

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

Інститут електроенергетики
(інститут)
Електротехнічний факультет
(факультет)
Кафедра Відновлюваних джерел енергії
(повна назва)

ПОЯСНОВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеню магістра
(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студента Прокопенко М. Б.
(ПІБ)

академічної групи 141м-17-3
(шифр)

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

спеціалізації _____

за освітньо-професійною програмою Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії
(офіційна назва)

на тему «Обґрунтування параметрів комбінованої автономної енергетичної
(назва за наказом ректора)
установки для умов м. Нова Каховка»

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	Ципленков Д. В.			
розділів:				
Розділ 1	Ципленков Д. В.			
Розділ 2	Ципленков Д. В.			
Розділ 3	Тимошенко Л. В.			
Рецензент	Бобров О.В.			
Нормоконтролер	Ципленков Д. В.			

Дніпро
2018

ЗАТВЕРДЖЕНО:
завідувач кафедри
Відновлюваних джерел енергії
(повна назва)

Шкрабець Ф.П.

(підпис) (прізвище, ініціали)

" _____ " _____ 2018 року

ЗАВДАННЯ на кваліфікаційну роботу

кваліфікаційної роботи ступеню _____ **магістра**
(бакалавра, спеціаліста,
магістра)

студента Прокопенко М. Б. академічної групи 141М-17-3
(прізвище та ініціали) (шифр)

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

спеціалізації _____

за освітньо-професійною програмою Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії
(офіційна назва)

на тему «Обґрунтування параметрів комбінованої автономної енергетичної
(назва за наказом ректора)
установки для умов м. Нова Каховка»

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 12.11.18 № 1913-л

Розділ	Зміст	Термін виконання
Розділ 1	Потенціал відновлюваних джерел енергії в Україні	15.10.18 – 31.10.18
Розділ 2	Розрахунок комбінованої автономної енергетичної установки	01.11.18 – 30.11.18
Розділ 3	Техніко-економічне обґрунтування	01.12.18 – 20.12.18

Завдання видано _____
(підпис керівника) (прізвище, ініціали)

Дата видачі **10.10.2018**

Дата подання до екзаменаційної комісії **26.12.18**

Прийнято до виконання _____
(підпис студента) (прізвище, ініціали)

Реферат

Пояснювальна записка: 66 стор., рисунків - 10, таблиць - 10, додатків - 1.

Об'єктом дослідження в роботі виступає приватне домоволодіння, розташоване в Херсонській області м. Нова Каховка.

Основна мета роботи - довести можливість розробки системи електропостачання приватного будинку з використанням відновлюваних джерел енергії для мінімізації залежності від традиційного електропостачання та зниження витрат на оплату використовуваних енергоресурсів.

У першому розділі представлено аналіз відновлюваних джерел енергії для конкретної місцевості. Україна володіє значними ресурсами вітрової енергії і завдяки своїм природно-кліматичним характеристикам може вийти на одне з провідних місць в світі по використанню енергії вітру. Швидкими темпами розвивається в нашій країні і сонячна енергетика. З 2011 року Україні побудовано і введено в експлуатацію СЕС на 742 МВт.

Грунтуючись на проведеному аналізі була розроблена структура сонячно-вітро-дизельної електростанції для забезпечення потреб будинку в електроенергії. Показано, що для умов даного домоволодіння найбільш раціонально буде застосування гібридної СЕС, яка дозволяє не тільки забезпечити безкоштовною електроенергією, а й отримувати додатковий економічний ефект за рахунок продажу надлишків за «зеленим тарифом».

У другому розділі проведено аналіз рівня електроспоживання. Використовуючи дані мешканців будинку про тривалість роботи електроприладів і зіставляючи їх з рівнем електроспоживання згідно приладів обліку був проведений розрахунок споживаної потужності. За результатами розрахунку середнє добове споживання будинку складає 24,3 кВт·г, на місяць відповідно виходить 727,6 кВт·г, що збігається із середнім рівнем споживання згідно приладів обліку 700...750 кВт·г/місяць.

За виконаними розрахунками був обраний гібридний сонячний інвертор, визначено необхідну кількість сонячних батарей. У зв'язку з наявністю резервного джерела живлення розрахунок проводився за середньорічним

значенням пікових сонце-годин. Це дозволило скоротити витрати на фотоелектричні систему. У літню пору року вироблена енергія може передаватися в загальну мережу, а в зимовий відповідно буде надходити від іншого джерела живлення. В результаті були обрані сонячні батареї Solar CS6P-260 загальною кількістю 34 шт. Установка сонячних елементів планується на південному схилі даху будинку загальною площею 55 м².

Коли енергії, що виробляється сонячними батареями, буде недостатньо, планується використовувати вітро-дизельну установку, що дозволяє виробляти електроенергію саме у вечірні години і взимку, коли рівень сонячної інсоляції істотно знижується. Таким чином, в магістерській роботі був також проведений розрахунок вітрогенератора потужністю 2,2 кВт і обрана ветроустановка «Flamingo Aero-4,6», розроблена спеціально для областей з низькою середньорічною швидкістю вітру.

В якості резервного джерела електроенергії був прийнятий дизельний генератор потужністю 6,0 кВт моделі NIK DG7500, оснащений 4-х тактним дизельним двигуном.

Для визначення економічної ефективності в магістерській роботі було визначено капітальні витрати на придбання, доставку, монтаж і налагодження відповідного обладнання, експлуатаційні витрати, показники ефективності капітальних витрат і термін окупності проекту.

При порівнянні коефіцієнта ефективності (прибутковості) капітальних витрат, для розглянутого технічного заходу, з нормативним значенням коефіцієнта ефективності, розрахованого при прийнятному терміні окупності $T_0=12$ років, можна зробити висновок про те, що впровадження цього заходу є економічно доцільним. Крім прямої економічної вигоди запропоноване впровадження гібридної сонячно-вітро-дизельної електростанції надає позитивний вплив на екологію, що в сучасних умовах є не менш важливим показником.

СОНЯЧНА ЕНЕРГІЯ, СИСТЕМА ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ, СОНЯЧНІ БАТАРЕЇ, МЕРЕЖЕВИЙ ІНВЕРТОР, ШВИДКІСТЬ ВІТРУ, ВІТРОГЕНЕРАТОР, ДИЗЕЛЬНИЙ ГЕНЕРАТОР

Abstract

Explanatory note: 66 pages, fig. - 10, tables - 10, applications - 1.

The object of research in the work is private households, located in the Kherson region of Nova Kakhovka.

The main goal of the work is to prove the possibility of developing a private house's electricity supply system with the use of renewable energy sources to minimize dependence on traditional power supply and reduce costs for the use of energy resources.

The first section provides an analysis of renewable energy sources for a particular area. Ukraine has significant wind power resources and, due to its natural and climatic characteristics, can reach one of the leading places in the world for the use of wind power. Rapidly developing in our country and solar power. Since 2011 Ukraine has built and commissioned SES at 742 MW.

Based on the analysis, the structure of the solar-wind-diesel power plant was developed to meet the needs of the building in the electric power. It is shown that for the conditions of this household the most rational will be the use of a hybrid SES, which allows not only to provide free electricity, but also to obtain an additional economic effect at the expense of selling surplus at the "green tariff".

The second section analyzes the level of electricity consumption. Using the data of inhabitants of the house about the duration of operation of electrical appliances and comparing them with the level of electricity consumption in accordance with the accounting devices was calculated calculation of power consumption. According to the results of the calculation, the average daily consumption of the building is 24,3 kWh, 727,6 kWh is issued per month, which coincides with the average consumption level of 700...750 kWh per month.

According to the calculations, a hybrid solar inverter was selected and the required amount of solar cells was determined. Due to the availability of a backup power source, the calculation was made according to the average annual value of peak sun-hours. This allowed to reduce the cost of the photovoltaic system. In the summer, the energy produced can be transmitted to the general network, and in

winter, respectively, it will flow from another power source. As a result, solar panels Solar CS6P-260 were selected in a total of 34 units. The installation of solar cells is planned on the southern slope of the roof of the house with a total area of 92 m².

When the energy generated by solar panels will not be enough, it is planned to use a wind-diesel plant, which allows you to produce electricity in the evening hours and in winter, when the level of solar insolation is significantly reduced. Thus, in the master's work was also calculated wind generator with a power of 2,2 kW and the selected wind-installation "Flamingo Aero-4.6", designed specifically for areas with a low average annual wind speed.

As a reserve power source, a diesel generator with a power of 6,0 kW of the NIK DG7500 model was adopted, equipped with a 4-stroke diesel engine.

In order to determine the economic efficiency in the master's work, capital costs for the purchase, delivery, installation and adjustment of the equipment, operating costs, capital expenditure efficiency indicators and the payback period of the project were determined.

When comparing the efficiency (profitability) of capital costs, for the considered technical measure, with the normative values of the efficiency coefficient, calculated at an acceptable payback period, $T_o=12$ years, it can be concluded that the implementation of this measure is economically feasible. In addition to direct economic benefits, the proposed introduction of a hybrid solar-wind-diesel power plant has a positive impact on the environment, which in the present conditions is no less important.

SOLAR ENERGY, ELECTRICAL SUPPLY SYSTEM, SOLAR BATTERIES, NETWORK INVERTER, VIRTUAL SPEED, WIND GENERATOR, DIESEL GENERATOR

Зміст

Вступ

1. Потенціал відновлюваних джерел енергії в Україні
 - 1.1 Світовий досвід використання поновлюваних джерел енергії
 - 1.2 Перспективи розвитку ВДЕ в Україні
 - 1.2.1 Вітроенергетика України
 - 1.2.2 Сонячна енергетика України
 - 1.3 Постановка задачі. Висновки
2. Розрахунок комбінованої автономної енергетичної установки
 - 2.1. Вибір типу сонячної електростанції
 - 2.2. Аналіз рівня споживання електроенергії
 - 2.3. Визначення необхідної потужності і вибір інвертора
 - 2.4. Визначення значення необхідної ємності акумуляторної батареї і їх кількості
 - 2.5. Визначення необхідної кількості сонячних батарей
 - 2.6. Вибір структури і обладнання вітро-дизельної станції
 - 2.6.1. Оцінка вітроенергетичного потенціалу
 - 2.6.2. Вибір вітрогенератора
 - 2.6.3. Вибір дизельного генератора
3. Техніко-економічне обґрунтування
 - 3.1. Введення
 - 3.2. Розрахунок капітальних витрат
 - 3.3. Розрахунок експлуатаційних витрат
 - 3.4. Визначення річної економії
 - 3.5. Визначення та аналіз показників економічної ефективності

Висновки

Перелік посилань

Додаток А

Вступ

Згідно ряду експертних прогнозів, потреби людства в енергії, що становлять нині близько 13 ТВт, зростуть до середини нинішнього століття до 30, а до його кінця - до 46 ТВт. Такі потреби в енергії можуть бути задоволені тільки за рахунок переважного розвитку відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) і, перш за все, за рахунок набагато більш масштабного виробництва сонячної і вітрової енергії, яке особливо прискорилось за останні роки.

Сонячна енергія, яка потрапляє на поверхню нашої планети, має колосальну потужність - сонячне випромінювання за тиждень за потужністю перевершує всі нині відомі світові запаси нафти, урану і вугілля разом узяті. Крім того, сонячна енергетика - екологічно чиста, при її виробленні не утворюється вуглекислий газ (як теплові станції), вона повністю радіаційно безпечна (на відміну від атомних станцій) і не утворює вимагають подальшої утилізації відходів (шлак і радіоактивні відходи).

Також Україна володіє значними ресурсами вітрової енергії і завдяки своїм природно-кліматичним характеристикам може вийти на одне з провідних місць в світі по використанню енергії вітру. Основний вплив на клімат і, як наслідок, на вітровий режим території України надають Атлантичний і Північний Льодовитий океани. Істотно впливають на формування клімату окремих регіонів країни також висота і напрямок розташування карпатських і кримських гір, Подільської, Волинської та Придніпровської височин, Донецького кряжу, близькість інших регіонів до Чорного і Азовського морів і цілий ряд інших факторів.

Таким чином задача по розробці і реалізації проектів по впровадженню відновлюваних джерел енергії в Україні є перспективними, актуальними і привабливими не тільки з точки зору екологічних параметрів, а й економічно. Використання зеленого тарифу дозволяє значно скоротити терміни окупності проектів по впровадженню ВДЕ, як для великих інвесторів, так і для дрібних індивідуальних господарств.

В роботі показана можливість впровадження системи електрогенеруючих установок, на основі відновлюваних джерел енергії, що забезпечують всі потреби в електроенергії чесного будинку, розташованого в м. Нова Каховка.

1 Потенціал відновлюваних джерел енергії в Україні

1.1 Світовий досвід використання поновлюваних джерел енергії

Покладатися тільки на викопні джерела енергії вже нераціонально: добувати їх все важче, їх використання завдає шкоди навколишньому середовищу, а відновлення вимагає дуже багато часу або неможливо в принципі.

Наприкінці 2015 року в Парижі відбулася Конференція з питань клімату, результатом якої стало підписання «Паризької угоди про зміну клімату» [1]. Воно, по суті, є «дорожньою картою» кроків, що дозволяють скоротити викиди і зміцнити стійкість до зміни клімату. Країни-учасниці кліматичної угоди зобов'язуються вжити заходів, що сприятимуть обмеженню зростання загальносвітової температури на рівні 1,5-2 градуси.

Підписана 175 країнами угода набуде чинності тільки з 2020 року. Однак деякі країни готові відмовитися або значно зменшити залежність від викопних джерел енергії вже в найближчі десятиліття.

Згідно ряду експертних прогнозів, потреби людства в енергії, що становлять нині близько 13 ТВт, зростуть до середини нинішнього століття до 30, а до його кінця - до 46 ТВт. Такі потреби в енергії можуть бути задоволені тільки за рахунок переважного розвитку відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) і, перш за все, за рахунок набагато більш масштабного виробництва сонячної і вітрової енергії, яке особливо прискорилося за останні роки.

Прискорений приріст генеруючих потужностей на основі ВДЕ, який був забезпечений, в першу чергу, за рахунок введення в експлуатацію нових сонячних і вітрових потужностей, характерний в даний час також і для країн Євросоюзу. Європарламент в грудні 2008 р зобов'язав всі країни ЄС довести до 2020 року рівень використання ВДЕ до 20% в загальній генерації електроенергії, а до 2040 р - до 40%. Оптимістично налаштовані експерти стверджують, що країни Євросоюзу вже до 2050 р повністю перейдуть на виробництво електроенергії з ВДЕ.

Введення в експлуатацію нових генеруючих потужностей на основі використання ВДЕ обходиться набагато дорожче в порівнянні з введенням потужностей, що працюють на традиційних енергоресурсах. У зв'язку з цим відновлювальна енергетика не в змозі успішно розвиватися без потужної державної підтримки. Тому в країнах Євросоюзу з держбюджету субсидується все, що веде до скорочення споживання викопних енергоресурсів, а не те, що веде до збільшення їх споживання.

Для стимулювання використання відновлюваних джерел енергії в країнах Євросоюзу вживаються такі механізми:

1. Ринкові і часто навіть адміністративні (тобто завищені за рахунок додаткового податку, що підвищує вартість викопних енергоресурсів) механізми стимулювання використання відновлюваних джерел енергії.

2. «Зелені» (тобто спеціальні, підвищені) тарифи на виробництво електроенергії з ВДЕ, що стимулюють введення нових генеруючих потужностей на основі використання ВДЕ за рахунок:

- гарантування підключення нововведених генеруючих потужностей до розподільної електромережі;

- укладення довгострокового контракту на покупку всієї електроенергії, що виробляється введеними в експлуатацію генеруючими потужностями;

- надбавки до вартості виробленої електроенергії, яка виплачується протягом 10...25 років і, тим самим, гарантує повернення вкладених в проект інвестицій і отримання прибутку.

3. Субсидування з метою залучення інвестицій у відновлювану енергетику та стимулювання енергозбереження кінцевого споживача (а не виробника електронного пристрою) від 20 до 40% загальної вартості покупки енергозберігаючого обладнання і устаткування для вироблення електроенергії з ВДЕ.

4. Обов'язкові до виконання всіма країнами Євросоюзу державні програми з прискореного освоєння ВДЕ.

1.2 Перспективи розвитку ВДЕ в Україні

1.2.1 Вітроенергетика України

Загальний вітроенергетичний потенціал Землі величезний: по ряду авторитетних експертних оцінок він становить близько 1200 ТВт. Однак реальне використання цього потенціалу наштовхується на ряд труднощів, обумовлених як нерівномірністю його розподілу в різних районах Землі, так і великими втратами при його перетворенні в інші види енергії. Так, в сучасних вітроагрегатах коефіцієнт корисного використання енергії повітряного потоку на 10% менше теоретично можливого, рівного 59,3%, і зазвичай не перевищує 50% і то тільки при оптимальній, передбаченій для даного вітрогенератора швидкості вітру. Крім того, оскільки частина енергії вітру втрачається при перетворенні механічної енергії в електричну, питома електрична потужність на виході вітроагрегатів становить лише 30...40% потужності повітряного потоку за умови стійкої його роботи в діапазоні швидкостей, передбачених для вітрогенератора. З урахуванням необхідності вимушених відключень вітроагрегатів в разі перевищення розрахункових швидкостей вітру і зупинок при його відсутності, питома вироблення електроенергії протягом року зазвичай не перевищує 15...30 % енергії вітру, в залежності від місця розташування і параметрів вітроагрегатів.

Україна володіє значними ресурсами вітрової енергії і завдяки своїм природно-кліматичним характеристикам може вийти на одне з провідних місць в світі по використанню енергії вітру. Основний вплив на клімат і, як наслідок, на вітровий режим території України надають Атлантичний і Північний Льодовитий океани. Істотно впливають на формування клімату окремих регіонів країни також висота і напрямок розташування карпатських і кримських гір, Подільської, Волинської та Придніпровської височин, Донецького кряжу, близькість інших регіонів до Чорного і Азовського морів і цілий ряд інших факторів.

Енергія вітру розподілена по території України вкрай нерівномірно, причому вітропотенціал на півдні країни значно вище, ніж на півночі. З точки зору використання енергії вітру на суші, найбільш сприятливими регіонами є Крим, Карпати (Львівська, Івано-Франківська, Закарпатська, західна частина Чернівецької області), узбережжя Чорного та Азовського морів (Одеська, Миколаївська, Херсонська, Запорізька і Донецька області), а також Луганська область. Площі територій, придатних для спорудження ВЕС, оцінюються приблизно в 9 тис.км². На цих територіях можна побудувати ВЕС загальною потужністю до 24 тис.МВт і генерувати від 16 до 48 млрд.КВт·г електроенергії на рік.

Правда, при цьому велика частина території України стане непридатною для проживання, і в прямому сенсі цього слова перетвориться на мертву землю. Справа в тому, що ВЕС становлять небезпеку не тільки для птахів, які масово розбиваються об лопаті їх генераторів, а й для всього живого. При роботі ВЕС виробляються інфразвукові коливання великої інтенсивності. Тому з місць, де знаходяться ВЕС, йде все живе і навіть щури. З прибережних вод, де встановлено ВЕС, йде риба. Тому розміщення ВЕС поблизу населених пунктів категорично забороняється.

Набагато більші площі для будівництва потужних ВЕС є на прибережних і внутрішніх акваторіях України. Хороший вітропотенціал мають також акваторії на Азовському морі (площа - 60 тис.км²), на Чорному морі (Одеська банка, площа якої 10 тис.км²; Каркинитська затока, площею 25 тис.км²), на приморських лиманах і на ряді інших водоймищ. В цілому по площах мілководних акваторій, придатних для будівництва ВЕС водного базування, Україна знаходиться на другому місці в світі (після Норвегії).

З урахуванням можливих обсягів інвестицій сумарну потужність ВЕС, які можуть бути побудовані протягом найближчих 10 років в перспективних регіонах України, за даними Інституту відновлюваної енергетики НАН України, можна оцінити в 16 ТВт з можливим річним обсягом виробництва енергії близько 32 млрд.КВт·г/рік.

В даний час на Україні спостерігається бурхливий розвиток вітроенергетичної галузі, обумовлене, в основному, прийняттям Верховною Радою України в 2009 р одного з найвищих в Європі «зеленого тарифу» на електроенергію, отриману на ВЕС потужністю понад 2 МВт. Цей тариф становить близько 11,3 євроцента за 1 кВт·г і буде діяти аж до 2030 р Згідно з Енергетичною стратегією, прийнятою урядом країни, до 2035 року чверть всієї електроенергії Україна отримуватиме з відновлюваних джерел. Близька мета - 11% ВДЕ до 2020 року. Однак 2017-й рік закінчився зі скромними 1,5 ГВт потужності з необхідних 5 ГВт. У таблиці 1.1 наведені дані експлуатованих, запланованих і таких що будуються ВЕС станом на початок 2018 року.

Таблиця 1.1 - Працюючі, такі що будуються і заплановані ВЕС

Область	Кількість станцій (парків)	Загальна встановлена потужність, МВт
1	2	3
Експлуатуємі (Без урахування тимчасово окупованих територій Донецької, Луганської областей і Криму)		
Миколаївська	3	98
Херсонська	5	74,56
Запорізька	1	200
Львівська	2	34,2
Київська	1	0,45
Івано-Франківська	1	0,6
Усього	13	401,81
На стадії будівництва		
Миколаївська	1	12,8
Херсонська	2	94,2
Запорізька	1	200
Одеська	1	32,4
Івано-Франківська	1	5,8
Тернопільська	2	5,32
Усього	8	350,52

1	2	3
На стадії проектування або тендера		
Миколаївська	3	537
Херсонська	4	1010
Запорізька	3	705,5
Одеська	6	228,6
Львівська	5	213,4
Івано-Франківська	2	106,15
Закарпатська	1	120
Усього	24	2921,05

1.2.2 Сонячна енергетика України

Сонячні електростанції, які ще кілька років тому можна було зустріти тільки на півдні країни, стають поширеним новим бізнесом практично у всіх регіонах. У 2017 році, за даними Держенергоефективності, загальна потужність введених в експлуатацію сонячних електростанцій (СЕС) склала 211 МВт. Це рекорд для материкової України [2].

Сонячні електростанції, що впроваджуються в Україні можна розділити на 3 основні типи:

1) Мережева СЕС (рисунок 1.1).

Використовується для зменшення споживання електроенергії з мережі, а також для продажу надлишків виробленої електроенергії за «зеленим тарифом».

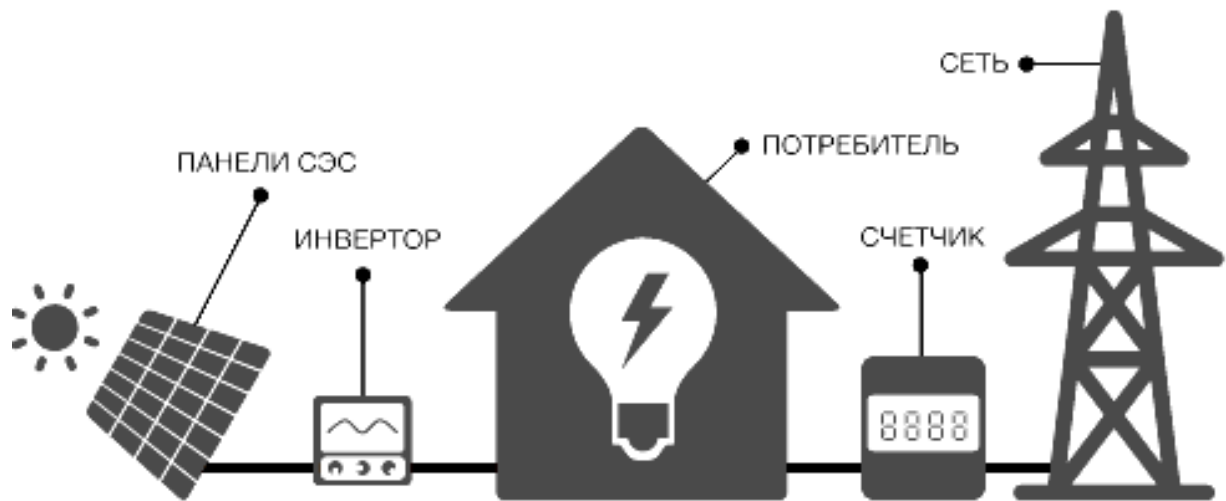


Рисунок 1.1. Приклад мережевий СЕС.

Мережеві сонячні електростанції складаються з фотомодулів, а також інвертора і підключаються до загальної енергомережі. Вони не комплектуються акумуляторами і тому не можуть використовуватися в якості єдиного джерела електрики.

За рахунок застосування «зеленого тарифу» мережева сонячна електростанція є високоприбутковим інвестиційним вкладенням з прибутковістю 15-25% річних в євро. Максимальна потужність приватної мережевий електростанції (для фізичних осіб), з підключенням до «зеленого тарифу», становить 30 кВт.

2) Гібридна СЕС (рисунок 1.2).

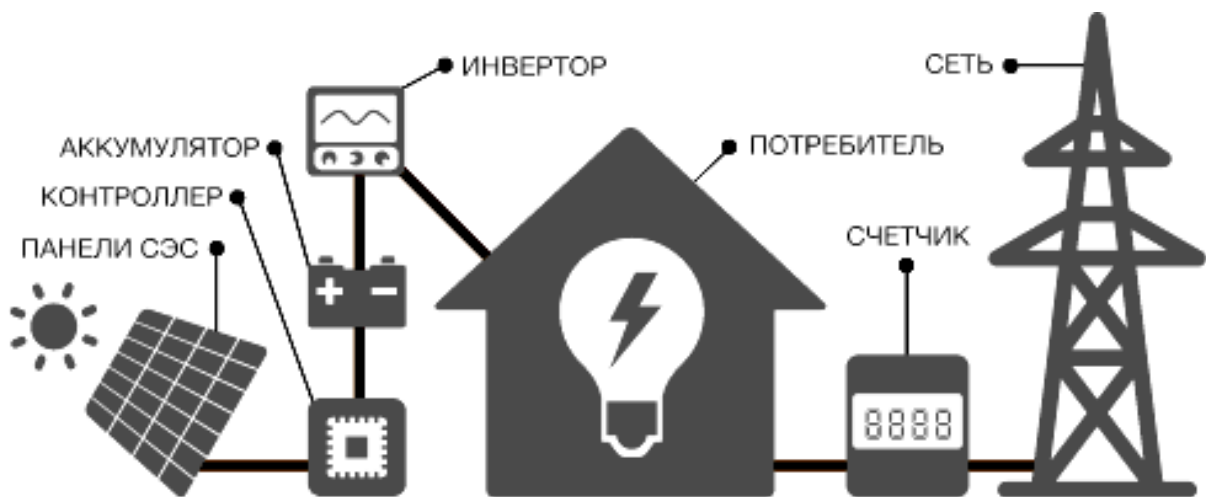


Рисунок 1.2. Приклад гібридної СЕС.

Поєднує в собі переваги мережевої та автономної електростанції. Комплектується фотомодуля, контролером заряду, батареями акумуляторами і гібридним інвертором. Це дозволяє накопичувати електроенергію для використання її в темний час доби або як резервне джерело живлення, а також продавати надлишки в мережу за «зеленим тарифом».

Так само як і мережева, гібридна СЕС може розглядатися як інвестиційне вкладення з прибутковістю 12-20% річних в євро. Максимальна потужність приватної гібридної електростанції під «зелений тариф» не повинна перевищувати 30 кВт.

3) Автономна СЕС (рисунок 1.3).

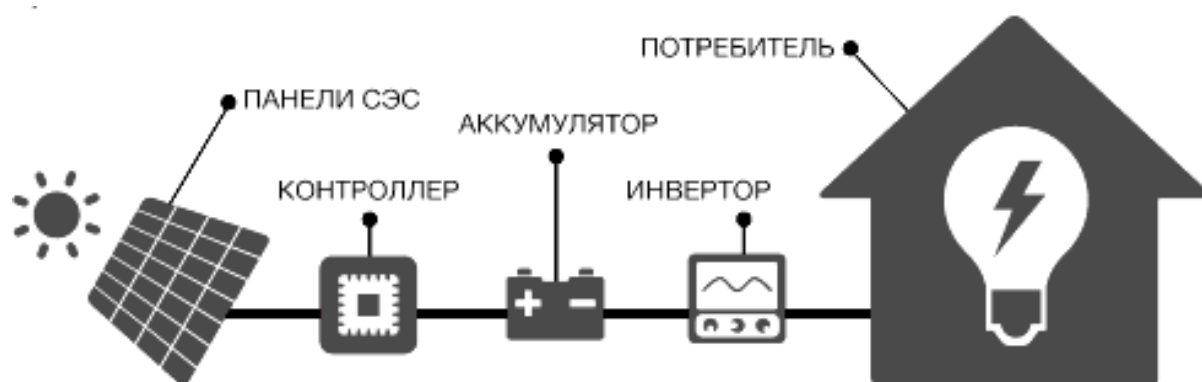


Рисунок 1.3. Приклад автономної СЕС.

Призначена для енергопостачання і забезпечення резервного живлення об'єктів. Автономні сонячні електростанції можуть використовуватися в якості єдиного джерела електричної енергії. Така станція комплектується фотомодуля, контролером заряду, батареями акумуляторів і автономним інвертором. До автономної СЕС не можна підключити «зелений тариф», бо вона не включена в загальну електромережу.

З 2011 року в нашій країні побудовано і введено в експлуатацію СЕС на 742 МВт. У загальному обсязі виробленої електроенергії в Україні, за даними ДП «Енергоринок», на сонце вже доводиться 0,53%, в той час як в 2016-му - 0,36%. Це все ще невеликі цифри. Але серед усіх компаній, що працюють за «зеленим тарифом», частка СЕС зростає найшвидше.

У 2017 році в Україні інвестори вклали близько \$ 250 млн. в сонячну енергетику, що майже в 2 рази більше щодо 2016 року. Можна приблизно підрахувати, що кожен зданий МВт потужності обходився інвестору в \$ 0,9 млн.

Прискорені темпи розвитку багато в чому пов'язані з дедалі більшим інтересом з боку дрібних і середніх гравців. Наприклад, в Нікополі за 10,7 млн. євро побудували першу сонячну станцію, прямим інвестором якої є канадська компанія TIU Canada. Її інвестиції в міську інфраструктуру стали першими вкладеннями, зробленими в рамках Угоди про зону вільної торгівлі між Україною та Канадою, яке набрало чинності 1 серпня 2017 року. Перша СЕС в Нікополі забезпечила роботою 25 місцевих фахівців, а міський бюджет отримав понад 2 млн. грн.

Так як компанії поки будують відносно невеликі об'єкти і рахунок гравців ринку йде на десятки, велика п'ятірка операторів сонячної генерації поки не сформувалася. Єдиним великим гравцем на ринку як і раніше залишається китайська CNBM. Її директор Юнчжи Чен в листопаді повідомив про оформлення прав власності на 10 сонячних станцій Activ Solar в Україні загальною потужністю 267 МВт, що на сьогодні становить 1/3 від всієї потужності сонячних електростанцій в Україні.

Активним гравцем також є компанія Rengy Development, вона оперує парком СЕС загальною потужністю понад 50 МВт.

Чим більше сонця, тим цікавіше регіон інвестору. Інші важливі фактори: пропускна здатність енергомереж і політика місцевої влади.

Наприклад, в 2017-м на другому місці за приростом СЕС виявилася Івано-Франківська область. Хоча вона і не може похвалитися високим рівнем сонячної радіації. Рекордсмен за загальним обсягом потужностей за всі роки - Одеська область в якій розташовано 241 МВт. Пік запуску проектів припав на 2012-2013-й роки. Херсонська область лідирує в 2017 році після запуску нових потужностей - 69 МВт. Всього потужність сонячних станцій в області становить 98 МВт. Вінницька область, хоч і не південь, але сонця там досить

багато. В області встановлено всього 128 МВт. Рекордним роком був 2016 й з рівнем введених потужностей 52 МВт.

Згідно з оцінкою «Національного агентства енергоефективності та енергозбереження» в цьому році в Україні буде встановлено близько 150 МВт потужностей сонячних електростанцій. Ще більш оптимістичний прогноз української «Асоціації відновлюваної енергетики», яка передбачає, що встановлена потужність фотоелектричних станцій зросте на 300...400 МВт за 2018 рік. Потенціал фотоелектричних станцій так само може значно збільшитися за рахунок реалізації проекту будівництва сонячних станцій в Чорнобильській зоні відчуження. Сумарна потужність фотоелектричних станцій складе 1 ГВт. Конкурс по реалізації об'єктів на площі 2 тисячі 500 гектарів зони відчуження ЧАЕС вже виграли дві китайські компанії. Вони планують інвестувати в проект до 1 мільярда доларів протягом наступних двох років.

Сонячна енергетика України розвивається настільки високими темпами завдяки привабливому тарифом з продажу зеленої енергії. Поточна ставка «зеленого тарифу» для фотоелектричних комерційних станцій становить приблизно 0,15 євро за 1 кВт·г електроенергії. Цей тариф діє для станцій, які будуть запущені в 2017...2019 роках. В подальшому тариф знижується, однак все одно залишиться привабливим для інвесторів. Ставки зеленого тарифу при введенні в експлуатацію СЕС наведені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 - Ставки зеленого тарифу при введенні в експлуатацію СЕС

Тип станції	Протягом 2016 року	з 01.01.2017 по 31.12.2019	з 01.01.2020 по 31.12.2024	з 01.01.2025 по 31.12.2029
Дахова СЕС	0,172 Євро/кВт·г	0,163 Євро/кВт·г	0,15 Євро/кВт·г	0,13 Євро/кВт·г
Наземна СЕС	0,16 Євро/кВт·г	0,15 Євро/кВт·г	0,14 Євро/кВт·г	0,12 Євро/кВт·г

1.3 Постановка задачі. Висновки

Проаналізувавши матеріал, викладений в § 1.1 і § 1.2 можна зробити висновок про те, що реалізація проектів по впровадженню відновлюваних джерел енергії в Україні є привабливою не тільки з точки зору екологічних параметрів, а й економічно. Використання «зеленого тарифу» дозволяє значно скоротити терміни окупності проектів по впровадженню ВДЕ, як для великих інвесторів, так і для дрібних індивідуальних господарств.

Далі в роботі буде розглянута можливість впровадження ВДЕ на прикладі приватного будинку розташованого в Херсонській обл., м. Нова Каховка, вул. Історична, будинок 126. У зв'язку з тим, що основним завданням роботи є аналіз можливості забезпечити повну автономність системи електропостачання об'єкту від міських електричних мереж, структурна схема гібридної установки має вигляд, наведений на рисунку 1.4.

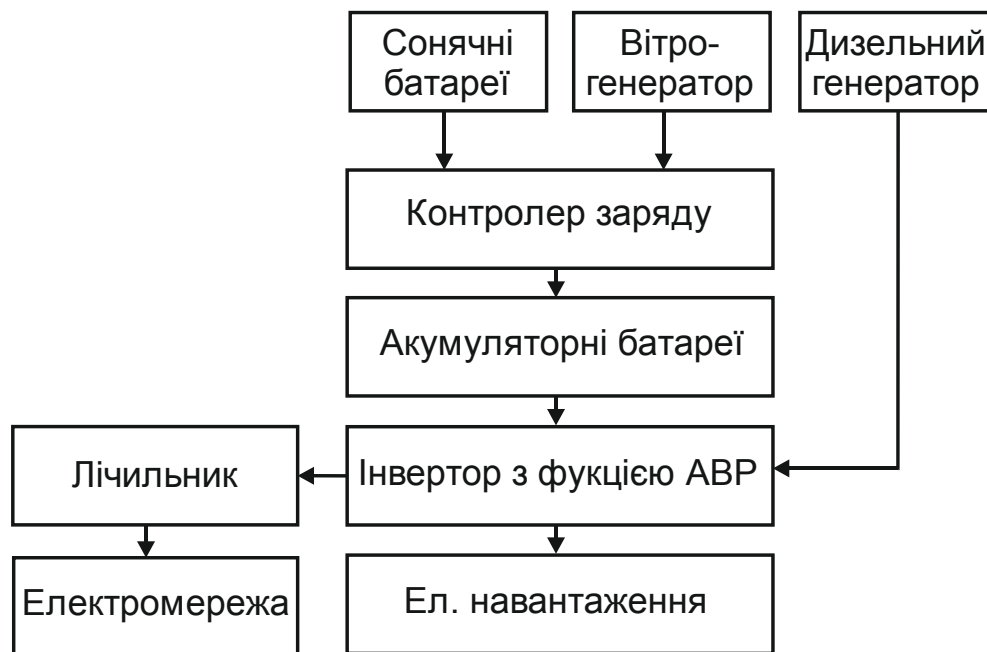


Рисунок 1.4. Структурна схема гібридної установки електропостачання будинку.

Висновки.

У магістерській роботі буде розглянута можливість впровадження вітро-сонячно-дизельної станції з урахуванням умов конкретного домогосподарства, розраховані параметри і підібрано конкретне обладнання для установки. Зроблені розрахунки економічної ефективності прийнятих інженерно-технічних рішень.

2 Розрахунок комбінованої автономної енергетичної установки

2.1 Вибір типу сонячної електростанції

У § 1.2.2 було проведено короткий аналіз основних типів сонячних електростанцій - мережевої, гібридної і автономної.

Мережева сонячна електростанція призначена для часткового електропостачання споживачів або вироблення енергії за «зеленим тарифом». Фотопанелі безпосередньо підключаються до інвертору, який перетворює постійний струм з фотопанелей в змінний струм для генерації електроенергії в мережу. Підключення інвертора до загальної мережі виконується через розподільний щит споживача. Мережеві фотоелектричні станції працюють лише спільно з мережею. Інвертор віддає в мережу всю енергію, вироблену фотомодуля. Установка такої станції дозволить підключити сонячний «зелений тариф». Без підключення «зеленого тарифу» мережева станція може працювати на власне споживання та дозволяє істотно економити.

Гібридна сонячна електростанція - універсальна система яка дозволяє не тільки забезпечити автономне електропостачання та резервування на випадок збоїв в електромережі але і продавати вироблену електроенергію в мережу за «зеленим тарифом». Гібридна сонячна електростанція може працює в двох режимах: накопичення електроенергії на АКБ і продаж її в мережу. Гібридна сонячна станція призначена для зниження витрат на споживання електроенергії з мережі і генерації в мережу з наступним продажем за «зеленим тарифом», а також - резервування споживачів на випадок відключення основної мережі з запасом енергії в акумуляторному блоці. Комплект гібридної системи дозволяє забезпечити електрикою основних споживачів електроенергії в приватному будинку. Для компенсації відсутньої потужності, в моменти перевищення споживання електроенергії (наприклад, нічний час), використовується зовнішня електрична мережа. Також є можливість днем генерувати сонячну енергію в мережу - тобто використовувати гібридну електростанцію для продажу енергії за «зеленим тарифом», тим самим зменшуючи витрати на оплату електрики. А

в разі відключення основної мережі, гібридна СЕС, працюючи від акумуляторів, забезпечить енергією, і дозволить не залежати від проблем з мережею.

Автономні фотоелектричні станції можуть працювати в якості основного джерела електроенергії або джерела безперебійного електроживлення. Вони незамінні там, де немає можливості підключитися до електромережі загального користування, але є необхідність у надійному джерелі електроенергії стабільної якості: відокремлені котеджі і готелі, АЗС, віддалені від комунікацій виробничі і комерційні об'єкти. Ці станції не підтримують паралельну роботу з централізованою електромережею, проте здатні працювати спільно з дизельними генераторами, вітрогенераторами і мініГЕС.

Для наших умов найбільш раціонально буде застосування гібридної СЕС, яка дозволяє не тільки забезпечити домоволодіння безкоштовної електроенергією, а й отримувати додатковий економічний ефект за рахунок продажу надлишків за «зеленим тарифом». Коли енергії, що виробляється сонячними батареями, буде недостатньо, енергія буде споживатися від акумуляторних батарей. І навпаки, коли вироблення буде більше споживання, електроенергія передається в мережу. Приклад такого підключення для однофазних споживачів показаний на рисунку 2.1.



Рисунок. 2.1. Приклад підключення сонячних батарей для однофазних споживачів.

2.2 Аналіз рівня споживання електроенергії

Як зазначалося в § 1.3 об'єкт досліджень - приватний будинок, розташований в Херсонській обл., м. Нова Каховка, вул. Історична, будинок 126. В даний час електропостачання будинку здійснюється від мережі Новокаховського РЕМ однофазною напругою 220 В змінного струму. Основними споживачами електроенергії є бойлер, кухонна побутова техніка, телевізори, музичний центр, комп'ютер і ноутбуки, а також, особливо в зимовий час, система освітлення.

Найбільш потужним споживачем є бойлер з потужністю 2000 Вт. Середня споживана потужність комп'ютера становить 300 Вт, ноутбука - 150 Вт. Досить потужними споживачами електричної енергії є побутова техніка - електрочайник (потужністю 1800 Вт), холодильник (потужністю 400 Вт), мікрохвильова піч (потужністю 800 Вт). Телевізори (потужністю 300 і 250 Вт) і музичний центр (потужністю 200 Вт) також істотно впливають на рівень електроспоживання.

Освітлення всередині будинку здійснюється в основному побутовими світильниками з компактними люмінесцентними лампами середньою потужністю 18 Вт. Зовнішнє освітлення виконано також компактними люмінесцентними лампами потужністю 30 Вт.

Використовуючи дані мешканців будинку про тривалість роботи електроприладів і зіставляючи їх з рівнем електроспоживання згідно приладів обліку зробимо розрахунок споживаної потужності. Для полегшення розрахунку будемо використовувати додаток Microsoft Office Excel. Результати розрахунків наведені в таблиці 2.1, а загальний рівень електроспоживання за 2017 рік помісячно на рисунку 2.2.

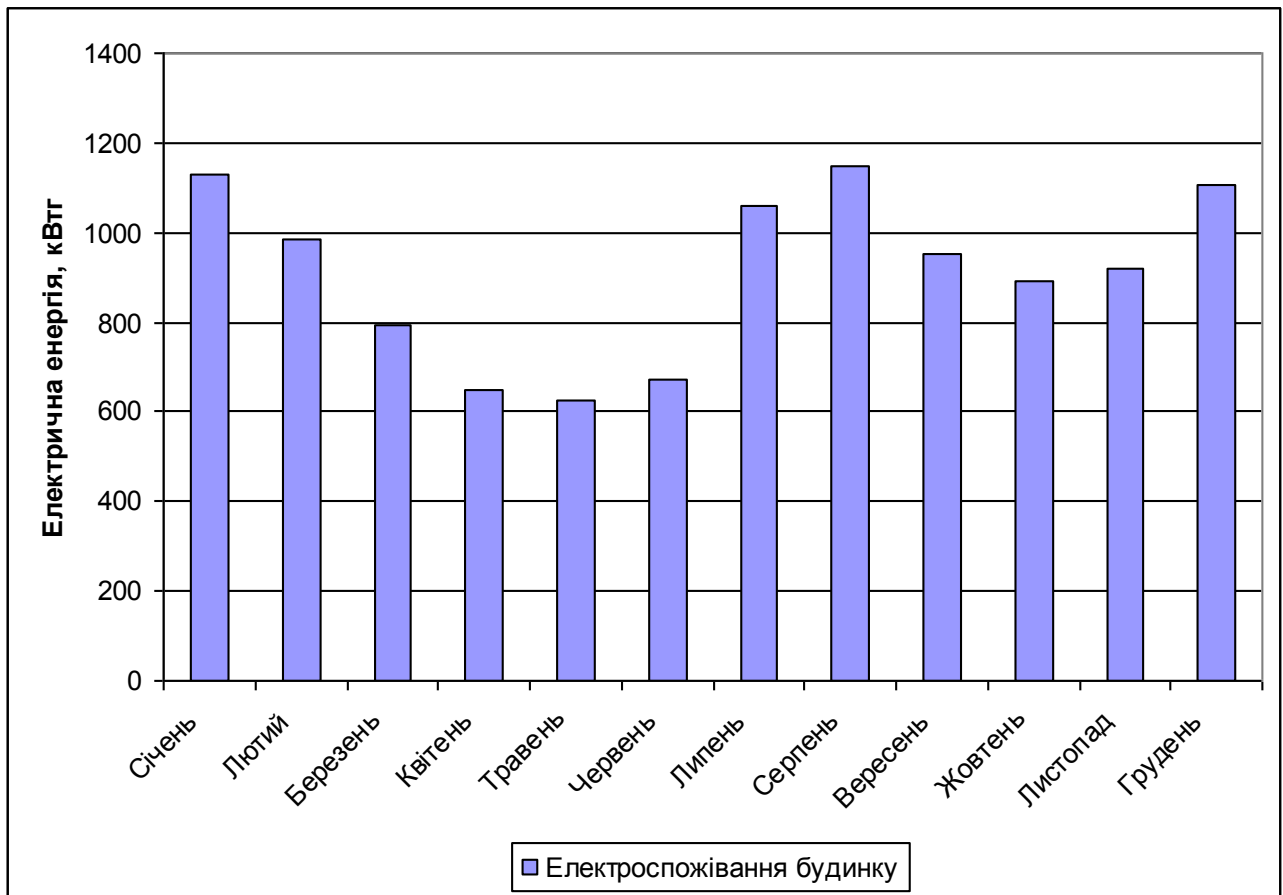


Рисунок 2.2. Загальний рівень електроспоживання за 2017 рік

Таблиця 2.1 - Розрахунок споживаної потужності

№ п/п	Найменування споживача	Потужність, Вт	Загальна кількість, шт	Кількість годин роботи в день	Кількість споживаної енергії, кВт·г/добу	Кількість споживаної енергії, кВт·г/тиждень	Кількість споживаної енергії, кВт·г/місяць
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Бойлер	2000	1	4	8,0	56,0	240,0
2	Комп'ютер	300	1	6	1,8	12,6	54,0
3	Ноутбук	150	2	4	1,2	8,4	36,0
	Wi-Fi роутер	25	1	24	0,6	4,2	18,0
4	Фен електричний	2000	1	0,5	1,0	7,0	30,0
5	Мікрохвильова піч	800	1	1,5	1,2	8,4	36,0
6	Електрочайник	1800	1	1	1,8	12,6	54,0
7	Пральна машина	1500	1	2	3,0	21,0	90,0

1	2	3	4	5	6	7	8
8	Холодильник	400	1	6	2,4	16,8	72,0
9	Внутрішнє освітлення будинку	18	22	7	2,8	19,4	83,2
10	Зовнішнє освітлення	4	30	4	0,5	3,4	14,4
Разом					24,3	169,8	727,6

Як видно з таблиці середнє добове споживання будинку складає 24,3 кВт·г, на місяць відповідно виходить 727,6 кВт·г, що збігається із середнім рівнем споживання згідно приладів обліку 700...750 кВт·г/місяць.

2.3 Визначення необхідної потужності і вибір інвертора

Інвертор в сонячній енергосистемі - це одна з найважливіших і невід'ємних складових частин системи сонячної батареї. Він призначений для трансформування постійного струму в змінний і є серцем системи забезпечення електроенергією за допомогою сонця.

На сьогоднішній день існують різні види перетворювачів енергії, серед яких:

1. Автономні інвертори - здійснюють перетворення струму по акумуляторному ланцюжку. Отримана електрика може використовуватися для підключення та користування побутовими приладами. Потужність даного приладу може бути від 100 до 8000 Вт.

2. Синхронні інвертори дають можливість зберігати надлишки отриманої електричної енергії, які перенаправляються в основну мережу. У разі якщо норма споживання енергії вище одержуваної від сонячних батарей, тоді пристрій візьме її з основної електричної мережі. Перевагою є можливість отримання енергії в періоди аварійних та інших відключень. А в похмуру погоду, коли продуктивність сонячної батареї знижується, прилади будуть функціонувати від стандартної мережі.

3. Багатофункціональні інвертори є найбільш ефективними приладами для використання в сонячних системах. Вони являють собою гібридний варіант з вищеописаних типів пристроїв. Однак багатофункціональні інвертори і більш дорогі.

Перетворювачі струму для сонячних батарей також можна класифікувати за формою сигналу напруги на виході. Форма сигналу напруги дуже важлива і безпосередньо впливає на застосування мережевого інвертора і його вартість. Розрізняють інвертори з синусоїдальною, прямокутним і псевдосинусоїдальним сигналом.

Інвертори з прямокутним сигналом найбільш доступні за ціною пристрою. Фахівці рекомендують використовувати їх тільки для живлення різних освітлювальних приладів. Такі інвертори не здатні захистити прилади від перепадів напруги. Крім того, більшість електричних приладів не може функціонувати від сигналу прямокутної форми.

Перетворювачі з синусоїдальним сигналом видають електричний струм відмінної якості з чистою синусоїдою. Він значно краще того, що йде з розетки. Фахівці рекомендують підключати від таких інверторів холодильники, котли, насоси, кондиціонери. Такі моделі зможуть захистити чутливі прилади від стрибків напруги.

Перетворювачі з псевдосинусоїдальним сигналом є компромісом двох попередніх типів. Від них можна підключати практично всі прилади. Однак для живлення чутливих пристроїв їх краще не використовувати, оскільки форма вихідного сигналу є недосконалою. Тому можуть спостерігатися деякі шуми і перешкоди в роботі електрообладнання.

Як уже зазначалося планується використовувати гібридну сонячно-вітро-дизельну установку, однак підключення будинку до загальної енергомережі буде залишена для можливості продажу надлишків за «зеленим тарифом». Коли енергії, що виробляється сонячними батареями, буде недостатньо, енергія буде споживатися з акумуляторів. І навпаки, коли вироблення буде більше споживання, електроенергія передається в мережу. У зв'язку з цим найбільш

раціональним буде використання синхронного інвертора з синусоїдальною вихідною напругою.

Для визначення необхідної потужності інвертора, використовуємо виконаний раніше розрахунок, і знайдену сумарну споживану енергію змінного струму в тиждень.

Далі потрібно порахувати, скільки енергії постійного струму потрібно. Для цього необхідно помножити отримане значення на коефіцієнт $k_1=1,2$, що враховує втрати в інвертор і $k_2=1,05$, що враховує додаткове споживання різними електроприладами, що не ввійшли в таблицю 2.1. Енергії постійного струму потрібно:

$$W_{mp} = W_{пер} \cdot k_1 \cdot k_2 = 170 \cdot 1,2 \cdot 1,05 = 214,2 \text{ кВт}\cdot\text{г}$$

Для того щоб обрати інвертор, розділимо значення на число годин за тиждень, тобто на 168 г:

$$P_{инв} = \frac{W_{mp}}{168} = \frac{214,2 \cdot 10^3}{168} = 1275 \text{ Вт}$$

За виконаним розрахунками вибираємо гібридний сонячний інвертор SILA 2000P це багатофункціональний інвертор/зарядний пристрій потужністю 2кВА в якому поєднуються функції інвертора, контролера заряду акумуляторів від сонячних батарей і зарядного пристрою акумуляторних батарей від мережі 220 В для забезпечення безперебійної подачі живлення, з можливістю вибору пріоритетів зарядки і навантаження (рисунок 2.3).



Рисунок. 2.3. Гібридний сонячний інвертор SILA 2000P

Особливості та переваги сонячного інвертора SILA 2000P:

- чиста синусоїда на виході;
- мікропроцесорне управління;
- вбудований ШІМ контролер заряду від сонячних батарей;
- кілька режимів роботи: паралельно з мережею, автономно, паралельно з мережею в режимі резервного джерела живлення;
- захист від короткого замикання і перевантаження;
- автоматичний перезапуск при відновленні живлення змінного струму;
- великий рідкокристалічний дисплей відображає всю основну інформацію про роботу системи сонячного електропостачання;
- можливість з'єднання з комп'ютером для налаштування і моніторингу роботи системи електропостачання;
- регулювання зарядного струму;
- настройка нижнього і верхнього порогу зарядки акумуляторів;
- вихід для управління зовнішніми пристроями;

- можливість паралельного підключення до 6 пристроїв.

У таблиці 2.2 наведені основні технічні характеристики гібридного сонячного інвертора SILA 2000P

Таблиця 2.2 - Технічні характеристики інвертора SILA 2000p

Найменування параметру	Значення
Модель інвертора	SILA 2000P
Номінальна вихідна потужність	2 кВА/2 кВт
Форма вихідної напруги	Чисті синусоїдальні коливання
Регулювання вихідної напруги	230 В ± 5% змінного струму
Вихідна частота	50 Гц
Максимальний ККД	90%
Захист від перевантажити	5 с при >150% навантаження 10 с при 110% -150% навантаження
Захист від викидів напруги	2-х кратна номінальна потужність протягом 5 секунд
Номінальна вхідна напруга	24.0 В постійного струма
Напруга холодного пуску	22.0 В постійного струма
Споживана потужність при відсутності навантаження	< 15 Вт
Енергоспоживання в режимі економії енергії	< 7,5 Вт

2.4 Визначення значення необхідної ємності акумуляторної батареї і їх кількості

Число Ампер-годин на тиждень, необхідну для покриття навантаження змінного струму:

$$q_{нед}^{неп} = \frac{W_{тр}}{U_{инв}} = \frac{214,2 \cdot 10^3}{24} = 8925 \text{ А} \cdot \text{г}$$

Приймаємо, що в будинку немає навантаження постійного струму, тоді добове значення споживаних А·г:

$$q_{сут} = \frac{q_{нед}}{7} = \frac{q_{нед}^{неп}}{7} = \frac{8925}{7} = 1275 \text{ А} \cdot \text{г}$$

Далі необхідно визначити максимальне число послідовних «днів без сонця» N_{bc} (тобто коли сонячної енергії недостатньо для заряду акумуляторної батареї і відповідно для роботи навантаження через негоду або хмарності). При цілорічній експлуатації фотоелектричної системи з дублером, в тому числі при роботі із загальною енергомережею, для зменшення витрат можна вибрати мінімально можливу кількість «днів без сонця» - 1. Однак в нашій системі крім сонячних батарей передбачається використання вітрогенератора. Це обумовлює можливість підзарядки батарей акумуляторів в будь-який час. Крім того в аварійних ситуаціях можливе використання дизельного генератора, як резервного джерела. Тому ждя зменшення витрат приймаємо, що максимальний час, який повинні забезпечити акумулятори - 12 годин.

Сумарна ємність акумуляторів, що враховує кількість «днів без сонця»:

$$q_N = q_{cym} \cdot N_{bc} = 1275 \cdot 0,5 = 637,5 \text{ А} \cdot \text{г}$$

Задаємося величиною глибини допустимого розряду акумуляторної батареї. При цьому необхідно врахувати, що чим більше глибина розряду, тим швидше батареї вийдуть з ладу. Рекомендується значення глибини розряду 20...50 % (мається на увазі 20...50 % від значення номінальної ємності). Відповідно коефіцієнт використання γ складе від 0,2 до 0,5. Ні в якому разі розряд батареї не повинен перевищувати 80 %. Задаємося величиною глибини допустимого розряду акумуляторної батареї – 50 %. Відповідно коефіцієнт використання $\gamma=0,5$.

Заряд акумуляторної батареї з урахуванням глибини розряду:

$$q_\gamma = \frac{q_N}{\gamma} = \frac{637,5}{0,5} = 1275 \text{ А} \cdot \text{г}$$

Вибираємо з таблиці 2.3 коефіцієнт, що враховує температуру навколишнього середовища в приміщенні, де встановлені акумуляторні батареї. Акумуляторні батареї планується розташовувати в підсобному приміщенні, де

температура в зимовий час не опускається нижче +10 °С. При цій температурі коефіцієнт $\alpha=1,19$.

Загальна необхідна ємність акумуляторних батарей:

$$q_{\text{общ}} = q_{\gamma} \cdot \alpha = 1275 \cdot 1,19 = 1517,25 \text{ А}\cdot\text{г}$$

Вибираємо акумуляторну батарею Kijō JDG12-250 - акумуляторна батарея що не потребує обслуговування, гелевого типу (в якості електроліту використовується особлива гелеподібна речовина), напругою 12 В і номінальною ємністю 250 А·г

Таблиця 2.3 - Температурний коефіцієнт для акумуляторної батареї.

Температура в градусах		Коефіцієнт α
Цельсія	Фаренгейта	
26,7С	80F	1,00
21,2С	70F	1,04
15,6С	60F	1,11
10,0С	50F	1,19
4,4С	40F	1,30
-1,1С	30F	1,40
-6,7С	20F	1,59

Кількість батарей, з'єднаних паралельно:

$$N_{\text{пар}}^{\text{АКБ}} = \frac{q_{\text{общ}}}{q_{\text{ном}}} = \frac{1517,25}{250} = 6 \text{ шт}$$

Кількість батарей, з'єднаних послідовно:

$$N_{\text{посл}}^{\text{АКБ}} = \frac{U_{\text{инв}}}{U_{\text{ном}}} = \frac{24}{12} = 2 \text{ шт}$$

Загальна кількість необхідних акумуляторних батарей:

$$N^{AKB} = N_{пар}^{AKB} \cdot N_{посл}^{AKB} = 6 \cdot 2 = 12 \text{ шт}$$

2.5 Визначення необхідної кількості сонячних батарей

Для визначення необхідної кількості сонячних батарей потрібно знайти кількість i пікових сонце-годин на день для заданої місцевості. Для цього середньомісячне надходження сонячного випромінювання в кВт·г/місяць на майданчик, що має той же кут нахилу, що і сонячні батареї, необхідно розділити на кількість днів місяця. У зв'язку з наявністю резервного джерела живлення проводити розрахунок будемо за середньорічним значенням пікових сонце-годин. Це дозволить скоротити витрати на фотоелектричні систему. У літню пору року вироблювана енергія може передаватися в загальну мережу, а в зимовий відповідно забиратися від іншого джерела живлення.

Якщо сонячні батареї встановлюються під деяким кутом β до горизонту, то середньомісячна денна сумарна кількість сонячної енергії, що надходить на похилу поверхню, може бути знайдено за формулою:

$$E_u = R \cdot E,$$

де: E - середньомісячна денна сумарна кількість сонячної енергії, що надходить на горизонтальну поверхню;

R - відношення середньомісячних денних кількостей сонячної радіації, що надходить на похилу і горизонтальну поверхні.

Коефіцієнт перерахунку з горизонтальної площини на похилу з південною орієнтацією дорівнює сумі трьох складових, відповідних прямому, розсіяному і відбитому сонячному випромінюванню:

$$R = \left(1 - \frac{E_p}{E}\right) \cdot R_n + \frac{E_p}{E} \cdot \frac{1 + \cos \beta}{2} + \rho \cdot \frac{1 - \cos \beta}{2},$$

де: E_p - середньомісячна денна кількість розсіяного сонячного випромінювання, що надходить на горизонтальну поверхню;

$\frac{E_p}{E}$ - середньомісячна денна частка розсіяного сонячного випромінювання;

R_n - середньомісячний коефіцієнт перерахунку прямого сонячного випромінювання з горизонтальною на похилу поверхню;

β - кут нахилу поверхні сонячної батареї до горизонту;

ρ - коефіцієнт відображення (альbedo) поверхні Землі і навколишніх тіл, зазвичай приймається рівним 0,7 для зими і 0,2 для літа.

Середньомісячний коефіцієнт перерахунку прямого сонячного випромінювання з горизонтальною на похилу поверхню:

$$R_n = \frac{\cos(\varphi - \beta) \cdot \cos \delta \cdot \sin \omega_{zn} + \frac{\pi}{180} \cdot \omega_{zn} \cdot \sin(\varphi - \beta) \cdot \sin \delta}{\cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \sin \omega_s + \frac{\pi}{180} \cdot \omega_s \cdot \sin \varphi \cdot \sin \delta},$$

де: φ - широта місцевості, град;

β - кут нахилу сонячної батареї до горизонту, град;

δ - схилення Сонця (кут між лінією, що з'єднує центри Землі і Сонця, і її проекцією на площину екватора) в середній день місяця, град:

$$\delta = 23,45 \cdot \sin\left(360 \cdot \frac{284 + n}{365}\right),$$

n - порядковий номер дня, відрахований від 1 січня (номер середнього розрахункового дня для кожного місяця року).

Значення приймається з табл. 2.4.

Таблиця 2.4 - Кут схиляння Сонця

Місяць	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Номер дня, n	17	47	75	105	135	162	198	228	258	288	318	344
Схиляння Сонця δ , град	-20,9	-13	-2,4	9,4	18,8	23,1	21,2	13,5	2,2	-9,6	-18,9	-23

ω_z – годинний кут заходу (сходу) Сонця для горизонтальної поверхні:

$$\omega_z = \arccos(-\operatorname{tg} \varphi \cdot \operatorname{tg} \delta).$$

ω_{zn} – годинний кут заходу Сонця для похилій поверхні з південною орієнтацією:

$$\omega_{zn} = \arccos[-\operatorname{tg}(\varphi - \beta) \cdot \operatorname{tg} \delta].$$

Одним з важливих питань при розрахунку кількості сонячних батарей є їх розташування на об'єкті проектування. Розглянутий будинок орієнтований із заходу на схід, а, отже, одна зі сторін даху будівлі спрямована на південь. Розташування сонячних батарей на південному боці даху є найбільш раціональним, тому що дає найбільший ККД і ефективність сонячних елементів.

Не менш важливе значення має кут нахилу сонячної батареї. Найкращі умови для генерації електроенергії будуть при яскравому сонці і при орієнтації панелей перпендикулярно сонячному світлу. Тому основне завдання - визначити таке положення сонячних батарей при якому вони будуть освітлюватися «прямим» сонцем максимальний час протягом дня.

Сонце змінює своє положення в небі не тільки протягом доби, сонце змінює своє положення в небі в залежності від пори року. У кожен сезон положення Сонця різний, тому в ідеалі, для кожної пори року підбирається свій

кут нахилу. Наприклад, влітку оптимальний кут нахилу складає 30-40 градусів, а взимку - більше 70, в залежності від широти місцевості (рисунок 2.4). Навесні і восени кут нахилу має усереднене значення між значенням кута для літа та зими.

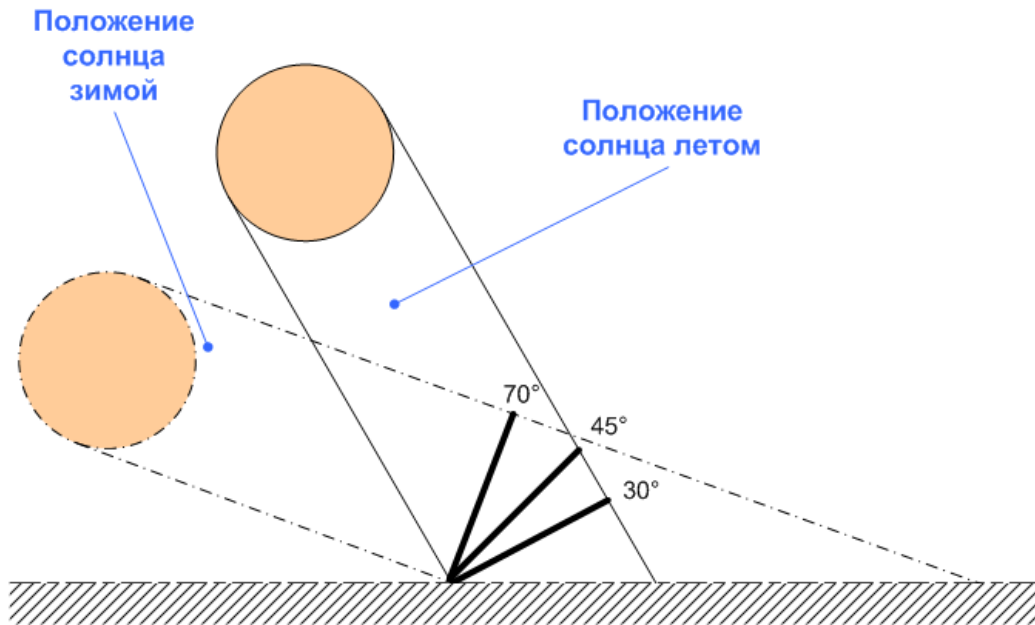


Рисунок 2.4. Положення Сонця в різні пори року.

Для географічної широти м. Нова Каховка оптимальне вироблення протягом року буде здійснюватися при нахилі панелі на 45° в південному напрямку.

Результати розрахунків кількості пікових сонце-годин на день для заданої місцевості при розташуванні сонячних елементів на південному боці даху будівлі по куту $\beta=45^\circ$ зведені в таблиці 2.5. При розрахунках прийняті наступні допущення: коефіцієнт відбиття поверхні Землі (ρ) прийнятий рівним 0,7 для зими і 0,2 для літа; годинний кут заходу Сонця ($\omega_{\text{зн}}$) прийнятий 90° ; географічна широта місцевості (φ) прийнята 45° .

Таблиця 2.5 - Кількість пікових сонце-годин

Місяць	Годинний кут ω_3	Коефіцієнт перерахунку $R_{п}$	Пряме вип- роміновання $E_s, \text{кВт}\cdot\text{г}/\text{м}^2$	Розсіяне вип- роміновання $E_D, \text{кВт}\cdot\text{г}/\text{м}^2$	Сумарне вип- роміновання $E, \text{кВт}\cdot\text{г}/\text{м}^2$	Коефіцієнт перерахунку R	Кількість пікових сонце- годин, і
січень	67,57	3,04	15,22	24,59	39,81	1,76	2,26
лютий	76,67	2,19	20,86	31,32	52,18	1,47	2,74
березень	87,59	1,51	47,65	51,34	98,99	1,29	4,12
квітень	99,54	1,13	78,28	59,32	137,6	1,04	4,77
травень	109,96	0,88	96,58	73,41	169,99	0,85	4,66
червень	115,24	0,81	122,88	69,73	192,61	0,82	5,26
липень	112,82	0,84	145,34	66,42	211,76	0,86	5,87
серпень	103,92	1,06	123,31	57,17	180,48	0,97	5,65
вересень	92,23	1,34	87,24	49,02	136,26	1,19	5,40
жовтень	80,25	1,87	59,27	38,43	97,7	1,61	5,07
листопад	70,01	2,68	21,96	27,95	49,91	1,83	3,04
грудень	64,86	3,35	11,73	21,08	32,81	1,86	1,97
					Середнє:		4,24

Попередньо вибираємо тип сонячної батареї, який планується використовувати. До застосування приймаємо сонячні батареї Solar CS6P-260. Компанія JA Solar Holdings Co., Ltd за обсягом продукції, що випускається, стабільно входить в першу п'ятірку компаній за сумарною потужністю випуску сонячних (фотоелектричних) модулів. Компанія поставляє свої готові сонячні батареї, а також фотоелектричні модулі більш ніж в 60 країн світу.

Технічні характеристики сонячних батарей Solar CS6P-260 наведені в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 - Технічні характеристики сонячних батарей Solar CS6P-260

Найменування	Значення
1	2
Напруга постійного струму	24 В
Напруга при максимальній потужності	30,7 В
Напруга холостого ходу	37,8 В

1	2
Номінальна потужність сонячної батареї	260 Вт
Струм короткого замикання	8,99 А
Струм при максимальній потужності	8,48 А
Вага	18 кг
Розміри (ДхШхВ)	1638x982x40 мм
Вихідний матеріал	моно-мультикристалічних кремній;
Матеріал рами	анодований алюміній
Середній повний термін експлуатації	не менше 20 років

Для обраних сонячних батарей приймаємо $P_{ном}^{CB}=260$ Вт, $U_{тпр}^{CB}=24$ В, струм в точці максимальної потужності $I_{тпр}=8,48$ А. Площа сонячної батареї:

$$S_1^{CB} = l \cdot b = 1,638 \cdot 0,982 = 1,61 \text{ м}^2$$

Враховуємо втрати на заряд-розряд акумуляторної батареї:

$$q_{з-р} = q_{свт} \cdot \zeta = 1275 \cdot 1,2 = 1530 \text{ А} \cdot \text{г}$$

Розділимо значення $q_{з-р}$ на число пікових сонце-годин для заданої місцевості i . В результаті буде отримано значення струму, який повинні генерувати сонячні батареї:

$$I^{CB} = \frac{q_{з-р}}{i} = \frac{1530}{4,24} = 360,9 \text{ А}$$

Знаходимо загальну кількість необхідних сонячних батарей:

$$N^{CB} = \frac{I^{CB} \cdot U_{інв}}{P_{ном}^{CB}} = \frac{360,9 \cdot 24}{260} = 34$$

Для визначення числа модулів, з'єднаних послідовно, розділимо напругу постійного струму системи $U_{інв}$ на номінальну напругу сонячної батареї:

$$N_{посл}^{CB} = \frac{U_{інв}}{U_{ном}^{CB}} = \frac{24}{24} = 1$$

Число модулів, з'єднаних паралельно:

$$N_{пар}^{CB} = \frac{N^{CB}}{N_{посл}^{CB}} = \frac{34}{1} = 34$$

Загальна площа сонячних батарей:

$$S^{CB} = N^{CB} \cdot S_1^{CB} = 34 \cdot 1,61 = 54,74 \text{ м}^2$$

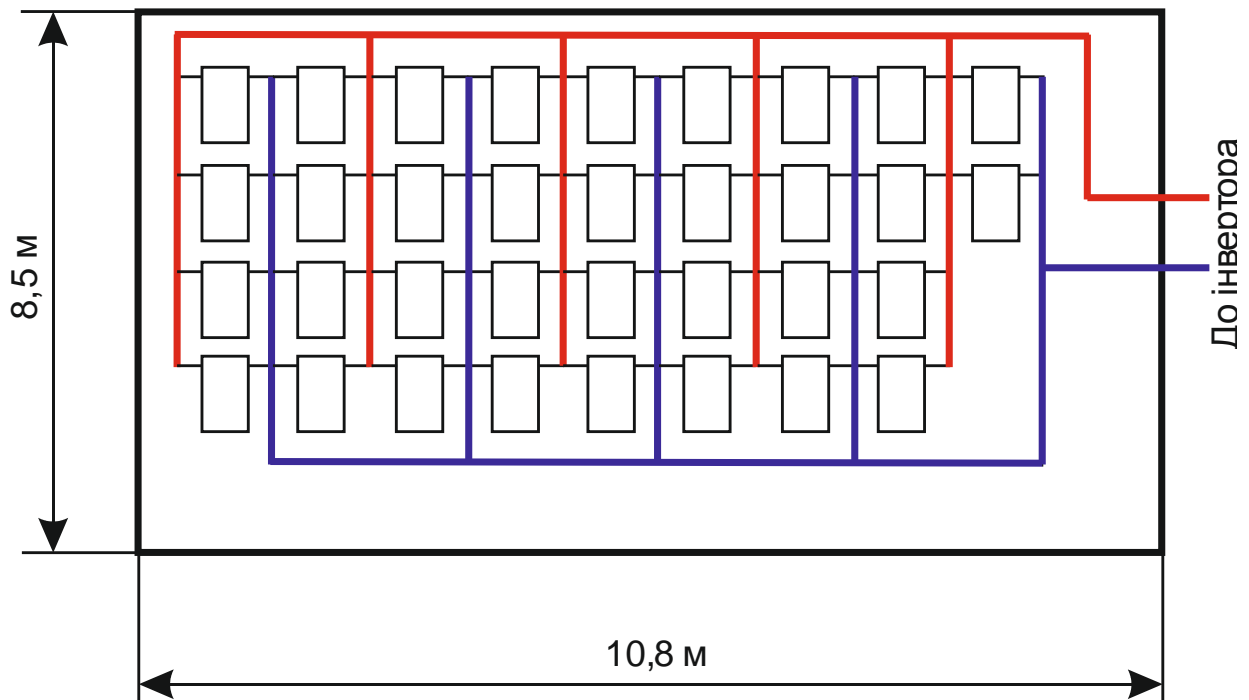


Рисунок 2.5. Схема розташування сонячних батарей на даху будинку.

Схема розташування сонячних батарей на південному схилі даху будинку наведена на рисунку 2.5.

Частка генерації електроенергії від запропонованої сонячної електростанції на тлі загального щомісячного електроспоживання будинку наведена на рисунку 2.6. Як видно енергії, що виробляється сонячними батареями недостатньо для повного забезпечення потреб домоволодіння протягом року. Тому планується використовувати вітро-дизельну установку, що дозволяє виробляти електроенергію саме у вечірні години і взимку, коли рівень сонячної інсоляції істотно знижується.

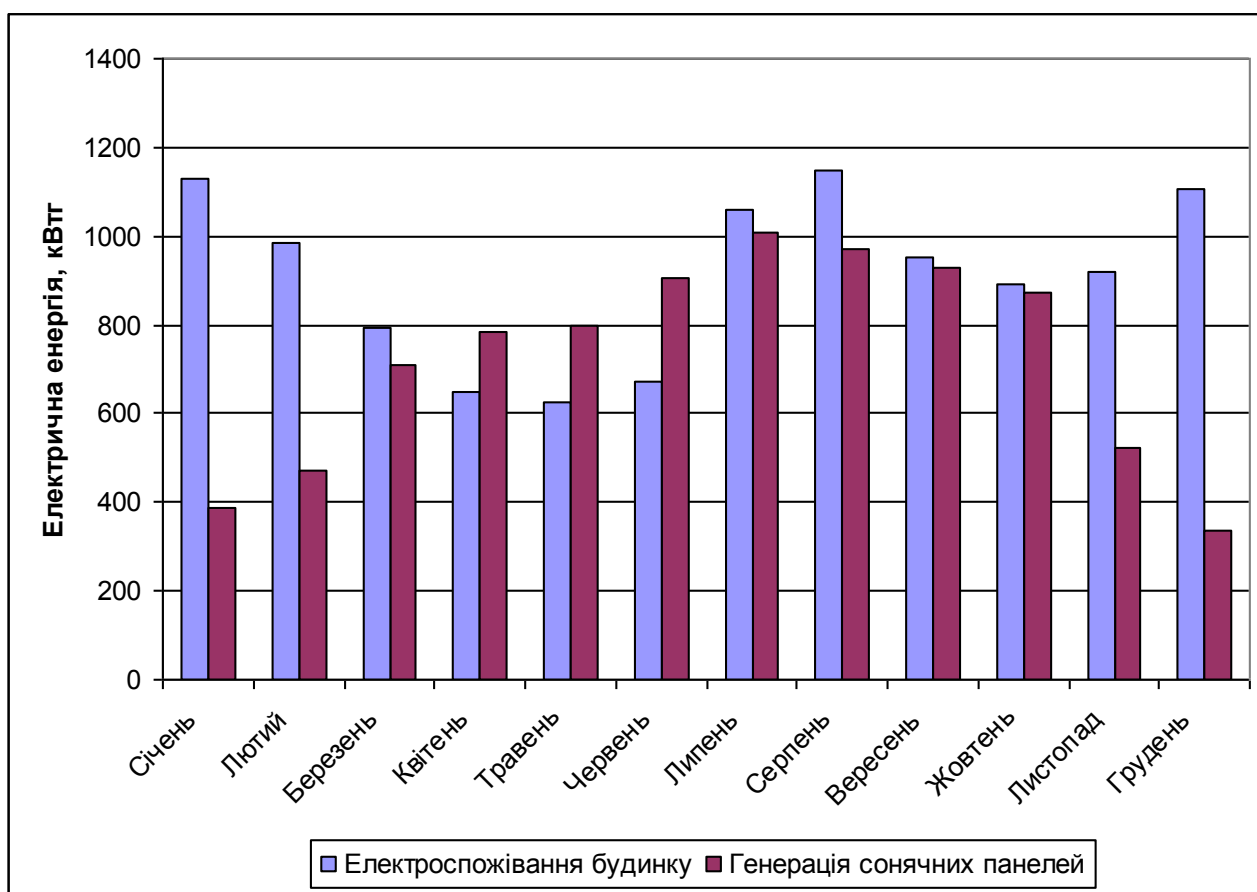


Рисунок 2.6. Частка генерації електроенергії сонячною електростанцією в загальному щомісячному електроспоживанні будинку.

2.6 Вибір структури і обладнання вітро-дизельної станції

Співвідношення вітрової і дизельної генерації для покриття електричних навантажень розглянутого будинку визначається встановленою потужністю вітрогенератора, енергетичним потенціалом вітру і середнім

електроспоживання на даному часовому інтервалі. В даному проекті економічний критерій раціонального співвідношення витрат на вітрову і дизельну генерацію має на увазі як мінімум обмеження витрат на вітрову частину гібридної електростанції на рівні досягаємої економії на експлуатацію дизельної частини.

Варіанти структури побудови вітро-дизельного енергетичного комплексу електропостачання можуть здійснюватися за однією з наведених нижче схем.

1. Вітрогенератор та резервний дизель-генератор. АВР дозволяє перемикає живлення об'єкта, при відсутності або нестачі вітру, на резервний дизельний генератор.

Обмеження на застосування аналізованого варіанта гібридної електростанції пов'язані з наявністю високого вітроенергетичного потенціалу, низьким коефіцієнтом використання встановленої потужності енергетичного комплексу, частими пусками-зупинками дизельного генератора.

2. Вітрогенератор та синхронізація з дизельним генератором. Схема дозволяє використовувати слабкі вітру за рахунок доповнення відсутньої потужності від дизельного генератора.

Реалізація даної схеми гібридної електростанції вимагає використання відповідних блоків, що забезпечують режим паралельної роботи вітрових і дизельних генераторів, перш за все гібридного інвертора. Коефіцієнт використання встановленої потужності вітрогенератора в цій схемі вище, ніж в попередній, проте вартість обладнання також значно вище.

3. Ветрогенератор з акумуляторами і резервний дизель-генератор. Від першої схеми відрізняється наявністю акумуляторних батарей, що дозволяють скоротити кількість включень дизельного генератора і виключити перерви в електропостачанні під час перемикаєння генеруючого обладнання.

В результаті порівняння можливих варіантів побудови вітро-дизельних енергетичних комплексів і приймаючи до уваги виконані раніше в §§ 2.1....2.3 розрахунки обладнання сонячної електростанції найбільш раціональним буде 3 варіант. Такий вибір заснований на наявності в складі сонячної станції акумуляторних батарей, що дозволяють накопичувати енергію як від сонячних

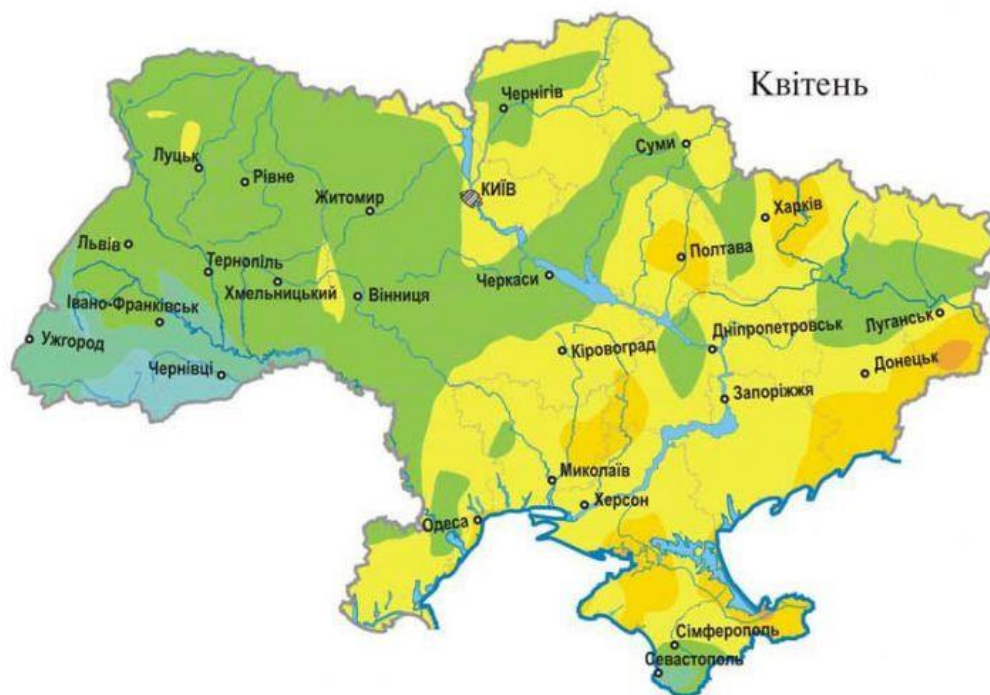
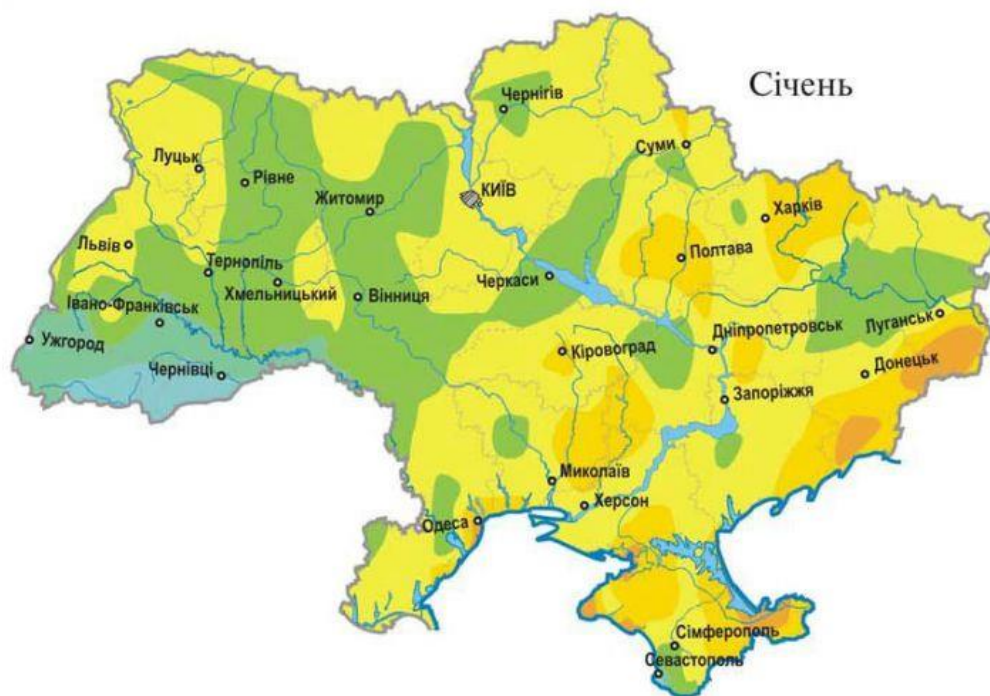
панелей, так і від вітрогенератора. При цьому наявність дизельного генератора дозволить здійснювати електропостачання об'єкту в години пікових навантажень і в разі аварійної ситуації, а також забезпечити повну автономність даного домогосподарства від міських систем електропостачання.

2.6.1 Оцінка вітроенергетичного потенціалу

Вітроенергетичний потенціал визначається як повна енергія вітрового потоку будь-якої місцевості на певній висоті над поверхнею землі. Енергія вітру характеризується швидкістю, яка є випадково змінною в просторі і часі. Тому, енергетичні характеристики вітру представляються імовірнісним описом випадкового процесу зміни вітроенергетичного потенціалу. Основою імовірнісного підходу є дискретизація тимчасового процесу, що дозволяє вважати незалежними і постійними всі обумовлені параметри на інтервалі дискретизації. В якості тимчасових інтервалів стаціонарності зазвичай використовується місяць.

Сукупність аерологічних і енергетичних характеристик вітру об'єднується в вітроенергетичний кадастр регіону. Основними характеристиками вітроенергетичного кадастру є:

- середньорічна швидкість вітру, річний і добовий хід вітру;
- повторюваність швидкостей, типи і параметри функцій розподілу швидкостей вітру;
- вертикальний профіль середньої швидкості вітру;
- питома потужність і питома енергія вітру;
- вітроенергетичні ресурси регіону.



Середньомісячні швидкості вітру (м/с)

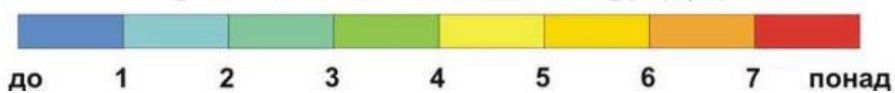


Рисунок 2.7. Значення середньої швидкості вітру по регіонах України в зимовий і весняний періоди.



Рисунок 2.8. Значення середньої швидкості вітру по регіонах України в літній та осінній періоди.

Середньорічна швидкість вітру визначається як середньоарифметичне значення, отримане в результаті вимірів швидкості через рівні проміжки часу протягом певного періоду: доба, місяць, рік.

$$V_{cp} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n V_i$$

де: V_i - швидкість вітру в інтервалі вимірювання i ;

n - кількість інтервалів вимірювань.

Дані спостережень представлені в електронній базі «Харківського національного університету» [3] являє собою щоденні результати вимірювань по кілька разів на добу і об'єднані в значення за минулими сезонами року (див. рисунки 2.7 і 2.8).

Отримані вітроенергетичні характеристики дозволяють оптимізувати вибір вітроенергетичного обладнання і, далі, інтегрувати його в систему електропостачання будинку.

2.6.2 Вибір вітрогенератора

Вибір обладнання вітроелектростанції визначається вітроенергетичним потенціалом місцевості і передбачуваним обсягом виробленої електроенергії. В якості основної характеристики вітропотенціалу для вирішення питання про доцільність будівництва ВЕС і орієнтовного вибору вітрогенератора використовується середньорічна швидкість вітру V_{cp} . Зв'язок електричної потужності, що розвивається вітрогенератором, зі швидкістю вітру встановлюється відомим співвідношенням:

$$P_{el} = \zeta \cdot 0,5 \cdot \pi \cdot R^2 \cdot \rho \cdot V_{cp} \cdot \eta$$

де: ζ - коефіцієнт використання енергії вітру;

R - радіус ротора вітротурбіни;

ρ - щільність повітря (при нормальних умовах $\rho=1,2041 \text{ кг/м}^3$);

V_{cp} - середньорічна швидкість вітру;

η - ККД електромеханічного перетворювача енергії.

Орієнтуючись на передбачувану кількість енергії, що генерується і на середньорічну швидкість вітру можна з пропонованих на ринку вітрогенераторів попередньо вибрати підходящі варіанти.

В процесі розгляду варіантів слід зіставляти стартову швидкість вітру, яка для більшості вітрогенераторів дорівнює 2...4 м/с, номінальну швидкість вітру, що змінюється для різних вітрогенераторів від 8 до 14...15 м/с, із середньою швидкістю вітру для даної місцевості.

Зручною для аналізу вироблення електроенергії скористатися характеристиками потужності ВЕС, що зв'язує електричну потужність зі швидкістю вітру. Дана характеристика часто знімається експериментально і наводиться в технічному описі вітрогенераторів.

При відомому розподілі швидкостей вітру по градаціях можливе вироблення електроенергії вітрогенератора за певний проміжок часу можна визначити як:

$$W = \sum_{i=1}^n P_i \cdot t_i$$

де: P_i - середня потужність, відповідна i - градації швидкості вітра;

t - тривалість даної градації за аналізований часовий інтервал (зазвичай місяць);

n - кількість градацій.

Слід зазначити, що не всі виробники наводять характеристики потужності своїх вітрогенераторів. В цьому випадку можна використовувати лінійну апроксимацію цих характеристик по двох точках:

- стартова швидкість вітру і близько до нуля потужність;
- номінальні швидкість і потужність вітрогенератора.

Остаточний вибір обладнання вітроелектростанції може бути здійснений після оптимізації енергетичного балансу гібридної вітро-дизельної станції. Енергетичний баланс вітро-дизельної системи електропостачання має на увазі покриття графіків електроспоживання об'єкта енергією, що генерується вітроелектростанцією та дизельною електростанцією.

Використовуючи характеристики вітрогенераторів різних виробників побудуємо залежності вироблюваної ними електроенергії від швидкості вітру (рисунок 2.9).

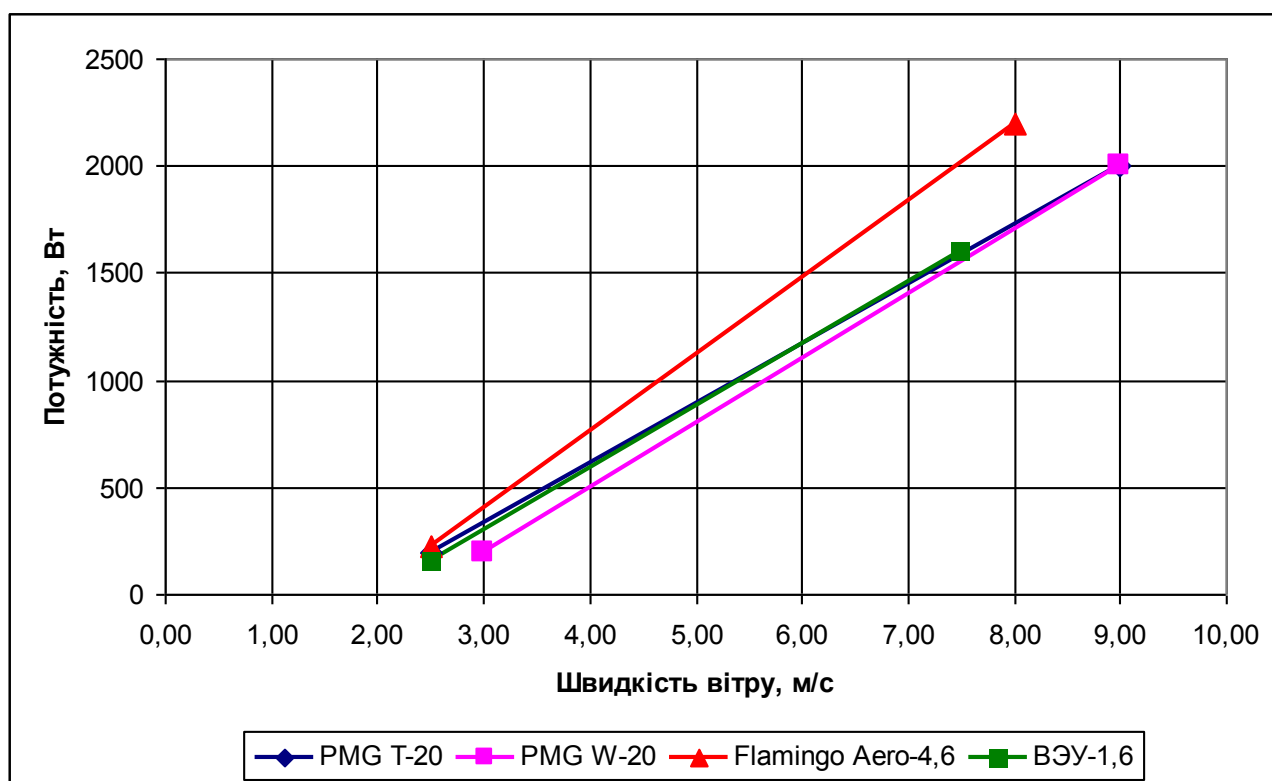


Рисунок 2.9. Залежність вироблюваної електроенергії від швидкості вітру різних вітрогенераторів.

Як видно при порівнянні характеристик різних вітрогенераторів близьких по потужності, найбільш привабливим для умов розглянутого будинку є вітрогенератор «Flamingo Aero-4,6», який розвиває найбільшу потужність при швидкостях вітру 4,0...6,0 м/с. Представлена на рисунку графічна характеристика обраного вітрогенератора, може бути описана поліноміальною апроксимацією рівнянням:

$$y = 360 \cdot x - 680$$

Використовуючи залежність на рисунку 2.9, отримане рівняння і дані про середні швидкості вітру в районі м Нова Каховка, визначимо кількість електроенергії, яке може призвести обраний вітрогенератор в січні місяці.

$$W_{\text{ВГсіч}} = (360 \cdot V_{\text{ср.січ}} - 680) \cdot t_{\text{доб}} \cdot t_{\text{січ}} = (360 \cdot 4,5 - 680) \cdot 24 \cdot 31 = 699,3 \text{ кВт}\cdot\text{г}$$

де: $V_{\text{ср.січ}}$ - середня швидкість вітру в січні, м/с;

$t_{\text{доб}}$ - число годин у добі;

$t_{\text{січ}}$ - кількість днів в січні.

Для інших місяців року розрахунок проводиться аналогічно, результати розрахунку зведені в таблицю 2.7.

Таблиця 2.7 - Генерація електроенергії вітрової електростанцією протягом року.

Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень	Всього
699	583	619	573	565	418	298	324	418	432	495	619	6043

Проведений розрахунок показує, що обраний вітрогенератор «Flamingo Aero-4,6» потужністю 2,2 кВт в тандемі з сонячною електростанцією, розрахованої в §§ 2.2...2.4 дозволяє практично повністю (крім січня і грудня) забезпечити електроенергією даний об'єкт досліджень - приватний будинок в місті Нова Каховка.

Таким чином остаточно вибираємо для установки вітрогенератор «Flamingo Aero-4,6» потужністю 2,2 кВт з технічними характеристиками, наведеними в таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 - Технічні характеристики вітрогенератора «Flamingo Aero-4,6»

Найменування	Значення
Номінальна потужність	2,2 кВт
Номінальна вихідна напруга	48 В
Діаметр віротурбіни	4,6 м
Номінальна частота обертання	210 об/хв
Кількість лопатей	3 шт
Матеріал лопатей	склопластик
Стартова швидкість вітру	2,5 м/с
Розрахункова швидкість вітру	8 м/с
Максимальна швидкість вітру	50 м/с
Орієнтація за вітром	за допомогою кіля
Метод зупинки	флюгування
Регулювання частоти обертання	аеромеханічне
Рекомендована висота щогли	від 17 м
Робочий діапазон температур	від мінус 40 °С до + 60 °С

Як уже зазначалося, використання сонячної та вітрової електростанції для розглянутого будинку буде недостатньо тільки в січні і грудні місяці. Для забезпечення повної автономності та незалежності електропостачання об'єкту від міської електромережі зробимо вибір дизельного генератора, який додатково буде забезпечувати електроенергією в перераховані місяці, а також в години пікових навантажень і аварійних ситуаціях.

2.6.3 Вибір дизельного генератора

Дизельні електростанції в гібридних системах електропостачання виконують найважливіші функції гарантованого джерела живлення. Крім того, в залежності від структури вітро-дизельного енергетичного комплексу, він може виконувати буферні функції, компенсуючи пульсації потужності ВЕС.

Виходячи з необхідності забезпечення споживачів електроенергією в будь-яких ситуаціях вибір числа і потужності дизель-генераторів слід проводити з урахуванням наступних вимог:

1) Сумарна потужність агрегатів повинна бути на 25% більше добового максимуму навантаження: $P_2 > 1,25P_{\max}$

2) Завантаження дизель-генераторів повинна перебувати в межах 25...80% щодо номінальної.

3) Кількість дизельних електроагрегатів повинна бути надмірною для забезпечення можливості виведення з роботи агрегатів для сервісного обслуговування, поточного і капітального ремонтів.

4) Умова експлуатації дизельних електростанцій повинні відповідати кліматичним характеристикам місцевості.

Виходячи з наведених вимог вибираємо для електропостачання будинку однофазний дизельний генератор торгової марки NIK типу DG7500 потужністю 6,0 кВт. Генератор NIK DG7500 забезпечує резервне постачання енергоресурсом об'єктів за рахунок споживання дизельного палива. Агрегат не вередливий до якості пального, працюючи без перебоїв в будь-яких ситуаціях. Конструкція внутрішнього механізму створена для максимального спалювання дизеля з метою економії і високого ККД. Завдяки цьому знос робочих деталей зменшується в рази, а вихлопні гази менш токсичні. Технічні характеристики NIK DG7500 наведені в таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 - Технічні характеристики дизельного генератора NIK DG7500

Найменування	Значення
1	2
Наявність автоматики	з блоком АВР
Напруга	1 фаза
Напруга мережі	220 В
Характеристики двигуна	4-тактний, 1 циліндровий
Частота напруги	50 Гц
Номінальна потужність	6 кВт

1	2
Максимальна потужність	6,5 кВт
Тип запуску	автозапуск
Тип генератора	синхронний
Виробник двигуна	фірма Nik
Корпус	шумозахисний
Охолодження двигуна	повітряне
Підігрів палива	немає
Час безперервної роботи	12 год.
Паливо	дизель
Витрата палива	280 г/кВт·г
Об`єм паливного бака	15 л
Об`єм масляного картера	1,6 л
Рекомендований тип масла	SAE 10W/30, 15W/40
Коефіцієнт потужності	$\cos\varphi=1$
Рівень шуму	68 дБ
Габаритні розміри	800x580x550 мм
Вага	180 кг

Результати роботи запропонованої системи альтернативного електропостачання приватного будинку в м. Нова Каховка наведено в таблиці 2.10 і на рисунку 2.10.

Таблиця 2.10 - Результати роботи системи альтернативного електропостачання приватного будинку.

	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень	Всього
Споживання	1128	985	793	651	626	670	1058	1148	952	890	920	1107	10928
Генерація сонце	388	471	707	784	800	904	1009	970	928	871	523	338	8692
Генерація вітер	699	583	619	573	565	418	298	324	418	432	495	619	6043
Генерація дизель	41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	150	191
Генерація за «Зеленим тарифом»	0	69	533	706	740	651	248	146	394	412	98	0	3998

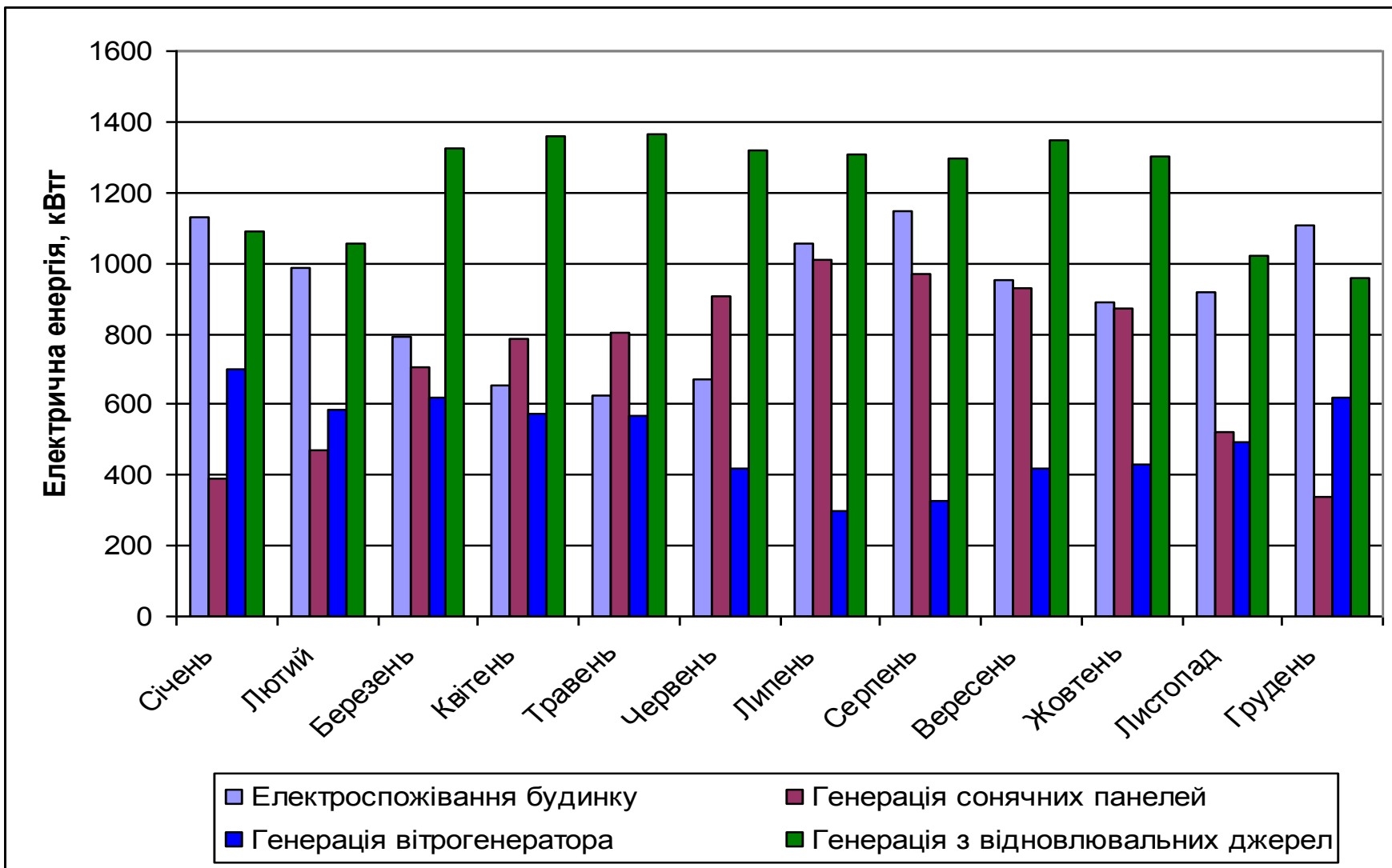


Рисунок 2.10. Результати роботи системи альтернативного електропостачання приватного будинку

Висновки.

1. В роботі показана можливість автономного електропостачання приватного будинку, розташованого в Херсонській області м. Нова Каховка, з використанням відновлюваних джерел електроенергії - сонячної та вітрової електростанцій.

2. Використання комбінованої електростанції дозволяє істотно знизити встановлені потужності за рахунок перекриття пікових генерацій. У зимовий час, коли рівень сонячної інсоляції істотно знижений велика частка генерації електроенергії припадає на вітрогенератор і навпаки, коли в літню пору середня швидкість вітру знижується, основну частку генерації бере на себе сонячна електростанція.

3. Застосування в якості резерву дизельного генератора дозволяє забезпечити повну автономність електропостачання і незалежність від міських електромереж.

3 Техніко-економічне обґрунтування

3.1 Вступ

Відновлювана або регенеративна енергія - енергія з джерел, які, за людськими масштабами, є невичерпними. Основний принцип використання відновлюваної енергії полягає в її вилученні з процесів які постійно відбуваються в навколишньому середовищі. Таким чином, використання поновлюваних джерел енергії, є дуже перспективним завданням не тільки з точки зору економічної вигоди, але і збереження природних ресурсів і екології планети.

В роботі проведено аналіз кліматичних умов Херсонської області, виділені найбільш перспективні джерела поновлюваної енергії - сонячні батареї та вітроенергетика. На підставі проведеного аналізу запропоновано впровадження гібридної сонячно-вітро-дизельної електростанції для умов приватного домоволодіння що знаходиться в м. Нова Каховка.

Впровадження запропонованої системи дозволить повністю забезпечити потреби об'єкта в електричній енергії, що дасть не тільки повну автономність від міських електричних мереж, але і можливість реалізації надлишків електроенергії в мережу за «зеленим тарифом».

Для визначення економічної ефективності в магістерській роботі необхідно визначити капітальні витрати на придбання, доставку, монтаж і налагодження відповідного обладнання, експлуатаційні витрати, показники ефективності капітальних витрат і термін окупності проекту.

3.2. Розрахунок капітальних витрат

Капітальні вкладення - це кошти, призначені для створення і придбання основних фондів та нематеріальних активів які підлягають амортизації.

Капітальні вкладення, необхідні для впровадження запропонованої системи, є одним з найважливіших показників що застосовуються для економічної оцінки ефективності заходів.

Проектні капіталовкладення в обладнання та будівельно-монтажні роботи визначаються на основі договірних цін і розцінок за станом на 20.11.2018 р. промислової групи компаній «Рентехно» [9]. Підприємство надає повний спектр послуг з продажу, доставки, монтажу і налагодження сонячних і вітрових електростанцій.

Вартість монтажно-налагоджувальних робіт визначимо за формулою:

$$K_{\text{мн}} = \sum (C_i \cdot a \cdot t_i) \cdot K_d \cdot K_{\text{см}} \cdot K_{\text{пр}} = (4 \cdot 26,1 \cdot 24 + 2 \cdot 31,9 \cdot 15) \cdot 1,1 \cdot 1,22 \cdot 1,1 = 5103 \text{ грн}$$

де: C_i - чисельність працівників i -го розряду, необхідних для виконання певного обсягу монтажних (налагоджувальних) робіт, чол;

a_i - годинна тарифна ставка i -го розряду, грн;

t_i - час, необхідний для виконання певного обсягу монтажних (налагоджувальних) робіт, годин;

$K_d=1,1 \dots 1,5$ - коефіцієнт, що враховує розмір доплат;

$K_{\text{см}}=1,22$ - коефіцієнт, що враховує відрахування на соціальні заходи;

$K_{\text{пр}}=1,1 \dots 1,5$ - коефіцієнт, що враховує інші витрати на здійснення монтажних (налагоджувальних) робіт.

Транспортні витрати визначаються відповідно до тарифів перевізника ТОВ «Делівері», маси вантажу і відстані до складів постачальника. Доставка вантажів буде здійснюватися зі складу компанії «Рентехно» в місті Біла Церква Київської області. Згідно розрахунків перевізника доставка 6 вантажних місць загальною масою 1,5 тонни складе 7183 грн.

Проектні капіталовкладення в устаткування наведені в таблиці. 3.1.

Таблиця 3.1 - Розрахунок капітальних витрат по проектному варіанту

№	Найменування встаткування й виконуваних робіт	Обґрунтування	Кількість	Вартість, грн.	
				за одиницю	усього
1	Сонячні батареї Solar CS6P-260	Електронний ресурс [2]	34	3200	108800
2	Гібридний сонячний інвертор SILA 2000P	Електронний ресурс [2]	1	5375	5375
3	Акумуляторна батарея Kijo JDG12-250	Електронний ресурс [2]	12	2950	35400
4	Ветрогенератор «Flamingo Aero-4,6»	Електронний ресурс [9]	1	37871	37871
5	Дизельний генератор NIK DG7500	Електронний ресурс [9]	1	8400	8400
6	Разом				195846
7	Транспортні витрати	грн.	-	-	7183
8	Монтажно-налагоджувальні роботи	грн.	-	-	5103
9	УСЬОГО	грн.	-	-	208132

Капітальні витрати становлять:

$$K = K_{об} + K_{тр} + K_{мн}$$

де: $K_{об}$ – вартість устаткування по зведенню витрат (без ПДВ), грн.;

$K_{тр}$ – транспортно-заготівельні й складські витрати, грн.;

$K_{мн}$ – витрати на монтаж і налагодження встаткування, грн.;

$$K = 195846 + 7183 + 5103 = 208132 \text{ грн}$$

3.3. Розрахунок експлуатаційних витрат

Експлуатаційні витрати - це поточні витрати на експлуатацію й обслуговування об'єкта проектування за певний період, виражений у грошовій формі.

До основних статей експлуатаційних витрат по електротехнічному встаткуванню й енергомережам ставляться:

а) амортизаційні відрахування (C_a);

б) вартість спожитої електроенергії (C_e);

в) основна й додаткова заробітна плата обслуговуючого персоналу й відрахування на соціальні заходи (C_3);

г) витрати на технічне обслуговування й поточний ремонт устаткування (C_T);

д) інші витрати ($C_{ін}$).

У такий спосіб річні експлуатаційні витрати по об'єкті проектування становлять:

$$C = C_a + C_e + C_3 + C_T + C_{ін}$$

де: C_3 - заробітна плата з нарахуваннями персоналу, зайнятого обслуговуванням пристроїв, грн/рік;

C_T - витрати на технічне обслуговування й поточний ремонт, грн/рік;

C_a - сума амортизаційних відрахувань, грн/рік;

C_e - вартість спожитої електроенергії, грн/рік;

$C_{ін}$ - інші витрати, грн/рік.

Пропонована до установки система сонячних батарей і вітрогенератора є повністю автономною і не вимагає постійної присутності оператора або обслуговуючого персоналу. Всі планові роботи з обслуговування будуть проводитися господарем будинку. Таким чином статті витрат C_3 , C_e і $C_{ін}$ дорівнюють нулю.

$$C_a = \frac{\Phi_n \cdot H_a}{100}; \quad H_a = \frac{\Phi_n - L}{\Phi_n \cdot T_{\min}} \cdot 100\%$$

де: H_a - норма амортизаційних відрахувань.

Φ_n - початкова вартість;

Л - розрахункова ліквідаційна вартість основних засобів, при прямолінейном методі амортизації можна прийняти рівною нулю;

T_{\min} - термін корисного використання основних фондів.

Розрахуємо амортизаційні відрахування для капітальних витрат з таблиці 3.1.

$$C_a = \frac{\Phi_n \cdot H_a}{100} = \frac{208132 \cdot 8,0}{100} = 16650 \text{ грн.}$$

$$H_a = \frac{\Phi_n - Л}{\Phi_n \cdot T_{\min}} \cdot 100\% = \frac{208132 - 0}{208132 \cdot 12} \cdot 100\% = 8,0\%$$

де: T_{\min} - строк корисного використання обладнання;

Річні витрати на технічне обслуговування й поточний ремонт електротехнічного встаткування включає витрати на матеріали, запасні частини, обслуговування лічильників, ремонт розподільчих мереж і визначаються за фактичним даними або укрупнено у відсотках від капітальних витрат. Приймаємо в розмірі 0,01% від капітальних витрат, а саме:

$$C_T = 0,01 \cdot K_{об} = 0,01 \cdot 195846 = 1958 \text{ грн.}$$

Відповідно до практики, інші витрати визначаються в розмірі 4% від річного фонду заробітної плати обслуговуючого персоналу. У зв'язку з тим, що фонду заробітної плати обслуговуючого персоналу $C_3=0$ ця складова експлуатаційних витрат також дорівнює нулю.

Об'єкт проектування - гібридна сонячно-вітро-дизельна установка є повністю автономною і не споживає електроенергії з мережі. зв'язку з цим дана стаття амортизаційних відрахувань дорівнює нулю.

Річні експлуатаційні витрати по об'єкті проектування становлять:

$$C = C_a + C_e + C_3 + C_T + C_{in} = 16650 + 0 + 0 + 1958 + 0 = 18608 \text{ грн.}$$

3.4 Визначення річної економії

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

$$E_{\text{рік}} = W_{\text{СПрік}} \cdot \text{Ц}_{\text{Емер}} + W_{\text{НАД}} \cdot \text{Ц}_{\text{ЗТ}} - V_{\text{дп}} \cdot \text{Ц}_{\text{он}} = 10928 \cdot 1,68 + 3998 \cdot 5,38 - 53 \cdot 32 = 38172 \text{ грн.}$$

де: $W_{\text{СПрік}}$ - кількість електроенергії, що споживається споживачами будинку за рік (згідно таблиці 2.10 $W_{\text{СПрік}}=10928$ кВт·г);

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

$W_{\text{НАД}}$ - кількість надлишків електроенергії (згідно таблиці 2.10 $W_{\text{НАД}}=3998$ кВт·г);

$\text{Ц}_{\text{ЗТ}}$ - вартість електричної енергії за «зеленим тарифом» (згідно таблиці 1.2 $\text{Ц}_{\text{ЗТ}}=5,38$ грн/кВт·г);

$V_{\text{дп}}$ - об'єм спожитого дизельного палива, л;

$\text{Ц}_{\text{дп}}$ - вартість дизельного палива, грн./л.

Об'єм спожитого дизельного палива визначається за формулою:

$$V_{\text{дп}} = W_{\text{дг}} \cdot \Delta_{\text{дг}} = 191 \cdot 0,28 = 53 \text{ л}$$

де: $W_{\text{дг}}$ - кількість електроенергії, що вироблена дизельним генератором (згідно таблиці 2.10 $W_{\text{дг}}=191$ кВт·г);

$\Delta_{\text{дг}}$ - питоме споживання дизельного палива генератором (згідно таблиці 2.9 $\Delta_{\text{дг}}=0,28$ л/кВт·г)

Знайдемо повну річну економію:

$$E_{\text{повна}} = E_{\text{рік}} - C = 38172 - 18608 = 19564 \text{ грн.}$$

3.5 Визначення та аналіз показників економічної ефективності

Знайдемо розрахунковий коефіцієнт ефективності (доходу) капітальних витрат:

$$E_p = \frac{E_{\text{повна}}}{K} = \frac{19564}{208132} = 0,093$$

де: K – капітальні витрати, грн.;

$E_{\text{повна}}$ – загальна річна економія від впровадження гібридної системи, грн.

Термін окупності капітальних витрат:

$$T_p = \frac{K}{E_{\text{повна}}} = \frac{208132}{19564} = 10,6 \text{ років}$$

Для остаточної оцінки порівнюються розрахункові значення E_p з нормативним E_n . Визначити нормативне значення коефіцієнта ефективності можна виходячи з прийнятною для зазначених заходів індивідуальної норми прибутковості:

$$E_n = \frac{1}{T_o} = \frac{1}{12} = 0,083$$

$$0,93 = E_p < E_n = 0,083$$

де: T_o - очікуваний прийнятний термін окупності капітальних вкладень,
 $T_o=12$ років

Результати розрахунку економічних показників проекту з впровадження гібридної сонячно-вітро-дизельної електростанції в умовах приватного домоволодіння розташованого в Херсонській області м. Нова Каховка, наведено в таблиці 3.2

Таблиця 3.2 - Зведена таблиця техніко-економічних показників.

№ п/п	Найменування показників	Одиниці виміру	Проектний варіант
1	Капітальні витрати	грн.	208132
2	Експлуатаційні витрати	грн.	18608
3	Річна економія	грн.	38172
4	Повна річна економія	грн.	19564
5	Розрахунковий коефіцієнт ефективності	-	0,093
6	Розрахунковий термін окупності капітальних витрат	років	10,6

Висновки:

1. При порівнянні коефіцієнта ефективності (прибутковості) капітальних витрат, для розглянутого технічного заходу, з нормативним значенням коефіцієнта ефективності, розрахованого при прийнятному терміні окупності $T_0=12$ років, можна зробити висновок про те, що впровадження цього заходу є економічно доцільним.

2. Крім прямої економічної вигоди запропоноване впровадження гібридної сонячно-вітро-дизельної електростанції надає позитивний вплив на екологію, що в сучасних умовах є не менш важливим показником.

Висновки

У дипломному проекті розглянута можливість створення гібридної вітро-сонячно-дизельної електростанції для умов приватного будинку розташованого в Херсонській області м. Нова Каховка.

Проведений в першому розділі аналіз показав, що реалізація проектів по впровадженню відновлюваних джерел енергії в Україні є привабливою не тільки з точки зору екологічних параметрів, а й економічно. Використання «зеленого тарифу» дозволяє значно скоротити терміни окупності проектів по впровадженню ВДЕ, як для великих інвесторів, так і для дрібних індивідуальних господарств.

У зв'язку з тим, що основним завданням роботи є аналіз можливості забезпечити повну автономність системи електропостачання об'єкту від міських електричних мереж, була обрана саме гібридна вітро-сонячно-дизельна електростанція.

Використання комбінованої електростанції дозволяє істотно знизити встановлені потужності за рахунок перекриття пікових генерацій. У зимовий час, коли рівень сонячної інсоляції істотно знижений велика частка генерації електроенергії припадає на вітрогенератор і навпаки, коли в літню пору середня швидкість вітру знижується, основну частку генерації бере на себе сонячна електростанція. Застосування в якості резерву дизельного генератора дозволяє забезпечити повну автономність електропостачання і незалежність від міських електромереж.

Крім прямої економічної вигоди запропоноване впровадження гібридної електростанції надає позитивний вплив на екологію, що в сучасних умовах є не менш важливим показником.

Перелік посилань

1. Сайт компанії «Baker Tilly» (Електр. ресурс) / Спосіб доступу: URL: <http://www.bakertilly.ua/ru/news/id1122>
2. Сайт компанії «SolarSoul» (Електр. ресурс) / Спосіб доступу: URL: <http://solarsoul.net/solnechnyj-potencial-ukrainy-2017>
3. Сайт Підприємства «СІРІУС» (Електр. ресурс) / Спосіб доступу: URL: http://www.siriusone.net/index.php?action=page&page_id=135&lang=ru
4. Методическое пособие для дипломного проектирования «Расчет системы автономного энергоснабжения с использованием фотоэлектрических преобразователей» для студентов специальностей 6.090504 «Нетрадиционные источники энергии», 6.050701 «Электротехника и электротехнологии», составители: Бекиров Э. А., Воскресенская С. Н., Химич А. П. – Симферополь: НАПКС, 2010 г
5. Системы электроснабжения с ветровыми и солнечными электростанциями: учебное пособие / Б.В. Лукутин, И.О. Муравлев, И.А. Плотников - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015. - 128 с.
6. Правила пользования электрической энергией. // НКРЭ. – 2002. – 64с
7. Методичні вказівки до виконання дипломного проекту для студентів з напряму підготовки 0906 «Електротехніка» / Укладачі: І.В.Шереметьєва, Л.В.Тимошенко. – Дніпропетровськ: НГА України, 2001. – 32 с.
8. Стандарт вищого навчального закладу. Кваліфікаційні роботи випускників. Загальні вимоги до дипломних проектів і дипломних робіт / Упорядн.: В.О. Салов, О.М. Кузьменко, В.І. Прокопенко. – Дніпропетровськ.: Національна гірничо-академія України, 2002. – 52 с.
9. Сайт компанії ТОВ «Альтеко Груп» (Електр. ресурс) / Спосіб доступу: URL: <http://alteco.in.ua/products/vetrogenerator/vetryaki/flamingo-aero-4-4-detail>
10. Сайт представника компанії «НИК» (Електр. ресурс) / Спосіб доступу: URL: <http://storgom.ua/product/dizelnyygeneratornikdg75-0odnofaznyy.html>

