

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії та
енергетики
Кафедра електрифікації,
автоматизації та інженерної
екології

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

Кізюк Михайло Володимирович
(прізвище, ім'я, по батькові здобувача вищої освіти)

УДК 620.92(477)
(індекс)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Проект рішення комплексного забезпечення житлових
приміщень тепловими насосами та сонячними генераторами
електроенергії
(тема роботи)

141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
(шифр і назва спеціальності)

Подається на здобуття освітнього ступеня магістр

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на
відповідне джерело

_____ Кізюк М.В.
(підпис, ініціали та прізвище здобувача вищої освіти)

Керівник роботи
Войцицький Анатолій Павлович
доцент кафедри електрифікації,
автоматизації виробництва та інженерної екології

Житомир – 2021

АНОТАЦІЯ

Кізіюк М.В. «Проект рішення комплексного забезпечення житлових приміщень тепловими насосами та сонячними генераторами електроенергії».

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістр за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». Житомирський національний агроекологічний університет, Житомир, 2020.

Приватні будинки вимагають чималих витрат на опалення і кондиціонування. Тому їхні мешканці підбирають оптимальні варіанти з організації опалювальних систем, які б забезпечили відповідний комфорт і не були б достатньо дорогими.

Тому є необхідність розглянути питання забезпечення житлових приміщень тепловими насосами та сонячними генераторами електроенергії з подальшим рішенням розробки проекту комплексного його рішення.

Ключові слова: електроенергія, сонячна електроенергія, тепла електроенергія, енергоефективність, комплекс альтернативних джерел.

ANOTATION

Kizyuk Mykhailo “Draft solution of complex supply of residential premises with heat pumps and solar electricity generators”.

Qualifying work for a master's degree in specialty 141 «Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics». Polisia National University, Zhytomyr, 2020.

Private homes require significant costs for heating and air conditioning. Therefore, their owners are looking for the best options for the organization of engineering systems that would provide a high level of comfort and would not require huge costs for their maintenance.

Therefore, it is necessary to consider the issue of providing residential premises with heat pumps and solar power generators with the subsequent decision to develop a project for its integrated solution.

Key words: electricity, solar electricity, thermal electricity, energy efficiency, complex of alternative sources.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1. ФОРМУЛЮВАННЯ МЕТИ ДОСЛІДЖЕННЯ	7
1.1. Впровадження заходів з енергоефективності	7
1.2. Енергоефективні рішення	9
РОЗДІЛ 2. ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ НАПРЯМУ ДОСЛІДЖЕНЬ	11
2.1. Напрямок дослідження	11
2.2. Доцільність використання альтернативних джерел	12
2.3. Комплексний тандем використання альтернативних джерел енергії	13
РОЗДІЛ 3. ШЛЯХИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЖИТЛОВИХ ПРИМІЩЕНЬ ТЕПЛОВИМИ НАСОСАМИ ТА СОНЯЧНИМИ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯМИ	17
3.1. Основні етапи проектування опалювальної системи	17
3.2. Вибір та обґрунтування теплового насосу. Принцип роботи	17
3.2.1. Принцип роботи теплового насосу повітря/вода	19
3.2.2. Вибір та обґрунтування типу теплового насосу повітря/вода	20
3.3. Сонячна електростанція, як компенсатор електровитрат теплового насосу	22
3.3.1. Вибір та обґрунтування типу сонячної панелі	23
3.3.2. Вибір та обґрунтування мережевого інвертора	25
3.4. Розробка функціональної схеми	28
3.5. Економічний ефект	30
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	32
ВИКОРИСТАНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ДЖЕРЕЛА	33

ВСТУП

Актуальність теми. Політика популізму, яка протягом усього періоду державної незалежності блокувала реформування житлово-комунального господарства України, спричинила до безвідповідального ставлення більшості населення до споживання енергоресурсів та енергомодернізації жилих приміщень. Унаслідок цього Україна сьогодні є однією з найбільш енерговитратних у світі.

Це зумовлює необхідність відмови від практики соціального популізму при вирішенні проблеми енергозабезпеченості житлово-комунального господарства Українських міст та інтенсивному переходу на альтернативні джерела енергії.

Об'єкт дослідження – альтернативні джерела у житловому господарстві Українських міст та сіл.

Предмет дослідження – заходи підвищення ефективності створення тепло-енергонезалежного будинку Українських міст та сіл.

Мета роботи – знаходження шляхів покращення ситуації енергозбереження у житловому фонді.

Інженерно-технічна новизна отриманих результатів. Комплексне використання сонячних батарей та теплового насосу – альтернатива традиційного джерела теплової та електричної енергії. З їх допомогою досягається максимальна економічність і висока ефективність енергозбереження у житловому фонді.

Практичне значення одержаних результатів. Достатньо велика кількість домашніх господарств по всій Україні використовують альтернативні джерела енергії.

Перелік публікацій автора за темою дослідження

1. Войцицький А.П., Кізюк М.В. Альтернативні джерела енергії: економічна доцільність застосування в приватному секторі. Матеріали науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників, докто-

рантів, аспірантів та молодих вчених факультету інженерії та енергетики. С. 9-12. «Наукові читання – 2020». 5-6 березня 2020 року м. Житомир.

2. Войцицький А.П., Кізюк М.В. Комплексне використання сонячної та теплової енергетики. IV МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ МАТЕРІАЛИ. ЧАСТИНА 2. С. 67-70. «Біоенергетичні системи». 29 травня 2020 Житомир, Україна.

3. Кізюк М.В. Аналіз можливості компенсація електрозатрат теплової енергетики сонячною. Студентське читання – 2020: матеріали науково-практичної конференції факультету інженерії та енергетики С. 148-149. «Студентське читання – 2020», 26 жовтня 2020р. Житомир: ПНУ, 2020. – 400с.

РОЗДІЛ 1

ФОРМУЛЮВАННЯ НАПРЯМКУ І МЕТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1. Впровадження заходів з енергоефективності

Радикальне підвищення енергоефективності та розвиток відновлюваних джерел енергії – це шлях України до власної енергонезалежності від викопного палива та розбудови нової без вуглецевої економіки.

До 2050 року Україна має перейти на 100% використання відновлюваних джерел енергії.

Заходи з енергоефективності в Україні впроваджуються з недостатньою системністю, тому що фінансуванні програм енергоефективності здійснюються залученням ресурсів від міжнародних фінансових і донорських організацій, а також з державного та місцевих бюджетів.

В Україні відсутній механізм стимулювання мешканців у підвищенні енергоефективності своїх помешкань. Завдання (спільного для всіх) – зробити своє помешкання енергоефективним з незначною витратою енергоресурсів на його експлуатацію.

Ще одна помилка, якої припускаються при плануванні та проведенні заходів з енергозбереження – це ігнорування енергоаудиту. Саме він зможе

За лідерством Мінрегіону та завдяки активній підтримці донорів та міжнародних партнерів України в цьому секторі активно створюються передумови та механізми впровадження енергоефективності – прийняте необхідне первинне законодавство, ведеться розробка підзаконних актів, створений механізм державної фінансової підтримки «Теплі кредити», створюється Фонд енергоефективності [1,2].

Одним із найбільш вигідних та раціональних рішень з енергоефективності це вдосконалення системи теплопостачання помешкань. Це в свою чергу може стати основою реалізація проекту, що включає заміну

газового котла на тепловий насос, а також тандемом для цього – допоміжна невелика сонячна електростанція.

Основною причиною того, чому все більша кількість людей знаходять-ся в активному пошуку енергоефективних рішень для свого помешкання, є висока вартість енергоносіїв.

На сьогоднішній день одним з найдоступніших енергоносіїв є газ, але вартість з року в рік збільшується тому використання його доведена часом.

Перевагою електричного способу обігріву приватного будинку є його простота і зручність, тим більше, що електричні котли відрізняються ергономічністю і не займають багато місця. Мінусом залишається висока вартість електрики, внаслідок чого значно збільшуються і витрати на обігрів приміщення [3].

Для розуміння того, який ресурс закладений у енергозбереженні чи ефективному використанні енергії необхідно розібратися, а скільки, власне, енергоносіїв потрібно для забезпечення комфортних умов у вашому помешканні.

Говорячи про енергоефективність, маємо на увазі не лише «енергозбереження», тобто економію енергії у повсякденному житті. Мова йде про раціональне та свідоме використання енергетичних ресурсів, доступних кожному, з метою їх дбайливого збереження довкілля.

Тому важливу роль у формуванні свідомості громадян, з питань енергоефективності повинні відігравати важливу роль заклади освіти природоохоронного спрямування.

Світова практика показує, що підвищення енергоефективності досягається здебільшого за рахунок організаційних змін у системі управління енергогосподарством підприємства або міста. Запровадивши систему енергоменеджменту можна без великих фінансових втрат досягти значної економії енергії в 3-5% за 1-2 роки [4].

1.2. Енергоефективні рішення

Одним із найбільш вигідних енергоефективних рішень із модернізації системи теплопостачання помешкань може стати заміна газового котла на тепловий насос з власною СЕС [4].

Оптимальним за вартістю і таким, що є доступним для використання в нових і вже побудованих житлових помешканнях, вважається тепловий насос «повітря-вода». Тому вони знайшли широке використання як у приватних будинках, так і в багатоповерхових житлових комплексах.

Як додатковий перспективний та раціональний спосіб заощадити кошти на комунальних платежах – багато власників приватних будинків та мешканців багатоповерхівок доповнюють систему теплопостачання комплексним рішенням тепловий насос + СЕС необхідної потужності.

Оскільки компресори теплових насосів живляться від силової мережі тому логічно компенсувати ці витрати за рахунок виробництва електроенергії автономною СЕС – надлишки виробленої електроенергії, а в деяких випадках і повну, відправляти в силову мережу і продавати за «зеленим тарифом».

Потрібно зауважити, що збереження теплового комфорту у власному помешканні – є пріоритетною справою, адже це і є фактором комфортних умов життя. Утеплення оселі у прямому сенсі спрямовано на затримання теплої енергії в межах житлових оселях. В табл. 1.1. наведено сумарний річний потенціал сонячної енергії на території Житомирської області [28].

Таблиця 1.1– Сумарний річний потенціал сонячної енергії на території Житомирської області

№ п/п	Області	Потенціал сонячної енергії МВт·ч/год		
		Загальний потенціал $\frac{\text{ч}}{\text{год}}$ ($\cdot 10^9$), МВт	Технічний потенціал $\frac{\text{ч}}{\text{год}}$ ($\cdot 10^7$), МВт	Доцільно-економічний потенціал ($\cdot 10^5$), $\frac{\text{ч}}{\text{год}}$ МВт

5	Житомирська	32,3	15,5	2,4
---	-------------	------	------	-----

Об'єкт який розглядається, в даному проекті, знаходиться в Житомирській області, яка, має досить високий економічний потенціал, рівний 2,4, а отже, побудова системи електропостачання від сонячної електростанції має сенс.

Висновки до розділу 1

Кілька кроків до створення тепло-енергонезалежного будинку за бажання може здійснити кожен. Варто тільки поставити оптимальне рішення задачу та виконати її.

Одним із найбільш вигідних енергоефективних рішень систем теплопостачання житлових приміщень – це реалізація проекту, що включає тепловий насос та також застосування власної сонячної електростанції.

Комплексне застосування тепло-агрегатів та сонячної електростанції дозволить оптимально, без переplat, дібрати комплект обладнання, що точно буде відповідати запитам по теплопостачанню

РОЗДІЛ 2

ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ НАПРЯМУ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Напря́м дослідження

Теплова енергетика буде ефективною у тому випадку, коли до неї приєднається альтернативні джерела енергії – відновлювальна енергія з ґрунту, від сонця, ґрунтових вод чи повітря.

В кожному випадку вони зменшують споживання не поновлювальних видів палива, економлячи цінні ресурси планети і зменшуючи викиди CO₂, шкідливі для земного клімату [5].

Аналіз досягнень науки і техніки свідчить про те, що регіони надають перевагу різним видам відновлювальних джерел енергії, адаптуючи їх використання до місцевих умов.

В техніко-технологічному плані найбільш динамічно розвиваються наступні види енергоресурсів як: біоенергетика, сонячна енергетика та теплоенергетика (на базі теплових насосів).

Науковці наголошують, що нехтуючи новими видами відновлювальних джерел енергії – країна приречена на енергетичну кризу.

Однією з головних еколого-економічних передумов упровадження відновлювальних джерел енергії є запобігання змінам клімату та мінімізація потенційних негативних наслідків для довкілля і здоров'я населення [7].

Також слід зазначити, що використання відновлювальних енергоресурсів на об'єктах муніципальних та приватних секторів, потрібно застосовувати як зарубіжний досвід

І наразі розповсюджувати позитивний досвід енергоефективності окремих міст України на інші міста, що сприятиме вирішенню соціальних і еколого-економічних проблем, а також розширенню міжнародної співпраці в даній галузі [7].

2.2. Доцільність використання альтернативних джерел

Актуальним на сьогоднішній день стає застосування у виробництві і побуті таких відновлюваних енергетичних ресурсів, як електричних і теплових. Все це свідчить про проблеми доставки і економії енергетичних ресурсів, електрозабезпечення територій з нерозвиненою централізованою мережею і необхідністю поліпшення загальної екологічної обстановки.

У таких випадках необхідна заміна традиційних джерел живлення на альтернативні, екологічно чисті та відновлювальні енергетичні ресурси.

До їх числа відносяться:

- вітер (вітрогенератори);
- сонце (батареї, водонагрівачі, колектори);
- рух вод (приливні і хвильові електростанції);
- міні – і мікро електростанції);
- підземне тепло (геотермальні) [12].

До головних переваг даних нетрадиційних видів альтернативних джерел відноситься те, що вони постійно поновлюваний, практично вічний ресурс.

Тому, основна вигода полягає в наступному:

- з кожним підвищенням цін на енергоносії опалення тепловим насосом стає відносно дешевшим,
- це означає зростання економії в порівнянні газовим і дизельним опаленням.

Так як у випадку з тепловим насосом, у якості теплогенератора, 3/4 енергії безкоштовні, навіть якщо піднімається тариф на електроенергію. Джерела енергії теплового насоса не обмежені в часі і кількості [11].

Концепцію розвитку та впровадження теплових насосів було запропоновано британським фізиком Вільямом Томсоном (Лордом

Кельвіном) у 1852 році, а в подальшому вдосконалено австрійським інженером Петером фон Ріттінгером.

Тому його вважають винахідником теплового насосу, оскільки саме він спроектував та випробував його у 1855 році. Практичного застосування теплових насосів набуло ще у 40-х роках ХХ століття завдяки винахіднику-ентузіасту Роберту Веберу[12].

Ефективності теплових насосів є коефіцієнт перетворення (COP). Зазвичай опалювальні теплові насоси працюють з COP в межах 3,5...5,0. ТН з COP 3,0 і нижче вважаються неефективними. Однак порівнювати витрати теплової та електричної енергії тільки за їх кількістю некоректно, тому що їх якісні характеристики неадекватні [15]. Для виробництва однієї кВт-год. електроенергії на тепловій електро-станції потрібно утричі більше палива, ніж на виробництво такої ж кількості тепла в котельні з тепловим насосом.

Доведено, що при COP 2,5 кількість теплової енергії, що поступає в приміщення для його опалення, менша за кількість енергії палива, що спалюється на електростанції, щоб отримати необхідну для теплового насоса кількість електроенергії.

$$\text{COP} = T_{\text{вих.}} / (T_{\text{вих.}} - T_{\text{вх.}}),$$

де $T_{\text{вих.}}$ температура виходу (нагривача); $T_{\text{вх.}}$ температура входу (охолоджувача) [15].

Сонячна енергетика – відмінне рішення для автономного забезпечення житлового будинку, дачного котеджу або навіть цілого селища.

2.3. Комплексний тандем використання альтернативних джерел енергії

В умовах Житомирського Полісся доцільно розглянути тандем сонячної енергії і теплової (з використанням теплових насосів). Вибір системи опалювання є рішенням на десятиліття [8].

Комплексне використання теплового насосу та сонячних батарей – альтернатива традиційного джерела теплової та електричної енергії. З їх допомогою досягається максимальна економічність і висока енергоефективність об'єкта. Дана комбінація технічних рішень підходить для приватних будинків, офісних та торгових центрів тощо.

Сонячні батареї та теплові насоси можуть застосовувати як основний джерело енергії, а також як резервне живлення. Резервний варіант легко покрити необхідні об'єкти в разі перевантаження основної електромережі або при відключенні основного джерела.



Рис. 2.1. Комплексний тандем використання АДЕ

Комплексний тандем використання АДЕ пропонує сумісну роботу наступних компонентів:

- Геотермальний або повітряний тепловий насос – для забезпечення теплотехнічної енергії.
- Система сонячних панелей, що встановлюється на кровлю будівлі, – для подачі електроенергії.
- Інвертор для забезпечення автономного переключення на резервне живлення.
- Акумулятор для споживання енергії в нічний час або при умові відсутності сонячної енергії та сильної хмарності.

При нормальних умовах роботи в разі перебоїв, що постачають електричні пристрої від зовнішніх мереж, об'єкт переходить на періодичні енергії від сонячних батарей. При мінімальних навантажувальних питаннях

відбувається від акумуляторних батарей і продовжується до їх повного розриву.

Таким чином, використання поновлюваних джерел енергії стало всесвітньою тенденцією і є одним із способів отримання більш дешевої і доступною первинної енергії, яка надає мінімальний вплив на навколишнє середовище в порівнянні зі звичайними джерелами (наприклад, нафта, вугілля).

Незважаючи на більш високі початкові витрати, добре розроблене пропозиція може бути як економічний і екологічно чистий метод підготовки тепла в порівнянні зі звичайними пристроями використовуючи викопне паливо [8].

Доцільно зауважити, що мешканці Житомирщини переходять на альтернативну енергетику – вже 135 родин області встановили приватні сонячні електростанції. Загальна потужність електростанцій в області – 2641,7 кВт. Відтак, жителі Житомирщини, які встановили сонячні електростанції, можуть отримати компенсацію до 20% вартості обладнання.

За час дії програми підтримки (з 2017 року) 94 жителям Житомирщини, які звернулися, компенсували 3 млн. 588 тис. грн. [21].

За одну сонячну електростанцію з обласного бюджету можна отримати до 20% вартості обладнання (але не більше 50 тис. грн).

Таке обладнання дозволяє не лише забезпечувати власне житло електроенергією, але і заробляти кошти, продаючи надлишок за «зеленим тарифом» [13,14].

Висновки до розділу 2

Застосування тандему з теплових насосів та сонячних батарей – забезпечує:

- незалежність від зростання тарифів на газ та електрику;
- найвищий рівень комфорту;
- повне задоволення запитів з теплопостачанням;

- доволі швидко окупність капіталовкладень;
- найнижчий розмір комунальних платежів;
- тривалий експлуатаційний ресурс обладнання;
- екологічну чистоту.

Безліч домашніх господарств по всій Україні наслідують цей приклад для користування цими перевагами тобто енергетичною незалежності.

РОЗДІЛ 3

ШЛЯХИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЖИТЛОВИХ ПРИМІЩЕНЬ ТЕПЛОВИМИ НАСОСАМИ ТА СОНЯЧНИМИ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯМИ

3.1. Основні етапи проектування опалювальної системи

Правильне проектування опалювальної системи дуже важливий крок, від цього залежить потужність і збалансованість її роботи, а значить ефективне забезпечення житлового або виробничого приміщення необхідним теплом [14,15].

Послідовність проектування опалювальної системи передбачає наступні етапи:

1. Визначення потреби в теплі.
2. Вибір джерела тепла (повітря, земля, вода).
3. Техніко-економічне обґрунтування. Тому, що воно – дуже важливий етап проектування.
4. Узгоджування інженерної системи, як між собою, так і з усією опалювальною конструкцією.
5. Розгляд і визначення необхідних енергозберігаючих заходів використання економічних джерел енергії.

Правильне проектування опалювальної системи дуже важливо – від цього залежить ефективне забезпечення приміщення необхідним теплом [15].

3.2. Вибір та обґрунтування теплового насосу. Принцип роботи

Тепловий насос «повітря-вода» – використовує теплову енергію приземного шару атмосферного повітря для нагріву води в опалювальній системі.

Конструктивно він містить два модулі:

- зовнішнього блоку – подібного до кондиціонера;
- внутрішнього блоку – гідромодуля [15].

Настає питання звідкіль тепло в холодному повітрі. Для того щоб відповісти на це питання потрібно зробити декілька обчислень:

$$Q = c \cdot m \cdot (T_1 - T_0), \quad (3.1)$$

де Q – кількість тепла, [Дж];

c – питома теплоємність речовини, [Дж /кг· °С];

m – маса речовини, [кг];

T_0 – початкова температура, в градусах Цельсія [°С];

T_1 – кінцева температура, Цельсія [°С].

Скільки тепла можна відібрати у 1 м³ повітря при початковій температурі -20 °С, якщо випарник насоса здатний відібрати 10°С?

Питома теплоємність повітря дорівнює 1003 Дж/кг· С°

Щільність повітря дорівнює 1,225 кг/м³:

$$Q = 1003 \times 1,225 \times (-20 - (-30)) = 12286,75 \text{ [Дж]}.$$

Це доводить, що 1 м³ повітря містить кількість теплоти, яка дорівнює 3,4 Вт·год. Таким чином холодне повітря – джерело енергії, яке спроможне підвищити ККД теплового насоса [19].

Окремо потрібно звернути увагу на вибір самого теплового насоса, який повинен вибиратися за потужністю, яка залежить від величини відповідного навантаження. Це і є гарантом забезпечення стабільності та ефективності його експлуатації. При цьому важливо враховувати режим його

роботи. Крім потужності, при виборі теплового насоса потрібно враховувати такі параметри:

- ККД насоса – для цього існує спеціальне програмне забезпечення;
- досягнення необхідної температури нагрівання робочої рідини.

Вибір теплового насосу «повітря-вода» за умов, що потрібно опалювати приватну будівлю, яка вже збудована і розташована на невеликій ділянці. Активна площа для опалювання становить близько 120-150м². Для цього знадобиться тепловий котел «повітря-вода» потужністю –10-15 кВт.

3.2.1. Принцип роботи теплового насоса повітря/вода

Теплові насоси «повітря-вода» на кожен спожитий один кіловат електричної енергії здатні виробляти максимум до чотирьох кВт [16].

Принцип роботи теплового насоса «повітря-вода» можна розглядати відповідно до рис. 3.1.

1. Зовнішній блок, за допомогою холодоагента, запозичує теплову енергію із зовнішнього атмосферного повітря. Після цього холодоагент надходить у компресор де він проходить процес стиснення, після чого його температура значно збільшується.

2. Гарячий холодоагент (у формі газу) надходить в теплообмінник внутрішнього блоку «фреон-вода» – передачі тепла воді. Вода самостійно переносить тепло до елементів системи опалення.

3. Холодоагент (повернений в рідку форму) надходить у зовнішній блок, і цикл повторюється доки не буде досягнуто необхідної температури в приміщенні [16].

На рис.3.1. зображено роботу теплового насоса повітря/вода.

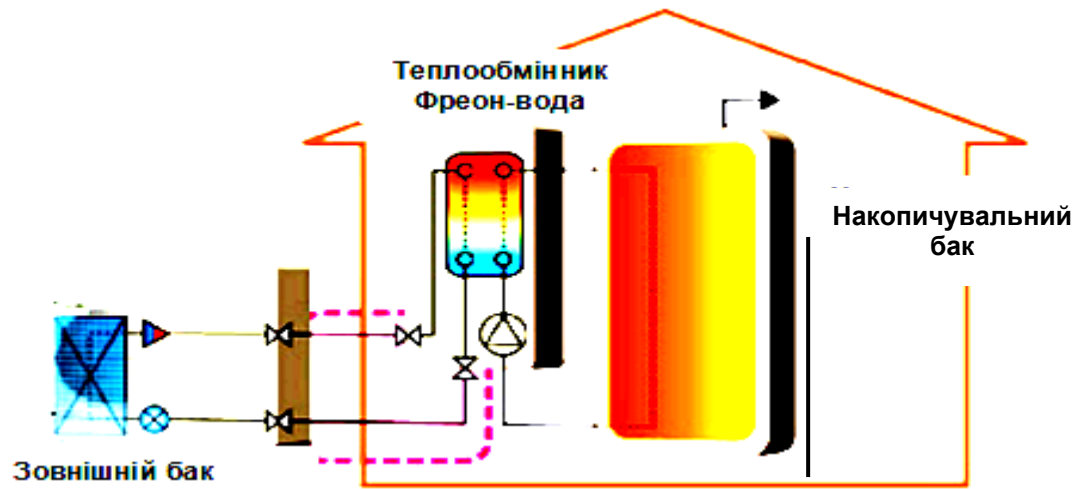


Рисунок 3.1 – Ілюстрація роботи теплового насосу повітря/вода

Такі теплові насоси знаходять все більшого поширення як у приватних будинках так і у багатоповерхових житлових комплексах (рис. 3.2).



Рисунок 3.2 – Приклади установки теплових насосів

3.2.2. Вибір та обґрунтування типу теплового насосу повітря/вода

В якості теплового насосу повітря/ вода доцільно вибрати ERGA04EVA компанії Daikin. Заснована компанія була Daikin в Японії, в місті Осака (економічний центр Японії) в 1924 році. Займаючись тільки суто розробкою і серійним виготовленням кліматичної техніки, до середини ХХ століття Daikin повністю освоєє виробництво побутових кондиціонерів, і скоро, в 1958 році, вже пропонує світу власну унікальну розробку – перший кондиціонер з тепловим насосом.

У другій половині століття Daikin починає активно заповнювати своєю продукцією світовий ринок, який сильно потребував побутових і промислових кондиціонерів [20].

Технічні характеристики теплового котла повітря/вода ERGA04EVA наведені в додатку В. У якості холодоагенту використовується R32, з базовою заправкою 1,5 л.

Система містить фторовані парникові гази. Еквівалент TCO_2 розраховується з урахуванням тільки базової заправки холодоагенту. Залежно від реальної довжини магістралі необхідно заправити додатковий газ, що збільшить еквівалент TCO_2 .

Програмне забезпечення обчислює сезонну ефективність, енергоспоживання і вартість опалення приміщень на основі індивідуальних критеріїв, заданих користувачем (клімат, радіатори опалення, розрахункове навантаження, профілі використання, ціни на енергоносії

На рис. зображено схему системи опалення приміщення – для помешкання. Будь-який повітряний тепловий насос типу «спліт» складається з двох частин – зовнішньої і внутрішньої (рис. 3.3).

Зовнішній блок встановлюється на вулиці, а внутрішній – всередині будинку, зазвичай в топковій. Такий тепловий насос має фреонову магістраль між вулицею і будинком.

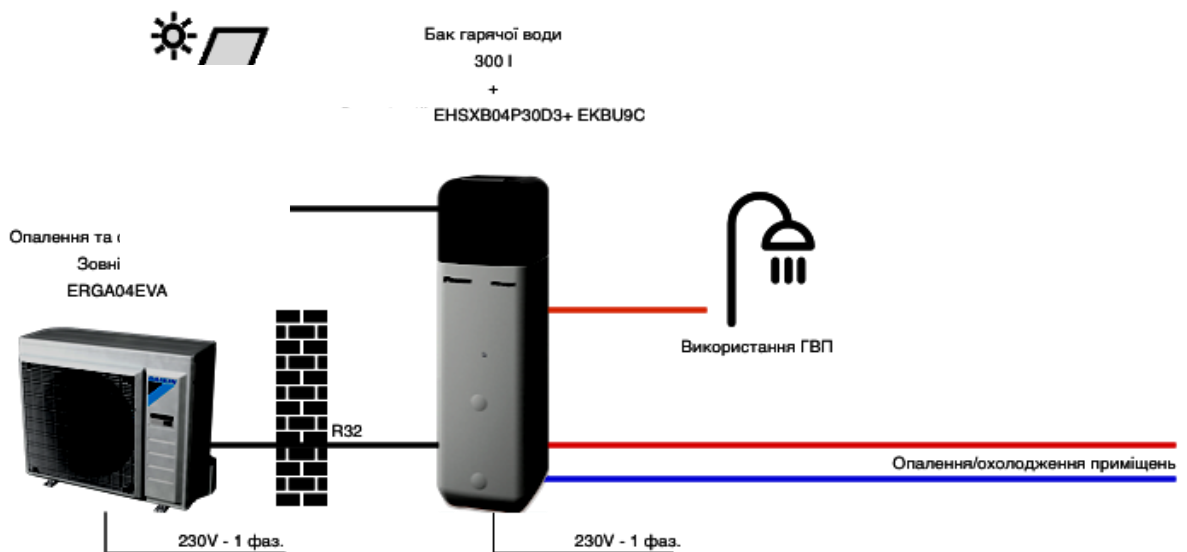


Рисунок 3.3 – Схема системи опалення приміщення

Будь-який тепловий насос повітря-вода при виробництві тепла періодично обмерзає, що істотно знижує його ефективність, підвищує гучність роботи вентилятора, а також веде до зупинки роботи на тепло і початку процесу відтаювання.

У процесі відтаювання повітряний тепловий насос включає зворотний режим роботи, як при роботі на холод влітку. У цей момент частина тепла, яку було акумульовано в систему опалення, забирається назад, щоб розморозити теплообмінник максимально швидко і економно.

Якщо для відтавання використовуються електронагрівальні елементи (кабелі, ТЕНи), або обмерзання відбувається занадто часто, це призводить до підвищення вартості опалення.

В дуже морозні дні (від -20 до -25°C) необхідно в баку гарячої води встановлювати ТЕНи, для варіанту що розглядається – потужність ТЕНу повинна становити 2кВт, але він працює не тривалий час.

ТЕН живиться напругою однофазного змінного струму – 220В. Частота живлення 50...60 Гц [19].

3.3. Сонячна електростанція, як компенсатор електровтрат теплового насосу

У процесі роботи компресор теплового насосу споживає електроенергію. Співвідношення вироблюваної теплової енергії і споживаної електричної називається коефіцієнтом трансформації (або коефіцієнтом перетворення теплоти) і служить показником ефективності теплового насоса. Ця величина залежить від різниці рівня температур у випарнику і конденсаторі: чим більше різниця, тим менше ця величина.

Коефіцієнт перетворення теплоти буде дорівнювати:

$$K_{\text{тр}} = Q_{\text{вир.тн}} / Q_{\text{ел}}, \quad (3.2)$$

де $K_{\text{тр}}$ – коефіцієнт трансформації;

$Q_{\text{вир.тн}}$ – вироблена теплова енергія;

$Q_{\text{ел}}$ – спожита електрична енергія.

Наприклад, якщо використати для отримання теплової енергії тепловий насос АІК (виробник Україна) потужністю 10 кВт.

Середньомісячне використання таким насосом біля 400 кВт·год, то середньо річне електроспоживання буде становити близько 5000 кВт.

Споживання електроенергії цим котлом буде становити 30% від споживання електродкотлом.

Щоб сконпенсувати ці електровитрати за допомогою сонячної енергії – то коефіцієнт перетворення теплоти покращить свої показники. В якості сонячного компенсатора доцільно буде використати СЕС. До функцій цієї СЕС можна додати освітлення, а у деяких випадках кондиціонування повітря приміщення.

Для забезпечення цих вимог достатньою за потужністю буде сонячна електростанція 5кВт. Використання сонячної енергії – чистий, простий і природній спосіб отримання усіх форм необхідної енергії.

Через стрибок температури влітку, сумарний виробіток знижується від 10 до 45%, в залежності від типу конструкцій і погодних умов. Економічно виправданим і технічно правильним рішенням буде встановлення комплексу панелей, які можуть продукуватимуть потужність на 15-25% процентів більшу, ніж потужність інвертора.

До прикладу, для інвертора з номінальною потужністю 5 кВт доцільно приєднати панелі загальною потужністю 5,5 кВт.

3.3.1. Вибір та обґрунтування типу сонячної панелі

Для географічної локації із невисоким рівнем інсоляції, таких як Житомирська область, доцільні модулі ДАН Solar HCM78X9 - 450 Вт. Під

час виробництва монокристалічних сонячних панелей HCM78X9-450 Вт використовуються такі новітні технології як “Half cell”.

Данні сонячні панелі чудово підходять для дахових сонячних електро-станцій, оскільки дозволяють максимально ефективно використати кожен метр корисної площі.

Вся конструкція розміщується в легкій рамі із анодованого алюмінію, що забезпечує міцність та високу стійкість до корозії при будь якому розміщенні фотом одулів [23].

Характеристики:

Потужність – 445 Вт.

Допуск потужності –0/+5 Вт.

Тип –mono.

Максимальна напруга – 45,8В.

Максимальний струм – 9,72 А

Струм короткого замикання – 10,29 А

Ефективність модуля – 20,45 %

Максимальна системна напруга – 1000 В / 1500 В DC.

Максимальний струм запобіжника – 20А.

Габарит – ДхШхВ2172х1002х40 mm.

Вага – 24,8 кг.

Допустиме навантаження – 5400 па.

Гарантії на брак – 12 років.

Гарантія лінійної потужності – 82,5% (25 років) [25].

Таким чином, для задоволення потреб теплового насосу 5 кВт потрібно з запасом 12 таких модулів [23].

Модулі з'єднані послідовно, на виході сонячної батареї максимальна напруга ($U_{\max.}$) буде становити:

$$U_{\max.} = U_{\text{мод.}} \cdot n_{\text{мод.}}, \quad (3.3)$$

де $U_{\text{мод.}}$ – максимальна напруга на виході сонячного модуля;

$n_{\text{мод.}}$ – кількість модулів.

$$U_{\text{max}} = 450 \cdot 12 = 5400 \text{ Вт.}$$

Це повністю задовольняє поставленим вимогам. На рис. 3.4 зображено сонячний модуль DAN Solar HCM78X9 -450 Вт.



Рисунок 3.4 – сонячний модуль DAN Solar HCM78X9 -450 Вт.

3.3.2. Вибір та обґрунтування мережевого інвертора

В якості мережевого інвертора обираємо Growatt 5000TL3-S (рис.3.5), який призначений для забезпечення споживачів, протягом світлового дня, електроенергією, яка призначена для продажу за «зеленим» тарифом. Це в свою чергу компенсує енергозатрати теплового насосу «повітря-вода».



Рисунок 3.5 – Загальний вигляд інвертора Growatt 5000TL3-S

Інвертор Growatt 5000TL3-S – багатофункціональний пристрій. Він поєднує в собі функції мережевого інвертора з вбудованим сонячним МРРТ-контролером.

Функції мережевого інвертора передбачають перетворену світлову енергію в електричну, яка призначена для живлення споживачів [18].

Форми струму на виході інвертора зображені на рис. 3.6.

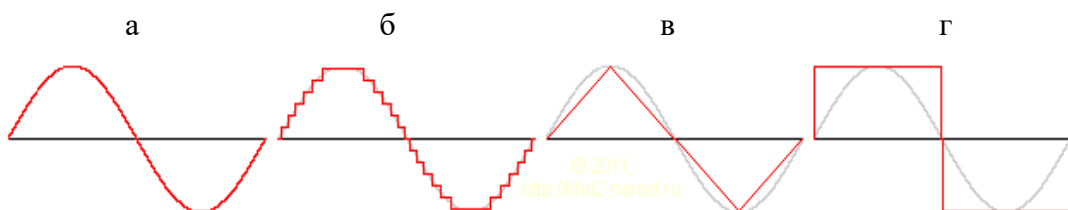


Рисунок 3.6 – Схеми форми струму на виході інвертора (зліва направо):

а – чистий синус; б – модифікований синус; в – трикутник; г – меандр

Вбудований МРРТ контролер, підвищує ефективність відбору електроенергії від світлових панелей до 30% і більше.

Коефіцієнт корисної дії 98%. Інвертор вирізняється достатньо високою надійністю [26].

Технічні характеристики інвертора наведені в табл. 3.1 [18].

Таблиця 3.1

Технічні характеристики [26]	
Максимальна потужність світлових модулів	6000Вт
Максимальна вхідна напруга постійного струму	1000В
Мінімальна напруга для включення інвертора	140В
Номінальна напруга	620В
Макс. вхідний струм	11А/11А
<hr/>	
Номінальна потужність змінного струму	5000Вт
Макс. потужність	5000ВА
Макс. змінний струм на виході	8,5А
Діапазон змінної напруги на виході	230В/400В 320-478В
Частота змінного струму на виході	50Гц/60Гц
Коефіцієнт реактивної потужності	0,8 випереджаючий, 0,8 відстаючий
Кількість фаз	3W+N+PE
<hr/>	
Макс. ККД	98,0%
Європейський ККД	96,9%
Захист від зворотньої полярності	
Вимикач постійного струму	
Захист від перенавантаження змінним струмом	
Відслідковування заземлення	Присутній
Захист від перенапруги	
Відслідковування наявності мережі	
Інтегрований всеполюсний чутливий блок витоку струму контролю	
Розміри, мм	480/448/200 мм

Вага	21.2 кг
Діапазон робочих температур	-25 °С ... +60 °С
Рівень шуму	≤ 35 дБ(А)
Власне споживання	<0,5 Вт
Тип інвертора	Трансформаторний
Спосіб охолодження	Конвекційне
Клас захисту	IP65
Висота над рівнем моря	3000 М
Відносна вологість	0~100%
Дисплей	Графічний LCD
Інтерфейс: RS232/RS485/RF/Ethernet/Wi-Fi	Присутній
Гарантія: 5 років / 10 років	

Підключення сонячної електростанції до силової мережі зображено на функціональній схемі рис. 3.7.

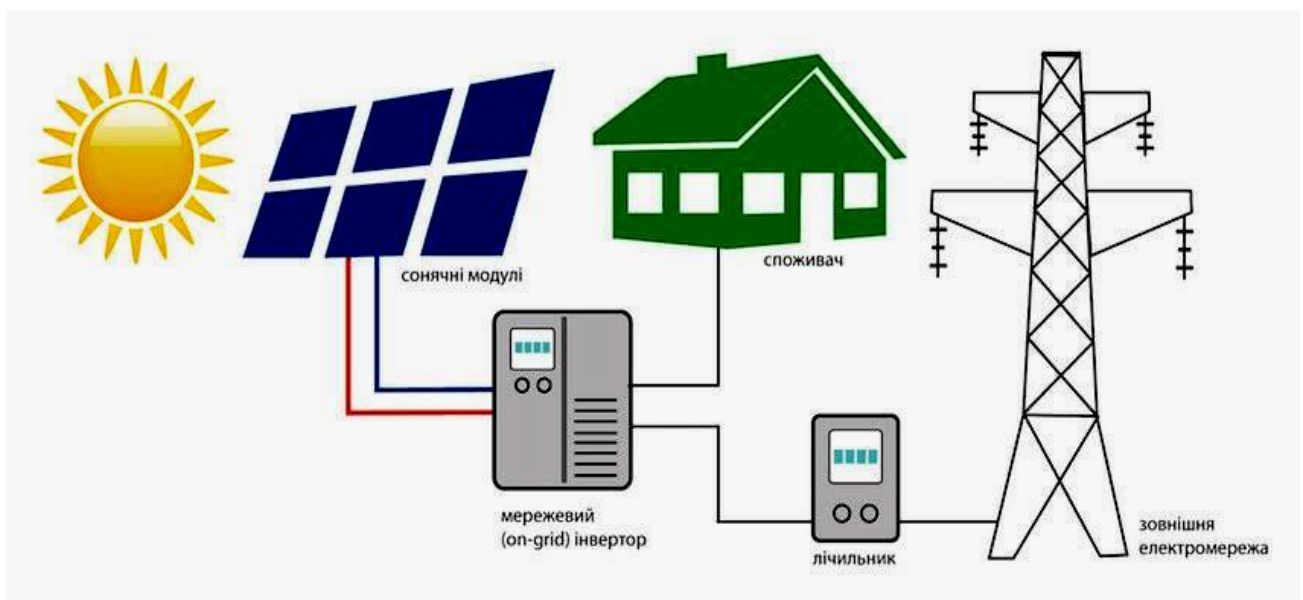


Рисунок 3.7 – Схема функціональна СЕС

Сонячна електростанція в разі необхідності може стати буфером для забезпечення резервного електропостачання (разом з акумуляторною батареєю) – в разі відключення зовнішньої мережі.

СЕС служать досить довго, але термін експлуатації окремих компонентів може відрізнятися: сонячні модулі служать до 25 років, після чого продовжують службу з поступовим зменшенням ККД.

3.4. Розробка функціональної схеми

На рис 3.8 зображено функціональну схему системи опалення приміщення помешкання.

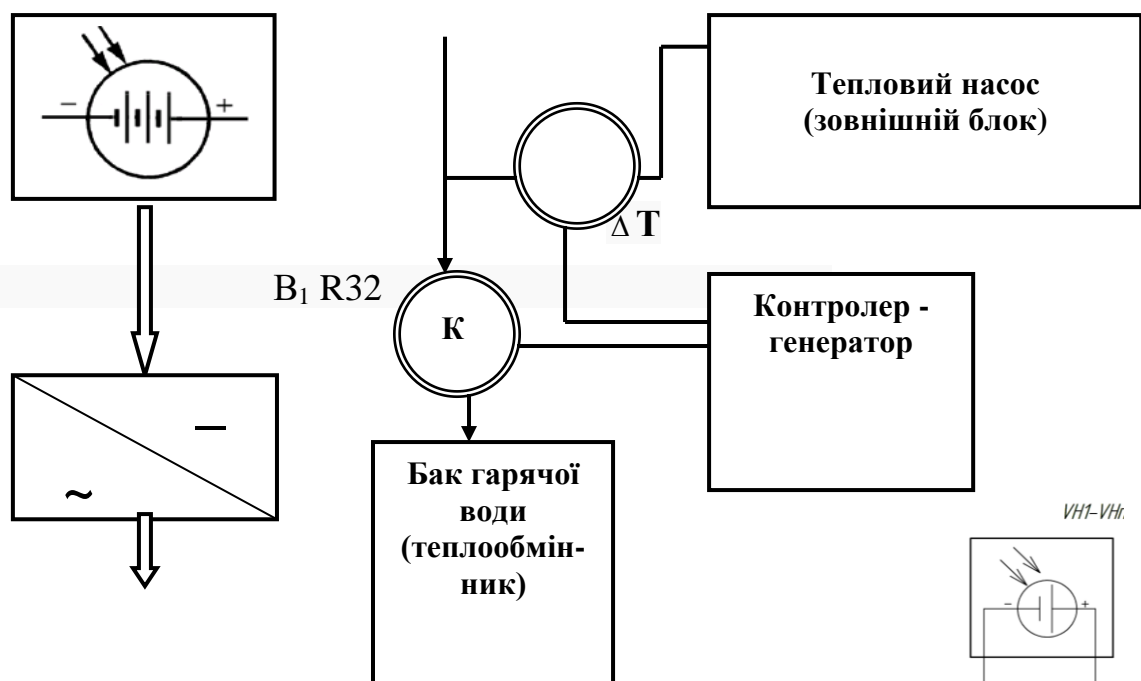
Алгоритм роботи

Зовнішній блок за допомогою холодоагента (R32), або більш сучасного відбирає теплову енергію із зовнішнього повітря. Далі холодоагент надходить у компресор, де вже після стиснення, його температура значно збільшується.

Гарячий холодоагент надходить в теплообмінник внутрішнього блоку фреон-вода і безпосередньо передає тепло воді.

При температурі повітря (від -20 до -25°C) необхідно в баку гарячої води встановлювати ТЕНи, для варіанту що розглядається – потужність ТЕНу повинна становити 2кВт в разі не тривалого часу роботи.

СЕС₁



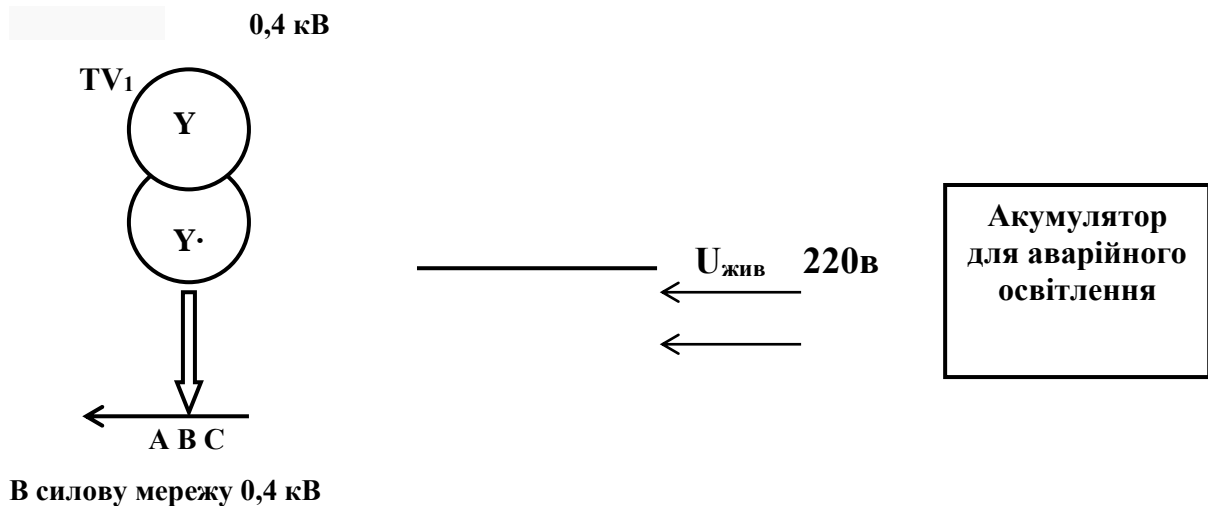


Рисунок 3.8 – функціонально-структурна схема енергетичної системи опалення житлового приміщення:

СЕС₁ – сонячна електростанція; В₁ – мережеві інвертори; TV₁ – трьохфазний трансформатор; ТЕН – рубчастий електронагрівник; R32 – фреон, К – контролер-генератор; VН1 – світлодіодні світильники

Сонячна електростанція мережевого типу, під «Зелений тариф» працює на основі мережевого перетворювача та сонячних батарей. Сонячна батарея як вже зауважувалося – пристрій який перетворює сонячну енергію у енергію постійної напруги та струму. Оскільки для живлення опалювальної системи потрібна змінна напруга то забезпечує використаний мережевий інвертор. В системах якій працюють по зеленому тарифі стоїть спеціальний двохсторонній лічильник з вбудований GSM модулем.

Суть роботи такого лічильника – це реєстрації кількості спожитої об'єктом електроенергії та кількості генерованої електроенергії сонячною електростанцією.

В результаті отримані показники передаються на сервер Обленерго, та у відповідності до цих даних нараховують кошти, якщо електростанція згенерувала більше електроенергії, а ніж спожила [31].

3.5. Економічний ефект

Сонячна електростанція 5 кВт виробляє 5 429,64 кВт·год електроенергії за 1 рік роботи. Вартість кіловата по «зеленому» тарифу становить 0,18 € цента, що дозволить за 1 рік роботи тримати прибуток 977,34 Euro.

Це наглядно видно з діаграми середньої генерації СЕС в місяць яка зображена на рис. 3.9 [17].

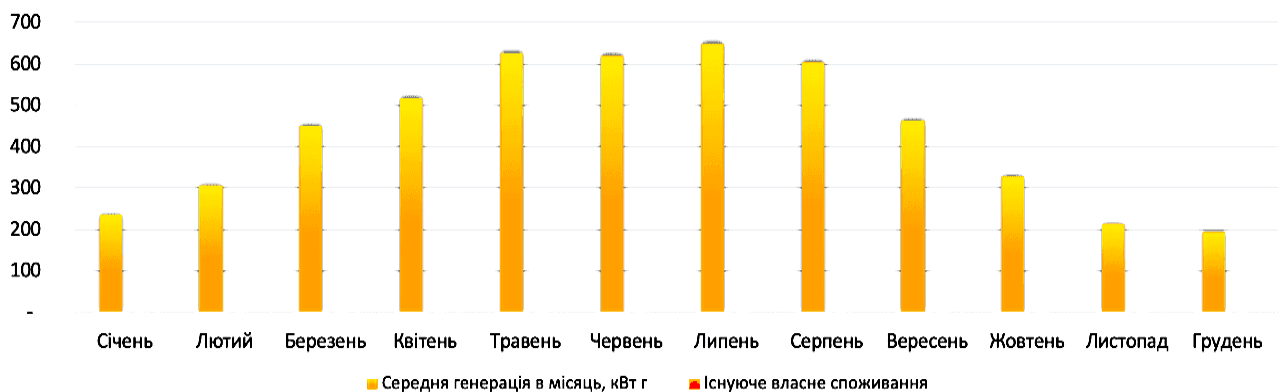


Рисунок 3.9 – Діаграма середньої генерації СЕС 5 кВт за місяць

Висновки до 3 розділу

Застосування систем тепло-енергопостачання з використанням теплових насосів та сонячних електростанцій забезпечує:

- 1) автономність і незалежність від зростання тарифів;
- 2) найвищий рівень комфорту;
- 3) повне задоволення запитів із обігріву та кондиціонування;
- 4) швидку окупність капіталовкладень;
- 5) найнижчий розмір комунальних платежів;
- 6) найбільш тривалий робочий ресурс обладнання;
- 7) електробезпеку й екологічну чистоту.

Тому дуже доцільно використовувати тандем теплової та сонячної енергії. Тепловий насос для обігріву будинку навіть невеликої потужності дозволяє значно зменшити витрати на опалення.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Сонячна електростанція 5 кВт виробляє 5 429,64 кВт·год електроенергії на протязі 1 року роботи. Вартість кіловата по «зеленому» тарифу становить 0,18 € цента, що дозволить за 1 рік роботи отримати прибуток 977,34 Euro.

Це в свою чергу знизить вартість капіталовкладень, на цю суму, теплового опалення. Тепловий котел «повітря-вода» в три рази ефективніший за з електричний бойлер тієї потужності.

Використання теплових насосів в сукупності з додатковими джерелами енергії набирає особливої популярності на теренах великої кількості країн світу.

Не варто забувати про те, що невідновлені енергоносії з кожним днем дорожчають. Відповідно, фінансова сторона стає більш не вигідною.

ВИКОРИСТАНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ДЖЕРЕЛА

1. Енергозбереження: [Електронний ресурс] – Режим доступу:
<https://ecoaction.org.ua/diyalnist/ee?gclid>
2. Система енергоефективності в Україні проект до обговорення:
[Електронний ресурс] – Режим доступу:
<https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2018/09/GIZ-brochure.pdf>
3. Сучасні енергоефективні рішення для вашого будинку;
[Електронний ресурс] – Режим доступу: https://moyahata.org.ua/ua/articles/-proektirovanie_i_planirovanie/sovremennye_energoeffektivnye_resheniya_dlya_vashego_doma/
4. Енергоефективність. Енергозбереження: [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.kr-rada.gov.ua/energoefektivnist-energozberezhennya-g/energomenedzhment-energoefektivnist/>

5. Альтернативні джерела енергії: підручник / А.П. Войцицький, Т.П. Резніченко, М.А. Войцицький [та ін.]; за редакцією Т.П. Резніченко – Житомир : ЖНАЕУ, 2017. – 280 с.
6. Аналіз практики та ефективності використання альтернативних джерел енергії в Україні та світі: [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.economy.nauka.com.ua/?op=1&z=1106>
7. Еколого-економічне обґрунтування використання відновлювальних джерел енергії на муніципальних об'єктах: [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://ev.nmu.org.ua/docs/2016/3/EV20163_171-180.pdf
8. Солнечные батареи и тепловой насос – энергетическая независимость: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://nse.com.ua/ru/solar_energy_heat_pump.html/
9. Перспективи використання теплових насосів і тепло насосних систем в регіоні полісся. / Л.Г Кравець, В.А. Лушкін, О.Д. Муляр., А.П. Войцицький. // Матеріали науково-теоретичного збірника «ВІСНИК ЖНАЕУ», 2014. – С.162-169.
10. Сюнроку Танака. Житлові будинки з автономним тепло забезпеченням: навчальний посібник / Танака Сюнроку, Судна Рейдзі. - М.: Стройиздат, 1999. - 225С.
11. Коэффициент преобразования (COP): [Електронний ресурс]. – Режим доступу:
<http://vmestogaza.ru/index.php/teoreticheskie-osnovy/podskazki-dlya-samostoyatel'nogo-izgotovleniya/10-teoriya/podskazki-decabrino/35-koeffitsient-preobrazovaniya-cop>
12. Риттингер Петер Риттер фон Горная Энциклопедия: [Електронний ресурс]. – Режим доступу:
<https://www.google.com/search?q&sourceid=chrome&ie=UTF-8>
13. Виссарионов, Г.В. Дерюгина, В.А. Кузнецова, Н.К. Малинин. Солнечная энергетика: учебное пособие для вузов. –М.: Издательский дом МЭИ, 2008. - 276 с. , 2014. – 214с.

14. Особливості проектування опалення з тепловими насосами: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://akvilonpro.ua/ua/ingenierne-proektu/teplovie-nasosi/osobennosti-proektirovaniya-otopleniya.html>
15. Ефективність використання теплового насосу типу «повітря – вода» у системах тепlopостачання: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.pdaa.edu.ua/sites/default/files/visnyk/2011/01/158.pdf>
16. Принцип работы теплового насоса: [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://nse.com.ua/ru/BE/principle-heat-pump-air-to-water.html>
17. Сонячна електростанція 5 кВт: [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://ecoenerhiia.ua/sonjachni-elektrostantsii/sonjachna-elektrostantsija-5-kvt.html>
18. Мережевий інвертор Growatt 5000TL3-S: [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://ecoenerhiia.ua/merezhevi-invertori/growatt-5000tl3-s-merezhevij-invertor.html>
19. Принцип роботи теплового насоса "Повітря-вода": [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://romstal.ua/uk/info/163-printsip-raboty-teplovogo-nasosa-vozdukh-voda>
20. Daikin: [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Daikin>
21. Мельничук М. Д. Альтернативна енергетика: навч. посіб. для студентів с.-г. вузів / М. Д. Мельничук, В. О. Дубровін, С. М. Кухарець [та ін.]. – К. : «Аграр Медіа Груп», 2012. – 612 с.
22. Технология энергосбережения [Текст]: учебник / Ю.М. Сибикин. - М.: ФОРУМ, 2010.- 351 с.
23. Солнечные панели DAH Solar HCM78X9-445W 9BB PERC Half Cell Моноб [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://eco-tech.com.ua/p1157519389-solnechnye-paneli-dah.html>
24. Сонячна енергетика – один з перспективних напрямів розвитку відновлюваної енергетики в Україні. Урядовий портал. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.kmu.gov.ua/control/publish/article>

25. Савченко Л. Шлях до альтернативи / Л. Савченко // Агробізнес сьогодні. - 2009. - № 23. - С. 32-33.

26. Сонячна енергетика: теорія та практика: монографія / Й. С. Мисак, О. Т. Возняк, О. С. Дацько, С. П. Шаповал ; М-во освіти і науки України, Нац. ун-т «Львів. політехніка». — Львів: Вид-во Львів. політехніки, 2014. — 340 с.

27. Якість енергоресурсів і енергоносіїв: навч. посіб. / А. П. Войцицький та інш. – Житомир: Вид-во ЖНАЕУ, 2017. – 215 с.

28. Енергетичний потенціал сонячної енергетики та перспективи його використання в Україні: [Електронний ресурс]. Режим доступу:

<http://ena.lp.edu.ua:8080/bitstream/ntb/7546/1/02.pdf>

29. Спеціалізовані Енергетичні Технології: [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://setech.in.ua/posluhy>.

30. Проектування сонячних електростанцій: : [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://rent techno.ua/ua/services/design.html>.

31. Сонячні електростанції під Зелений тариф: [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://prel.prom.ua/g10284535-sonyachni-elektrostantsiyi-pid?gclid=Cj0KCQiA1KiBBhCcARIsAPWqoSqVhouhHICr4YjKLUmSuMYFO5cPw3HUEfeTloiwmZrjj24PSLfMpxwaArXMEALw_wcB