

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Навчально-науковий інститут енергозбереження та енергоменеджменту

Кафедра електропостачання

«На правах рукопису»
УДК 621.548

«До захисту допущено»

В.о. завідувача кафедри

_____ Денис ДЕРЕВ'ЯНКО

«__» _____ 2021

р.

Магістерська дисертація
на здобуття ступеня магістра

зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

освітньо-професійна програма «Енергетичний менеджмент та енергоефективні технології»

на тему: «Підвищення ефективності гібридної системи електропостачання об'єктів побутового сектору»

Виконав :

студент II курсу, групи ОН-01мп

Усенко Артем Олександрович _____

Керівник:

к.т.н., доц. Калінчик В.П. _____

Консультант з нормоконтролю:

ас. Прокопенко І.Д. _____

Рецензент:

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент _____

Київ – 2021 року

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»**

Інститут/факультет Навчально-науковий інститут енергозбереження та енергоменеджменту

Кафедра електропостачання

(повна назва)

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Спеціалізація «Енергетичний менеджмент та енергоефективні технології»

В.о. завідувача кафедри

_____ Денис ДЕРЕВ'ЯНКО

« ___ » _____ 20__ р.

**ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту**

Усенко Артем Олександрович

_____ (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації «Підвищення ефективності гібридної системи електропостачання об'єктів побутового сектору»

науковий керівник дисертації к.т.н., доц. Калінчик В.П.,

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

затверджено наказом по університету від «29» жовтня 2021 р. № 3602-с

2. Строк подання студентом дисертації 14 грудня 2021 року

3. Об'єкт дослідження приватний будинок розташований в місті Києві.

4. Предмет дослідження методи оптимізації структури функціонування гібридних систем електропостачання

5. Перелік завдань, які потрібно розробити 1) аналіз існуючих методів оцінювання ефективності заходів з енергозбереження; 2) аналіз методології відбору чинників, що впливають на енергоспоживання; 3) аналіз гібридних систем електропостачання для приватного та промислового сектору і; 4) дослідження можливості практичного застосування відновлюваних джерел енергії в гібридній автономній системі електропостачання 5) створення стартап-проекту у сфері енергоефективності та енергозбереження.

6.Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: презентація – наочні матеріали за результатами дослідження (алгоритми розрахунків та діаграми), графіки енергоспоживання, блок-схеми, , результати одно- і багатofакторного регресійного аналізу, результати статистичних розрахунків.

7.Орієнтовний перелік публікацій результати магістерської дисертації були оприлюдненні на IV Науково-технічній конференції магістрантів ІЕЕ, Інститут енергозбереження та енергоменеджменту, Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського". Дата проведення – 17-18 листопада 2021 року.

8.Консультанти розділів дисертації

Нормоконтроль

ас. Прокопенко І.Д.

9.Дата видачі завдання 1 вересня 2021 року

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів МД	Примітка
1.	Отримання завдання	1.09.21	
2.	Аналіз літературних джерел	17.09.21-30.09.21	
3.	Складання плану роботи	8.10.21-12.10.21	
4.	Робота над першим та другим розділом	22.10.21-27.10.21	
5.	Робота над третім розділом	1.11.21-15.11.21	
6.	Розробка стартап проекту	16.11.21-18.10.21	
7.	Оформлення дисертації	22.11.21-25.11.21	
8.	Оформлення реферату та презентації, проходження перевірки на плагіат та рецензування	27.11.21-5.12.21	
9.	Передзахист МД	7.12.21-10.12.21	
10.	Захист дисертації	20.12.21-23.12.21	

Студент

(підпис)

Усенко А.О.

(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

(підпис)

Калінчик В.П.

(ініціали, прізвище)

РЕФЕРАТ

Структура і обсяг роботи: дисертація викладена на 85 сторінках, складається зі вступу, 4 розділів, висновку, уміщує 41 рисунок, 34 таблиці, 22 формул, список використаних джерел із 37 найменувань на 4 сторінках.

Актуальність теми. Сучасне суспільство постійно стикається з проблемами енергозбереження та екології. Відбувається регулярне підвищення цін на ресурси і погіршення екологічної обстановки. Так, де залежність між екологією та енергозбереженням? Вона дуже чітко простежується. У промислових масштабах простежити залежність легко, а от на побутовому рівні можна побачити лише опосередковану взаємодію. Застосування енергозберігаючих технологій може призвести до зниження витрат на енергію, що робить позитивний вплив на екологію. Екологічна обстановка важлива, оскільки всім хочеться дихати свіжим повітрям, вживати натуральні продукти і чисту воду. Сучасні блага цивілізації залишають слід на екології, оскільки всі вони приводять до споживання енергії. Теплові електростанції, що виробляють енергію для побутових приладів, завдають шкоди екології. Розумне використання енергії дозволить скоротити згубний вплив на екологічну обстановку. Якісно розроблений проект з електрозбереження дозволяє оптимізувати використання енергії для приватного сектору.

На сьогоднішній день є кілька способів поліпшити енергозбереження, але до цього питання слід підійти відповідально, щоб відчутти дієвий ефект. Заміна лампочок розжарювання на енергозберігаючі лампи не вирішить це питання суттєво. Має значення правильно сформований проект. Можна безкінечно вимикати світло в кімнатах, яких ви не знаходитесь. Мити руки холодною водою. Вмикати електричні пристрої окремо. Максимально економити кошти на всьому. А можна підійти до питання енергозабезпечення з іншого боку. Світ не стоїть на одному місці. В сучасних країнах вже нікого не здивуєш сонячними геліоколекторами на даху будинку. Кожен день передові інженерні компанії змагаються між собою, в кого більше кілометрів проїде електрокар на одному заряді батареї, а в кого одна вітрова станція зможе забезпечити електроенергією ціле місто.

Енергоефективність безпосередньо залежить від дій мешканців приватних будинків. Застосування сучасної техніки і контроль використання ресурсів дозволить заощадити до сорока відсотків енергії. Використання ефективних технологій дозволить знизити вживання енергії, що вплине на ваші фінанси кожного наступного місяця і в майбутньому завдяки зеленим тарифам ви зможете навіть заробляти гроші завдяки альтернативним джерелам енергії.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Усі дослідження в роботі відносяться до напрямку «Енергетика та енергоефективність» Закону України № 2519-VI від 09.09.2010 р. «Про пріоритетні напрямки розвитку науки і техніки», стратегічним напрямом інноваційної діяльності в Україні на 2003-2013 роки «Новітні ресурсозберігаючі технології» Закону України № 433-IV від 16.01.2003 р. «Про пріоритетні напрями інноваційної діяльності в Україні», Комплексній програмі НТУУ «КПІ» «Енергетика сталого розвитку» і направленості тематики кафедри електропостачання НТУУ «КПІ», Закону України від 13.04.2017 № 2019 «Про Ринок електричної енергії».

Метою магістерської дисертації є дослідження гібридної системи електропостачання на прикладі приватного будинку розташованого у місті Києві:

- аналіз інформації щодо використання альтернативних та оцінка достовірності вихідних показників надійності, визначення і урахування впливових факторів, законів розподілу випадкових величин;
- вибір та порівняння альтернативних джерел електропостачання в гібридній системі.
- послідовність реалізації системного підходу до аналізу статистичної інформації та здійсненню оцінювання надійності електропостачання.
- дослідження практичного застосування відновлювальних джерел енергії в гібридній системі для оцінювання енергоефективності будинку.

Об'єктом дослідження є системи електропостачання побутового сектору.

Предмет дослідження. Методи оптимізації структури функціонування гібридних систем електропостачання, процеси вироблення електричної енергії генеруючими установками шляхом використання відновлюваних джерел енергії.

Методи дослідження. Дослідження базуються на використанні сучасних програм розрахунків, обчислювальних приладів і програм зі створення графіків та діаграм.

Наукова новизна результатів дослідження. Запропоновано нову, більш досконалу гібридну систему електропостачання на основі сучасних винаходів, яка буде більш економічно вигідна.

Практичне значення отриманих результатів. Отримані результати можуть бути використані для удосконалення, або запровадженню нових гібридних систем електропостачання для приватних споживачів.

Апробація результатів роботи. Результати магістерської дисертації були оприлюдненні:

Усенко А.О. «ОСОБЛИВОСТІ ВИБОРУ ГІБРИДНИХ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ» IV Науково-технічна конференція магістрантів ІЕЕ (за результатами дисертаційних досліджень магістрантів), Інститут енергозбереження та енергоменеджменту, Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського". Дата проведення – 17-18 листопада 2021 року.

Публікації. Усенко А.О. «ОСОБЛИВОСТІ ВИБОРУ ГІБРИДНИХ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ» IV Науково-технічна конференція магістрантів ІЕЕ (за результатами дисертаційних досліджень магістрантів), Інститут енергозбереження та енергоменеджменту, Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського". Дата проведення – 17-18 листопада 2021 року.

Ключові слова: ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ, ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ, АВТОНОМНІСТЬ, ГІБРИДНА СИСТЕМА, СОНЯЧНІ ПАНЕЛІ, ДИЗЕЛЬНІ ГЕНЕРАТОРИ, ВІТРЯНІ УСТАНОВКИ, ОКУПНІСТЬ, ЕКОНОМІЯ.

ABSTRACT

Structure and scope of work: the dissertation is set out on 80 pages, consists of an introduction, 4 chapters, a conclusion, contains 41 figures, 34 tables, 22 formulas, a list of used sources from 37 titles on 4 pages.

Relevance of the topic. Modern society is constantly faced with problems of energy conservation and ecology. There is a regular increase in resource prices and deteriorating environmental conditions. So, where is the relationship between ecology and energy saving? It is very clear. On an industrial scale, it is easy to trace the dependence, but at the household level you can see only indirect interaction. The use of energy-saving technologies can reduce energy costs, which has a positive impact on the environment. The ecological situation is important because everyone wants to breathe fresh air, eat natural products and clean water. The modern benefits of civilization leave their mark on the environment, as they all lead to energy consumption. Thermal power plants that produce energy for household appliances are harmful to the environment. Wise use of energy will reduce the detrimental impact on the environment. A well-designed electricity saving project allows optimizing energy use for the private sector.

To date, there are several ways to improve energy efficiency, but this issue should be approached responsibly to feel the effective effect. Replacing incandescent bulbs with energy-saving lamps will not solve this problem significantly. Properly formed project is important. You can turn off the lights indefinitely in rooms you are not in. Wash your hands with cold water. Switch on electrical devices separately. Save as much as possible on everything. And you can approach the issue of energy supply from another angle. The world does not stand still. In modern countries, no one will be surprised by solar panels

the roof of the house. Every day, advanced engineering companies compete with each other over who will drive more kilometers on a single battery charge, and who will be able to provide electricity to the entire city with one wind farm.

Energy efficiency directly depends on the actions of residents of private homes. The use of modern technology and control over the use of resources will save up to forty percent of

energy. Using efficient technologies will reduce energy consumption, which will affect your finances every month, and in the future, thanks to green tariffs, you will even be able to make money from alternative energy sources.

Connection of work with scientific programs, plans, topics.

All researches in the work belong to the direction "Energy and energy efficiency" of the Law of Ukraine № 2519-VI of 09.09.2010 "On priority directions of development of science and technology", to strategic directions of innovative activity in Ukraine in the year 2003-2013. Law of Ukraine № 433-IV of 16.01.2003 "On Priority Areas of Innovation Activity in Ukraine", Comprehensive Program of NTUU "KPI" "Energy of Sustainable Development" and directions of the Department of Power Supply of NTUU "KPI" "KPI 13.04.2017 of Ukraine" 2019 "On the Electricity Market".

The aim of the master's dissertation is to study a hybrid power system on the example of a private house located in Kyiv:

- analysis of information on the use of alternative and assessment of the reliability of the initial reliability indicators, identification and consideration of influential factors, the laws of distribution of random variables;

- selection and comparison of alternative power sources in a hybrid system.

- sequence of implementation of a systematic approach to statistical analysis.

information and assessment of the reliability of electricity supply.

- study of the practical application of renewable energy sources in a hybrid system to assess the energy efficiency of the house.

The object of study. Power supply systems of the household sector.

Subject of study. Methods of optimizing the structure of hybrid power supply systems, the processes of electricity generation by generating units through the use of renewable energy sources.

Research methods. The research is based on the use of modern calculation programs, computing devices and programs for creating graphs and charts.

Scientific novelty of research results. A new, more advanced hybrid power supply system based on modern inventions has been proposed, which will be more cost-effective.

The practical significance of the results obtained. The obtained results can be used to improve or introduce new hybrid power supply systems for private consumers.

Approbation of work results. The results of the master's dissertation were published: Usenko AO "FEATURES OF CHOICE OF HYBRID POWER SUPPLY SYSTEMS" Date of the event - November 17-18, 2021.

Publications. The results of the master's dissertation were published: Usenko AO "FEATURES OF CHOICE OF HYBRID POWER SUPPLY SYSTEMS" Date of the event - November 17-18, 2021.

Key words: POWER SUPPLY, ENERGY SAVING, ENERGY EFFICIENCY, AUTONOMY, HYBRID SYSTEM, SOLAR PANELS, DIESEL GENERATORS, WIND.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	13
1 ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ГІБРИДНИХ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ 17	
1.1 Розвиток ВДЕ на міжнародній платформі енергосбереження	18
1.2 Аналіз схем побудови гібридних електростанцій.....	29
Висновки до розділу 1.....	31
2 ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ ГІБРИДНОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ	32
2.1 Автономні дизельні електростанції.....	32
2.2 Автономні газові електростанції	33
2.3 Вітроенергетичні установки.....	35
2.4 Переваги і недоліки вітряних електростанцій для приватного будинку	41
2.5 Переваги сонячних електростанцій.....	44
2.6 Сонячна електростанція з on-grid інвентором.....	45
2.7 Сонячна електростанція в гібридній системі електропостачання	46
Висновки до розділу 2.....	49
3 РОЗРАХУНОК ГІБРИДНОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПРИВАТНОГО БУДИНКУ	50
3.1 Вибір вітроенергетичного обладнання	50
3.2 Вибір дизельного генератора	59
3.3 Вибір сонячних панелей для приватного будинку	62
3.4 Визначення річної економії.....	71
3.5 Визначення та аналіз економічної ефективності	72
Висновки до розділу 3.....	73
4.1 Опис ідеї проекту	74

	12
4.2 Технологічний аудит стартап-проекту.....	75
4.3 Дослідження ринкових можливостей реалізації стартап-проекту.....	76
4.4 Розробка ринкової стратегії стартап-проекту	79
4.5 Побудова маркетингової програми стартап проекту.....	80
Висновки до розділу 4.....	81
ВИСНОВКИ.....	84
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	85

ВСТУП

Ефективне використання енергії – один із інтегральних показників розвитку економіки, науки і соціокультурного розвитку нації. За цим показником Україна знаходиться у числі тих держав, де стагнація існуючого положення може спровокувати серйозну економічну кризу з наступними масштабними соціальними потрясіннями.

Найскладнішою щодо ефективності використання енергії залишається ситуація справ у житлово-комунальному комплексі, де зношені теплові та водопостачальні станції працюють з низьким ККД і здійснюють постачання через такі ж зношені мережі. Внаслідок цього втрати енергії сягають 45-50 %. Для порівняння скористаємося такими даними. Якщо в Україні ККД ТЭС із паровими турбінами складає 35 % (а на деяких станціях навіть 25 %), то у світі активно впроваджуються парогазові установки (ПГУ) з ККД 50–60 %.

Значні енерговитрати мають місце в промисловому виробництві, особливо таких його галузях як металургія, хімічна і нафтопереробна промисловість. Частка енергії у вартості продукту тут складає 30-50 %. У окремих підприємствах цей показник сягає 60 %. У цілому по країні енергоємність валового внутрішнього продукту в 3-5 разів більша ніж у розвинутих країнах Заходу. А це означає, що виготовлений в Україні товар матиме значно вищу собівартість порівняно з аналогічним зарубіжним зразком.

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 реалізація 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.

Актуальність теми. Сучасне суспільство постійно стикається з проблемами енергозбереження та екології. Відбувається регулярне підвищення цін на ресурси і погіршення екологічної обстановки. Так, де залежність між екологією та енергозбереженням? Вона дуже чітко простежується. У промислових масштабах простежити залежність легко, а от на побутовому рівні можна побачити лише опосередковану взаємодію. Застосування енергозберігаючих технологій може призвести до зниження витрат на енергію, що робить позитивний вплив на екологію. Екологічна обстановка важлива, оскільки всім хочеться дихати свіжим повітрям, вживати натуральні продукти і чисту воду. Сучасні блага цивілізації залишають слід на екології, оскільки всі вони приводять до споживання енергії. Теплові електростанції, що виробляють енергію для побутових приладів, завдають шкоди екології. Розумне використання енергії дозволить скоротити згубний вплив на екологічну обстановку. Якісно розроблений проект з електрозбереження дозволяє оптимізувати використання енергії для приватного сектору.

На сьогоднішній день є кілька способів поліпшити енергозбереження, але до цього питання слід підійти відповідально, щоб відчути дієвий ефект. Заміна лампочок

розжарювання на енергозберігаючі лампи не вирішить це питання суттєво. Має значення правильно сформований проект. Можна безкінечно вимикати світло в кімнатах, яких ви не знаходитесь. Мити руки холодною водою. Вмикати електричні пристрої окремо. Максимально економити кошти на всьому. А можна підійти до питання енергозабезпечення з іншого боку. Світ не стоїть на одному місці. В сучасних країнах вже нікого не здивуєш сонячними геліоколекторами на даху будинку. Кожен день передові інженерні компанії змагаються між собою, в кого більше кілометрів проїде електрокар на одному заряді батареї, а в кого одна вітрова станція зможе забезпечити електроенергією ціле місто.

Енергоефективність безпосередньо залежить від дій мешканців приватних будинків. Застосування сучасної техніки і контроль використання ресурсів дозволить заощадити до сорока відсотків енергії. Використання ефективних технологій дозволить знизити вживання енергії, що вплине на ваші фінанси кожного наступного місяця і в майбутньому завдяки зеленим тарифам ви зможете навіть заробляти гроші завдяки альтернативним джерелам енергії.

Метою магістерської дисертації є дослідження гібридної системи електропостачання на прикладі приватного будинку розташованого у місті Києві.

аналіз інформації щодо використання альтернативних та оцінка достовірності вихідних показників надійності, визначення і урахування впливових факторів, законів розподілу випадкових величин;

вибір та порівняння альтернативних джерел електропостачання в гібридній системі.

послідовність реалізації системного підходу до аналізу статистичної інформації та здійсненню оцінювання надійності електропостачання.

дослідження практичного застосування відновлювальних джерел енергії в гібридній системі для оцінювання енергоефективності будинку.

Об'єктом дослідження Приватник будинок розташований в місті Києві.

Предмет дослідження. Методи оптимізації структури функціонування гібридних систем електропостачання, процеси вироблення електричної енергії генеруючими установками шляхом використання відновлюваних джерел енергії.

Методи дослідження. Дослідження базуються на використанні сучасних програм розрахунків, обчислювальних приладів і програм зі створення графіків та діаграм.

Наукова новизна результатів дослідження. Запропоновано нову, більш досконалу гібридну систему електропостачання на основі сучасних винаходів, яка буде більш економічно вигідна.

Практичне значення отриманих результатів. Отримані результати можуть бути використані для удосконалення, або запровадженню нових гібридних систем електропостачання для приватних споживачів.

Апробація результатів роботи. Результати магістерської дисертації були оприлюднені:

Усенко А.О. «ОСОБЛИВОСТІ ВИБОРУ ГІБРИДНИХ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ» IV Науково-технічна конференція магістрантів ІЕЕ (за результатами дисертаційних досліджень магістрантів), Інститут енергозбереження та енергоменеджменту, Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського". Дата проведення – 17-18 листопада 2021 року.

Публікації. Усенко А.О. «ОСОБЛИВОСТІ ВИБОРУ ГІБРИДНИХ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ» IV Науково-технічна конференція магістрантів ІЕЕ (за результатами дисертаційних досліджень магістрантів), Інститут енергозбереження та енергоменеджменту, Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського". Дата проведення – 17-18 листопада 2021 року.

1 ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ГІБРИДНИХ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

За прогнозом Міжнародного енергетичного агентства (МЕА), до 2023 року споживання електроенергії у світі досягне 26 трлн. кВт/год, при цьому встановлена потужність електростанцій досягне 5000 ГВт, до 2030 року – 30 трлн. кВт/год, встановлена потужність електростанцій досягне 5900 ГВт. Значну роль (близько 39%) у досягненні заявлених значень лідери провідних держав відводять ВДЕ, оскільки традиційні способи вироблення електрики, мають обмежений первинний ресурс, наносять певної шкоди навколишньому середовищу. У 2010 році за даними щорічного інвестиційного дослідження UNEP основні інвестиції у ВДЕ досягли 290 млрд. євро, а в 2015 році цей показник перевищив 329 млрд. доларів США. За останніх 4 років в Україні спостерігається поступове зростання встановлених потужностей ВДЕ, але непроста економічна ситуація в країні не сприяла досягненню основних цілей, прийнятих у Національному плані дій з відновлюваної енергетики, по досягненню 9 % частки ВДЕ у енергоспоживанні. Станом на кінець 2014 року встановлено 1 300 МВт потужностей ВДЕ, які виробляють близько 2% у загальному обсязі наданої електроенергії. Найбільшу частку серед ВДЕ в Україні займають вітрові та сонячні електростанції, на яких у 2016 році було вироблено 925 ГВт*год та 492 ГВт*год електроенергії відповідно.

Доступність фінансування є одним із вирішальних факторів для розвитку ВДЕ. У країнах ЄС з найбільшим розвитком ВДЕ необхідне співвідношення позикового до власного капіталу для отримання кредитного фінансування складає 80/20, а вартість позикового капіталу менша за 7% річних. В Україні сьогодні є невелика кількість установ та програм спрямованих на фінансування проектів ВДЕ. Через непослідовну державну політику у сфері регулювання ВДЕ в Україні фінансові установи зазвичай вимагають вдвічі більше власного капіталу для надання кредитів на проекти ВДЕ, середня вартість таких запозичень складає 8-10% річних (для кредитів у дол. США).

За оцінками міжнародного агентства IRENA, Україна має найбільший серед країн Південно-Східної Європи технічний потенціал використання ВДЕ – 408,2 ГВт (без урахування великих ГЕС). Найбільшою є технічна можливість застосування вітрових та сонячних електростанцій: 321 ГВт та 71 ГВт відповідно.

Економічно-доцільний потенціал впровадження ВДЕ в Україні [1] станом на 2030 рік оцінюється у 16-22 ГВт, в порівнянні з 1,1 ГВт, що фактично встановлені на кінець 2016 року. Потенціал впровадження ВДЕ в теплоенергетиці навіть більший, та за оцінками експертів може повністю замінити традиційні джерела енергії до 2030 року. Так, за оцінками IRENA, у 2030 році з ВДЕ може бути вироблено близько 57 млн Гкал теплової енергії, з яких значна частка (32,7 млн Гкал) – біомаса. Виконання даного прогнозу дозволить економити близько 7 млрд м³ природного газу щороку.

Очікується, що у наступні 10 років вартість технологій ВЕС та СЕС знизиться на 13% та 57% відповідно, що значно сприятиме впровадженню ВДЕ в Україні. За умови стабільного економічного та політичного середовища, та покращення умов фінансування проектів ВДЕ, Україна зможе значною мірою модернізувати та забезпечити енергонезалежність електричної та теплової генерації за рахунок технологій відновлюваної енергетики.

1.1 Розвиток ВДЕ на міжнародній платформі енергосбереження

Розробка Світові інвестиції у відновлювану енергетику демонструють впевнену динаміку росту, так у період із 2002 по 2014 роки середньорічний приріст інвестицій склав 13 %. Абсолютний рекорд було встановлено у 2017 році, коли об'єм інвестицій у відновлювані [2] джерела енергії склав 350 млрд дол, тоді, коли світові ціни на нафту були майже на історичному мінімумі.

У 2016 році в Європі було встановлено 24,5 ГВт нових енергетичних потужностей. Більше половини із них є вітрові електростанції – 12,5 ГВт. У загальній

структурі енергетичних потужностей у Європі станом на кінець 2016 року ВДЕ займають найбільшу частку - 46%, що зображено на рисунку 1.1.

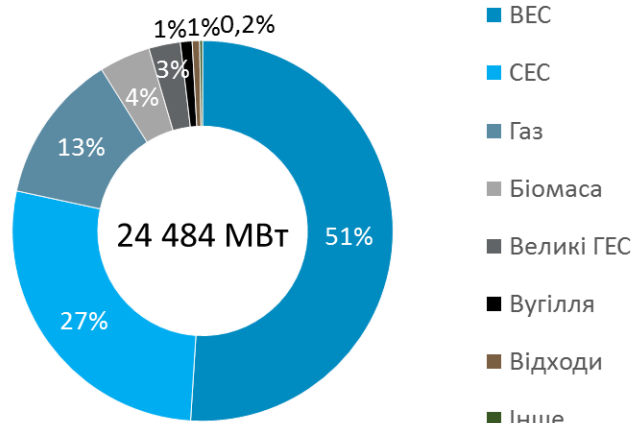


Рисунок 1.1 – Енергетичні потужності, що встановлені в Європі впродовж 2016 року

У 2016 році ВДЕ склали рекордні 87% від усіх нововстановлених потужностей, що демонструє трансформацію Європейської енергетичної системи у напрямку заміщення традиційної генерації відновлюваними джерелами енергії.

Більша частина матеріально-технічної бази наявних потужностей з виробництва електроенергії в Україні зношена та неефективна. За даними Інституту відновлюваної енергетики НАН України, атомні блоки наближаються до закінчення строку проектної експлуатації. Понад 70% атомних блоків потребуватимуть подовження строку експлуатації у найближчі 10 років. Крім того, 42,2% ЛЕП напругою 220-330 кВт експлуатуються понад 40 років, та 64,4% основного устаткування трансформаторних підстанцій випрацювали свій розрахунковий технічний ресурс. Недостатня пропускна спроможність ліній електропередач для видачі потужності АЕС і передачі надлишкової енергії. У розподільчих мережах значна кількість об'єктів також відпрацювала свій ресурс: 40,5% електричних мереж і 37,6% трансформаторних підстанцій потребують реконструкції або заміни.

За даними НКРЕКП 84% блоків ТЕС і ТЕЦ перевищили межу фізичного зношення й потребують модернізації або заміни, що зображено на рисунку 1.2.

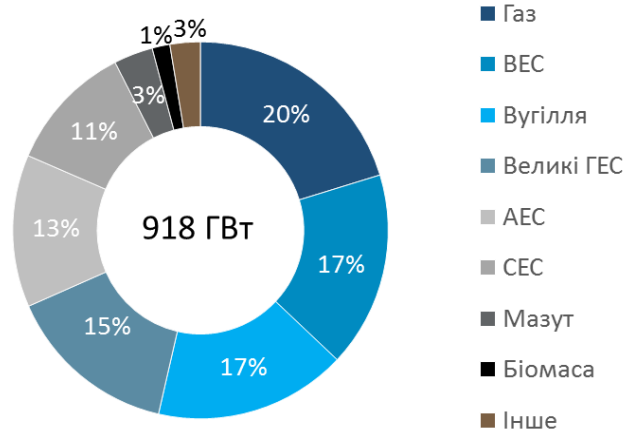
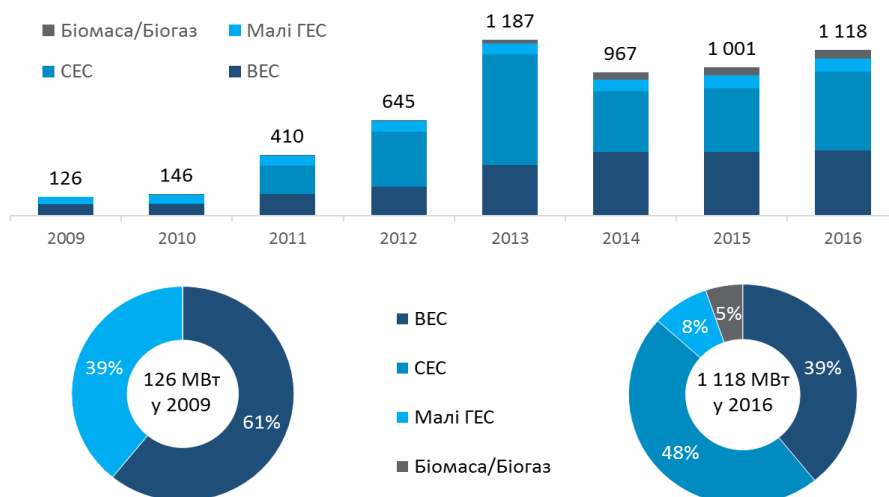


Рисунок 1.2. Структура енергетичних потужностей в Європі на кінець 2016 року.

Встановлені потужності ВДЕ в Україні мають тенденцію до щорічного зростання (падіння у 2014 році спричинене втратою об'єктів енергетики у АР Крим та в зоні АТО). Середньорічний темп зростання встановленої потужності ВДЕ складає 31%. Станом на 1 січня 2017 р. встановлена потужність об'єктів відновлюваної енергетики в Україні [3], які працюють за «зеленим» тарифом, склала 1117,7 МВт, що зображено на рисунку 1.3.

Рисунок 1.3. Встановлена потужність об'єктів ВДЕ, що працюють за «зеленим» тарифом в Україні, МВт.



Наявність технологічних інновацій призвело до впровадження покращених виробничо-споживчих продуктів ВДЕ [4] з меншими витратами ресурсів. В умовах достатнього вітрового і сонячного потенціалу й не завжди передбачуваних

цін нафта, а також дорогої інфраструктури для їхнього застосування, ВДЕ починають успішно конкурувати із традиційною енергетикою.

За останній час розвитку інноваційних технологій в секторі ВДЕ практично вдвічі зменшилась вартість генерації [5] (таблиці 1.1).

Таблиця 1.1 – Розвиток інноваційних технологій в секторі ВДЕ

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

Таким чином, збільшення обсягів виробництва ВДЕ і їх частки в енергетичних балансах сприяє підвищенню ефективності господарської діяльності різних за обсягом споживачів енергії та зміцненню довіри усередині країни – між державою, бізнесом і громадянським суспільством.

Світове співтовариство вибрало шлях до нової енергетики ВДЕ, визнало безальтернативність її інноваційного розвитку, прогнозовані світові витрати на ВДЕ до 2030 року складуть 7 трильйонів доларів.

Політика безальтернативного інноваційного вибору ВДЕ міжнародною енергетикою забезпечила введення сумарної потужності сектору ВДЕ 500 Гвт, що у півтора рази перевищило потужності всіх атомних електростанцій у світі. До 2020 року потужності виробництва електроенергії відновлюваними джерелами, що вводяться, складуть 700 ГВт. Доведено, що збільшення обсягів виробництва ВДЕ і їх частки в енергетичних балансах сприяє підвищенню ефективності господарської діяльності різних за обсягом споживачів енергії й зміцненню довіри між країнами, що включили ВДЕ в перелік стратегічних пріоритетів свого розвитку.

Автономні системи відновлюваних джерел енергії [6] не є надійними через непостійну доступність та зміни кліматичних умов. За останній час системи з відновлюваними джерелами енергії, такі як автономні сонячні фотоелектричні, вітрові системи були просунуті по усьому світу в порівняно більших масштабах. Ці незалежні

системи не можуть забезпечити безперервне джерело енергії оскільки вони сезонні по своїй природі, фотоелектрична енергетична система не може забезпечити надійною потужністю в несонячні дні, автономна вітрова система не може задовольнити вимогам постійного навантаження внаслідок значних флуктуацій величини швидкостей вітру від години до години протягом року. Очевидно, що комбінація двох або більше відновлюваних джерел енергії більш ефективна, ніж система з одним джерелом з погляду ціни, ефективності й надійності. Така система називається гібридною відновлюваною енергетичною системою (ГВЕС) [7] і стає елементом ринку, що найбільш швидко розвивається в усьому світі.

Як результат, використання вітрової й сонячної фотоелектричної генерації енергії стає реальністю. Однак не можна відмовлятися від інших джерел відновлюваної енергії (ВЕ) / альтернативної енергії (АЕ), технологій генерації, таких як океанська хвиля й припливи, осмотична, геотермальна, паливних елементи (ПЕ) та мікротурбін (МТ).

Загалом, гібридні системи перетворюють усю отриману енергію в один вид, звичайно електричну й/або накопичують енергію в деякому вигляді (хімічному, стисненого повітря, тепловому, механічному маховику, тощо) і агрегований вихід використовується для живлення різноманітного навантаження.

Гібридизація [8] призводить до збільшення надійності системи ВДЕ, однак передбачає оптимальний вибір джерел енергії та технологій їх відбору, що буде визначати методологію проектування таких систем для покращення експлуатаційних характеристик, розв'язання задач диспетчеризації й керування. Різні джерела генерації [9] можуть сприяти один одному у досягненні більш високої енергетичної ефективності і/або поліпшувати функціонування.

Накопичувальний елемент це складова частина гібридної ВЕ й АЕ системи генерації енергії. Технології зберігання енергії з високою ємністю, такі як насосна гідроелектростанція, зберігання енергії стисненого повітря й зберігання водню загалом не мають швидкого часу відгуку й використовуються для довгочасного зберігання енергії/ керування повільною варіацією навантаження. З іншого боку, для реагування на короткі тимчасові перешкоди, такі як швидкі перехідні процеси при навантаженні й для прискорення навантаження, використовуються пристрої зберігання з високою

швидкістю, такі як батареї, маховики, суперконденсатори й надпровідне магнітне сховище енергії (НМСЕ). Короткий огляд різних технологій генерації енергії ВЕ / АЕ й різних схем зберігання енергії, які можуть використовуватися в гібридних системах (таблиця 1.2).

Таблиця 1.2 - Огляд різних технологій генерації енергії ВЕ /АЕ й різних схем зберігання енергії.

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

Будь-яка комбінація технологій генерації енергії ВЕ / АЕ за належного зберігання і, можливо, у комбінації із традиційною технологією генерації, наприклад, дизель-генератором, може утворювати гібридну енергетичну систему. Наприклад, гібридна система може мати будь-яку комбінацію систем: вітроенергетичної, сонячної на базі фотоелектричних панелей, мікро-гідро, мікротурбіни, звичайного дизель-генератора, акумуляторної батареї й сховища водню, зробленого на основі електролізу, у мережевій або автономній конфігурації.

Виходи різних джерел генерації гібридної енергетичної системи повинні координуватися й контролюватися для одержання максимальної кількості енергії.

Щоб забезпечити максимальну ефективність усієї системи, одночасно сприяючи максимальному скороченню викидів у навколишнє середовище, і в той же час мінімізуючи витрати на виробництво енергії, необхідно використовувати методи багатокритеріальної оптимізації й керування для визначення структури системи й оптимального розподілу одержуваної енергії з різних джерел.

Джерела ВЕ мають різні робочі характеристики; тому важливо мати чітко визначену й стандартизовану структуру/процедуру для їхнього з'єднання з метою створення гібридної системи або, більш широко, мікромережа, де локальний кластер джерел розподілених джерел енергії, накопичувачів енергії й навантажень інтегруються

разом і здатні автономно працювати. Мікромережа також повинна мати можливість реалізації технології «включив і працюй», відповідно до якої, пристрою (DG, систему зберігання енергії або кероване навантаження), можуть бути додані в існуючу систему (microgrid), не вимагаючи реконфігурації системи для виконання своєї розробленої функції, а саме: генерації потужності, забезпечення енергоємності або здійснення контролю навантаження.

Для того, щоб вобрати 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 [10] (біогазові установки, сонячні теплові колектори) і джерела на органічному паливі [11] (дизель-генератори), які виконують роль резервного живлення. Технологічні конфігурації можуть бути класифіковані відповідно до виду напруги у мережі: постійного, змінного струму.

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 часте 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 надання 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 альтернативних 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, зображено на рисунку 1.4.

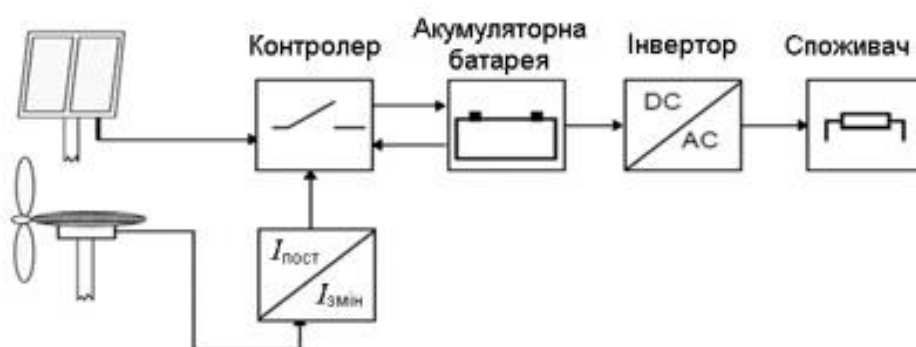


Рисунок 1.4 - Структурна схема типової гібридної енергетичної системи з використанням енергії вітру та сонця.

Ця 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 перетворені 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;
- 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, зображено на рисунку 1.5.

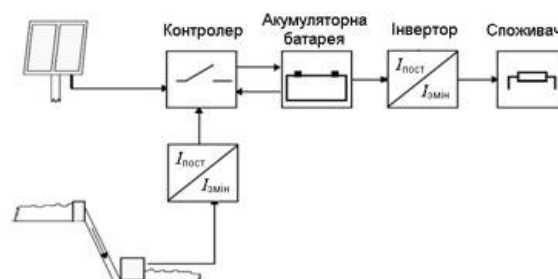


Рисунок 1.5 - Структурна схема типової гібридної енергетичної системи на основі використання джерел сонячної та гідро енергій.

Як джерело гідроенергії використовується невеликий резервуар для води. Розташування цієї системи залежить від географічних умов наявних водних джерел (водойм), які утримуються на достатній висоті. Потужність системи залежить від кількості води та сонячної радіації.

Структурна схема типової гібридної енергетичної системи на основі використання енергії біопалива, сонячної енергії та дизель-генератора, зображено на рисунку 1.6.

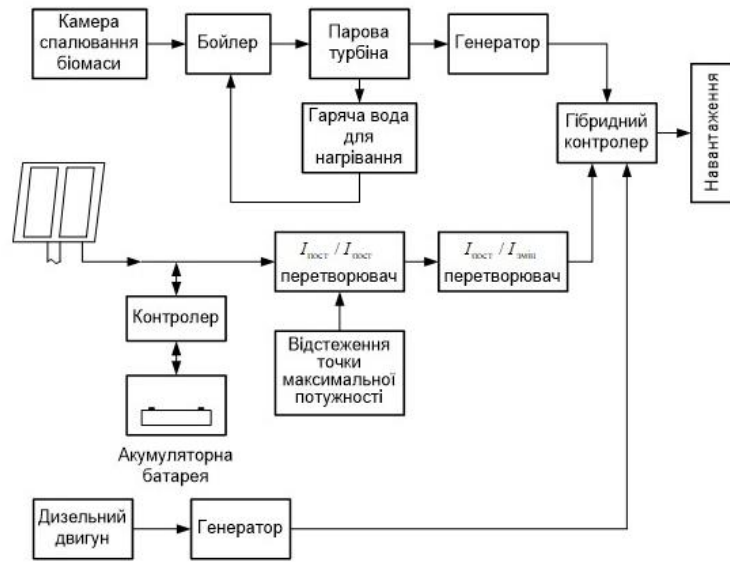


Рисунок 1.6 - Структурна схема типової гібридної енергетичної системи на основі використання енергії біопалива, сонячної енергії та дизель-генератора.

Передбачається, що в якості біопалива використовується сміття (сухе дерева, гілки, скошена трава, поживні рештки, тріска, кора та тирса гумових лісопилок 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 фотovoltaїки 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 фотовольтаїки, теплової сонячної енергії та електромережі, зображено на рисунку 1.7.

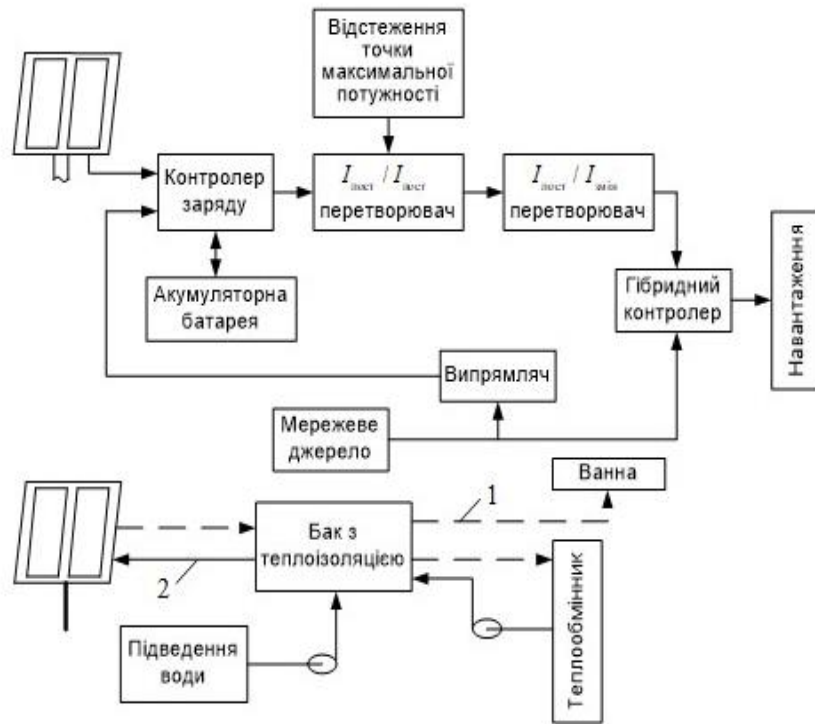


Рисунок 1.7 - Структурна схема типової гібридної енергетичної системи.

1.2 Аналіз схем побудови гібридних електростанцій

Гібридна СЕС (також Резервні СЕС, ESS) — це можливість отримати все і відразу: зелений тариф, повну автономію та енергонезалежність. Він поєднує в собі всі переваги автономної та мережевої СЕС. Тобто при такому рішенні можна пріоритетно використовувати власну енергію та продавати її надлишки за зеленим тарифом, а в разі

її нестачі використовувати зовнішні електромережі чи акумулятори. ESS (Системи зберігання енергії, гібридні резервні системи) – це ваша повна енергетична незалежність. Як правило, ці станції вимагають індивідуального розрахунку і продаються за індивідуальним замовленням.

З чого складається гібридна СЕС (ESS):

- Сонячні панелі
- Інвертор (з вбудованим контролером заряду)
- АКБ (саме від них найбільше залежить вартість всієї системи)
- Система кріплень фотоелектричних модулів (ФЕМ)
- Автоматика захисту по стороні перемінного та постійного струмів (AC/DC)
- Система моніторингу для спостереження за роботою системи та генерацією
- Розумний лічильник SmartMeter, який запобігає перетоку е/е в центральну мережу (може бути вбудований в інвертор або зовнішньої установки). Структурна схема типової гібридної енергетичної системи, зображено на рисунку 1.8.

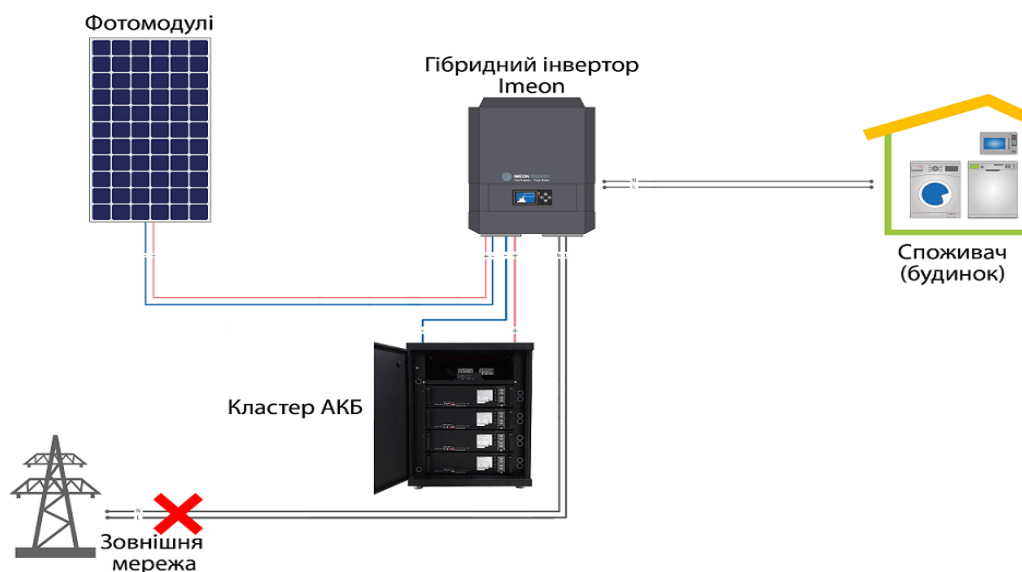


Рисунок 1.8 - Структурна схема типової гібридної енергетичної системи.

Станція складається [12] з сонячних панелей (фотомодулів), гібридного інвертора з вбудованим контролером заряду та акумуляторних батарей (АКБ). Фотомодулі генерують електроенергію, частина якої споживається домогосподарством, надлишок енергії через інвертор потрапляє на АКБ, де він акумулюється, або продається по «Зеленому» тарифу в зовнішню енергомережу. Гібридний інвертор, в даному випадку є

основним приладом, який контролює заряд батарей і перемикає зовнішні мережі 220/380В в разі аварії, на внутрішнє джерело енергії. Саме такі інвертори, які можуть одночасно працювати і від джерела змінного і постійного струму, називають гібридними. В разі, якщо постачання електричної енергії з мережі розподільчої компанії припиняється через аварію, або її постачання є нестабільним, ваша власна збережена енергія з АКБ та фотомодулів через інвертор використовується на побутові потреби.

Висновки до розділу 1

1. Використання альтернативних джерел енергії є важливим як в національному, так і міжнародному масштабі – з точки зору реакції на глобальні кліматичні зміни та покращення енергетичної безпеки в Європі. Енергетична стратегія України визначає такі перспективні напрямки розвитку альтернативних та відновлювальних джерел енергії: біоенергетика, видобуток та утилізація шахтного метану, використання вторинних енергетичних ресурсів, вітрової і сонячної енергії, теплової енергії доквілля, освоєння економічно доцільного гідропотенціалу малих річок України.

2. Для вироблення і втілення в життя національної стратегії розвитку альтернативної енергетики в Україні є все: сировина, досвід, технічні і технологічні напрацювання, підготовка відповідних кваліфікованих кадрів у системі вищої освіти. Справа залишається за наданням галузі ефективної державної підтримки, що дозволить повернути так необхідні енергетиці інвестиції. Потрібна програма, яка б на державному рівні координувала участь всіх зацікавлених сторін: окремих громадян, бізнес структури, урядові установи, наукові, промислові та громадські організації.

3. Саме розвиток гібридних систем надає можливість використовувати альтернативні джерела в різних комбінаціях досягаючи економічної незалежності.

2 ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ ГІБРИДНОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

В Україні спостерігається змінний клімат і тому використання одного відновлювального джерела енергії не завжди може бути економічно вигідно. Поєднання природної енергії з традиційною може давати кращий результат, ніж окреме використання нетрадиційних джерел електропостачання.

2.1 Автономні дизельні електростанції

Дизельний генератор – це установка, яка перетворює механічну енергію в електрику і широко використовується на заводах і комерційних підприємствах, які потребують автономному резервному живленні. Є дві категорії ДЕС [13] :

Пересувні генератори. Оснащені двигунами від 3000 об / хв, мають повітряне охолодження і використовуються як тимчасовий або аварійне джерело електроживлення. Потужність таких пристроїв, як правило, не перевищує 15 кВт.

Стационарні генератори. Оснащені двигунами від 1500 об / хв, рідинним охолодженням і міцною рамою. Потужність таких агрегатів зазвичай вище 20 кВт і використовуються вони в якості запасного або основного джерела живлення на підприємствах, які не підключені до електромережі.

В якості постійного джерела електроживлення широко використовуються автономні дизельні електростанції, рисунок 2.1 .



Рисунок 2.1 - Автономна дизельна електростанція

Більш висока їх вартість у порівнянні з бензиновими електроустановками компенсується зниженням витрат на паливо і технічне обслуговування, а також високим моторесурсом і надійністю. До недоліків дизельних установок можна віднести високий рівень шуму. Дані електростанції можна використовувати як постійне джерело електроживлення протягом тривалого часу.

Модельний ряд дизельних електростанцій значно ширше бензинових. Для малопотужних дизельних генераторів застосовується повітряний тип охолодження двигуна, для генераторних установок середньої та високої потужності краще використання водного охолодження - для ефективного захисту елементів конструкції від перегріву і забезпечення надійної роботи електростанції.

ДЕС володіє наступним рядом значних переваг:

універсальність застосування;

низька вартість обладнання;

достатня надійність і довговічність;

дизельне паливо не володіє летючістю, як пари бензину або газу, тому навіть його значний витік не створює небезпеки оточуючим і працівникам;

дизельне паливо можна використовувати при великому діапазоні температур від -50 до + 50°C.

Недоліки дизельної електростанції в складі автономної системи електропостачання проявляються при роботі на мале навантаження. Такі недоліки, як підвищення питомої витрати палива, виникнення ефекту карбонізації, згубно впливають на ресурс двигуна.

Для усунення значних недовантажень паливних електростанцій можна заповнювати частину споживаної електроенергії за рахунок інших джерел, наприклад, ВДЕ.

2.2 Автономні газові електростанції

У газових автономних електростанціях [14] як паливо відповідно використовується газ (пропан, природний газ, пропан бутан, газові суміші), що дешевше, ніж бензин і дизельне паливо. При підключенні до централізованої газової

магістралі економія значно зростає. Газові електростанції є когенераційним обладнанням - тобто установками, здатними одночасно продукувати і електричну і теплову енергію. Виготовляють так звані трігенератори, які поряд з постачанням електроенергією генерують холод (їх використовують для роботи кондиціонерів і холодильних установок), а також двопаливними автономні електростанції (можуть перемикатися з бензинового на газове паливо).

Вибір на користь газового електрогенератора буде ефективним способом вирішення перерахованих вище проблем з наступних причин:

- високої економічності та екологічності таких установок (під час згоряння газу виділяється менше шкідливих речовин);
- легкого та гарантованого запуску в будь-яку погоду;
- практично безшумної роботи;
- повної автоматизації роботи таких апаратів;
- відсутності необхідності постійно проводити дозаправку палива (бензину або дизельного палива) при роботі від газової магістралі.

Однією з найважливіших переваг газових генераторів є дешевша вартість палива (природного або зрідженого газу) порівняно з іншими типами пального. Крім того, за рахунок економічної витрати вони здатні забезпечити тривалий цикл автономної роботи. Так, наприклад, повний 50-літровий балон стисненого газу здатний забезпечити роботу даної електростанції на період часу, в 2 рази більший, ніж аналогічні установки такої ж потужності, а при функціонуванні від магістрального газу взагалі протягом необмеженого часу. Це робить газові електростанції зручним варіантом резервного енергопостачання. Ще однією перевагою такого рішення є відсутність необхідності постійного контролю роботи установки, так що можна не турбуватися про те, що під час вашої відсутності в холодну пору року луснуть або перемерзнуть труби.

Що стосується вартості подібних електростанцій, то вона не набагато більша за ціни на бензинові і особливо дизельні апарати. Однак, не дивлячись на невелику переплату, газові генератори є вигідним вкладенням коштів і окупають себе в дуже короткі терміни за рахунок меншої собівартості електроенергії, що виробляється при грамотному виборі агрегату і дотриманні правил його безпечної експлуатації. До того ж

такий тип палива, як газ, гарантує більш тривалий термін роботи двигуна. Це пояснюється такими причинами: по-перше, він не призводить до появи корозії металу, по-друге, робочий цикл у газових електрогенераторах не містить такту детонації, за рахунок чого забезпечується великий термін експлуатації циліндропоршневої групи. Також у цих установках потрібно рідше міняти масло через менший вплив на нього палива (як це відбувається в бензинових та дизельних двигунах).

Додатковою перевагою є можливість вибору між магістральним газом та зрідженим балонним (пропан-бутаном), що дозволяє встановлювати такі станції не тільки в районах, де прокладено газопровід, а й у місцях, де централізованого газопостачання немає, але є потреба у резервному джерелі електроенергії. Газові генератори [15] є дуже комфортним і зручним в обслуговуванні обладнанням. Найчастіше вони оснащуються шумозахисними всесезонними кожухами, що оберігають установки від дії опадів та корозії. У зв'язку з цим допускається монтаж таких приладів поза приміщенням на відкритих майданчиках або під захисним козирком. Завдяки тому, що такі пристрої мають спеціальну основу, вони можуть встановлюватися на будь-яке покриття.

2.3 Вітроенергетичні установки

У загальному випадку, вітроенергетична установка (ВЕС) – це сукупність взаємопов'язаного обладнання та конструкцій, призначених для перетворення вітрової енергії в інші види енергії (електричну, механічну, теплову і т.д.) і включає в себе вітрову турбіну і вітротурбіну.

Вітроенергетична установка [16], будучи основною частиною вітроустановки, складається з вітроустановки, системи передачі вітрової енергії навантаженні (споживачеві) і самого споживача вітрової енергії (будь-який пристрій: електромашин-генератор, водяний насос, нагрівач і т.д.).

Віротурбіна [17] - це пристрій для перетворення кінетичної енергії вітру в механічну енергію робочого руху віротурбіни. Робочі руху вітряної турбіни можуть бути різними. На існуючих на сьогоднішній день віротурбін в якості робочого руху використовується круговий обертальний рух. Однак існують численні пропозиції (іноді навіть реалізовані) по використанню інших видів праці, наприклад, осцилюючі.

З огляду на очевидні переваги електроенергії з точки зору її виробництва, передачі, розподілу та перетворення, переважає розробка і розподіл вітряних турбін. Сучасні вітряні турбіни (в зарубіжній літературі їх називають вітряними турбінами) представляють собою складну автоматизовану електромеханічну систему перетворення кінетичної енергії рухомих мас повітря (вітрового потоку) в електроенергію заданої якості.

Світовий досвід використання вітряних турбін [18] показав, що конструктивно. Віротурбіна безпосередньо перетворює енергію вітрового потоку в механічну енергію, яка потім використовується для приводу різних механізмів і машин (наприклад, насосів) або перетворюється в електричну енергію. Вітряні турбіни, використовувані в якості приводу електрогенератора вітряних турбін, діляться на два основних типи:

- горизонтально-осьової, що характеризується колінеарну вектора кутової швидкості вітрової турбіни і осьової складової вектора швидкості вітру;
- вертикально-осьової, що характеризується ортогональних векторів кутової швидкості вітрової турбіни і осьової складової вектора швидкості вітру.

Вітряні турбіни класифікуються за такими характеристиками: вид виробленої енергії, рівень потужності, призначення, області застосування, особливості роботи при постійною або змінною швидкістю вітру, методи управління, тип системи передачі енергії вітру споживачеві.

Залежно від виду виробленої енергії вітряні турбіни діляться на вітроелектричні і вітро-механічні. Електричні вітряні турбіни, в свою чергу, діляться на вітряні, які виробляють електроенергію постійного або змінного струму. Механічні вітряні турбіни використовуються для приводу робочих машин.

Залежно від рівня потужності вітряних турбін, потужність вітряні турбін ділиться на чотири групи:

- дуже низька потужність, менше 5 кВт;
- низька потужність, від 5 до 100 кВт;
- середня потужність, від 100 до 1000 кВт;
- висока потужність, більше 1 МВт.

Віротурбіни кожної групи відрізняються один від одного головним чином в конструкції, типі підстави, способі установки віротурбіни, системі управління вітром, системі передачі енергії вітру, способі установки і способі обслуговування.

Залежно від призначення електричні вітряні турбіни постійного струму діляться на:

- вітрові зарядні пристрої;
- гарантоване електропостачання споживача;
- негарантоване електропостачання.

Електричні вітряні турбіни змінного струму діляться на:

- автономні;
- гібридні, що працюють паралельно з енергосистемою помірної потужності (наприклад, з дизельним агрегатом);
- мережа, що працює паралельно з потужною енергосистемою.

Механічні вітряні турбіни за призначенням поділяються на:

- вітрові насоси для приводу водяних насосів;
- вітроенергетика для роботи з промисловими і побутовими механізмами.

Класифікація вітряних турбін по областям застосування визначається їх призначенням. При розрахунку і проектуванні вітрової турбіни і виборі її номінальних параметрів необхідно враховувати:

- тип навантаження (електрогенератор, водяний насос і т.д.);
- тип системи передачі електроенергії від вітру до споживача;
- тип системи вироблення і зберігання електроенергії.

Як правило, вітроенергетичні установки складаються з наступних функціональних частин:

- первинний перетворювач;
- електрогенератор;
- допоміжне-поворотний пристрій;
- системи управління вітровими турбінами.

Горизонтально-осьові вітряні турбіни середньої і високої потужності можуть мати механізм регулювання кута установки лопатей ротора і механізм орієнтації вітряної турбіни. Відповідно до іншої головної особливості, відповідно до принципу силового аеродинамічного взаємодії лопатевої системи вітрової турбіни з потоком повітря, що спрямовується на неї, вітрові турбіни можна розділити на два типи:

- вітротурбіни, які використовують під час руху системи лопаток підйомну силу, яка виникає на робочих елементах системи лопаток (жорсткі лопатки, що обертаються циліндри) і створює цілий крутний момент;
- вітрові турбіни, які використовують при переміщенні лопатевої системи різницю в аеродинамічних силах, що виникають на різних елементах лопатевої системи (лопатки крила або будь-які інші поверхні), в момент переміщення цих поверхонь в напрямку вітру і проти напрямку вітру, тобто різницю в аеродинамічному опорі, що виникає на елементах лопатевої системи. Незважаючи на різноманіття теоретично можливих і практично

реалізованих схем ВЕУ, сучасні вітроагрегати незалежно від рівня потужності є або пропелерними горизонтально-осьовими, або ортогональними вертикально-осьовими вітродвигунами (використовують підйомну силу на лопатях), оскільки саме ці два типи вітродвигуна мають найбільш високі техніко-економічні показники.

Горизонтально-осьові вітродвигуни в порівнянні з вертикальноосьовими мають наступні переваги:

- можливість самостійного пуску без допоміжного приводу зарахунок зміни кута установки лопатей;
- більшого значення коефіцієнта використання енергії вітру;
- більшого значення коефіцієнта швидкохідності X_i , як наслідок цього, велику частоту обертання вітродвигуна, що дозволяє зменшити масогабаритні показники електромеханічного обладнання;

– виключення необхідності в кутовій передачі обертального моменту.

Нині в Україні спостерігається бурхливий розвиток вітроенергетичної галузі, обумовлений, передусім, введенням різних пільг для «девелоперів» альтернативної енергетики, а також прийняттям т.з. «зелених» тарифів на електроенергію, отриману з використанням ВДЕ, які є одними з найвищих в Європі.

Вітряні електростанції для приватного будинку широко використовуються в якості альтернативних джерел електричної енергії, що дозволяють добитися економії. Нерідко подібні пристрої встановлюються на дачних ділянках.

Найчастіше вони застосовуються у віддалених від основних зонах електромереж. Однак це далеко не єдина причина, яка свідчить на користь того, щоб купити вітрогенератор для приватного будинку. Більшість власників земельних ділянок використовують ці конструкції, щоб досягти автономності та економії.

Не кожна ділянка підходить для установки таких пристроїв, оскільки не скрізь умови відповідають вимогам даного обладнання. У першу чергу це стосується швидкості вітру. Щоб вітряна електростанція змогла нормально функціонувати, середня швидкість вітру повинна складати не менше 4-4,5 м/с. Тільки в цьому випадку монтаж конструкції буде економічно виправданий.

Щоб дізнатися середньорічну швидкість вітру, можна використовувати карту вітрів. Вона відображає приблизні дані по регіонах. Більш точні показники можна отримати, використовуючи спеціальний прилад – анемометр, а також пристрій для зчитування його сигналів.

Вітрогенератор – особливий вид обладнання, що перетворює кінетичну енергію вітру в механічну. Вона приводить в рух лопаті ротора, встановленого на генераторі. В результаті цього в його обмотках створюється змінний струм. Згенерована електрична енергія накопичується в акумуляторних батареях, звідки подається на побутові прилади.

Описана схема роботи спрощена. Зрозуміло, пристрій вітрогенератора набагато складніше. В енергетичному ланцюжку також є контролер. Його функція полягає в перетворенні трифазного змінного струму в постійний. Після чого він надходить на зарядку батарей.

Велика частина побутової техніки не здатна житися від постійного струму. Тому в ланцюжку за акумулятором встановлюється інвертор. Він перетворює постійний струм у змінний, напруга якого становить 220В. Всі ці операції відбирають частину вихідної енергії – приблизно 15-20%.

Підживлення будівлі може здійснюватися не тільки від вітряної електростанції, але і від сонячних батарей, а також від бензинового або дизельного генератора. Якщо ці елементи присутні в ланцюжку, то схема доповнюється ще одним компонентом – автоматичним вимикачем. Коли вимикається основне джерело струму, він запускає резервні.

Вітряна електростанція складається з наступних компонентів:

- ротора з лопатями (в залежності від особливостей моделі, лопатей для вітрогенератора може бути кілька, як правило, 2 або 3, хоча існують і багатолопатеви варіанти);
- коробки передач або редуктора, здійснює контроль швидкості між генератором і ротором;
- захисного кожуха, що огорожує деталі конструкції від негативного впливу зовнішніх факторів;
- «хвоста», що забезпечує поворот конструкції слідом за напрямком вітру;
- накопичувальної батареї, що зберігає певний запас енергії;
- інверторної установки, перетворюючої один вид струму в інший.

Існує кілька класифікацій, згідно з якими здійснюється поділ вітряних електростанцій на групи:

- за напрямом обертального руху лопатей – горизонтальні і вертикальні вітряки.
- за кількістю лопатей – двох-, трьох — і багатолопатеви пристрою.
- за типом матеріалу, використовуваного для виробництва лопатей – конструкції з вітрильними і жорсткими лопастями.
- за способом управління – вітряки з фіксованими чи регульованими кроком лопатей.

Внутрішня складова вітряка зображена на рисунку 2.2 .



Рисунок 2.2- Механізм вітряка

Вітряна електростанція з горизонтальною віссю розміщується перпендикулярно по відношенню до потоку повітря. Конструкція має схожу будову і функціонує за тим же принципом, що і звичайний флюгер. Вітряки з роторним генератором мають високий ККД, при цьому вони доступні в ціні. В основі роботи цих пристроїв лежить опір повітряного потоку.

Вітряки з вертикальною віссю, або ортогональні вітрогенератори, мають компактну конструкцію, проте їх ціна значно вища. Завдяки особливій будові цей тип обладнання абсолютно незалежний від напрямку вітру. Лопаті мають вигляд турбін, завдяки чому значно знижується навантаження на осьову частину. Купити вертикальний вітрогенератор буде доцільно в тих випадках, коли вітер на ділянці постійно змінює свій напрямок.

2.4 Переваги і недоліки вітряних електростанцій для приватного будинку

Як і будь-якого іншого виду обладнання, вітряних електростанцій притаманні як переваги, так і недоліки. Щоб зважитися на покупку цього пристрою, бажано зважити його сильні і слабкі сторони.

Чому вигідно купувати вітрогенератор (220В) для приватного будинку:

-відсутність додаткових витрат, оскільки для роботи пристрої не потрібне паливо.

-немає необхідності в постійному контролі. Конструкція виробляє електроенергію самостійно кожен раз, коли дме вітер.

-щодо безшумний і повністю екологічний спосіб видобутку електроенергії.

П-ристрій може використовуватися практично в будь-яких кліматичних умовах.

-знос деталей мінімальний.

-встановлення вітрогенератора для дому супроводжується наступними недоліками:

-витрати на придбання обладнання окупаються через 5-6 років;

-відносно невеликий показник ККД, що позначається на потужності;

-висока ціна вітрогенераторів;

-щоб компенсувати бездіяльність пристрою в безвітряні дні, потрібне додаткове обладнання: генератор і накопичувальна батарея (вартість цих елементів дуже висока);

-в деяких режимах вітряки для будинку видають інфразвуки (те ж саме відбувається, якщо установка обладнання виконана з помилками);

-потрібно регулярне проведення профілактичних робіт;

-ураган може серйозно пошкодити обладнання.

В залежності від потужності приладу і карти вітрів місцевості, вітряк може забезпечити електрикою як маленький дачний будинок, так і великий заміський котедж. Як приклад для приватного будинку зображено рисунок 2.3.



Рисунок 2.3 – Принцип дії вітрогенератора в приватному будинку

Важливо розрахувати рентабельність перед покупкою вітрогенератора для дому, ціна обладнання може бути занадто високою, а витрати на його покупку не окупляться. Для цього потрібно розрахувати середню потужність будинку (з урахуванням потужності всіх електроприладів), оцінити площу, на якій буде встановлено обладнання і дізнатися, скільки вітряних днів у році.

Вартість вітряків для приватних будинків досить висока. Витрати на закупівлю обладнання будуть відшкодовані лише за умови належних умов приміщення.

Установка вітряної електростанції виправдана в таких випадках:

- місцевість відповідає вимогам обладнання;
- для регіону, в якому знаходиться ділянка, характерні сильні вітри;
- відсутня можливість використання інших альтернативних джерел електричної енергії.

2.5 Переваги сонячних електростанцій

Сонячна енергія [19] та енергозбереження є світовою тенденцією. Якщо кілька років тому лідерами за поколіннями були Німеччина, США та Великобританія, то в 2015 році їх випередили Японія та Китай, у перспективі – Індія, якій прогнозують друге місце в світі в 2017 році. Сонячна енергетика активно розвивається в Мексиці, Чилі, Австралії, Бразилії та Пакистані.

Дуже показовим прикладом розвитку сонячних технологій є Китай, який всього за п'ять років як аутсайдер став світовим лідером за потужністю сонячних електростанцій. Протягом 2016-2020 років Китай інвестує близько 145 млрд доларів у будівництво сонячних електростанцій - це дасть можливість ввести в експлуатацію близько 1000 потужних СЕС.

Річний приріст потужності СЕС становить близько 40-50% на рік – якщо в 2010 році сумарна потужність усіх сонячних станцій становила 40,3 ГВ, то в 2015 році вона досягла 230 ГВ, і лише в 2016 році введено в експлуатацію 76 ГВ.

За експертними оцінками, до 2070 року сонячна енергія стане основним джерелом електроенергії на землі, а до початку наступного століття обсяг сонячної енергії буде в 3,5 рази перевищувати нафтову промисловість, а в 6 разів - атомну.

Енергія сонячного випромінювання практично невичерпна і є абсолютно безкоштовним ресурсом.

Сучасні технології дозволяють виготовляти сонячні панелі [20], які забезпечать виробництво електроенергії не менше 30 років з мінімальними витратами на експлуатацію та обслуговування. Завдяки карті сонячної інсоляції, можна заделегіть визначити, чи будуть актуальні для вас сонячні панелі, зображено на рисунку 2.4.

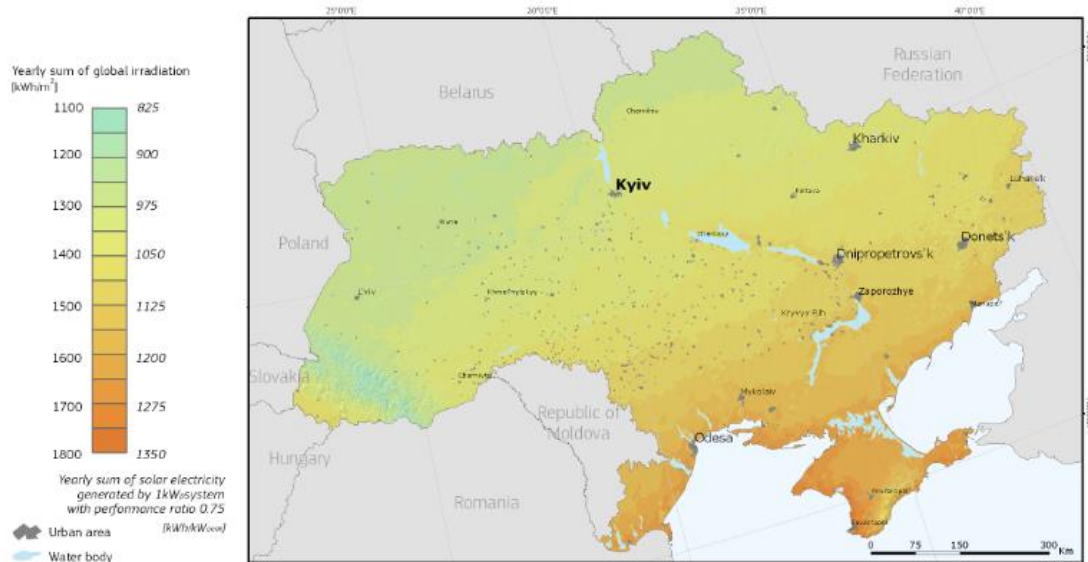


Рисунок 2.4 – Карта сонячної інсоляції в Україні.

Сонячні панелі для дому випускаються в декількох варіантах. Одним з найпоширеніших варіантів є сонячна електростанція для будинку з автономним інверторним типом автономного режиму [21]. У цьому випадку енергія, вироблена батареями, змішується, щоб надходити з централізованої мережі. Надлишок енергії спрямовується на акумулятор, який спрацьовує, якщо з якихось причин переривається основне живлення, а також у темний час доби. Така система не може забезпечити постійне автономне електропостачання, але зменшує рахунки за електроенергію. У разі збою живлення його можна використовувати як резервне джерело деякий час. Тому таке рішення підійде для сільських будинків.

Часто в її конструкції використовуються аморфні сонячні батареї, які мають високий ККД і зберігають ефективність навіть в похмуру погоду.

2.6 Сонячна електростанція з on-grid інвертором

Ще один варіант - система з інвертором типу on-grid. Як і в попередньому випадку, вона додає енергію, що виробляється сонячною електростанцією для будинку, до надходить від міської мережі. Однак надлишки енергії в цьому випадку не запасуються в акумуляторах, а віддаються в загальну мережу. Продаж надлишкової електроенергії,

виробленої СЕС, здійснюється за встановленим державою «зеленим тарифом». Таким чином, ви не тільки знижуєте витрати на електропостачання, а й отримуєте додаткове джерело доходу. До недоліків цього типу сонячних батарей для дому відноситься неможливість використовувати їх в якості резервного джерела електрики - вони можуть функціонувати, тільки якщо працює централізована мережа.

Особливо корисно використовувати систему з мережевим перетворювачем, якщо споживання енергії у вашому будинку чи квартирі низьке. Потужність СЕС цього типу коливається від 10 до 30 кВт, а їх ціна починається від 7800 доларів. Плата за кожен вироблений кіловат за «зеленим тарифом» становить 0,16 євро. Отже, купивши сонячну електростанцію для свого будинку зараз, ви повністю окупите її ціну протягом п'яти років, а до 2029 року заробите стільки, скільки було витрачено на її покупку.

Таким чином, домашня СЕС з мережевим інвертором - це не тільки спосіб скоротити витрати на електроенергію, а й довгострокове вкладення, що дозволяє отримувати постійний дохід.

Нарешті, є середній варіант – гібридні сонячні електростанції [22]. Вони поєднують в собі функції двох описаних вище типів. Такі рішення коштують дорожче, а їх потужність зазвичай обмежується 10 кВт. Тому їх купують лише в окремих випадках, коли СЕС повинна відповідати якимось специфічним вимогам. У більшості ситуацій краще віддати перевагу одному з двох інших варіантів: якщо вас цікавить СЕС, в першу чергу, як резервне джерело енергії, підійде автономна сонячна електростанція, а якщо ви вважаєте її засобом заробітку, радимо придбати on-grid систему.

2.7 Сонячна електростанція в гібридній системі електропостачання

Динаміка розвитку сонячної електроенергетики є найбільшою серед ВДЕ в Україні. За виключенням втрат сонячних електростанцій внаслідок анексії Криму (408 МВт) в Україні існує тенденція до щорічного зростання

потужностей СЕС. У 2019 році встановлена потужність сонячних електростанцій збільшилась на 23% .

Мережеві СЕС:

Найпростіша схема мережевий сонячної електростанції (і найпростішої СЕС) представлена на рисунку 2.5.

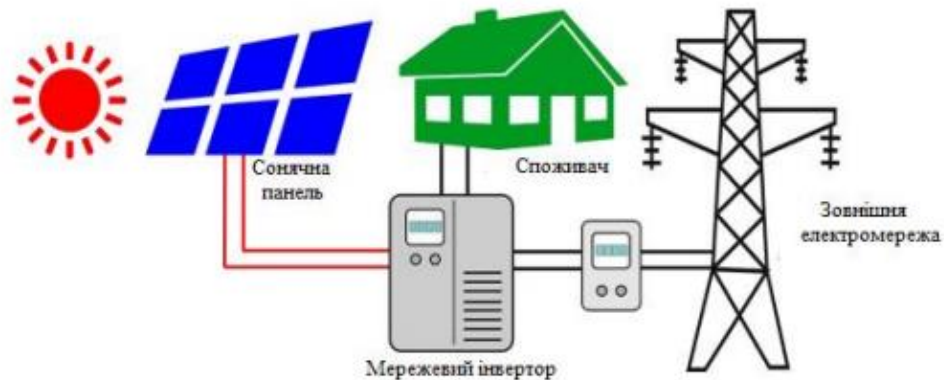


Рисунок 2.5 - Схема мережевої сонячної електростанції.

Для нормальної роботи необхідно підключитися до зовнішнього джерела живлення. Наявність та якість зовнішньої електромережі (крім сонячної) є вирішальним для функціонування СЕС. При його відсутності або недотриманні норм така СЕС стає марною навіть у сонячну погоду без хмар. Ця залежність від центрального електропостачання є головним недоліком такої СЕС.

До переваг можна віднести відносну, але значну дешевизну СЕС тощо високий загальний ККД системи (90-95%) порівняно з іншими типами СЕС. Ці дві якості роблять цей тип СЕС, безсумнівно, більш привабливим для виробництва та продажу електроенергії.

Гібридний SES (автономний, мережевий)

Гібридна СЕС – це базова схема мережевої СЕС з установкою акумуляторів (батареї), контролера заряду та заміною мережевого перетворювача на гібридний. Особливістю є можливість зберігання частини електроенергії, виробленої за сонячний період, в батареї, зображено на рисунку 2.6.



Рисунок 2.6 - Схема автономної, з'єднаної з мережею (гібридної) СЕС.

Через доступність даних про акумулятор тип SES менше залежить від джерела центрального електропостачання. Такі СЕС в основному використовуються як частина системи безперебійного живлення, де центрального електропостачання недостатнє або нестабільне.

Автономна фотоелектрична електростанція, малюнок 2.7, зазвичай містить акумуляторні батареї та контролер заряду. Якщо потрібне живлення споживачів, яким потрібна стандартна напруга 220/380 В змінного струму, інвертор необхідно підключити до фотоелектричної електростанції.

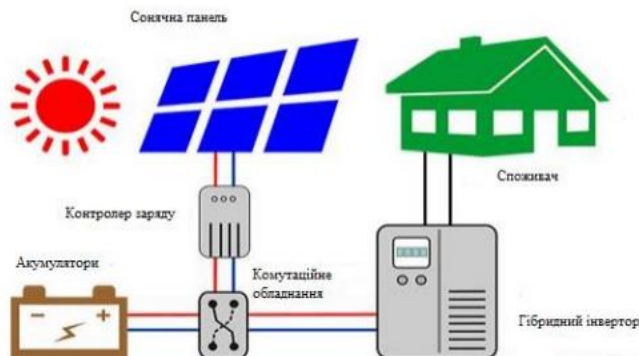


Рисунок 2.7 –Схема автономної, що не з'єднана з мережею СЕС

Єдиний недолік такої фотоелектростанції - втрата енергії при малих навантаженнях.

Також можна використовувати модульні інвертори [23] у такій конфігурації середня номінальна потужність зазвичай досягає рівня 10 кВт. Також можливі наступні варіації:

- кожна панель обслуговується невеликим інтегрованим інвертором, забезпечуючи сотні Вт потужності;

фотогальванічних елементів, виходи DC/DC-перетворювачів підключаються паралельно до одного DC/AC-інвертору. Ця топологія є найефективнішою, номінальна потужність досягає 100 кВт. Основна функція інвертора полягає в перетворенні постійних струмів від фотогальванічних панелей або батареї з різним рівнем напруги в змінний струм з певним рівнем напруги і частотою для живлення пристроїв або передачі в енергетичну систему.

Частота і напруга залежать від регіону, в Європі це 50 Гц і 220 В, в США - 60 Гц і 110 В. Залежно від застосування існують вимоги до фази, тому перетворювачі бувають одинарними, подвійними і потрійними. фаза. Перетворювач постійного / постійного струму збільшує або зменшує рівень вхідної напруги, регулює свій вихід для максимальної ефективності під час фази перетворення DC / AC..

Висновки до розділу 2

1. Для побудови гібридної системи електропостачання проаналізовані джерела енергії: дизельні та газові електростанції побутового сектору, альтернативні джерела енергії, такі як сонячні електростанції, вітроенергетичні установки, а також представлені комбінації різних комбінованих систем.

2. Розглянута можливість роботи відновлюваних джерел енергії як на спільну з централізованими джерелами мережу, так і на індивідуальних споживачі.

3. Показано, що основними перевагами гібридних систем було зазначено:

- a) підвищення енергетичної незалежності споживачів;
- b) згладжування пікових навантажень;
- c) зниження рівня необхідного резервування потужності для нового етапу розвитку енергетики.
- d) мінімізацію транспорту енергоносіїв;
- e) скорочення втрат під час транспорту вторинних енергоносіїв.

3 РОЗРАХУНОК ГІБРИДНОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПРИВАТНОГО БУДИНКУ

Побудова гібридної системи електропостачання один із найкращих способів для створення автономного, незалежного електропостачання для вашого будинку. Розглянемо, як об'єкт приватний будинок розташований в Києві загальною площею 350 м², рисунок 3.1.



Рисунок 3.1- Приклад гібридної системи, для приватного будинку

3.1 Вибір вітроенергетичного обладнання

Загальна потужність ВЕС становить 3,45 МВт. Враховуючи це та площу ділянки, призначеної для будівництва даної ВЕС, пропонується використовувати вітрогенератори потужністю 2-5 МВ, а саме:

1 вітрогенератор на 3,45 МВт. У складних логістичних умовах їх оптимальна маса та габарити полегшують доставку, ніж з вітряними турбінами.

При виборі вітрогенератора необхідно враховувати кілька факторів:

швидкість вітру, споживана об'єктом потужність, діаметр вітрогенератора, висота установки вітрогенератора. Так само місце установки агрегату відіграє важливу роль у правильній роботі вітрових турбін. Перешкоди та рельєф місцевості можуть створювати турбулентність у вітровому потоці, що порушить роботу вітрогенератора та знизить його ефективність. Точне розташування вітрогенераторів показано на рисунку 3.2.

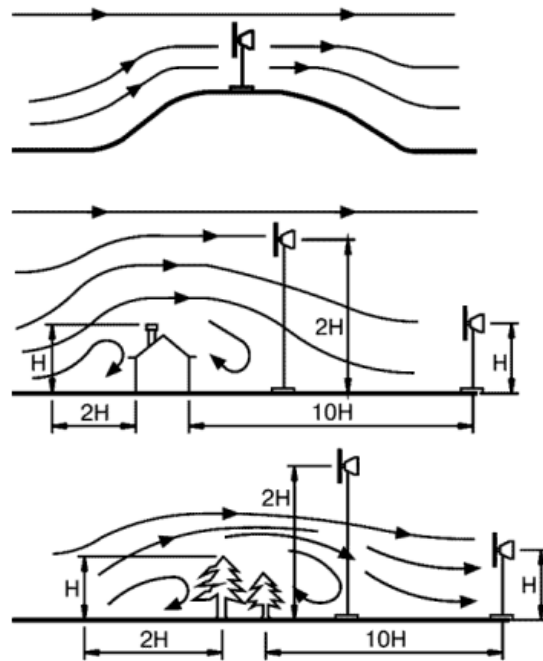


Рисунок 3.2 – Розташування вітроустановок з найвищим ККД

Потрібно враховувати, що деякі виробники можуть завищувати показники потужності вітроустановок, або давати дані випробувань в аеродинамічній трубі, в якій ідеалізовані умови повітряного потоку, що відрізняються від реальних умовах приблизно на 10-30%. Тому прикинувши потужність за вищенаведеною формулою, ви можете підібрати підходящий для ваших умови вітряк.

Компоненти вітрогенератора:

- Вітрові турбіни перетворюють енергію вітру в електричну для подальшого поширення. Звичайні турбіни з горизонтальною віссю можна розділити на три компоненти: ротор, що становить приблизно 20% від вартості вітрогенератора, включає лопаті для перетворення енергії вітру в енергію обертання з низькою швидкістю.
- генератор, що становить приблизно 34% від вартості вітрогенератора, включає електричний генератор, керуючу електроніку і, швидше за все, редуктор (наприклад, планетарний редуктор), привід з регульованою швидкістю, або компонент безступінчастої передачі для перетворення низькошвидкісного вхідного обертання високошвидкісний оберт, придатного для виробництва електроенергії. Навколишня конструкція, що становить приблизно 15% від вартості вітрогенератора, включає в себе механізм повороту башти та ротора.

Вітрогенератор типу 1,5 (МВт), який часто зустрічають у Сполучених Штатах, має висоту 80 метрів. Роторний вузол (лопаті та ступиця) важить 22000 кілограмів. Гондола, котра містить генератор, важить 52000 кілограмів. Бетонна основа вежі побудована з використанням армуючої сталі на 26 000 кілограмів і містить 190 кубічних метрів бетону. Основа має діаметр 15 метрів і товщину біля центру 2,4 метра.

Багато зусиль було додано для моделювання майбутніх поломок вітрогенераторів. Зростаючий попит на відновлювані джерела енергії призвів до глобального впровадження та швидкого поширення технології вітрових турбін. Вітряні турбіни зазвичай розраховані на 20 років експлуатації, але через складне навантаження середовища, в якій вони працюють, вітрогенератори рідко працюють до цього часу без капітального ремонту та капітального обслуговування. З метою покращення управління вітровими електростанціями спостерігається зростаючий рух у напрямку профілактичного обслуговування, на відміну від планового технічного обслуговування для скорочення простоїв та втрат виробництва. Це досягається за рахунок використання систем прогнозного відстеження та управління..

Через проблеми з передачею даних структурний моніторинг стану вітряних турбін зазвичай виконується за допомогою декількох акселерометрів та тензорезисторів, прикріплених до гондоли, для контролю редуктора та обладнання. В даний час для вимірювання динаміки лопатей вітряних турбін використовують цифрову кореляцію зображень та стереофотограмметрію. Ці методи, як правило, вимірюють зміщення та деформацію для виявлення місця дефектів. Динамічні характеристики вітряних турбін, що не обертаються, вимірювались за допомогою цифрової кореляції зображень та фотограмметрії. Тривимірне відстеження точок також було використано для вимірювання динаміки обертання вітрових турбін.

Малі вітряні турбіни можна використовувати для різноманітних застосувань, включаючи житлові та позамережі, телекомунікаційні вежі, офшорні платформи, сільські школи та клініки, дистанційний моніторинг та інші енергоємні цілі, де немає мережі або нестабільної мережі. Малі вітряні турбіни можуть бути такими ж малими, як 50-ватний човновий генератор. Гібридні сонячні та вітрові установки все частіше використовуються для дорожніх знаків, особливо в сільських районах, оскільки вони

уникають необхідності прокласти довгі кабелі від найближчої точки підключення до мережі.

Параметри математичної моделі вітрових турбін: за останнє десятиліття відбулося різке зростання виробництва вітрової енергії, оскільки щороку в усьому світі встановлюються нові потужності для виробництва вітрової енергії. Виробництво електроенергії на ВЕС за останнє десятиліття зросло втричі з приблизно 203,5 ГВт до 650,8 ГВт. В енергетичних системах баланс підтримується шляхом постійного регулювання виробничих потужностей і контролю попиту. Оскільки вітер у напрямку потоку порушується, то потужність одержуваної електроенергії є імпульсивною. Короткострокові прогнози (від 1 години до 72 годин) корисні для планування енергосистем щодо зобов'язань і поставок, а також для торгівлі електроенергією на певних ринках електроенергії, де енергію вітру та її зберігання можна розрядити або захистити від перезаряду. Середньострокові прогнози та прогнози (від 3 днів до 7 днів) необхідні для планування технічного обслуговування ВЕС, зупинки генераторів та обслуговування зупинок теплогенераторів, а також для планування технічного обслуговування мереж та накопичувачів енергії. Похибки прогнозу зазвичай збільшуються зі збільшенням часу інтервалу.

Прогнозування вітру для виробництва енергії та функціонування

енергосистем в основному фокусується на безпосередніх короткочасних годинах до двох днів і середньострокових 2–7 днів. Це пояснюється тим, що у великих ВЕС операції, такі як регулювання, дотримання навантаження, балансування, блокування та планування блоків, здійснюються протягом цих часових рамок. Наука про прогнозування енергії вітру описується як застосування теорій і практик як метеорології, так і кліматологічної специфіки до виробництва вітрової енергії. В розробленій системі використовуватимуться дані із українського гідрометеорологічного центру.

Однак загальним висновком є те, що в міру збільшення рівня використання енергії вітру для генерування електроенергії, необхідне додаткове збалансування системи, що дозволить визначити чи не буде надлишковою ця енергія, і навпаки, чи не буде її дефіцит у випадку її необхідності за несприятливих умов. Важливість балансування

пов'язана з економічністю існуючої енергосистеми. Тому інструменти прогнозування вітроенергетики є безцінними, оскільки вони дозволяють краще відправляти, планувати та вводити в дію теплові генератори, гідроелектростанції та накопичувачі енергії, а також більш конкурентоспроможну торгівлю на ринку вміру збільшення та зниження енергії вітру. Загалом вони зменшують фінансовий та технічний ризик невизначеності виробництва вітрової енергії для всіх учасників ринку електроенергії.

Характеристики вітрогенератора об'єднані взаємозалежними фізичними величинами. На рисунку 3.3 зображено і відмічено малий вітроенератор і його характеристики, що впливають на кінцеву продуктивність виробітку електроенергії.

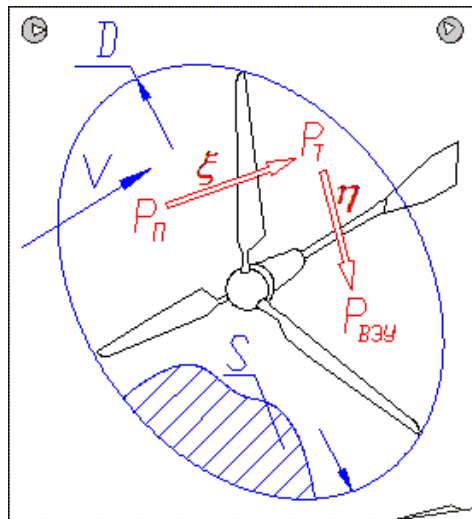


Рисунок 3.3 -Параметри вітрогенератора

Ключові характеристики вітрогенератора [24]:

номінальна потужність $P_{ном}$ [Вт,кВт] – залежність потужності від швидкості вітру, або ж потужність, котру генерує генератор вітроустановки при ключових значеннях швидкості вітру;

розрахункова швидкість вітру – V_p [м/с] найменша швидкість вітру, при якій вітроустановка здатна видавати номінальну потужність;

діаметр вітротурбіни D [м] . У випадку спеціальних типів вітрогенератора враховуються величини, з котрих можливо розрахувати площу поверхні, котра прийматиме тиск вітру;

генерація електроенергії в місяць W_M [кВт•год] – значення, що вираховується із добутку середньої величини швидкості вітру на кількість днів;

середня потужність P_{CP} [кВт] – потужність, значення які варіюється для місцевості в залежності від швидкості вітру, і вказує на виробіток значення добутку якого на кількість годин і днів в місяці буде рівним реальним показникам.

потужність вітроустановки визначається за формулою:

Визначимо середню суму за формулою:

$$P_{vey} = P_T \cdot \eta , \quad (3.1)$$

де η – коефіцієнт корисної дії генератора і передаточної коробки (у більшості випадків дорівнює 0.8 – 0.9);

P_T – потужність турбіни вітрогенератора.

Потужність турбіни вітрогенератора визначається за формулою:

$$P_T = P_{\Pi} \cdot \varepsilon , \quad (3.2)$$

де ε – коефіцієнт отриманої енергії в вітрового потоку.

Повністю відрізняється від ефективності. Потужність, яку не вдалося перетворити в енергію обертання лопатей, не втрачається, оскільки залишається у вітровому потоці. Існує кілька теорій щодо отриманого енергетичного коефіцієнта, але суть їх полягає в тому, що в найкращих умовах для проектування вітрогенератора максимальний ККД вітру становить від 0,59 до 0,68. Повністю використати всю енергію вітру неможливо, тому що в цьому випадку швидкість вітру після проходження вітрогенератора повинна дорівнювати нулю. На сьогоднішній день фактичний коефіцієнт використання вітру успішно сконструйованої вітрової турбіни становить 0,4–0,55;

P_{Π} – потужність потку вітру, котрий протікає крізь поверхню вітрової турбіни.

Потужність потоку вітру вираховується за формулою:

$$P_{\Pi} = \frac{\rho \cdot V^3}{2} \cdot S , \quad (3.3)$$

де V – швидкість вітрового потоку перед проходженням вітротурбіни;

ρ – щільність повітря (прийнято вважати рівним 1.225 кг/м³)

S – обтікаюча площа вітроустановки. Формула площі:

$$S = \pi \cdot D^2 \frac{v^3}{4} \quad (3.4)$$

Ці формули дозволяють розрахувати такі ключові параметри, як номінальна потужність, діаметр і оцінена швидкість вітру, які є одними із значень, які використовуються для розрахунку виробництва електроенергії. Слід також враховувати такі характеристики, як очікуване виробництво енергії та середня потужність вітру. Для точного розрахунку цих значень необхідно мати схему розподілу швидкостей вітру на період, на який буде складатися прогноз виробництва електроенергії. Щоб порівняти виробництво електроенергії від різних вітрогенераторів, необхідно передбачити виробництво та порівняти кількість виробленої енергії. Більше значення буде вказувати на більш продуктивне використання цієї вітрової турбіни в порівнянні з вітрогенератором з меншим значенням.

Для визначення електроенергії виробленої вітрогенератором за місяць використовуються наступні припущення:

потужність вітрогенератора при швидкості вітру нижче розрахункової рівна добутку номінальної потужності на куб відношення меншої швидкості до швидкості, для якої взято номінальну потужність, формула:

$$P = P_{\text{ном}} \cdot \frac{v^3}{v_p^3} \quad (3.5)$$

Для швидкості вітру вище розрахункової, значення потужності беруться відповідно до таблиці номінальних значень для конкретного вітрогенератора, або ж максимальним значенням у випадку обмежень вітрогенератора для максимальної швидкості.

Розподіл швидкостей вітру (формула 3.6) і їх зміни за певний проміжок часу підкоряється закону Гауса. Формула закону Гауса:

$$P_{\text{розп}} = A \cdot e^{V-V_0} \quad (3.6)$$

де V_0 – середня швидкість вітру;

A – параметр, змінюється відносно V_0 .

Змінні значення параметру A наведені у таблиці 1.3.

Таблиця 3.1 – Значення параметру А.

V_0 , м/с	3	4	5	6
А	0.228	0.185	0.165	0.15

Результатом тверджень наведених вище, для розрахунку середньої потужності вітроустановки P_{cp} у залежності від середньої швидкості вітру та розрахункової швидкості.

Використавши цю формулу, можна розрахувати кількість прогнозовано генерування енергії за місяць по формулі:

$$W_M = P_{cp} \cdot 30 \cdot 24 \quad (3.7)$$

Графік потужності є загальним способом для виробників представити розрахункову потужність турбіни для різних швидкостей вітру. Графіки потужності показують передбачуване виробництво електроенергії для турбіни при заданих швидкостях вітру. Приклад графіку для вітрогенератора ротора Онипко зображено на рисунку 3.4 .



Рисунок 3.4 -Графік залежності потужностей від швидкості вітру

Для розрахунку візьмемо Східну Україну, де середня швидкість вітру 4,5 м/с. Перш за все, потрібно дізнатися, скільки енергії можна буде отримати на своїй ділянці. За наведеною формулою розраховуємо енергію, нашої ділянки:

$$P_{пот} = V^3 \cdot \rho \cdot S , \quad (3.7)$$

де V - швидкість вітру, одиниця виміру - м/с

ρ - щільність повітря, одиниця виміру - кг/м³

S - площа, на яку дме (тисне) повітряний потік, одиниця виміру –м²

Наприклад, на площу, що дорівнює 10 м² повітряний потік щільності 1,29 кг/м³ , зі швидкістю 4,5 м/с. Тоді:

$$P_{\text{пот}} = V^3 \cdot \rho \cdot S = 4,5^3 \cdot 1,29 \cdot 10 = 1175,51 \text{ Вт}$$

Майже 1,2 кВт, якщо не брати до уваги що ми будемо отримувати 20-50% потенційної енергії вітрогенератора, а інша частина буде втрачено на завихрення, обтікання і тому подібні. Більш точний розрахунок можна зробити за формулою:

$$P = \varepsilon \cdot \pi \cdot R^2 \cdot 0,5 \cdot V^3 \cdot \rho \cdot \eta_{\text{ред}} \cdot \eta_{\text{ген}} , \quad (3.8)$$

де ξ - коефіцієнт використання енергії вітру (в номінальному режимі для швидкохідних вітряків досягає максимум $\xi_{\text{max}} = 0,4 \div 0,5$), безмірна величина;

R - радіус ротора, одиниця виміру - м

V - швидкість повітряного потоку, одиниця виміру - м / с

ρ - щільність повітря, одиниця виміру - кг/м³

$\eta_{\text{ред}}$ - ККД редуктора, одиниця виміру - відсотки

$\eta_{\text{ген}}$ - ККД генератора, одиниця виміру – відсотки

Для наступних даних:

$$\xi = 0,5$$

$$R = 4 \text{ м}$$

$$V = 4,5 \text{ м / с}$$

$$\rho = 1,29 \text{ кг/м}^3$$

$$\eta_{\text{ред}} = 0,8$$

$$\eta_{\text{ген}} = 0,9$$

Розраховуємо:

$$P = \varepsilon \cdot \pi \cdot R^2 \cdot 0,5 \cdot V^3 \cdot \rho \cdot \eta_{\text{ред}} \cdot \eta_{\text{ген}} = 0,5\pi \cdot 4^2 \cdot 0,5 \cdot 4,5^3 \cdot 1,29 \cdot 0,8 \cdot 0,9 = 425,22 \text{ Вт}$$

Слід пам'ятати, що кількість електроенергії, виробленої вітряком зростає в кубічному співвідношенні з підвищенням швидкості вітру. Наприклад, якщо швидкість вітру збільшиться в 2 рази, то кінетична енергія, вироблена ротором, збільшиться у 8 разів. Тому можна зробити висновок, що швидкість вітру є найважливішим чинником, що впливає на потужність установки в цілому. Чим вище мачта вітряка тим більша швидкість вітру.

3.2 Вибір дизельного генератора

Дизельні електростанції в гібридних енергосистемах виконують найважливіші функції гарантованого електропостачання. Крім того, залежно від структури вітро-дизельного енергетичного комплексу він може виконувати буферні функції, компенсуючи пульсації вітрової енергії.

Виходячи з необхідності забезпечення споживачів електроенергією в будь-яких ситуаціях, вибір кількості та потужності дизель-генераторів слід здійснювати з урахуванням наступних вимог:

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

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

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

Умова експлуатації дизельних електростанцій повинні відповідати кліматичним характеристикам місцевості.

Виходячи з наведених вимог вибираємо для електропостачання будинку однофазний дизельний генератор торгової марки NIK типу DG 7500 потужністю 6,0 кВт, зображено на рисунку 3.5.



Рисунок 3.5 - Дизельний генератор торгової марки NIK типу DG7500

Генератор NIK DG7500 забезпечує резервне енергопостачання будівель за рахунок споживання дизельного палива. Агрегат не вимогливий до якості палива, в будь-якій ситуації працює безперебійно. Конструкція внутрішнього механізму створена для максимального згоряння дизельних двигунів з метою економії та високої ефективності. Це в рази зменшує знос робочих частин, а вихлопні гази менш токсичні. Ці установки відрізняються: вихідною потужністю; тип струму (змінний 3-фазний / однофазний, постійний); вихідна напруга та частота струму (наприклад, 50, 60, 400 Гц). Також дизельні електростанції поділяються за типом охолодження: повітряне або рідинне. Електростанції повітряного типу можуть працювати безперервно не більше 10 годин, після чого їх необхідно охолодити протягом 1-2 годин. Зазвичай це невеликі електростанції малої потужності, їх ще називають переносними (переносними). Електростанції з рідинним охолодженням можуть працювати без зупинки протягом 24 годин і, порівняно з переносними, такі агрегати мають більші габарити і, відповідно, більшу потужність, а також відрізняються способом отримання електромагнітного поля, необхідного для виробництва електроенергії. Асинхронні, більш надійні і довговічні і не створюють радіоперешкод, але не переносять тривалих навантажень, на відміну від синхронних.

Технічні характеристики NIK DG7500 наведені в таблиці 3. 2.

Таблиця 3.2 - Технічні характеристики NIK DG7500

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

Важливим механізмом кожної дизельної генераторної станції є двигун внутрішнього згоряння, робота якого здійснюється з використанням дизельного пального. Запалюється паливо в цьому двигуні від того, що стискається пальне. На сучасному ринку дуже популярними є 2-тактні, вони працюють за принципом «стиснення палива і робочий хід», а також 4-тактні, головним принципом роботи яких є впуск пального з наступним його стисненням, робочий хід і випуск.

Відмінними особливостями дизельних генераторів вважаються:

-необхідність набагато менших швидкісних оборотів через більш тривалий процес згоряння палива;

- масивність обладнання, що не дозволяє його використовувати в випадках, де необхідні пристрої компактних розмірів;
- значно менша вартість палива, що використовується;
- підвищена зносостійкість конструкції.

Ці станції використовують в різних сферах. При облаштуванні на автономних електростанціях купують більш потужні генераторні станції на дизелі з рідинною охолоджувальною системою. Переносні установки мають повітряну охолоджувальну систему, іноді як додаткові елементи для зниження температури повітря використовуються проміжні конструкції.

Якщо задатися питанням, якої вистачить потужності генератора, щоб при освітленні і холодильник працював, ще і пропилососити будинок, підрахуємо:

Так, якщо потужність пирососа становить 1500 Вт, а коефіцієнт пускового струму у нього 1,5, то обчислюємо:

$1500 \text{ Вт} \times 1,5 = 2250 \text{ Вт}$ - стільки потрібно пирососу, щоб запуснитися.

Якщо працює холодильник:

$150 \text{ Вт} \times 3 = 450 \text{ Вт}$

Якщо в цей час включені кілька лампочок на 200 Вт, їх множити не потрібно.

Підсумовуємо разом: $2250 + 450 + 200 = 2900 \text{ Вт} + 20\%$ (запас потужності) = 3340 кВт.

А якщо в будинку встановлений водяний насос, і він в цей час включений, то прибирання пирососом краще і не починати. Адже насос це мінімум 1 кВт, тобто:

$1000 \text{ Вт} \times 3 = 3000 \text{ Вт}$.

Дизель генератор потужністю 5,5 кВт, що споживає 1,9 літрів дизельного палива на годину або 45,6 літрів на добу або 1368 літрів на місяць. За вартості дизельного палива 29 грн/л. за місяць роботи такого генератора доведеться заплатити 39 672 грн.

3.3 Вибір сонячних панелей для приватного будинку

Для розрахунку візьмемо 2 сонячні електростанції потужністю 20 кВт розрахуємо економію електроенергії для кожного випадку протягом усього року. Наприклад

розрахунку розрахуємо сонячну електростанцію на 20 кВт використовуючи фотомодуль Amerisolar AS-6P30-275W [25], зображений на рисунку 3.6.



Рисунок 3.6 - Фотомодуль Amerisolar AS-6P30-275W

Основні характеристики сонячної станції наведено у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – основні характеристики сонячної станції для приватного будинку.

Потужність станції, кВт	20 кВт
Фотомодуль	Amerisolar AS-6P30-275W
Інвертор:	HUAWEI SUN2000-20KTL
Площа, м ₂	129.2
Кількість фотомодулів	76 шт
Потужність фотомодуля	275 Вт
Тип фотомодуля	Полікристалічний кремній
Висота фотомодуля, мм	1640мм
Ширина фотомодуля, мм	992мм

Орієнтовне середньомісячне вироблення сонячної енергії наведено у таблиці 3.4.

Таблиця 3.4. Орієнтовне середньомісячне вироблення сонячної енергії, кВт.

Зима	Весна	Літо	Осінь
28,424	75,031	114,323	58,52

Розрахунок інсоляції приватного будинку в зимовий період наведено у таблиці 3.5.

Таблиця 3.5. - Розрахунок для побудови графіка для приватного будинку в зимовий період (грудень, січень, лютий)

Час	Навантаження кВт	Потужність СЕС, кВт	Інсоляція, кВт·ч/м ²	Кількість панелей, шт	Потужність однієї панелі, кВт	Споживання з компенсацією, кВт
1:00	4	0	0	76	0,275	4
2:00	3,5	0	0	76	0,275	3,5
3:00	3	0	0	76	0,275	3
4:00	3	0	0	76	0,275	3
5:00	4	0	0	76	0,275	4
6:00	6	0,836	0,04	76	0,275	5,164
7:00	12	1,672	0,08	76	0,275	10,328
8:00	13	2,508	0,12	76	0,275	10,492
9:00	12	3,135	0,15	76	0,275	8,865
10:00	9	4,389	0,21	76	0,275	4,611
11:00	8	4,598	0,22	76	0,275	3,402
12:00	7,5	4,389	0,21	76	0,275	3,111
13:00	8,5	3,762	0,18	76	0,275	4,738
14:00	8	2,09	0,1	76	0,275	5,91
15:00	7	1,045	0,05	76	0,275	5,955
16:00	7	0	0	76	0,275	7
17:00	8,5	0	0	76	0,275	8,5
18:00	12	0	0	76	0,275	12
19:00	16	0	0	76	0,275	16
20:00	18	0	0	76	0,275	18
21:00	19	0	0	76	0,275	19
22:00	15	0	0	76	0,275	15
23:00	9	0	0	76	0,275	9
0:00	6	0	0	76	0,275	6
Всього	219	28,424	1,36	76	0,275	190,576

Розглянувши таблицю 3.5 будемо графік навантажень для приватного будинку у зимовий період, наведеного на рисунку 3.7.

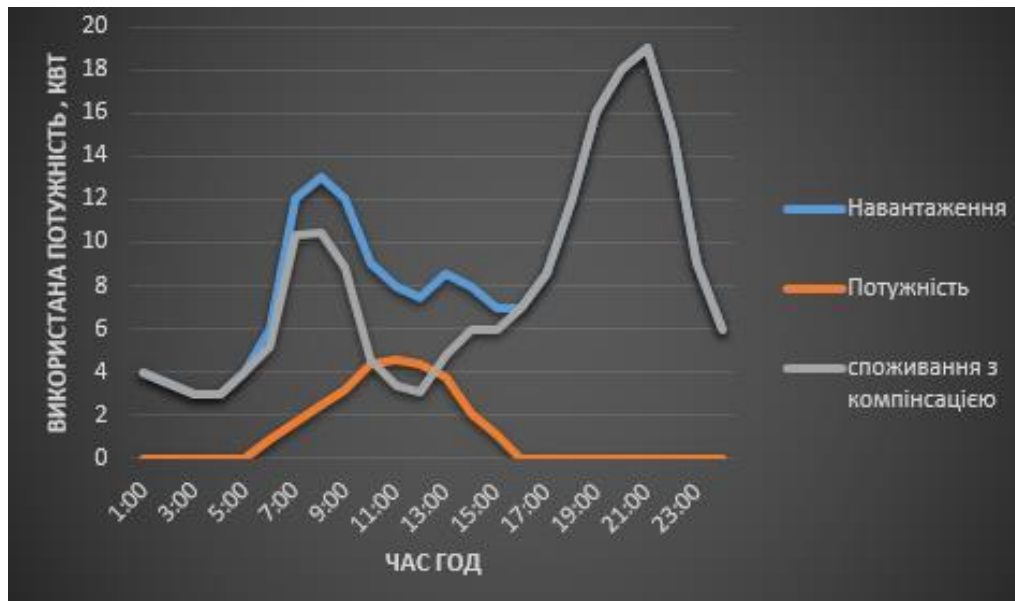


Рисунок 3.7- Графік навантаження для приватного будинку у зимовий період.

Головна перевага сонячних панелей очевидна – після їх встановлення та підключення ви генеруєте свою власну електроенергію, зменшуєте залежність від електропостачальника та скорочуєте витрати на електроенергію. Протягом останнього десятиліття в Україні спостерігається активне використання сонячної енергії для отримання електричного струму. Це пов'язано із впровадженням «Зеленого» тарифу – державної програми закупівлі електроенергії, виробленої альтернативними джерелами, у домоволодінь та приватних підприємств. Однак причина не тільки в цьому. За останні 5 років ціна на електрику зросла втричі: коли на початку 2015 вартість 1 кіловат/години для населення була близько 31 копійки, то в 2020 – 90 копійок. І це за умови використання до 100 кіловат/годин на місяць.

Розрахунок інсоляції приватного будинку у весняний період наведено у таблиці 3.6.

Таблиця 3.6. -Розрахунок для побудови графіка для приватного будинку у весняний період (березень,квітень,травень)

Час	Навантаження, кВт	Потужність СЕС, кВт	Інсоляція, кВт·ч/м ²	Кількість панелей, шт	Потужність однієї панелі, кВт	Споживання з компенсацією, кВт
1:00	4	0	0	76	0,275	4
2:00	3,5	0	0	76	0,275	3,5
3:00	3	0	0	76	0,275	3
4:00	3	0	0	76	0,275	3
5:00	4	0,627	0,03	76	0,275	3,373
6:00	6	3,762	0,18	76	0,275	2,238
7:00	12	5,643	0,27	76	0,275	6,357
8:00	13	7,315	0,35	76	0,275	5,685
9:00	12	8,569	0,41	76	0,275	3,431
10:00	9	9,405	0,45	76	0,275	-0,405
11:00	8	8,987	0,43	76	0,275	-0,987
12:00	7,5	8,778	0,42	76	0,275	-1,278
13:00	8,5	7,942	0,38	76	0,275	0,558
14:00	8	6,479	0,31	76	0,275	1,521
15:00	7	5,016	0,24	76	0,275	1,984
16:00	7	3,135	0,15	76	0,275	3,865
17:00	8,5	1,881	0,09	76	0,275	6,619
18:00	12	0,627	0,03	76	0,275	11,373
19:00	16	0	0	76	0,275	16
20:00	18	0	0	76	0,275	18
21:00	19	0	0	76	0,275	19
22:00	15	0	0	76	0,275	15
23:00	9	0	0	76	0,275	9
0:00	6	0	0	76	0,275	6
Всього	219	78,166	3,71	76	0,275	140,834

Розглянувши таблицю 3.6 будемо графік навантажень для приватного будинку у зимовий період, наведеного на рисунку 3.8.

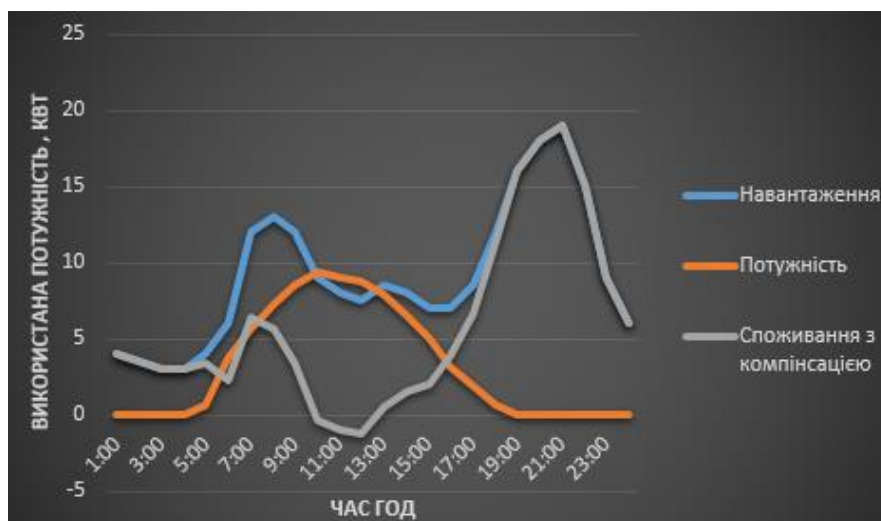


Рисунок 3.8 - Графік навантаження для приватного будинку у зимовий період.

Розрахунок інсоляції приватного будинку у літній період наведено у таблиці 3.7.

Таблиця 3.7. - Розрахунки для побудови графіка для приватного будинку в літній період (червень, липень, серпень).

Час	Навантаження, кВт	Потужність СЕС, кВт	Інсоляція, кВт·ч/м ²	Кількість панелей, шт	Потужність однієї панелі, кВт	Споживання з компенсацією, кВт
1:00	4	0	0	76	0,275	4
2:00	3,5	0	0	76	0,275	3,5
3:00	3	0	0	76	0,275	3
4:00	3	1,045	0,05	76	0,275	1,119
5:00	4	2,926	0,14	76	0,275	1,074
6:00	6	4,807	0,23	76	0,275	1,193
7:00	12	7,942	0,38	76	0,275	4,058
8:00	13	8,987	0,43	76	0,275	4,013
9:00	12	10,45	0,5	76	0,275	1,55
10:00	9	11,495	0,55	76	0,275	-2,495
11:00	8	11,704	0,56	76	0,275	-3,704
12:00	7,5	11,495	0,55	76	0,275	-3,995
13:00	8,5	10,659	0,51	76	0,275	-2,159
14:00	8	10,241	0,49	76	0,275	-2,241
15:00	7	9,405	0,45	76	0,275	-2,405
16:00	7	7,942	0,38	76	0,275	-0,942
17:00	8,5	5,643	0,27	76	0,275	2,857
18:00	12	3,972	0,19	76	0,275	8,029
19:00	16	2,09	0,1	76	0,275	13,91
20:00	18	0,418	0,02	76	0,275	17,582
21:00	19	0	0	76	0,275	19
22:00	15	0	0	76	0,275	15
23:00	9	0	0	76	0,275	9
0:00	6	0	0	76	0,275	6
Всього	219	121,22	5,8	76	0,275	97,78

Розглянувши таблицю 3.7 будемо графік навантажень для приватного будинку у зимовий період, наведеного на рисунку 3.9.

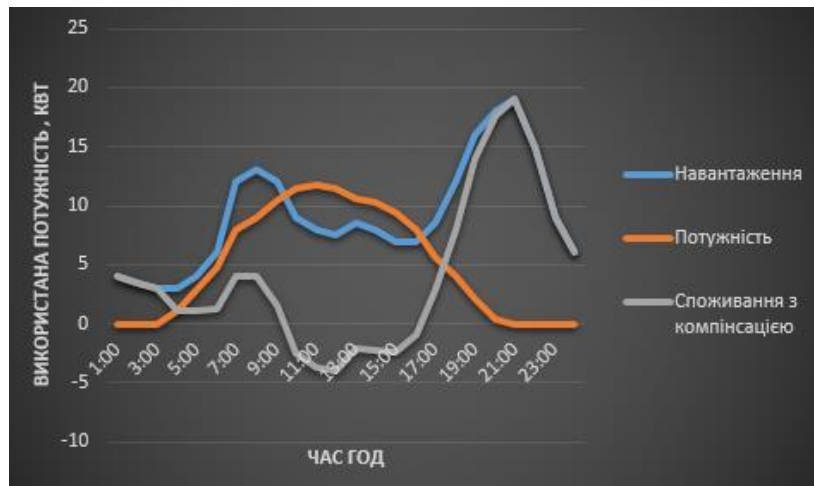


Рисунок 3.9 - Графік навантаження для приватного будинку у літній період.

Розрахунок інсоляції приватного будинку у осінній період наведено у таблиці 3.8.

Таблиця 3.8. - Розрахунки для побудови графіка для приватного будинку в осінній період (вересень, жовтень, листопад).

Час	Навантаження, кВт	Потужність СЕС, кВт	Інсоляція, кВт·ч/м ²	Кількість панелей, шт	Потужність однієї панелі, кВт	Споживання з компенсацією, кВт
1:00	4	0	0	76	0,275	4
2:00	3,5	0	0	76	0,275	3,5
3:00	3	0	0	76	0,275	3
4:00	3	0	0	76	0,275	3
5:00	4	0,627	0,04	76	0,275	3,373
6:00	6	2,299	0,11	76	0,275	3,701
7:00	12	3,762	0,18	76	0,275	8,238
8:00	13	4,807	0,23	76	0,275	8,193
9:00	12	5,852	0,28	76	0,275	6,148
10:00	9	7,315	0,35	76	0,275	1,685
11:00	8	8,151	0,39	76	0,275	-0,151
12:00	7,5	8,36	0,4	76	0,275	-0,86
13:00	8,5	7,524	0,36	76	0,275	0,976
14:00	8	5,225	0,25	76	0,275	2,775
15:00	7	3,135	0,15	76	0,275	3,865
16:00	7	2,09	0,1	76	0,275	4,91
17:00	8,5	1,045	0,05	76	0,275	7,455
18:00	12	0,209	0,01	76	0,275	11,791
19:00	16	0	0	76	0,275	16
20:00	18	0	0	76	0,275	18
21:00	18	0	0	76	0,275	18
22:00	15	0	0	76	0,275	15
23:00	9	0	0	76	0,275	9
0:00	6	0	0	76	0,275	6
Всього	219	60,401	2,89	76	0,275	158,599

Розглянувши таблицю 3.8 будемо графік навантажень для приватного будинку у зимовий період, наведеного на рисунку 3.10.

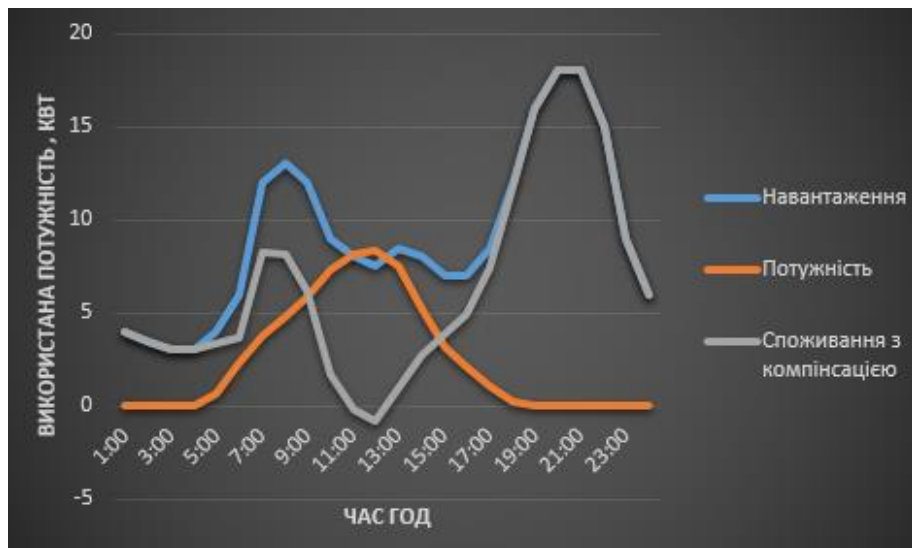


Рисунок 3.10 - Графік навантаження для приватного будинку в осінній період.

Тепер розрахуємо кількість енергії без урахування роботи сонячної електростанції за формулою:

$$W_{\text{БК}} = P_{\text{н}} \cdot T \cdot n, \quad (3.9)$$

де, $P_{\text{н}}$ – використана потужність, кВт·ч/день, $P_{\text{н}} = 219$;

T – період роботи споживача, днів, $T = 30$;

n – кількість місяців, $n = 3$.

$$W_{\text{БК}} = P_{\text{н}} \cdot T \cdot n = 219 \cdot 30 \cdot 3 = 19,8 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Кількість енергії, яка була вироблена сонячною електростанцією за сезон знаходиться за формулою:

$$W_{\text{БК}} = P_{\text{н}} \cdot T \cdot n, \quad (3.10)$$

де, $P_{\text{н}}$ – використана потужність, кВт·ч/день, $P_{\text{н}} = 28,424$;

T – період роботи споживача, днів, $T = 30$;

n – кількість місяців, $n = 3$.

$$W_{\text{БК}} = P_{\text{вир}} \cdot T \cdot n = 28,424 \cdot 30 \cdot 3 = 2,6 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Кількість енергії для приватного будинку з урахуванням роботи сонячної електростанції, розраховується за формулою:

$$W_{к.} = W_{Б.к.} - W_{СЭС} \quad (3.11)$$

$$W_{к.} = W_{Б.к.} - W_{СЭС} = 19,8 - 2,6 = 17,6 \text{ кВт}\cdot\text{год}$$

Отримавши всі розрахунки розглянемо загальну потужність електростанції, що зображено в таблиці 3.9.

Таблиця 3.9 – Потужність сонячної електростанції для приватного будинку.

Потужність сонячної електростанції	Сезон	Енергія без роботи СЕС, тис. кВт·год	Енергія яка виробляється СЕС, кВт·год	Енергія після компенсації СЕС, кВт·год
20 кВт	Зима	19,8	2,6	17,6
	Весна		6,7	13,1
	Літо		10,2	9,6
	Осінь		5,2	14,6

Розрахунок капітальних вкладень виконуємо за формулою:

$$K_{пр} = K_{об}(\sum C_i) + Z_{тзс} + Z_{м} + Z_{дм} + Z_{пр} , \quad (3.12)$$

де, $K_{об}(\sum C_i)$ – витрати на придбання обладнання, техніки, технології, технічних засобів контролю та обліку витрачання ресурсів, приладів діагностики стану обладнання тощо. грн.;

$Z_{ТЗР}$ – транспортно-заготівельні витрати, грн.; $Z_{МН}$ – витрати на монтаж-налагоджувальні роботи, грн.;

$Z_{ДЕМ}$ – витрати на демонтаж застарілого обладнання, грн.;

$Z_{ПР}$ – витрати, необхідні для виконання інших робіт, необхідні для реалізації технічних рішень, грн.

Т.к. для розрахунку я брав уже готові електростанції, то повна вартість всього обладнання та комплектуючого для сонячної електростанції складає:

$K_{об1}(\sum C_i) = 448\,075$ грн. на 20 кВт

Дані взяті з сайту оптово-роздрібної компанії «Аксиом». Докладніше <https://axiomplus.com.ua>.

Витрати на монтажні-налагоджувальні роботи визначаються за такою формулою:

$$Z_{мн} = \sum (C_i \cdot a_i \cdot t_i) \cdot K_D \cdot K_{СМ} \cdot K_{ПР}, \quad (3.13)$$

де, C_i – чисельність працівників, необхідні виконання необхідного обсягу роботи,

a_i – тарифна ставка працівника за одну годину роботи, грн.;

t_i - час, необхідний для виконання певного обсягу роботи, год;

K_D – коефіцієнт, що враховує розмір доплати;

$K_{СМ}$ - коефіцієнт, який враховує єдиний соціальний внесок;

$K_{ПР}$ - коефіцієнт, який враховує інші витрати на виконання монтажних робіт.

$$Z_{мн1} = \sum (2 \cdot 40 \cdot 120) \cdot 1,1 \cdot 1,2 \cdot 1,1 = 13\,940 \text{ грн.}$$

Таким чином, капітальні інвестиції на здійснення проектного варіанта становлять:

$$K_{н1} = K_{об} (\sum C_i) + Z_{тзс} + Z_{м} + Z_{дм} + Z_{пр} = 448\,075 + 13\,940 = 46\,2015 \text{ грн}$$

Комбінація системи, яка буде складатися з вітрогенератора, дизельного генератора та сонячної електростанції має сенс на існування для великих приватних будинків.

3.4 Визначення річної економії

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

$$E_{рік} = W_{СПрік} \cdot C_{Емер} + W_{над} \cdot W_{зм} - V_{дн} \cdot C_{дн}, \quad (3.14)$$

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

$C_{Емер}$ – вартість електричної енергії за тарифами міських електричних мереж ($C_{Емер} = 1,68$ грн/кВт·г);

$W_{НАД}$ – кількість надлишків електроенергії

$W_{\text{НАД}} = 3998 \text{ кВт}\cdot\text{г};$

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

$\text{Ц}_{\text{ЗТ}} = 5,38 \text{ грн/кВт}\cdot\text{г};$

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

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

$$E_{\text{рік}} = W_{\text{СПрік}} \cdot \text{Ц}_{\text{Емер}} + W_{\text{над}} \cdot W_{\text{зм}} - V_{\text{дп}} \cdot \text{Ц}_{\text{дп}} = 10928 \cdot 1,68 + 3998 \cdot 5,38 - 53 \cdot 32 = 73988 \text{ грн.}$$

Об'єм спожитого дизельного палива визначається за формулою:

$$V_{\text{дп}} = W_{\text{дг}} \cdot \Delta_{\text{дг}} \quad (3.15)$$

де: $W_{\text{дг}}$ - кількість електроенергії, що вироблена дизельним генератором $W_{\text{дг}} = 191 \text{ кВт}\cdot\text{г};$

$\Delta_{\text{дг}}$ - питоме споживання дизельного палива генератором

$\Delta_{\text{дг}} = 0,28 \text{ л/кВт}\cdot\text{г})$

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

Знайдемо повну річну економію:

$$E_{\text{повна}} = E_{\text{рік}} - C \quad (3.15)$$

$$E_{\text{повна}} = E_{\text{рік}} - C = 73988 - 18608 = 55380 \text{ грн.}$$

3.5 Визначення та аналіз економічної ефективності

Термін окупності капітальних витрат розраховуємо за формулою:

$$T_p = \frac{K}{E_{\text{повна}}}, \quad (3.16)$$

де: K – капітальні витрати, грн.;

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

$$T_p = \frac{K}{E_{\text{повна}}} = \frac{775320}{55380} = 14,1 \text{ років}$$

Результати розрахунку економічних показників проекту з впровадження гібридної сонячно-вітро-дизельної електростанції в умовах приватного будинку розташованого в м.Києві, наведено в таблиці 3.10.

Таблиця 3.10 - Зведена таблиця техніко-економічних показників.

№ п/п	Найменування показників	Одиниці виміру	Проектний варіант
1	Капітальні витрати	грн.	739 988
2	Експлуатаційні витрати	грн.	18608
3	Річна економія	грн.	50 772
4	Повна річна економія	грн.	19564
5	Розрахунковий коефіцієнт ефективності	-	0,093
6	Розрахунковий термін окупності капітальних витрат	років	14,1

Висновки до розділу 3

1. При порівнянні коефіцієнта ефективності (прибутковості) капітальних витрат, для розглянутого технічного заходу, з нормативним значенням коефіцієнта ефективності, розрахованого при прийнятному терміні окупності $T=14$ 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.

4 СТАРТАП ПРОЄКТ «Сонячна черепиця Tesla Solar Roof в гібридній системі електропостачання приватного будинку»

Основна мета даного розділу є запровадження даного магістерського дослідження, а саме використання гібридної системи електропостачання для приватного будинку загальною площею 300 м².

Розглянувши різні системи електропостачання окремо можна побачити досить довгий термін окупності і в період несприятливого клімату для того, чи іншого заходу взагалі неефективним.

Основна ідея гібридної системи користь від вкладених грошей в джерела енергії незалежно від кліматичних умов.

Комбінована система буде складатися з дизельного генератора, який буде підтримувати систему в цілому, вітрогенератора, який буде працювати в період відсутності сонця і підвищеної швидкості вітру і найголовніше в цій системі - сонячні панелі, що наведено на рисунку 4.1.



Рисунок 4.1 – Сонячна черепиця Tesla Solar Roof

4.1 Опис ідеї проекту

Опис стартап-проекту, його зміст, особливості, базові ринки та напрями пошуку потенційних клієнтів представлені у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 - Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигода для користувача
Автономна гібридна система електропостачання приватного будинку, яка складається з вітрогенератора, дизельного генератора та сонячної черепиці від компанії Tesla Solar roof	1. Приватні будинки розташовані на сонячній стороні ділянки. 2. Площа будинку повинна перевищувати 300 м2	1. Підвищення рівня енергоефективності 2. Незалежність, автономність, надійність 3. Економія

Аналіз переваг та недоліків даного проекту, альтернативні продукти, перелік сильних, слабких та нейтральних сторін проекту, що є базою для його конкурентоспроможності наведений в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Порівняльний аналіз альтернатив стартап-проекту

Техніко економічні характеристики	Конкуренти			W	N	S
	Tesla Solar Roof	AXIOMA energy AX-20P	Sunpower SPR-P3-415	Слабка сторона	Нейтральна сторона	Сильна сторона
Надійність системи	2	1	0	3	2	1
Глобальність	0	3	1	2	3	1
Ціна	3	1	1	2	3	1
Окупність	3	1	1	2	4	0

З таблиці 4.2 можна зробити висновок, що запропонований стартап-проект характеризується вищою надійністю, глобальністю, оперативністю та достовірністю, ніж конкурентні продукти.

4.2 Технологічний аудит стартап-проекту

У цьому підрозділі описано способи встановлення сонячної черепиці, котра буде накопичувати енергію сонця. Дослідження технологічної можливості реалізації проекту наведено у таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 - Ключові види діяльності

Назва діяльності	Опис діяльності	Результат діяльності
Встановлення даху будинку з сонячної черепиці з фотоелементом.	Монтажники зможуть виготовити облицювання даху приватного будинку сонячною черепицею Tesla Solar Roof.	Споживач зможе отримувати альтернативну енергію.

Покрівля працює в парі із системою Powerwall 2, яка конвертує сонячну енергію в електричну. Її батареї вміщують 14 кВт*год енергії та здатні видавати номінальну потужність 5 кВт, а за піку навантажень — до 7 кВт.

У складі черепиці міститься кварц, що робить її зносостійкою. Щоб це довести, компанія скидала гирі на різні види черепичного покриття, у тому числі на глиняну черепицю та шифер, і витримати удар змогла лише сонячна покрівля, що зображена на рисунку 4.2.

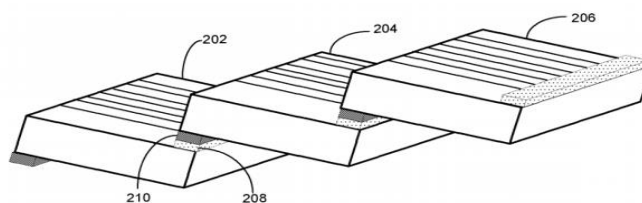


FIG. 2A

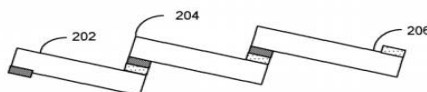


FIG. 2B

Рисунок 4.2- Схема встановлення панелей

4.3 Дослідження ринкових можливостей реалізації стартап-проекту

Нижче наведено можливості та загрози впровадження стартап-проекту, розроблені етапи впровадження даного проекту.

Таблиця 4.4 – Особливості ринку

Показники стану ринку	Характеристика
1. Кількість головних гравців	100
2. Наявність обмежень для виходу на Український ринок	Обмежений. Дана система, ще не використовувалась в Україні.
3. Стандартизація	Стандарт ISO -50001
4. Середня норма рентабельності %	23

Дослідження динаміки зміни попиту на сонячну черепицю наведено у таблиці 4.4. Ринок характеризується середнім рівнем привабливості для освоєння. В таблиці 4.5 показані базові потенційні клієнти стартапу.

Дослідження загроз та можливостей на ринку представлено у таблицях 4.6 – 4.7.

Таблиця 4.5 - Характеристика потенційних споживачів

Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
Автономність системи електропостачання, надійність, підвищення енергетичної ефективності	Приватні будинки	Не передбачено	Площа даху приватного будинку повинна перевищувати 300 м ²

Таблиця 4.6 – Фактори загроз

Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
Транспортні витрати	Економічно не вигідна, завищена ціна транспортних витрат	Створення представників та партнерів в Україні

Таблиця 4.7 - Фактори можливостей

Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
Новизна	Естетичний вигляд сонячних колекторів	Альтернатива для дизайнерів та архітекторів
Комплексність	Підвищення рівня енергоефективності приватного будинку	Модернізація гібридної системи електропостачання
Незалежність	Отримання автономної системи електропостачання	Незалежність від постачальників

Далі у таблиці 4.8 та 4.9 проведемо аналіз факторів конкурентоспроможності стартап-проекту на ринку, а саме:

- новизна ідеї;
- комплексність результатів;
- незалежність в застосуванні.

Таблиця 4.8 - Характеристика факторів конкурентоспроможності

Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування
Новизна	Конкурентний продукт, відсутність аналогічних продуктів
Комплексність	Інноваційність, енергоефективність
Незалежність	Можливість забезпечити електропостачання будинку на віддалених територіях

Таблиця 4.9 – Порівняння конкурентоспроможності аналогів

Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-10	Рейтинг товарів-конкурентів						
		-3	-2	-1	0	1	2	3
Гнучкість використання	5			V				
Оновлення	9		V					
Користь на ринку	7	V						
Експлуатація	5				V			
Ціна	2							V
Новизна	8						V	

Далі побудуємо SWOT-аналіз стартап-проекту (таблиця 4.10). Тобто складемо просту матрицю, яка допоможе розібратись у внутрішніх та зовнішніх

факторах, котрі впливають на реалізацію ідеї, мінімізувати слабкі місця, проаналізувати можливості та попередити загрози.

Таблиця 4.10 - SWOT-аналіз проекту

Сильні сторони	Слабкі сторони
<ol style="list-style-type: none"> 1. Відсутність аналогів 2. Підвищення енергоефективності 3. Можливість використання в гібридній системі разом з іншими джерелами. 4. Автономність 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Обмежений контингент споживачів 2. Висока вартість на початку встановлення
Можливості	Загрози
<ol style="list-style-type: none"> 1. Швидкий розвиток 2. Відключення від загальної системи електропостачання 3. Додатковий заробіток за можливості зеленого тарифу 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Зростання конкуренції 2. Проблема з монтажем сонячної черепиці

SWOT-аналіз стартап-проекту показав, що незважаючи на слабкі місця, є і сильні сторони, такі, як: відсутність аналогів, підвищення енергоефективності, автономність, можливість використання в гібридній системі електропостачання.

Дана модель матричного аналізу не лише допоможе виділити та наголосити на конкретних перешкодах, котрі постають перед реалізацією стартап-проекту, а і сформулювати стратегію, котра враховує усі ризики входу на ринок.

4.4 Розробка ринкової стратегії стартап-проекту

Опис цільових груп споживачів представлено у таблиці 4.11. Основні з них :

- приватні будинки загальною площею менше 300 м²;
- приватні будинки загальною площею більше 300 м²;
- промислові підприємства.

На базі вибраної стратегії розвитку обирається стратегія конкурентної поведінки стартап-проекту. Опис стратегії представлений у таблиці 4.12.

Таблиця 4.11 - Вибір цільових груп потенційних споживачів

Група потенційних клієнтів	Готовність споживача	Орієнтовний попит	Інтенсивність конкуренції
Приватні будинки загальною площею більше 300 м2	Вигідно для споживача	Високий	Низька
Приватні будинки загальною площею менше 300 м2	Завеликий термін окупності	Невисокий	Середня
Промислові підприємства	Великі капітальні витрати	Невисокий	Висока

Таблиця 4.12 - Обрання стратегії конкурентної поведінки

Чи є проект першопрохідцем на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів?	Чи буде схожість з конкурентами?	Стратегія конкурентної поведінки
В Україні не існує аналогів	Однозначно будуть нові споживачі, а саме ті, хто не побудував ще будинки	Ні, абсолютно різна мета	Масштабність

Аналізуючи таблицю 4.12, можна зробити висновок, що стартап-проект поки що немає взаємозамінних аналогів на ринку.

4.5 Побудова маркетингової програми стартап проекту

Опис ключових переваг сонячної черепиці Tesla Solar Roof представлено у таблиці 4.14

Таблиця 4.14 – Опис основних переваг продукту

Потреба	Вигода	Основні переваги над конкурентами
Постійне збільшення цін на електроенергію	Економія в майбутньому	Надійність
Залежність від загальної системи електропостачання	Автономність	Можливість встановлення в будь-якій точці світу

Далі слід визначити цінові межі, на які необхідно орієнтуватись при визначенні остаточної ціни на сонячну черепицю.

Результати наведено у таблиці 4.15.

Таблиця 4.15 - Визначення меж встановлення ціни

Рівень цін на товари замітники	Рівень цін на товари аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів
Відсоток від результатів економічної діяльності	Відсоток від результатів економічної діяльності	Високий дохід для капітального вкладення

На цьому етапі був проведений аналіз цін на продукти, що є аналогами або субститутами даного проекту, рівень доходів цільових груп споживачів.

Висновки до розділу 4

1. Виконане маркетингове дослідження стартап проекту «Гібридна система електропостачання приватного будинку з використання сонячної черепиці Tesla Solar Roof», що дає змогу оцінити можливості та напрями його реалізації та впровадження. У даному розділі виконаний SWOT – аналіз проекту, висвітлено його переваги та недоліки, сильні та слабкі сторони, здійснено технологічний аудит та побудована ринкова стратегія впровадження.

2. Проект на ринку характеризується відносно високим попитом, зростаючою динамікою, середнім рівнем рентабельності.

3. Данне впровадження надасть незалежність приватним будинкам від загальної системи електропостачання.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі викладено вирішення наукових завдань підвищення енергетичної ефективності гібридних систем електропостачання з використанням відновлювальних джерел енергії.

1. Проведені дослідження дозволили отримати наступні основні результати і висновки.
2. Проаналізовано використання відновлювальних джерел енергосбереження для побутових споживачів.
3. Розглянуто недоліки використання ВДЕ окремо і переваги комбінованої системи.
4. Оцінено загальну проблему з екології та енергосбереження у світі.
5. Як приклад була розрахована гібридна система електропостачання, яка складалася з дизельного генератора, вітроенергетичної установки та сонячних панелей. Було досліджено, що сонячні панелі мають найбільший вплив на електрозабезпечення будинку
6. В якості стартап-проекту пропонується реалізація гібридної системи до якої входить винахід Ілона Маска- сонячна черепиця.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. «Перехід України на відновлювану енергетику до 2050 року» / О. Дячук, М. Чепелєв, Р. Подолець, Г. Трипольська та ін.
<https://ua.boell.org/uk/2017/10/24/perehid-ukrayini-na-vidnovlyuvanu-energetiku-do-2050>
2. ДСТУ ISO 50001:2014 Енергозбереження. Системи енергетичного менеджменту. Вимоги та настанова щодо використання (ISO 50001:2011, IDT) – [Чинний від 16.09.2014]. – (Державний стандарт України).
3. Сталий розвиток України в контексті використання відновлювальних та нетрадиційних джерел енергії [Електронний ресурс] / А. О. Рожко. - Режим доступу: [www.confcontact.com/2007may/ 1_rozhko .htm](http://www.confcontact.com/2007may/1_rozhko.htm)
4. Інформація про роботу енергетичного ресурсу // Міністерство Енергетики та захисту довкілля України - 2019. - Режим доступу до ресурсу:
http://mre.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/officialcategory?cat_id=245183225
5. Енергетична стратегія України на період до 2035 року „Безпека, енергоефективність, конкурентноспроможність”: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 18 серпня 2017 р. № 605-р URL:
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80#n2> (дата звернення 03.12.2020).
6. Праховник А. В. Побудова автоматизованих систем обліку електроенергії для енергетичних об'єктів / А.В. Праховник, В.П. Калинин, О.В. Дегтярьов // Новини енергетики. - 2007. - №5. - С. 55-58.
7. Гібридна система відновлюваних джерел енергії / Аніта Гудель та Мая Крцум // Транс-маріт. наук. 2013; 01. С. 28-35.
8. Гібридизація системи електропостачання / Крикавський Є.В та ін. ; за ред. Є.В. Крикавського, О.А. Похильченко. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2014. 640 с.

9. Джерела генерації енергії / Аніта Гудель та Мая Крцум // Транс-маріт. наук. 2013; 01. С. 28-35
10. Джерела теплової енергії [Електронний ресурс].// Міністерство енергетики та захисту довкілля – 2019. – Режим доступу до ресурсу:
<http://mre.kmu.gov.ua/minugol/doccatalog/document?id=245413030>
11. Органічне паливо / Варламов Г.Б., Любчик Г.М., Маляренко В.А. Органічне виробництво енергії. – К.: ІВЦ —Видавництво «Політехніка», 2003. – 232 с.
12. Дизельна електростанція. Електронний ресурс: <http://www.ms-el.com/generator/zalivka/dizelot30/AD160yamz.html>
13. Використання газових електростанцій на промисловому підприємстві / Обухів С.Г., Плотніков І.А. // Промислова енергетика. - 2012 - №. 7 - С. 46-51
14. Оптимальний вибір автономних газових електростанцій / Арнан Гонсалес, Жорді-Роджер Ріба та Антоні Ріус // Сталій розвиток 2015. 7. С. 12787-12806
15. Особливості газових генераторів [Електронний ресурс].// NTT Energy – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <http://ntt-energy.com.ua/ua/articles/production/gazovie-generatori.html>
16. Гайдайчук В. В., Носенко В. П. Динаміка вітроенергетичних установок під дією вітрових та інерційних навантажень // Опір матеріалів і територія споруд – 2008. – № 82. – С. 31 - 38.
17. Віроенергетика // Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження в Україні [Електронний ресурс]. – Режим доступу :
<http://saee.gov.ua/uk/ae/windenergy>
18. Global Wind & Solar Installations // Forecast International Energy Portal [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.fipowerweb.com/Renewable-Energy.html>
19. Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України // Альтернативна енергетика. Енергія Сонця. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://saee.gov.ua/uk/ae/sunenergy>

20. Бабієв Г. М. Перспективи використання сонячних панелей в Україні. // Г. М. Бабієв, Д. В. Дероган, А. Р. Щокін // Електричний журн. – 1998. – № 1. – С.63–64.
21. Сонячні панелі з off-grid інвертором. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://solar.biz.ua/ua/itvertori-ibzh/sonyachni-invertori/merezhevij-sonyachnij-invertor-z-rezervnoyu-funkciyeyu-10kvt-380v-trifaznij-model-infinisolar-10kw.html>
22. Конфігурація автономного гібридного фотоелектричного блоку для гарантованого електропостачання об'єктів мінерально-сировинної промисловості / А.А. Бельський, А. Н. Скамін, Є.В. Яковлева // Міжнародний журнал прикладних інженерних досліджень ISSN 0973-4562 Том 11. Номер 1 (2016) - С. 233-238
23. Близнюк Є.В. Модульні інвертори локального об'єкта // Енергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку – PEMS'15. – 2017. – С. 55-57.
24. Будько В.І. Використання енергопотенціалу вітру та сонця в автономних енергосистемах на території України // Відновлювана енергетика -2010 - № 1 - с. 26-35.
25. Сонячна панель AS – 6P30-275W . [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://axiomplus.com.ua/solnechnyie-paneli/product-73802/>