

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЧЕРКАСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ФАХОВИЙ БІЗНЕС-КОЛЕДЖ  
Циклова комісія (кафедра) комп'ютерної інженерії та інформаційних  
технологій

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
на тему  
**ДОСЛІДЖЕННЯ ВЗАЄМОДІЇ ПРИСТРОЇВ “РОЗУМНИЙ  
БУДИНОК”**

Виконав: студент групи 1П-21

Спеціальності

121 Інженерія програмного забезпечення

Вадим КОПЕЙКІН

Керівник:

Наталя ФАЛЬЧЕНКО

Черкаси 2025

## АНОТАЦІЯ

У роботі досліджено принципи побудови, архітектуру та енергетичні особливості функціонування системи “Розумний будинок”. Основною метою є аналіз взаємодії пристроїв у такій системі, оцінка актуальних протоколів, технологій передачі даних, а також способів забезпечення безперебійної роботи в умовах енергетичних відключень. Роботу структуровано на три тематичні блоки: огляд структури системи, аналіз технологій взаємодії пристроїв та дослідження варіантів резервного живлення.

Кваліфікаційна робота містить в собі 33 сторінки, та 3 таблиці.

У першому розділі розкрито складові “Розумного будинку” – контролери, сенсори, виконавчі механізми, системи безпеки, мультимедійні та кліматичні модулі. Наведено типові сценарії їх застосування та особливості керування.

У другому розділі зосереджено увагу на сучасних комунікаційних технологіях (Wi-Fi, Zigbee, Z-Wave, Thread, Bluetooth LE), протоколах взаємодії (MQTT, CoAP, Matter) та архітектурі IoT-систем. Розглянуто проблеми сумісності, безпеки та масштабування, що виникають у реальних умовах впровадження.

Третій розділ присвячено аналізу споживання електроенергії в “Розумному будинку” та огляду резервних джерел живлення (UPS, генератори, сонячні батареї, гібридні інвертори). Запропоновано типові конфігурації живлення залежно від сценарію використання, масштабу системи та очікуваної тривалості блекаутів.

Отримані результати підтверджують ефективність використання гнучких архітектур і гібридних джерел живлення для забезпечення стабільної роботи систем “Розумний будинок” в умовах нестабільного енергозабезпечення. Запропоновані підходи можуть бути адаптовані до різних типів житла та рівнів автоматизації.

Ключові слова: “Розумний будинок”, IoT, Zigbee, резервне живлення, енергоспоживання, протоколи взаємодії, MQTT, UPS, блекаут.

## ABSTRACT

The paper examines the principles of construction, architecture, and energy characteristics of the Smart Home system. The main objective is to analyze the interaction of devices in such a system, evaluate current protocols, data transmission technologies, and methods of ensuring uninterrupted operation during power outages. The work is structured into three thematic blocks: an overview of the system structure, an analysis of device interaction technologies, and a study of backup power options.

The qualification paper contains 33 pages and 3 tables.

The first section reveals the components of a “Smart home” — controllers, sensors, actuators, security systems, multimedia and climate modules. Typical scenarios for their use and control features are presented.

The second section focuses on modern communication technologies (Wi-Fi, Zigbee, Z-Wave, Thread, Bluetooth LE), interaction protocols (MQTT, CoAP, Matter), and the architecture of IoT systems. It examines the problems of compatibility, security, and scalability that arise in real-world implementation.

The third section is devoted to the analysis of electricity consumption in a “smart home” and an overview of backup power sources (UPS, generators, solar panels, hybrid inverters). Typical power configurations are proposed depending on the usage scenario, system scale, and expected duration of blackouts.

The results confirm the effectiveness of using flexible architectures and hybrid power sources to ensure the stable operation of smart home systems in conditions of unstable power supply. The proposed approaches can be adapted to different types of housing and levels of automation.

Keywords: “Smart house”, IoT, Zigbee, backup power supply, energy consumption, interaction protocols, MQTT, UPS, blackout.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	4
РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД СТРУКТУРИ СИСТЕМИ “РОЗУМНИЙ БУДИНОК” .5	
1.1 Характеристика системи “Розумний будинок” .....	5
1.2 Технології взаємодії компонентів в системі “Розумного будинку” ...	6
1.3 Складові системи "Розумний будинок" .....	8
Висновок до розділу 1 .....	9
РОЗДІЛ 2 ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВЗАЄМОДІЇ ПРИСТРОЇВ СИСТЕМИ "РОЗУМНИЙ БУДИНОК" .....	10
2.1. Загальні принципи побудови системи "Розумний будинок" .....	10
2.2 Технології передачі даних у системах "Розумний будинок" .....	11
2.3. Протоколи взаємодії між пристроями .....	13
2.4. Інтеграція пристроїв у єдину систему управління .....	15
2.5. Проблеми, що виникають у взаємодії пристроїв системи “Розумний будинок” .....	16
Висновок до розділу 2 .....	18
РОЗДІЛ 3 ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИСТРОЇВ ЖИВЛЕННЯ СИСТЕМИ “РОЗУМНИЙ БУДИНОК” В УМОВАХ БЛЕКАУТУ .....	20
3.1 Особливості енергоспоживання пристроїв "Розумного будинку" ...	20
3.2 Джерела резервного живлення: класифікація та принципи роботи .	21
3.3 Порівняльний аналіз джерел резервного живлення для "Розумного будинку” .....	23
3.4 Рекомендовані конфігурації живлення для типових сценаріїв "Розумного будинку" .....	26

Висновок до розділу 3 .....	28
ВИСНОВКИ .....	29
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	30

## ВСТУП

Розумний будинок — це система об'єднаних пристроїв, здатних виконувати дії та вирішувати повсякденні завдання без участі людини. Зазвичай усі пристрої підключені до локальної мережі або Інтернету й централізовано керуються через спеціальний хаб або сервер. Керування може здійснюватися за допомогою пульта, мобільного застосунку чи голосових команд [1].

Метою кваліфікаційної роботи є огляд наявних систем живлення для “Розумних будинків”, визначення сучасних технологій взаємодії між компонентами “розумного будинку” та формулювання рекомендацій з метою підвищення енергоефективності і безпеки таких систем.

Актуальність дослідження полягає в тому що з розумними гаджетами для будинку з'являється можливість стежити за житлом та керувати ним віддалено, через розумні дверні замки та камери спостереження, коли нікого немає вдома, та бачити, що відбувається на прилеглий території, хто приходить чи йде. Це практично, особливо під час тривалої відсутності у будинку або якщо ви виїхали через війну до іншої місцевості [2].

Об'єктом дослідження є система живлення розумного будинку, в яку входять звичайні електромережі, резервні енергоджерела (генератори, акумулятори) та альтернативні енергетичні джерела (сонячні батареї, вітрогенератори).

Предметом дослідження є технології та методи забезпечення безперервного електроживлення у розумному будинку, їх ефективність, компонентна взаємодія.

## РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД СТРУКТУРИ СИСТЕМИ “РОЗУМНИЙ БУДИНОК”

### 1.1 Характеристика системи “Розумний будинок”

Розумний дім - система об'єднаних пристроїв, здатних виконувати дії і вирішувати певні повсякденні завдання без участі людини. Зазвичай усі пристрої підключені до локальної мережі або Інтернету й централізовано керуються через спеціальний хаб, або сервер. Розумний будинок може мати один або кілька способів керування: за допомогою пульта, мобільного застосунку на телефоні або планшеті, голосових команд. Завдяки розумному дому всі системи в будівлі можуть працювати разом, виконуючи завдання відповідно до заданих сценаріїв або змін у навколишньому середовищі. Це підвищує комфорт, енергоефективність і безпеку житла [3].

Прикладами автоматичного реагування в системі “Розумний будинок” є:

- при вході в кімнату вмикається освітлення;
- температура приміщення підтримується на 1 рівні, або регулюється дистанційно;
- вмикання і вимикання підігріву води дистанційно або у визначений час.

Управління завданнями в системі “Розумний будинок” заключається в автоматизації всіх процесів, наприклад:

- автоматичне відключення приладів (вимкнення приладів, які певний проміжок часу не використовувалися);
- системи безпеки (камери спостереження, розумні замки та датчики диму і руху забезпечують контроль над безпекою);
- дистанційне управління (голосовими помічниками або мобільними додатками можна зручно управляти системою).

Основними компонентами "Розумного будинку" є:

1. Контролер, який є керуючим пристроєм, що з'єднує всі елементи системи один з одним і зв'язує її з зовнішнім світом.
2. Датчики (сенсори), які є пристроями, що отримують інформацію про зовнішні умови.
3. Актуатори, які є виконавчими пристроями, що безпосередньо виконують команди. Це найчисленніша група, в яку входять розумні (автоматичні) вимикачі, розумні (автоматичні) розетки, розумні (автоматичні) клапани для труб, сирени, клімат-контролери і так далі [4].

Приклади застосування компонентів "Розумного будинку" в реальному житті:

1. Опалення та кондиціонування - автоматичне регулювання температури в залежності від температури погоди ззовні.
2. Безпека - датчики руху, камери спостереження.
3. Контроль освітлення - світло вмикається лише коли в кімнаті хтось присутній, завдяки датчикам руху.

## **1.2 Технології взаємодії компонентів в системі “Розумного будинку”**

В кваліфікаційній роботі розглянуті функції системи “Розумний будинок”:

- обробка інформації від сенсорів та датчиків;
- відправка команд до виконавчих пристроїв (ламп, замків, клімат-контролю тощо);
- моніторинг через смартфони, комп'ютери та планшети.

Приклади платформ, що використовуються для реалізації систем “Розумний будинок” представлені в таблиці 1.1

Таблиця 1.1 Приклади платформ, що використовуються як база для розробки систем “Розумного будинку”

№	Назва платформи	Характеристики
1	Google Home	платформа для управління за допомогою голосових команд.
2	Amazon Alexa	платформа для керування пристроями, яка підтримує велику кількість гаджетів від різних виробників.
3	Apple HomeKit	відзначається високим рівнем безпеки та конфіденційності, забезпечує локальне управління пристроями без необхідності підключення до інтернету.
4	Home Assistant	відкрита платформа для автоматизації “Розумного будинку”, яка дає користувачу повний контроль над своїми пристроями [5].

В “Розумному будинку” найважливішу роль відіграють сенсори, які фактично являють собою очі та вуха системи.

В “Розумному будинку” використовуються такі типи датчиків:

- датчики руху - вмикають або вимикають світло або ж викликають охорону у випадку несанкціонованого проникнення;
- датчики температури - вимірюють температуру і регулюють її у випадку необхідності;
- датчики вологи - вимірюють рівень вологості і регулюють її.

Переваги використання системи “Розумного будинку” такі:

1. Освітлення вмикається автоматично і лише коли це необхідно. Опалення та кондиціонер вмикається лише коли хтось є вдома або віддалено через телефон.

2. Відеокамери ведуть запис всього що відбувається. Сигналізація повідомляє про проникнення на територію.

3. Створення ілюзії присутності в будинку, за для відлякування мародерів під час відсутності хазяїв вдома [6].

### 1.3 Складові системи "Розумний будинок"

Пристрої системи "Розумний будинок" мають характеристики, які представлені у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 Характеристика пристроїв системи "Розумний будинок"

№	Назва пристрою	Призначення
1	Центральний контролер	це "мозок" системи, який інтегрує всі пристрої і забезпечує взаємодію між ними.
2	Розумні датчики	це пристрої що здійснюють моніторинг різних параметрів середовища та стану житла, а саме такі як датчики руху, відкриття дверей або вікон, температури та вологості.
3	Системи освітлення	дають нам можливість керувати яскравістю, кольором і режимами роботи освітлення.
4	Розумні розетки та вимикачі	дозволяють дистанційно керувати електроприладами, сприяючи економії електроенергії.

Продовження таблиці 1.2

	Система безпеки	це пристрої для забезпечення контролю доступу
--	-----------------	---

5		включають в себе відеокамери, сигналізацію та розумні замки.
6	Системи опалення та кондиціонування	забезпечують автоматичне регулювання температури повітряного обміну.
7	Аудіо та мультимедійні системи	інтегровані голосові помічники та мультимедійні системи, які дозволяють керувати іншими пристроями системи.
7		
8	Додаткові пристрої	система автоматичного поливу оптимізує полив саду враховуючи погодні умови, енергомоніторинг відстежує споживання електроенергії та оптимізації енергозбереження [6].

Таблиця дає загальне розуміння, з яких саме пристроїв складається система «Розумний будинок» і які функції вони виконують.

### Висновок до розділу 1

В даному розділі було розглянуто:

- загальна характеристика системи “Розумний будинок”;
- технології взаємодії компонентів в системі “Розумного будинку”;
- складові системи "Розумний будинок" і їх характеристики.

## РОЗДІЛ 2 ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВЗАЄМОДІЇ ПРИСТРОЇВ СИСТЕМИ "РОЗУМНИЙ БУДИНОК"

### 2.1. Загальні принципи побудови системи "Розумний будинок"

Система "Розумний будинок" передбачає інтеграцію різноманітних сенсорів (датчики температури, руху, освітлення тощо), виконавчих пристроїв (замки, освітлення, термостати, охоронні системи) та центральних контролерів в єдину мережу, що забезпечує автоматизацію і дистанційне управління побутовими процесами. Така система традиційно будується за багаторівневим IoT-принципом. Виділяють, зокрема, датчики актуатори, мережевий рівень (комунікаційні канали й шлюзи), обробний або "хмарний" рівень (IoT-платформи для обробки і зберігання даних) та прикладний рівень (інтерфейси користувача, автоматизовані сценарії). На перцептивному рівні сенсори збирають параметри середовища і формують цифрові сигнали; на мережевому – дані передаються по провідних і/або безпроводних каналах зв'язку (наприклад, Ethernet, Wi-Fi, радіоканали тощо); на обробному – дані агрегуються на локальному контролері чи хмарному сервері і аналізуються з використанням алгоритмів автоматизації; на прикладному – користувачі взаємодіють із системою через мобільні чи веб-додатки, задаючи команди чи переглядаючи звіти.

Одним з ключових принципів "Розумного будинку" є взаємодія різних пристроїв та систем за єдиними відкритими стандартами, що забезпечують сумісність і масштабованість мережі. Як зазначають дослідники, концепція Інтернету речей (IoT) дозволяє зв'язати практично будь-який прилад через мережу й віддалено ним керувати. При цьому важливими вимогами є надійність, енергоефективність і безпека. Наприклад, технологія Zigbee забезпечує низьке енергоспоживання сенсорів та самовідновлювальну mesh-мережу, що дозволяє пристроям різних виробників працювати разом. Загалом, архітектура "Розумного будинку" забезпечує адаптивне регулювання комунікаційних каналів та функцій системи відповідно до контексту (контекстно-орієнтована

архітектура), з урахуванням пріоритетів зручності користувача та безпеки.

Наведені принципи реалізуються в популярних платформах "Розумного будинку" та IoTфреймворках. Наприклад, архітектура Home Assistant чи OpenHAB передбачає "плагінну" модель, де кожен пристрій чи протокол реалізований як окрема компонента інтеграції, а керування всіма доменами здійснюється через єдину подієву шину. Таким чином досягається узгоджена робота зональних контролерів і підтримка великої кількості пристроїв з різними функціями.

Важливою перевагою таких систем є горизонтальне масштабування – приєднання нових пристроїв і сенсорів без значних змін конфігурації базової мережі. Також широко застосовують "edge computing": базова обробка даних на рівні шлюзів/контролерів задля швидкого реагування (зменшення затримок) і зменшення навантаження на хмару.

## **2.2 Технології передачі даних у системах "Розумний будинок"**

Для обміну даними в розумному будинку застосовують як провідні, так і безпроводні технології. Провідні рішення включають Ethernet-мережі (IEEE 802.3) для стаціонарних пристроїв – відеокамер, контролерів чи серверів . Вони забезпечують високу швидкість і надійність передачі (гігабітні канали) та найменші затримки, але вимагають прокладання кабелів. Інша провідна опція – технологія Powerline (наприклад, HomePlug), яка використовує існуючі електромережі будинку для передачі даних, хоча і з обмеженням по швидкості та стабільності сигналу.

Безпроводні технології домінують в IoT-рішеннях. Найпоширенішою є Wi-Fi (IEEE 802.11). Wi-Fi в діапазонах 2.4/5/6 ГГц дає високу пропускну здатність (десятки–сотні Мбіт/с), що підходить для камер відеоспостереження та мультимедіа. За стандартом IEEE 802.11 забезпечується зв'язок на десятки метрів у приміщенні , зі значною мірою зворотної сумісності між версіями стандарту. Проте Wi-Fi енергозатратний і потребує більш складного живлення.

Технології WPAN (Wireless Personal Area Network) зосереджені на низькому енергоспоживанні та роботі від батарей. Серед них – Bluetooth/Bluetooth LE (IEEE 802.15.1): класичний Bluetooth широко використовується в аудіопристроях і гарнітурах, а Bluetooth Low Energy (BLE) оптимізовано для короткочасної передачі невеликих обсягів даних між сенсорами, пультом керування та центральним хабом. Клас Zigbee (базується на IEEE 802.15.4) також призначений для низького енергоспоживання. Zigbee забезпечує передачу на 2.4 ГГц (а також на суб-ГГц діапазонах) зі швидкістю до ~250 кбіт/с, має mesh-топологію і може обслуговувати до сотень (а теоретично десятки тисяч) вузлів. Завдяки стійкій mesh-мережі пристрої Zigbee здатні самовідновлюватися після збоїв і руйнувань окремих вузлів. Протокол Z-Wave працює на частоті  $\approx 908$  МГц (США/Канада) і також організовує mesh-мережі з низьким енергоспоживанням. Z-Wave спеціально спроектовано для домашньої автоматизації: воно не конкурує з Wi-Fi-сигналами в 2.4 ГГц і гарантує роботу сотень сертифікованих пристроїв із невеликими обсягами даних.

Варто також згадати сучасні IP-орієнтовані безпроводні мережі: технологія Thread – це IPv6-орієнтований протокол на основі IEEE 802.15.4, що забезпечує безпечний mesh для пристроїв дому (ламп, датчиків, замків, колонок тощо) з можливістю прямого підключення до хмари.

Thread є енергоефективним і може працювати "безшовно" поряд із Wi-Fi. Крім того, стрімко розвиваються LPWAN та стільникові IoT-технології: LoRaWAN і NB-IoT/LTE-M забезпечують наддовгий радіус дії (кілометри) при мінімальному енергоспоживанні, але з низькою швидкістю, що краще підходить для систем смарт-енергетики чи зовнішніх сенсорів, ніж для звичайного "Розумного будинку". Таким чином, у розумному будинку частіше поєднують кілька типів зв'язку.

Приклад цьому це відеокамери й сервери які часто підключаються через Ethernet або Wi-Fi (проводні чи високошвидкісні безпроводні зв'язки), тоді як датчики "розумного" освітлення чи термостати – через Zigbee, Z-Wave чи BLE.

Це забезпечує баланс між швидкістю, радіусом дії та енергоспоживанням під різні завдання . Усі ці канали даних мають бути синхронізовані управлінською платформою, що прокладає маршрут повідомленням.

### **2.3. Протоколи взаємодії між пристроями**

На мережевому рівні встановлено фізичний зв'язок між пристроями, але для обміну інформацією потрібні протоколи прикладного рівня. У "Розумному будинку" використовуються як власні протоколи "низького рівня" для сенсорів та шлюзів, так і стандартні IoT-протоколи для зв'язку між вузлами та серверами.

Серед безпроводних мережевих протоколів виділяють Zigbee і Z-Wave. Zigbee – це "повноцінне IoT-рішення", яке забезпечує надійну mesh-мережу та є стандартизованою мовою спілкування "розумних" пристроїв . Як зазначено в технічній документації, мільйони пристроїв Zigbee вже розгорнуто у домівках і комерційних будівлях; технологія спеціально оптимізована для сумісності між виробниками і має вбудовані механізми безпеки (AES-128 шифрування) . Z-Wave - провайдер сертифікованих безпроводних мікромереж у ~900 МГц діапазоні – гарантує сумісність близько 4500 сертифікованих пристроїв і підтримує двосторонню комунікацію для управління з будь-якого місця у світі . Обидва протоколи мають властивість самостійної маршрутизації (mesh), що дозволяє масштабувати мережу до сотень вузлів без централізованого керуючого сервера.

На рівні передачі повідомлень поширені MQTT і CoAP. MQTT – це стандарт OASIS легковагового протоколу передачі даних за архітектурою "публішар-са\*пайбріб" (publish/subscribe). Він спроектований для дуже невеликого об'єму коду та мінімальної смуги пропускання, що робить його ідеальним для підключених пристроїв з обмеженими ресурсами . Наприклад, датчики "Розумного будинку" можуть транслювати показники у центральний брокер MQTT, а контролери легко підписуються на необхідні топіки. CoAP

(Constrained Application Protocol) – це легковаговий REST-подібний протокол для ресурсозбіднених пристроїв і мереж (на кшталт 6LoWPAN). Як зазначено в RFC7252, CoAP передбачає запит/відповідь за схемою "HTTP-подібно, але з меншими накладними витратами" і вбудованою підтримкою мультикасту, що корисно для безпроводних сенсорних мереж зі слабкими ресурсами. Обидва протоколи (MQTT, CoAP) підтримують надійну доставку повідомлень і приєднуються до ширшого Інтернету речей.

Інші протоколи включають HTTP/HTTPS (для web-додатків і REST API), WebSocket (двосторонній зв'язок в реальному часі), DDS/AMQP (вимоги реального часу і P2P-обміну) тощо. До "промислових" будинкових стандартів можна зарахувати BACnet і KNX – кабельні системи автоматики, що застосовуються в побудові систем HVAC та енергоменеджменту, але в побуті вони менш розповсюджені. З іншого боку, нові відкриті ініціативи, такі як Matter (раніше Project CHIP) від Connectivity Standards Alliance, пропонують універсальну IP-орієнтовану модель взаємодії:

Matter ґрунтується на IP (Wi-Fi/Thread) та задає спільний "загальнодоступний" профіль для побутових пристроїв, що спрощує їхню сумісність між різними екосистемами.

Таким чином, протоколи взаємодії охоплюють як нижчі мережеві рівні (Zigbee, Z-Wave, BLE, Wi-Fi, Thread тощо), так і вищі логічні шари (MQTT, CoAP, REST API, побудовні сервіси). Усі вони працюють в комплексі, забезпечуючи уніфікований обмін командами і даними між різнорідними пристроями. Приклад: лампу Philips Hue можна керувати по Zigbee з хаба SmartThings, а цей хаб, в свою чергу, передає команду на смартфон користувача через MQTT чи HTTPS в хмарі – таким чином реалізується наскрізна інтеграція.

## 2.4. Інтеграція пристроїв у єдину систему управління

Ключове завдання – об'єднати безліч різнорідних пристроїв у єдину керовану екосистему.

Найпоширеніший підхід – використання центрального контролера або шлюзу (hub), який підтримує декілька протоколів і надає уніфіковане API для управління. Прикладами є смарт-хаби типу Samsung SmartThings, Apple HomeKit (сервісом), Google Home чи Amazon Echo, а також саморобні рішення на базі Raspberry Pi з платформами Home Assistant чи OpenHAB. Такі системи мають "плагінну" архітектуру: вони підтримують сотні протоколів через модулі-інтеграції (bindings) і вміють ініціювати/слухати події від пристроїв, формуючи об'єкти "сутностей" (entities) для кожного девайсу. Наприклад, OpenHAB вважається "vendor-neutral" платформою, яка підтримує понад 400 різних технологій і тисячі пристроїв. Вона працює локально (не вимагає хмари), зберігає дані вдома та напряму опитує прилади, а при потребі може інтегруватись з хмарними сервісами (Alexa, Google, HomeKit) через відповідні модулі.

Інтеграція також може здійснюватися на рівні мережевих шлюзів (bridges). Наприклад, є проекти "Zigbee2MQTT" чи "Z-Wave JS", які вбудовують плати Zigbee/Z-Wave в Raspberry Pi і переправляють повідомлення через MQTT для центральної платформи. Також існують шлюзи, які перетворюють протоколи між собою (наприклад, конвертор Zigbee ↔ Bluetooth, як "Zigbee Direct"), або забезпечують HTTP/REST-інтерфейс до IP-пристроїв. Сучасні підходи дедалі більше відходять від залежності від закритих хмарних рішень.

Приклад таких рішень це Matter який позиціонується як відкритий стандарт, що дозволяє створювати "екосистеми без замикання": пристрій з логотипом Matter після сертифікації гарантуватиме роботу з будь-яким відповідним контролером та мобільним додатком. Це спрощує інтеграцію

пристроїв з різних брендів у єдину мережу. Такі платформи створюють "уніфіковану мову", за якою маршрутизуються повідомлення.

Важливим етапом інтеграції є також автоматизація й налаштування сценаріїв. Система управління повинна зберігати правила реакцій ("якщо-ось, то-ось") та використовувати дані з різних сенсорів для прийняття рішень.

Приклад це датчик руху що може надсилати подію центральному хабу, який, у свою чергу, за заданим сценарієм вмикає світло та налаштовує рівень обігріву. При цьому всі пристрої можуть бути фізично поєднані різними технологіями, але логіка автоматизації абстрагована від конкретних протоколів. Завдяки цьому досягається єдине середовище управління – хаб/сервер із єдиним інтерфейсом і консолідованими даними від усіх підлеглих пристроїв. Сучасні системи також підтримують віддалене керування через хмарні послуги, VPN або через Інтернет із мобільного додатка, забезпечуючи безпечний доступ до локальних пристроїв з будь-якого місця.

## **2.5. Проблеми, що виникають у взаємодії пристроїв системи "Розумний будинок"**

Попри технічний прогрес, в системі "Розумний будинок" виникає низка суттєвих складностей:

- фрагментація стандартів та сумісності. Ринок наповнений пристроями, що користуються різними (і часто несумісними) протоколами та профілями. Відсутність універсальних стандартів призводить до того, що кожен виробник мусить підтримувати окремі "стеки" протоколів, або користувач обмежується одним екосистемним замкненим рішенням. Це стримує масштабування: як зазначає NXP, "кілька конкуруючих технологій і фрагментований ринок гальмують зростання" і потребують глобальних стандартів. Саме тому з'являються ініціативи на кшталт Matter, які стандартизують спосіб комунікації пристроїв і покликані підвищити

їхню сумісність через різні платформи . До вирішення цієї проблеми також залучаються проміжні вузли-перекладачі протоколів (bridges), але вони ускладнюють архітектуру мережі;

- безпека та приватність. Кожен новий пристрій – потенційний "шлях" для атак. В реальних "розумних" будинках кількість підключених девайсів може перевищувати десятки штук (у середньому ~46 пристроїв у домогосподарстві США ). Компанія Bitdefender повідомляє, що домашні мережі зазнають в середньому по 8 мережових атак на добу . Багато IoT-пристроїв мають обмежені ресурси і не завжди використовують шифрування по замовчуванню; вони можуть використовувати незахищені локальні протоколи (наприклад UPnP, mDNS) для обміну даними.

Дослідження показали, що через такі протоколи можна дізнатися про склад мережі дому, унікальні ідентифікатори пристроїв та навіть геолокацію помешкання . Наприклад, в експерименті 93 розумних пристроїв у дослідженні NYU виявили, що багато з них безпечно "витікають" ПІІ: MAC-адреси, UUID або назви пристроїв, що дозволяють точно ідентифікувати конкретне помешкання . Таким чином, відсутність адекватного захисту мережових протоколів створює серйозні ризики стеження та викрадення даних.

Однією з проблем є пропускна здатність та перешкоди у радіоканалах. Коли одночасно працює багато безпроводних пристроїв (Wi-Fi, Zigbee, BLE тощо) в одній оселі, виникає радіо заповнення, зокрема у 2.4 ГГц діапазоні. Конфлікти сигналів та затримки можуть призводити до втрат повідомлень чи зниження швидкості реагування. Mesh-мережі (Zigbee/Thread) дещо вирішують це завдання, автоматично перебудовуючи траси пакетів, але вони також мають межі масштабування та складніший механізм спільного доступу (сутички). Крім того, дротові системи (Ethernet, PLC) можуть вимагати додаткової прокладки кабелів або спеціальних адаптерів.

Також існують проблеми неперервної підтримки пристроїв і сумісності версій. Наприклад, пристрої, розроблені під старі версії протоколів або з відкритими ключами, можуть виявитись незахищеними після появи нових вимог безпеки. Деякі старі пристрої IoT можуть просто втратити підтримку, коли виробник припиняє випуск оновлень. Аналогічно, технічний прогрес (наприклад, відмова 3G/4G-мереж) може зробити застарілими раніше популярні рішення, що користуються SIM-зв'язком. Приватність користувачів "Розумний будинок" збирає багато особистих даних – графіки споживання енергії, інформацію про присутність людей, їхні звички та медичні показники (через датчики). Їх обробка повинна контролюватись законодавством і політикою приватності. Головна небезпека полягає в тому, що багато додатків та пристроїв надсилають дані в хмари без явного інформування користувача, що може призводити до витоку конфіденційної інформації чи її використання в рекламних цілях.

Технології систем "Розумного будинку" стрімко розвиваються, для повної безперебійної взаємодії пристроїв необхідно вирішувати вищезгадані проблеми – забезпечувати єдині стандарти, посилювати мережевий захист та впроваджувати гнучкі архітектурні рішення з підтримкою оновлень і масштабування.

## **Висновок до розділу 2**

В другому розділі було розглянуто:

- загальні принципи побудови системи "Розумний будинок";
- технології передачі даних у системах "Розумний будинок";
- протоколи взаємодії між пристроями;
- інтеграція пристроїв у єдину систему управління;

- проблеми, що виникають у взаємодії пристроїв системи “Розумний будинок”.

З’ясовано, що частину проблем з радіо мережею можна вирішити за допомогою Mesh-мереж як Zigbee або Thread, шляхом автоматичної перебудови траси пакетів. Для повної безперебійної взаємодії пристроїв необхідно забезпечувати єдині стандарти, посилювати мережевий захист та впроваджувати гнучкі архітектурні рішення з підтримкою оновлень і масштабування.

## РОЗДІЛ 3 ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИСТРОЇВ ЖИВЛЕННЯ СИСТЕМИ “РОЗУМНИЙ БУДИНОК” В УМОВАХ БЛЕКАУТУ

### 3.1 Особливості енергоспоживання пристроїв "Розумного будинку"

Сучасна система "Розумного будинку" складається з багатьох завжди активних елементів: безпроводні датчики (руху, диму, температури тощо), контролери, шини зв'язку, "хаби" та концентратори, смарт-розетки і лампи, мережеві камери та інші IoT-пристрої. Усі ці пристрої забезпечують комфорт і безпеку, але також безперервно споживають енергію. Зокрема, центральні шлюзи або маршрутизатори (CPE) зазвичай працюють у режимі "always-on" з постійним навантаженням близько 10–15 Вт [silabs.com](http://silabs.com). За оцінками, типовий домашній роутер без режиму сну може споживати 10–15 Вт навіть уночі, тому загальне енергоспоживання завжди залишається відчутним. Щоразу, коли в "Розумному будинку" додається новий пристрій, особливо під'єднана до мережі освітлення чи інші активні модулі, зростає фонове споживання. Наприклад, звичайні смарт-розетки витрачають лише ~0,5–1 Вт на власну роботу (для підтримки реле і мережевого зв'язку), а смарт-лампи на основі LED – до 8–10 Вт під час роботи і сотні мВт у вимкненому стані. Сенсори та датчики зазвичай мають надзвичайно низьке споживання (десятки – сотні мВт) і часто живляться від батарей або малопотужного живлення. Водночас відеокамери, центри управління або комп'ютери, що керують системою, можуть споживати десятки ватт. Сукупне навантаження "Розумного будинку" формується як сума цих компонентних витрат: від базових (маршрутизатор, контролери, вузол автоматизації) – по 10–15 Вт кожен, до додаткових (камера 5–10 Вт, світильники 10–15 Вт, електропобутова техніка задіяна рідше). У цілому, "загальне енергоспоживання" розумного будинку зазвичай на 10–20% перевищує

аналогічний будинок без автоматизації, однак дає змогу активніше керувати навантаженнями і економити ресурс (за даними виробників, зберігаючи до ~20% витрат).

Важлива особливість – багато IoT-пристроїв мають властивість "готовності" (standby) навіть без активного навантаження. Наприклад, смарт-розетка при не заданому навантаженні витрачає ~1 Вт, а бездротові маршрутизатори – до 15 Вт. Тобто навіть коли мешканці відсутні, система "Розумного дому" продовжує споживати енергію. Інноваційні рішення поступово знижують ці втрати: наприклад, нові технології (напр. Low-Power Mesh) дозволяють обладнанню переходити у глибокий сон, знижуючи споживання <1 Вт у простої. Проте в цілому базовий профіль споживання включає постійні фонові витрати на утримання зв'язку і живлення "серця" системи (шлюзів і хабів), а також періодичні/інтервальні витрати на активні функції (освітлення, опалення, обладнання тощо). Саме ця характеристика визначає потребу у резервних джерелах живлення – адже у разі відключення мережі необхідно підтримати хоча б критичні елементи ("світло + зв'язок + безпека"), поки мережа не відновиться.

### **3.2 Джерела резервного живлення: класифікація та принципи роботи**

За типом архітектури системи безперебійного живлення поділяються на резервні, лінійно-інтерактивні та неперервної дії.

- резервні UPS перебувають у мережному режимі до моменту відключення, після чого кілька мс перемикають споживачів на живлення від батареї через інвертор;
- лінійно-інтерактивні UPS постійно активні, здатні здійснювати регулювання напруги мережі в робочих межах, і лише за межами діапазону входять у батарейний режим;

- неперервної дії завжди працюють за принципом подвійного перетворення: вихід підключений через інвертор, а живлення батареї забезпечує безперебійну синусоїду незалежно від якості вхідної напруги.

Отже перелічені характеристики UPS показують, що вони забезпечують найкращу стабільність, але складніші та дорожчі. Зазвичай UPS розраховують на короткочасні перебої – від мілісекунд до кількох десятків хвилин. Їх призначення – захист ІТ та електроніки (серверів, комунікаційного обладнання) від аварій та перенапруги.

У ДБЖ традиційно застосовують свинцево-кислотні (VRLA/SLA) акумулятори, що володіють відносно низькою вартістю, але обмеженим ресурсом (глибина розряду ~50%, життєвий цикл декілька сотень циклів). Наразі все активніше впроваджують літій-іонні (Li-Ion) батареї.

Їхня перевага – це висока питома енергетична щільність і довгий життєвий цикл (наприкінці 2020-х років – до 2х довший порівняно з VRLA), а також вбудовані системи контролю і моніторингу, що підвищують надійність. Літєві батареї значно компактніші та швидше заряджаються.

Недолік – це вища вартість. Для ДБЖ існують також варіанти з батареями Ni-Cd (більш дорогими, але з більшим терміном служби), гелевими, а в окремих системах – нові технології (LiFePO<sub>4</sub>, Na-Ion тощо).

Також для забезпечення безперебійного живлення, використовують звичні генератори (бензинові, дизельні, газові) що перетворюють паливо на електроенергію. Вони здатні забезпечити тривалу автономну роботу (поки є пальне), проте мають часову затримку запуску (зазвичай декілька секунд) і вимагають фізичного палива та регулярного обслуговування. Генератори виробляють високі пікові потужності (кілька кіловат і більше), проте потребують місця для розміщення (часто зовні), шумлять та виділяють вихлопні гази. Вони добре підходять для критичних навантажень, коли потрібна велика потужність довго, але складніші в інтеграції з "гнучкими" системами.

Окрім традиційних UPS і генераторів, в “Розумному будинку” часто використовують гібридні системи з акумуляторами та сонячними панелями. До гібридних систем також відносять інвертори-зарядні пристрої (Victron Multiplus/Quattro, Schneider Conext, Tesla Powerwall) які можуть працювати як акумулятор із зарядкою від мережі чи сонця. З використанням таких схем в режимі блекауту батарея починає живити споживачів, при наявності сонця частина енергії може надходити від сонячних панелей, подовжуючи автономію. Для централізованого керування часто використовують інтелектуальні панелі (наприклад, Schneider Pulse), які можуть автоматично вмикати/вимикати окремі кола, управляти зарядом батарей і роботою генератора.

Влаштована інтелектуальна панель так, що усі джерела резервного живлення мають спільне завдання – надати енергію споживачам при відключенні мережі. В UPS це відбувається автоматично й майже миттєво. Батарея (через інвертор) протягом встановленого часу підтримує напругу стабільно. Генератор зазвичай спрацьовує з невеликою затримкою (контактор через  $\sim 10\text{--}30$  с), тому часто використовується в системах зі схемою АВР (автоматичний запуск). Головні відмінності полягатимуть у часі реакції, тривалості автономії, граничній потужності та складності систем: наприклад, резервний UPS забезпечує швидкий "перехід" на живлення, але розрахований на короткий час; генератор – повільне включення, але майже необмежений час роботи.

### **3.3 Порівняльний аналіз джерел резервного живлення для "Розумного будинку"**

При виборі джерела резервного живлення для "Розумного будинку" порівнюють такі параметри: швидкість комутації, номінальну потужність і ємність, тривалість автономної роботи, рівень шуму та викидів, вартість та обслуговування.

Генератори мають перевагу необмеженої тривалості роботи (поки є паливо), однак вимагають часу на запуск, є галасливими і забруднюють повітря (викидають CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>). Водночас акумуляторні системи (UPS) перемикаються миттєво, не споживають палива і працюють безшумно. Наприклад, бензиновий або дизельний генератор буде шуміти і виділяти токсичні вихлопи, тоді як батарея/UPS працює "мертвим тихо" і без вихлопів. З іншого боку, генератори технічно довговічні (компоненти ДВЗ можуть служити десятиліття), у той час як батареї мають обмежений ресурс циклів.

Порівняння систем живлення представлено в таблиці 3.1

Таблиця 3.1 Приклади порівняння систем живлення “Розумного будинку”

№	Критерій	Генератор (ДВЗ)	Батарейна система/UPS
1	Час перемикання	Декілька секунд (автоматичний запуск)	майже миттєвий (<10 мс для UPS, ≈0 після АС/UPS)
2	Потужність ємність	великі потужності (кілька кВт і більше), час роботи – до вичерпання палива	обмежена ємність батареї (кілька – десятки кВт·год); потужність залежить від інвертора (~кВт)
3	Автономність (runtime)	практично необмежена (обмежена тільки наявним паливом)	обмежена ємністю; типово - години (залежить від розміру батареї)

4	Рівень шуму	високий (70–100 dB); шкідливі викиди (CO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> )	практично безшумна (≤30 dB); без вихлопних газів
---	-------------	---	--

Продовження таблиці 3.1

5	Обслуговування	регулярне технічне обслуговування ДВС (масло, фільтри тощо), зберігання палива	мінімальне (контроль батарей); відсутність "паливної" логістики
6	Вартість	нижча первісна вартість (сам генератор) + витрати на паливо; висока вартість експлуатації	вища ціна батареї і інвертора; низькі поточні витрати (немає палива)
7	Мобільність масштабування	переносний або стаціонарний генератор (залежно від розміру); потребує місця надворі	акумулятор + інвертор займають менше місця; модульне збільшення ємності (за потреби)
8	Надійність/ресурс	тривалий термін роботи (20–30 років) при належному обслуговуванні	ресурс батареї 5–15 років (літєві – довше, до 10–15 років)

Обслуговування генератора складніше, воно потребує регулярної заміни мастила, профілактики, зберігання палива і періодичні запускові випробування.

Батарейна система практично не потребує сервісу (посеред кількох контролів заряду). Щодо вартості, то первісна ціна генератора може бути нижчою, проте витрати на паливо суттєві; батарея вимагає великих інвестицій спочатку, але потім приносить економію на паливі.

### **3.4 Рекомендовані конфігурації живлення для типових сценаріїв "Розумного будинку"**

Практичні рекомендації залежать від масштабу будинку, наявності сонячних джерел і очікуваної тривалості відключення. Нижче наведено типові конфігурації для кількох сценаріїв:

- маленька квартира чи міська оселя (1–2 особи): Невелика автономія (на 1–2 години) за потреби може надаватися через компактний line-interactive *UPS* на 500–1500 ВА, підключений до критичних споживачів (модем/роутер, освітлення, холодильник). Наприклад, *UPS* на 1000 ВА з батареями 12 В, 50 А·год забезпечить ~3–4 кВт·год (з урахуванням резерву) та пікове навантаження до 700–800 Вт. Як додатковий резерв можна використати портативну батарею-переноску (EcoFlow, Jackery). Генератор невеликої потужності (1–2 кВт) може служити другим рівнем захисту для тривалих відключень;
- сімейний будинок (2–4 особи) без сонячних панелей: Для помірною споживання (приблизно 5–6 кВт максимум, добова енергія ~10–20 кВт·год) доцільно встановити інвертор-зарядний пристрій (~5 кВА) і батарею ємністю ~10–15 кВт·год Li-Ion. Наприклад, Victron Multiplus-II 48/5000 з двома LiFePO<sub>4</sub> акумуляторами по 6 кВт·год забезпечать пікову потужність до 5 кВт та 2–3 години автономії при важливих навантаженнях. Критичні лінії (освітлення, СКС, холодильник) можна під'єднати через цей інвертор, інші кола – через звичайну мережу. Припускаючи відключення мережі, система миттєво перейде на батареї, а розумна панель

- (як-от Schneider Pulse) вимкне непотрібні прилади, економлячи енергію. У разі тривалого блекауту рекомендується генератор на 5–7 кВт із автоматичним включенням, інтегрований через "автоматичне введення резерву" (АВР), або збільшити батарейний банк;
- будинок із сонячною електростанцією: Якщо вже є ФЕУ, потрібно використовувати гібридний контролер/інвертор (наприклад, Victron Quattro або Powerwall Gateway). Сонячна енергія заряджатиме батарею вдень, а ввечері/вночі накопичене живитиме будинок. Резервними залишаються лише батареї та АВР з генератором. Рекомендується розрахувати ємність акумулятора з урахуванням максимальної очікуваної добової енергії (наприклад, 15–20 кВт·год для середньостатистичного будинку) і пік потужності;
  - не залежна "дача" чи модульне житло: Часто живлення забезпечують інвертор/акумулятор з малими дизель-генераторами (1–3 кВт) як резерв. Наприклад, Victron MultiPlus 12/3000 у парі з 100–200 А·год АКБ та сонячними панелями на 1–2 кВт даватиме автономію від сонця вдень і батареї вночі, а при потребі запускатиме генератор. Використання літєвих батарей (LiFePO<sub>4</sub>) дозволяє зменшити вагу/габарити та збільшити число циклів, що актуально для мобільних/ремонтних сценаріїв;
  - сценарій з електромобілем: Деякі EV (Tesla, Hyundai Kona, Nissan Leaf тощо) підтримують V2H/V2L (живлення дому від батареї авто). В цьому випадку автомобіль працює як переносна батарея ~5–10 кВт·год. Конфігурація може бути такою: сонячні панелі + домашній інвертор + зарядка автомобіля з двостороннім інтерфейсом (Wallbox), яка у блекауті віддаватиме енергію назад у дім. Наприклад, Tesla Powerwall 2 (13,5 кВт·год) укупі з Tesla Gateway може забезпечити всю домогосподарству безперервне живлення з рефлексною реакцією на відключення.

У всіх випадках необхідно розділяти навантаження на критичні та

некритичні. Для прикладу, виділити кілька окремих ліній (через АВР чи розумну панель) для "життєво важливого" (інтернет, безпека, холодильник, мінімальне освітлення), а інші не аварійні (розваги, пральна машина). Ефективні конфігурації ґрунтуються на пріоритизації навантажень: під час блекауту система дотримується заданої ієрархії, що продовжує роботу лише необхідного мінімуму. Зауважимо, що точні цифри мають бути враховані індивідуально: орієнтовно, для типової квартири 2–4 осіб критичні споживачі споживають близько 2–3 кВт·год за годину, максимум 3 кВт піку. Відповідно, для них слід мати інвертор ~3–5 кВт і батарею ~5–10 кВт·год.

### **Висновок до розділу 3**

В даному розділі було розглянуто:

- особливості енергоспоживання пристроїв "Розумного будинку";
- джерела резервного живлення: класифікація та принципи роботи;
- порівняльний аналіз джерел резервного живлення для "Розумного будинку";
- рекомендовані конфігурації живлення для типових сценаріїв "Розумного будинку".

Було з'ясовано, що для ефективної роботи системи "Розумний будинок" варто використовувати гібридні UPS в парі зі звичними генераторами. Для досягності ідеального результату, варто розділяти навантаження на критично важливе і не дуже, задля максимальної економії енергії та ефективності її використання.

## ВИСНОВКИ

У ході дослідження було здійснено всебічний аналіз системи “Розумний будинок”, зокрема її структури, принципів функціонування, технологій взаємодії між пристроями, особливостей енергоспоживання та забезпечення безперебійного живлення в умовах енергетичних відключень.

У першому розділі було розкрито загальні характеристики системи “Розумний будинок”, визначено основні компоненти - контролери, сенсори, актуатори, розумні розетки, системи безпеки, клімат-контроль тощо. Окреслено принципи автоматизації побутових процесів, зручність дистанційного управління, а також роль даних у прийнятті рішень.

У другому розділі було проаналізовано архітектурні принципи побудови IoT-систем, мережевий, обробний і прикладний рівні. Розглянуто провідні та бездротові технології передачі даних - Wi-Fi, Zigbee, Bluetooth LE, Z-Wave, Thread та інші. Окрему увагу приділено протоколам взаємодії, зокрема MQTT, CoAP, HTTP/REST, Matter, що забезпечують уніфікований обмін даними між пристроями. Висвітлено сучасні проблеми інтеграції: фрагментації стандартів, обмеження сумісності, ризики безпеки та конфіденційності, виклики масштабування та підтримки інфраструктури.

У третьому розділі зосереджено увагу на енергоспоживанні пристроїв системи в умовах блекауту. Проведено порівняльний аналіз резервних джерел живлення — UPS, генераторів, акумуляторів та гібридних систем. Надано рекомендації щодо вибору конфігурацій енергозабезпечення відповідно до типу житла, масштабу системи та тривалості можливих відключень. Враховано сценарії використання сонячних панелей, автомобільних батарей з підтримкою V2H та смарт-інверторів.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Розумний дім – вікіпедія. Вікіпедія. URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Розумний\\_дім](https://uk.wikipedia.org/wiki/Розумний_дім) (дата звернення: 17.06.2025).
2. Розумний дім під час війни та його актуальність – Wise Home. Смарт дім: купити розумний дім у Львові, Києві, Україні - інтернет-магазин WiseHome. URL: <https://wisehome.ua/ua/scho-take-rozumniy-dim-pid-chas-viyni-ta-yogo-aktualnist/?srsltid=AfmBOooEuSmylKBT5qCyWmnOQS-3dyXg4PnuvKyChtOTFZx8Pyh-hVc6#:~:text=Система%20розумний%20будинок,до%20іншої%20місцевості> (дата звернення: 17.06.2025).
3. Розумний дім – вікіпедія. Вікіпедія. URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Розумний\\_дім#:~:text=Розумний%20дім%20\(,і%20безпеку%20житла](https://uk.wikipedia.org/wiki/Розумний_дім#:~:text=Розумний%20дім%20(,і%20безпеку%20житла) (дата звернення: 17.06.2025).
4. Розумний дім – вікіпедія. Вікіпедія. URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Розумний\\_дім#:~:text=Google%20Home%20-%20це,над%20своєю%20екосистемою](https://uk.wikipedia.org/wiki/Розумний_дім#:~:text=Google%20Home%20-%20це,над%20своєю%20екосистемою) (дата звернення: 17.06.2025).
5. Розумний дім – вікіпедія. Вікіпедія. URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Розумний\\_дім#:~:text=Google%20Home%20-%20це,над%20своєю%20екосистемою](https://uk.wikipedia.org/wiki/Розумний_дім#:~:text=Google%20Home%20-%20це,над%20своєю%20екосистемою) (дата звернення: 17.06.2025).
6. Роль технологій «розумного будинку» у системах безпеки ЖК. Охоронна компанія Тор-безпека. URL: [https://tor-safety.com/rol-tehnologij-rozumnogo-budinku-u-sistemah-bezpeki-zhk/?utm\\_source=chatgpt.com#:~:text=система%20імітації%20присутності%20-%20нова%20функція%20](https://tor-safety.com/rol-tehnologij-rozumnogo-budinku-u-sistemah-bezpeki-zhk/?utm_source=chatgpt.com#:~:text=система%20імітації%20присутності%20-%20нова%20функція%20) (дата звернення: 17.06.2025).
7. Розумний дім – вікіпедія. Вікіпедія. URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Розумний\\_дім](https://uk.wikipedia.org/wiki/Розумний_дім) (дата звернення: 17.06.2025).

8. Team A. E. Internet of things (iot) architecture: key layers and compon. AltexSoft. URL: <https://www.altexsoft.com/blog/iot-architecture-layers-components/> (дата звернення: 17.06.2025).
9. The Science and Information (SAI) Organization. URL: [https://thesai.org/Downloads/Volume13No6/Paper\\_12-A\\_Proposed\\_Architecture\\_for\\_Smart\\_Home\\_Systems.pdf](https://thesai.org/Downloads/Volume13No6/Paper_12-A_Proposed_Architecture_for_Smart_Home_Systems.pdf) (дата звернення: 17.06.2025).
10. Що таке Zigbee. DOU.UA. URL: <https://dou.ua/forums/topic/38080/> (дата звернення: 17.06.2025).
11. Zigbee | complete IOT solution. CSA-IOT. URL: <https://csa-iot.org/all-solutions/zigbee/> (дата звернення: 17.06.2025).
12. OpenHAB. openHAB. URL: <https://www.openhab.org/> (дата звернення: 17.06.2025).
13. The evolution of wi-fi technology and standards. standards.ieee. URL: <https://standards.ieee.org/beyond-standards/the-evolution-of-wi-fi-technology-and-standards/> (дата звернення: 17.06.2025).
14. Learn about z-wave technology. z-wavealliance. URL: <https://z-wavealliance.org/for-consumers/> (дата звернення: 17.06.2025).
15. Thread in homes. Home. URL: <https://www.threadgroup.org/BUILT-FOR-IOT/Smart-Home> (дата звернення: 17.06.2025).
16. MQTT - the standard for iot messaging. MQTT - The Standard for IoT Messaging. URL: <https://mqtt.org/> (дата звернення: 17.06.2025).
17. csa-iot. URL: <https://csa-iot.org/all-solutions/matter/> (дата звернення: 17.06.2025).
18. Why smart home interoperability matters. Automotive, IoT & Industrial Solutions | NXP Semiconductors. URL: <https://www.nxp.com/company/about-nxp/smarter-world-blog/BL-WHY-INTEROPERABILITY-MATTERS> (дата звернення: 17.06.2025).

19. New research reveals alarming privacy and security threats in Smart Homes | NYU Tandon School of Engineering. Home | NYU Tandon School of Engineering. URL: <https://engineering.nyu.edu/news/new-research-reveals-alarming-privacy-and-security-threats-smart-homes> (дата звернення: 17.06.2025).

20. Reduce energy consumption in smart homes with low-power mesh technology - silicon labs. Silicon Labs. URL: <https://www.silabs.com/blog/how-to-reduce-energy-consumption-in-the-smart-home#:~:text=IoT%20devices%20such%20as%20smart,often%20don't%20realize%20they're%20paying> (дата звернення: 17.06.2025).

21. Do smart plugs use a lot of electricity? A comprehensive guide - blog - hubitat. Hubitat Elevation® | Local, Reliable, Fast and Private Home Automation. URL: <https://hubitat.com/blog/559194210347-do-smart-plugs-use-a-lot-of-electricity-a-comprehensive-guide#:~:text=When%20controlling%20a%20device,%20smart,turn%20devices%20on%20and%20off> (дата звернення: 17.06.2025).

22. Hollister S. Coming soon: smart homes where the electricity isn't so dumb. The Verge. URL: <https://www.theverge.com/2023/1/4/23539471/schneider-electric-home-smart-panel-ev-outlet-switches-dimmers#:~:text=Schneider%20Home%20promises%20to%20'keep,circuits,%20solar,%20batteries,%20and%20more> (дата звернення: 17.06.2025).

23. Джерело безперебійного живлення – Вікіпедія. Вікіпедія. URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Джерело\\_безперебійного\\_живлення#:~:text=Для%20Захисту%20IT,ДБЖ%20також%20можуть%20використовув](https://uk.wikipedia.org/wiki/Джерело_безперебійного_живлення#:~:text=Для%20Захисту%20IT,ДБЖ%20також%20можуть%20використовув) (дата звернення: 17.06.2025).

24. Backup: small residential home - Victron Energy. Victron Energy. URL: <https://www.victronenergy.com/markets/off-grid/small-residential-home#:~:text=> (дата звернення: 17.06.2025).

25. Особливості розрахунку потужності джерела безперебійного живлення. Electro 100. URL: <https://electro100.ua/blog/osoblivosti-rozrahunku>

potuzhnosti-dzherela-bezperedijnogo-

zhivlennya?srsltid=AfmBOorK5hnYh4GEE5qhr6J14EyRys\_8Yo3V9d1jOFE13p\_E  
yNORuqxС#:~:text=Наприклад,%20якщо%20ми%20хочемо,%20щоб,ДБЖ%20д  
ля%20дому%20ма (дата звернення: 17.06.2025).

26. Home backup power system: generator vs. battery - jackery. Jackery.  
URL: <https://www.jackery.com/blogs/knowledge/home-backup-power-system-generator-vs-battery?srsltid=AfmBOoqyOOpeXgJk3dXcTQyNRDqxmZ-mox528D8tk8tE4pNhtg9D71eb#:~:text=Maintenance> (дата звернення: 17.06.2025).

27. Battery backup vs generator: which backup system is best for you?.  
EcoFlow US Blog. URL: <https://blog.ecoflow.com/us/battery-backup-vs-generator/#:~:text=%20Traditional%20gas,home%20and%20require%20regular%20maintenance> (дата звернення: 17.06.2025).

28. Джерело безперебійного живлення – Вікіпедія. Вікіпедія. URL:  
[https://uk.wikipedia.org/wiki/Джерело\\_безперебійного\\_живлення#:~:text=Переваги%20Li,якого%20покращення%20загальної%20продук](https://uk.wikipedia.org/wiki/Джерело_безперебійного_живлення#:~:text=Переваги%20Li,якого%20покращення%20загальної%20продук)  
(дата звернення: 17.06.2025).