

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ФАКУЛЬТЕТ АЕРОНАВІГАЦІЇ ЕЛЕКТРОНІКИ ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ  
КАФЕДРА АЕРОКОСМІЧНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ

ДОПУСТИТИ ДО  
ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Мельник Ю. В.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ  
«БАКАЛАВР»

Тема: **Автоматизована система управління енергозабезпеченням приватного будинку**

Виконавець: студент IV курсу, групи СУ-403Б Резніченко Д.О.

Керівник: к.т.н, доцент Кирпач Л. А.

Нормоконтролер: к.т.н, доцент Дивнич М. П.

Київ 2024





## РЕФЕРАТ

Текстова частина роботи: 60 стор., 11 рис., 10 табл., 18 використаних джерел.

**Об'єкт дослідження** – процес функціонування системи енергозабезпечення приватного будинку.

**Предмет дослідження** – автоматизована система управління енергозабезпеченням приватного будинку.

**Мета роботи:** розробка автоматизованої системи управління енергозабезпеченням прототипу приватного будинку, на основі комплексного використання відновлювальних джерел енергії.

**Методи дослідження:** вивчення наукових джерел, публікацій та іншої літератури; аналіз існуючих технологій та комп'ютеризованих систем; проектування автоматизованої системи; вибір апаратного та програмного забезпечення; створення системи управління енергозабезпеченням прототипу приватного будинку; обчислення даних та проведення відповідних розрахунків; аналіз результатів.

У роботі проаналізовано сучасні системи управління енергозабезпеченням та різні види відновлювальних джерел енергії, розраховано споживацькі потреби в енергії прототипу приватного будинку, обрано оптимальний варіант його енергозабезпечення на основі гібридної системи «сонце – вітер». Також визначено функціональні вимоги до системи управління, з їх урахуванням спроектовано автоматизовану систему управління енергозабезпеченням прототипу приватного будинку, визначено необхідне обладнання та технології для належної роботи. Обґрунтовано доцільність інтеграції даної системи з комп'ютеризованою модульною системою управління «Smart Char». Доведено ефективність використання розробленої автоматизованої системи та окреслені шляхи її оптимізації.

АВТОМАТИЗАЦІЯ, СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ, ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ,  
ПРИВАТНИЙ БУДИНОК, ВІДНОВЛЮВАЛЬНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ  
**ЗМІСТ**

ВСТУП .....	6
РОЗДІЛ 1. Теоретичні аспекти управління енергозабезпеченням приватного будинку.....	8
1.1. Огляд сучасних систем управління енергозабезпеченням.....	8
1.2. Використання відновлювальних джерел енергії в приватних будинках.....	11
1.3. Принципи автоматизації систем енергозабезпечення.....	13
РОЗДІЛ 2. Аналіз потреб та вимог для автоматизованої системи управління енергозабезпеченням.....	15
2.1. Визначення потреб в енергії приватного будинку.....	15
2.2. Вибір оптимальних відновлювальних джерел енергії.....	17
2.3. Врахування економічних та екологічних факторів.....	19
РОЗДІЛ 3. Розробка автоматизованої системи управління енергозабезпеченням приватного будинку.....	21
3.1. Визначення функціональних вимог до системи.....	21
3.2. Проектування структури та архітектури системи.....	22
3.3. Вибір необхідного обладнання та технологій.....	23
3.4. Інтеграція з комп'ютеризованою модульною системою управління «Smart Char».....	42
РОЗДІЛ 4. Потенційні можливості, ефективність та шляхи оптимізації розробленої системи .....	46
4.1. Розрахунки по визначенню потенційних можливостей з вироблення електроенергії даною системою за різних погодних умов.....	46
4.2. Методи та критерії оцінки ефективності.....	52
4.3. Аналіз результатів та шляхи оптимізації.....	54
ВИСНОВКИ.....	57
СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	59

## ВСТУП

Сьогодні ми живемо в світі, де більшість повсякденних завдань автоматизовані або максимально спрощені, з кожним роком ця тенденція зростає. Повсякчас відбувається стрімкий розвиток розумних технологій в різних сферах, в тому числі це торкнулося й сфери електроенергетики. Наразі провідні країни світу вже реалізують нові системи інтелектуального електропостачання, які в недалекому майбутньому замінять традиційні системи постачання електроенергії споживачу. Сучасна людина вдосконалила технології автоматичного і віддаленого управління настільки, що ці технології допомагають не тільки економити час і гроші, а так само дають змогу робити своє життя більш зручним та комфортним. У зв'язку з цим виникає запит на розробку спеціальних автоматизованих систем управління енергозабезпеченням конкретного будинку, що створюються із урахуванням потреб споживачів, кількості електроносіїв, обсягу енергії, інженерних особливостей побудови, кліматичних та географічних умов тощо.

Поряд з цим на сучасному етапі розвитку людство стикається з глобальними екологічними та економічними викликами, що вимагають пошуку дієвих рішень. З огляду на обмеженість природних ресурсів, забруднення навколишнього середовища, збільшення споживацької спроможності мешканців нашої планети впровадження відновлюваних технологій енергії набуває актуалізації та стає запорукою належного рівня життя для майбутніх поколінь.

Особливості використання відновлювальних джерел енергії полягають в їх генеруванні за допомогою процесів, які постійно відбуваються в навколишньому середовищі. Таку енергію отримують із природних ресурсів, таких як: сонячне світло, приливи та відливи, геотермальні води, енергія вітру, водяні потоки, які являються відновлювальними. Даний вид енергії має перспективи розвитку в найближчому майбутньому, так як використання невідновлюваних джерел енергії тягне за собою багато негативних наслідків. Основним мінусом являється вичерпність ресурсів, та забруднення навколишнього середовища. Викиди в атмосферу з теплових та атомних електростанцій забруднюють атмосферу, що

призводить до парникового ефекту, а він в свою чергу до підвищення середньої температури на планеті. Тож не дивно, що питання енергоефективності набувають все більшого значення, а комплексне використання відновлювальних та альтернативних джерел енергії для енергозабезпечення приватного будинку стає оптимальним рішенням. Сучасні комп'ютеризовані технології, в свою чергу, можуть налагодити цей процес та забезпечити його належне функціонування. Розробка таких технологій вимагає поглибленого вивчення та дослідження багатьох аспектів пов'язаних з автоматизацією систем енергозабезпечення. З огляду на все вище зазначене тематика даної роботи є актуальною.

**Метою кваліфікаційної роботи** є розробка автоматизованої системи управління енергозабезпеченням прототипу приватного будинку, яка б комплексно та ефективно використовувала відновлювальні джерела енергії. На реалізацію мети **визначено ряд завдань**:

- вивчити теоретичні аспекти управління енергозабезпеченням приватного будинку, зробити огляд сучасних систем управління енергозабезпеченням;
- розглянути та охарактеризувати існуючі відновлювальні джерела енергії;
- дослідити та проаналізувати потреби та вимоги для автоматизованої системи управління енергозабезпеченням приватного будинку;
- визначити функціональні вимоги до системи, зробити вибір необхідного обладнання та технологій;
- розробити автоматизовану систему управління енергозабезпеченням приватного будинку;
- дослідити інтеграцію автоматизованої системи з комп'ютеризованою модульною системою управління «Smart Char»;
- виділити методи та критерії оцінки ефективності розробленої системи;
- проаналізувати очікувані результати та визначити шляхи оптимізації;
- зробити висновки про доцільність впровадження даної розробки.

## РОЗДІЛ 1

# ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯМ ПРИВАТНОГО БУДИНКУ

### 1.1 Огляд сучасних систем управління енергозабезпеченням

Сучасні системи управління енергозабезпеченням приватного будинку стають все більш розповсюдженими і ефективними завдяки поєднанню новітніх технологій та інтелектуальних алгоритмів. Такі системи управління можуть включати широкий спектр компонентів і функціональностей, які спрямовані на ефективне управління енергією та забезпечення комфорту мешканців. Серед найбільш поширених компонентів сучасних систем управління енергозабезпеченням приватного будинку можна виділити ряд дієвих рішень.

- Системи терморегуляції (розумні терморегулятори). Ці пристрої дозволяють автоматично керувати опаленням та кондиціонуванням повітря в будинку. Вони можуть програмуватись для забезпечення оптимальної температури в будинку в залежності від розкладу, присутності людей в приміщенні та інших умов.

- Розумні освітлювальні системи. Ці системи дозволяють автоматизувати освітлення в будинку, використовуючи датчики руху, таймери або дистанційне керування. Вони також можуть використовувати енергоефективні світлодіодні лампи та допомагати зменшити споживання електроенергії.

Кафедра АКСУ				ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА			
Виконав	Резніченко Д.О.			РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯМ ПРИВАТНОГО БУДИНКУ			Аркушів
Керівник	Кирпач Л.А.						60
Н-контр.	Дивнич М.П.						
Зав.каф.	Мельник Ю.В.						
							СУ 403Б



- Розумні системи керування водопостачанням та опаленням. Деякі системи включають в себе можливість керувати не лише опаленням, а й гарячою водою, системами підігріву підлоги та іншими аспектами водопостачання.

- Системи інтеграції. Сучасні системи управління енергозабезпеченням можуть бути інтегровані з іншими системами будинку, такими як системи безпеки, освітлення та комфорту. Це дозволяє створювати більш комплексні та ефективні системи, які працюють разом для забезпечення комфорту та енергоефективності.

- Системи з дистанційним керуванням. Багато сучасних систем управління енергозабезпеченням пропонують можливість дистанційного керування через мобільні додатки або веб-інтерфейси. Це дозволяє користувачам контролювати своє енергоспоживання навіть здалеку.

- Системи моніторингу та управління енергоспоживанням. Ці системи дозволяють власникам будинку відстежувати своє енергоспоживання в реальному часі та приймати рішення щодо ефективного використання енергії. Вони можуть надавати детальну інформацію про споживання енергії по окремих пристроях та джерелах.

- Системи енергозбереження з використанням відновлювальних джерел енергії. Встановлення сонячних панелей або вітряних турбін дозволяє генерувати власну електроенергію, що допомагає знизити витрати на електрику. Деякі системи також включають системи зберігання енергії, які дозволяють зберігати надлишкову енергію для використання в нічний час або в періоди недостатньої сонячної активності.

Стрімкий розвиток сучасних технологій визначає перехід систем управління енергозабезпеченням на інтелектуальний рівень. Це відбувається завдяки використанню розумних датчиків, програмного забезпечення та алгоритмів штучного інтелекту. Вони можуть адаптуватися до змін у споживанні енергії та умов довкілля для оптимізації роботи систем. Прикладом реалізації такого підходу є Smart Grid технології.

Smart Grid (розумна мережа) — набір технологій, що перетворюють енергетичну інфраструктуру старого типу на сучасну цифрову систему. Тільки на

основі розумних мереж можливий розвиток сучасної енергетики. Фактично — це дуже модернізовані мережі з використанням останніх ІТ-рішень [18].

Інтелектуальна мережа використовує інформаційні та комунікаційні технології для збору даних. Відбувається збір даних у режимі реального часу про енерговиробництво та енергоспоживання, далі відбувається аналіз усіх зібраних даних і вже на основі цього аналізу вибудовується ефективніша, надійніша та економічно вигідніша схема розподілу електроенергії. Ознайомитись зі структурою технології Smart Grid можна на рис. 1.1.

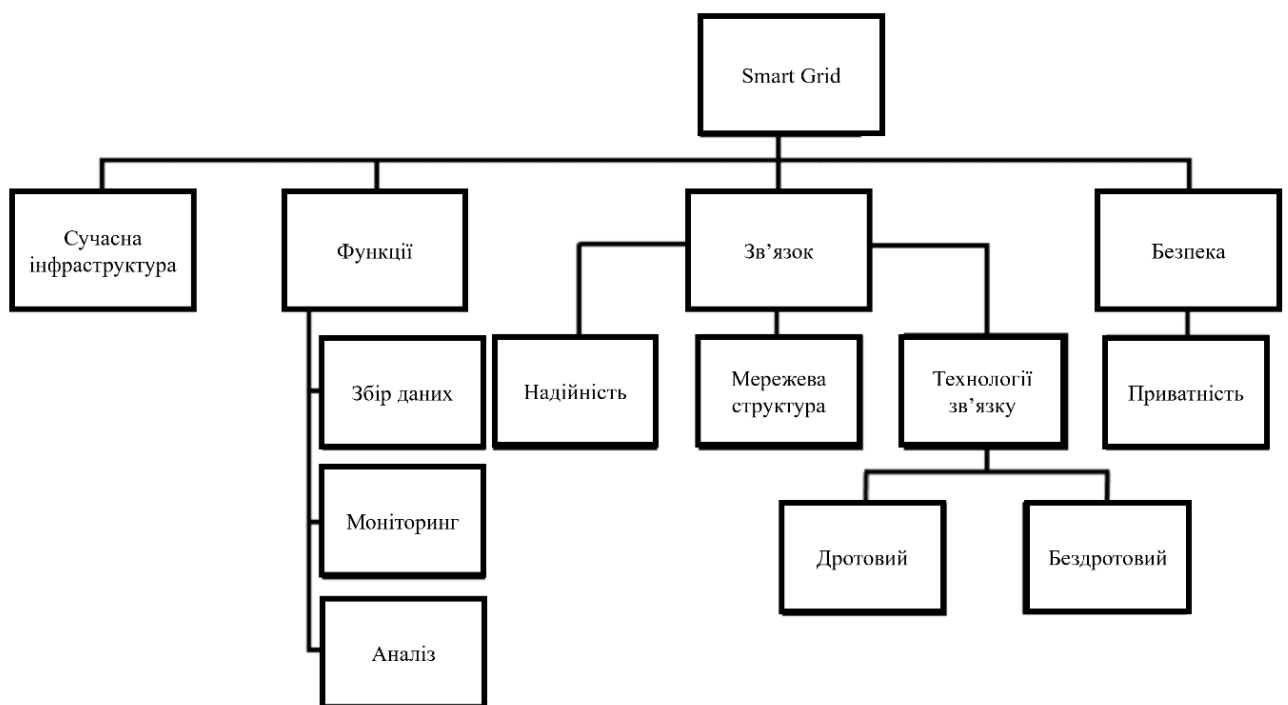


Рисунок 1.1. Структура Smart Grid

Smart Grid - це робота електричної мережі з елементами управління, автоматизованими системами, локальною мережею, новими технологіями та моніторинговими системами. Обмін інформацією відіграє важливу роль у забезпечення передачі, розподілу, ефективного, надійного та безпечного виробництва електроенергії. Стабільна система зв'язку забезпечує надійний обмін даними між обладнанням розподіленого зондування, системами управління даними та системами моніторингу [7]. Усе це вимагає швидкого зв'язку, оскільки генерація, доставка і споживання електроенергії відбувається одночасно. Крім

того, що зв'язок має бути високошвидкісним, він також має забезпечити захищене передавання даних, щоб сторонні особи не змогли б отримати контроль над розподілом електроенергії.

Технології Smart Grid можуть вести точне управління електромережами, інтелектуальна мережа використовує потужну електроніку для контролю за передачею енергії та зменшення втрат енергії.

Двосторонній зв'язок у Smart Grid забезпечує обмін інформацією між мережею електропередачі та пристроями, які під'єднані до мережі, такими як лічильники електроенергії, сонячні панелі, вітрогенератори та інші пристрої управління енергоспоживанням.

Системи двостороннього зв'язку можуть відправляти інформацію в обидва боки: від пристрою до мережі та від мережі до пристрою. Пристрої можуть передавати інформацію про своє споживання енергії, виробництво енергії, стан батареї та інші параметри в реальному часі в систему управління енергоспоживанням. Система управління може використовувати цю інформацію для ухвалення рішень про те, як оптимізувати використання енергії в мережі [7].

У великій мірі сучасні системи управління енергозабезпеченням спрямовані на покращення енергоефективності, зменшення витрат та підвищення комфорту для користувачів, що робить їх важливим елементом сучасних будівель та інфраструктури.

## **1.2 Використання відновлювальних джерел енергії в приватних будинках**

Використання відновлювальних джерел енергії в приватних будинках стає все більш популярним внаслідок зростання усвідомленості про екологічні проблеми та потребу у зменшенні споживання викопних палив. Нижче надається огляд різних видів відновлювальних джерел енергії та їх використання в приватних будинках.

## **Сонячна енергія**

Сонячні панелі. Встановлення сонячних панелей на даху приватного будинку дозволяє збирати сонячну енергію та перетворювати її на електроенергію. Ця енергія може бути використана для живлення освітлення, електроприладів, опалення та кондиціонування повітря.

Сонячні колектори. Ці пристрої використовуються для нагрівання води за допомогою сонячної енергії. Вони можуть бути використані для гарячого водопостачання та опалення будинку.

## **Вітрова енергія**

Вітрові турбіни. Якщо будинок розташований у відкритому місці з вітряними потоками, встановлення вітрових турбін на ділянці може забезпечити додатковий джерело електроенергії. Вітряні турбіни можуть бути розташовані на землі або на даху будинку. Вітрогенератори перетворюють кінетичну енергію вітру в електроенергію.

## **Гідроенергія**

Мікрогідроенергетика. Якщо на ділянці є потічок або річка, можливе використання мікрогідроенергетики для виробництва електроенергії. Мікрогідроенергетика включає у себе малі гідроелектростанції, які можуть бути встановлені на потоці або річці.

## **Геотермальна енергія**

Геотермальні теплові насоси використовують теплову енергію, яка зберігається в землі, для опалення приміщень та нагріву води. Це може бути ефективним рішенням для приватних будинків, особливо у зимовий період.

## **Біопаливо**

Пелетні котли або пічки. Використання біопалива, такого як пелети або біопаливні брикети, у спеціалізованих котлах або пічках дозволяє забезпечити опалення та гарячу воду в будинку без використання вугілля або природного газу. Багато пелетних котлів оснащені автоматичними системами живлення, які

автоматично подають пелети в котел в залежності від потреб системи опалення [12].

Використання відновлювальних джерел енергії в приватних будинках допомагає зменшити залежність від традиційних джерел енергії або ж взагалі перейти на повну автономію, зменшити викиди парникових газів та сприяти створенню більш екологічно чистого житла.

Зрозуміло, що при виборі відновлювального джерела енергії для конкретного приватного будинку необхідно враховувати різні фактори, такі як кліматичні умови, доступні ресурси та ефективність систем. Комбінування різних джерел енергії може бути оптимальним рішенням для забезпечення сталого та ефективного енергозабезпечення приватного будинку.

### **1.3 Принципи автоматизації систем енергозабезпечення**

Автоматизація систем енергозабезпечення приватного будинку передбачає використання сучасних технологій, датчиків, програмного забезпечення та ґрунтується на ряді принципів, спрямованих на оптимізацію споживання енергії та ефективне управління енергією. До ключових принципів відносяться:

- моніторинг та аналіз;
- оптимізація та регулювання;
- енергоефективність;
- надійність і безпека.

Принцип моніторингу і аналізу передбачає постійне відстеження та оцінку енергоспоживання в будинку. Автоматизовані системи моніторингу вимірюють різні параметри, такі як температура, вологість, освітлення, електропотужність та інші, для збору даних про споживання енергії та кліматичні умови в будинку. Це дозволяє виявляти можливі проблеми, ефективно використовувати енергію та забезпечувати оптимальні умови для життя.

Принцип оптимізації та регулювання полягає в тому, щоб система автоматично адаптувалася до змінних умов, включаючи погодні умови, час доби,

рівень споживання тощо. Це дозволяє забезпечити ефективне використання енергії та підтримувати комфортні умови в будинку.

Принцип енергоефективності передбачає використання енергії з максимальною ефективністю. Це може включати в себе використання енергоефективного обладнання, оптимізацію теплової ізоляції, використання відновлювальних джерел енергії та інші заходи.

Принцип надійності і безпеки передбачає розробку системи, яка забезпечує надійну роботу у будь-яких умовах і має вбудовані механізми захисту від можливих аварійних ситуацій.

Перелічені принципи допомагають зробити енергозабезпечення приватного будинку більш ефективним, зручним та екологічно чистим.

Загальний принцип автоматизації систем енергозабезпечення полягає в створенні інтелектуальної системи, яка може ефективно управляти енергією, забезпечуючи комфорт та ефективність використання ресурсів.

## РОЗДІЛ 2

### АНАЛІЗ ПОТРЕБ ТА ВИМОГ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯМ

#### 2.1 Визначення потреб в енергії приватного будинку

Визначення потреб в енергії приватного будинку вимагає аналізу різних аспектів, включаючи розмір будинку, його місцезнаходження, конструкцію, технічні системи та життєві звички мешканців.

При визначенні потреб в енергії конкретного будинку важливо звернути уваги на такі моменти.

1) Оцінка енергоефективності будинку (перевірка ізоляції, стану вікон і дверей, опалювальної системи та інших систем, що споживають енергію).

2) Аналіз рахунків за енергію (це допомагає зрозуміти, яка кількість енергії зазвичай споживається, чи залежить це від часу доби, конкретного місяця).

3) Стиль життя (скільки годин мешканці проводять вдома, коли використовують електроприлади високої потужності, чи використовують електроніку з високим споживанням енергії тощо).

4) Врахування місцевих умов та наявних ресурсів (де знаходиться будинок, чи є можливість використання відновлюваних джерел енергії, таких як сонячні панелі або вітряні турбіни).

Кафедра АКСУ				ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА			
Виконав	Резніченко Д.О.			РОЗДІЛ 2 АНАЛІЗ ПОТРЕБ ТА ВИМОГ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯМ			Аркушів
Керівник	Кирпач Л.А.						60
Н-контр.	Дивнич М.П.						
Зав.каф.	Мельник Ю.В.						
							СУ 403Б

Проведення цих заходів допомагає краще зрозуміти, яка кількість енергії потрібна конкретному приватному будинку, і що можна прийняти для зменшення споживання енергії та оптимізації витрат.

Вихідними даними для розробки автоматизованої системи даного дослідження є прототип двоповерхового приватного будинку, що знаходиться у Київській області та має загальну площу 100 квадратних метрів. Кількість мешканців, що проживають у ньому – 4 особи (батьки та 2 дитини). Мешканці будні дні проводять на роботі та в садочку (школі) (з 8.00 до 18.00), вихідні вдома. До будинку проведена електрика, водопостачання, каналізація, інтернет, газу нема. Підігрів води, обігрів приміщень, кондиціонування повітря, приготування їжі, освітлення тощо – всі важливі побутові процеси забезпечуються за рахунок системи електроенергії. Орієнтовний розрахунок споживання електроенергії подано у табл. 2.1.

Таблиця 2.1.

Орієнтовні показники споживання електроенергії

Джерело споживання	Макс. потужність кВт	Енергоспоживання кВт · год	
		за добу	за місяць
Внутрішнє освітлення (енергозберігаючі лампи)	0,25	1,2	36
Холодильник	0,1	1,2	36
Електроплита	2,5	6,5	195
Мікрохвильова піч	1	0,3	9
Витяжка	0,08	0,1	3
Електрочайник	1,5	0,3	9
Тостер	1,5	0,15	4,5
Пральна машина	2,5	0,5	15
Посудомийна машина	1,5	0,5	15
Пилосмок	2	0,2	6



Продовження таблиці 2.1

Праска	1,5	0,15	4,5
Фен	1	0,1	3
Телевізор	0,3	1	30
Ноутбук	0,3	2,4	72
Кондиціонер	1,5	1,5	45
Бойлер (електрокотел)	15	23	690
Інші електроінструменти	1	0,3	9
Всього		39,4	1182

С наведених даних та проведених розрахунків середнє споживання електроенергії на день становить приблизно 40 кВт · год, а на місяць відповідно - біля 1200 кВт · год. Зрозуміло, що в літні місяці споживається менше електроенергії, а в зимні (через систему опалення) – навпаки більше, тож застосовується середнє арифметичне значення.

## 2.2 Вибір оптимальних відновлювальних джерел енергії

Вибір оптимальних відновлювальних джерел енергії для приватного будинку залежить від різних факторів, таких як місцеві кліматичні умови, наявність ресурсів та можливостей для встановлення, фінансові можливості та інші.

Потенціал сонячної енергії в Україні є достатньо високим. На рис. 2.1. показані величини енергії сонячної радіації, що доходять до Землі впродовж року на 1 м<sup>2</sup> горизонтальної поверхні в регіонах, представлених п'ятьма українськими містами [4].

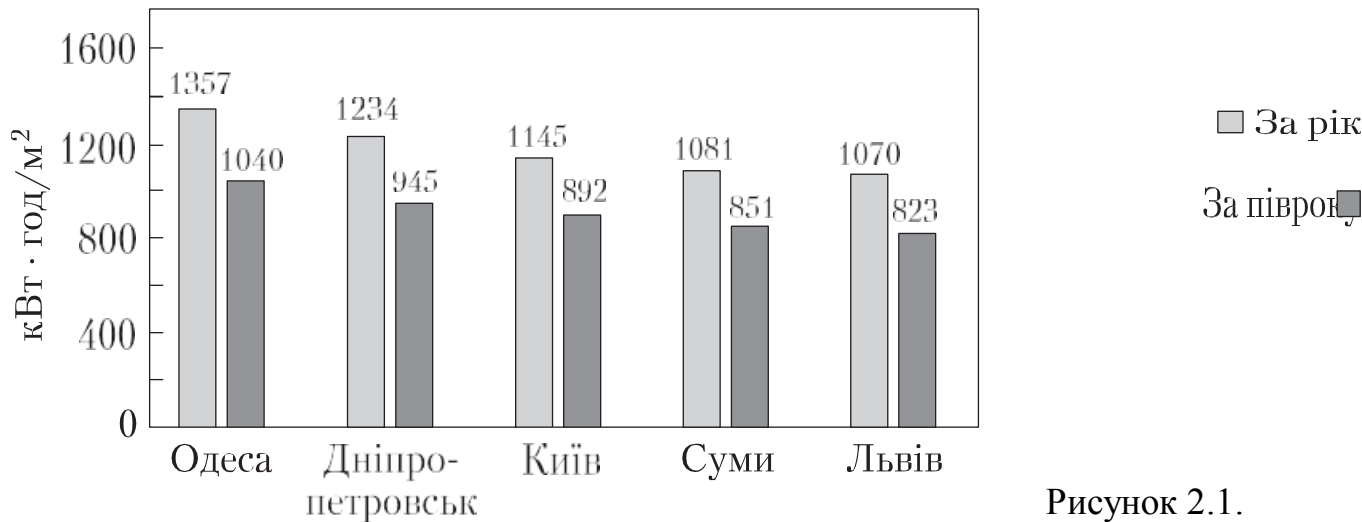


Рисунок 2.1.

### Кількість енергії сонячної радіації

Середньорічна кількість сумарної сонячної радіації, що поступає на 1 м<sup>2</sup> поверхні, на території України знаходиться в межах: від 1070 кВт · год/м<sup>2</sup> в північній частині України до 1400 кВт · год/м<sup>2</sup> у південній частині. Згідно з метеорологічними спостереженнями останніх десяти років на Україну припадає від 100 до 200 сонячних днів на рік в залежності від регіону. Середньорічний потенціал сонячної енергії в Україні (1235 кВт · год/м<sup>2</sup>) є вищим, ніж, наприклад, у Німеччині — 1000 кВт · год/м<sup>2</sup> або у Польщі — 1080 кВт · год/м<sup>2</sup>. За таких умов геліоустановка працюватиме з віддачею в 60 % і більше, а це 9 місяців в південних областях України (від березня до листопада), і 7 місяців - в північних областях (від квітня до жовтня). Фотоенергетичне обладнання може достатньо ефективно експлуатуватися впродовж усього року [4].

Отже, Київська область має значний потенціал для використання сонячної енергії. Встановлення сонячних панелей на даху будинку може забезпечити електроенергію для освітлення, роботи побутових приладів та інших споживацьких потреб.

Також визначений нами прототип приватного будинку знаходиться в відкритому місці, де нема багатоповерхової забудови або лісу та часто дме вітер, вітрові турбіни можуть бути також ефективним джерелом енергії.

Зважаючи на це, для розробки автоматизованої системи енергозабезпечення приватного будинку взято за основу автономну гібридну систему «сонце — вітер», яка дозволяє здійснювати практично безперебійне живлення за рахунок відновлюваних джерел.

Електростанції даного типу призначаються для енергоспоживачів електричних побутових мереж змінного струму з частотою 50 Гц і напругою в мережі 220В, а також споживачів постійного струму з напругою 12, 24 і 48 Вольт. Використовуватися такі електростанції можуть, як в стаціонарних умовах при їх підключенні до існуючих побутовим електромереж, а також і для умов виникнення аварійних або надзвичайних ситуацій - як аварійно-резервного джерела енергопостачання.

### **2.3 Врахування економічних та екологічних факторів**

Крім вище зазначеного при розробці автоматизованої системи управління енергозабезпеченням будинку варто враховувати економічні та екологічні фактори, а саме:

- вартість встановлення та обслуговування. Потрібно розглядати ефективність і вартість встановлення автоматизованої системи управління енергозабезпеченням. Важливо зрозуміти, чи буде система вигідною в довгостроковій перспективі, враховуючи витрати на обслуговування та можливі економії на енергії;

- енергоефективність. Цільовим пунктом автоматизованої системи є зменшення споживання енергії та оптимізація витрат. Вона повинна бути спрямована на зменшення витрат енергії без втрати комфорту для мешканців;

- використання відновлювальних джерел енергії. Автоматизована система може бути налаштована на використання відновлювальних джерел енергії, таких як сонячна або вітрова енергія. Це не лише зменшить залежність від традиційних джерел енергії, але й знизить викиди CO<sub>2</sub> в атмосферу;

- віддалене керування. Автоматизована система може дозволити вам віддалено керувати енергозабезпеченням вашого будинку, що дозволяє ефективно управляти споживанням енергії в залежності від різних факторів, таких як погода та ваш розклад;

- довгострокові вигоди. При врахуванні економічних і екологічних факторів важливо думати про довгострокові вигоди. Хоча встановлення автоматизованої системи може вимагати великих витрат на початку, вона може значно зменшити рахунки за енергію та сприяти збереженню природних ресурсів у майбутньому.

Загалом, розробка автоматизованої системи управління енергозабезпеченням будинку має бути балансом між ефективністю, вартістю та екологічними вигодами.

## РОЗДІЛ 3

### РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯМ ПРИВАТНОГО БУДИНКУ

#### 3.1 Визначення функціональних вимог до системи

Визначення функціональних вимог до автоматизованої системи управління енергозабезпеченням приватного будинку допомагає зрозуміти, як система має функціонувати і які задачі вона повинна виконувати. Нижче подано функціональні вимоги, які враховані при розробці:

- комплексний підхід до використання відновлювальних джерела енергії (сонячних панелей та вітрових турбін);
- автоматичний вибір оптимального джерела енергії з врахуванням погодних умов за рахунок використання метеорологічних датчиків та сенсорів;
- забезпечення процесу акумулювання (зберігання) електричної енергії, що виробилась відновлювальними джерелами енергії, проте не використалась;
- регуляція процесу енергозабезпечення, контроль за доцільністю роботи побутових електроприладів та кількістю спожитої електроенергії;
- автоматичне керування опаленням і кондиціонуванням повітря;
- автоматичне керування освітленням в будинку (залежно від наявності людей, часу доби, пори року);
- режим економії енергії (можливість встановлення різних режимів економії енергії, наприклад, вночі або коли будинок порожній);

Кафедра АКСУ				ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА			
Виконав	Резніченко Д.О.			РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯМ ПРИВАТНОГО БУДИНКУ			Аркушів
Керівник	Кирпач Л.А.						60
Н-контр.	Дивнич М.П.						
Зав.каф.	Мельник Ю.В.						
							СУ 403Б

- дистанційне керування (можливість керувати будинком віддалено за допомогою мобільного додатку або веб-інтерфейсу);
- системи безпеки (димові датчики, системи сигналізації інтегровані в систему управління енергозабезпеченням);
- аналітика та звітність (можливість аналізу даних про споживання енергії та генерації звітів, що допоможуть користувачам розуміти їхні енергетичні звички та витрати).

Ці функціональні вимоги можуть бути доповнені або адаптовані відповідно до конкретних потреб та характеристик певного приватного будинку. Важливо також врахувати вимоги щодо інтеграції з існуючими системами та сумісність з різними типами пристроїв та обладнання.

### **3.2 Проектування структури та архітектури системи**

Автономна гібридна система «сонце-вітер», взята за основу розробки автоматизованої системи енергозабезпечення приватного будинку дозволяє здійснювати практично безперебійне живлення за рахунок відновлюваних джерел. Обрана гібридна система електропостачання складається з вітрогенератора, сонячних модулів, інвертора, контролера заряду, акумуляторних батарей.

Джерелами енергії є система полікристалічних та тонкоплівкових фотомодулів, які розташовані на односкатному даху з південного боку будинку, та вітровий електрогенератор, змонтований на вищій висоті 30 м. Вироблена вітрогенератором та фотомодулями електроенергія через зарядні пристрої заряджає акумуляторну станцію, електрична енергія від акумуляторних батарей надходить в інвертор, де постійний струм перетворюється в змінний (220 В / 50 Гц). Комбінування різних джерел відновлюваної енергії дає можливість створити систему електропостачання для приватного будинку, яка відповідає вимогам потужності, часу безперебійної роботи та вартості.

Поряд з цим на всякий випадок передбачено перехід на резервне джерело за рахунок підведеної до будинку стандартної електромережі. На рис. 3.1. наведена

структурна схема поєднання вітрової та сонячної енергії для електрозабезпечення приватного будинку.

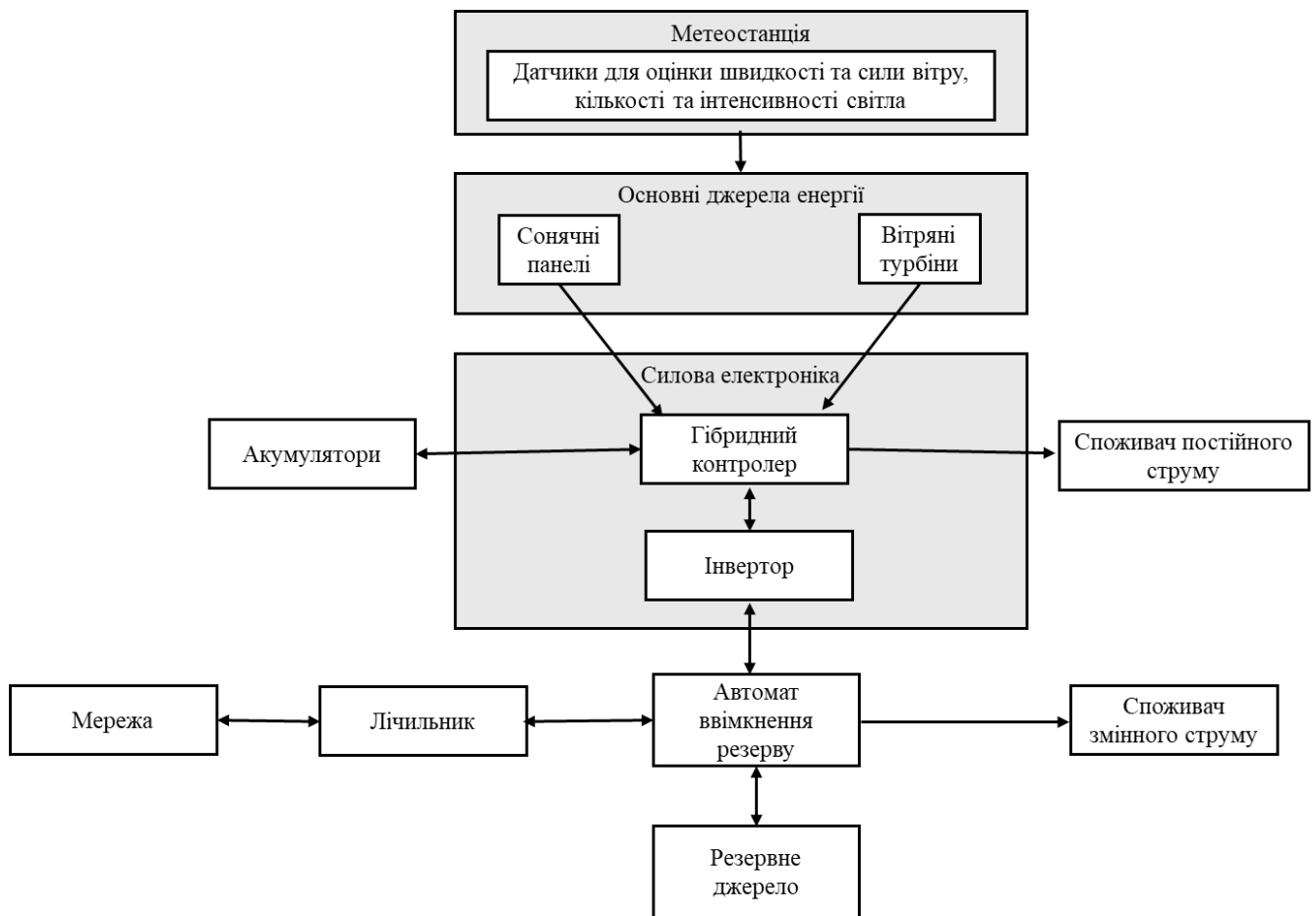


Рисунок 3.1. Структурна схема електрозабезпечення приватного будинку

### 3.3 Вибір необхідного обладнання та технологій

Вибір необхідного обладнання та технологій для автоматизованої системи управління енергозабезпеченням будинку залежить від конкретних потреб і вимог власника будинку, його бюджету, а також від технічних можливостей та характеристик самого будинку.

Нижче подаються ключові критерії та рекомендації, які були враховані при виконанні кваліфікаційної роботи.

- Інтеграція та сумісність: обране обладнання та технології мають легко інтегруватись між собою та з іншими системами в будинку. Інтеграція забезпечує синхронну роботу всіх компонентів системи.

- Специфікації та характеристики: необхідно досліджувати технічні характеристики обладнання (потужність, енергоефективність, рівень автоматизації, можливості зв'язку та інші параметри) на предмет відповідності вимогам конкретного будинку та споживачів енергії.

- Гнучкість та масштабованість: система повинна мати можливість до змін та адаптації до інших умов, тобто в разі необхідності може бути перенесена й на інший схожий за заданими параметрами приватний будинок.

- Безпека та захист даних: з метою захисту персональних даних та захисту системи від зловмисників обладнання повинно мати високий рівень безпеки та захищеності.

- Користувацький інтерфейс: користувачі мають легко керувати системою через інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, такий як мобільний додаток або панель керування.

- Вартість та бюджет: оптимальний баланс між якістю, функціональністю та вартістю.

- Відгуки та рейтинги: перегляд відгуків та рейтингів користувачів про обране обладнання та технології, це допомагає отримати об'єктивну оцінку їх ефективності та надійності.

Роботу всього комплексу визначають три основні параметри:

1) вихідну потужність комплексу забезпечує інвертор (його вибір здійснюється за піковим миттєвим навантаженням всіх енергоспоживачів, які можуть бути включені одночасно);

2) час безперервної роботи при відсутності вітру або при відсутності сонця визначається ємністю акумуляторних батарей ( $A \cdot \text{год}$ ) і залежить від потужності і тривалості споживання;

3) швидкість заряду акумуляторних батарей ( $\text{кВт} \cdot \text{год}$ ) залежить від потужності вітрогенератора та сонячної електростанції. Наприклад, більш



потужний вітрогенератор потрібен, якщо вітер в місці установки слабкий або електроенергія споживається постійно та в невеликих кількостях. Або ж для збільшення потужності сонячної станції потрібні більш потужні фотомодулі або ж їх більша кількість;

4) для збільшення швидкості заряду акумуляторів доцільно використовувати кілька джерел живлення одночасно і здійснювати їх підключення до однієї акумуляторної батареї.

Враховуючи ці критерії та рекомендації, ми пропонуємо застосувати такі пристрої та технології для автоматизованої системи управління енергозабезпеченням прототипу приватного будинку.

### **Метеостанція**

Домашня метеостанція – компактний метеорологічний пристрій, оснащений різними датчиками. «Повідомляє» прогноз погоди на день, а також показує температуру, рівень вологості в кімнаті, або за вікном. Має досить широкий функціонал і підтримує величезну кількість корисних функцій.

Домашня метеостанція показує не просто прогноз погоди, а місцевий прогноз погоди. І ви будете знати показники не по місту в цілому, а конкретно в тому місці, де проживаєте. В цьому і полягає головна відмінність прогнозу погоди, який показує метеостанція, від аналогічних даних в інтернеті. Забезпечується все це за рахунок датчиків, які і збирають потрібну інформацію. Крім того, даний пристрій не тільки відображає поточну температуру, він також може спрогнозувати прогноз погоди на найближчі 12 або 24 години.

Найбільш популярними вважаються бездротові метеостанції. По-перше, їх не потрібно закріплювати поруч з вікном. Такі метеостанції можна ставити де завгодно, і навіть переносити з однієї кімнати в іншу. Датчик же буде спокійно висіти в попередньо встановленому місці. По-друге, до бездротових метеостанцій можна підключати будь-яку кількість датчиків. І це теж зручно. Датчики можна розмістити в різних місцях, і кожен з них буде передавати дані на метеостанцію. Ви ж будете бачити всю інформацію на дисплеї пристрою. Єдиний нюанс, який треба враховувати в даному випадку – радіус дії датчиків. Тобто, на якій відстані

від метеостанції їх можна встановлювати. Як правило, цей параметр варіюється в межах від 30 до 100 м. І все, що тут потрібно – просто вибрати модель з оптимальним радіусом дії.

Для вирішення нашого завдання було обрано професійну метеостанцію Ecowitt USA WS2910 з бездротовою передачею інформації, сонячними батареями, Wi-Fi модулем (зображена на рис. 3.2.).



Рисунок 3.2. Метеостанція Ecowitt WS2910

Метеостанція WS2910 - офіційна Wi-Fi метеостанція американського бренду Ecowitt з бездротовим модулем 7-в-1. Надійна та автономна (живлення датчиків від сонячної батареї та через акумулятор) погодна станція з Wi-Fi модулем, який дозволяє працювати безпосередньо з хмарними погодними сервісами (wunderground.com, ecowitt.net та інші), сумісна с іншими додатками. Є можливість зареєструвати станцію на сайті та отримувати дані в режимі реального часу через смартфон, ПК, планшет.

Погодна станція WH-2900С обладнана всіма необхідними датчиками для оцінки швидкості вітру, напрямку вітру, температури та відносної вологості, кількості світла, атмосферного тиску, кількості опадів.

База метеостанції приймає дані з датчиків радіоканалу на частоті 433 МГц і повинна знаходитися в радіусі 100 метрів від них. Метеостанція зберігає базу даних параметрів і прогнозує зміни погоди.

Блок-датчиків поставляється у зібраному вигляді, у комплекті є набір металевих кріплень для встановлення на щоглу. Живлення датчиків здійснюється за допомогою сонячних батарей через накопичувачі. База метеостанції може працювати від мережі 220В, і від батарейок. З технічними характеристиками метеостанції можна ознайомитись у табл. 3.1.

Таблиця 3.1.

Технічні характеристики метеостанції Ecowitt WS2910

Характеристика	Значення
Вимірювання температури повітря на вулиці	від -40 до +60 °С
Вимірювання температури повітря у приміщенні	від -10 до +60 °С
Вимірювання відносної вологості повітря (in, out)	від 10 до 99% RH
Вимір опадів	від 0 до 9999 мм
Вимір освітленості	до 200 000 люксів
Швидкість вітру	до 50 метрів за секунду
Атмосферний тиск	від 700 до 1100 гПа
Визначення напрямку вітру	так
Прогноз погоди	так
Бездротова передача даних	до 100 метрів
Wi-Fi модуль	так

## Сонячні панелі

У системі електропостачання приватного будинку передбачено використання 35 полікристалічних фотомодулей QSolar QS-260W потужністю 260 Вт. Їх розміщення передбачено на південному схилі даху. Спосіб кріплення відтворено на рис. 3.3.



Рисунок 3.3. Спосіб кріплення сонячних панелей

Сонячна батарея JA Solar JAP6 60/260W poly потужністю 260 Вт складається з фотоелементів, виготовлених з полікристалічного кремнію. Сонячні фотомодулі JA Solar проходять велику кількість перевірок і тестів перед тим, як потраплять у продаж, тести включають інфрачервоне сканування, тест на заморожування - відтавання, теплове тестування, тест на проникнення вологи.

Сонячна панель JA Solar JAP6 60/260W poly має номінальну напругу 24 В, тому таку панель зручно використовувати в малопотужних і потужних фотоелектричних системах. Корпус фотомодуля виготовлено з міцного анодованого алюмінію, а поверхня осередків захищена міцним загартованого склом структурованої будови. Така будова скла забезпечує високу міцність конструкції, поверхня скла поширює сонячні промені рівномірно по всій площі фотомодуля.

Стандартні полікристалічні модулі JAP 3ВВ мають високу опірність механічним навантаженням, виняткову ефективність навіть за умови низької

освітленості. Кожен модуль оснащений спеціальним покриттям антибліку загартованого скла підвищеної міцності з технологією захисту від забруднень. Технічні характеристики модулів наведені в табл. 3.2.

Таблиця 3.2.

Технічні характеристики сонячної панелі JA Solar JAP6 60/260W poly

Характеристика	Значення
Напруга постійного струму, В	24
Номінальна потужність сонячної батареї, Вт	260
Тип фотомодуля	Полікристалічний
Мінімальна робоча температура, град.	-40.0
Максимальна робоча температура, град	+85.0
ККД	не менше 15,9%
Вага, кг	18,2
Розміри (довжина, ширина, висота), мм	1650x991x40

Зважаючи на все вище зазначене, можна прогнозувати вироблення сонячними панелями електроенергії у кількості біля 8 кВт на годину. Адже маємо 35 панелей з номінальною потужністю в 260 Вт. Проте маємо розуміти, що сонячні модулі виробляють 80-90% електроенергії від номінальної, тобто, наша панель потужність 260 Вт даватиме 230-250 Вт. Це пов'язано із погодними умовами та іншими факторами, які впливають на продуктивність панелей, такі як бруд, затінення, втрати у проводах, електричному ланцюзі сонячної електростанції, контролерах, інверторах. Тому для обчислення доцільно взяти менше значення:  $240 \times 35 = 8400 \text{ Вт} = 8,4 \text{ кВт} \cdot \text{год}$ .

Також у розрахунках важливо врахувати тривалість світлового дня. За світловий день сонце світить з різною інтенсивністю, але в сумі вона дає таку ж кількість енергії, як якби воно світило 5 годин з максимальною інтенсивністю. Саме пікові години сонячного саява використовуються в розрахунках сонячних енергетичних установок. З огляду на це, ми можемо визначити середнє значення

кількості виробленої за рахунок роботи сонячних панелей електроенергії на день. Цей показник буде дорівнювати  $8,4 \times 5 = 42$  кВт · год. Зважаючи, потребу споживання електроенергії в 40 кВт · год на день, у такий спосіб можна задовільнити споживацьку потребу на всі 100%.

Для перевірки можна використати й інший спосіб обчислення.

Для розрахунку вироблення енергії за день для 35 сонячних панелей JA Solar JAP6 60/260W poly, використаємо наступну формулу:

Енергія за день (кВт · год) = Кількість панелей × Площа панелі (кв. м) × Середня сонячна радіація (кВт-год/м<sup>2</sup>/день) × Коефіцієнт ефективності

Розрахунок виконаємо за такими даними:

Кількість панелей: 35 штук

Площа однієї панелі: 1.6 м<sup>2</sup>

Середня сонячна радіація: 5 кВт · год/м<sup>2</sup>/день

Коефіцієнт ефективності: 0.15

Енергія за день =  $35 \times 1.6 \times 5 \times 0.15 = 42$  кВт · год

Зважаючи на ці обрахунки, результати схожі, адже споживацька потреба електроенергії в 40 кВт · год на день задовольняється на всі 100%.

### **Вітрогенератор**

Частина електроенергії, необхідної для будинку протягом місяця, має бути забезпечена за рахунок вітрогенератора. При витраті електроенергії 1200 кВт · год на місяць середнє щогодинне споживання електроенергії складає 1660 Вт · год. Швидкість заряду акумуляторних батарей вітрогенератором повинна бути не меншою.

У Київській області середньорічна швидкість вітру невисока. Для того щоб за цих умов забезпечити заряд акумуляторних батарей генератором зі швидкістю 1660 Вт · год та враховуючи використання ще одного джерела енергії (сонячних модулів) для електроживлення об'єкту доцільним буде встановлення вітрогенератора з номінальною потужністю, не меншою від розрахованого значення середнього щогодинного споживання. Для перетворення енергії вітру в електричну енергію постійного струму напругою 24 або 48 В для заряду

аккумуляторних батарей використовується вітрогенератор Fortis Montana з встановленою потужністю 5 кВт Спосіб монтажу подано на рис. 3.3.



Рисунок 3.3. Спосіб монтажу вітрогенератора Fortis Montana

Докладна інформація про технічні характеристики даного вітрогенератора подана в табл. 3.3.

Таблиця 3.3.

Технічні характеристики вітрогенератора Fortis Montana

Характеристика	Значення
Номінальна потужність, кВт	5
Вихідна напруга, В	380/220
Стартова швидкість вітру, м/с	2,5
Номінальна швидкість вітру, м/с	12
Діаметр ротора, м	5
Площа ротора, м <sup>2</sup>	19,6
Орієнтація за вітром	за допомогою кіля
Витримує вітер до, м/с	60
Температурний режим, градуси Цельсія	Від -40 до +50
Середня ефективність, відсотки	25

За обрахунками річне вироблення електроенергії вітрогенератором Fortis Montana, який встановлено на щоглі висотою 30 м, складає біля 3500 кВт · год, середньодобове — 9,5 кВт · год, середньомісячне — 285,12 кВт · год. Виходить, що за сприятливих умов даний вітрогенератор здатен забезпечити 23% потреб в споживанні електроенергії для обраного нами приватного будинку (на місяць необхідно біля 1200 кВт · год).

### **Гібридний контролер**

Для забезпечення ефективної роботи та запобігання аварійних режимів заряду акумуляторних батарей потрібен спеціальний пристрій - контролер. Контролер заряду - це пристрій, який автоматично регулює рівень струму і напруги від джерела (наприклад, сонячних батарей або вітрових турбін) для забезпечення заряду акумуляторних батарей, таким чином оберігаючи акумулятори від пошкоджень.

Контролер являє собою електронний пристрій з вбудованим конвертором постійного струму DC/DC, який оптимізує параметри енергії між джерелами відновлювальної енергії і акумуляторними батареями. Простіше кажучи, він перетворює високу вихідну напругу постійного струму від сонячних батарей або вітряних турбін до низької напруги, необхідного для зарядки акумуляторних батарей.

Для даної системи обрано MPPT Wind 1000W/ Solar 1000W - автоматичний гібридний контролер заряду 24/48 В з резистором скидання навантаження (рис. 3.4.).





Рисунок 3.4. Гібридний контролер MPPT Wind 1000W/ Solar 1000W

Цей продукт є інтелектуальним контролером, який поєднує в собі управління сонячною енергією і управління енергією вітру. Він призначений для невеликої гібридної системи «сонце – вітер». Він може одночасно керувати вітряними турбінами та сонячними панелями, забезпечуючи безпечну та ефективну зарядку акумулятора. Має приємний зовнішній вигляд, просту структуру, широкий функціонал та зручне керування. Основні технічні характеристики зазначені в табл. 3.4.

Таблиця 3.4.

Технічні характеристики контролера MPPT Wind 1000W/ Solar 1000W

Характеристика	Значення
Номінальна напруга В	24 /48
Номінальна потужність вітру Вт	100-1000
Номінальна фотоелектрична потужність Вт	100-1000
Струм холостого ходу (постійний струм) А	$\leq 0,05$
Режим живлення контролера	Батарея або Сонячна
Вага кг	2,35
Розміри (довжина, ширина, висота) мм	167x145,5x61,8

Схема підключення гібридного контролера до сонячних панелей, вітрогенератора, акумуляторів подана на рис. 3.5.

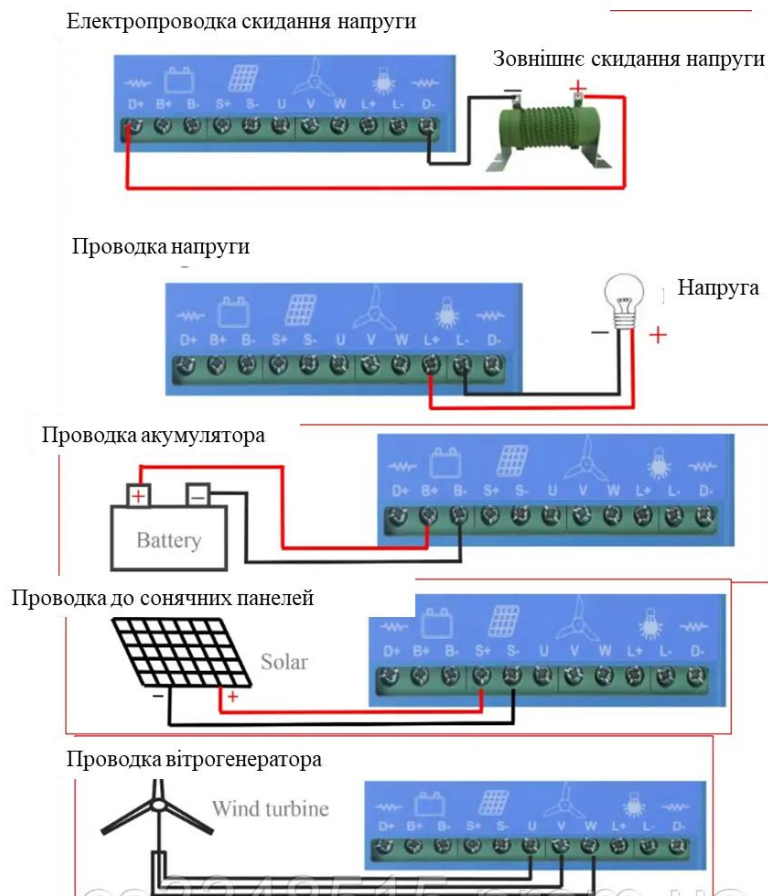


Рисунок 3.5. Схема підключення MPPT Wind 1000W/ Solar 1000W

Також в моделі обраного гібридного контролера для безпечної роботи та обслуговування передбачені різні типи захисту:

- захист від зворотного заряджання сонячної енергії;
- захист від обриву ланцюга акумулятора;
- захист від зворотного підключення акумулятора;
- автоматичний захист від перевантаження струмом і перенапругою;
- захист від гальма;
- захист від перевантаження тощо.

Додатковою перевагою гібридного контролера MPPT Wind 1000W/ Solar 1000W є можливість керування по Bluetooth через мобільний додаток, що має широкий функціонал. Робочий екран додатку подано на рис. 3.6.



Рисунок 3.6. Екран мобільного додатку для керування контролером MPPT Wind 1000W/ Solar 1000W

## Інвертор

Для збільшення вихідної потужності необхідно встановити інвертор – пристрій, що перетворює постійний струм на змінний. Часто інвертори використовують власники приватних домоволодінь, дач, промислових об'єктів. Інвертори перетворюють струм від акумуляторів на змінний один фазний або трифазний - 220В, 320В, 50Гц. З їхньою допомогою забезпечується безперебійне електроживлення,

Пропонуємо використати інвертор Axpert KS-5K, який забезпечує постійне навантаження 4 кВт і короточасне навантаження (до 5 с) 8 кВт. Для збільшення гранично допустимої короточасної напруги можна використовувати паралельне з'єднання кількох пристроїв. Наприклад, якщо з'єднати 3 таких інвертора, то отримаємо гранично допустиму короточасну напругу в 24 кВт. З технічними характеристиками даного інвертора можна ознайомитись в табл. 3.5.

## Технічні характеристики інвертора Ахpert Аbi-Solar KS-5K

Характеристика	Значення
Номінальна потужність, кВт	5 /4
Форма вихідної напруги	чиста синусоїда
Вихідна напруга, В	230 ± 5 %
Вихідна частота, Гц	50
Напруга постійного струму, В	48
Споживання без навантаження, Вт	< 50
Струм, що споживає інвертор, А	20
Напруга акумуляторної батареї, В	48
Розміри, мм	120 × 295 × 468

**Акумулятори**

Акумулятор – це пристрій, в якому нагромаджується енергія.

Для зменшення ризику пошкодження інвертора використовуються свинцево-кислотні акумуляторні батареї глибокого розряду. Ємність акумуляторної батареї для системи складає 100 А · год. Для забезпечення безперебійного електропостачання встановлено систему акумуляторів Ventura GPL12-100 із 4 штук, характеристики яких наведені в табл. 3.6. Для з'єднання акумуляторів в батареї застосовано послідовно-паралельний тип з'єднання, тобто такий, що збільшує як ємність, так і напругу акумуляторів.

## Характеристики акумуляторної батареї Ventura GPL12-100

Характеристика	Значення
Номінальна напруга, В	12
Ємність, А · год	100
Максимальний зарядний струм, А	19,5
Напруга циклічного заряду, В	14,5-14,9
Напруга буферного заряду, В	13,6-13,8
Максимальний розрядний струм (5 с), А	650
Габаритні розміри, мм	330x172x224
Вага, кг	29,6

**Автомат введення резерву**

АВР - це скорочення від «Автоматичне Введення Резерву». Це технологічний процес, який передбачає автоматичну активацію резервних систем, пристроїв або ресурсів в разі відмови основних елементів або систем. АВР має на меті забезпечити неперервну роботу системи, уникнути перерв у подачі послуг, продуктивності або комфорту та мінімізувати можливі негативні наслідки внаслідок відмов або непередбачених ситуацій.

АВР — пристрій, призначений для автоматичного перемикання споживача на резервне джерело електропостачання у разі відключення основного. Має не менше двох входів живлення: один основний (від якого постійно працює навантаження) та один чи більше — резервні. АВР спрямований на підвищення надійності системи електропостачання.

АВР повинен виконувати переключення на резервний ввід за мінімально можливий час після відключення робочого джерела енергії.

В нашому випадку АВР вмикатиметься за умови неможливості забезпечення електроенергією приватного будинку за рахунок відновлювальних джерел

(сонячних панелей, вітрових турбін) та при нульовому ресурсі акумуляторів. За таких умов відбудуватиметься автоматичний перехід на стандартну електромережу, що підведена до приватного будинку.

Прикладом такого АВР може бути модель CNC YCQ4-100E 100A/2P, зображена на рис. 3.7.



Рисунок 3.7. Автомат введення резерву CNC YCQ4-100E 100A/2P

Пристрій YCQ4-100 призначений для ручного та автоматичного перемикання джерела живлення електричних мереж змінного струму номінальною величиною до 100А, частотою 50/60Гц, номінальною напругою до 400В.

Подібний перемикач навантаження здійснює перемикання між двома лініями живлення (без нульового положення), а також може працювати в якості пристрою автоматичного введення резерву.

Автомат введення резерву відстежує стан енергомережі приватного будинку і при виявленні неполадок перемикає мережу на резервне джерело живлення, завдяки чому забезпечується безперебійна робота електроприладів. Виріб спеціально розроблений для встановлення в побутові розподільні коробки типу Pz30. Автомат призначений для енергосистем із частотою 50/60 Гц та напругою живлення до 400 В АС. Виріб відрізняється надійною конструкцією та може

керуватись як в автоматичному, так і в ручному режимі. Технічні характеристики приладу подано в табл. 3.7.

Таблиця 3.7.

Технічні характеристики АВР CNC YCQ4-100E 100A/2P

Характеристика	Значення
Номінальний струм А	100
Частота Гц	50/60
Номінальна напруга В	400
Номінальна імпульс. напруга кВт	8
Час перемикання мс	50
Маса кг	2,6

### **Лічильник**

Лічильники – це пристрої, що використовуються для організації обліку електричної енергії. Лічильники також можуть використовуватися в автоматизованих системах контролю і обліку електроенергії (АСКОЕ).

Принцип роботи лічильників заснований на аналого-цифровому перетворенні електричних сигналів, що надходять від первинних перетворювачів напруги та сили струму, подальшому обчисленні потужності та інтегруванні її за часом. Лічильники забезпечують вимірювання, вивід по інтерфейсних каналах і зберігання у внутрішній енергонезалежній пам'яті параметрів обліку електроенергії. Конструкція лічильників забезпечує можливість передавання вимірної інформації через оптичний порт або електричний інтерфейс RS-485.

Цікавим рішенням є смарт-лічильники, або ж інтелектуальні лічильники, виготовлені з сучасних електронних компонентів і не мають механічних рухомих деталей. Вони відрізняються від звичайних лічильників більшою функціональністю, адже не лише фіксують кількість спожитої електроенергії, але також виконують низку інших корисних функцій:

- передача показників: (можуть автоматично передавати дані про спожиту електроенергію);
- зонний облік (вимірюють споживану електроенергію в різний час доби, дозволяючи заощадити кошти);
- моніторинг параметрів мережі (вимірюють напругу та інші параметри мережі);
- захист від напругових коливань;
- сповіщення про аварії (можуть автоматично сповіщати енергокомпанії про аварійні ситуації в електромережі);
- інформація для споживачів (можуть відображати інформацію про заборгованість та інше на екрані);
- зберігання даних (можуть зберігати дані для подальшого аналізу).

Прикладом такого лічильника може бути модель серії Альфа Сمارт AS3000. Його зображення представлено на рис. 3.8.



Рисунок 3.8. Лічильник електроенергії АЛЬФА СМАРТ AS3000



Лічильники електричної енергії трифазні багатофункціональні Альфа Сمارт AS3000 трансформаторного або безпосереднього включення призначені для обліку активної і реактивної енергії в ланцюгах змінного струму, зберігання в профілі навантаження даних про енергоспоживання і виміряних параметрах мережі, а також для передачі виміряних або розрахованих параметрів при використанні в складі автоматизованих систем контролю та обліку електроенергії (АСКОЕ) на диспетчерський пункт з контролю, обліку і розподілу електричної енергії. З технічними характеристиками даного лічильника можна ознайомитись в таблиці 3.8.

Таблиця 3.8.

Технічні характеристики лічильника АЛЬФА СМАРТ AS3000

Характеристики	Значення
Номінальні напруги В	3x58/100; 3x230/400
Номінальна частота мережі Гц	50
Номінальні (максимальні) струми, А	5(6), 5(10), 5(100), 5(120), 10(100), 10(120)
Кількість тарифних зон	4
Кількість сезонів	4
Кількість типів днів	4
Збереження даних в пам'яті, роки	30
Самодіагностика	Так
Маса, кг	1,5
Розміри, мм	284,2x170,9x75,3

Для побудови систем АСКОЕ на базі лічильників Альфа AS3000 можуть бути використані різні типи зв'язку з лічильником: цифрові інтерфейси RS-232 або RS-485, імпульсні канали, а також вбудовані модулі комунікації: GSM / GPRS-модем, PLC-модем, RF модуль, Ethernet модуль.

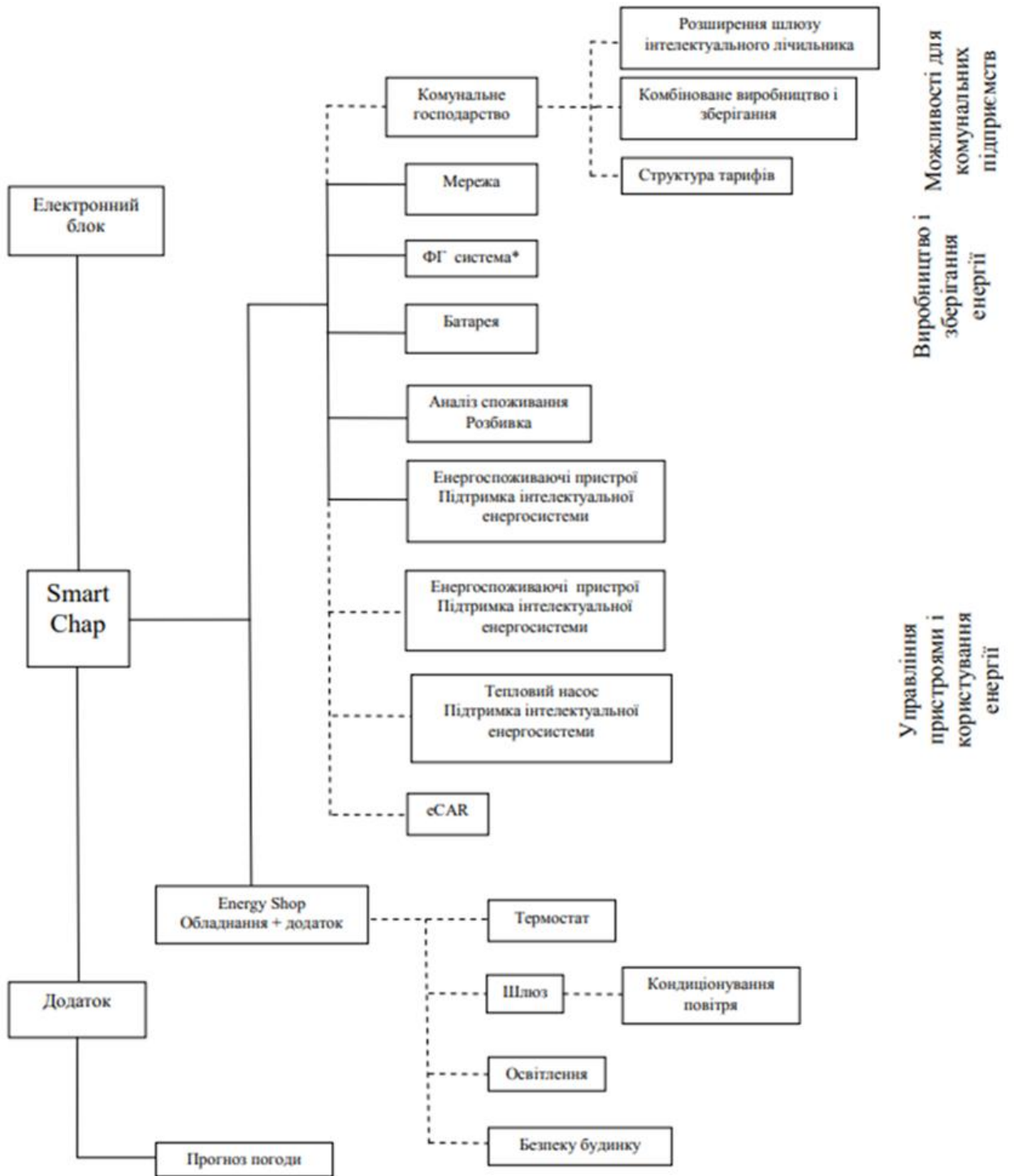
При застосуванні цифрових інтерфейсів вдається більш повно використовувати функціональні можливості лічильника для отримання інформації про облік електроенергії, параметри мережі, про процес експлуатації, результати самодіагностики, а також для управління навантаженням. Цифрові інтерфейси можуть використовуватися і в разі підвищених вимог до достовірності переданої або прийнятої інформації, оскільки протокол обміну лічильника Альфа AS3000 передбачає видачу підтвердження про правильність прийнятої або переданої інформації. Ця особливість дозволяє створювати надійні системи АСКОЕ, де лічильники є одним з головних елементів. Лічильник Альфа AS3000 крім обліку електроенергії має розширені функціональні можливості в частині вимірювання параметрів електричної мережі, проведення тестів параметрів мережі, ведення графіків по параметрам мережі.

### **3.4 Інтеграція з комп'ютеризованою модульною системою управління «Smart Char»**

Для ефективного функціонування автоматизованої системи енергозабезпечення приватного будинку потрібно усі процеси підпорядкувати роботі єдиного керуючого блоку. Зокрема одним із вже існуючих технологічних рішень може бути комп'ютеризована система «Smart Char» від Sharp.

«Smart Char» - це модульна система електроенергетики, спроектована для максимізації домашнього споживання сонячної енергії та ефективного управління електричним обладнанням будинку [10].

Базова конфігурація системи складається з керуючого блоку, фотогальванічної системи, батареї зберігання енергії, інвертора і вимірювача споживання. Центральна частина системи - керуючий блок, який координує всі компоненти. Зі структурою системи «Smart Char» можна ознайомитись на рис. 3.9.



### Рисунок 3.9. Система «Smart Chap»

Зважаючи на подібність структурних компонентів розробленої автоматизованої системи та комп'ютеризованої системи «Smart Chap» можна інтегрувати вже розроблений додаток до умов конкретного приватного будинку.

Інтеграція автоматизованої системи енергозабезпечення з комп'ютеризованою модульною системою управління "Smart Chap" може значно полегшити управління енергетичними процесами у приватному будинку. Ось деякі можливі аспекти інтеграції:

1) Віддалене управління: Інтеграція дозволить вам віддалено керувати різними аспектами системи енергозабезпечення через мобільний додаток або веб-інтерфейс "Smart Chap". Наприклад, ви зможете змінювати температуру в приміщеннях, включати або вимикати освітлення, а також керувати енергозберігаючими режимами.

2) Моніторинг споживання енергії: Система "Smart Chap" може інтегрувати в себе дані зі сенсорів та лічильників, що вимірюють споживання електроенергії та води. Це дозволить вам переглядати статистику споживання енергії, а також аналізувати звіти щодо витрат. Наприклад: скільки електроенергії в даний час виробляє сонячна система на даху, стан заряду акумулятора і поточні потреби в енергії будинку. Всі ці дані зберігаються і згодом можуть бути представлені на графіках для оцінки конкретних періодів.

3) Оптимізація енергоефективності: "Smart Chap" може використовувати дані про споживання енергії для автоматичного підлаштування роботи систем енергозабезпечення з метою зменшення витрат. Наприклад, система може автоматично регулювати температуру в приміщеннях або визначати носії, що споживають найбільшу кількість енергії, обирати для них різний час споживання, щоб перерозподіляти навантаження на цілісну мережу. Функція прогнозу погоди також інтегрована в додаток. Вона використовується для контролю використання електроприладів, наприклад, для автоматичного включення пральної машини або бойлеру, якщо сонце світить.

4) Інтеграція з іншими системами: "Smart Chap" може бути інтегрована з іншими домашніми системами, такими як системи безпеки, освітлення та аудіо-відео. Це дозволить створити повністю інтегровану систему "розумного будинку", яка забезпечить максимальний комфорт та безпеку для мешканців. Наприклад "Smart Chap" може надсилати сповіщення в разі виникнення аварійних ситуацій, таких як перевищення споживання енергії або виявлення прориву водогону. Це дозволить оперативно реагувати на потенційно небезпечні ситуації.

5) Модульний підхід дозволяє використовувати окремі компоненти і управляти підключеними пристроями. Це означає, що рішення підходить як для нових фотоелектричних установок, так і для систем, які вже встановлені. Більш того в майбутньому вона може бути сумісною з енергогенеруючими системами інших виробників.

6) Екологічність. За запитом споживача є можливість контролювати всі встановлені системи через центр інсталлятора. Виробництво чистої енергії, запобігання викидів CO<sub>2</sub> і зниження енергоспоживання - ось лише деякі з переваг для кінцевого споживача. Користувач може зробити активний внесок в енергетичний перехід і забезпечити збереження планети в хорошому стані для майбутніх поколінь.

Інтеграція з системою "Smart Chap" може покращити ефективність та зручність управління системою енергозабезпечення приватного будинку, дозволяючи вам ефективніше використовувати енергію та знижувати витрати.

Це поєднання забезпечить ефективне функціонування системи енергозабезпечення. Зрозуміло, що завдяки такому ефективному впровадженню сучасних комп'ютеризованих технологій енергетична система перейде на інший рівень використання будь-якого виду відновлювальної енергії, як у будинку так і у будь якій іншій організації.

**РОЗДІЛ 4**  
**ЕФЕКТИВНІСТЬ ТА ШЛЯХИ ОПТИМІЗАЦІЇ**  
**РОЗРОБЛЕНОЇ СИСТЕМИ**

**4.1 Розрахунки по визначенню потенційних можливостей з вироблення електроенергії даною системою за різних погодних умов**

Для визначення потенційних можливостей автономної гібридної системи «сонце-вітер», взятої за основу розробки автоматизованої системи енергозабезпечення прототипу приватного будинку пропонується взяти два дні різних пір року з характерними для Київської області погодними умовами. Дані по цих днях представлені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1.

Дані погодних умов

Характеристики	15 липня	15 січня
Температура повітря вночі	+18°C	-5°C
Температура повітря вдень	+28°C	-2°C
Хмарність	Сонячно	Хмарно з проясненням
Тривалість дня	16 год.	8,5 год.
Опади	Без опадів	Без опадів
Вологість повітря	40%	80%
Атмосферний тиск	755 мм.рт.ст.	745 мм.рт.ст.
Середньодобова швидкість вітру	1 м/с	7 м/с

Кафедра АКСУ				ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА			
Виконав	Резніченко Д.О.			<b>РОЗДІЛ 4</b> <b>ЕФЕКТИВНІСТЬ ТА</b> <b>ШЛЯХИ ОПТИМІЗАЦІЇ</b> <b>РОЗРОБЛЕНОЇ</b> <b>СИСТЕМИ</b>			Аркушів
Керівник	Кирпач Л.А.						60
Н-контр.	Дивнич М.П.				СУ 403Б		
Зав.каф.	Мельник Ю.В.						

Для визначення реальних даних змодельовано роботу сонячних панелей JA Solar JAP6 60/260W poly у кількості 35 штук та вітрогенератора Fortis Montana 5кВт.

### **Сонячні панелі**

#### **15 липня**

Для розрахунку виробленої енергії у сонячний день спочатку потрібно врахувати потужність всіх сонячних панелей, а потім використати дані про кліматичні умови для оцінки їх ефективності.

Потужність сонячних панелей:

Кількість панелей: 35

Потужність однієї панелі: 260 Вт

Загальна потужність:  $35 \times 260 \text{ Вт} = 9100 \text{ Вт}$

Проте, це стандартна ефективність панелей, яка визначається в ідеальних умовах. Оцінка ефективності сонячних панелей за умов характерних для 15 липня буде іншою.

Температура оточуючого середовища може впливати на ефективність сонячних панелей за кількома причинами. Зазвичай зі збільшенням температури підвищується опір провідників у панелях, що може призвести до зниження вироблення енергії. Коли температура піднімається, видається, що збільшення температури відбувається з підвищенням випромінювання з боку сонця. Однак, це спричиняє збільшення температури самих панелей, що в свою чергу може знизити ефективність панелей. Отже, при +28 градусах Цельсія можна очікувати, що ефективність сонячних панелей може зменшитися, але неістотно, на кілька відсотків, оскільки у характеристиках сонячних панелей JA Solar JAP6 60/260W poly зазначена максимальна робоча температура + 85 градусів Цельсія.

Низька вологість, відсутність опадів, чисте безхмарне небо, мала сила вітру – все ці фактори не заважають, а навпаки сприяють найкращій роботі сонячних модулів.

Проте варто зважати, що якщо тривалість світлового дня становить 16 годин, не всі ці години є однаково підходящими для роботи сонячних панелей.

Оптимальний період для вироблення енергії сонячними панелями - це час, коли сонце знаходиться високо на небі та прямо падає на панелі. У залежності від розташування і орієнтації сонячних панелей, оптимальний час може трохи відрізнятись. Основні фактори, які впливають на оптимальний час для роботи сонячних панелей, включають орієнтацію панелей (напрямок на південь для північної півкулі), нахил панелей та наявність тіні впродовж дня. У прототипі нашого приватного будинку панелі розташовані саме на південному схилі даху.

Зазвичай найбільш ефективними годинами для роботи сонячних панелей є години від 9 ранку до 4 вечора, коли сонце перебуває найвище на небі та прямо падає на панелі. Таким чином, при 16-годинному світловому дні, можна очікувати, що близько 7 годин цього часу буде оптимальними для вироблення енергії сонячними панелями.

Врахувавши наведену вище інформацію, проведемо розрахунок.

Кількість панелей: 35

Потужність однієї панелі: 247 Вт (зменшимо на 5%)

Загальна потужність:  $35 \times 255 \text{ Вт} = 8645 \text{ Вт}$

Час: 7 годин

Енергія = Потужність  $\times$  Час

Енергія =  $8645 \text{ Вт} \times 7 \text{ год} = 60515 \text{ Вт} \cdot \text{год} = 60,515 \text{ кВт} \cdot \text{год}$

Отже за сприятливих умов звичайного літнього дня (15 липня) з характерними погодними умовами потенційно можливо виробити електроенергії у кількості  $60,515 \text{ кВт} \cdot \text{год}$  при заявленій споживацькій потребі у  $40 \text{ кВт} \cdot \text{год}$  на добу. Це становить 151%, тож маємо вагомий надлишок.

### **15 січня**

Оцінка ефективності сонячних панелей за умов характерних для 15 січня буде іншою.

Зазвичай зниження температури може покращити ефективність сонячних панелей, оскільки при низьких температурах зменшується опір матеріалів у панелях, що може призвести до збільшення електричного струму, а, отже, і до збільшення вироблення енергії. У характеристиках сонячних панелей JA Solar



JAP6 60/260W poly зазначена мінімальна робоча температура -40 градусів Цельсія. У нашому випадку, зниження температури до -2 градусів Цельсія може сприяти підвищенню ефективності сонячних панелей.

Змінна хмарність має значний вплив на роботу сонячних панелей, оскільки хмари здатні зменшувати кількість сонячного світла, яке досягає панелей. Хмари фільтрують сонячне світло, що проходить через них. Чим більше хмар, тим менше сонячної радіації досягає панелей, що призводить до зменшення вироблення енергії. Також хмари можуть швидко пересуватися по небу, змінюючи рівень освітленості над сонячними панелями. Це може викликати коливання у виробленні енергії, що може ускладнити планування використання сонячної енергії. Хмари можуть також створювати тінь, яка падає на сонячні панелі. Це може призводити до тимчасового зниження вироблення енергії, особливо якщо хмари рухаються швидко або коливаються великою інтенсивністю.

У залежності від інтенсивності хмарності та часу, коли хмари перебувають над панелями, ефективність сонячних панелей може значно коливатися. Тому потужність сонячних панелей може знижуватись на 10%, а подекуди й на 20%.

Тривалість світлового дня в зимовий період дуже коротка порівняно з літнім. Звичайно, основна частина цього часу, коли сонячні панелі можуть ефективно працювати, - це час, коли сонце знаходиться високо на небі і прямо падає на панелі.

За тривалості світлового дня 8,5 годин, можна припустити, що підходящий час для роботи сонячних панелей буде становити близько 3-4 годин.

Вітер (7 м/с) може також спричинити теплові втрати з поверхні панелей, знижуючи їх ефективність. Також вітер може підняти пил та інші забруднення, які можуть осісти на поверхні сонячних панелей, зменшуючи проникнення сонячного світла та, відповідно, ефективність панелей.

Враховавши наведену вище інформацію, проведемо розрахунок.

Кількість панелей: 35

Потужність однієї панелі: 208 Вт (зменшимо на 20%)

Загальна потужність:  $35 \times 208 \text{ Вт} = 7280 \text{ Вт}$

Час: 3,5 години

Енергія = Потужність × Час

Енергія = 7280 Вт × 3,5 год = 25480 Вт · год = 25,480 кВт · год

Отже звичайного зимового дня (15 січня) з характерними погодними умовами потенційно можливо виробити електроенергії у кількості 25,480 кВт · год при заявленій споживацькій потребі у 40 кВт · год на добу. Це становить 63,7%, тож маємо недостачу, яку можливо поповнити за рахунок іншого відновлювального джерела енергії – вітрогенератора.

### **Вітрогенератор**

#### **15 липня**

У технічних характеристиках вітрогенератора Fortis Montana зазначено, що стартова швидкість вітру для даної моделі становить 2,5 м/с. Оскільки обраного літнього дня (15 липня) вітру майже не було, точніше його швидкість становила 1 м/с, то за таких погодних умов використовувати вітрогенератор недоцільно, тому й розрахунки проводити немає сенсу.

#### **15 січня**

Для розрахунку енергії, яку виробить вітрогенератор Fortis Montana в обраний зимовий день (15 січня), потрібно знати такі дані, як потужність вітрогенератора, швидкість вітру, площу ротора, коефіцієнт ефективності вітрогенератора. З технічних характеристик ми маємо цю інформацію, тож можемо провести обчислення.

Дані для розрахунків

Потужність вітрогенератора: 5кВт

Ефективність вітрогенератора: 25%

Швидкість вітру: 7 м/с

Площа ротора: 19,6 м<sup>2</sup>

Тепер використовуючи формулу, можемо розрахувати вироблену потужність.

$P = 0,5 \times \rho \times A \times v^3$ , де P - потужність,  $\rho$  - густина повітря, A - площа, обслуговувана вітрогенератором, v - швидкість вітру.

Оскільки у нас немає конкретних даних щодо густини повітря, ми можемо припустити, що вона залишається сталою та використовувати її для обчислення.

Приблизна густина повітря  $\approx 1,225 \text{ кг/м}^3$

$$P = 0,5 \times 1,225 \text{ кг/м}^3 \times 19,6 \text{ м}^2 \times (7 \text{ м/с})^3$$

$$P = 0,5 \times 1,225 \times 19,6 \times 343$$

$$P = 4117,72 \text{ Вт}$$

Тепер, коли маємо вироблену потужність 4117,72 Вт, можемо врахувати ефективність вітрогенератора 25% і розрахувати фактичну вироблену потужність:

$$\text{Фактична вироблена потужність} = 4117,72 \text{ Вт} \times 0,25 = 1029,42875 \text{ Вт} \approx 1 \text{ кВт.}$$

Отже, за таких умов, вітрогенератор Fortis Montana з потужністю 5 кВт та швидкістю вітру 7 м/с здатний виробляти приблизно 1 кВт електроенергії за години.

Для визначення виробленої енергії за добу маємо зробити наступні розрахунки.

$$\text{Вироблена енергія за добу} = 1 \text{ кВт} \times 24 \text{ год.} = 24 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

### **Загальні результати**

З проведених розрахунків бачимо, що за зазначених погодних умов обраного зимового дня (15 січня) вітрогенератор Fortis Montana здатен виробити 24 кВт · год. При заявленій споживацькій потребі у 40 кВт · год на добу. Це становить 60%, тож маємо недостачу, яка може поповнитися за рахунок іншого відновлювального джерела енергії – сонячних панелей.

В результаті проведених обрахунків виходить, що гібридна система «сонце – вітер» за зазначених погодних умов в обраний літній день (15 липня) здатна виробити 60,515 кВт · год при заявленій споживацькій потребі у 40 кВт · год на добу. Це становить 151%, тож прототип приватного будинку потенційно забезпечується енергією на всі 100% ще й маємо вагомий надлишок.

Адже кількість енергії, виробленої у цей день сонячними панелями становить 25,480 кВт · год.

Також в результаті обрахунків виходить, що гібридна система «сонце – вітер» за зазначених погодних умов в обраний зимовий день (15 січня) може

виробити 49,48 кВт · год на добу, що при споживацькій потребі в 40 кВт · год на добу. Відповідно за рахунок сонячних панелей 25,480 кВт · год та за рахунок вітрогенератора 24 кВт · год, що забезпечує прототип приватного будинку електроенергією на 124%, тож знову таки маємо незначний надлишок.

З огляду на проведені розрахунки можна зробити висновок про ефективність використання розробленої системи управління енергозабезпеченням прототипу приватного будинку на основі гібридної системи «сонце – вітер».

## **4.2 Методи та критерії оцінки ефективності**

Оцінка ефективності розробленої автоматизованої системи енергозабезпеченням приватного будинку включає такі критерії:

- енергоефективність,
- надійність,
- безпека,
- зручність у використанні,
- економічність.

Нижче подаються методи для розкриття кожного критерію.

### **Енергоефективність**

- Оцінка споживання енергії системою порівняно з традиційними системами.
- Моніторинг використання електроенергії та інших ресурсів (наприклад, вода) з метою зменшення втрат.
- Вимірювання тепловтрат та забезпечення оптимального рівня ізоляції будівлі за рахунок використання енергозберігаючих технологій (утеплення стін, підлог, металопластикові вікна тощо).

## **Надійність**

- Аналіз частоти та тривалості відключень енергопостачання.
- Моніторинг стану обладнання та систем управління з метою попередження можливих поломок.

## **Безпека**

- Оцінка ризиків пов'язаних з пожежами, короткими замиканнями та іншими аварійними ситуаціями.
- Впровадження системи виявлення та захисту від несанкціонованого доступу.

## **Зручність у використанні**

- Оцінка простоти управління системою (наприклад, за допомогою мобільного додатку або веб-інтерфейсу).
- Моніторинг та управління системою віддалено, з будь-якого місця.

## **Економічність**

- Розрахунок витрат на встановлення та обслуговування системи порівняно з очікуваними економіями.
- Оцінка погодження вартості системи зі збільшенням комфорту та зниженням витрат на енергію.

Оцінка ефективності може вимагати спеціального обладнання для збору даних та аналізу, а також включати оцінку практичного досвіду користувачів з використання системи.

Для збору даних та аналізу ефективності автоматизованої системи енергозабезпечення приватного будинку можна використовувати різноманітне обладнання.

## **Енергоменеджментні системи (EMS)**

Ці системи зазвичай включають сенсори для вимірювання споживання електроенергії та інших ресурсів. EMS може відстежувати та аналізувати дані про споживання енергії в реальному часі та генерувати звіти для оцінки ефективності.

## **Системи моніторингу тепловтрат**

Для оцінки енергоефективності системи опалення та ізоляції будинку можна використовувати теплові камери або теплові сенсори, які дозволяють виявити місця, де втрачається тепло.

### **Системи вимірювання вітроенергії та сонячної енергії**

Якщо в будинку використовується вітроенергетична або сонячна установка, спеціальні сенсори та лічильники можуть вимірювати вироблену енергію для оцінки її ефективності.

### **Системи автоматизації та управління**

Деякі системи автоматизованого енергозабезпечення мають вбудовані сенсори та датчики, які забезпечують зворотний зв'язок із системою управління. Це дозволяє не тільки відстежувати витрати енергії, але й оптимізувати роботу системи для досягнення максимальної ефективності.

### **Системи збереження та аналізу даних**

Для зберігання та обробки даних про споживання енергії можна використовувати спеціалізовані програмні засоби або хмарні платформи, які дозволяють аналізувати великі обсяги даних для виявлення втрат та вдосконалення енергоефективності.

Використання переліченого обладнання дозволяє здійснювати об'єктивну оцінку ефективності системи енергозабезпечення та ідентифікувати можливі шляхи для її покращення.

## **4.3 Аналіз результатів та шляхи оптимізації**

Вихідними даними для розробки автоматизованої системи даного дослідження було обрано прототип двоповерхового приватного будинку, що знаходиться у Київській області та має загальну площу 100 квадратних метрів. Кількість мешканців, що проживають у ньому – 4 особи (батьки та 2 дитини). Будинок має електро- та водопостачання, каналізацію, інтернет. Усі важливі

процеси (освітлення, приготування їжі, кондиціонування повітря, обігрів приміщень, робота побутових приладів) забезпечуються за рахунок системи електроенергії. На меті стояла розробка автоматизованої системи управління енергозабезпеченням приватного будинку» на основі використання відновлювальних джерел енергії.

Проведення та аналіз відповідних розрахунків показали, що використання відновлюваних джерел енергії (в даному випадку сонячних панелей та вітрогенератора) є цілком доцільним та ефективним.

За обрахунками середньодобове вироблення електроенергії вітрогенератором Fortis Montana 5кВт, який встановлено на щоглі висотою 30 м, складає біля 9,5 кВт · год, середньомісячне — 285 кВт · год.

Показник середньодобового вироблення електроенергії сонячними панелями JA Solar JAP6 60/260W poly становить біля 45 кВт · год, при таких обсягах за місяць буде вироблено 1350 кВт · год.

Кількість електричної енергії, що виробляється гібридною системою разом становить 54,5 кВт · год на добу, 1635 кВт · год на місяць, чого цілком достатньо для електрозабезпечення та експлуатації приватного будинку, споживацькі потреби мешканців якого складають 40 кВт · год на добу, 1200 кВт · год на місяць.

Поряд з цим варто зазначити про можливості оптимізації розробленої автоматизованої системи енергозабезпеченням будинку.

Зокрема, мова йде про вироблення надлишку енергії. Місячна споживацька спроможність становить лише 1200 кВт · год, а кількість виробленої гібридною системою енергії може сягати 1635 кВт · год на місяць. У зв'язку з цим було б доцільно застосувати економічний механізм «зеленого тарифу».

«Зеленим» називається тариф, при якому держава проводить закупівлю електроенергії за підвищеною ціною у приватних осіб і організацій, які застосовують альтернативні джерела енергії. До них відносяться вітряні установки, сонячні панелі, біологічне паливо, невеликі гідроелектростанції. Власники приватних будинків мають можливість реалізовувати надлишки електроенергії, виробленої за рахунок власних альтернативних джерел. Зрозуміло, що для

реалізації цього рішення варто продумати добір додаткового обладнання та оформити все юридично.

Ще одним варіантом використання надлишку виробленої енергії може бути створення міні-станції для заправки електромобіля. Зростання популярності електромобілів спостерігається у багатьох країнах останніми роками. Це пов'язано зі збільшенням поінформованості людей про проблеми екології та необхідність переходу на екологічно чистіший вид транспорту. Існують домашні зарядні пристрої призначені для заряджання електромобілів вдома. Вони підключаються до стандартної розетки і мають потужність до 7 кВт. Такі зарядні пристрої прості у використанні і дозволяють заряджати електромобіль уночі або за відсутності власника будинку. Також у такий спосіб можна заряджати й такі сучасні транспортні засоби, як електросамокат, електроскутер тощо.

Ще однією ідеєю щодо оптимізації даної системи може бути заміна резервного джерела енергії (в даному випадку стандартна електрична мережа) на ще один вид відновлювальної енергії. Наприклад, на біогенератор. Останнім часом існує великий попит на таке обладнання, що працює на біопаливі. Цей вид палива виготовляється з рослинної чи тваринної сировини, промислових відходів, продуктів життєдіяльності людини. Це джерело енергії відрізняється мобільністю, невисокою вартістю та екологічною чистотою, тому його все частіше використовують для побутових енергетичних потреб. У такий спосіб розроблена автоматизована система енергозабезпечення приватного будинку мала б повне автономне живлення і була б повністю незалежною.



## ВИСНОВКИ

У результаті проведеного дослідження та виконання роботи:

- вивчено та проаналізовано теоретичні аспекти систем управління енергозабезпеченням, виокремлено основні принципи автоматизації цього процесу;

- зроблено огляд різних відновлювальних джерел енергії та існуючих сучасних технологій, що використовуються для енергозабезпечення приватних будинків;

- досліджено та визначено споживацькі потреби та вимоги для автоматизованої системи управління енергозабезпеченням прототипу приватного будинку;

- при виборі оптимальної схеми електрозабезпечення прототипу будинку визнано найбільш доцільним використання гібридної системи «сонце—вітер», адже комбінування різних джерел відновлюваної енергії дозволяє створити систему електропостачання, яка задовольняє вимогам потужності, часу безперебійної роботи та вартості;

- визначено функціональні вимоги до системи та здійснено вибір необхідного та найбільш ефективного апаратного обладнання та програмного забезпечення, що буде доцільним для використання в системі електрозабезпечення прототипу приватного будинку;

- розроблено автоматизовану систему управління енергозабезпеченням прототипу приватного будинку на основі відновлювальних джерел енергії;

- досліджено можливості інтеграції автоматизованої системи з комп'ютеризованою модульною системою управління «Smart Chap»;

- виокремлені методи та критерії оцінки ефективності розробленої системи;

- проаналізовані очікувані результати та проведені відповідні розрахунки, які підтвердили, що кількості електричної енергії виробленої сонячними панелями JA Solar JAP6 60/260W poly та вітрогенератором Fortis Montana 5кВт цілком

достатньо для електрозабезпечення та експлуатації прототипу приватного будинку;

- розроблені шляхи оптимізації даної системи.

Зважаючи на все вище зазначене, можна зробити висновок про доцільність впровадження даної розробки у широкий загал. У реаліях сьогодення та й в майбутньому запити на розробку спеціальних автоматизованих систем управління енергозабезпеченням конкретного будинку, що створюються із урахуванням потреб споживачів, кількості електроносіїв, обсягу енергії, інженерних особливостей побудови, кліматичних та географічних умов будуть користуватись неабиякою популярністю. Завдяки такому ефективному впровадженню сучасних комп'ютеризованих технологій енергетична система перейде на інший рівень використання будь-якого виду відновлювальної енергії, як у будинку так і у будь-якій іншій організації, що сприятиме збереженню нашої планети та вирішенню глобальних проблем людства.

## СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Атлас енергетичного потенціалу нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії. - К.: Інститут відновлюваної енергетики НАНУ, 2008. - 54 с.
2. Альтернативна енергетика держенергоефективності України [Електронний ресурс] // - Режим доступу : <https://saee.gov.ua/uk/ae>
3. Артюх С. Ф., Дуель М. А., Шелепов И. Г. Автоматизовані системи керування енергогенеруючими установками електростанцій. - Харків:2000. - 448с.
4. Басок Б. І. Система електрозабезпечення експериментального будинку типу 0-енергії (площею 300 м<sup>2</sup>) на основі використання відновлюваних і альтернативних джерел енергії /Б. І. Басок, Т. Г. Беляєва, І. К. Божко та ін.//Наука та інновації. - 2015. - Т. 11, № 6. - С. 29-39.
5. Вітрогенератори, вітрові електростанції та вітряки [Електронний ресурс]// - Режим доступу: <http://www.ecosvit.net/ua/vitrogeneratori>
6. Вибір акумуляторної батареї для сонячної електростанції [Електронний ресурс]// - Режим доступу : <https://prel.prom.ua/g671308-akumulyatorni-batareyi-agm>
7. Денисюк С.П. Технологічні орієнтири реалізації концепції Smart Grid в електроенергетичних системах // Енергетика: економіка, технології, екологія. - 2014. – № 1(35). С. 7–21.
8. Долінський А.А., Басок Б.І., Недбайло О.М. та ін. Концептуальні основи створення експериментального будинку типу «нуль енергії» // 3б. наук. пр. «Будівельні конструкції» - К. :, Вип.77 (2013). - С. 222-227.
9. Енергія природи. Інформаційний портал про альтернативні джерела енергії у світі та Україні [Електронний ресурс] // - Режим доступу: <https://alternative-energy.com.ua/uk/vocabulary>
10. Кирпач Л.А. Використання сучасних комп'ютеризованих технологій в системі управління енергозабезпеченням приватного будинку / Л.А. Кирпач, Д.О. Резниченко // Сучасні технології розробки комп'ютеризованих систем управління рухом: збірник тез доповідей науково-технічної конференції. - Національний авіаційний університет. - Київ, 28-29 листопада, 2023. - С. 99-100.

11. Лукінюк М. В. Автоматизація типових технологічних процесів: технологічні об'єкти керування та схеми автоматизації: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл., які навчаються за напрямом «Автоматизація і комп'ют.-інтег. Технології / М. В. Лукінюк. - К. : НТУУ «КПІ», 2008. - 236 с.

12. Про альтернативні джерела енергії [Електронний ресурс] // - Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/555-15>

13. Проектування систем автоматизації: навч. посібник / М.С. Пушкар, С.М. Проценко - Д. : Національний гірничий університет, 2013. – 268 с.

14. Стогній Б.С., Кириленко О.В., Денисюк С.П. Інтелектуальні електричні мережі електроенергетичних систем та їх технологічне забезпечення // Технічна електродинаміка. – 2010. – №6. – С. 44–50.

15. Технічні засоби автоматизації. / В.В. Ткачов, В.П. Чернишев, М.М. Одновол; Нац. гірн. ун-т. - Д. : НГУ, 2007. - 174 с.

16. Типи сонячних панелей [Електронний ресурс] // - Режим доступу : <https://www.atmosfera.ua/uk/sonyachni-elektrostantsii/tipi-sonyachnix-panelej>

17. ТОВ «НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОМПАНІЯ ЕНПАСЕЛЕКТРО» [Електронний ресурс] // - Режим доступу : <https://enpaselectro.com/tehnologii/sistemy-upravleniya.html>

18. Що таке Smart Grid? [Електронний ресурс] // — Режим доступу : <https://nv.ua/ukr/ukraine/so-skorostyu-sveta/shcho-take-smart-grid-50055452.html>