

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Факультет інженерно-технологічний  
Кафедра енергетики та електротехнічних систем

До захисту  
Допускається  
Завідувач кафедри

Чепіжний А. В.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
за бакалаврським рівнем вищої освіти

На тему: «Реконструкція системи електропостачання приватного житлового будинку м. Охтирка Сумської області з розробкою живлення від альтернативних джерел енергії».

Виконав:

\_\_\_\_\_ (підпис)

Корабельський Р.Ю.  
(Прізвище, ініціали)

Група:

ЗЕТЕ 2001

(Науковий) керівник:

\_\_\_\_\_ (підпис)

Чепіжний А.В.  
(Прізвище, ініціали)

Суми – 2025

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Факультет інженерно-технологічний**

Кафедра енергетики та електротехнічних систем

Ступінь вищої освіти «Бакалавр»

Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

енергетики та електротехнічних систем

\_\_\_\_\_ **Чепіжний А.В.**

«\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_\_ року

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Корабельський Роман Юрійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Реконструкція системи електропостачання приватного житлового будинку м. Охтирка Сумської області з розробкою живлення від альтернативних джерел енергії,

керівник роботи: Чепіжний Андрій Володимирович, к.т.н., доцент,  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «07» січня 2025 року № 32/ос.

2. Строк подання здобувачем роботи: «15» травня 2025 року.

3. Вихідні дані до роботи: нормативні документи, технічні паспорти та технічна характеристика обладнання.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

Вступ. 1 Характеристики існуючої системи електропостачання приватного житлового будинку, який розташований в м. Охтирка, за адресою пров. Сумський, будинок 4. 2 Обґрунтування реконструкції мережі житлового будинку. 3 Розрахункова частина. 4 Система автономного електропостачання. 5 Охорона праці. 6. Економічне обґрунтування проекту. Висновки.

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:

Генеральний план земельної ділянки. Схема електричної проводки I поверху. Схема електричної проводки II поверху. Схема мережі освітлення I поверху. Схема мережі освітлення II поверху. Улаштування вводу та обліку. Розкладка сонячних панелей.

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Семерня О.В., ст. викладач		
Економічне обґрунтування	Шашков С.В., к.е.н., ст. викладач		
Нормоконтроль	Чепіжний А.В., к.т.н., доцент		

7. Дата видачі завдання: «04» вересня 2024 року

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Погоджено з керівником кваліфікаційної роботи
1.	Збір інформації про діяльність господарстві	6.09.2024 р.	
2.	Аналіз літературних джерел з обраної тематики та	до 13.09.2024 р.	
3.	Складання плану роботи	до 27.09.2024 р.	
4.	Написання вступу	до 04.10.2024 р.	
5.	Підготовка розділу «Розділ 1. Характеристика існуючої системи електропостачання»	до 18.10.2024 р.	
6.	Підготовка розділу «Розділ 2. Обґрунтування реконструкції мережі житлового будинку»	до 01.11.2024 р.	
7.	Підготовка розділу «Розділ 3. Розрахункова частина»	до 15.11.2024 р.	
8.	Підготовка розділу «Розділ 4. Система автономного електропостачання»	до 24.01.2025 р.	
9.	Підготовка розділу «Розділ 5. Охорона праці»	до 21.02.2025 р.	
10.	Підготовка розділу «Розділ 6. Економічне обґрунтування»	до 14.03.2025 р.	
11.	Написання висновків та пропозицій	до 25.04.2025 р.	
12.	Подання роботи на перевірку унікальності до експертної ради факультету	до 15.05.2025 р.	
13.	Подання роботи на рецензування	до 23.05.2025 р.	
14.	Подання до попереднього захисту	до 27.05.2025 р.	

**Здобувач вищої освіти**

\_\_\_\_\_ (підпис)

Корабельський Р.Ю.

(прізвище та ініціали)

**Керівник кваліфікаційної роботи**

\_\_\_\_\_ (підпис)

Чепіжний А.В.

(прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

**Корабельський Р.Ю. Реконструкція системи електропостачання приватного житлового будинку м. Охтирка Сумської області з розробкою живлення від альтернативних джерел енергії. Суми : СНАУ, 2025 р.**

Кваліфікаційна бакалаврська робота зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітньо-професійної програми «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

У кваліфікаційній роботі розглянуто питання реконструкції системи електропостачання приватного житлового будинку з урахуванням сучасних вимог безпеки, енергоефективності та надійності. Проведено аналіз технічного стану існуючої електромережі та встановлено її невідповідність чинним нормативам, що обумовлює необхідність повної заміни внутрішньої електропроводки, монтажу системи захисного заземлення та встановлення сучасних засобів захисту.

Обґрунтовано доцільність використання альтернативних джерел енергії з метою підвищення автономності та зменшення залежності від централізованого енергопостачання. Розроблено технічне рішення щодо впровадження дахової сонячної електростанції потужністю 7 кВт із використанням гібридного інвертора та системи накопичення енергії. Виконано розрахунок навантажень, визначено перетини провідників, підібрано автоматичні вимикачі відповідно до категорій споживачів, а також здійснено розрахунок системи освітлення і захисного заземлення згідно з вимогами ПУЕ, ДБН та ДСТУ.

У результаті реалізації запропонованих технічних рішень підвищується енергонезалежність будинку, забезпечується надійність та безпечність експлуатації електрообладнання. Робота має практичну цінність і може бути використана для модернізації електропостачання індивідуальних житлових об'єктів.

**Ключові слова:** сонячна панель, дахова сонячна електростанція, захисне заземлення, приватний житловий будинок, автоматичні вимикачі.

## SUMMARY

**Korabelsky R.Yu. Reconstruction of the power supply system of a private residential building in Okhtyrka, Sumy region with the development of power supply from alternative energy sources. Sumy: SNAU, 2025.**

Qualification bachelor's thesis in specialty 141 «Electrical power engineering, electrical engineering and electromechanics», educational and professional program «Electrical power engineering, electrical engineering and electromechanics».

The qualification thesis considers the issue of reconstruction of the power supply system of a private residential building taking into account modern requirements for safety, energy efficiency and reliability. An analysis of the technical condition of the existing electrical network was conducted and its non-compliance with current standards was established, which necessitates the need for a complete replacement of internal wiring, installation of a protective grounding system and installation of modern protection devices.

The feasibility of using alternative energy sources in order to increase autonomy and reduce dependence on centralized energy supply is substantiated. A technical solution has been developed for the implementation of a 7 kW rooftop solar power plant using a hybrid inverter and an energy storage system. The loads have been calculated, the conductor cross-sections have been determined, circuit breakers have been selected according to the categories of consumers, and the lighting system and protective grounding have been calculated in accordance with the requirements of the EIR, DBN and DSTU.

As a result of the implementation of the proposed technical solutions, the energy independence of the house is increased, the reliability and safety of the operation of electrical equipment are ensured. The work has practical value and can be used to modernize the power supply of individual residential buildings.

**Keywords:** solar panel, rooftop solar power plant, protective grounding, private residential building, circuit breakers.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1 ХАРАКТЕРИСТИКИ ІСНУЮЧОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПРИВАТНОГО ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ, ЯКИЙ РОЗТАШОВАНИЙ В М. ОХТИРКА, ЗА АДРЕСОЮ ПРОВ. СУМСЬКИЙ, БУДИНОК 4.....	9
1.1 Загальні дані.....	9
1.2 Опис діючої схеми електропостачання житлового будинку.....	9
1.3 Основні технологічні рішення.....	10
1.4 Вибір та розробка схеми живлення приватного житлового будинку.....	10
1.5 Висновки.....	11
2 ОБҐРУНТУВАННЯ РЕКОНСТРУКЦІЇ МЕРЕЖІ ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ..	12
2.1 Підстави для реконструкції.....	12
2.2 Розрахунок навантаження електрообладнання.....	12
2.3 Розподіл електрообладнання по групам та лініям за типом приміщення та навантаженням.....	14
2.4 Вибір типу прокладки електричної проводки.....	16
2.5 Вибір системи живлення від альтернативних джерел.....	19
2.6 Висновки.....	20
3 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА.....	21
3.1 Розрахунок силової мережі.....	21
3.2 Розрахунок системи освітлення.....	25
3.3 Розрахунок захисного заземлення.....	30
3.4 Вибір автоматичних вимикачів.....	33
3.5 Облік електричної енергії.....	39
3.6 Висновки.....	40
4 СИСТЕМА АВТОНОМНОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ.....	42
4.1. Вибір системи автономного електропостачання.....	42
4.2 Вибір та розрахунок необхідного обладнання.....	45
4.3 Вибір провідників та системи захисту.....	51

4.4 Висновки.....	52
5 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	54
5.1 Нормативно-правова база.....	54
5.2 Монтаж внутрішньої та зовнішньої електропроводки.....	54
5.3 Встановлення сонячної електростанції (СЕС).....	55
5.4 Розміщення електричного обладнання.....	55
5.5 Роботи на висоті.....	56
6. ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЄКТУ.....	57
6.1 Обґрунтування інвестицій.....	57
6.2 Аналіз витрат на реконструкцію електричної мережі.....	57
ВИСНОВКИ.....	60
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	61
ДОДАТКИ.....	63

## ВСТУП

Реконструкція системи електропостачання приватного будинку передбачає модернізацію застарілої мережі і впровадження альтернативних джерел енергії. Фізичний знос старої проводки: з часом ізоляція кабелів старіє і втрачає захисні властивості, тому стара мережа може не витримати зростаючого навантаження. Невідповідність навантаженням: сучасні прилади (електрокотли, опалювальні системи тощо) потребують значної потужності – існуюча проводка не розрахована на такі стани, що призводить до частих коротких замикань і перегрівів. Відсутність захисного заземлення: у багатьох старих будинках заземлювальна система відсутня або незадовільна, а це підвищує ймовірність ураження людей електрострумом під час замикань.

Перехід на альтернативні джерела енергії: встановлення сонячної електростанції (СЕС) дозволить використовувати відновлювальну енергію, зменшити залежність від мережі та скоротити витрати на електроенергію. Підвищення надійності та безпеки: оновлення проводки відповідно до сучасних нормативів (ПУЕ, ДБН, ДСТУ) забезпечить безперебійну і безпечну роботу електромережі, знизить ризики аварій, коротких замикань і пожеж.

# 1 ХАРАКТЕРИСТИКИ ІСНУЮЧОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПРИВАТНОГО ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ, ЯКИЙ РОЗТАШОВАНИЙ В М. ОХТИРКА, ЗА АДРЕСОЮ ПРОВ. СУМСЬКИЙ, БУДИНОК 4

## 1.1 Загальні дані

Робочий проєкт за об'єктом «Реконструкція мереж електропостачання приватного житлового будинку в м. Охтирка за адресою провулок Сумський, будинок 4, з використання джерел альтернативної енергетики» розроблений на підставі завдання на проєктування.

Реконструкція мереж електропостачання житлового будинку передбачена планом виконання капітального ремонту житлового приміщення.

## 1.2 Опис діючої схеми електропостачання житлового будинку

Площа даної будівлі складає 132 м<sup>2</sup>, загальна площа побутових приміщень становить 110 м<sup>2</sup>, площа непобутових та підсобних приміщень становить 22 м<sup>2</sup>.

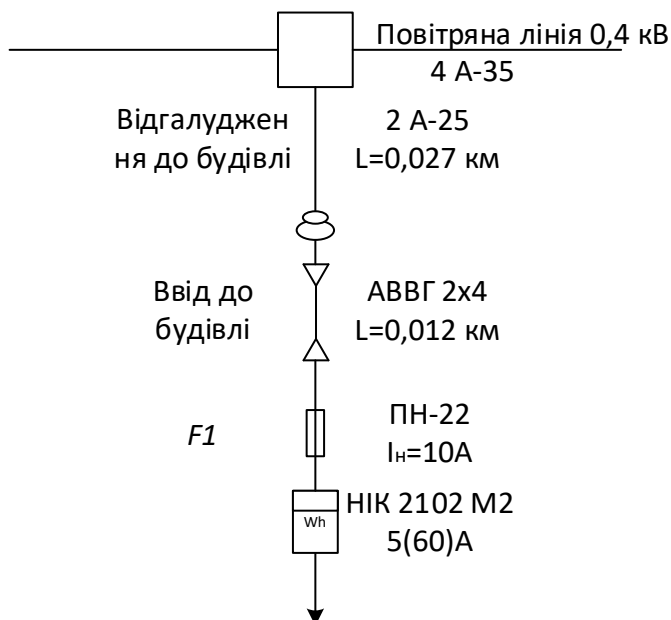


Рисунок 1.1 – Існуюча схема живлення житлового будинку

Відповідно до рис. 1.1. Живлення будинку здійснюється від повітряної лінії 0,38 кВ Л-1 від ЗТП-580. Відгалудження до будинку виконане неізолюваним алюмінієвим проводом марки А-16 до ізоляторів на фасаді будівлі.

Ввід в будівлю від ізоляторів до лічильника виконаний алюмінієвим кабелем з вініловою ізоляцією марки АВВГ-2х4.

Встановлений лічильник типу НІК 2102 М2. Для захисту від перевантаження та захисту від короткого замикання в даній схемі застосовані керамічні пробки з плавкими вставками 10А.

Внутрішня проводка виконана алюмінієвими проводами типу АППВ 2х4, з'єднання в розподільних коробках виконане методом скрутки. Проводка прокладена схованим монтажем (проложена в штробах з подальшим штукатуренням стін). Розподілу на групи дана схема не має. Заземлення відсутнє.

### **1.3 Основні технологічні рішення**

Розробка проектної та технічної документації повинна виконуватися відповідно до Правил улаштування електроустановок (ПУЕ) та ДБН В.2.5-23:2010 «Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення».

Згідно до ДСТУ 8855:2019 «Будівлі та споруди. Визначення класу наслідків (відповідальності)» приватний житловий будинок відноситься до класу СС1.

### **1.4 Вибір та розробка схеми живлення приватного житлового будинку**

При розробці схеми живлення приватного житлового будинку слід враховувати:

1. Відповідність перетину провідників щодо встановленого навантаження відповідно до ПУЕ.

2. Відповідність захисних пристроїв вимогам електробезпеки, що забезпечують захист від короткого замикання, перевантаження та іншим небезпекам, пов'язаними з небезпекою ураження електричним струмом.

3. Відповідність схеми щодо пожежної безпеки у житловому приміщенні відповідно до ПУЕ.

4. Для підвищення надійності роботи електропроводки виконати розподіл проводки на групи відповідно до призначення приміщень, електрообладнання тощо.

5. При прокладанні внутрішньої проводки врахувати можливість подальшого обслуговування.

6. Врахувати можливість підключення аварійних та резервних систем живлення.

7. Врахувати системи обліку електричної енергії для роботи з «Зеленим тарифом».

8. Провести розрахунок необхідних систем альтернативного живлення побутового житлового будинку.

9. Провести розрахунок системи накопичення електричної енергії.

### **1.5 Висновки**

В даному розділі було проведено опис існуючої електроустановки, наведено існуючу схему приєднання електроустановки до мереж електропостачання. Відповідно до ДСТУ 8855:2019 «Будівлі та споруди. Визначення класу наслідків (відповідальності)» встановлено що приватний житловий будинок відноситься до класу наслідків СС1. Визначені основні пріоритети та напрямки при проєктуванні схеми живлення житлового будинку.

## **2 ОБҐРУНТУВАННЯ РЕКОНСТРУКЦІЇ МЕРЕЖІ ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ**

### **2.1 Підстави для реконструкції**

За даним проектом відбувається реконструкція електропостачання приватного житлового будинку.

Основними причинами проведення реконструкції являються:

1. Фізичний знос існуючого електрообладнання – монтаж існуючої системи електропостачання виконувався на початку 90х років та після цього не підлягав модернізації.

2. Невідповідність перетину існуючих провідників заявленому навантаженню мережі, що може призвести до їх перегріву та виникненню пожежної небезпеки.

3. Невідповідність захисних апаратів заявленим.

4. Велика кількість та низька якість виконаних з'єднань провідників в розподільних коробках.

5. Відсутність захисного заземлення, яке потребується для підключення обладнання I класу (електроводонагрівачі, пральні та посудомийні машини тощо).

6. Зниження споживання електричної енергії від енергосистеми України.

7. Важкий стан енергосистеми України, що призводить до частих та довгострокових відключень електроенергії.

### **2.2 Розрахунок навантаження електрообладнання**

Однією з причин проведення реконструкції системи електропостачання житлового будинку являється невідповідність існуючих провідників замовленій потужності встановленого електрообладнання. Оскільки монтаж даної системи виконувався на початку 90-х років, то розраховувався він з урахуванням існуючого навантаження того часу.

З розвитком технологій споживання електроенергії побутовим обладнанням в розрізі одиниці має тенденцію на зниження, але збільшується загальна кількість приймачів електричної енергії які використовуються, що в цілому призводить до збільшення споживання електроенергії домогосподарствами.

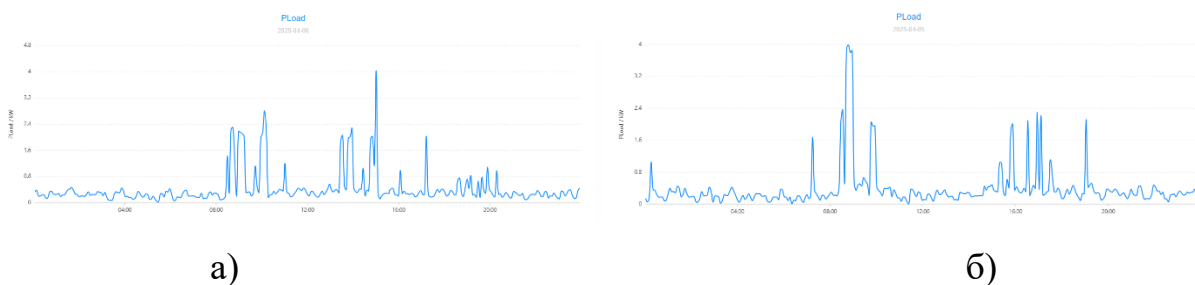
Таблиця 2.1 – Перелік основних електроспоживачів домогосподарства

№ з/п	Назва обладнання	Потужність
1	Водяна станція	1,1 кВт
2	Водонагрівач	1,8 кВт
3	Пральна машина	1,9 кВт
4	Електрична духовка шафа	1,8 кВт
5	Мікрохвильова піч	0,7 кВт
6	Посудомийна машина	1,9 кВт
7	Електричний чайник	2,0 кВт
8	Кондиціонер	1,75 кВт
9	Кавомашинка	1,5 кВт
10	Холодильник	0,35 кВт
11	Морозильна камера	0,35 кВт
12	Комп'ютер	0,35 кВт
13	Телевізор	0,11 кВт
14	Пилосос	2,2 кВт
15	Освітлення	0,3 кВт
16	Інші прилади (зарядні пристрої тощо)	0,3 кВт

Відповідно до таблиці 2.1 видно що максимальне споживання домогосподарства складає 18,41 кВт, що більше ніж в 3 рази перевищує встановлену в Україні дозволена потужність для побутових споживачів. Але треба звернути увагу на те що всі це електрообладнання не використовується одночасно, тому необхідно врахувати це в розрахунках максимального навантаження.

Провівши певний аналіз електроспоживання побутового житлового будинку було виявлено що середньодобове споживання домогосподарства становить приблизно 15 кВт/год, при цьому більша частина навантаження приходить на ранок з 6:00 до 8:00 та вечір з 17:00 до 20:00 в будні (рис 2.1 б)), проте в вихідні дні навантаження рівномірно розподіляється на протязі всього

дня з 8:00 до 20:00 (рис. 2.1 б)). При цьому пікові значення навантаження не перевищують 4,5 кВт.



а – у вихідний день; б – у будній день

Рисунок 2.1 – Графіки навантаження житлового будинку

### 2.3 Розподіл електрообладнання по групам та лініям за типом приміщення та навантаженням

При проектуванні системи електропостачання приватного житлового будинку перш за все необхідно врахувати максимальні навантаження які будуть проходити через провідники. Перевантаження провідників в даному випадку призводитиме до нагріву провідника, ізоляції та контактних з'єднань що призведе до зниження ресурсу електроустановки та може призвести до пошкоджень як контактних з'єднань так і ізоляції що в кращому випадку призведе до виходу з ладу певної ділянки електропроводки, а в гіршому – може викликати пожежу, або враження людини електричним струмом.

Існує декілька методів запобіганню перевантажень провідника:

1. Збільшення перетину провідника.
2. Розподіл навантаження на групи.

При цьому при збільшенні перетину провідника не вирішується інша проблема – велика кількість з'єднань в розподільних коробках, тому при проектуванні даної системи електропостачання ми будемо розподіляти електрообладнання на групи та лінії в залежності від типу приміщень, класу обладнання та навантаження.

Таблиця 2.2 – Розподіл електрообладнання на групи та лінії

Група	Лінія	Обладнання	Потужність
1 – Потужне обладнання класу I	1	Водонагрівач	1,8 кВт
	2	Електрична духова шафа	1,8 кВт
		Мікрохвильова піч	0,7 кВт
	3	Посудомийна машина	1,9 кВт
	4	Пральна машина	1,9 кВт
	5	Водяна станція	1,1 кВт
6	Кондиціонер	1,75 кВт	
2 – Побутове обладнання кухні	7	Холодильник	0,35 кВт
		Телевізор	0,11 кВт
		Кавомашина	1,75 кВт
		Розетки для підключення іншого побутового обладнання (зарядного пристрою, пилососа тощо)	2,2 кВт
3 – Побутове обладнання ванної кімнати	8	Розетки для підключення іншого обладнання (фен тощо)	1 кВт
4 – Побутове обладнання жилих приміщень	9	Спальня №1: Комп'ютер	0,35 кВт
		Спальня №1: Розетки для підключення іншого обладнання (зарядного пристрою, пилососа тощо)	2,2 кВт
	10	Спальня №2: Розетки для підключення іншого обладнання (зарядного пристрою, пилососа тощо)	2,2 кВт
	11	Спальня №3: Розетки для підключення іншого обладнання (зарядного пристрою, пилососа тощо)	2,2 кВт
	12	Коридор: Розетки для підключення іншого обладнання (зарядного пристрою, пилососа тощо)	2,2 кВт
	13	Вітальня: Розетки для підключення іншого обладнання (зарядного пристрою, пилососа тощо)	2,2 кВт
5 – Побутове обладнання 2-го поверху	14	Кімната для відпочинку: Холодильник	0,35 кВт
		Кімната для відпочинку: Телевізор	0,11 кВт
		Розетки для підключення іншого обладнання (зарядного пристрою, пилососа тощо)	2,2 кВт
	15	Непобутові приміщення: розетки для підключення іншого обладнання (зарядного пристрою, пилососа тощо)	2,2 кВт
6 – Освітлення	16	Освітлення спальні №1	0,045 кВт
	17	Освітлення спальні №2	0,045 кВт
	18	Освітлення спальні №3	0,045 кВт
	19	Освітлення коридору	0,01 кВт
	20	Освітлення вітальні	0,045 кВт
	21	Освітлення кухні	0,07 кВт
	22	Освітлення ванної кімнати	0,03 кВт
	23	Освітлення кімнати відпочинку	0,15 кВт
	24	Освітлення непобутових приміщень	0,04 кВт
	25	Освітлення прибудинкової території	0,06 кВт

Виконавши розподіл електрообладнання відповідно до таблиці 2.2 ми одночасно вирішуємо декілька основних проблем:

1. Навантаження на 1 лінію не перевищує 2,5 кВт.
2. Кількість необслугованих з'єднань зведена до мінімуму.
3. Підвищена надійність роботи системи в цілому (пошкодження 1 ділянки не призведе до повного відключення схеми).
4. Можливість швидкого пошуку пошкодженої ділянки.
5. Виконання ремонту пошкодженої ділянки без знеструмлення інших споживачів.
6. Можливість влаштування систем захисного відключення лише на електрообладнання I категорії.

#### **2.4 Вибір типу прокладки електричної проводки**

Виконання монтажу електричної проводки відповідно до ПУЕ поділяється на:

- Внутрішню проводку – виконану в середині приміщення.
- Зовнішню проводку – виконану на зовнішніх стінах будівлі.

За способом прокладки проводка поділяється на приховану та відкриту.

Відкрита проводка виконується ізольованими провідниками безпосередньо на стінах, стелях, закріплюється на плінтусах. Існує декілька способів прокладання відкритої проводки в побутових приміщеннях:

- Монтаж на роликах або ізоляторах;
- Підвіска на струнах, тросах та лотках;
- Використання електротехнічного плінтусу;
- Прокладання відкрито по стінах або стелі.



Рисунок 2.2 – Відкрита проводка на ізоляторах

Прихована електропроводка прокладається в середині стін, в фундаментах, під підлогами зі змінним покриттям. Монтаж такої проводки дозволяється виконувати:

- В коробах та кабельних каналах;
- Трубах та металевих рукавах;
- В поглибленнях стін (штробах) з подальшим оштукатурюванням;
- Нішах конструкцій із ГКЛ та порожнинах.



Рисунок 2.3 – Прихована проводка в штробах

Розглянемо основні переваги та недоліки даних типів проводок.

Основними перевагами відкритої проводки являються:

- Можливість візуального контролю стану провідників та ізоляції;
- Мінімальний обсяг робіт при монтажі;
- Можливість провести ремонт проводки;
- Легкість виконання ремонтних робіт.

До недоліків відкритої проводки можливо віднести:

- Низький рівень пожежної безпеки – у випадку невиконання усіх необхідних норм та стандартів даний тип електричної проводки може призвести до пожежі;

- Низький рівень захисту провідників – високий ризик пошкодження провідника або ізоляції;

- Не естетичний вигляд у декорі.

Перевагами приховано проводки є:

- Високий термін використання оскільки відсутні механічні та сонячні впливи;

- Високий рівень безпеки – відсутня можливість безпосереднього контакту зі струмопровідними частинами проводки;

- Значно знижується можливість загоряння;

- Не впливає на загальний декор приміщення.

Із недоліків необхідно виділити:

- Низький рівень ремонтпридатності;

- Складність проведення монтажних робіт.

Виходячи з вищевказаного для прокладання проводки за даним проектом виберемо метод прокладання проводки: Основні силові проводи будуть прокладатися в підлозі захищені поліетиленовою електротехнічною трубою. Підводи до електрообладнання будуть виконані в поліетиленовій електротехнічній трубці відкрито по стінам, оскільки в подальшому стіни будуть облицьовуватися ГКЛ. Прокладка мережі освітлення буде виконуватися аналогічним методом з закріпленням проводів на стелі.



Рисунок 2.4 – Прокладка проводки в трубах по підлозі

Використання даного методу прокладання вирішує одночасно декілька основних недоліків прихованої проводки. Оскільки проводи прокладені в трубах це дозволяє у разі їх пошкодження провести заміну проводу без пошкодження стін, а прокладання основних провідників по підлозі та стелі зменшує можливість їх пошкодження при кріпленні на стіни меблів та обладнання.

## 2.5 Вибір системи живлення від альтернативних джерел

В тенденціях сучасного світу все більше набирає популярність використання відновлювальних джерел енергії для забезпечення власних потреб домогосподарств електричною енергією. На даний час найбільш популярними методами отримання електричної енергії для домогосподарств являються сонячні системи, вітрова турбіни та геотермальна системи.

Найбільший потенціал використання геотермальної енергії в Україні можливо отримати при температурі підземних вод більше 40°C, що притаманно Закарпаттю та Криму. Оскільки в нашому регіоні такі ресурси відсутні то розглядати геотермальні системи в даному проекті не має сенсу.

Використання вітрової турбіни для забезпечення електроенергією домогосподарств також має певні проблеми та недоліки. З основних можна виділити непостійність вітрів в нашому регіоні, необхідність встановлення вітрового генератора на досить великій висоті, що потребує виділення певної земельної ділянки для встановлення щогли та системи розтяжок та упорів. При роботі вітрової електростанції створюються також певні екологічні проблеми такі як низькочастотний шум при роботі лопатей вітрового генератора, що в умовах міської забудови може викликати певні проблеми.



Рисунок 2.5 – Вітрова електростанція в домогосподарстві

Використання сонячної енергетики в останній час набирає все більшої популярності. Сучасні сонячні системи мають досить високий коефіцієнт перетворення енергії, не мають механічний та рухомих частин, дозволяють

проведення монтажу на дахах. Системи на сонячних елементах добре піддаються прогнозуванню їх роботи. Основним недоліком сонячних систем становить їх початкова вартість та, в разі використання їх як основної системи електропостачання домогосподарства, необхідність використання систем збереження електричної енергії, вартість яких може перевищувати вартість самої системи.



Рисунок 2.6 – Дахова сонячна електростанція

## **2.6 Висновки**

Враховуючи стан системи електропостачання та існуючі навантаження в електромережі житлового будинку можна зробити висновок що дана система не дозволяє в повному обсязі забезпечити надійне електропостачання всіх існуючих споживачів електричної енергії. В зв'язку з невідповідністю перетину провідників до існуючого навантаження експлуатація даної системи може призвести до аварійних ситуацій, виникнення пожежі та пошкодження електричного обладнання.

Розглянувши сучасні методи прокладання електропроводки та існуючі системи альтернативного електропостачання домогосподарств прийнято рішення провести реконструкцію даної системи електропостачання. Для збільшення автономності системи електропостачання на зменшення використання електроенергії від мережі вирішено використовувати системи альтернативної електроенергії на основі фотоелектричних модулів.

## 3 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

### 3.1 Розрахунок силової мережі

Вибір перетину провідників для внутрішньої електропроводки домогосподарства являється основним чинником безпеки при експлуатації електрообладнання. Невірний вибір провідників електричної енергії при проектуванні електричної проводки часто призводить до виникнення пожеж, пошкодження електричного обладнання та ураження струмом людей.

Знаючи навантаження основних споживачів електричної енергії та відповідно до таблиці 2.2 розподіливши їх по відповідним групам електропостачання необхідно виконати розрахунок перетину струмопровідних елементів мережі.

Згідно з планом розміщення електропроводки виконаємо розрахунок довжини (L) та відповідно до таблиці 2.2 визначимо навантаження (P) для кожної лінії.

Таблиця 3.1 – Розрахункове навантаження електричної мережі

№ з/п	№ лінії	Назва ліній	Характеристика об'єктів	Навантаження, P, кВт	Довжина лінії L <sub>лін</sub> , м
1	1	Бойлер	Водонагрівач	1,8	7,75
2	2	Кухня 1	Ел.духова шафа, мікрохвильова піч	2,5	11,9
3	3	Кухня 2	Посудомийна машина	1,9	7,45
4	4	Ванна 1	Пральна машина	1,9	4,6
5	5	Насос	Водонасосна станція	1,1	12,95
6	7	Кухня 3	Холодильник, кавомашина, побутове обладнання	1,75	17,3
7	8	Ванна 2	Побутове обладнання	2,5	6,45
8	9	Спальня 1	Комп'ютер, побутове обладнання	2,5	19
9	10	Спальня 2	Побутове обладнання	2,5	15,9
10	11	Спальня 3	Побутове обладнання	2,5	13,7
11	12	Коридор	Побутове обладнання	2,5	9,8
12	13	Вітальня	Побутове обладнання	2,5	12,21
13	14	Кімната відпочинку 2 поверх	Холодильник, побутове обладнання	2,5	20,12
14	6	Кондиціонер	Кондиціонер в кімнаті відпочинку	1,75	10,67
15	15	Непобутові приміщення	Побутове обладнання	2,5	9,75

Оскільки розетки для підключення іншого обладнання використовуються лише за необхідністю то для розрахунку будемо використовувати максимальне проєктоване навантаження в 2,5 кВт.

Використовуючи закон Ома розрахуємо струм при даному навантаженні на кожній з ліній:

Для однофазної двопровідної схеми використовуємо формулу:

$$I_{\text{нав}} = \frac{P \cdot 10^3}{U \cos \varphi}, \text{ А} \quad (3.1)$$

де  $I_{\text{нав}}$  – струм навантаження, А;

$P$  – потужність, Вт;

$U$  – напруга в мережі (відповідно до постанови НКРЕКП №550 від 15.04.2025 року напруга в мережі України з 01.07.2025 року становить 230 В  $\pm 10\%$ );

$\cos \varphi$  – коефіцієнт потужності обладнання, для побутового обладнання приймаємо  $\cos \varphi = 0,9$ .

Таблиця 3.2 – Розрахунковий струм електромережі

№ з/п	№ лінії	Назва ліній	Характеристика об'єктів	Навантаження, Р, кВт	Струм, I, А
1	1	Бойлер	Водонагрівач	1,8	9,09
2	2	Кухня 1	Ел. духова шафа, мікрохвильова піч	2,5	12,63
3	3	Кухня 2	Посудомийна машина	1,9	9,60
4	4	Ванна 1	Пральна машина	1,9	9,60
5	5	Насос	Водонасосна станція	1,1	5,56
6	7	Кухня 3	Холодильник, кавомашина, побутове обладнання	2,5	12,63
7	8	Ванна 2	Побутове обладнання	2,5	12,63
8	9	Спальня 1	Комп'ютер, побутове обладнання	2,5	12,63
9	10	Спальня 2	Побутове обладнання	2,5	12,63
10	11	Спальня 3	Побутове обладнання	2,5	12,63
11	12	Коридор	Побутове обладнання	2,5	12,63
12	13	Вітальня	Побутове обладнання	2,5	12,63
13	14	Кімната відпочинку 2 поверх	Холодильник, побутове обладнання	2,5	8,84
14	6	Кондиціонер	Кондиціонер в кімнаті відпочинку	1,75	12,63
15	15	Непобутові приміщення	Побутове обладнання	2,5	12,63

Відповідно до таблиці 1.3.4. та таблиці 1.3.5 ПУЕ (див. додаток А) допустимий довготривалий струм для проводів та шнурів із поліхлорвініловою та гумовою ізоляцією прокладених в трубах з урахуванням коригуючого коефіцієнта 1,05 для прокладання проводів за температури повітря +20°C можна зробити висновок що для прокладання проводки при вказаних параметрах струму достатньо провідника з мідними жилами з перетином 1,5 мм або алюмінієвого проводу з перетином 2,5 мм.

Але з урахуванням загально прийнятої практики та можливості подальшого збільшення потужності електрообладнання, яке використовується в домогосподарстві, приймемо для використання трижильний мідний провідник з перетином жили 2,5 мм.

Відповідно до таблиці 1.3.4 ПУЕ допустимий тривалий струм для даного типу проводу при прокладці одного трижильного проводу в трубці становить 21А, що повністю забезпечує необхідну потужність для встановленого електрообладнання.

Розрахуємо втрати напруги для даного типу проводу за формулою:

$$U_{вт} = I_n R, В \quad (3.2)$$

де  $U_{вт}$  – втрати напруги, В;

$I_n$  – струм навантаження, А;

$R$  – опір провідника, Ом.

Оскільки використовується однофазна мережа то опір провідника розрахуємо з урахуванням фазного та нульового провідника  $L=2L_{лін}$ , тобто збільшивши довжину лінії в 2 рази за формулою:

$$R = \rho \frac{L}{S}, Ом \quad (3.3)$$

де  $\rho$  – питомий опір матеріалу (для міді  $\rho=0,0175$  Ом\*мм<sup>2</sup>/м);

$L$  – Довжина провідника, м;

$S$  – перетин провідника, мм<sup>2</sup>.

Таблиця 3.3 – Втрати напруги в мережі

№ з/п	№ Лінії	Назва ліній	Навантаження, Р, кВт	Довжина, L, м	Втрати напруги, В	Втрати напруги, %
1	1	Бойлер	1,8	7,75	0,9864	0,43%
2	2	Кухня 1	2,5	11,9	2,1035	0,91%
3	3	Кухня 2	1,9	7,45	1,0009	0,44%
4	4	Ванна 1	1,9	4,6	0,6180	0,27%
5	5	Насос	1,1	12,95	1,0072	0,44%
6	7	Кухня 3	2,5	17,3	3,0581	1,33%
7	8	Ванна 2	2,5	6,45	1,1402	0,50%
8	9	Спальня 1	2,5	19	3,3586	1,46%
9	10	Спальня 2	2,5	15,9	2,8106	1,22%
10	11	Спальня 3	2,5	13,7	2,4217	1,05%
11	12	Коридор	2,5	9,8	1,7323	0,75%
12	13	Вітальня	2,5	12,21	2,1583	0,94%
13	14	Кімната відпочинку 2 поверх	2,5	16,12	1,3203	0,57%
14	6	Кондиціонер	2,2	10,67	2,8495	1,24%
15	15	Непобутові приміщення 2 поверх	2,5	9,75	1,7235	0,75%

Аналогічними методами розрахуємо перетин проводів та кабелів для ввідних ліній від шафи обліку до ввідно-розподільчої шафи та від ввідно-розподільчої шафи до розподільного щита в будинку. Для розрахунку будимо використовувати навантаження 7 кВт, оскільки в подальшому планується збільшення дозволеної потужності для даного господарства.

Таблиця 3.4 – Втрати напруги на ввідних кабелях

№ з/п	Назва ліній	Навантаження, Р, кВт	Довжина, L, м	Струм, I, А	Втрати напруги, В	Втрати напруги, %
1	Ввід від ВШО	7	32,8	35,35	4,0586	1,76%
2	Ввід від ВРШ	7	5,3	35,35	0,6558	0,29%

Відповідно до вимог ПУЄ допустиме падіння напруги в провіднику не повинно перевищувати 5%. При навантаженні 7 кВт і довжині лінії 32,8 м за умови вибору провідника згідно допустимому тривалому струму відповідно до таблиці 1.3.6. (додаток 1В) ПУЕ необхідно прийняти мідний провід перетином 8мм<sup>2</sup>, в такому випадку падіння напруги в проводі відповідно до формули (3.2) становить 4,058 що становить 1,76%. Даний рівень падіння напруги являється допустимим, тому для прокладання ввідного кабелю від ВШО до ВРШ приймемо

двожильний мідний кабель перетином 8 мм<sup>2</sup>. Для прокладання лінії від ВРШ до розподільного щита приймемо трижильний мідний провід з перетином 8 мм<sup>2</sup> з прокладанням його в трубі.

Провівши відповідні розрахунки визначаємо що для прокладання внутрішньої проводки від розподільного щита до струмоприймачів в середині приміщення приймаємо мідний трижильний провід перетином 2,5мм<sup>2</sup> марки ВВГнг 3х2,5(ож) прокладений в трубі з негорючих матеріалів, для прокладання ввідного проводу від ВРШ до розподільної шафи приймаємо трижильний провід ВВГнг 3х8(ож) прокладений в трубі з негорючих матеріалів. Прокладання ввідного кабелю від ВШО до ВРШ виконати кабелем ВБШв-1 2х8 в ґрунті в захисній трубі не підтримуючій горіння з герметизацією торців.

### **3.2 Розрахунок системи освітлення**

При проектуванні систем внутрішнього електропостачання житлового будинку особливу увагу необхідно приділити розрахунку штучного освітлення для житлових приміщень. Правильно розрахована система освітлення забезпечує необхідний рівень комфорту для виконання повсякденних завдань та безпосередньо впливає на психоемоційний стан людей, які знаходяться в приміщенні.

Невірно встановлена система та недостатньо продумана система освітлення призводить до дискомфорту та впливає на зір мешканців. Невірно розрахована кількість та потужність освітлювальних приладів може призвести до збільшення елетроспоживання домогосподарства.

Відповідно санітарних норм та ДБН встановлені рівні освітлення для житлових приміщень (Е): житлові кімнати – 150лк; кухні і їдальні – 150лк; кабінети, бібліотеки – 300лк; коридори, холи, санвузли – 50лк; більярдна – 300лк.

Розрахунок освітлення може виконуватися одним із методів:

- Метод світлового потоку – найпоширеніший метод розрахунку загального рівномірного освітлення горизонтальних поверхонь. Даний метод враховує світловий потік ламп, коефіцієнт використання світлового потоку та

коефіцієнти відбиття поверхонь. За допомогою даного метода можна визначити необхідну кількість світильників або світлового потоку для досягнення необхідного рівня освітленості приміщення.

- Точковий метод – застосовується для розрахунку світильників прямого та розсіяного світла. Даний метод являється найбільш точним, і дозволяє визначити освітленість в будь-якій точці приміщення. При цьому враховується сила світильника в напрямку точки освітлення, відстань до освітлювального приладу та кут падіння світла на поверхню.

- Метод питомої потужності – даний метод використовується для приблизних розрахунків рівня освітленості. Даний метод базується на встановлених нормах питомої потужності (Вт/м<sup>2</sup>) для різних типів приміщень, що дозволяє швидко розрахувати необхідну кількість освітлювальних приладів.

Для освітлення приміщень в даному проекті буде використовуватися світлодіодна лампа потужністю 12 Вт.



Рисунок 3.1 – Світлодіодна лампа

Таблиця 3.5 – Технічні характеристики світлодіодної лампи

Потужність	12 Вт
Кількість включень	60 000
Колірна температура	денне світло (4200K)
Напруга живлення	170-270 В
Кут розсіювання	220°
Ступінь захисту	IP 20
Цоколь	E27
Строк служби	30000 г
Робоча температура	-20 +40 С
Світловий потік	1200 Лм
Тип лампи	LED
Індекс кольоропередачі	RA>80
Клас енергоефективності	A+
Коефіцієнт потужності (PF)	>0,65

Визначимо основні параметри приміщень:

- Для першого поверху висота приміщень становить  $H=2,8\text{м}$ ;
- Для другого поверху висота стелі становить  $H=2,7\text{м}$ ;
- Стіни в спальнях та коридорі покриті світлими шпалерами, тому відповідно до ДБН В2.5-28-2018 приймаємо значення  $\rho_{\text{стін}} = 0,5$ ;
- Стіни в кухні та ванній кімнаті вкриті світлою керамічною плиткою, для цих приміщень приймаємо значення  $\rho_{\text{стін}} = 0,7$ ;
- Вітальня вкрита панелями із світлої деревини тому приймаємо значення  $\rho_{\text{стін}} = 0,4$ ;
- Всі приміщення на 2му поверсі вкриті панелями із світлої деревини тому приймаємо значення  $\rho_{\text{стін}} = 0,4$ ;
- Стелі в спальні, коридорі, кухні та ванній кімнаті вкриті світлою матовою фарбою. Для цих приміщень приймаємо значення  $\rho_{\text{стелі}} = 0,7$
- В вітальні та приміщеннях 2 поверху стелі закриті світлими дерев'яними панелями, тому  $\rho_{\text{стелі}} = 0,4$ .
- Підлога у всіх приміщеннях вкрита темними матовими покриттями, тому приймаємо  $\rho_{\text{підлоги}} = 0,2$ .

Визначимо площу приміщень за формулою:

$$S_{\text{п}} = AB, \text{ м}^2 \quad (3.4)$$

де  $S_{\text{п}}$  – площа приміщення,  $\text{м}^2$ ;

$A$  – ширина приміщення,  $\text{м}$ ;

$B$  – довжина приміщення,  $\text{м}$ .

Отримані дані занесемо в таблицю.

Таблиця 3.6 – Параметри приміщень

Назва приміщення	H, м	A, м	B, м	S, $\text{м}^2$	$\rho_{\text{стін}}$	$\rho_{\text{стелі}}$	$\rho_{\text{підлог}}$
1	2	3	4	5	6	7	8
Спальня 1	2,8	2,5	4,9	12,25	0,5	0,7	0,2
Спальня 2	2,8	2,5	4,75	11,87	0,5	0,7	0,2
Спальня 3	2,8	4,5	2	9	0,5	0,7	0,2
Коридор	2,8	4,5	2,56	11,52	0,5	0,7	0,2
Кухня	2,8	4,5	4,9	22,05	0,7	0,7	0,2
Вітальня	2,8	3,4	3,95	13,43	0,4	0,4	0,2

1	2	3	4	5	6	7	8
Ванна	2,8	3,4	3,46	11,76	0,7	0,7	0,2
Кімната для відпочинку	2,7	5,7	6,9	39,33	0,4	0,4	0,2
Кладова 1	2,7	5,7	3,1	17,67	0,4	0,4	0,2
Кладова 2	2,7	1,9	3,1	5,89	0,4	0,4	0,2
Сходи	2,7	1,9	4,57	8,68	0,4	0,4	0,2

Визначимо висоту підвісу світильників над робочою поверхнею ( $h$ ) для кухні. Висота робочої поверхні становить 0,8 м:

$$h = H - 0,8 = 2,8 - 0,8 = 2\text{ м} \quad (3.5)$$

Відповідно до таблиці Ж.1 ДБН В 2.5-28:2018 в інших приміщеннях висота робочої поверхні визначається на рівні підлоги.

Для визначення коефіцієнтів світлового потоку для світильників розрахуємо індекс приміщення ( $i$ ):

$$i = \frac{AB}{h(A+B)} \quad (3.6)$$

Відповідно до типу світильників встановлених в приміщенні та індексу приміщення з таблиць додатку Б знайдемо коефіцієнт використання світлового потоку ( $\eta$ ). Отримавши всі необхідні дані розрахуємо необхідний світловий потік для приміщення:

$$\Phi_{\text{заг}} = \frac{ES_{\text{п}}}{\eta K_3}, \text{ лм} \quad (3.7)$$

де  $E$  – необхідна середня освітленість приміщення, Лк;

$S_{\text{п}}$  – площа приміщення;

$K_3$  – коефіцієнт запасу (для житлових приміщень  $K_3=1,3$ ).

Розрахуємо необхідну кількість ламп для приміщення:

$$N = \frac{\Phi_{\text{заг}}}{\Phi_{\text{лампи}}}, \text{ шт.} \quad (3.8)$$

де  $N$  – необхідна кількість ламп;

$\Phi_{\text{лампи}}$  – світловий потік лампи (відповідно до обраної нами моделі  $\Phi_{\text{лампи}}=1200$  лм.)

Отримані дані занесемо в таблицю

Табл. 3.7 – Характеристика освітлення

Назва приміщення	S, м <sup>2</sup>	H, м	A, м	B, м	i	E, Лк	η	Φ <sub>заг.</sub> , лм	N, шт
Спальня 1	12,25	2,8	2,5	4,9	0,6	150	0,43	3287,1	3
Спальня 2	11,87	2,8	2,5	4,75	0,6	150	0,43	3186,5	3
Спальня 3	9	2,8	4,5	2	0,5	150	0,36	2884,6	3
Коридор	11,52	2,8	4,5	2,56	0,6	50	0,43	1030,4	1
Кухня	22,05	2,8	4,5	4,9	1,2	150	0,63	4038,5	4
Вітальня	13,43	2,8	3,4	3,95	0,7	50	0,33	1565,3	2
Ванна	11,76	2,8	3,4	3,46	0,6	50	0,30	1508,2	2
Кімната для відпочинку	39,33	2,7	5,7	6,9	1,2	150	0,39	11636,1	10
Кладова 1	17,67	2,7	5,7	3,1	0,7	30	0,28	1456,3	2
Кладова 2	5,89	2,7	1,9	3,1	0,4	30	0,20	679,6	1
Сходи	8,68	2,7	1,9	4,57	0,5	20	0,34	392,9	1

Відповідно до даної таблиці видно що для кімнати для відпочинку необхідно встановлення 10 ламп, що не досить зручно. Тому проведемо додатковий розрахунок з лампами більшої потужності.

Використаємо аналогічні лампи більшої потужності. При використанні лампи потужністю 20Вт зі світловим потоком 2000 лм. отримуємо значення

$$N=11636,1/2000 = 5,818,$$

при округленні в більшу сторону отримуємо N=6, що повністю задовольняє вимоги.

Відповідно до плану розміщення світильників і кількості необхідних ламп проведемо розрахунок довжин ліній та навантаження на них.

Таблиця 3.8 – Довжина лінії освітлення

№ з/п	№ лінії	Назва лінії	Потужність, P, Вт
1	16	Освітлення спальні №1	42
2	17	Освітлення спальні №2	42
3	18	Освітлення спальні №3	42
4	19	Освітлення коридору	12
5	20	Освітлення вітальні	24
6	21	Освітлення кухні	68
7	22	Освітлення ванної кімнати	24
8	23	Освітлення кімнати відпочинку	120
9	24	Освітлення побутових приміщень	12
10	25	Освітлення прибудинкової території	60

При розрахунку навантаження на лініях додатково враховані настінні світильники в спальних кімнатах та підсвітка робочої зони на кухні. Відповідно

до ПУЕ та ДБН рекомендується використовувати для мереж освітлення провідники з перетином не менше  $1,5 \text{ мм}^2$ . Оскільки значення допустимого тривалого струму для провідників перетином  $1,5 \text{ мм}^2$  прокладених у трубах становить 15А, що значно перевищує розрахункові навантаження в мережі освітлення, додаткові розрахунки щодо падіння напруги не потрібні.

### **3.3 Розрахунок захисного заземлення**

Контур заземлення в приватному домогосподарстві являється невід'ємною частиною системи електропостачання. Основною функцією контуру заземлення являється захист від ураження електричним током у разі пошкодження електричного обладнання. Відповідно до вимог ПУЕ для запобігання ураженню електричним струмом всі струмопровідні частини корпусів обладнання які за нормальних умов використання не знаходяться під напругою повинні бути заземлені.

Відповідно до EN 61140:2002 (IEC 61140:2001) Protection against electric shock, всі електроприлади категорії I мають доступні для дотику металеві частини, які відділені від струмопровідних частин робочою ізоляцією. До категорії I відносяться водонагрівачі, пральні та посудомийні машини, холодильники, комп'ютери та інше обладнання яке має металеві корпуси.

Враховуючи те що даний будинок живиться від міської мережі, виконаній по системі TN-C, для безпечного використання обладнання, доцільно використовувати розділення PEN – провідника на N та PE провідники. Хоча і вимогами ПУЕ не нормується наявність повторного заземлення в точці розділення PEN провідника, але враховуючи в подальшому встановлення автономного джерела живлення наявність повторного заземлення в даному випадку буде обов'язковим.

Відповідно до правил безпеки які діють на території України опір контуру для захисту від блискавки повинен становити 10 Ом, а опір захисного заземлюючого контуру не повинен перевищувати 4 Ом.

Для початку розрахунку контуру заземлення необхідно встановити питомий опір ґрунтів для даної місцевості. Для міста Охтирка в цілому розповсюджені чорноземи. Для даних типів ґрунтів питомий опір може коливатися в межах від 9 Ом до 53 Ом. Для проведення розрахунків контуру заземлення прийємо значення питомого опору ґрунта  $\rho_{\text{ґрун.}}=53$  Ом.

Розрахуємо питомий опір ґрунту для заземлювачів. Місто Охтирка знаходиться в 1 кліматичній зоні. Тому відповідно до додатка В прийємо коефіцієнт сезонності для вертикальних заземлювачів  $\psi_{\text{в}}=1,3$ ; для горизонтальних заземлювачів  $\psi_{\text{г}}=4,1$ . Визначимо розрахунковий питомий опір для вертикальних та горизонтальних заземлювачів

$$\rho_{\text{розр.в.}} = \rho\psi_{\text{в}} \quad (3.9)$$

$$\rho_{\text{розр.в.}} = 53 * 1,3 = 68,9 \text{ Ом}$$

$$\rho_{\text{розр.г.}} = \rho\psi_{\text{г}} \quad (3.10)$$

$$\rho_{\text{розр.г.}} = 53 * 4,1 = 270 \text{ Ом}$$

Визначимо опір розтікання струму вертикального заземлювача:

$$R_0 = \frac{\rho_{\text{розр.в.}}}{2\pi l} \left( \ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t+l}{4t-l} \right), \text{ Ом} \quad (3.11)$$

де  $l$  – довжина заземлювача, прийємо 5 м.;

$d$  – діаметр стержня,  $d=0,02$  м;

$t$  – відстань від поверхні землі до середини заземлюючого спуска, м.

Відстань  $t$  визначаємо за формулою:

$$t = h_{\text{в}} + \frac{l_{\text{в}}}{2} \quad (3.12)$$

де  $h_{\text{в}}$  – глибина залягання заземлюючого контуру, прийємо 0,7 м.

$$t = 0,7 + \frac{5}{2} = 3,2 \text{ м}$$

Підставляючи дані у формулу отримуємо:

$$R_{\text{в}} = \frac{68,9}{2*3,14*5} \left( \ln \frac{2*5}{0,02} + \frac{1}{2} \ln \frac{4*3,2+5}{4*3,2-5} \right) = 14,5 \text{ Ом}$$

Визначаємо кількість необхідних вертикальних заземлювачів без урахування коефіцієнта використання  $\eta_{\text{в}}$ :

$$n = \frac{R_B}{R_d} \quad (3.13)$$

де  $R_d$  – допустимий опір заземлення,  $R_d = 4$  Ом.

$$n = \frac{14,5}{4} = 3,62$$

Округляючи результат до більшого, встановлюємо що для забезпечення необхідного опору нам потрібно використати 4 вертикальних заземлювачів.

З таблиці додатку Г відповідно до визначеної кількості електродів визначаємо коефіцієнти використання  $\eta_B = 0,65$ ,  $\eta_C = 0,72$ .

Розрахуємо кількість вертикальних заземлювачів з урахуванням коефіцієнту використання:

$$n = \frac{R_B}{R_d \eta_B} \quad (3.14)$$

$$n = \frac{14,5}{4 * 0,65} = 5,57$$

Визначимо довжину необхідної з'єднувальної стрічки:

$$l_c = 1,05 L_B (n_B - 1) \quad (3.15)$$

$$l_c = 1,05 * 5 * (6 - 1) = 26,25 \text{ м.}$$

Визначимо опір розтікання струму з'єднувальної шини:

$$R_\Gamma = \frac{\rho_{\text{розр.г}}}{2\pi l_c} \ln \frac{l_c}{d h_B} \quad (3.16)$$

де  $d$  – еквівалентний діаметр смуги шириною  $b$ ,  $d=0,95b$ ;  $b = 0,05$  м

$$R_\Gamma = \frac{270}{2 * 3,14 * 26,25} \ln \frac{26,25}{0,05 * 0,95 * 0,7} = 10,92 \text{ Ом}$$

Розрахуємо загальний опір заземлення:

$$R_3 = \frac{R_B R_\Gamma}{R_B \eta_C + R_\Gamma n_B \eta_B} \quad (3.17)$$

$$R_3 = \frac{14,5 * 10,92}{14,5 * 0,72 + 10,92 * 6 * 0,65} = 3,15 \text{ Ом}$$

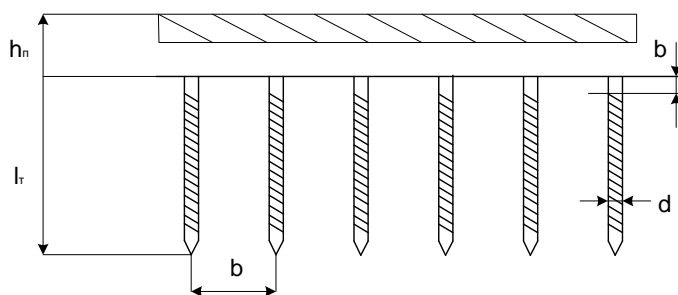


Рисунок 3.2 – Схема захисного заземлення

При аналізі та розрахунку захисного заземлення визначено необхідну кількість вертикальних заземлювачів та необхідну довжину з'єднувальної шини. Враховуючи сезонний коефіцієнт для Сумської області та питомий опір ґрунтів Охтирського району, визначено що для побудови захисного заземлення в даному випадку необхідно використовувати 6 вертикальних електродів виготовлених із круглої сталі діаметром 20 мм довжиною 5 м., відстань між електродами повинна становити не менше довжини вертикального електрода. З'єднувальна шина повинна прокладатися на глибині не менше 0,7 м. для зменшення впливу сезонних коливань температури. Враховуючи всі ці параметри проведено розрахунок опору проєктованого заземлюючого пристрою. Встановлено що розрахунковий опір даного заземлення становить 3,15 Ом, що повністю задовольняє вимогам нормативних документів.

### 3.4 Вибір автоматичних вимикачів

Правильний вибір автоматичних вимикачів та систем ПЗВ при розрахунку електричної проводки житлового будинку являється запорукою безпечної експлуатації електричних приладів. Невідповідність вибору систем захисту може призвести до негативних наслідків, таких як пошкодження електрообладнання, перегрів провідників від перевантаження системи, чи струмів короткого замикання, виникнення пожеж.

Основними параметрами для вибору автоматичних вимикачів являються:

- Номінальний струм розчіплювача автоматичного вимикача;
- Номінальна напруга автоматичного вимикача;

- Комутаційна здатність автоматичного вимикача;
- Час-струмова характеристика.

Таким чином, вибір автоматичного вимикача ґрунтується на відповідності номінальним параметрам мережі та навантаження та захисту мережі від перевантаження та коротких замикань.

В побутових системах електропостачання зазвичай використовуються автоматичні вимикачі категорій В, С та D.

Відповідно до рис. 3.3, на якому представлена струм-часова діаграма спрацювання автоматичних вимикачів, можна встановити відмінності між автоматичними вимикачами різних класів:

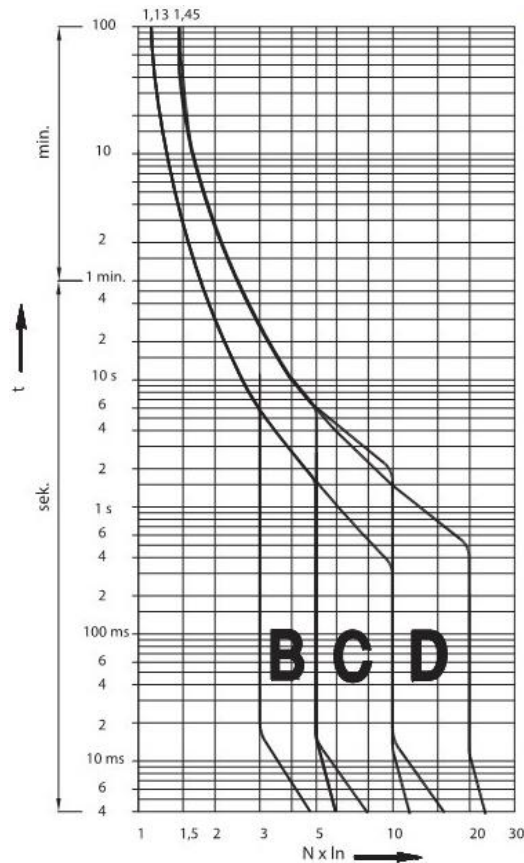


Рисунок 3.3 – Струм-часова характеристика автоматичних вимикачів

Автоматичні вимикачі категорії В – діапазон спрацювання  $3-5I_{ном}$ , основні сфери застосування – освітлювальні мережі та мережі з активним навантаженням без великих пускових струмів.

Автоматичні вимикачі категорії С – діапазон спрацювання  $5-10I_{ном}$ , застосовується як основних захист в побутових електричних мережах.

Автоматичні вимикачі категорії D – діапазон спрацювання  $10-20I_{ном}$ , застосовується для захисту мереж з високими пусковими струмами.

Проведемо вибір автоматичних вимикачів для груп електроспоживачів відповідно до таблиць 2.2 та 3.4 по встановленій потужності обладнання:

Відповідно для ліній 7-15 – відповідно до запланованого максимального навантаження необхідно встановлення автоматичного вимикача категорії С з номінальним струмом  $I_{ном} = 16A$ ; для ліній 1-6, оскільки від цих ліній заживлено електрообладнання I класу захисту від ураження електричним струмом, необхідно встановлення пристроїв захисного відключення, тому для ліній 1-6 необхідно встановлення диференціального автоматичного вимикача.

Відповідно до запланованої потужності на лінії 1,3-6 – необхідне встановлення диференціального автомата категорії С з номінальним струмом  $I_{ном} = 10A$  і струмом витoku  $I_{dif} = 30mA$ , для лінії 2 - диференціального автомата категорії С з номінальним струмом  $I_{ном} = 16A$  і струмом витoku  $I_{dif} = 30mA$ .

Для ліній освітлення 16-25 – виберемо автоматичні вимикачі категорії В з номінальним струмом  $I_{ном} = 6A$ .

Для ввідного автоматичного вимикача приймемо максимально допустимий для потужності 7кВт автоматичний вимикач С32, для ввідного автоматичного вимикача у ввідно-розподільній шафі встановимо автоматичний вимикач С32.

Перевіримо вибір автоматичних вимикачів відповідно до вимог ПУЕ:

1. Номінальний струм автоматичного вимикача повинен бути більшим за максимальний робочий струм навантаження але менший за допустимий тривалий струм проводки.

$$I_{нав} \leq I_{ном} \leq I_z \quad (3.18)$$

Відповідно до п. 3.1 для силової проводки житлового будинку вибрано провід ВВГнг – 3х2,5 з допустимим тривалим струмом відповідно до таб .1.3.4 ПУЕ  $I_z = 21A$ .

Проектований максимальний струм навантаження на лінія 2, 7-15 становить  $I_{\text{наб}} = 12,63 \text{ А}$ .

Відповідно вибір автоматичного вимикача з  $I_{\text{ном}} = 16\text{А}$  повністю задовольняє дане твердження.

Для ліній 1, 3-6 максимальний струм навантаження становить  $I_{\text{ном}}=9,6\text{А}$ , для цих ліній вибрані автоматичні вимикачі з  $I_{\text{ном}} = 10\text{А}$ , що також задовольняє дане твердження.

Для груп освітлення відповідно п. 3.2 вибраний провід ВВГнг з перетином проводу  $1,5 \text{ мм}^2$ , допустимий довготривалий стрим для цього проводу становить  $I_z = 15\text{А}$ , струм на групах освітлення  $I_{\text{наб}} < 1\text{А}$ , що повністю задовольняє вимогам.

2. Визначення допустимого часу відключення короткого замикання автоматичним вимикачем.

Для визначення допустимого часу відключення необхідно встановити струм короткого замикання в найвіддаленішій точці мережі. Для цього розрахуємо повний опір петлі "Фаза-Нуль".

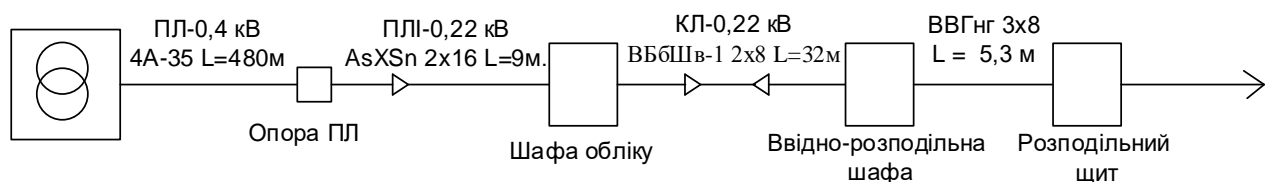


Рисунок 3.4 – Схема приєднання будинку до мережі

Відповідно до схеми приєднання будинку до мережі (рис. 3.4) розрахуємо повний опір мережі:

$$Z_{\text{ф-н}} = \sqrt{R_{\text{ф-н}}^2 + X_{\text{ф-н}}^2}, \text{ Ом} \quad (3.19)$$

де  $R_{\text{ф-н}}$  – сумарний активний опір петлі "фаза-нуль", Ом;

$X_{\text{ф-н}}$  – сумарний індуктивний опір петлі "фаза-нуль", Ом.

Активний опір ділянки розраховується за формулою:

$$R = 2\rho \frac{L}{S}, \text{ Ом} \quad (3.20)$$

де  $\rho$  – питомий опір матеріалу провідника, Ом\*мм<sup>2</sup>/м;

$L$  – Довжина ділянки, м;

$S$  – перетин провідника,  $\text{мм}^2$ .

Індуктивний опір розраховується за формулою:

$$X = 2xL, \text{ Ом} \quad (3.21)$$

де  $x$  – питомий індуктивний опір матеріалу провідника,  $\text{Ом/км}$ ;

Питомий опір для алюмінієвих проводів становить  $\rho_{\text{Al}}=0.028 \text{ Ом}\cdot\text{мм}^2/\text{м}$ , для міді  $\rho_{\text{Cu}}=0.0175$ . Індуктивний опір для повітряних ліній становить  $x_{\text{пов.}}=0,45 \text{ Ом/км}$ , для кабелів прокладених в лотках та траншеях  $x_{\text{каб.}}=0,08 \text{ Ом/км}$ .

Проведемо відповідні розрахунки та занесемо отримані результати в таблицю.

Таблиця 3.9 –Характеристика провідників

№ з/п	ділянка	Марка проводу	L, м	S, $\text{мм}^2$	$\rho$ , $\text{Ом}\cdot\text{мм}^2/\text{м}$	X, $\text{Ом/км}$	R, Ом	X, Ом
1	ТП - опора	A-35	480	35	0,028	0,45	0,7680	0,4320
2	Опора - ШО	AsXS <sub>n</sub> 2x16	9	16	0,028	0,07	0,0315	0,0013
3	ШО - ВРЩ	ВБШВ-1 2x6	32	6	0,0175	0,8	0,1867	0,0512
4	ВРЩ - РШ	ВВГнг 3x4 (ож)	5,3	4	0,0175	0,8	0,0464	0,0085
5	РШ - лінія	ВВГнг 3x2,5 (ож)	11,7	2,5	0,0175	0,8	0,1638	0,0187

Розрахуємо активний та реактивний опір лінії в найвіддаленішій точці:

$$R_{\text{лін.}}=0,768+0,315+0,1867+0,0464+0,1638=1,1963 \text{ Ом};$$

$$X_{\text{лін.}}=0,432+0,0013+0,0512+0,0085+0,0187=0,5117 \text{ Ом}.$$

З технічної характеристики нам відомо що встановлений трансформатор ТМГ-250 кВА, напруга високої сторони – 10 кВ, напруга низької сторони – 0,38кВ, група обмоток –  $\Delta/Y$ -11. За цим даними виберемо із таблиці додатку Г повний опір обмоток низької сторони  $Z_T = 0,312 \text{ Ом}$ .

Розрахуємо повний опір петлі "Фаза-Нуль" в шафі обліку, ввідно-розподільчому щиті та розподільній шафі. Для розподільної шафи для розрахунку візьмемо найдовшу лінію, щоб отримати мінімальне значення струму короткого замикання:

$$Z_{\text{ф-н лін}} = Z_T + \sqrt{R_{\text{лін}}^2 + X_{\text{лін}}^2} \quad (3.22)$$

$$Z_{\text{ф-н лін}} = 0,312 + \sqrt{1,7272 + 0,2757} = 1,6132 \text{ Ом}$$

$$Z_{\text{ф-нРШ}} = 0,312 + \sqrt{1,0661 + 0,2430} = 1,4562 \text{ Ом}$$

$$Z_{\phi-n \text{ ВРШ}} = 0,312 + \sqrt{0,9725 + 0,2347} = 1,4107 \text{ Ом}$$

$$Z_{\phi-n \text{ ШО}} = 0,312 + \sqrt{0,6392 + 0,1877} = 1,2213 \text{ Ом}$$

Розрахуємо струми коротких замикань в цих точках за формулою:

$$I_{\text{кз}} = \frac{U_{\phi}}{Z_{\phi-n}}, \text{ А} \quad (3.23)$$

де  $U_{\phi}$  – фазна напруга,  $U_{\phi} = 230\text{В}$ ;

$$I_{\text{кз лін}} = \frac{230}{1,6132} = 142,57 \text{ А}$$

$$I_{\text{кз РШ}} = \frac{230}{1,4562} = 157,94 \text{ А}$$

$$I_{\text{кз ВРШ}} = \frac{230}{1,4107} = 163,03 \text{ А}$$

$$I_{\text{кз ШО}} = \frac{230}{1,2213} = 188,32 \text{ А}$$

Відповідно до вимог ПУЕ максимальний час відключення автоматичного вимикача не повинен перевищувати 0.4с. Для автоматичних вимикачів класу С гарантоване відключення знаходиться в діапазоні від 5 до 10  $I_{\text{ном}}$ . Відповідно.

Таблиця 3.10 – Час спрацювання автоматичних вимикачів

Тип АВ	Номінальний струм, $I_{\text{ном}}$ , А	Діапазон спрацювання, $I_{\text{зах}}$ , А	Струм короткого замикання в точці встановлення $I_{\text{кз}}$ , А	Час відключен, $t_c$
В6	6А	18-30А	$\geq 142\text{А}$	$< 0,1\text{с}$
С10	10А	50-100А	$\geq 142\text{А}$	$< 0,1\text{с}$
С16	16А	80-160	$\geq 142\text{А}$	$< 0,4\text{с}$
С32	32А	160-320А	$\geq 188\text{А}$	$< 0,4\text{с}$

Даний вибір автоматичних вимикачів повністю задовольняє вимогам нормативної документації.

У розділі обґрунтовано вибір автоматичних вимикачів відповідно до навантажень, характеристик проводів та вимог ПУЕ. Для силових ліній застосовано автомати типу С, для освітлення — типу В, а для обладнання І класу захисту — диференціальні автомати з струмом витоку 30 мА. Розрахунки струмів короткого замикання підтверджують коректність вибраних номіналів, час спрацювання вимикачів відповідає нормативам. Обрані пристрої

забезпечують надійний захист мережі та безпечну експлуатацію електрообладнання.

### **3.5 Облік електричної енергії**

Вибір системи обліку електричної енергії для домогосподарства базується на відповідних рекомендаціях АТ «СУМІОЛЕНЕРГО» та Кодексу Комерційного обліку електричної енергій. Відповідно до даних рекомендацій встановлення точки обліку повинно бути виконане на межі балансової відповідальності споживача та ОСР.

Відповідно до даних вимог лічильник встановлюється в виносній шафі обліку на фасаді будинку, або на межі земельної ділянки. Враховуючи дані рекомендації встановлення лічильника буде проведено на межі земельної ділянки, максимально близько до існуючої опори повітряної лінії. Монтаж шафи обліку виконується відповідно до кр. №3 на трубостійці в захищеному герметичному боксі з віконцем для зняття показників. В шафі обліку передбачається встановлення ввідного автоматичного вимикача відповідно до дозволеної потужності.

При виборі лічильника необхідно враховувати, що даним проектом передбачається встановлення автономної системи електропостачання на базі сонячної електричної енергії. Таким чином лічильник електричної енергії повинен мати можливість враховувати як і надходження електричної енергії так і віддачу її в мережу. Для зниження витрат на споживану електричну енергію лічильник має бути запрограмований на облік енергії по двозонному тарифу (день-ніч).

Враховуючи всі ці рекомендації та умови використання пропонується встановлення лічильника прямого включення NIK 2104 AP6T.2602.MC.21.



Рисунок 3.5 – Лічильник електричної енергії NIK 2104 AP6T.2602.MC.21

Відповідно до технічних характеристик даний лічильник дозволяє обліковувати електричну енергію як в прямому так і в зворотному напрямку  $A_{\pm}$ , може використовуватися в системах АСКОЕ. Лічильник підтримує до 4х зон обліку електричної енергії.

Даний засіб обліку відповідає усім вимогам ТУ У 33.2-33401202-008:2008, ГОСТ 30207, ДСТУ ІЕС 61268, ДСТУ ІЕС 61036 та СОУ-Н МПЕ 40.1.35.110:2005 та рекомендований до встановлення для комерційного обліку електричної енергії в розподільних мережах АТ «СУМІОБЛЕНЕРГО»

### 3.6 Висновки

Провівши детальний аналіз та відповідні розрахунки в даному розділі прийняте рішення при проведенні реконструкції мережі житлового будинку. Для використання у внутрішній мережі електричної проводки прийнято рішення використовувати мідний ізольований провід в ПВХ ізоляції не підтримуючий горіння марки ВВГнг 3х2,5 (ож). Даний вибір базується на розрахунку максимальних струмів при проєктованому навантаженні. Відповідно до норм ПУЄ довготривалий допустимий струм для даного провідника становить 21А. Максимальне проєктоване навантаження на лінію становить 12,23А. Всі потужні споживачі виведені на окремі лінії живлення. Тому даний вибір провідників для внутрішніх мереж забезпечить надійну роботу системи електропостачання навіть в разі перевищення проєктованого навантаження.

Для прокладання основних живлячих мереж від шафи обліку до розподільної шафи в будинку враховане збільшення дозволеної потужності до 7кВт (максимальне рекомендоване значення АТ «СУМІОБЛЕНЕРГО» для однофазних побутових споживачів), тому для даних мереж вибрані провідники: ВББШв-1 2х8мм<sup>2</sup> для прокладання від шафи обліку до ввідно-розподільчої шафи, та ВВГнг 3х8мм<sup>2</sup> для прокладання від ввідно-розподільчої шафи до розподільної внутрішньо будинкової шафи. Дані провідники відповідають вимогам щодо допустимих довготривалих струмів при даному навантаженні.

Для освітлення приміщення вибрано LED-лампи потужністю 10Вт. Враховуючи матеріали стін, їх колір та геометричні параметри приміщення проведено розрахунок необхідної кількості освітлювальних приладів. Всі розрахунки відповідають нормам та вимогам ДБН В 2.5-28:2018. Для освітлювальної мережі відповідно до рекомендацій нормативних документів вибраний провідник ВВГнг 2х1,5мм<sup>2</sup>, що повністю відповідає вимогам щодо безпеки використання мережі освітлення.

Для безпечного використання електрообладнання передбачено монтаж захисного заземлення. Проведені розрахунки щодо необхідної кількості заземлюючих електродів, їх довжини, глибини закладення та довжини з'єднувальної полоси. Розрахунками встановлено що для будівництва контуру захисного заземлення, який відповідатиме необхідним нормам, потрібно використовувати 6 заземлюючих електродів довжиною 5 метрів. Відстань між електродами для зменшення ефекту екранування не повинна бути меншою за довжину електрода. Глибина закладання контуру заземлення повинна становити 0,7м від рівня ґрунту. З урахуванням питомого опору ґрунтів даного регіону та використанням сезонних коефіцієнтів, проведені розрахунки показують що при такому виконанні захисний контур буде відповідати необхідним вимогам ПУЕ.

Проаналізувавши характеристики проекрованої системи електропостачання розраховано опір петлі «фаза-нуль». На основі даних розрахунків проведено вибір автоматичних вимикачів відповідно заданого навантаження, дозволеної потужності та струмів короткого замикання.

Відповідно обрано для захисту внутрішніх мереж автоматичні вимикачі категорії С з  $I_{ном}=16$  А для ліній 7-15, для захисту лінії 2 – диференційний автоматичний вимикач категорії С з  $I_{ном} = 16$ А, струмом витoku 30мА. Для захисту ліній 1, 3-6 – застосувати диференційний автоматичний вимикач С10 зі струмом витoku 30мА. Дана схема забезпечить стабільну роботу з заявленим навантаженням на кожній лінії. Застосування диференційних автоматичних вимикачів на лініях з потужними електричними приладами забезпечить високий рівень безпеки для людини від напруги дотику у разі пошкодження обладнання.

В мережах освітлення прийнято до застосування автоматичні вимикачі категорії В з номінальним струмом 6А, що на достатньому рівні забезпечить відключення лінії у разі пошкодження.

Для встановлення на ввіді з урахуванням дозволеної потужності вибрані автоматичні вимикачі С32.

Всі встановлені автоматичні вимикачі забезпечують необхідний допустимий час відключення лінії у разі перевантаження або короткого замикання, та враховують селективність спрацювання.

Як засіб обліку електричної енергії обрано НІК 2104 АР6Т.2602.МС.21. Даний лічильник відповідає всім необхідним нормам та вимогам. Забезпечує облік електроенергії в обох напрямках. Даний тип лічильника дозволяє інтегрувати його до вже існуючих систем АСКОЕ.

## 4 СИСТЕМА АВТОНОМНОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

### 4.1. Вибір системи автономного електропостачання

Вибір обладнання для будівництва систем автономного електропостачання базується на врахуванні багатьох параметрів: місцевості, кліматичної зони, погодних параметрів поточного розташування, вітрової карти, географічного положення місця встановлення обладнання та ін. Проведемо первинний аналіз поточного розташування житлового будинку для вибору системи автономного живлення:

Середньорічна температура	+8,8 С
Мінімальна температура січня	-25 С
Максимальна температура липня	+35 С
Середньорічна вологість	70-85%
Річні опади	550-560 мм
Сонячних днів на рік	250
Швидкість вітру (на висоті 10-12м)	3,5-4,5 м/с
Напрямок вітру	переважно західний

Враховуючи що мінімальна швидкість вітру для запуску побутових вітрових електростанцій повинна бути не нижче 3-3,5 м/с можна зробити висновки, що використання вітрових установок як основного джерела автономного електропостачання, для даної місцевості є недоцільним. З іншого боку використання ВЕС як комбінованої частини автономної системи має сенс. В той час, враховуючи, що даний будинок знаходиться в місті потрібно врахувати що наявність вітру, його силу та напрямок безпосередньо впливає і міська забудова. Окрім того під час роботи вітрові генератори можуть створювати шум до 50-65 дБ, що може викликати певний рівень дискомфорту. В деяких випадках встановлення вітрових електростанцій потребує узгодження з місцевим населенням та місцевою владою.

Окрім вищезазначеного, досить вагомими мінусами вітрових електростанцій є те, що вони потребують постійного технічного обслуговування,

оскільки мають рухомі частини. В випадках, коли ВЕС встановлюється на значній висоті, це може бути досить проблематично.

Використання сонячної генерації в даному випадку виглядає більш привабливо. Сонячна електростанція є більш прогнозованою в плані розрахунків потужності, відсутні екологічні аспекти під час використання, не має рухомих частин і потребує не значного технічного обслуговування. Строки використання сонячних електростанцій складають 20-30 років без значної втрати генерації. Будівництво малопотужних сонячних електростанцій до 30кВт не потребує погодження з місцевою владою, а вразі відсутності підключення до електричної мережі і погодження з ОСР. В разі будівництва сонячної електростанції на даху будівлі не потрібне виділення великих площ землі. Відсутні шуми та негативні наслідки.

В той час використання сонячних електростанцій має і свої мінуси:

- Відсутність генерації в нічний час;
- Потребує відсутності затінення панелей;
- Низький рівень генерації в похмурі дні та взимку;
- Зниження генерації в разі перегріву панелей;
- Значні прощі земельних ділянок, у разі не можливості встановлення дахової СЕС;
- Необхідність використання систем енергозбереження у разі використання СЕС як основного джерела електричної енергії.

Проаналізувавши аспекти використання альтернативних джерел електропостачання можна зробити висновок, що в даному випадку використання сонячної електростанції являється більш доцільним, оскільки не потребує складного технічного обслуговування, є більш прогнозованою в роботі, не потребує встановлення на певній висоті, не створює шумів та не потребує погодження для встановлення.

## 4.2 Вибір та розрахунок необхідного обладнання

Відповідно до вимог кодексу ОСР та ПРРЕ технічна характеристика генеруючого обладнання не повинна перевищувати встановлену дозволена потужність. Виходячи з даних вимог вибір потужності встановлюваного інвертору в даному випадку обмежується дозволеною потужністю в 7кВт. Враховуючи що середньодобове споживання становить близько 15 кВт/год (рис. 4.1) та максимальне навантаження не перевищує 4,5 кВт (рис. 2.2), можна зробити висновок що генерації в об'ємі 7кВт буде достатньо для забезпечення живлення даного будинку.

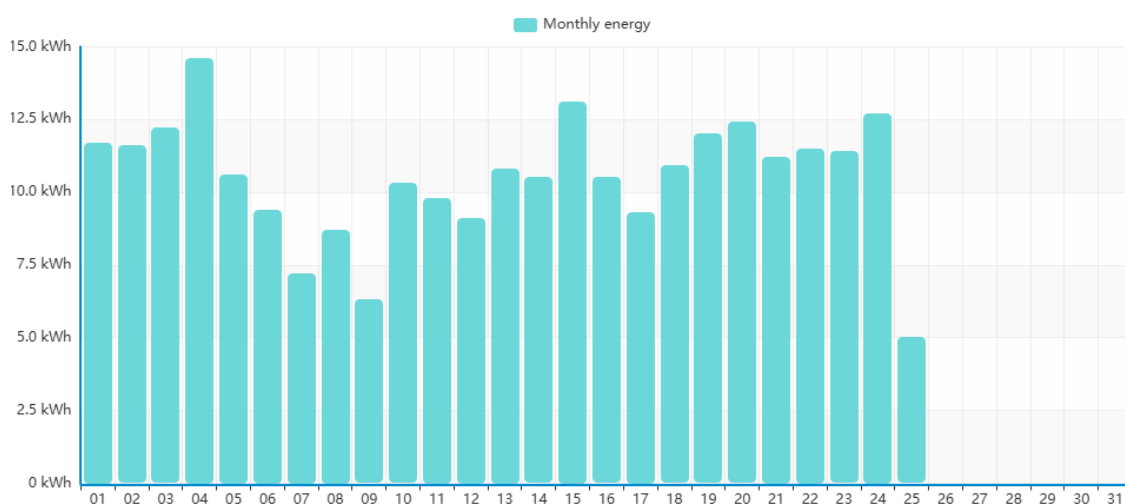


Рисунок 4.1 – Добове споживання електроенергії

Для визначенні необхідної кількості сонячних панелей необхідно врахувати рівень інсоляції даного регіону, та кут нахилу панелей. Оскільки встановлення сонячних панелей планується на даху, що обмежує площу поверхні, то це також потрібно враховувати.

Таблиця 4.1 – Середньомісячна інсоляція м. Охтирка

Міс.	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Інсоляція $I_{n,міс}$ , кВт·год/м <sup>2</sup> ·день	1,1	2,1	3,2	4,3	5,2	5,8	5,6	5	3,8	2,5	1,3	0,9

Також необхідно враховувати що дана інсоляція врахована для горизонтальної поверхні. Тому для розрахунків необхідно врахувати поправочні коефіцієнти з урахуванням нахилу сонячних панелей. Відповідно до рис. 4.2 кут

нахилу даху становить  $37^\circ$ , тому прийємо найближчі поправочні коефіцієнти для кута  $35^\circ$ .

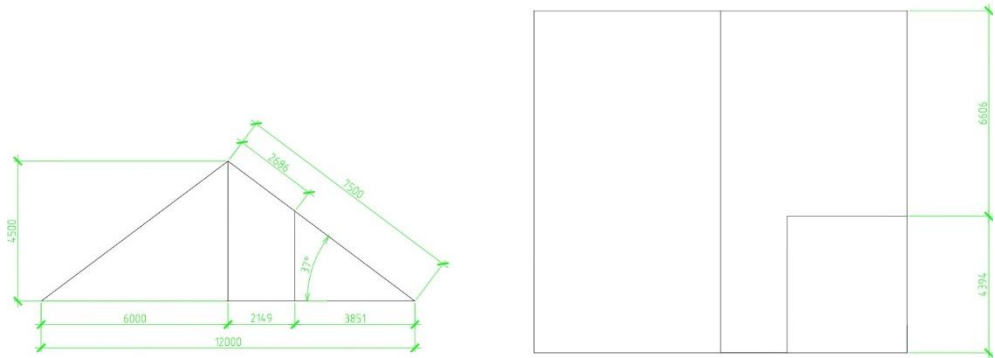


Рисунок 4.2 – Геометричні параметри даху

Таблиця 4.2 – Поправочні коефіцієнти інсоляції для кута  $35^\circ$

Міс.	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Поправочні к-ти для кута нахилу $35^\circ$ , k	1,45	1,37	1,24	1,13	1,05	1	1	1,08	1,19	1,31	1,45	1,52

Для визначення кількості панелей розрахуємо середньорічну інсоляцію для регіону за формулою:

$$I_{n_{\text{сер.річ}}} = \frac{\sum I_{n_{\text{міс}}} \cdot k}{12}, \text{ кВт/год} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{день} \quad (4.1)$$

$$I_{n_{\text{сер.річ}}} = \frac{1,1 \cdot 1,4 + 2,1 \cdot 1,37 + 4,3 \cdot 1,24 + 5,2 \cdot 1,13 + 5,8 \cdot 1,05 + 5,6 \cdot 1 + 5 \cdot 1 + 3,8 \cdot 1,08 + 2,5 \cdot 1,31 + 1,3 \cdot 1,45 + 0,9 \cdot 1,52}{12} = 1417 \text{ кВт/год} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{день}$$

Враховуючи коефіцієнт корисної дії сонячних панелей  $\eta_{\text{сп}}$  розрахуємо необхідну мінімальну площу поля сонячних панелей для забезпечення живлення будинку:

$$S_{\text{сп}} = \frac{I_{n_{\text{сер.річ}}} \cdot \eta_{\text{сп}}}{P_{\text{спож}}}, \text{ м}^2 \quad (4.2)$$

де  $S_{\text{сп}}$  – площа сонячного поля.  $\text{м}^2$ ;

$P_{\text{спож}}$  – середньодобове споживання електричної енергії, кВт/год;

$\eta_{\text{сп}}$  – коефіцієнт корисної дії сонячних панелей, для монокристалічних сонячних елементів  $\eta_{\text{сп}} = 0,22$ , для полікристалічних -  $\eta_{\text{сп}} = 0,18$ .

При будівництві даної сонячної електростанції будуть використовуватися сонячні панелі на базі монокристалічних фотоелементів, тому прийємо  $\eta_{сп} = 0,22$ .

$$S_{сп} = \frac{1417 * 0,22}{15} = 20,78 \text{ м}^2$$

Розмір стандартної сонячної панелі потужністю 545 Вт становить 2,384 м на 1,096, відповідно площа 1 панелі складає  $S_{пан} = 2,61 \text{ м}^2$ .

Розрахуємо мінімальну кількість панелей:

$$n_{пан} = \frac{S_{сп}}{S_{пан}}, \text{ шт} \quad (4.3)$$

$$n_{пан} = \frac{20,78}{2,61} = 7,96 \text{ шт}$$

Округляємо до більшого значення і отримуємо що мінімальна кількість панелей для забезпечення житлового будинку з середньодобовим споживанням електричної енергії становить 8 панелей з площею 2,61 м<sup>2</sup>.

Розрахуємо максимальну кількість панелей яку може підтримувати інвертор з потужністю 7 кВт. Для даного проекту був вибраний гібридний інвертор Deye SUN-6K-SG03LP1-EU (рис. 4.3). Технічні характеристики даного інвертора наведені в додатку Д.

Фотоелектричні модулі використовуються Risen RSM 110-8-545 Вт. Технічні характеристики даної панелі наведені в додатку К.



Рисунок 4.3 – Гібридний інвертор Deye SUN-6K-SG03LP1-EU



Рисунок 4.4 – Фотоелектричні модулі Risen RSM 110-8-545

Максимальна вхідна потужність на 1 полі сонячних панелей відповідно до технічної характеристики даного інвертора складає 4500 Вт. Відповідно до технічних характеристик номінальна потужність сонячної панелі становить 545Вт. Тому максимальна кількість панелей які можна підключити до MPPT контролера інвертора становить 10 шт. Оскільки в даному інверторі є 2 MPPT контролера максимальна кількість панелей становить 20 шт. відповідно до закону Ома при послідовному з'єднанні джерел живлення їх струм не змінюється, а напруга складається.

Перевіримо можливість приєднання даного поля до цього інвертора

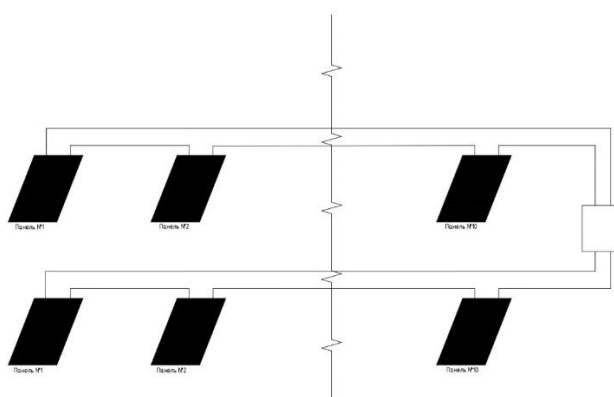


Рисунок 4.5 – Схема з'єднання панелей

Кількість панелей  $n=10$ ,  $I_{mp\!p}=14,1\text{A}$ ,  $V_{mp\!p}=29,38\text{В}$ . В даному випадку отримуємо що максимальна напруга становить 293,8В. що з запасом відповідає технічним характеристикам інвертора.

Дах будівлі має певний виступ для тераси, тому для встановлення панелей відповідно до рис. 4.2 ми маємо дві прямокутні ділянки розмірами  $A_1=4,394\text{м}$ ,  $B_1=2,686\text{м}$  та  $A_2=6,606\text{м}$ ,  $B_2=6,606\text{м}$ . Враховуючи геометричні розміри сонячних панелей зробимо висновок що на ділянці  $A_1B_1$  можна розмістити 1 горизонтальний ряд в 4 панелі, а на ділянці  $A_2B_2$  – 3 горизонтальних ряди по 6 панелей. В загальному обсязі це дозволяє встановити на даху 22 панелі.

Для забезпечення автономного живлення будинку в нічний час необхідно використовувати системи збереження електричної енергії. Відповідно до

технічних характеристик даний інвертор підтримує роботу з акумуляторними батареями напругою 40-60В та струмом розряду/заряду до 120А.

Розглянемо основні види акумуляторних батарей, які доступні на даний час на ринку.

Таблиця 4.3 – Порівняльна характеристика акумуляторних батарей

Характеристика	Свинцево-кислотні (AGM/GEL)	Літій-залізо-фосфатні (LiFePO <sub>4</sub> )	Літій-іонні (NMC/NCA)
Ресурс (кількість циклів)	300–1000	3000–6000+	1000–3000
Глибина розряду (DoD)	~50%	до 100%	80–90%
ККД (ефективність)	~75–85%	~95–98%	~90–95%
Температурна стабільність	Середня	Висока	Середня
Безпека	Висока	Дуже висока	Середня
Потреба в обслуговуванні	Мінімальна / є	Немає	Немає
Щільність енергії (Вт·год/кг)	30–50	90–120	150–250
Час заряджання	6–12 год	1–4 год	1–3 год
Ціна (відносна)	Низька	Висока	Висока
Маса	Висока	Середня	Низька
Застосування	Резервне живлення, бюджетні СЕС	Автономні системи, будинки, СЕС	Електромобілі, техніка

Розглянувши основні типи акумуляторних батарей можна зробити певні висновки щодо використання їх системах збереження електричної енергії:

- Використання свинцево-кислотних акумуляторів потребує обслуговування, акумулятори мають довгий термін заряджання, низький коефіцієнт ефективності, мають малий ресурс та низький рівень критичного розряду, довгий період заряду – даний тип акумуляторів не придатний для постійної роботи з сонячними електростанціями.

- Літій-залізо-фосфатні акумулятори (LiFePO<sub>4</sub>) мають значно більший ресурс використання, високі струми заряджання (до 1,5С), мають високий ККД, одним із основних мінусів даних акумуляторів являється їх ціна.

- Для забезпечення автономної роботи системи електропостачання будинку виберемо батарею Felicity LPBF48300 з ємністю 300А/г та напругою 51,2В, що сумарно дає  $C_{бат}=15\text{кВт/год}$  електричної енергії. Технічна характеристика наведена в додатку Л.



Рисунок 4.6 – Акумуляторна батарея батарею Felicity LPBF48300

Розрахуємо час зарядки акумуляторів від інвертора. З технічних характеристик інвертора відомо що максимальний струм заряджання акумулятора становить  $I_{зар}=120A$ , в технічній характеристиці батареї вказано що допустимий струм заряду для даного типу батареї також становить  $120A$

$$P_{зар} = I_{зар} U_{бат} \eta_{інв.} \quad (4.4)$$

де  $P_{зар}$  – потужність зарядного пристрою, кВт;

$U_{бат}$  – напруга на клеммах акумуляторної батареї, В;

$\eta_{інв.}$  – коефіцієнт корисної дії інвертора.

$$P_{зар} = 120 * 52,1 * 0,97 = 6,064 \text{ Вт}$$

Розрахуємо час повної зарядки батареї  $t_{зар}$ :

$$t_{зар} = \frac{C_{бат}}{P_{зар}} \quad (4.5)$$

де  $t_{зар}$  – час повного заряджання, год;

$C_{бат}$  – ємність акумуляторної батареї, кВт/год;

$P_{бат}$  – потужність зарядного пристрою, кВт.

$$t_{зар} = \frac{15}{6,064} = 2,47 \text{ год.}$$

Виходячи з даного розрахунку видно, що повний заряд батареї за умов максимальної генерації становить приблизно 2 год. 30 хв, що дозволить нам повноцінно використовувати сонячну електростанцію як для заряджання даного

акумулятора, так і для забезпечення живленням будинку і генерації електричної енергії за зеленим тарифом.

### **4.3 Вибір провідників та системи захисту**

Для безпечної експлуатації сонячної електростанції необхідно правильно розрахувати перетин провідників, які використовуються для забезпечення функціонування електроустановки.

Як раніше встановлено, з'єднання сонячних панелей у масив виконується за послідовною схемою. Тому струм в даній мережі буде дорівнювати струмові який генерує 1 елемент даної системи. Відповідно до технічних даних сонячних панелей максимальний струм становить  $I_{mpp}=14,1A$ , тому відповідно до таб. №1.3.4 ПУЕ достатньо використовувати провід перетином  $1\text{мм}^2$ . Проте згідно рекомендацій наведених в технічній документації для даних систем необхідно використовувати проводи не менше 10AWG, який має перетин  $5,3\text{мм}^2$ .

Відповідно таблиці допустимих довготривалих струмів для проводів AWG встановлюємо що для даного проводу допустимий довготривалий струм становить 50A, набагато більший ніж використовується в нашій схемі. Необхідно також зауважити, що для з'єднання сонячних панелей використовуються герметичні затискачі типу MC4 (рис. 4.7), мінімальний перетин кабелю для яких становить  $4\text{мм}^2$ , тому для приєднання панелей використовуємо рекомендований виробником провід 10AWG.

Для придання акумулятора до інвертора відповідно до таб. №1.3.4 ПУЕ необхідно використовувати провід з перетином жил не менше  $35\text{мм}^2$ .

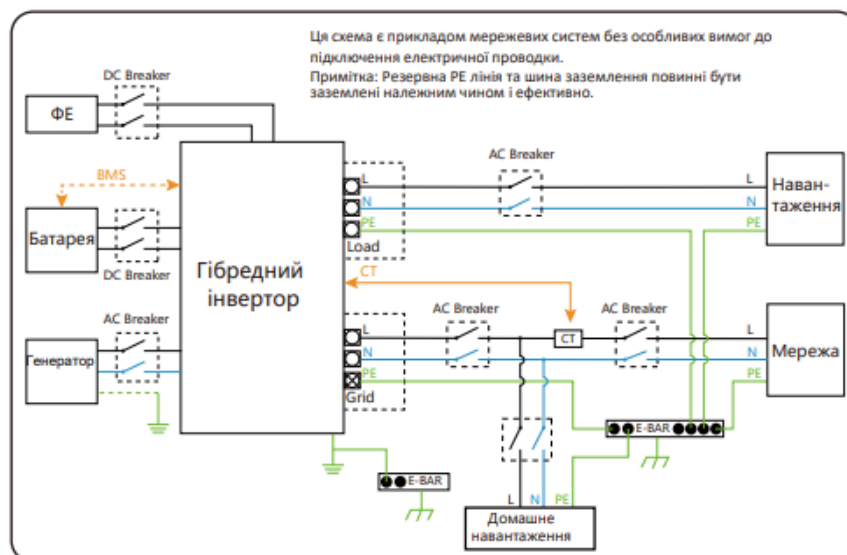


Рисунок 4.8 – Схема приєднання інвертора до мережі

Для захисту від струмів короткого замикання та на масиві сонячних панелей необхідно встановлення автоматичних вимикачів для роботи з постійним струмом. В даному випадку не доцільно проводити розрахунки струмів КЗ та опорів системи. Автоматичний вимикач вибираємо за максимальним струмом в масиві сонячних панелей. В нашому випадку встановлюється автоматичний вимикач з  $I_{ном}=16A$  для постійного струму.

Аналогічним методом вибираємо автоматичний вимикач для захисту батареї.  $I_{ном}=125A$ .

#### 4.4 Висновки

В даному розділі проаналізовано доцільність використання вітрових та сонячних електростанцій як джерел автономного електропостачання з урахуванням місцевих кліматичних умов (середньорічна температура, вологість, швидкість вітру, сонячні дні). Обґрунтовано переваги використання сонячної електростанції, зокрема її прогнозованість у роботі, менші вимоги до обслуговування, відсутність шуму та обмежень щодо встановлення.

Визначено обмеження на потужність генеруючого обладнання відповідно до вимог ОСР та ПРЄЄ (7 кВт). Розраховано необхідну мінімальну кількість сонячних панелей (8 шт.) на основі середньодобового споживання електроенергії (15 кВт/год), рівня інсоляції та кута нахилу даху. Визначено максимальну

кількість панелей (20 шт.), яку може підтримувати обраний гібридний інвертор Deye SUN-6K-SG03LP1-EU, та перевірено можливість їх підключення.

Розглянуто можливість розміщення панелей на даху та визначено їх оптимальну кількість (22 шт.) з урахуванням геометричних розмірів даху.

Обґрунтовано необхідність використання системи збереження енергії для забезпечення автономного живлення в нічний час, Проаналізовано різні типи акумуляторних батарей та обрано літій-залізо-фосфатну батарею Felicity LPBF48300 (300 А/г, 51,2 В) як оптимальний варіант.

Проведені розрахунки та аналіз підтверджують можливість створення ефективної та надійної системи автономного електропостачання для житлового будинку з використанням сонячної енергії. Обрана конфігурація системи забезпечує оптимальне використання доступних ресурсів, відповідає технічним вимогам та забезпечує необхідний рівень автономності.

## **5 ОХОРОНА ПРАЦІ**

### **5.1 Нормативно-правова база**

Монтаж і експлуатація електрообладнання регламентуються Правилами улаштування електроустановок (ПУЕ) та Державними будівельними нормами (ДБН), а також національними стандартами (ДСТУ). Зокрема, ДБН В.2.5-23:2010 та ПУЕ визначають основні вимоги до електропостачання будівель і безпеки при електромонтажних роботах. При монтажі СЕС слід враховувати вимоги галузевих стандартів (наприклад, ДСТУ 7503:2014 «Фотоелектричні станції») і правила встановлення фотоелектричного обладнання. Крім того, дотримуються вимог ДСТУ та НПАОП з охорони праці в будівництві, що встановлюють загальні принципи безпеки при виконанні будь-яких будівельно-монтажних робіт.

### **5.2 Монтаж внутрішньої та зовнішньої електропроводки**

Перед початком робіт необхідно відключити напругу у зоні монтажу та переконатися в її відсутності. Робітники повинні пройти інструктаж за «Інструкцією з охорони праці при виконанні електромонтажних робіт» і мати групу з електробезпеки не нижче II. При прокладанні кабелів у приміщеннях та по фасаду будинку слід звільнити робочі проходи від зайвих матеріалів, накрити металеві частини ковпачками, щоб уникнути торкання під напругою. Для запобігання ураженню електричним струмом треба передбачити захисне заземлення та вирівнювання потенціалів у щитових і розподільних мережах. Відповідно до ПУЕ, всі струмовідні частини обладнання мають бути захищені заземленням або ізоляцією: відсутність або неналежне заземлення «може загрожувати життю людей та обладнання».

Основні небезпеки – ураження струмом (при випадковому контакті з оголеними провідниками), пожежа (через перегрів від перевантаження або короткого замикання), а також травми під час роботи з різальним чи проколюючим інструментом. Заходи попередження: на електрощитах і

розподільних коробках слід встановлювати блокувальні клеми та попереджувальні написи. Всі з'єднання кабелів виконуються із заземленим інструментом, а струмові ланцюги захищаються автоматами і ПЗВ. Згідно з ПУЕ, пристрій захисного відключення (ПЗВ) автоматично вимикає живлення при виникненні витoku струму, що суттєво знижує ризик ураження.

### **5.3 Встановлення сонячної електростанції (СЕС)**

Під час монтажу панелей на даху слід суворо дотримуватися правил робіт на висоті. Сонячні панелі і кріпильні конструкції мають бути герметично прикріплені, а монтажні роботи виконуються вдвох (українські норми забороняють самотню роботу на висоті). Для робіт із прокладання кабельних траси від СЕС – через дах чи фасад – необхідно використовувати діелектричний інструмент та захисні засоби. На сонячну електростанцію встановлюються обмежувачі перенапруги та запобіжні автомати, щоб захистити домашню мережу від атмосферних перенапруг і коротких замикань.

При установці СЕС існує високий ризик падіння з даху і ураження струмом (особливо якщо сонячні панелі та кабелі вже під'єднані до інвертора). Заходи безпеки: поверхні даху мають бути очищені від льоду/снігу, а працівники – закріплені страхувальними поясами або тросами. Електромонтажні роботи виконуються тільки після зняття напруги і розряджання конденсаторів інвертора. Кожну фазу і корпус обладнання перевіряють тестером на відсутність напруги перед початком монтажу.

### **5.4 Розміщення електричного обладнання**

При встановленні щитів, коробок, вимикачів та розеток дотримуються правил ПУЕ щодо відстаней до опалювальних приладів, радіаторів та водопровідних труб. Вимикачі мають бути доступні для огляду, а всі стаціонарні металеві частини повинні мати заземлення. Якщо проводка проходить по горищах чи підвалах, приміщення обладнують освітленням та вентиляцією, щоб

запобігти виникненню вибухонебезпечних сумішей (наприклад, відпрацьованого газу).

У цій зоні можливі падіння інструменту на оточення і короткі замикання через механічні пошкодження проводів. Заходи: Щитове обладнання встановлюють на міцні кронштейни, надійно фіксуючи кабелі в гофрованих трубах або лотках. Заборонено зберігати легкозаймисті рідини поруч з електрощитом.

### **5.5 Роботи на висоті**

Всі монтажні роботи, пов'язані з підйомом на дах чи висотні конструкції (монтаж сонячних панелей, установлення стійок для проводів), класифікуються як роботи підвищеної небезпеки. Використовують монтажні риштування і люльки з урахуванням навантаження. Забороняється підніматися по водостічних трубах або тимчасових опорах. Ризики. Основна небезпека – падіння з висоти та утримання кабелю під напругою. Заходи безпеки: Для захисту від падіння працівники застосовують страхувальні пояси і самострахівні троси з надійними кріпленнями. В нижній точці робіт слід огорожувати робочу зону попереджувальною стрічкою та стендами з плакатами з охорони праці.

## **6. ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЄКТУ**

### **6.1 Обґрунтування інвестицій**

Існуюча електромережа, змонтована на початку 1990-х років, має значний фізичний знос, що створює серйозні ризики пожежі та ураження електричним струмом. Основні проблеми включають невідповідність перетину провідників поточному навантаженню, застарілі захисні пристрої, низькоякісні з'єднання та повну відсутність захисного заземлення.

Запропонована реконструкція усуває ці недоліки, підвищуючи безпеку, надійність та енергоефективність. Вона відповідає чинним нормативним документам України, таким як ПУЕ та ДБН. Розподіл електрообладнання на окремі групи мінімізує необслуговувані з'єднання та підвищує надійність, дозволяючи швидше знаходити та усувати несправності. Встановлення захисного заземлення та сучасних автоматичних вимикачів, включаючи диференційні автомати, забезпечує високий рівень захисту від ураження струмом та перевантажень. Використання прихованої проводки в захисних трубах збільшує термін служби системи та спрощує ремонт без пошкодження стін.

### **6.2 Аналіз витрат на реконструкцію електричної мережі**

Загальна орієнтовна вартість реконструкції внутрішньої електромережі складається з витрат на матеріали та монтажні роботи. Вартість матеріалів, включаючи мідні кабелі відповідного перетину, автоматичні вимикачі, диференційні автомати, матеріали для захисного заземлення та лічильник електроенергії, становить приблизно 31 368.79 грн. Монтажні роботи, що охоплюють встановлення розеток, вимикачів, прокладання кабелів, встановлення захисних пристроїв, розподільних коробок, електричного щита та контуру заземлення, оцінюються приблизно в 44 382.50 грн.

Таким чином, загальна сума на реконструкцію внутрішньої електромережі становить близько 75 751.29 грн.

Встановлення автономної сонячної електростанції передбачає інвестиції в обладнання та монтажні роботи. Для проєкту обрано 20 монокристалічних сонячних панелей, гібридний інвертор потужністю 6 кВт та літій-залізо-фосфатну акумуляторну батарею ємністю 15 кВт·год, а також необхідні кабелі та захисні пристрої постійного струму та кріплення. Загальна вартість обладнання СЕС оцінюється приблизно в 271 500.00 грн. Монтажні роботи, що включають встановлення сонячних панелей на даху та підключення інвертора й акумулятора, становлять близько 52 000.00 грн.

Отже, загальна сума на встановлення сонячної електростанції становить приблизно 323 500.00 грн.

Сумарні капітальні витрати на реалізацію всього проєкту, що включають реконструкцію внутрішньої електромережі та встановлення сонячної електростанції, становлять 399 251.29 грн. З урахуванням 10% на непередбачені витрати (39 925.13 грн), загальні інвестиції в проєкт оцінюються в 439 176.42 грн.

Економічні Вигоди та Фінансові Прогнози

Проєкт забезпечує подвійну економічну вигоду. По-перше, це економія на споживанні електроенергії з мережі. При середньодобовому споживанні 15 кВт·год та поточному тарифі 4.32 грн/кВт·год, річна економія від власної генерації становить приблизно 23 652.00 грн. По-друге, це дохід від продажу надлишкової електроенергії за "Зеленим тарифом". При річній генерації СЕС 13687.5 кВт·год та власному споживанні 5475 кВт·год, надлишок для продажу становить 8212.5 кВт·год. З урахуванням чистої ставки "Зеленого тарифу" (4.75 грн/кВт·год після оподаткування), прогнозований річний дохід становить 39 039.04 грн.

Таким чином, сумарна річна економічна вигода від проєкту складає 62 691.04 грн. Розрахований простий термін окупності проєкту становить приблизно 7 років.

Окрім прямих фінансових вигод, проєкт має значні довгострокові переваги: підвищення ринкової вартості нерухомості, забезпечення енергетичної

незалежності від централізованих відключень та майбутнього зростання тарифів, а також стабільний пасивний дохід.

Детальний економічний аналіз підтверджує фінансову доцільність проєкту реконструкції електропостачання та встановлення автономної сонячної електростанції. З огляду на обґрунтовані економічні вигоди, підвищення рівня безпеки та довгострокові стратегічні переваги, рекомендується розпочати реалізацію проєкту. Додатково варто провести оптимізацію витрат шляхом аналізу ринку постачальників та підрядників, а також здійснювати моніторинг фінансових показників після введення системи в експлуатацію.

## ВИСНОВКИ

У результаті виконання дипломного проєкту було проаналізовано технічний стан існуючої системи електропостачання приватного житлового будинку, виявлено її недоліки та обґрунтовано необхідність реконструкції. Проведено розрахунки електричних навантажень, оптимізовано схему електропостачання з урахуванням розподілу на функціональні групи, підібрано відповідні перетини провідників та засоби захисту. Визначено доцільність використання мідних провідників і систем автоматичного захисту категорій В та С, а також диференційного захисту для електрообладнання І класу.

Особливу увагу приділено впровадженню альтернативних джерел живлення. Обґрунтовано встановлення сонячної електростанції з гібридним інвертором та акумуляторною батареєю, що дозволяє частково або повністю забезпечувати потреби домогосподарства в електроенергії, особливо у періоди пікового споживання або аварійного відключення централізованого живлення.

У ході роботи було також розроблено схему захисного заземлення, виконано розрахунки втрат напруги, падіння напруги у проводах та перевірено відповідність обраного електротехнічного обладнання вимогам нормативних документів. Проведено економічне обґрунтування проєкту, яке підтвердило ефективність запропонованих технічних рішень.

Результати проєкту можуть бути використані для реконструкції електропостачання аналогічних об'єктів приватної житлової забудови з метою забезпечення надійного, безпечного та економічно доцільного електропостачання.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Правила улаштування електроустановок (ПУЕ). – Київ: НТУ, 2018.
2. ДБН В.2.5-23:2010. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2010.
3. ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення. – Київ: Мінрегіон України, 2018.
4. ДСТУ 8855:2019. Будівлі та споруди. Визначення класу наслідків (відповідальності). – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2020.
5. ДСТУ 7503:2014. Електроенергетика. Фотоелектричні станції. Загальні технічні вимоги. – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2014.
6. ДСТУ EN 62446-1:2018. Фотовольтаїка. Вимоги до системної документації, комісійного введення, перевірки та інспекції. – Київ: УкрНДНЦ, 2018.
7. ДСТУ ISO 50001:2019. Системи енергетичного менеджменту. Вимоги та настанови щодо використання. – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2019.
8. Закон України «Про альтернативні джерела енергії». № 555-IV від 20.02.2003 // Відомості Верховної Ради України. – 2003. – №24.
9. Інструкція з улаштування захисного заземлення в житлових будинках. – ДП «УкрДІЕнерго», 2020. – 22 с.
10. Постанова НКРЕКП №550 від 15.04.2025. Про затвердження Змін до Кодексу систем розподілу. – [Електронний ресурс]. – <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0550874-25>
11. Сердюк В.С. Електробезпека в електроустановках. – Київ: ВЦ "Академія", 2019. – 180 с.
12. Резнік І.І. Фотоелектричні системи: проектування, монтаж і обслуговування. – Львів: Каменяр, 2020. – 276 с.
13. Данілов І.С. Альтернативна енергетика: сонячна та вітрова енергія. – К.: НТУУ «КПІ», 2021. – 198 с.

14. Smetana L., Horák B. Electrical Installations in Residential Buildings. – Prague: Czech Technical University Publishing, 2019. – 148 p.
15. IEEE Std 1547-2018. Standard for Interconnection and Interoperability of Distributed Energy Resources with Associated Electric Power Systems Interfaces. – IEEE, 2019.
16. International Electrotechnical Commission (IEC) 60364. Low-voltage electrical installations – Part 4: Protection for safety. – Geneva: IEC, 2019.
17. Quaschnig V. Understanding Renewable Energy Systems. – London: Earthscan, 2019. – 400 p.
18. European Commission. Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS). – [Електронний ресурс]. – <https://ec.europa.eu/jrc/en/pvgis>
19. Solargis. Solar Resource Maps and GIS Data. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://solargis.com/maps-and-gis-data/download>
20. Duffie J.A., Beckman W.A. Solar Engineering of Thermal Processes. – 4th ed. – New York: Wiley, 2020. – 936 p.
21. Коваленко В.М., Глушко О.І. Аналіз інсоляційного потенціалу регіонів України // Енергозбереження. Енергетика. Енергетичний аудит. – 2020. – №3. – С. 27–32.

## ДОДАТКИ

### Додаток А

#### Допустимий тривалий струм для проводів і шнурі

Таблиця А1 – Допустимий тривалий струм для проводів і шнурів з гумовою і полівінілхлоридною ізоляцією з мідними жилами (ПУЕ таб. 1.3.4)

Перетин струмопровідної жили, мм <sup>2</sup>	Струм, А, для проводів, прокладених					
	відкрито	в одній трубі				
		двох одножильних	трьох одножильних	чотирьох одножильних	одного двожильного	одного трьохжильного
0,5	11	-	-	-	-	-
0,75	15	-	-	-	-	-
1	17	16	15	14	15	14
1,2	20	18	16	15	16	14,5
1,5	23	19	17	16	18	15
2	26	24	22	20	23	19
2,5	30	27	25	25	25	21
3	34	32	28	26	28	24
4	41	38	35	30	32	27
5	46	42	39	34	37	31
6	50	46	42	40	40	34
8	62	54	51	46	48	43
10	80	70	60	50	55	50
16	100	85	80	75	80	70
25	140	115	100	90	100	85
35	170	135	125	115	125	100

50	215	185	170	150	160	135
70	270	225	210	185	195	175
95	330	275	255	225	245	215
120	385	315	290	260	295	250
150	440	360	330	-	-	-
185	510	-	-	-	-	-
240	605	-	-	-	-	-
300	695	-	-	-	-	-
400	830	-	-	-	-	-

Таблиця А2 – Допустимий тривалий струм для проводів з гумовою і полівінілхлоридною ізоляцією з алюмінієвими жилами (ПУЕ таб. 1.3.5)

Перетин струмопровідної жили, мм <sup>2</sup>	Струм, А, для проводів, прокладених					
	відкрито	в одній трубі				
		двох одножильних	трьох одножильних	чотирьох одножильних	одного двожильного	одного трьохжильного
2	21	19	18	15	17	14
2,5	24	20	19	19	19	16
3	27	24	22	21	22	18
4	32	28	28	23	25	21
5	36	32	30	27	28	24
6	39	36	32	30	31	26
8	46	43	40	37	38	32
10	60	50	47	39	42	38
16	75	60	60	55	60	55
25	105	85	80	70	75	65
35	130	100	95	85	95	75
50	165	140	130	120	125	105
70	210	175	165	140	150	135
95	255	215	200	175	190	165
120	295	245	220	200	230	190
150	340	275	255	-	-	-
185	390	-	-	-	-	-
240	465	-	-	-	-	-
300	535	-	-	-	-	-
400	645	-	-	-	-	-

Таблиця А3 – Допустимий тривалий струм для проводів з мідними жилами з гумовою ізоляцією в металевих захисних оболонках і кабелів з мідними жилами з гумовою ізоляцією в свинцевій, полівінілхлоридній, найритовій або гумовій оболонці, броньованих і неброньованих. (ПУЕ таб. 1.3.6)

Перетин струмопровідної жили, мм <sup>2</sup>	Струм*, А, для проводів та кабелів				
	одножильних	двожильних		трьохжильних	
	при прокладці				
	в повітрі	в повітрі	в землі	в повітрі	в землі
1,5	23	19	33	19	27
2,5	30	27	44	25	38
4	41	38	55	35	49
6	50	50	70	42	60
10	80	70	105	55	90
16	100	90	135	75	115
25	140	115	175	95	150
35	170	140	210	120	180
50	215	175	265	145	225
70	270	215	320	180	275
95	325	260	385	220	330
120	385	300	445	260	385
150	440	350	505	305	435
185	510	405	570	350	500
240	605	-	-	-	-

Додаток Б

Таблиця Б1 – Нормовані показники освітлення основних приміщень житлових будинків (ДБН В.2.5-28:2018 Додаток

Ж(обов'язковий))

Приміщення	Площина (Г-горизонтальна, В-вертикальна) нормування освітленості та КПО, висота площини над рівнем підлоги	Розряд і підроз-ряд зорової роботи	Штучне освітлення:					Природне освітлення:		Суміщене освітлення:	
			Освітленість робочих поверхонь, лк		цилін-дрична освіт-леність, лк	показник дискомфор-ту, М не більше	коєфі-цієнт пуль-сації, К <sub>з</sub> , %, не більше	КПО D <sub>н</sub> , %		КПО D <sub>н</sub> сум, %	
			при комбіно-ваному освіт-ленні	при загаль-ному освіт-ленні				середнє	міні-мальне	середнє	міні-мальне
1. Житлові кімнати, вітальні, спальні, житлові кімнати гуртожитків	Г – підлога	В-1	–	150 <sup>(1)</sup>	–	–	–	2	0,5	–	–
2. Кухні, кухні-їдальні	Г – 0,8	В-1	–	150 <sup>(1)</sup>	–	–	–	2	0,5	1,2	0,3
3. Кухні-ніші	Г – 0,8	В-1	–	150 <sup>(1)</sup>	–	–	–	–	–	–	–
4. Дитячі	Г – підлога	Б-2	–	200 <sup>(1)</sup>	–	–	–	2,5	0,7	–	–
5. Кабінети, бібліотеки	Г – 0,8	Б-1	–	300 <sup>(1)</sup>	–	–	–	3	1	1,8	0,6
6. Внутрішньоквартирні коридори, холи, ванні кімнати, вбиральні, санвузли, душові	Г – підлога	Ж-2	–	50 <sup>(1)</sup>	–	–	–	–	–	–	–
7. Комори, підсобні	Г – підлога	З-2	–	30 <sup>(1)</sup>	–	–	–	–	–	–	–
8. Гардеробні	Г – підлога	Ж-1	–	75 <sup>(1)</sup>	–	–	–	–	–	–	–
9. Сауни, роздягальні	Г – підлога	В-2	–	100 <sup>(1)</sup>	–	–	–	–	–	–	–

10. Басейни	Г – поверхня води	В-2	–	100 <sup>(1)</sup>	60 (1)	20 <sup>(1)</sup>	–	2	0,5	1,2	0,3
11. Тренажерний зал	Г – підлога	В-1	–	150 <sup>(1)</sup>	60 (1)	20 <sup>(1)</sup>	–	–	–	1,2	0,3
12. Більярдна	Г – 0,8	Б-1	–	300 <sup>(1)</sup>	40 (1)	20 <sup>(1)</sup>	–	–	–	–	–
13. Загальнобудинкові приміщення: а) вестибюлі;	Г – підлога	3-1	–	30	–	–	–	–	–	–	–
б) поверхові коридори й ліфтові холи;	Г – підлога	3-2	–	20/30	–	–	–	–	–	–	–
в) сходи і сходові майданчики;	Г – підлога, (майданчики, сходи)	3-2	–	20	–	–	–	0,1 <sup>(1)</sup>	–	–	–
г) приміщення консьержа;	Г – підлога	В-1	–	150	60	10	–	2	0,5	1,2	0,3
д) візочні, велосипедні;	Г – підлога	3-2	–	20/30	–	–	–	–	–	–	–
е) теплові пункти, насосні, електро-щитові, машинні приміщення ліфтів, вентиляційні камери;	Г – підлога	VIIIв	–	20	–	–	–	–	–	–	–
е) основні проходи технічних поверхів, підпілля, підвалів, горищ;	Г – підлога	3-2	–	20	–	–	–	–	–	–	–
ж) шахти ліфтів	Підлога прямику	–	–	5 <sup>(2)</sup>	–	–	–	–	–	–	–

<sup>1)</sup> Наведені значення освітленості, показника дискомфорту і коефіцієнта пульсації є рекомендованими.

Примітка 1. Знак "-" у відповідній чарунці означає, що цей показник не нормується.

Примітка 2. При дробовому позначенні освітленості у чисельнику зазначена норма для житлових будинків II категорії, у знаменнику – для приміщень житлових будинків I категорії за ДБН В.2.2-15-2005.

Таблиця Б2 – Орієнтовні значення коефіцієнтів відбиття  $\rho$

Поверхні інтер'єру приміщення	Коеф. відбиття ( $\rho$ ), %	Поверхні інтер'єру приміщення	Коеф. відбиття ( $\rho$ ), %
Стеля	80...60	Нижня частина стіни (панель) та перегородки	60...40
Залізобетонні ферми та балки перекриття	70...45		
Металоконструкції	55...40	Підлога	40...10
Верхня частина стіни	70...50	Технологічне устаткування	55...25

Таблиця Б3 – Орієнтовні значення коефіцієнтів відбиття стелі ( $\rho_{\text{стелі}}$ ) та стін ( $\rho_{\text{стін}}$ )

Стан стелі	$\rho_{\text{стелі}}$ , %	Стан стін	$\rho_{\text{стін}}$ , %
Свіжопобілена	80...65	Свіжопобілені з вікнами закритими білими шторами	75...65
Побілена в сирих приміщеннях	65...40	Свіжопобілені з вікнами без штор	55...45
Бетонна чиста	55...45	Бетонні з вікнами	35...25
Бетонна брудна	35...25	Обклеєні світлими шпалерами	40...25
Світла дерев'яна (полакована)	60...45	Обклеєні темними шпалерами	15...5
Темна дерев'яна (нефарбована)	30...25	Цегляні нештукатурені	15...10
Брудна (кузні, склади вугілля)	20...10		

Таблиця Б4. Коефіцієнти відбиття  $\rho$  поверхонь з різним кольоровим пофарбуванням

Колір пофарбованої поверхні	Коеф. відбиття $\rho$ , %	Колір пофарбованої поверхні	Коеф. відбиття $\rho$ , %
Біла палітура	85	Світло-сіра	53
Біла напівматова	82	Сіра алюмінієва	42

Біла слонова кістка	79	Зелена (колір шавлії)	41
Кремowo-біла	72	Бежева	38
Світло-рожева	69	Коричнева	23
Світло-жовта	60	Оливково-зелена	20
Світло-червона	56	Темно-коричнева	15
Блакитна	53	Темно-зелена	10
		Темно-синя	4

Таблиця В1 – Приблизні значення питомих електричних опорів різних ґрунтів, Омм

Тип ґрунту	Питомий опір ґрунту*, Омм	
	Межі коливань,	Рекомендоване значення для розрахунків
Глина (г)	8–70	40
Суглинок (с)	40–150	100
Чорнозем (ч)	9–53	30
Садова земля (с.з)	30–60	50
Примітки: 1. Питомий електричний опір ґрунту є опір куба ґрунту з ребром 1 м. 2. У випадку малого відсотка вмісту вологи в ґрунті можливі більші значення опорів. 3. Питомі опори ґрунтів коливаються протягом року, що враховують при розрахунках введенням так званих сезонних коефіцієнтів опору ґрунту.		

Таблиця В2 – Коефіцієнти сезонності  $\psi$  для однорідної землі при вимірюванні її опору

Кліматична зона	Вологість землі при вимірюванні					
	підвищена	нормальна	мала	підвищена	нормальна	мала
	$\psi_v$ для вертикального електрода довжиною $l_v=3$ м			$\psi_g$ для горизонтального електрода довжиною $l_g=10$ м		
I	1,9	1,7	1,5	9,3	5,5	4,1
II	1,7	1,5	1,3	5,9	3,5	2,5
III	1,5	1,3	1,2	4,0	2,5	2,0
IV	1,3	1,1	1,0	2,5	1,5	1,1
	$\psi_v$ для вертикального електрода довжиною $l_v=5$ м			$\psi_g$ для горизонтального електрода довжиною $l_g=50$ м		
I	1,5	1,4	1,3	7,2	4,5	3,6
II	1,4	1,3	1,2	4,8	3,0	2,4
III	1,3	1,2	1,1	3,2	2,0	1,6
IV	1,2	1,1	1,0	2,2	1,4	1,12

Таблиця Г2 – Коефіцієнт  $\eta_v$  використання вертикальних електродів групового заземлювача без врахування впливу з'єднувальної стрічки

Кількість заземлювачів							
2	3	4	10	20	40	60	100
Заземлювачі розташовані в ряд							
0,85	0,73	0,65	0,59	0,48	–	–	–
Заземлювачі розташовані по контуру							
–	0,69	0,61	0,57	0,47	0,41	0,39	0,36
*Примітка: в таблиці наведені значення $\eta_v$ для відношення відстаней між електродами до їх довжини, що дорівнює одиниці (LB/LB = 1)							

Таблиця Г2 – Коефіцієнт використання з'єднувальної смуги  $\eta_c$ 

Кількість заземлювачів							
2	3	4	10	20	40	60	100
Заземлювачі розташовані в ряд							
0,85	0,77	0,72	0,62	0,42	–	–	–
Заземлювачі розташовані по контуру							
–	0,45	0,40	0,34	0,27	0,22	0,2	0,19
*Примітка: в таблиці наведені значення $\eta_v$ для відношення відстаней між електродами до їх довжини, що дорівнює одиниці (LB/LB = 1)							

Таблиця Д1 – Опори обмоток силових трансформаторів

Силові трансформатори з $u_k=4,5\%$ зі схемою з'єднань обмоток $\Delta/Y_0$ ,				
Потужність, $S_{шт}$ , кВА	Активний опір $R_{m1}=R_{m2}$ , мОм	Індуктивний опір, $X_{m1}=X_{m2}$ мОм	Активний опір, $R_{m0}$ , мОм	Індуктивний опір, $X_{m0}$ , мОм
25	153,9	243	153,9	243
40	88	157	88	157
63	52	102	52	102
100	36,3	64,7	36,3	64,7
160	19,3	41,7	19,3	41,7
250	10,7	27,2	10,7	27,2
400	5,9	17,1	5,9	17,1
Силові трансформатори з $uk=4,5\%$ зі схемою з'єднань обмоток $Y/Y_0$ ,				
100	31,5	64,7	253,9	581,8
160	16,6	41,7	150,8	367
250	9,4	27,2	96,5	234,9
400	5,5	17,1	55,6	148,7

Таблиця Д1 – Сонячна інсоляція містами України

	січ	лют	бер	квіт	трав	черв	лип	сер	сен	жовт	лист	груд	рік
<b>Сімферополь</b>	1,27	2,06	3,05	4,3	5,44	5,84	6,2	5,34	4,07	2,67	1,55	1,07	<b>3,58</b>
<b>Вінниця</b>	1,07	1,89	2,94	3,92	5,19	5,3	5,16	4,68	3,21	1,97	1,1	0,9	<b>3,11</b>
<b>Луцьк</b>	1,02	1,77	2,83	3,91	5,05	5,08	4,94	4,55	3,01	1,83	1,05	0,79	<b>2,99</b>
<b>Дніпропетровськ</b>	1,21	1,99	2,98	4,05	5,55	5,57	5,7	5,08	3,66	2,27	1,2	0,96	<b>3,36</b>
<b>Донецьк</b>	1,21	1,99	2,94	4,04	5,48	5,55	5,66	5,09	3,67	2,24	1,23	0,96	<b>3,34</b>
<b>Житомир</b>	1,01	1,82	2,87	3,88	5,16	5,19	5,04	4,66	3,06	1,87	1,04	0,83	<b>3,04</b>
<b>Ужгород</b>	1,13	1,91	3,01	4,03	5,01	5,31	5,25	4,82	3,33	2,02	1,19	0,88	<b>3,16</b>
<b>Запоріжжя</b>	1,21	2	2,91	4,2	5,62	5,72	5,88	5,18	3,87	2,44	1,25	0,95	<b>3,44</b>
<b>Івано-Франківськ</b>	1,19	1,93	2,84	3,68	4,54	4,75	4,76	4,4	3,06	2	1,2	0,94	<b>2,94</b>
<b>Київ</b>	1,07	1,87	2,95	3,96	5,25	5,22	5,25	4,67	3,12	1,94	1,02	0,86	<b>3,1</b>
<b>Кіровоград</b>	1,2	1,95	2,96	4,07	5,47	5,49	5,57	4,92	3,57	2,24	1,14	0,96	<b>3,3</b>
<b>Луганськ</b>	1,23	2,06	3,05	4,05	5,46	5,57	5,65	4,99	3,62	2,23	1,26	0,93	<b>3,34</b>
<b>Львів</b>	1,08	1,83	2,82	3,78	4,67	4,83	4,83	4,45	3	1,85	1,06	0,83	<b>2,92</b>
<b>Миколаїв</b>	1,25	2,1	3,07	4,38	5,65	5,85	6,03	5,34	3,93	2,52	1,36	1,04	<b>3,55</b>
<b>Одеса</b>	1,25	2,11	3,08	4,38	5,65	5,85	6,04	5,33	3,93	2,52	1,36	1,04	<b>3,55</b>
<b>Полтава</b>	1,18	1,96	3,05	4	5,4	5,44	5,51	4,87	3,42	2,11	1,15	0,91	<b>3,25</b>
<b>Рівне</b>	1,01	1,81	2,83	3,87	5,08	5,17	4,98	4,58	3,02	1,87	1,04	0,81	<b>3,01</b>
<b>Суми</b>	1,13	1,93	3,05	3,98	5,27	5,32	5,38	4,67	3,19	1,98	1,1	0,86	<b>3,16</b>
<b>Тернопіль</b>	1,09	1,86	2,85	3,85	4,84	5	4,93	4,51	3,08	1,91	1,09	0,85	<b>2,99</b>
<b>Харків</b>	1,19	2,02	3,05	3,92	5,38	5,46	5,56	4,88	3,49	2,1	1,19	0,9	<b>3,26</b>
<b>Херсон</b>	1,3	2,13	3,08	4,36	5,68	5,76	6	5,29	4	2,57	1,36	1,04	<b>3,55</b>
<b>Хмельницький</b>	1,09	1,86	2,87	3,85	5,08	5,21	5,04	4,58	3,14	1,98	1,1	0,87	<b>3,06</b>
<b>Черкаси</b>	1,15	1,91	2,94	3,99	5,44	5,46	5,54	4,87	3,4	2,13	1,09	0,91	<b>3,24</b>
<b>Чернігів</b>	0,99	1,8	2,92	3,96	5,17	5,19	5,12	4,54	3	1,86	0,98	0,75	<b>3,03</b>
<b>Чернівці</b>	1,19	1,93	2,84	3,68	4,54	4,75	4,76	4,4	3,06	2	1,2	0,94	<b>2,94</b>

## Технічна характеристика інвертора Deye SUN-6K-SG03LP1-EU

## 9. Технічний опис

Модель	SUN-3.6K-SG03LP1-EU	SUN-5K-SG03LP1-EU	SUN-6K-SG03LP1-EU
<b>Вхідні дані батареї</b>			
Тип батареї	Свинцево-кислотний або літій-іонний		
Діапазон напруги батареї(V)	40-60V		
Макс. Струм зарядки(A)	90A	120A	135A
Макс. Розрядний струм (A)	90A	120A	135A
Крива зарядки	3 Етапи / Вирівнювання		
Зовнішній датчик температури	yes		
Стратегія зарядки дляLi-іюпакум.	Самонастройка кВMS		
<b>Вхідні дані стрінгу PV</b>			
Макс. Вхідна потужність DC (W)	4680W	6500W	7800W
Вхідна напруга PV (V)	370V (125V~500V)		
Діапазон MPPT (V)	150~425V		
Діапазон напруги DC при повному навантаженні	300~425V		
Пускова напруга (V)	125V		
Вхідний струм PV (A)	13A+13A		
КількістьMPPT	2		
КількістьстрінгівнаMPPT	1+1		
<b>Вихідні дані AC</b>			
Номинал.вихідна потужн. AC та UPS (W)	3600	5000	6000
Макс. Вихідна потужність AC (W)	3960	5500	6600
Пікова потужність (позамережею)	2 рази номінальної потужності, 10 С		
Номинальний вихідний струм AC (A)	16.4/15.7A	22.7/21.7A	27.3/26.1A
Макс. Змінений струм (A)	18/17.2A	25/23.9A	30/28.7A
Макс. Безперервне проходження AC (A)	35A		40A
Фактор потужності	0.8 випередження до 0.8 відставання		
Вихідна частота та напруга	50/60Hz; 220/230 (однофазний)		
Тип мережі	однофазний		
Гармонійні спотворення струму (THD)	<3% (від номінальної потужності)		
Подача постійного струму	<0.5% In		
<b>Ефективність</b>			
Макс. Ефективність	97.60%		
Євро Ефективність	96.50%		
Ефективність MPPT	>99%		
<b>Захист</b>			
Захист від блискавки входу PV	Вбудований		
Захист від пошкодження ізоляції DC	Вбудований		
Виявлення резистора ізоляції	Вбудований		
Захист від зворотної полярності входу PV	Вбудований		
Блок моніторингу залишкового струму	Вбудований		
Захист вихідного струму	Вбудований		
Захист від короткого замикання на виході	Вбудований		
Захист від перенапруги	DC Type II / AC Type II		
Захист від перенапруги на виході	DC Type II / AC Type III		

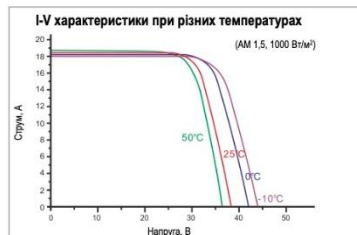
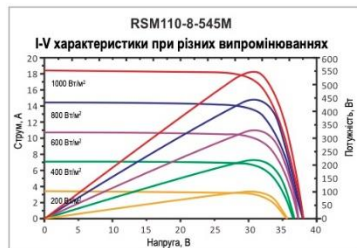
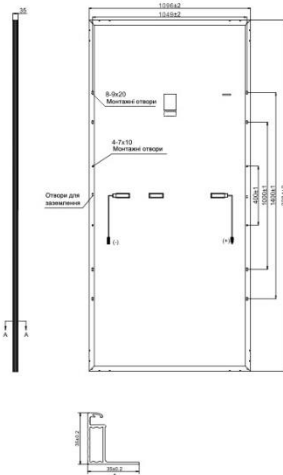
## Продовження додатку Ж

модель	SUN-3.6K- SG03LP1-EU	SUN-5K- SG03LP1-EU	SUN-6K- SG03LP1-EU
<b>Сертифікати та стандарти</b>			
Стандарти мережі	VDE4105, IEC61727/62116, VDE0126, AS4777.2, CEI 0 21, EN50549-1, G98, G99, C10-11, UNE217002, NBR16149/NBR16150		
Безпека EMC / Стандарт	IEC/EN 62109-1, IEC/EN 62109-2, IEC/EN 61000-6-1, IEC/EN 61000-6-2, IEC/EN 61000-6-3, IEC/EN 61000-6-4		
<b>Загальні дані</b>			
Діапазон робочих температур (°C)	-40~60 C, >45 C Зниження номінальних параметрів		
Охолодження	Разумне охолодження		
Шум(дБ)	<30 dB		
Зв'язок з BMS	RS485; CAN		
Вага(кг)	20.5		
Розмір (mm)	330W×580H×232D		
Ступінь захисту	IP65		
Тип монтажу	настінний		
Гарантія	5 years		

## Технічна характеристика сонячних панелей Risen RSM 110-8-545



Розміри фотоелектричного модуля



## Наші партнери

REM110-M-12BB-EN-H2-3-2020

## ЕЛЕКТРИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ (Типова поставка)

Номер моделі	RSM110-8-535M	RSM110-8-540M	RSM110-8-545M	RSM110-8-550M	RSM110-8-555M
Номін. потужн. в ватах – Pmax (ват пік)	535	540	545	550	555
Напруга розімкненого ланцюга – Voc (В)	37,58	37,78	38,02	38,24	38,46
Струм короткого замикання – Isc (А)	18,13	18,18	18,23	18,28	18,33
Макс. напруга живлення – Vmp (В)	31,26	31,46	31,66	31,86	32,06
Макс. струм живлення – Imp (А)	17,12	17,17	17,22	17,27	17,32
Ефективність модуля (%) *	20,5	20,7	20,9	21,0	21,2

Типова поставка: Випромінювання 1000 Вт/м², Температура елемента 25°C, Маса повітря AM1.5 відповідно до EN 60904-3.

\* Ефективність модуля (%): Округлення до найближчого числа

## ЕЛЕКТРИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ (Номінальна робоча температура модуля (NMOT))

Номер моделі	RSM110-8-535M	RSM110-8-540M	RSM110-8-545M	RSM110-8-550M	RSM110-8-555M
Макс. потужність – Pmax (ват піковий)	405,3	409,0	412,8	416,7	420,5
Напруга розімкненого ланцюга – Voc (В)	34,95	35,14	35,36	35,56	35,77
Струм короткого замикання, Isc, А	14,87	14,91	14,95	14,99	15,03
Макс. напруга живлення – Vmp (В)	29,01	29,19	29,38	29,57	29,75
Макс. струм живлення – Imp (А)	13,97	14,01	14,05	14,09	14,13

NMOT: Випромінювання при 800 Вт/м², Температура навколишнього середовища 20°C, Швидкість вітру 1 м/с.

## МЕХАНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Фотоелементи	Монокристалічні
Конфігурація елемента	110 елементів (5×11×5×11)
Розміри модуля	2384×1096×35мм
Вага	29 кг
Надложка	Висока передача, низький вміст заліза, загартоване скло ARC
Підложка	Біла підкладка
Рама	Анодований алюмінієвий сплав типу 6005-2T6, сріблястого кольору
Розподільна коробка	Герметизована, IP68, 1 500 В постійного струму, 3 зворотних діоди Шоткі
Кабелі	4,0мм² (12AWG), Позитив(+)-350мм, Негатив(-)-350мм (З'єднувач включено)
З'єднувач	Risen Twinseal PV-SY02, IP68

## ТЕМПЕРАТУРА ТА МАКСИМАЛЬНІ НОМІНАЛЬНІ ЗНАЧЕННЯ

Номинальна робоча температура модуля (NMOT)	44°C±2°C
Температурний коефіцієнт Voc	-0,25%/°C
Коефіцієнт температури Isc	0,04%/°C
Коефіцієнт температури Pmax	-0,34%/°C
Робоча температура	-40°C→+85°C
Максимальна напруга системи	1500 В пост. струму
Макс. номінальне значення групи запобіжника	30А
Граничний струм зворотної напруги	30А

## КОНФІГУРАЦІЯ УПАКОВКИ

	40 футів (висока якість)
Кількість модулів в одному контейнері	620
Кількість модулів на одному піддоні	31
Кількість піддонів в одному контейнері	20
Вага бруто коробки [кг]	950

УВАГА: ПРОЧИТАЙТЕ ІНСТРУКЦІЇ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ ТА ВСТАНОВЛЕННЯ ПЕРЕД ВИКОРИСТАННЯМ ВИРОБУ.

© 2020 Risen Energy. Всі права захищені. Специфікації, включені в цей перелік технічних характеристик, можуть бути змінені без попередження.

ПОТУЖІСТЬ ВАРТОСТІ, ЩО ЗБІЛЬШУЄТЬСЯ

## Технічна характеристика акумуляторної батареї Felicity LPBF48300

## Характеристики

МОДЕЛЬ	LPBF48250	LPBF48300
Корисна ємність	2.5кВт	15кВт
Номінальна напруга	51.2В	
Діапазон напруги	48-57.6В	
Рекомендований струм заряду/розряду	≤120А	
МАКС. Струм заряду/розряду	200А @ 15S	
Рекомендована вихідна потужність	≤ 6000Вт	
МАКС. вихідна потужність	10000Вт@120S	
Глибина розряду (DOD)	>95%	
Масштабованість	До 6 одиниць паралельно	
Зв'язок	CAN & Rs485	
Захист	Ip21	
Тривалість циклу	≥6000 @ 25°C, 80% DOD	
Діапазон робочих температур	Розряд: -20°C до + 65°C, Заряд: + 0°C до + 55°C	
Вага нетто (кг)	154КГ	
Вага брутто (кг)	177КГ	
Розмір виробу (мм)	615* 350* 955MM	
Розмір упаковки (мм)	715*450*1115MM	

Таблиця М1 – Допустимий тривалий струм для проводів марки AWG

AWG	Січення мм <sup>2</sup>	Діаметр, мм	Питомий опір, Ом/км	Максим. струм, А
0	67	9,3	0,26	145
0	53	8,3	0,32	125
1	42	7,3	0,41	110
2	34	6,5	0,51	95
3	27	5,8	0,65	85
4	21	5,2	0,82	70
5	16,8	4,62	1,03	62
6	13,3	4,12	1,3	55
7	10,5	3,67	1,63	47
8	8,4	3,26	2,06	40
9	6,6	2,91	2,6	35
10	5,3	2,59	3,28	30
11	4,2	2,31	4,13	27
12	3,3	2,05	5,2	25
13	2,6	1,83	6,6	22
14	2,1	1,63	8,3	20
15	1,7	1,45	10,5	17
16	1,3	1,29	13,2	15
17	1	1,15	16,6	12

AWG	Січення мм <sup>2</sup>	Діаметр, мм	Питомий опір, Ом/км	Максим. струм, А
18	0,82	1,02	21	10
19	0,65	0,91	26,4	7,4
20	0,52	0,81	33,3	5
21	0,41	0,72	42	4,7
22	0,33	0,64	53	4,5
23	0,26	0,57	67	3,3
24	0,21	0,51	84	2,1
25	0,16	0,455	106	1,6
26	0,13	0,405	134	1,3
27	0,1	0,361	169	1
28	0,081	0,321	213	0,81
29	0,064	0,286	269	0,64
30	0,051	0,255	339	0,51
31	0,04	0,227	427	0,4
32	0,032	0,202	538	0,32
33	0,025	0,18	679	0,25
34	0,02	0,16	856	0,2
35	0,016	0,143	1079	0,16
36	0,013	0,127	1361	0,13