електроенергії мають право включати збитки, понесені ними внаслідок підключення виробників електроенергії з відновлювальних джерел до їх мереж, у свої інвестиційні програми;
- ✓ оптові тарифи на електроенергію можуть включати витрати на фінансування розвитку відновлювальної енергії.

Слід зазначити, що Україна має науково-технічний потенціал і необхідну вітчизняну виробничо-технічну базу для налагодження усього технологічного циклу промислового виробництва складових обладнання для використання відновлюваних джерел енергії. Але потрібен час щоб підготувати їх виробництво на українських заводах.

Вже сьогодні можна скоротити споживання природного газу, яке являється актуальною проблемою енергетики України, за рахунок заміщення традиційного палива енергією відходів сільськогосподарського виробництва та звалищ, яка є одним з перспективних відновлюваних джерел енергії в країні.

За даними Асоціації учасників ринку альтернативних видів палива та енергії України, в 2010-2012 рр. інтенсивний розвиток відновлюваної енергетики в нашій країні дозволив створити близько 15 тис. нових робочих місць. За прогнозами асоціації, в найближчі два роки подальше освоєння поновлюваних джерел енергії забезпечить роботою ще 60-70 тис. осіб.

Особливого звучання питання енергозабезпечення набувають зараз, коли Україна, виходячи з кризи, прискорює розвиток суспільного виробництва. У цих умовах посилюється важливість правильного визначення потреби України в енергетичних ресурсах та реальних шляхів забезпечення цієї потреби. Помилки та прорахунки у цій сфері можуть виявитися згубними для економічного зростання.

Підґрунтям сталого економічного розвитку України може стати лише підвищення конкурентоспроможності її економіки на основі кардинального зниження ресурсоємності і енергоємності.

Сталий розвиток суспільства можливий лише в умовах енергозбереження, тобто розробки систем, що ефективніше використовують енергію, забезпечують такий самий або навіть вищий рівень транспортних послуг, освітлення, опалення за менших енерговитрат.

1.2. Гібридні системи та їх конфігурації

Для того, щоб вибрати оптимальну конфігурацію гібридної системи, що відповідає вимозі навантаження, оцінка повинна проводитися на основі критеріїв надійності електроживлення й вартості системи життєвого циклу.

До складу гібридних систем можуть також входити джерела теплової енергії (біогазові установки, сонячні теплові колектори) і джерела на органічному паливі (дизель-генератори), які виконують роль резервного живлення. Технологічні конфігурації можуть бути класифіковані відповідно до виду напруги у мережі: постійного, змінного струму або змішані лінії.

У гібридній системі постійного струму всі компоненти з вироблення електрики пов’язані з лініями постійного струму, від яких заряджаються батареї. Батареї повинні мати захист (контролер) від перезарядження й повного розряду. Напруга від джерел змінного струму (вітро-гідротурбіни, дизель-генератор) перетвориться в постійну за допомогою конверторів. Напруга яка виробляється у відповідності до попиту подається на навантаження постійного струму. Навантаження змінного струму живляться через інвертор.

У гібридних системах змінного струму основні джерела напруги можуть бути зв’язані прямо з лінією змінного струму або ж через додаткові конвертори для забезпечення необхідних характеристик змінного струму (актуально у разі з’єднання системи із централізованою електромережею). В обох випадках двонаправлений інвертор контролює подачу енергії для зарядки акумуляторів, а також від акумуляторів

на навантаження змінного струму. Навантаження постійного струму можуть забезпечуватися напругою від акумуляторів.

Виходячи з особливостей роботи, гібридні системи класифікуються як послідовні, що перемикаються й паралельні.

У послідовних системах акумулятори заряджаються від сонячного фотоелектричного модуля (у представленій конфігурації) або від дизель-генератора постійного струму (якщо відсутнє сонячне випромінювання). Від акумуляторів за допомогою інвертора живиться навантаження змінного струму. Система може працювати в ручному або автоматичному режимі за наявності сенсорів зарядки батарей і контролера включення дизель-генератора. Послідовна конфігурація системи має відносно просту схему й у цей час застосовується досить широко.

У якості недоліків можна відзначити часті перезарядження акумулятора, що призводить до скорочення його терміну служби, необхідність наявності батарей підвищеної ємності (для зменшення глибини розряду). Вихід з ладу інвертора призводить до повного відключення споживачів від мережі.

У гібридних системах, що перемикаються, змінна напруга споживачам може подаватися через інвертор від акумуляторів, поновлюваних джерел або від генератора змінного струму. Зарядка акумуляторів здійснюється від поновлюваних джерел або від дизель-генератора (через випрямляч). При роботі системи в автоматичному режимі контролери керування створюють необхідну конфігурацію системи, що дозволяє забезпечити безперебійне живлення споживачів і необхідний рівень заряду акумулятора.

У порівнянні з послідовною гібридна система, що перемикається, має більшу надійність в енергозабезпеченні, але, звичайно, і більшу складність.

У паралельній конфігурації гібридної системи є можливість подачі енергії споживачам незалежно кожним джерелом, що входить у систему (при малих і середніх навантаженнях), а також одночасно від усіх – при пікових навантаженнях. В останньому випадку потрібна синхронізація форми напруги на виході інвертора й генератора змінного струму. Двонаправлений інвертор забезпечує зарядку акумуляторів від

генератора змінного струму й перетворення постійного струму від сонячних батарей і акумуляторів у змінний струм. Слід зазначити, що ефективна експлуатація паралельної гібридної системи вимагає складної системи керування. Однак, виходячи з більших можливостей надійного енергозабезпечення, остання конфігурація має перспективність у практичному застосуванні, особливо, коли в систему підключено кілька видів поновлюваних джерел енергії.

На основі вище наведеного можна відмітити наступні особливості гібридних систем, які роблять їх високоефективними і конкурентоспроможними:

- ✓ гнучкість вибору палива, надійність (використання надлишкових технологій і/або зберігання енергії), економічність, зменшення шкідливих викидів;
- ✓ можливість включення до їх складу теплових, високопотужних й високоефективних пристроїв (паливні елементи, сучасні матеріали, системи охолодження, тощо);
- ✓ можливість одночасно забезпечувати підвищення якості і доступності електроенергії;
- ✓ можливість в залежності від місця знаходження включати максимальну кількість відновлюваних джерел енергії;
- ✓ забезпечення значно нижчого рівня шкідливих викидів в порівнянні з традиційними технологіями, які використовують корисні копалини;
- ✓ досягнення бажаних характеристик при найнижчій прийнятній вартості, що є ключем до прийняття ринком.

Структурна схема типової гібридної енергетичної системи з відкритим контуром на основі використання енергії вітру та сонця наведено на рис. 1.1

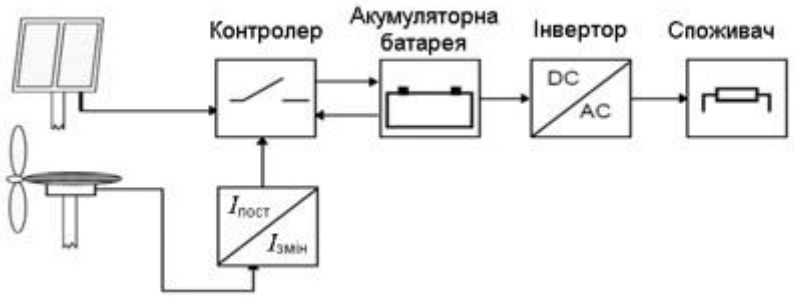


Рисунок 1.1 Структурна схема типової гібридної енергетичної системи з використанням енергії вітру та сонця

Дана гібридна енергетична система складається із сонячної і вітрової енергоустановок. Потужність, створювана вітровими установками, являє собою змінний струм, але має змінну амплітуду й частоту, які потім можуть бути перетвориться в постійний струм для зарядки акумулятора. Контролер захищає акумулятор від надмірної зарядки або глибокого розряду. Оскільки висока напруга може бути використана для зниження втрат системи, інвертор звичайно використовується для перетворення постійного струму низької напруги в змінний струм з напругою 220 В, частотою 50 Гц.

Контролер забезпечує реалізацію наступних функцій:

- ✓ максимізація величини електричної енергії, виробленої електричними панелями або вітрогенератором, шляхом визначення та відслідковування положення робочої точки, яка відповідає максимуму енергії (задача MPPT);
- ✓ накопичення електричної енергії в акумуляторних батареях для забезпечення безперервної та безперебійної роботи;
- ✓ управління процесами заряду й розряду батарей;
- ✓ захист вітрогенератора від перевищення швидкості, підключаючи фіктивне навантаження на його вихід;
- ✓ ініціювання роботи дизель-генератора або підключення системи в електричну мережу (якщо є), коли відновлювана джерела енергії не можуть забезпечити достатню електроенергію;

- ✓ забезпечення накопичення та збереження інформації про локальне сонячне випромінювання: високе, низьке й середнє значення денної сонячної радіації, розраховані за один рік.

Структурна схема типової гібридної енергетичної системи на основі використання джерел сонячної та гідро енергій наведено на рис. 1.2

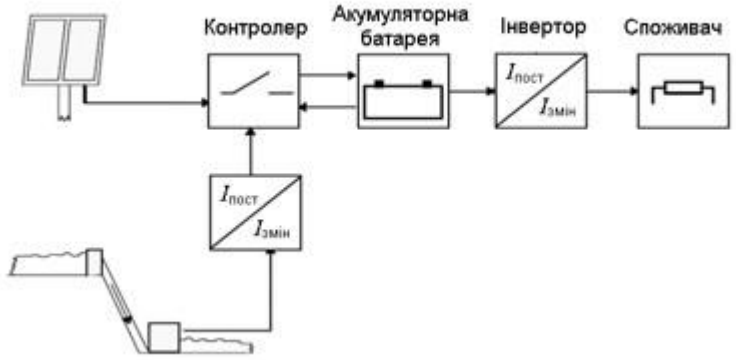


Рисунок 1.2 Структурна схема типової гібридної енергетичної системи на основі використання джерел сонячної та гідро енергій

В якості джерела гідроенергії використовується невеличкий резервуар для накопичення води. Місце розміщення даної системи залежить від географічних умов знаходження доступних джерел (водоймищ) води, які містяться на достатній висоті. Потужність системи залежить від кількості води й сонячного випромінювання.

Структурна схема типової гібридної енергетичної системи на основі використання енергії біопалива, сонячної енергії та дизель-генератора наведено на рис. 1.3

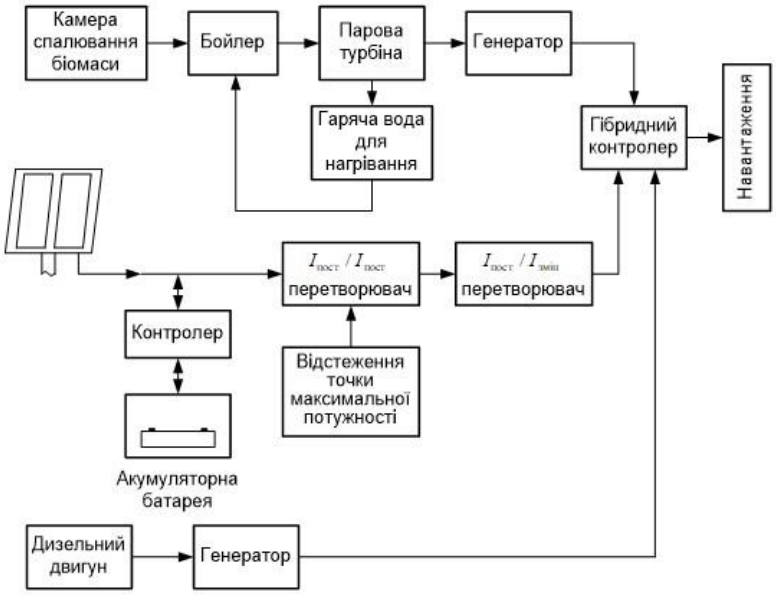


Рисунок 1.3 Структурна схема типової гібридної енергетичної системи на основі використання енергії біопалива, сонячної енергії та дизель-генератора

Передбачається, що у якості біопалива використовується сміття (мертві дерева, гілки, скошена трава, залишки культурних рослин, деревна тріска, кора й стружка з лісопильних заводів шини, тощо).

Як було сказано раніше дизель використовується у гібридній системі як резервне джерело у піковий період навантаження.

У системі використовується гібридний контролер який підтримує баланс енергії під час зміна навантаження, призначає пріоритет серед джерел енергії.

Гібридний контролер забезпечує реалізацію наступних функцій:

- ✓ підключення живлення до споживача від джерела енергії здатного забезпечити вимоги навантаження;
- ✓ синхронізація сигналів напруг з різних джерел, наприклад у випадку коли миттєва величина сигналу напруги із джерела фотовольтаіки відрізняється від величини сигналу з іншого джерела, скажемо, біопалива, що викликає локальний потік циркулюючої потужності.

Структурна схема типової гібридної енергетичної системи на основі використання енергії фотовольтаіки, теплової сонячної енергії та електромережі наведено на рис. 1.4

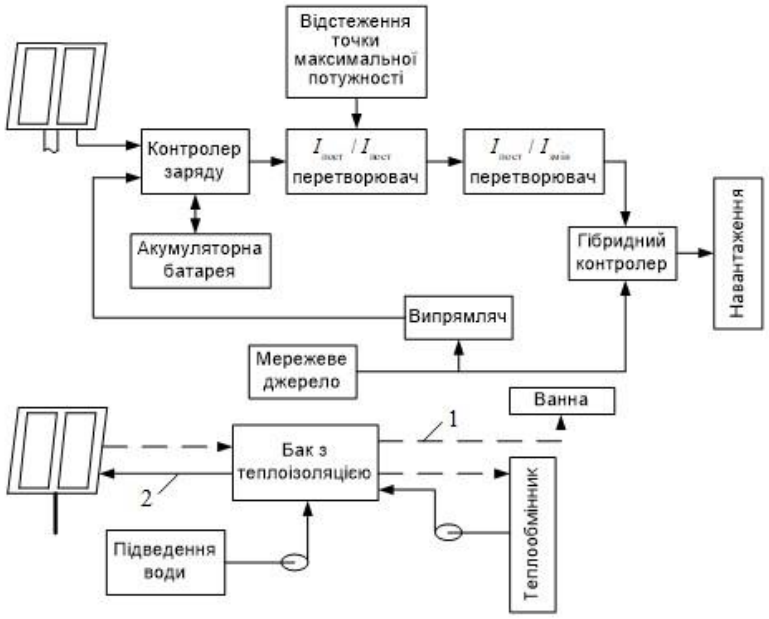


Рисунок 1.4 Структурна схема типової гібридної енергетичної системи на основі використання енергії фотовольтаіки, теплової сонячної енергії та електромережі: 1 – гаряча вода; 2 – холодна вода

Сонячне тепло є однією з найдешевших і найбільш практичних форм відновлюваної енергії (джерело гарячої води для будинку або комерційного використання, наприклад, плавальних басейнів, автомийок і пралень, прості сонячні печі й плити використовуються в усьому світі як на комерційних кухнях, так і у житлових приміщеннях).

Гібридний контролер синхронізує різні джерела, як описано раніше.

Ця система підходить для місць, де сонячна енергія доступна, але інші джерела, такі як вітер, хвилі, припливи і т. ін., не мають високого енергетичного потенціалу, а інші джерела корисних копалень не є економічно вигідними.

Визначення розмірів гібридної системи ВЕ / АЕ є важливим завданням. Основним підходом до рішення завдання визначення розміру компонентів гібридної системи є мінімізація величини вартості системи при збереженні її надійності, який реалізується в результаті використання систем штучного інтелекту.

У Національному авіаційному університеті під керівництвом завідувача кафедри авіаційних комп'ютерно-інтегрованих комплексів заслуженого діяча науки і техніки України, Лауреата Державної премії України в галузі науки і техніки д.т.н., проф., Віктора Синєглазова розроблено гібридну енергетичну установку, яку розміщено на даху навчального корпуса №5 (рис. 1.5).

Рисунок 1.5 Гібридна енергетична установка “VS-1.1”

Гібридна енергетична установка складається з вітроенергетичної установки з комбінованим вертикально-осьовим ротором типу Дар’є–Савоніуса, сонячної енергетичної установки, системи накопичення енергії на базі акумуляторних батарей і системи управління.

Гібридна енергетична установка є повністю автономною, не вимагає постійного контролю під час експлуатації та обслуговування. Габаритні розміри становлять 2 метри висота та 2,4 метра розмах крил. Ротор вітрогенератора виготовлений зі скловолокна та алюмінію.

Сама вітроустановка виконана за схемою прямого приводу ротор–генератор, що забезпечує високу надійність і простоту конструкції. Комбінований ротор забезпечує роботу установки на малих вітрах (зі швидкістю вітру від 2 м/с).

Таблиця 1.1

Характеристика	**Од. вим.**	**Значення**
Номінальна 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

Графік залежності потужності енергетичної установки від швидкості вітру показано на рис. 1.6

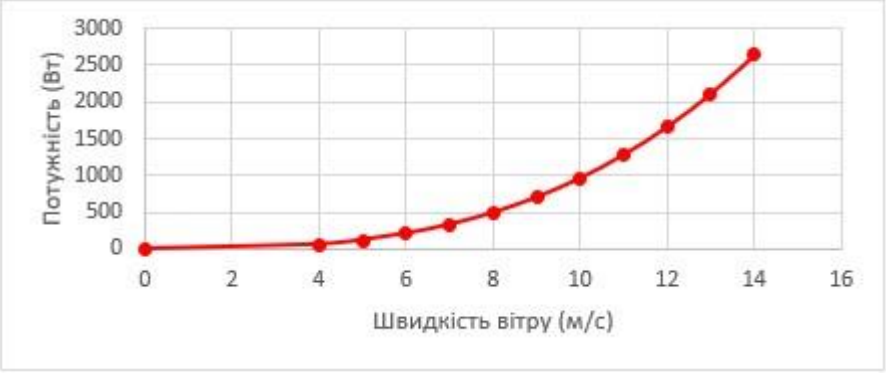


Рисунок 1.6 Графік залежності потужності енергетичної установки від швидкості вітру

На даний момент енергетична установка повністю забезпечує освітлення навчального корпусу № 5 Національного авіаційного університету в нічний час.

1.3.Висновки

З урахуванням вивченого міжнародного досвіду, для активізації інноваційного розвитку в галузі ВДЕ необхідно:

1. Розробити державну програму інтенсифікації використання ВДЕ з метою зниження емісії вуглекислого газу й поліпшення екологічного стану. Сформувати державне бачення стратегічних параметрів і характеристик продукції ВДЕ.

2. Визначити реальні цільові орієнтири розвитку сегментів ВДЕ, що забезпечують оптимальне співвідношення вироблення відновлюваної енергії й традиційної за певний період для конкретних регіонів України з урахуванням потенціалу ВДЕ й пропозицією заходів їх підтримки залежно від їхньої очікуваної ролі в паливно-енергетичному балансі регіону.

3. Визначити регіони, найбільш придатні для оптимального економічного розвитку виробництва видів ВДЕ як для створення нових робочих місць і підвищення зайнятості, так і для забезпечення росту податкової бази всіх рівнів.

4. Сформувати цільове державне замовлення як інструмент, що дозволяє зорієнтувати вітчизняного виробника на прийняття управлінських рішень для інвестицій у ВДЕ щоб скоротити ринкові й фінансові ризики інвесторів і корпорацій, зберегти час і засобу для їхнього проектування.

5. Створити міжвідомчу структуру керування розвитком поновлюваної енергетики на державному й регіональному рівні, закріпивши за нею функції інституціональної й законодавчої підтримки активного розвитку поновлюваної енергетики шляхом удосконалювання діючих нормативних документів і розробки нових.

6. Визначити гібридні системи на основі поновлюваних джерел енергії як перспективне рішення для децентралізованого електропостачання в сільській місцевості

й вилучених об'єктів, а також для забезпечення акумулювання надлишків електричної енергії, зняття пікових навантажень при експлуатації сезонно й погодно залежних поновлюваних джерел енергії великої потужності.

2. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ПРОЕКТУВАННЯ

Об'єкт проектування є малоповерховим житловим будинком, що є домівкою з усіма зручностями. Індивідуальний житловий будинок знаходиться у місті Підгородне, Дніпропетровської області. Він знаходиться в зоні помірно-континентального клімату з характерною різкою мінливістю погодних умов, добре вираженими сезонами року.

2.1.Розрахунок параметрів автономного енергоспоживання

Визначити пік промислового споживача енергії не представляє складності, тому що спочатку повинні бути відомі потужність і графік роботи кожної одиниці обладнання. Обчислення графіка споживання і піку потужності приватного споживача енергії може бути проведено з тією чи іншою ймовірністю або прогнозуванням в зв'язку з непередбачуваністю графіка енерговитрат. У зв'язку з цим завдання вирішується завжди індивідуально з відповідними припущеннями і приближеннями.

2.2.Розрахунок пікової потужності

Для визначення потужності кожного приладу Рі (Вт), який може бути використаний на досліджуваному об'єкті вносять в зведену таблицю по експлуатації. Визначають з відповідними припущеннями просту ймовірність включення приладу в різний час доби і відзначають це в таблиці, проставляючи миттєву споживану потужність вранці, вдень, ввечері і вночі.

Складають дані стовпців миттєвої потужності Рі та отримують пікову потужність енергоспоживання Рп в конкретний час доби – вранці, вдень, ввечері, вночі (РР , РД , РВ , РН). Ці дані використовуються згодом для розрахунку номінальної потужності інвертора РИ .

$$P_и > \max(P_р, P_д, P_в, P_н) \text{ Вт.}$$

2.3.Розрахунок споживаної енергії

Визначають з відповідними припущеннями час роботи кожного приладу в конкретний час доби та вносять дані в таблицю. Складають дані стовпців «ранок- день-вечір-ніч» для кожного електроприладу та помножають отримане значення на потужність приладу, отримавши енергоспоживання кожного приладу за добу. Сума енергоспоживання всіх приладів $W_{ДОБ}$ буде кількістю енергії, яка споживається об'єктом на добу:

$$W_{доб} = P_i \sum T_i \text{ Вт·ч.}$$

де T_i – сумарний час роботи за добу.

Ці дані використовуються згодом для розрахунку номінальної потужності автономної установки і акумуляторних батарей.

2.4.Варіанти розробки найбільш раціональної системи електропостачання з використанням альтернативних джерел енергії.

Уявимо що маємо заміський будинок, але немає можливості протягнути до нього лінію електропередачі (ЛЕП)? Чи доцільно підключення до централізованих мереж електропостачання непомірно дороге? Можливо, краще порівняти ці два варіанти - електропостачання від ЛЕП і автономне електропостачання?

При цьому при підключенні до мереж централізованого електропостачання потрібно враховувати наступні моменти:

повинні будете сплатити вартість підключення до мереж,

вартість прокладки низьковольтної ЛЕП (вартість коливається в різних регіонах від 10000 до 17000 доларів США за 1 км),

платити за споживану електроенергію за розцінками енергомереж.

Якщо маємо кілька споживачів, тоді можливе розділити вартість підключення та будівництва ЛЕП. Якщо робити це самостійно, знадобиться чимало грошей.

Інший варіант - створення власної автономної системи електропостачання. Плюси цього варіанту - не потрібно платити за підключення до мереж централізованого електропостачання та будівництво ЛЕП, не залежите від цін на електроенергію.

Таким чином господар будинку має обладнання та можете виробляти електроенергію тоді, коли в цьому є потреба. Мінуси - доведеться приділяти час на технічне обслуговування та ремонт обладнання. Особливо це стосується системи, що містить дизель або бензоелектричний агрегат (як основне або резервне джерело електропостачання). Потрібно буде стежити за станом акумуляторної батареї. Мінімум обслуговування потребують фотоелектричні батареї.

Розглянемо варіант коли ЛЕП знаходиться далеко від будинку, і її підключення неможливе чи економічно невигідне? У цьому випадку пропонується встановити систему з використанням відновлюваних джерел енергії (ВДЕ).

Необхідно провести аналіз місцевості в якої розташовано будинок. Якщо більшу частину року світить яскраве сонце, або дмуться сильні вітри, або поруч із будинком тече невелика швидка річка (або недалеко є невелика гребля), то навіть за існуючих цін електропостачання даному будинку буде більш дешевим варіантом від відновлюваних джерел енергії, ніж прокладання та підключення ЛЕП.

Таким чином можна розглядати наступні системи електропостачання з живленням від таких джерел:

сонячних фотоелектричних батареї;

вітроелектричних установок різної потужності;

мікро ГЕС;

термоелектричні генератори (для живлення окремих освітлювальних та побутових приладів).

Подивимось на **1 варіант**

Електричної мережі немає в принципі? І її підведення — неможливе чи економічно не вигідно У цьому випадку розглянимо склад системи електропостачання з наступних компонентів:

- ✓ Джерело безперебійного живлення (ДБЖ) (з вбудованим контролером заряду акумуляторна батарея (АБ).
- ✓ Резервного бензоелектричного генератора потужністю 1-3 кВт.
- ✓ Фотоелектричні батареї (ФЕБ) або вітроелектричні установки (ВЕУ).

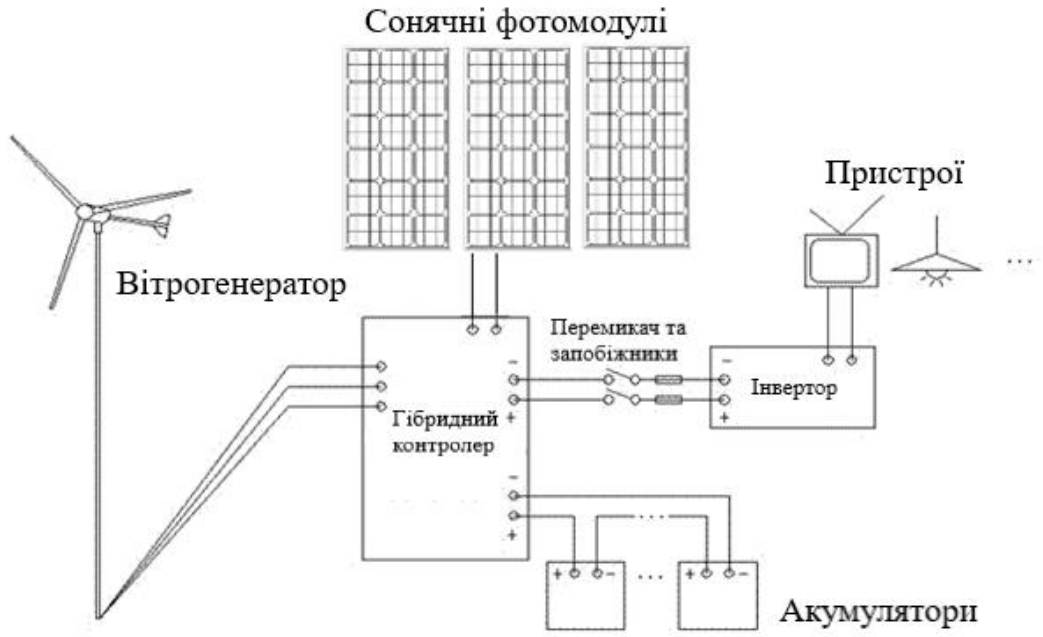


Рисунок 2.1 – Схема автономного електропостачання будинку

2 варіант

Якщо є швидкий водотік або перепад води, можна розглянути варіант із використанням мікро ГЕС.

Цей варіант має переваги введенням у систему резервного бензоелектричного генератора (БЕГ) який вирішує кілька проблем.

БЕГ використовується як резервне джерело електропостачання.

від БЕГ можна здійснювати форсований заряд акумулятора, якщо він розрядилася до небезпечного рівня. При цьому БЕГ працюватиме з максимальним завантаженням, що забезпечує мінімальне питоме споживання палива.

з'являється можливість короткочасно живити відносно велике навантаження - пральну машину, виробничий інструмент (верстати тощо), праска тощо. На час роботи такого навантаження включаєте БЕГ і живить навантаження безпосередньо від нього.

У технічних рішеннях розглядаються автономні системи електропостачання одноквартирних і блокованих житлових будинків, виконані з урахуванням автономних джерел електричної енергії.

Автономним джерелом електричної енергії є енергетична установка, призначена для вироблення електричної енергії, яка не входить до складу енергетичної системи.

Як автономні джерела електричної енергії для одноквартирних і блокованих житлових будинків використовуються:

• дизельні електричні агрегати потужністю від 2 до 16 кВт;

• вітроенергетичні установки потужністю від 0,5 до 16 кВт;

• сонячні установки із фотоелектричними елементами потужністю до 5 кВт;

• мікро ГЕС потужністю від 1 до 50 кВт.

Автономні системи електропостачання для одноквартирних та блокованих житлових будинків передбачаються за відсутності централізованого електропостачання або неможливості приєднання до централізованої системи електропостачання, а також використовуються як резервна система електропостачання.

Електропостачання одноквартирних та блокованих житлових будинків передбачається на напругу 220 В однофазного або 380 В трифазного змінного струму частотою 50 Гц від стаціонарних джерел електричної енергії.

Джерела однофазного струму повинні мати один глухозаземлений вивід, а джерела трифазного струму - глухозаземлену нейтраль.

У разі використання пересувних автономних джерел електричної енергії режим нейтралі джерел електричної енергії та захисні заходи повинні відповідати режиму нейтралі та заходам захисту, прийнятим у мережах стаціонарних електроприймачів житлового будинку.

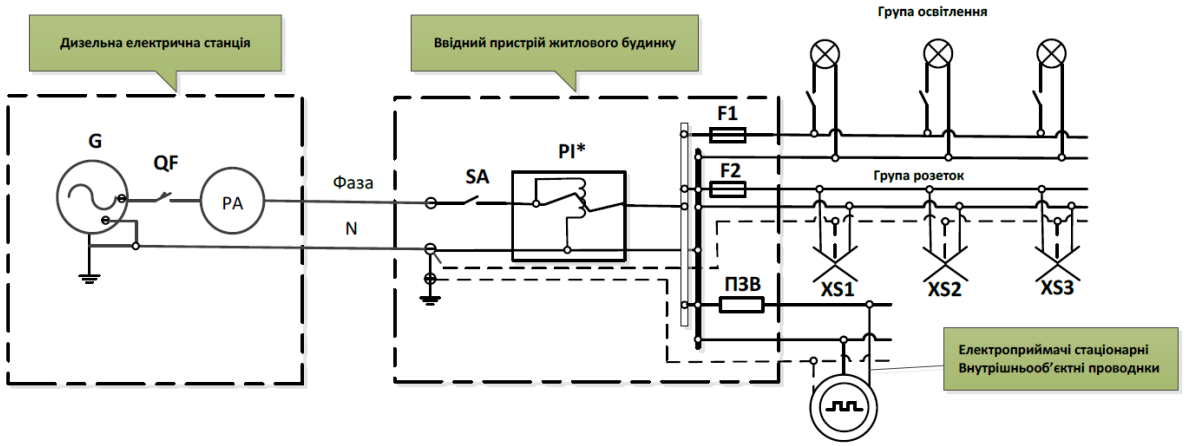
2.5. Системи електропостачання, виконані на базі дизельних електричних агрегатів

В автономних системах електропостачання застосовуються дизельні електроагрегати з місцевим управлінням, які встановлюються стаціонарно в окремій будівлі. Потужність електроагрегату вибирається за розрахунковим навантаженням житлового будинку. Залежно від типу електроагрегата запуск може виконуватися вручну за допомогою шнура або стартера. При стартерному запуску у складі електроагрегату передбачається акумуляторна батарея.

Вітчизняною промисловістю серійно виробляються трифазні електроагрегати потужністю 8 і 16 кВт, розпочато виробництво однофазних електроагрегатів потужністю 4 кВт.

Електроагрегати випускаються переносного виконання із ізольованою нейтраллю. При стаціонарному встановленні таких електроагрегатів необхідно виконати заземлення нейтралі, відключити пристрій ізоляції та перевірити чутливість захисту.

Захист генератора від усіх видів пошкоджень та ненормальних режимів виконується автоматичним вимикачем із максимальними розчіплювачами або спеціальним електронним блоком захисту.



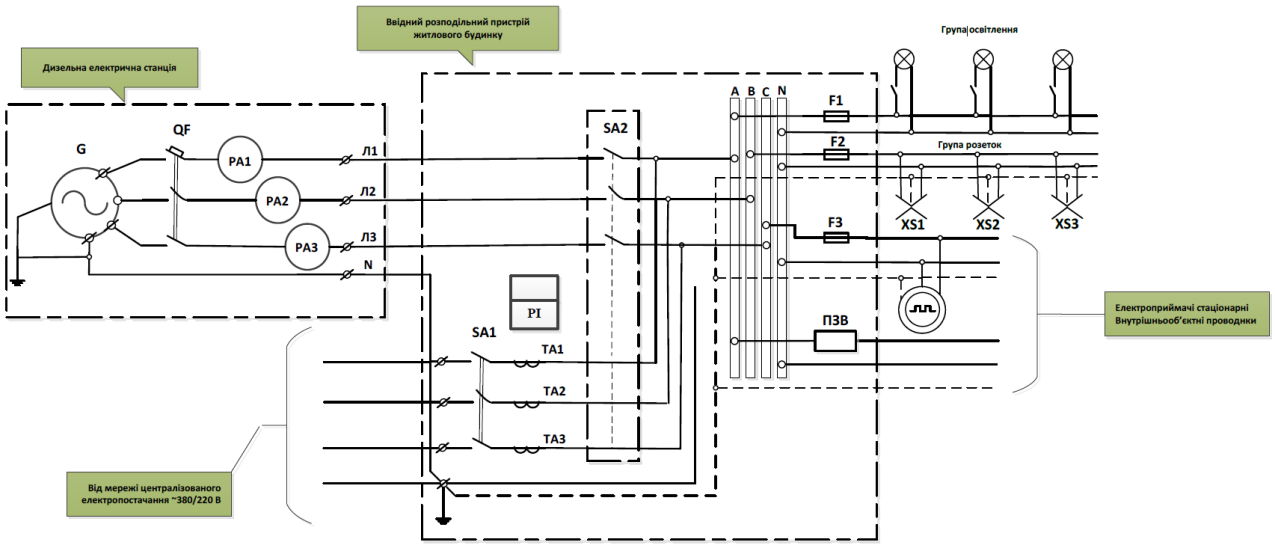
G – генератор; QF – автоматичний вимикач; PA – амперметр; SA - пакетний вимикач; PI – лічильник активної енергії; F1, F2 – запобіжники; ПЗВ - пристрій захисного відключення

Рисунок 2.2 – Електропостачання житлового будинку від ДЕС на напругу 220 В

Контроль за струмом навантаження здійснюється амперметром.

За відсутності централізованого електропостачання облік споживаної електричної енергії може виконуватися за бажанням власника установки.

За наявності централізованого електропостачання та використання електроагрегату в якості резервного джерела електричної енергії у схемі електропостачання передбачається ручний перемикаючий пристрій S-42, що виключає можливість одночасної подачі напруги в мережу споживача та мережу енергопостачальної організації.



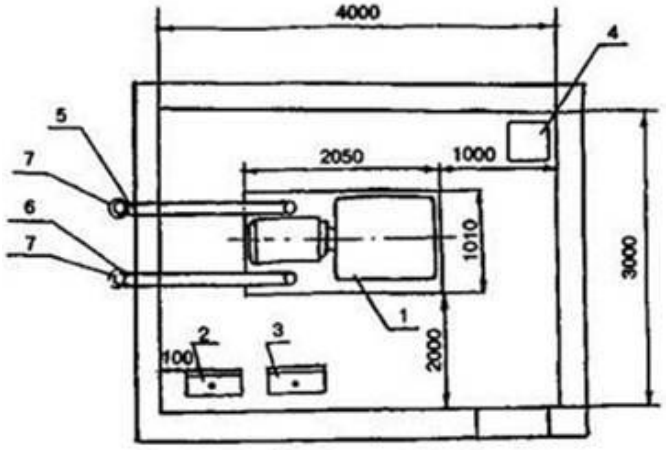
G – генератор; SA1 - пакетний вимикач; SA2 - перемикач пакетний; PI – лічильник активної енергії; F1-F3 – запобіжники; PA1-PA3 – амперметри; ПЗВ - пристрій захисного відключення; QF – автоматичний вимикач.

Рисунок 2.3 – Електропостачання житлового будинку від ДЕС на напругу 380/220 В

Облік електричної енергії, що споживається від мережі централізованого електропостачання, виконується за допомогою лічильника активної енергії, що встановлюється на вступно-розподільний пристрій житлового будинку.

Дизельний електроагрегат розміщується у приміщенні I та II ступенів вогнестійкості. Щодо пожежної небезпеки приміщення електроагрегату відноситься до категорії «Г».

Приміщення обладнується примусовою вентиляцією, що забезпечує видалення окису вуглецю та охолодження електроагрегату в літній період, пожежною сигналізацією, системою опалення, що підтримує температуру повітря в приміщенні не нижче +8°С, загальним робочим та аварійним освітленням.



1 – дизельний електроагрегат; 2 – шафа з витяжкою для обслуговування акумуляторних батарей; 3 - шафа керування припливно-витяжною вентиляцією; 4 – бак палива; 5 - газовихлопний трубопровід; 6 - повітрозабірний трубопровід; 7 - глушники

Рисунок 2.4 - Дизельна електростанція (ДЕС)

У приміщенні електроагрегату встановлюються шафа, обладнана витяжкою із зарядним пристроєм, шафа керування системою вентиляції, бак із запасом палива. Для електроагрегату передбачаються забір повітря для утворення горючої суміші двигуна та відведення відпрацьованих газів за межі будівлі.

Акумуляторна батарея закритого типу (стартерна), апаратура керування та захисту розміщуються на одній рамі з електроагрегатом.

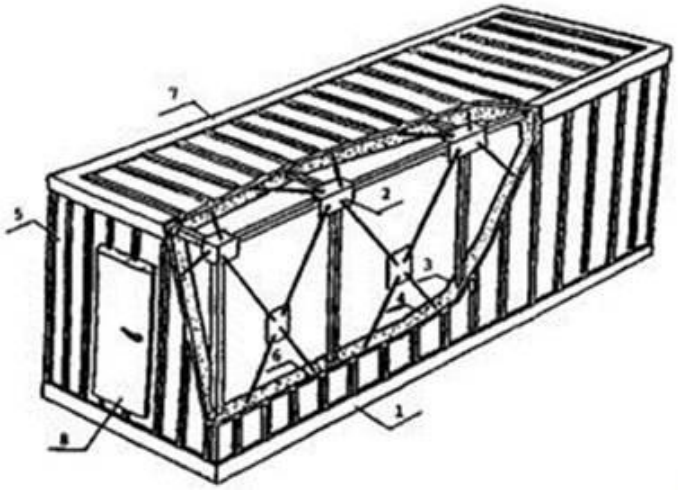


Рисунок 2.5 – Зразок ДЕС на базі блок-контейнера

Блок-контейнер (БК) призначений для розміщення в ньому автономних джерел електроживлення, стаціонарних автоматизованих дизель-електричних агрегатів та станцій потужністю 8-200 кВт, а також іншого допоміжного обладнання. Він забезпечує надійну роботу та експлуатацію обладнання в екстремальних кліматичних умовах у діапазоні температур від -60 до +40°С.

Зазвичай БК виконаний у вигляді прямокутного паралелепіпеда, має одну або дві двері та отвори для труб, кабелів, вентиляції та кондиціонерів та розділений перегородками на кілька приміщень.

БК також може оснащуватися автоматизованою системою життєзабезпечення (опалення, вентиляція, кондиціювання), робочим та аварійним електроосвітленням, охоронно-пожежною сигналізацією, автоматизованою системою пожежогасіння.

2.6.Електропостачання житлового будинку на базі мікро ГЕС

Мікрогідроелектричні станції (мікро ГЕС) номінальною потужністю до 50 кВт рекомендується застосовувати як автономні джерела електричної енергії для електропостачання індивідуальних житлових будинків, хуторів, фермерських господарств та невеликих селищ, розташованих поблизу малих річок, струмків, ставків та неенергетичних водосховищ за відсутності централізованого.

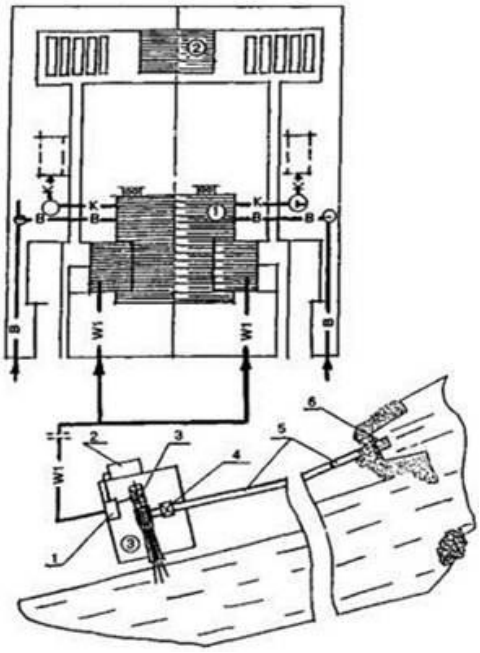
При використанні мікро ГЕС на рівнинній місцевості необхідним є спорудження греблі, що забезпечує необхідний тиск води для роботи турбіни.

При використанні мікро ГЕС у місцевості, що має ухил, рівний або більше 0,04, достатньою є прокладка деривационного трубопроводу, що забезпечує часткове відведення води від основного русла річки в об'ємі, необхідному для роботи турбіни.

Рисунок 2.6 – Ухил потоку води мікро ГЕС

Рекомендується розміщувати мікро ГЕС із номінальною напругою 400 В змінного струму частотою 50 Гц на відстані не більше 1 км до житлового будинку. В іншому випадку необхідною є споруда трансформаторної підстанції напругою 6-10/0,4 кВ.

Устаткування установки мікро ГЕС встановлюється у спеціальному закритому приміщенні, що забезпечує захист обладнання від впливу атмосферних опадів та сонячної радіації.



1 – блок системи регулювання; 2 - пристрій баластного навантаження;

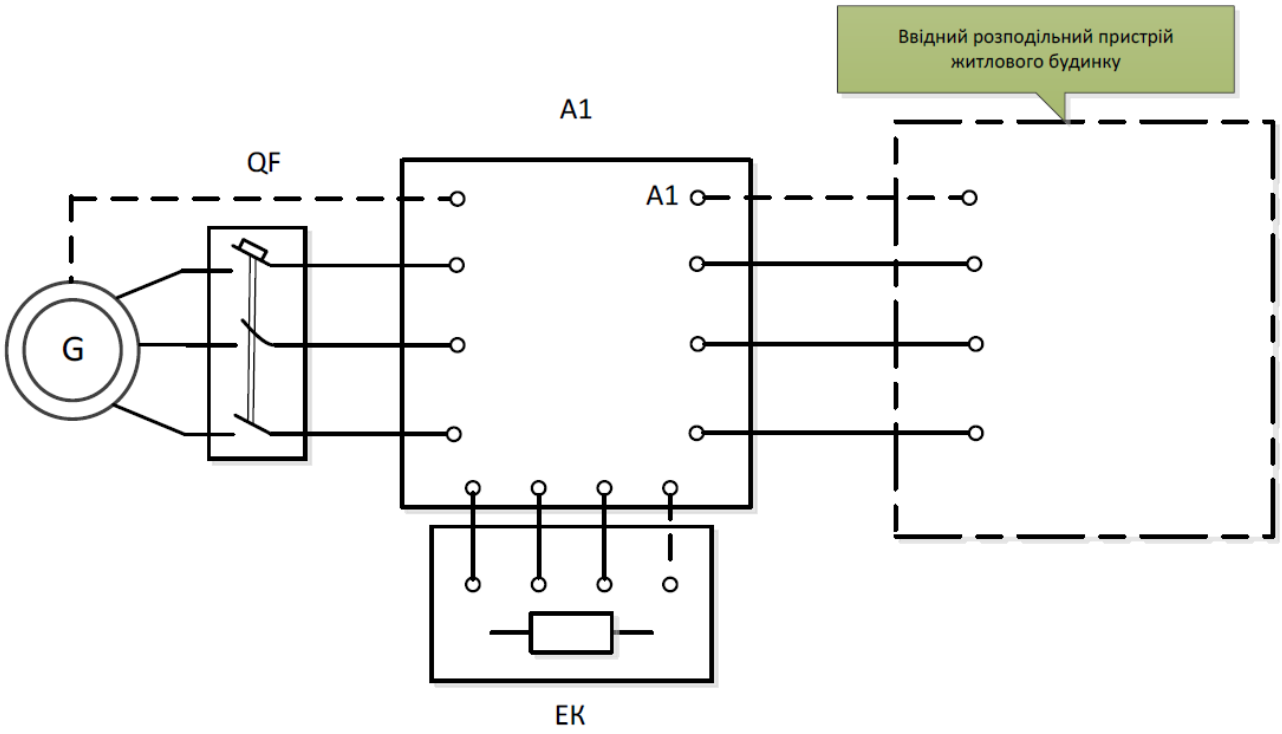
3 – гідроелектричний агрегат; 4 - запірна засувка; 5 - підвідний трубопровід;

6 - водозабірний пристрій. К – каналізаційна мережа; В – водопровідна мережа; W1 – повітряна або кабельна лінія напругою до 1 кВ. (1) – житловий будинок; (2) - госпблок; (3) - будівля мікро ГЕС

Рисунок 2.7 – План розташування мікро-ГЕС деривaційного типу

Для систем електропостачання, виконаних з урахуванням мікро ГЕС, резервний джерело електричної енергії може передбачатися, якщо стабільна експлуатація мікро ГЕС забезпечується у час року і залежить від кліматичних чинників.

Додатковими перевагами мікро ГЕС є екологічна чистота та можливість роботи в автоматичному режимі без обслуговуючого персоналу.



G – генератор; QF – вимикач автоматичний; А1 – блок системи регулювання; ЄК - баластне навантаження

Рисунок 2.8 – Принципова схема мікро-ГЕС

До складу мікро ГЕС входять: гідроелектричний агрегат (гідротурбіна, кутовий мультиплікатор, протирозгінний пристрій, генератор, система автоматичного управління (САУ), пристрій автоматичного регулювання, водозабірний пристрій зі сміттєзатримуючим пристроєм, пристрій збудження, блок баластного навантаження.

По напірному трубопроводу вода надходить у турбіну та здійснює її обертання.

Турбіна приводить у дію ротор генератора, встановлений на валу турбіни. Статорні обмотки генератора за допомогою блока регулювання підключаються до електропостачання споживача. Блок регулювання призначений для узгодження режимів вироблення електричної енергії шляхом підключення баластного навантаження.

Баластна система є системою повітряних трубчастих електричних нагрівачів (ТЕНів).

Захист генератора від струмів короткого замикання та перевантаження виконується автоматичним вимикачем з максимальними розчіплювачами, встановленими у трьох фазах.

2.7.Електропостачання на базі ВЕУ

Рекомендується застосовувати ВЕУ для систем електропостачання житлових будинків у районах, що мають середньорічну швидкість вітру не менше ніж 5 м/с та слід враховувати, що відстань від вітроелектричного агрегату до житлового будинку має бути не менше ніж 30 - 40 м. Для забезпечення електропостачанням житлового будинку в періоди безвітря у складі ВЕУ передбачається резервне джерело електричної станції - дизельний електричний агрегат.

На представленій блок-схемі ВЕУ автономне джерело електричної енергії за допомогою блоку керування та регулювання та кабелів, що постачаються в комплекті з вітроелектричним агрегатом, підключається до розподільного щита напругою 0,4 кВ.

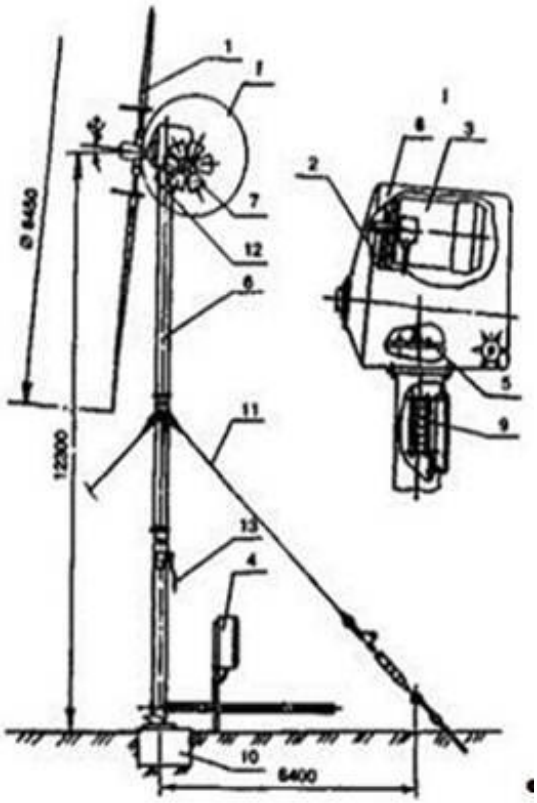
За допомогою понижуючого трансформатора та випрямляча до розподільного щита (0,4 кВ) підключається акумуляторна батарея. Перетворення постійного струму від

акумуляторної батареї на змінний струм напругою 220/380 В виконується за допомогою інвертора.

Перемикання на резервне джерело електричної енергії – дизельний електроагрегат виконується за допомогою пакетного перемикача.

Надлишок електричної енергії, що виробляється (наприклад, у нічний час) використовується для приготування гарячої води.

При дії вітру обертання вітроколеса передається вхідний вал мультиплікатора, пов'язаного з ротором генератора. Генератор за допомогою струмознімача, встановленого всередині вежі вітроагрегату, та кабелів підключається до блоку керування та регулювання.

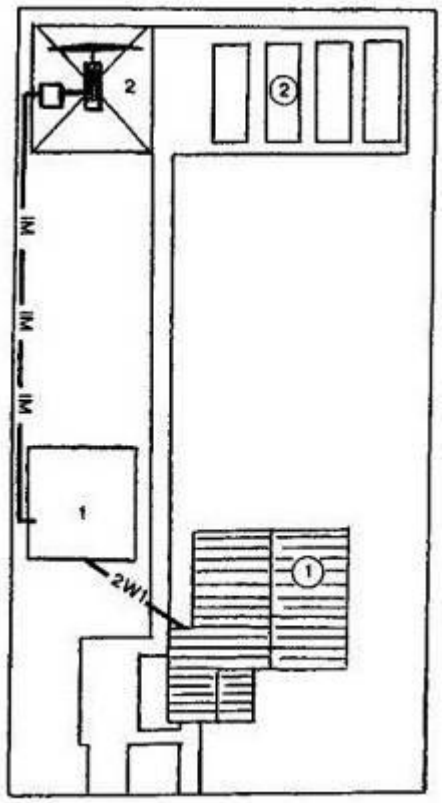


1 - вітроколесо; 2 – мультиплікатор; 3 – генератор; 4 – блок регулювання; 5 – редуктор віндрозний; 6 - вежа; 7 - віндрози; 8 – кожух; 9 - струмознімач; 10 – фундамент; 11 - розчалки; 12 - штормова лопатка; 13 – рукоятка.

Рисунок 2.9 – Схематичне зображення ВЕУ

Вежа вітроагрегату встановлюється на фундаменті та кріпиться за допомогою розтяжок.

При зміні напряму вітру нова орієнтація вітроколеса проводиться автоматично за допомогою віндрозного редуктора, нерухома частина якого (зубчасте колесо) жорстко пов'язана з вежею вітроагрегату, а рухома частина (корпус редуктора) рухається віндрозами. Обертання вінд-роз припиниться при збігу осі обертання вітроколеса та площині обертання віндроз із напрямком вітру.



1 – вітроелектричний агрегат; 2 – блок регулювання;

W1 – повітряна або кабельна лінія напругою до 1 кВ.

(1) – одноквартирний житловий будинок; (2) - будівля енергетичного блоку

Рисунок 2.10 – Зразковий план розміщення ВЕУ

Вітроелектричний агрегат та блок управління (БУ) встановлюються на присадибній ділянці на відстані не менше ніж 30 м від житлового будинку.

Блок управління, що виготовляється зі ступенем захисту 1Р56, встановлюється на стійках поруч із вітроелектричним агрегатом. Решта обладнання вітроенергетичної установки (випрямляч, інвертор, акумуляторні батареї та ін) встановлюється в окремій будівлі енергетичного блоку спільно з резервним джерелом електричної енергії - дизельним електричним агрегатом.

Кабельна лінія від блоку БУ до енергетичного блоку може прокладатися в землі, в траншеї на глибині 0,7 м від планувальної позначки землі або відкрито в сталевій або поліетиленовій трубі на скобах вздовж огорожі.

Від енергетичного блоку до житлового будинку передбачається прокладання двох повітряних ліній, одна з яких підключається до вступно-розподільного пристрою житлового будинку, а інша – до водонагрівача.

Повітряні лінії виконуються ізольованими проводами. Відстань від проводів до пішохідних доріжок має бути не менше ніж 3,5 м.

Перетин жили та тип проводів слід вибирати відповідно до рекомендацій, наведених у «Керівних матеріалах з електропостачання індивідуальних житлових будинків, котеджів, дачних (садових) будинків та інших приватних споруд».

Введення в житловий будинок і енергетичний блок виконуються через трубостійки. Приклад виконання вводів через трубостійки наведено у розділі ДЕС.

У будівлі енергетичного блоку акумуляторні батареї розміщуються на стелажах в окремому приміщенні, обладнаному припливно-витяжною вентиляцією. Місткість акумуляторів вибирається з умови забезпечення електропостачання житлового будинку протягом трьох годин.

2.8.Електропостачання житлового будинку на базі СЕС

Сонячні фотоелектричні станції (СЕС) застосовуються для автономного освітлення, електроживлення побутових приладів тощо. Ефективність використання СЕС визначається інтенсивністю сонячного випромінювання та кліматичними умовами.

Перше переважно залежить від географічної широти місця, а друге характеризується числом сонячних днів у року. Сонце як джерело енергії має високу стабільність. Однак закономірність руху Землі призводить до річних, сезонних та добових коливань у надходженні сонячної радіації.

Необхідно враховувати, що СЕС принципово не можуть працювати в темну пору доби, тому при виборі СЕС як джерело електропостачання доводиться брати до уваги циклічність її роботи.

Доцільно використовувати СЕС як резервне джерело електричної енергії за наявності мереж централізованого електропостачання та як резервне джерело для автономних систем електропостачання, виконаних на базі дизельних електроагрегатів.

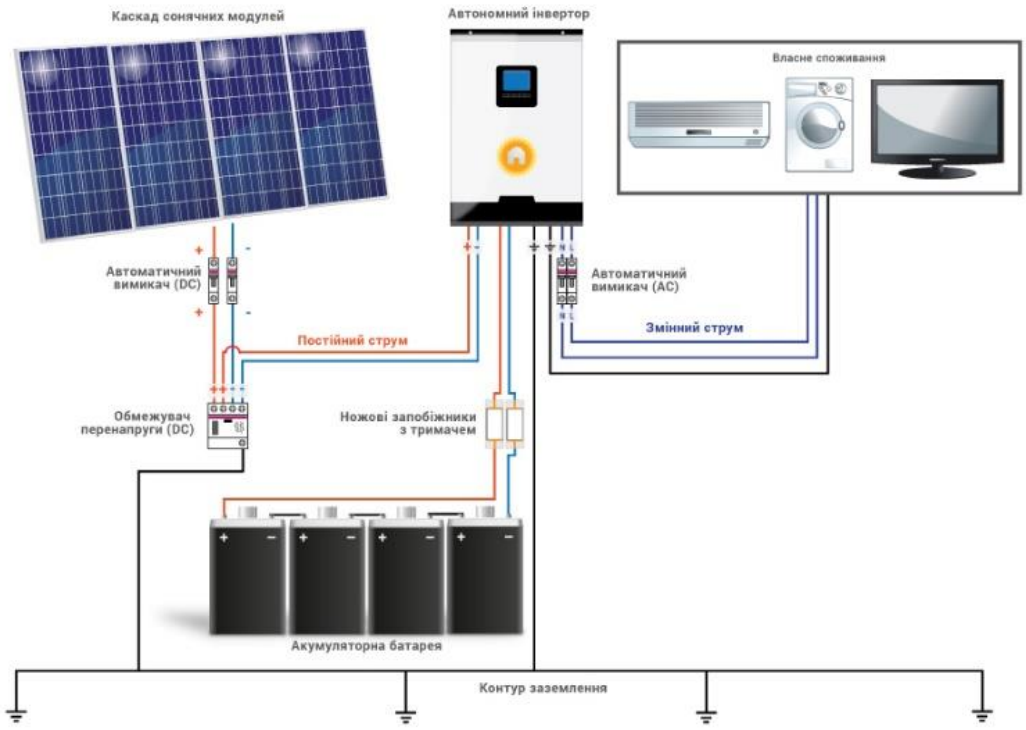
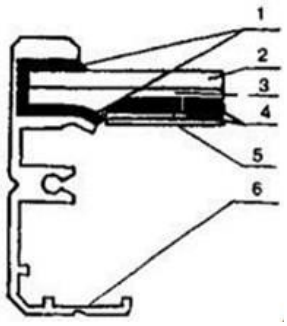


Рисунок 2.11 – Склад фотоелектричної станції



1 – герметик; 2 – скло; 3 - герметизуюча стінка; 4 – сонячні елементи; 5 – захисна плівка; 6 - корпус

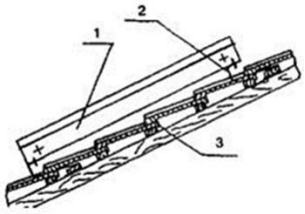
Рисунок 2.12 – Пристрій фотоелектричного модуля

СЕС слід розміщувати на найбільш інтенсивно та довго освітлюваному місці присадибної ділянки.

Комплект СЕС включає: сонячну батарею, зарядний пристрій, акумулятори та інвертор.

Сонячна батарея складається з фотоелектричних модулів, кожен з яких виконаний у вигляді панелі, що міститься в алюмінієвому корпусі. Панель являє собою фотоелектричний генератор, що складається зі скляної плити, з тильного боку якої між двома шарами плівки, що герметизує, розміщені сонячні елементи, електрично з'єднані між собою металевими шинами. Нижній шар плівки, що герметизує, захищений від зовнішніх впливів шаром захисної плівки. Торці панелі укладені в алюмінієву окантовку та захищені герметиком.

До внутрішньої сторони модуля прикріплений спеціальний діодний блок, під кришкою якого розміщено три електричні контакти («+1» - плюсовий вивід, «2» - вивід середньої точки ланцюга, «3» - мінусовий вивід), призначені для підключення модуля. На корпусі модуля є отвори для кріплення.



1 – фотоелектричний модуль; 2 – опорні балки; 3 – покрівля

Рисунок 2.13 – Кріплення фотоелектричних модулів на крутому схилі покрівлі

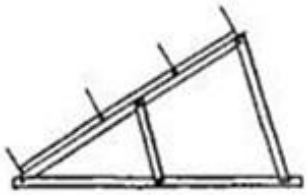


Рисунок 2.14 – Опора для кріплення фотоелектричних модулів на пологовій покрівлі житлового будинку

Кріплення фотоелектричних модулів на даху виконується за допомогою спеціальних опор.

Для кріплення модулів на крутих схилах покрівлі застосовуються опори у вигляді поздовжніх балок, виконаних з алюмінієвого профілю або дерев'яних брусів.

Для кріплення фотоелектричних модулів на плоских дахах застосовуються регулюючі опори, що дозволяють змінювати кут нахилу модулів щодо горизонтальної поверхні покрівлі.

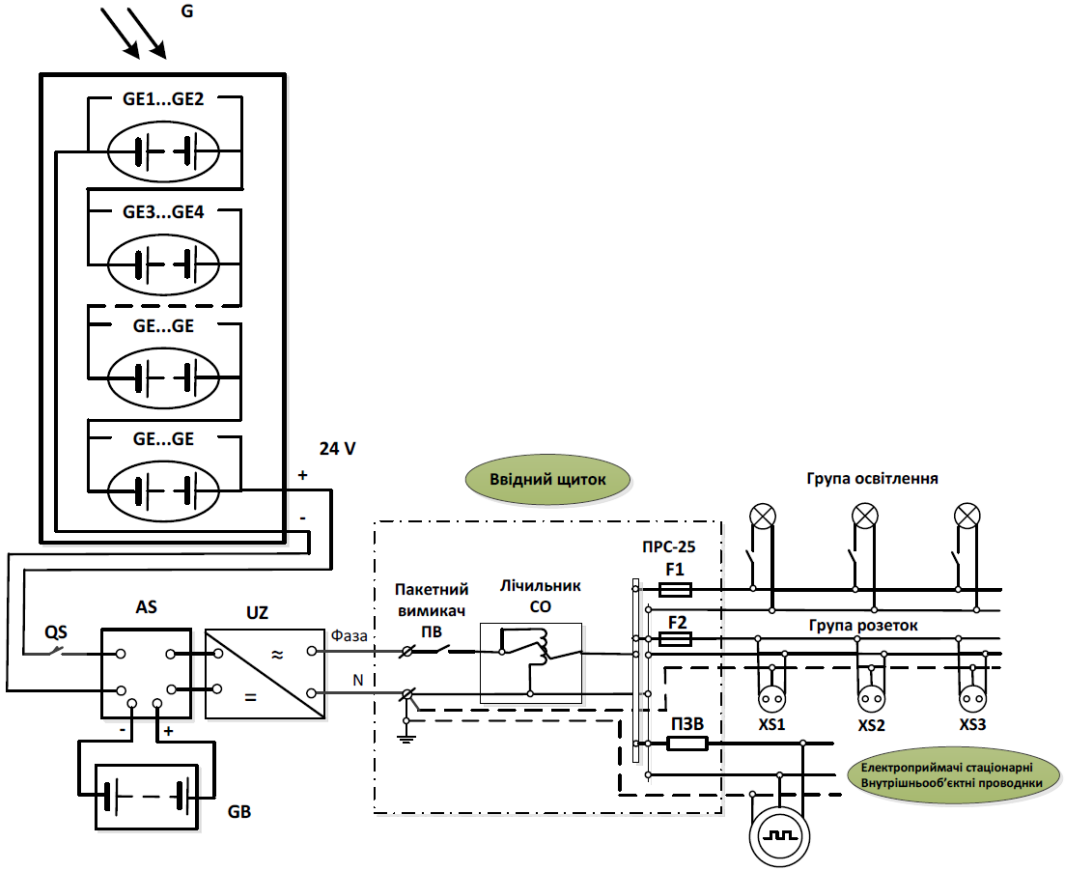
Режим СЕС – циклічний з періодом в одну добу.

Потужність СЕС вибирається із умов забезпечення максимального денного електроспоживання житлового будинку за півгодинний максимум навантаження та забезпечення заряду акумуляторів, за рахунок розряду яких виконується електропостачання у темний час доби.

За допомогою зарядного пристрою забезпечується контроль за процесами заряду та розряду акумуляторної установки та її захист від перевантаження.

Сонячна батарея, зібрана з фотоелектричних елементів є джерелом постійного струму. Перетворення постійного струму змінною напругою 220 В, частотою 50 Гц виконується за допомогою інвертора.

Тип інвертора та його технічні характеристики є вихідними даними, що визначають основні параметри СЕС: вихідна напруга сонячної батареї, напруга акумуляторної установки, конструкцію та потужність зарядного пристрою, переріз жил проводів та кабелю тощо.



G - сонячна батарея; GE - фотоелектричний модуль; GB - акумуляторна батарея; QS - вимикач; AS - зарядний пристрій; UZ – інвертор

Рисунок 2.15 - Електрична схема електропостачання на базі сонячної фотоелектричної установки

3. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1. Аналіз ефективності мікро-ГЕС і дизельної електростанції

Для того, щоб вибрати оптимальний варіант автономної системи електро-постачання житлового будинику, 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 (Т = 3650 діб).

Вироблена потужність: N = 10 кВт;

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

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

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

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

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.). Вартість 1 кВт·год електро-енергії, виробленої за допомогою мікро-ГЕС, буде рівна:

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

2) Мікро-ГЕС потужністю 50 кВт.

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

Вироблена потужність: N = 50 кВт;

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

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

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

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

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.). Вартість 1 кВт·год електро-енергії, виробленої за допомогою мікро-ГЕС, буде рівна:

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

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 33 626 грн./т вартість цієї кількості палива дорівнює:

$$В_{д.п} = 33\,626 \text{ грн./т} \times 0{,}0003 \text{ т/кВт} \cdot \text{год} = 10.09 \text{ грн./кВт} \cdot \text{год (за 1 кВт} \cdot \text{год)}.$$

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.

Приймаємо бензиновий генератор EnerSol EPG-2800S (рис. 3.0), оскільки по ситуації на зараз бензин трохи дешевший за дизельне паливо. Можна було б обрати і 2/1 - бензин/газ, але такий варіант стоїтиме на 50% дорожче. В нашому випадку краще вийти на бюджетну збірку, щоб вона скоріш окупилася.

Рисунок 3.1 – бензиновий генератор EnerSol EPG-2800S

Таблиця 3.1 - Основні характеристики EnerSol EPG-2800S

Основні характеристики	
Вид палива:	бензин
Запуск двигуна:	ручний стартер
Номінальна потужність:	2,5 кВт
Кількість фаз:	1 фаза (220 В)
Вид генератора:	бензиновий
Вага:	40кг

Цей генератор слугуватиме резервним джерелом живлення на випадок критичних ситуацій.

3.2. Розрахунок акумуляторних батарей автономної системи електропостачання

Розрахунок та вибір акумуляторних батарей для системи автономного електропостачання вимагає окремого підходу. 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. 3.2). 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 акумуляторі приблизно на 30-40% у порівнянні зі своїми конкурентами. До переваг можна віднести стійкість до вібрації, герметичність, температурний режим роботи (від - 35 до +50 ºС), не відбувається сульфатації і корозії анодних пластин, стійкість до глибоких розрядів, можливе зберігання розрядженої батареї декілька днів.

Рисунок 3.2 – 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. 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 Forte (рис. 3.3, табл. 3.2), виготовлених за технологією GEL, як призначені

для роботи, як в буферному (3-10 років), так і в циклічному режимах (1300 циклів при 30% глибині розрядки).

Рисунок 3.3 – Акумулятор гелевий Forte F12-100G

Таблиця 3.2 - Технічні дані АБ Forte F12-100G

Основні характеристики	
Номінальна напруга:	12 В
Робоча ємність:	100 А*ч
Розмір:	14,4x22,2x32,9
Вага:	29,5 кг

В табл. 3.3 приведено типове обладнання, що складає навантаження автономної системи електропостачання в сучасному житловому будинку.

Таблиця 3.3 - Навантаження автономної системи електропостачання

№ п/п	Електроприлад	Встановлена потужність Рі, Вт	Миттєва споживана потужність Рі, Вт				Споживання електричної енергії, Вт*годин
			Ранок	День	Вечір	Ніч	
1	Кондиціонер	760	0	2	0	0	1520
2	Домашній кінотеатр	175	0	0	4	0	700
3	Комп'ютер	600	2	0	4	0	3600
4	Зволожувач повітря	25	1	0	1	0	50
5	Бойлер	1500	1	0	4	0	7500
6	Духова шафа електрична	800	0	0	1	0	800
7	Холодильник	30	6	6	6	6	720
8	Пилесос	2000	0	0	0,5	0	1000
9	Утюг	2400	0,5	0	0	0	1200
10	Мікрохвильова піч	1300	0,2	0	0,2	0	520
11	Кофеварка	800	0,25	0	0	0	200
12	Хлібопіч	720	0	0	1	0	720
13	Пральна машина	800	0	0	2	0	1600
14	Мультиварка	1000	0	0	2	0	2000
15	Фен	1600	0,25	0	0	0	400
16	Випрямляч для волосся	75	0,5	0	0	0	37,5
17	Електронасос	75	1	0	4	0	375
18	Енергосберігаючі лампи (15 шт.)	90	1	0	6	0	630
	Разом	14750	13,7	8	35,7	6	23572,5

Добове енергоспоживання системи з повним переліком навантаження

$$\mathrm{W_{доб}} = \mathrm{P}_i \times \sum T_i$$

$$1520 + 700 + 3600 + 50 + 7500 + 800 + 720 + 1000 + 1200 + 520 + 200 + 720$$

$$+ 1600 + 2000 + 400 + 37{,}5 + 375 + 630 = 23{,}572 \text{ кВт. г}$$

Місячне енергоспоживання системи з повним переліком навантаження

$$23{,}572 \times 31 + (3{,}65/2) = 732{,}5 \text{ кВт}$$

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:

$$W_{\text{ср}} = \frac{W_{\text{доб}}}{24} = \frac{23\,572}{24} = 982.16 \text{ Вт} \cdot \text{год}$$

Споживання за 8 годин буде становити:

$$W = 982.16 \times 8 = 7\,857.28 \text{ Вт} \cdot \text{год}$$

Приймаємо мережевий сонячний інвертор із резервною функцією Axioma energy ISGRID BF 3000, 3 кВт, 48 В, (рис 3.4, табл. 3.4).

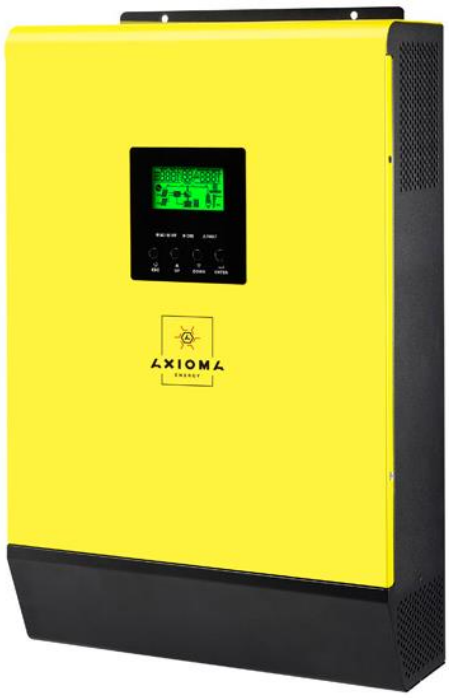


Рисунок 3.4 – Сонячний інвертор Axioma energy ISGRID BF 3000

Мережевий сонячний інвертор з резервної функцією Axioma energy ISGRID BF 3000, 3 кВт, 48 В

Багатофункційний інвертор Axioma energy ISGRID BF 3000 передбачає роботу в трьох режимах: для побудови сонячних модулів, у якості ДБЖ або зарядного пристрою для акумуляторів будь-якого типу. При цьому, необхідний режим ви визначаєте самостійно.

Широкий функціонал дозволяє максимально ефективно використовувати сонячну енергію як для власних потреб, так і на сторону за «зеленим тарифом». Можна також накопичувати надлишки отриманої електроенергії для того, щоб мінімізувати власне споживання. Прилад виконаний в герметичному корпусі, він славиться простотою

установки і експлуатації. Невеликий дисплей відображає всю необхідну інформацію в поточний період часу.

Переваги, якими володіє цей багатофункціональний сонячний інвертор:

- ✓ наявність вбудованого MPPT контролера для максимізації сонячного заряду;
- ✓ інтуїтивно зрозумілий дисплей управління з підсвічуванням в нічний час;
- ✓ просте програмування роботи з вибором необхідних режимів;
- ✓ функція віддаленого доступу до обладнання за допомогою смартфона, планшетного пк або ПК;
- ✓ захист від перегріву, механічних пошкоджень і негативних зовнішніх факторів.

Компактні габарити інвертора дозволяють встановлення як в приміщеннях, так і на вулиці – в спеціально обладнаних для цього місцях. Прилад оснащений примусовою системою охолодження, демонструє безшумність і безпеку в процесі експлуатації.

Таблиця 3.4 - Технічні дані інвертору Axioma energy ISGRID BF 3000

ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ	
Модель	I3GRID BF 3000
Макс. потужність сонячних батарей, що підключаються, (Вт)	4000
Номінальна вихідна потужність (Вт)	3000
Макс.напруга холостого ходу від сонячних батарей ОС, (В)	450
Діапазон напруги відстеження точки макс. потужності (MPPT), ОС (В)	120-430
Кількість MPPT трекерів	1
Характеристики в режимі роботи Паралельно з мережею	
Вихідні характеристики змінного струму	
Номінальна вихідна напруга, АС (В)	220/230/240
Діапазон вихідної напруги, АС (В)	184-264.5
Номінальний вихідний струм (А)	13
коефіцієнт потужності	>0.99
Ефективність	
Максимальна ефективність перетворення (ОС/АС), (%)	90
ХАРАКТЕРИСТИКИ В АВТОНОМНОМУ І ГІБРИДНОМУ РЕЖИМІ	
Вхідні характеристики змінного струму	
Прийнятний діапазон вхідної напруги	90-280VAC або 170-280 VAC
Діапазон частот	50 Hz/ 60 Hz (Автовизначення)
Максимальний вхідний струм (А)	40
Вихідні характеристики змінного струму (перетворення постійного струму від акумулятора на змінний струм)	
Номінальна вихідна напруга, АС (В)	220/230/240
Вихідний сигнал	Чиста синусоїда
Ефективність перетворення (ОС/АС), (%)	93
Заряд акумуляторів	
Номінальна напруга постійного струму, ОС (В)	48
Максимальний струм заряду від сонячних батарей (А)	60
Максимальний струм заряду від мережі (А)	60
Максимальний струм Заряду (А)	60
ЗАГАЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ	
Розміри, Д х Ш х В (мм)	120x295x468
Вага, кг)	11
Паралельне підключення	Так (до 9 інверторів)
Порти передачі даних	USB або PS232
Відносна вологість, (%)	0 ~ 90 (без коденсату)
Діапазон робочих температур (°C)	0-50

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

$$W_{\text{повн}} = W \times k = 7\,857{,}28 \times 1.2 = 9\,428{,}74 \text{ Вт} \cdot \text{год}$$

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:

$$C = \frac{W_{\text{повн}}}{\sum U_{\text{АБ}}} = \frac{9\,428{,}74}{48} = 196{,}43 \text{ А} \cdot \text{год}$$

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:

$$C_{\text{пр}} = \frac{100\% \times C}{30\%} = \frac{100 \times 196{,}43}{30} = 654.77 \text{ А} \cdot \text{год}$$

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:

$$n_1 = \frac{48}{12} = 4$$

Кількість паралельно з'єднаних рядів:

$$n_2 = \frac{654.77}{100} = 6.5 \approx 7$$

Сумарна ємність акумуляторних батарей рівна:

$$\sum C_m = 100 \times 7 = 700 \text{ А} \cdot \text{год}$$

Загальна кількість акумуляторних батарей рівна:

$$N = n_1 \times n_2 = 4 \times 7 = 28$$

3.3. Розрахунок сонячних панелей

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

$$1.2 \times C = 1.2 \times 700 = 840 \text{ А} \cdot \text{год}$$

Середня кількість максимальних сонячних годин для території на перетині центру, сходу та півдня України становить 8 годин. Необхідну кількість ампер-годин від сонячних батарей розраховуємо за формулою:

$$N_{\text{пар.}} = \frac{C}{I_m} = \frac{168}{10.35} = 16.23$$

Округляємо до найближчого більшого цілого значення - до 16 штук. Номінальна напруга фотоелектричного модуля становить 12 В. Вибираємо фотоелектричний модуль серії Axioma AX-180M (рис. 3.5 і табл. 3.5). Це є кремнієвий монокристалічний модуль зі скляною основою в алюмінієвій рамці. На протилежній стороні модуля знаходиться клемна коробка. Конструкція модуля одностороння.

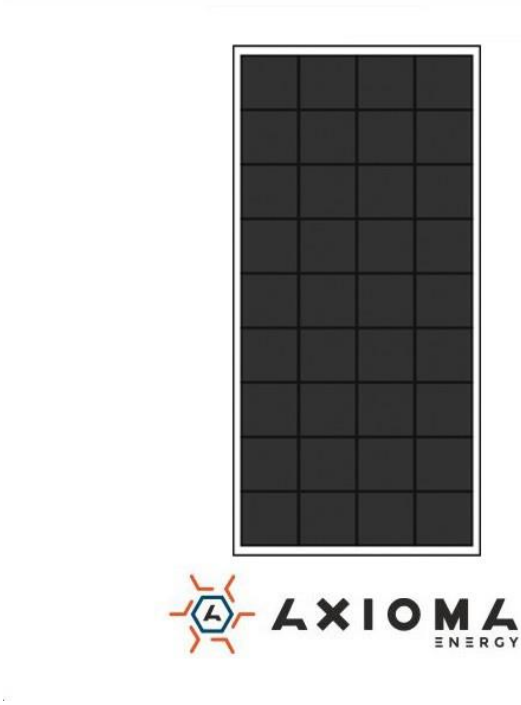


Рисунок 3.5 - Фотоелектрична панель Axioma AX-180M

Таблиця 3.5 - Технічні параметри фотоелектричної панелі

ХАРАКТЕРИСТИКИ	
Основні	
Виробник	Ахіота
Країна виробник	Китай
Напруга	12 В
Потужність	180 Вт
Тип панелі	Монокристалічна
Матеріал виготовлення модуля	Чистий кремній
Матеріал рамки	Алюміній
Напруга при максимальній потужності	20 02 В
Струм при максимальній потужності	8.99 А
Напруга холостого ходу	23 76 В
Мінімальна робоча температура	-40 град
Максимальна робоча температура	85 град.
Кількість елементів	36 шт.
Ступінь захисту IP	67
ККД, не менше	16%
Струм короткого замикання	9.56 А
Габаритні розміри	
Довжина	1480 мм
Ширина	680 мм
Товщина	30 мм
Вага	11 кг
Температурні коефіцієнти	
Температурний коефіцієнт напруги	-0.39 %/ С
Температурний коефіцієнт струму	0 033 %/ С
Температурний коефіцієнт потужності	-0.44 %/ С
Користувальницькі характеристики	
Клас кремнію	А

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 дальше - в електричну енергію. Останнім часом в світі використовуються дві основні конструкції вітродвигунів: 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 вітроколіс 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. 3.6): - 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;

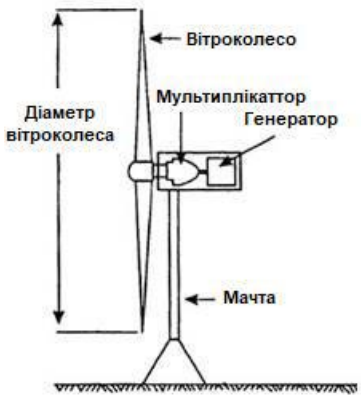


Рисунок 3.6 - Комплектація горизонтально-осьової вітроустановки

- 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 вітроенергетичних 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 кваліфікаційній 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 одно-лопатевих вітрогенераторів до багатолопатевих 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 електрону 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. В цьому випадку ми не отримуємо переваг в порівнянні з іншими вітровими двигунами, які використовують горизонтальну і вертикальну вісь обертання (рис. 3.7).

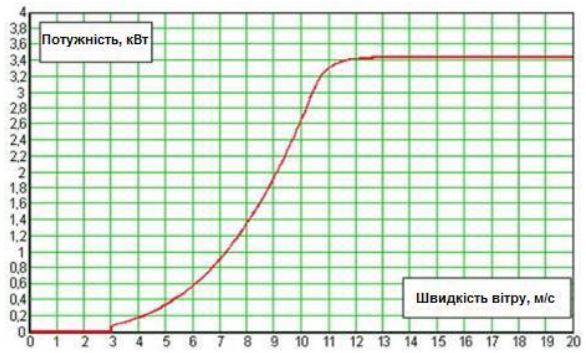


Рисунок 3.7 - Залежність згенерованої потужності вітрового генератора від швидкості вітру

З графіка (рис. 3.7) бачимо, як різко збільшується значення потужності вітрового потоку при зростанні швидкості вітру тільки на 1 м/с. З рис. 3.8 бачимо, що середньорічна швидкість вітру в центральних областях України може досягати 4.5 м/с. Визначимо кількість електроенергії, яка може бути згенерована при сприятливих умовах за 8 робочих годин:

$$W_{\text{віт}} = V \times W_{\text{м}} = 4{,}5 \times 1500 = 6750 \text{ Вт.}$$

де V - швидкість вітру, м/с;

$W_{\text{м}}$ - миттєва потужність вітроустановки, Вт.

Визначимо необхідну кількість вітроустановок для забезпечення функціонування житлового будинку:

$$n = \frac{W_{\text{пов}}}{W_{\text{віт}}} = \frac{9\,428}{6750} = 1{,}39$$

Рисунок 3.8 – Енергетичний потенціал вітру на території України

Округлими отримане значення до найближчого цілого n = 1. Отже, для резервного живлення буде достатньо встановити одну вітроустановку Whirlwind 3000W (рис. 3.9).

Рисунок 3.9 – Вітрова установка Whirlwind 3000W

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. 3.10). 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.

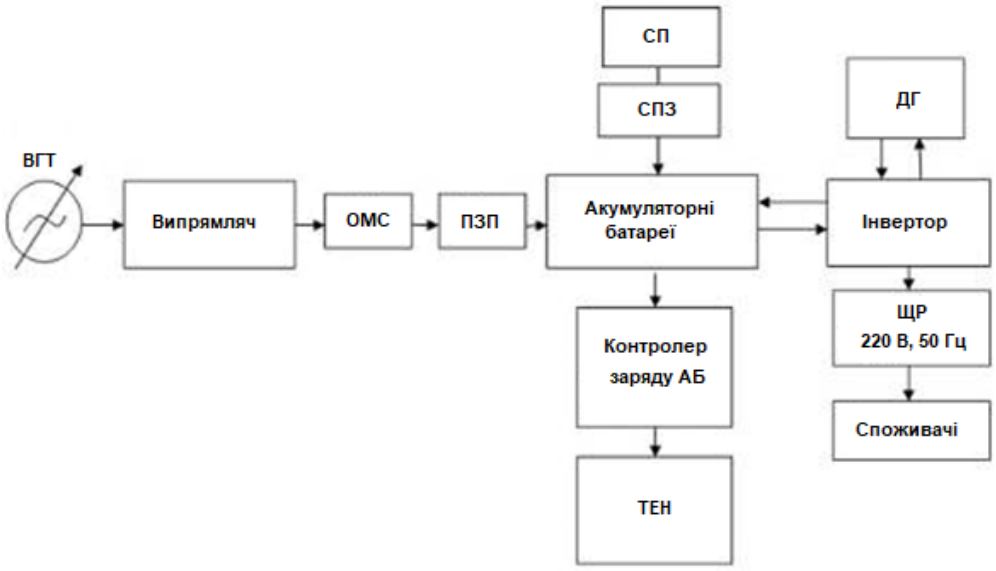


Рисунок 3.10 - Структурна схема гібридної системи автономного електропостачання житлового будинку

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 розряджання 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 заряджання акумуляторної батарею, від якої здійснюється електропостачання споживачів житлового будинку постійним струмом. Процес заряджання 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, 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.3.11, 3.12): 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.

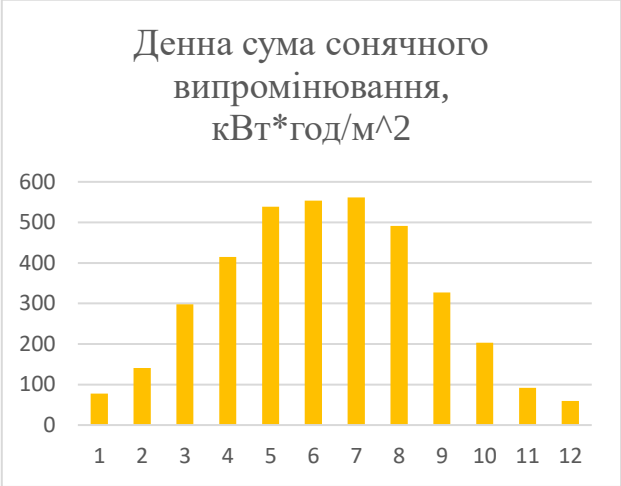


Рисунок 3.11 – Оцінка сонячного випромінювання

Рисунок 3.12 – Оцінка середньої швидкості вітру

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:

$$I_{\text{ном}} = \frac{P_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \times U_{\text{ном}} \times cos\varphi} \text{ А.}$$

$$I_{\text{ном}} = \frac{0.76}{\sqrt{3} \times 0.23 \times 0.9} = 0.91 \text{ А}$$

Знайдемо значення пускового струму:

$$I_{\text{пуск}} = K_{\text{пуск}} \times I_{\text{ном}} \text{ А.}$$

$$I_{\text{пуск}} = 5 \times 0.91 = 4.55 \text{ А.}$$

Отримані значення заносимо в табл. 3.6 Аналогічні розрахунки виконуємо для інших споживачів і отримані результати заносимо в табл. 3.6

Таблиця 3.6 - Технічні характеристики електричних споживачів

№ п/п	Електроприлад	Р ном, кВт	І ном, А	Кпуск	І пуск	α	І пуск/α	cos φ
1	Кондиціонер	0,76	0,91	5	4,550	2,5	1,820	0,9
2	Домашній кінотеатр	0,175	0,21	5	1,050	2,5	0,420	0,9
3	Комп'ютер	0,6	0,72	5	3,600	2,5	1,440	0,9
4	Зволожувач повітря	0,025	0,03	5	0,150	2,5	0,060	0,8
5	Бойлер	1,5	1,79	5	8,950	2,5	3,580	0,9
6	Духова шафа електрична	0,8	0,96	5	4,800	2,5	1,920	0,9
7	Холодильник	0,03	0,03	5	0,150	2,5	0,060	0,8
8	Пилесос	2	2,39	5	11,950	2,5	4,780	0,9
9	Утюг	2,4	2,87	5	14,350	2,5	5,740	0,9
10	Мікрохвильова піч	1,3	1,55	5	7,750	2,5	3,100	0,9
11	Кофеварка	0,8	0,85	5	4,250	2,5	1,700	0,8
12	Хлібопіч	0,72	0,76	5	3,800	2,5	1,520	0,8
13	Пральна машина	0,8	0,85	5	4,250	2,5	1,700	0,8
14	Мультиварка	1	1,20	5	6,000	2,5	2,400	0,9
15	Фен	1,6	1,91	5	9,550	2,5	3,820	0,9
16	Випрямляч для волосся	0,075	0,08	5	0,400	2,5	0,160	0,8
17	Електронасос	0,075	0,08	5	0,400	2,5	0,160	0,8
18	Енергосберігаючі лампи (15 шт.)	0,09	0,10	5	0,500	2,5	0,200	0,8

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. 3.7):

$$I_{\text{р шр}} = 17.46 \text{ А}.$$

Знаходимо кратний струм автономної системи електроспоживання:

$$I_{\text{крат}} = I_{\text{пуск}} = I_{\text{пуск найб}} + \sum I_{\text{ном}}$$

$$I_{\text{крат}} = 14.35 \ + 17.29 = 31.64 \text{ А}.$$

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

$$I_{\text{ном ав}} = 63 \text{ А} > I_{\text{ном}} = 17.29 \text{ А}$$

$$I_{\text{ном ав}} = 25 \text{ А} > I_{\text{ном}} = 17.29 \text{ А}$$

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

$$I_{\text{від}} = 300 \text{ А}$$

Перевіряємо виконання умови захисту від перевантаження:

$$I_{\text{від}} > 1.25 \times I_{\text{крат}}$$

$$I_{\text{від}} = 1.25 \times 31.83 \ = 39{,}7 \text{ А}, \text{тобто } 300 \text{ А} > 39{,}7 \text{ А}.$$

Умова виконується. Вибираємо кабель до розподільного щита (ЩР): ВВГ-1(3х6)+(1х4). Перевіряємо виконання умови захисту від перевантаження:

$$I_{\text{доп}} = 25 \text{ А} > I_{\text{ном}} = 17.46 \text{ А}$$

Умова виконується. Аналогічні розрахунки виконуємо для інших споживачів і отримані результати заносимо в табл. 3.7

Таблиця 3.7 - Результати розрахунку захисних апаратів і провідників до електроспоживачів

№ ЕС	I ном, А	I кр, А	Автоматичний вимикач				Тип апарата	Кз	Кз·Із	I доп пров	Марка і перетин
			I ном авт	I ном р	I р.ср	I від					
1	0,91	1,37	10	25	1,86	300	E-NEXT	0,3	2,08	25	ВВГ-3(1х6)+(1х4)
2	0,21	1,14	10	25	1,44	300	E-NEXT	0,3	2,08	25	ВВГ-3(1х6)+(1х4)
3	0,72	1,30	10	25	1,76	300	E-NEXT	0,3	2,08	25	ВВГ-3(1х6)+(1х4)
4	0,03	1,10	10	25	1,4	300	E-NEXT	0,3	2,08	25	ВВГ-3(1х6)+(1х4)
5	1,79	30,40	63	50	38,23	300	E-NEXT	0,3	5,27	25	ВВГ-3(1х6)+(1х4)
6	0,96	13,81	16	25	20,93	300	E-NEXT	0,3	2,08	25	ВВГ-3(1х6)+(1х4)
7	0,03	5,45	10	25	6,6	300	E-NEXT	0,3	2,08	25	ВВГ-3(1х6)+(1х4)
8	2,39	9,14	10	25	14,14	300	E-NEXT	0,3	2,08	25	ВВГ-3(1х6)+(1х4)
9	2,87	9,89	10	25	14,89	300	E-NEXT	0,3	2,08	25	ВВГ-3(1х6)+(1х4)
10	1,55	7,83	10	25	12,83	300	E-NEXT	0,3	2,08	25	ВВГ-3(1х6)+(1х4)
11	0,85	6,73	10	25	7,73	300	E-NEXT	0,3	2,08	25	ВВГ-3(1х6)+(1х4)
12	0,76	6,59	10	25	7,59	300	E-NEXT	0,3	2,08	25	ВВГ-3(1х6)+(1х4)
13	0,85	6,73	10	25	7,73	300	E-NEXT	0,3	2,08	25	ВВГ-3(1х6)+(1х4)
14	1,20	7,28	10	25	9,28	300	E-NEXT	0,3	2,08	25	ВВГ-3(1х6)+(1х4)
15	1,91	8,39	10	25	10,39	300	E-NEXT	0,3	2,08	25	ВВГ-3(1х6)+(1х4)
16	0,08	5,53	10	25	7,53	300	E-NEXT	0,3	2,08	25	ВВГ-3(1х6)+(1х4)
17	0,08	2,76	10	25	3,76	300	E-NEXT	0,3	2,08	25	ВВГ-3(1х6)+(1х4)
18	0,10	1,11	10	25	1,41	300	E-NEXT	0,3	2,08	25	ВВГ-3(1х6)+(1х4)
ЩР	17,46	39,40	63	25	49,83	300	E-NEXT	1	16	36	ВВГ-3(1х6)+(1х4)

Виконаємо перевірку вибраного перетину кабелю відповідно до коефіцієнта захисту $К_з$ встановленого автомата. Для живлення споживачів від автономної системи електропостачання в земляній траншеї прокладаємо один кабель, відповідно в цьому випадку поправочний коефіцієнт $К_п = 1$ і коефіцієнт захисту для автомата с нерегульованою характеристикою $К_з = 1$.

$$I_{\text{доп}} = \frac{K_з \times I_з}{K_п} \text{ А.}$$

$$I_{\text{доп}} = \frac{1 \times 50}{1} = 50 \text{ А} < 111 \text{ А.}$$

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. 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. Входом з цієї непростої 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. 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. Основною перевагою розробки автономної системи електропостачання, запропонованої в цій кваліфікаційній 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.

Для забезпечення заміської дачі або приватного житлового будинку електричною енергією на даний час використовують електричні станції на сонячних панелях і вітрогенераторі. В більшості випадків така система має наступні компонентів (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 електро-енергії у світлу пору дня та її віддача у вечірню і нічну пору;
- ✓ інвертор – служить для перетворення напруги постійного струму в напругу змінного струму.
- ✓ Дизель-генератор, який слугує джерелом резервного живлення на випадок чп, або підтримання пікової потужності за необхідності.

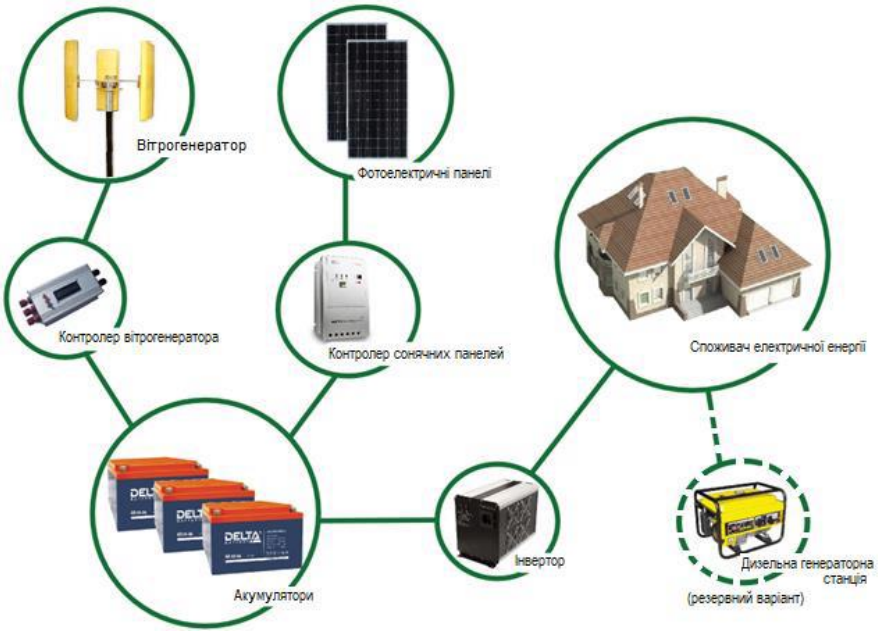


Рисунок 3.13 – Структурна схема гібридної автономної системи електропостачання

Для розрахунку вартості розробленої в кваліфікаційній 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 кваліфікаційної 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 економія електричної

енергії. При розрахунку споживаної потужності для житлового будинку в якості прикладу врахуємо такі електричні прилади:

Таблиця 3.8 - Електричні прилади

1	Кондиціонер
2	Домашній кінотеатр
3	Комп'ютер
4	Зволожувач повітря
5	Бойлер
6	Духова шафа електрична
7	Холодильник
8	Пилесос
9	Утюг
10	Мікрохвильова піч
11	Кофеварка
12	Хлібопіч
13	Пральна машина
14	Мультиварка
15	Фен
16	Випрямляч для волосся
17	Електронасос
18	Енергосберігаючі лампи (15 шт.)

Протягом доби для цього варіанту приблизні витрати електричної енергії складуть 20-24 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:

- ✓ 40 сонячних монокристалічних панелей потужністю 180 Вт.
  (3 693 грн. · 40 = 147 520 грн.);
- ✓ 40 кріплень для сонячних панелей.
  (456 грн. · 40 = 18 240 грн.);
- ✓ 20 акумуляторів 12 В, 100 А·год.
  (5 296 грн. · 20 = 105 920 грн.);
- ✓ 3 інвертори 48 або 120 В, 3 кВт.
  (24 788 грн. · 3 = 74 364 грн.);
- ✓ вітрогенератор вертикальний потужністю 3 кВт (50 000 грн.);
- ✓ бензиновий-генератор потужністю 2,5 кВт.

(23 799 грн.).

В підсумку вартість такої системи буде становити 420 043 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 повноцінного функціонування з врахуванням впливу синергетичного ефекту

5. Проведено розрахунок забезпечення житлового будинку електричною енергією.

4. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Вступ

В даній кваліфікаційній роботі основною метою є розробка системи автономного електропостачання житлового будинку на базі альтернативної енергетики, а саме вибір найдоцільнішого для встановлення електричного обладнання, яке відповідає заданим технічним умовам.

Актуальність теми, відповідно до Енергетичної стратегії України на період до 2030 року одним з пріоритетів названо розвиток автономних систем генерації на основі відновлюваних джерел енергії.

Розробка системи автономного електропостачання з підвищеною надійністю функціонування має велике значення для забезпечення безперебійного електроживлення житлових споруд, які відносяться до електроприймачів третьої категорії.

Сонячне світло, наряді з водою та повітрям – найбільш стабільний та невичерпний ресурс. Воно є абсолютно безпечним для людини та навколишнього середовища, так як є необхідною складовою для існування майже для усього на нашій планеті.

Для обґрунтування економічної доцільності проекту ФЕС в кваліфікаційній роботі було розглянуто :

- ✓ розрахунок проектних капітальних витрат;
- ✓ розрахунок експлуатаційних витрат;
- ✓ визначення та аналіз показників економічної ефективності.

4.1. Розрахунок капітальних витрат

Перед тим як проводити розрахунки економічної частини, хочу зазначити що у зв’язку з воєнним станом у країні зелений тариф на зараз не працює, тому буде декілька варіацій системи. Тобто для першого варіанту ми розглянемо комплект автономної системи виключно для потреб будинку та без значних надлишків електроенергії. А другий варіант так скажемо на перспективу, за котрою слугують швидка окупність та прибуток по зеленому тарифу, але за нормальних умов.

ВАРІАНТ 1

Капітальні витрати розраховуються за формулою:

$$К_{пр} = К_{об} + З_{тзс} + З_{м} + З_{н} + З_{пр},$$

де $К_{об}$ – вартість придбання електрообладнання за проектом або сумарна вартість комплектуючих елементів і - го виду, необхідних для реалізації прийнятого технічного рішення;

$З_{тзс}$ – транспортно-заготівельні і складські витрати;

$З_{м}$ – витрати на монтажні роботи;

$З_{н}$ - витрати на налагоджувальні роботи;

$З_{пр}$ – інші одноразові вкладення грошових коштів.

Таблиця 4.1 - Зведення витрат на придбання електрообладнання.

№ п/п	Найменування технічних засобів (комплектуючих виробів)	Кількість	Ціна за одиницю, грн.	Сума, грн.
1	Сонячні монокристалічні панелі	20	3693	73 860
2	Акумулятори	20	5296	105 920
3	Кріплення для сонячних панелей	20	456	9 120
4	Інвертори	2	24788	49 576
5	Вітрогенератор	1	50000	50 000
6	Бензиновий-генератор	1	23 799	23 799
	ВСЬОГО			312 275

Витрати на налагоджувальні роботи розраховуються за формулою:

$$З_н = \sum (Ч \cdot а \cdot t) \cdot К_д \cdot К_{см} \cdot К_{пр},$$

де Ч – кількість осіб, що потрібні для монтажу і налагодження устаткування;

а – годинна тарифна ставка інженера-наладчика, 6-го розряду, грн/год;

$К_д$ – коефіцієнт, що враховує розмір доплат;

$К_{см}$ – коефіцієнт, що враховує єдиний соціальний внесок;

$К_{пр}$ – коефіцієнт, що враховує інші витрати при здійсненні монтажних робіт.

Для проектного варіанту:

$$З_н = \sum (2 \cdot 85 \cdot 40) \cdot 1.1 \cdot 1.22 \cdot 1.05 = 9\,581 \text{ грн}$$

Вартість транспортних витрат за доставку вантажа зважаючи на вагу і габарити:

$$З_м = 7\,666 \text{ грн.}$$

Загальна сума витрат на придбання і монтаж обладнання:

$$К_{пр} = 312\,275 + 9\,581 + 7\,666 = 329\,522 \text{ грн}$$

ВАРІАНТ 2

Таблиця 4.2 - Зведення витрат на придбання електрообладнання.

№ п/п	Найменування технічних засобів (комплектуючих виробів)	Кількість	Ціна за одиницю, грн.	Сума, грн.
1	Сонячні монокристалічні панелі	40	3693	147 720
2	Акумулятори	20	5296	105 920
3	Кріплення для сонячних панелей	40	456	18 240
4	Інвертори	3	24788	74 364
5	Вітрогенератор	1	50000	50 000
6	Бензиновий-генератор	1	23 799	23 799
	ВСЬОГО			420 043

Витрати на налагоджувальні роботи:

$$З_н = \sum(2 \cdot 85 \cdot 40) \cdot 1.1 \cdot 1.22 \cdot 1.05 = 9\,581 \text{ грн}$$

Вартість транспортних витрат за доставку вантажа зважаючи на вагу і габарити:

$$З_м = 7\,666 \text{ грн.}$$

Загальна сума витрат на придбання і монтаж обладнання:

$$К_{пр} = 420\,043 + 9\,581 + 7\,666 = 437\,290 \text{ грн}$$

4.2. Розрахунок амортизаційних відрахувань

ВАРІАНТ 1

Річний фонд амортизаційних відрахувань визначається у відсотках від суми капітальних витрат за видами основних фондів і нематеріальних активів за розділами зведення капітальних витрат.

$$C_a = K_б \cdot \frac{H_a}{100} + V_{бп} \cdot Ц_{бп},$$

де H_a – норма амортизації для змінного обладнання (група 4 основних засобів в Податковому Кодексі України станом на 01.01.2012) мінімальний термін використання 12 років. Для розрахунку норм амортизації використовуємо прямолінійний метод.

$V_{бп}$ - об'єм спожитого бензинового палива, л;

$Ц_{бп}$ - вартість бензинового палива, грн./л.

Норма амортизації для проектного варіанта становить:

$$H_a = \frac{1}{12} \cdot 100\% = 8{,}4\%,$$

Об'єм спожитого бензинового палива визначається за формулою:

$$V_{бп} = W_{бг} \cdot \Delta_{бг}$$

де: $W_{бг}$ - кількість електроенергії, що вироблена бензиновим генератором $W_{бг}$=191 кВт·г);

$\Delta_{бг}$ - питоме споживання бензинового палива генератором $\Delta_{бг}$=0,31 л/кВт·г)

$$V_{бп} = 191 \cdot 0{,}31 = 59 \text{ л}$$

Річні відрахування на амортизацію становлять:

$$C_a = 329\,522 \cdot 0{,}084 + 59 \cdot 49.50 = 30\,600 \text{ грн.}$$

ВАРІАНТ 2

Норма амортизації для проектного варіанта становить:

$$H_a = \frac{1}{12} \cdot 100\% = 8{,}4\%,$$

Об'єм спожитого бензинового палива визначається за формулою:

$$V_{бп} = 191 \cdot 0{,}31 = 59 \text{ л}$$

Річні відрахування на амортизацію становлять:

$$C_a = 437\,290 \cdot 0{,}084 + 59 \cdot 49.50 = 39\,652 \text{ грн.}$$

4.3. Визначення річної економії

ВАРІАНТ 1

Визначимо річну економію за рахунок зниження споживання електроенергії і реалізації надлишків виробленої електроенергії за «зеленим тарифом»:

$$E_{\text{рік}} = W_{\text{СПрік}} \cdot \text{Ц}_{\text{Емер}} + W_{\text{над}} \cdot W_{\text{зт}}$$

де: $W_{\text{СПрік}}$ - кількість електроенергії, що споживається споживачами будинку за рік $W_{\text{СПрік}}$=8486 кВт·г);

$\text{Ц}_{\text{Емер}}$ – вартість електричної енергії за тарифами міських електричнх мереж ($\text{Ц}_{\text{Емер}}$=1,68 грн/кВт·г);

$W_{\text{НАД}}$ –кількість надлишків електроенергії

$W_{\text{НАД}}$= 8254 кВт·г;

$\text{Ц}_{\text{ЗТ}}$ – вартість електричної енергії за «зеленим тарифом»

$\text{Ц}_{\text{ЗТ}}$ = 3,22 грн/кВт·г);

$$E_{\text{рік}} = 8486 \cdot 1{,}68 + 8254 \cdot 3{,}22 = 40\,834 \text{ грн}$$

Знайдемо повну річну економію:

$$E_{\text{повна}} = E_{\text{рік}} - C$$

$$E_{\text{повна}} = 40\,834 - 30\,600 = 10\,234 \text{ грн}$$

ВАРІАНТ 2

Визначимо річну економію:

$$E_{\text{рік}} = 8486 \cdot 1{,}68 + 23806 \cdot 3{,}22 = 90\,911 \text{ грн}$$

Знайдемо повну річну економію:

$$E_{\text{повна}} = E_{\text{рік}} - C$$

$$E_{\text{повна}} = 90\,911 - 39\,652 = 51\,259 \text{ грн}$$

4.4. Визначення та аналіз показників економічної ефективності

ВАРІАНТ 1

Оцінка економічної ефективності розглянутих в кваліфікаційній роботі технічних і організаційних рішень здійснюється на основі визначення та аналізу наступних показників:

а) розрахункового коефіцієнта ефективності (прибутковості) капітальних витрат $E_р$;

б) терміну окупності капітальних витрат $Т_р$.

Коефіцієнт ефективності (прибутковості) капітальних витрат $E_р$ показує, скільки гривень додаткового прибутку (економії) приносить одна гривня капітальних витрат:

$$E_р = \frac{E_{кп}}{К_{пр}}, \qquad \text{долі од.},$$

$$E_р = \frac{10\ 234}{329\ 522} = 0{,}03\ \%$$

де $E_{кп}$ - загальна річна економія від впровадження об'єкта проектування, тис. грн.;

$К_{пр}$ - капітальні витрати за варіантом, що викликали економію, тис. грн.

Термін окупності капітальних витрат $Т_р$ показує, за скільки років вони окупляться за рахунок загальної економії від впровадження прийнятого технічного рішення:

$$T_р = \frac{К_{пр}}{E_{кп}} = \frac{329\ 522}{40\ 834} = 9{,}3 \approx 9 \text{ років}$$

Таблиця 4.3 - Зведена таблиця техніко-економічних показників.

№ п/п	Найменування показників	Одиниці виміру	Проектний варіант
1	Капітальні витрати	грн.	329 522
2	Експлуатаційні витрати	грн.	30 600
3	Річна економія	грн.	40 834
4	Повна річна економія	грн.	10 234
5	Розрахунковий коефіцієнт ефективності	-	0.03
6	Ро зрахунковий термін окупності капітальних витрат	років	9

ВАРІАНТ 2

Коефіцієнт ефективності:

$$E_р = \frac{E_{кп}}{K_{пр}}, \qquad \text{долі од.},$$

$$E_р = \frac{51\ 259}{437\ 290} = 0{,}11\ \%$$

Термін окупності:

$$T_р = \frac{K_{пр}}{E_{кп}} = \frac{437\ 290}{90\ 912} = 4{,}8 \approx 5 \text{ років}$$

Таблиця 4.4 - Зведена таблиця техніко-економічних показників.

№ п/п	Найменування показників	Одиниці виміру	Проектний варіант
1	Капітальні витрати	грн.	437 290
2	Експлуатаційні витрати	грн.	39 652
3	Річна економія	грн.	90 911
4	Повна річна економія	грн.	51 259
5	Розрахунковий коефіцієнт ефективності	-	0.11
6	Ро зрахунковий термін окупності капітальних витрат	років	5

4.5. Висновок та аналіз економічної частини

В економічній частині кваліфікаційної роботи, згідно завдання на Вибір раціональної системи електропостачання житлового будинку на базі альтернативної енергетики, наведено основні розрахунки необхідні для чіткого розуміння фінансових вкладень в проект будівництва автономної системи. Було розглянуто декілька варіацій розрахований на різний бюджет

Згідно з рекомендаціями щодо розрахунків фінансових витрат, було розраховано вартість електричного обладнання прийнятого до встановлення. Розрахунок проводився відповідно до кожного типу електричних апаратів та їх кількості необхідних для якісного функціонування електричної системи.

Відповідно до кількості електричної апаратури було визначено транспортні витрати та витрати на монтаж даних елементів. Транспортні розраховано виходячи з необхідної кількості вантажних транспортних засобів, завантажувально-розвантажувальної техніки та кількості необхідних для даного виду роботи працівників.

Розрахунок амортизаційних витрат проведено для визначення суми амортизації кожного виду обладнання виходячи з його капітальних інвестицій за нормований режим його роботи.

Під час розрахунків було встановлено, що:

Для першого варіанту:

- Капітальні витрати становлять 329 522 грн.;
- Експлуатаційні витрати становлять 30 600 грн;
- Термін окупності 9 років.

Для другого варіанту:

- Капітальні витрати становлять 437 290 грн.;
- Експлуатаційні витрати становлять 39 652 грн;
- Термін окупності 5 років.

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 дизель-електричної установки, мікро-ГЕС різної потужності, вітроелектричної та сонячної установок, 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 структуру 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, витрат на автономне енергозабезпечення будинку та визначена річна економія від застосування цього проекту.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Вільна енциклопедія. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: URL: https://uk.wikipedia.org/

2. Імітаційна модель комбінованої електроенергетичної системи з відновлюваними джерелами енергії / Кубкін М. В., Солдатенко В. П. - С. 192-202.Використання відновлювальних джерел енергії передовими країнами світу / Біловід В. Д. - С. 20-24

3. Рожко А. О. Перспектива використання відновлювальних джерел енергії в Україні: потенціал та можливості використання / Рожко А. О. - С. 25-28

4. Екологічні та економічні аспекти використання атомної енергії та відновлювальних джерел енергії / Колос В. В., Шевчук Н. А. - С. 36-37.

5. Керування режимами роботи перетворювачів автономних систем електроживлення / Осипенко К. С.. -Київ.: , 2016. -21 с.

6. Обгрунтування місць розташування та величин потужностей джерел генерації електричної енергії при територіально розділеному навантаженні / Кожан Д. П.. -Київ.: , 2021. -31 с.

7. Перспективи розвитку гібридних енергетичних систем [Електронний ресурс]. - Режим доступу: URL: https://enerhodzherela.com.ua/analityka/

8. ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій» - Київ, 2019. – 136 с. :ДБН – Державні Будівельні Норми

9. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: URL: https://eco-system.com.ua/solnechnaya-batareya-axioma-energy-ax-180m.html

10. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: URL: https://solarsystem.com.ua/ru/products/merezhevyj-sonyachnyj-invertor-z-rezervnoyi-funktsiyeyu-3kvt-220v-isgrid-bf-3000-axioma-energy/

11. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: URL: https://prom.ua/ua/p180235561-gelevyj-akkumulyator-forte.html

12. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: URL: https://hotline.ua/ua/dacha_sad-generatory/enersol-epg-2800s/

13. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: URL: https://enext.ua/catalog/modulni_avtomatichni_vimikachi_mcb/

14. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: URL: https://prom.ua/p1714305198-vertikalnyj-vetrogenerator-vihr.html

ДОДАТОК А

		Позначення	Найменування	Кількість аркушів	Примітка
	А4	Word	Пояснювальна записка	82	
			Графічні матеріали:		
	А4	PowerPoint	Презентаційні матеріали	15	