

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Сумський державний університет

Центр заочної, дистанційної та вечірньої форм навчання

Кафедра електроенергетики

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ І.Л. Лебединський

"__" _____ 2023 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня бакалавра

зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітньо-професійної програми «Електротехнічні системи електроспоживання» на тему: Проектування системи електропостачання будинку з використанням сонячних батарей

Здобувача групи ЕТдн-91с Мальцева Олексія Васильовича

(шифр групи)

(прізвище, ім'я, по батькові)

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



(підпис)

Олексій МАЛЬЦЕВ

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ здобувача)

Керівник к.т.н., доцент Петро ВАСИЛЕГА

(посада, науковий ступінь, вчене звання, ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

Суми – 2023

Сумський державний університет

Факультет: Центр заочної, дистанційної та вечірньої форм навчання

Кафедра: Електроенергетики

Спеціальність: Електротехнічні системи електроспоживання

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

електроенергетики

_____ Лебединський І.Л.
“ ___ ” _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ

до виконання кваліфікаційної випускної роботи бакалавра

Мальцева Олексія Васильовича

1. Тема роботи: «Проектування системи електропостачання будинку з використанням сонячних батарей»
затверджена наказом по університету № _____ від “ ___ ” _____ 20__ р.
2. Термін здачі студентом закінченої роботи 10.06.2023 р.
3. Вихідні дані до роботи: електроспоживання приватного будинку
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки

Вступ

1. Розрахунок навантажень будинку
2. Дослідження географічного розташування ділянки оцінка рівня інсоляції
3. Розрахунок мережевої сонячної електростанції
4. Розробка технічних умов для підключення сонячної електростанції до мережі
5. Розрахунок техніко-економічних показників

Висновки

Список використаної літератури

5. Перелік обов'язкового графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень або плакатів)
 1. Наземна система кріплень зі змінним кутом на 10 сонячних панелей
 2. Однолінійна схема живлення електроустановки
 3. Шафа обліку на опорі №23

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№п/п	Назва етапів	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Розрахунок навантажень будинку	До 15.03.2023	
2	Дослідження географічного розташування ділянки, оцінка рівня інсоляції	До 01.04.2023	
3	Розрахунок мережевої сонячної електростанції	До 05.05.2023	
4	Розробка технічних умов для підключення сонячної електростанції до мережі	До 30.05.2023	
5	Розрахунок техніко-економічних показників	До 05.06.2023	
6	Оформлення графічного матеріалу	До 05.06.2023	
7	Оформлення пояснювальної записки	До 05.06.2023	
8	Здача роботи на перевірку	До 06.06.2023	

Студент _____

(підпис)

Керівник роботи _____

(підпис)

РЕФЕРАТ

с. 83, рис. 24, табл. 11

Бібліографічний опис: Мальцев О. В. Проектування системи електропостачання будинку з використанням сонячних батарей: робота на здобуття кваліфікаційного ступеня бакалавра: спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / наук. кер. П. О. Василега. Суми: Сумський державний університет, 2023. - 83 с.

Ключові слова: електрична мережа, сонячна електростанція, фотоелектричні панелі, інсоляція, інвертор, технічні умови, "зелений тариф";

electrical network, solar power plant, photovoltaic panels, insolation, inverter, technical conditions, "green tariff"

Об'єкт дослідження: приватний будинок.

Предмет дослідження: розробка та впровадження схеми електропостачання для приватного будинку за рахунок сонячних панелей.

Мета роботи: обґрунтований вибір сонячних панелей з метою енергоефективності та економічної доцільності.

Короткий огляд – В роботі досліджено проект по встановленню альтернативного джерела енергії для енергетичної незалежності окремого споживача, принципи роботи відновлювальних систем електропостачання. Розглянутий та розрахований вибір, технічні характеристики та взаємодія сонячних панелей, інвертора, проводів для ліній електропередач, комутаційних апаратів, лічильника для СЕС 30 кВт. Висвітлене економічне обґрунтування доцільності встановлення домашньої сонячної електростанції та розглянуто рентабельність впровадження даної системи та період окупності.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

AsXSn – самонесучий провід (s) з алюмінієвими жилами (A), в ізоляції з «зшитого поліетилену» стійкого до впливу ультрафіолетового випромінювання (XS) і не розповсюджує горіння (n)

NOCT (Nominal Operating Cell Temperature) – номінальна робоча температура комірки;

MPPT (Maximum Power Point Tracking) або трекер максимальної точки живлення;

STC (Standard Test Conditions) – стандартні умови тестування;

PTC (Photovoltaics Test Conditions) – умови випробування фотоелектричної системи;

PEN (Protective Earth Neutral) провідник в електроустановках напругою до 1 КВ, який поєднує в собі функції захисного (PE) та нейтрального (N) провідників;

PV-модулі – фотоелектричні модулі;

REPowerEU — план Єврокомісії припинити споживання російського вичапного палива до 2030 року у відповідь на вторгнення Росії в Україну в 2022 році;

TN-C – система заземлення;

Wi-Fi, Ethernet, RS485, RS232 — комунікаційні протоколи;

АКБ – акумуляторні батареї;

ВДЕ – відновлювальні джерела енергії;

ГСН – Галузеві стандарти надійності;

ГОСТ – Державний стандарт;

ДБН – Державні будівельні норми;

ЕМ – експлуатаційні матеріали;

ЕС – енергетична система;

КЗП – кабельний захисний пристрій;

ККД – коефіцієнт корисної дії;

КЛ – кабельна лінія;
КТП – комплексна трансформаторна підстанція;
ЛЕП – лінія електропередавання;
НКРЕКП – національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг;
ОПН – обмежувачі перенапруг;
ПС – підстанція;
ПЛ – повітряна лінія;
ПЛІ – повітряна лінія ізольована;
ПУЕ – Правила улаштування електроустановок;
РЕМ – район електричних мереж;
СЕС – сонячна енергетична станція;
СП – самоутримний ізольований провід;
СНиП– строительные нормы и правила;
ТЕО – техніко-економічне обґрунтування;
ШО — шафа обліку.

ЗМІСТ

ВСТУП	9
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ЖИТЛОВИЙ ОБ'ЄКТ	11
1.1 Загальні відомості про конструкцію сонячної енергетичної станції	11
1.3 Розрахунок електричних навантажень будинку	13
1.4 Географічне розташування та характеристики місцевості	17
1.5 Оцінка рівня інсоляції.....	19
1.6 Аналіз впливу кута нахилу сонячних панелей.....	23
1.7 Загальні вимоги для встановлення сонячних панелей в Україні	28
РОЗДІЛ 2. ПРОЕКТУВАННЯ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ ДЛЯ ЖИТЛОВОГО ОБ'ЄКТА	31
2.1 Облік електричної енергії при встановленні СЕС	31
2.2 Вибір фотоелектричних панелей	34
2.3 Вибір інвертора	39
2.4 Відповідність потужності сонячних батарей	44
2.5 Розрахунок параметрів та схеми з'єднань стрінгів фотоелектричних панелей для підключення до інвертора.	46
2.6 Максимальна напруга в колі	47
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ТЕХНІЧНИХ УМОВ ДЛЯ ПІДКЛЮЧЕННЯ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ СТАНЦІЇ ДО МЕРЕЖІ	51
3.1 Загальний опис кроків, при розробці технічних умов.	51
3.2 Основні показники проекту	54
3.3 Втрати напруги в лінії.....	56
3.4 Загальні вказівки для виконання електромонтажних робіт.....	57
3.5 Оцінка впливів на навколишнє середовище при будівництві.....	60

					БР 3.6.141.366 ЕТдн-91с ПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Проектування системи електропостачання будинку з використанням сонячних батарей	Літ.	Арк.	Акрушів	
Розробив		Мальцев. О						7	83
Перевірів		Василега				СумДУ ЕТдн-91с			
Затверд		Лебединський							

3.6 Електротехнічні рішення.....	61
3.7 Облік електроенергії.....	61
3.8 Захист від перенапруги. Заземлення.....	62
3.9 Організація будівництва.....	63
РОЗДІЛ 4. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ ДЛЯ ПОКРИТТЯ НАВАНТАЖЕНЬ ЖИТЛОВОГО ОБ'ЄКТУ	
4.1 Розрахунок капітальних витрат.....	67
4.2 Розрахунок прибутку.....	68
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	77
ДОДАТКИ.....	81

					БР 3.6.141.366 ЕТдн-91с ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

24 лютого 2022 року розпочався зворотній відлік часу не лише до військової перемоги України над російським загарбником, але й до її енергетичної незалежності. Завдяки цій кривавій війні, цінність відновлюваних джерел енергії трансформувалась з більш екологічної на безпекову та економічну. Ще рік назад, відновлювані джерела енергії вважались світовою спільнотою, в першу чергу, інструментом боротьби з невідвратною зміною клімату та скорочення викидів вуглецю.

Сьогодні, вітрова, сонячна, біо, мала гідро та воднева енергетики є запорукою енергетичної безпеки та незалежності держав, а її собівартість є значно нижчою за викопне паливо. Тож український сектор відновлюваної енергетики готується стати однією з основ післявоєнної відбудови України та подальшого нарощення енергетичної незалежності держави.

З 2018 року по 2022 рік в Україні сумарна потужність установок приватних домогосподарств, що виробляють енергію з сонячного випромінювання, зросла більш ніж у п'ятеро і станом на початок 2022 року складала 1205,1 МВт (близько 45 тисяч одиниць). Наразі, генерація енергії сонця скоротилась більше ніж двічі відносно її довоєнного рівня. За приблизними оцінками експертів, Об'єднана енергетична система України сукупно повністю втратила приблизно 4% генеруючих потужностей, а ще 35% потужності знаходиться на окупованих територіях

Енергетична політика держави здійснює для ринку певні позитивні кроки, бо Україна є частиною енергетичної системи Європи і повинна розвиватись відповідно до європейських енергетичних тенденцій. За сучасних ринкових реалій в Україні, і відповідно до цілей, встановлених у Плані RePowerEU, активного розвитку набуде сектор малої сонячної генерації, а саме встановлення фотоелектричних систем на дахах будівель та в домашніх господарствах [1].

					БР 3.6.141.366 ЕТдн-91с ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Саме тому, в даній роботі досліджено проект по встановленню альтернативного джерела енергії для енергетичної незалежності окремого споживача за рахунок використання сонячної енергії, що сприятиме розвитку та впровадженню нових технологій в галузі відновлювальної енергетики протягом наступних років.

					БР 3.6.141.366 ЕТдн-91с ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ЖИТЛОВИЙ ОБ'ЄКТ

1.1 Загальні відомості про конструкцію сонячної енергетичної станції

Сонячна енергетична станція (СЕС) - це система, що використовує сонячну енергію для виробництва електроенергії. Основна конструкція СЕС включає наступні елементи:

- Сонячні панелі: це головний компонент СЕС, який складається з фотоелектричних панелей, що збирають енергію сонця. Сонячні панелі монтується на стійках або кріпляться на покрівлі будівлі.

- Інвертор: це пристрій, який перетворює постійний струм, що виробляється сонячними панелями, на змінний струм, що використовується для живлення електронних приладів.

- Акумулятор: це пристрій, який зберігає електричну енергію, яка виробляється СЕС. Акумулятор може використовуватися для забезпечення електричної енергії вночі або в темний період дня.

- Кабелі та з'єднувальні деталі: ці компоненти використовуються для підключення всіх компонентів СЕС між собою.

- Система моніторингу: це пристрій, який дозволяє відслідковувати виробництво електричної енергії СЕС, а також діагностувати будь-які проблеми, які можуть виникнути з системою.

Ці компоненти можуть бути розміщені окремо або використовуватися в комплекті з іншими компонентами для створення повної сонячної енергетичної системи [2].

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БР 3.6.141.366 ЕТдн-91с ПЗ			
Розробив		Мальцев. О			Проектування системи електропостачання будинку з використанням сонячних батарей	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевірів		Василега					11	83
						СумДУ ЕТдн-91с		
Затверд		Лебединський						

1.2 Основні етапи проектування системи електропостачання будинку з використанням сонячних панелей

1. Визначення потреб споживача в електроенергії.

Для того, щоб побудувати оптимальну систему електропостачання, потрібно визначити, яку кількість електроенергії споживатиме будинок. Це можна зробити, з'ясувавши, які електроприлади будуть використовуватись, і яку кількість електроенергії вони споживають.

2. Вибір сонячних панелей.

Після того, як будуть визначені потреби споживача в електроенергії, потрібно вибрати відповідний тип сонячних панелей для забезпечення цієї потреби. Вибір буде залежати від багатьох факторів, таких як розмір будинку, розташування на північній чи південній стороні, кліматичні умови тощо.

3. Розрахунок кількості сонячних панелей.

Після вибору сонячних панелей потрібно розрахувати їх кількість панелей, які потрібні для забезпечення потреб споживача в електроенергії. Це залежить від багатьох факторів, таких як погодні умови, обсяг електроенергії, що споживається, та ефективність панелей.

4. Вибір інвертора.

Інвертор потрібен для перетворення постійного струму, що виробляється сонячними панелями, на змінний струм, який може використовуватись в будинку. Вибір інвертора також залежить від потреб споживача в електроенергії.

5. Розрахунок мережі.

Після того, як визначено кількість сонячних панелей потрібно розрахувати мережу, яка забезпечить електропостачання будинку. Це означає, що потрібно вибрати правильний розмір проводів, запобіжники, з'єднувальні пристрої тощо.

6. Встановлення системи.

Після того, як були вирішені всі попередні етапи, можна перейти до встановлення системи електропостачання з сонячних панелей.

					БР 3.6.141.366 ЕТдн-91с ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Цей етап потребує певних технічних навичок та знань.

7. Тестування та налагодження.

Після встановлення системи, потрібно провести тестування та налагодження, щоб переконатись у правильному функціонуванні всіх компонентів системи. Це може зайняти деякий час, але він допоможе уникнути будь-яких проблем у майбутньому.

8. Підтримка та обслуговування.

Після встановлення та налагодження системи, потрібно забезпечити її підтримку та обслуговування. Це означає, що потрібно регулярно перевіряти стан панелей та інших компонентів системи, проводити ремонтні роботи, якщо необхідно, та забезпечувати, щоб система функціонувала належним чином.

У цілому, проектування системи електропостачання будинку з використанням сонячних панелей потребує деяких знань та навичок, але може бути дуже корисним для забезпечення енергоефективності та екологічності будинку.

1.3 Розрахунок електричних навантажень будинку

Для розрахунку електричних навантажень будинку необхідно визначити електричне навантаження, що створюється електроприладами та освітленням в будинку [3].

Потужність електроприладу вимірюється у ваттах (W) і визначає швидкість передавання або перетворення електричної енергії. Може бути вказана у технічних характеристиках або на самому пристрої [4]. Важливо знати потужність електроприладу для правильного підбору електричних мереж та розрахунку споживання електроенергії. Визначаємо кількість та потужність електроприладів будинку. Дані наведено в табл. 1.1.

					БР 3.6.141.366 ЕТдн-91с ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.1 – Основні електроприлади будинку та їх потужність

Електроприлад	Потужність, Вт	Кількість го- дин викорис- тання протя- гом доби	Споживання за добу, кВт
Холодильник	200	12	2,4
Пральна машина	2000	1	2
Сушильна машина	2000	1	2
Електрочайник	1500	0,5	0,75
Електрична плита	2500	1	2,5
Електрична духовка шафа	2000	0,25	0,5
Мікрохвильова піч	1000	0,25	0,25
Бойлер	1500	2	3
Телевізор	50	3	0,15
Комп'ютер	500	2	1
Пилосос	1500	0,1	0,15
Всього			14,7

Знайдене максимальне значення відповідно до табл. 1.1 є приблизним тому, що одночасно всі ці прилади на практиці не можуть працювати.

Потужність освітлення визначається на основі факторів, включаючи розміри кімнати, тип освітлювальних приладів, яскравість, специфічні потреби освітлення та вимоги стандартів освітлення. Занесемо ці дані до табл. 1.2.

Таблиця 1.2 – Основні дані для розрахунку освітлення будинку

Кімната будинку	Площа, м ²	Коефіцієнт освітленості, лк/м ²	Кількість годин протягом доби
Вітальня	9	150	3
Гостьова	20	150	2
Спальня	12	150	1
Спальня	12	150	1
Ванна	9	50	3
Всього	62		10

З 2019 року діють державні правила природного та штучного освітлення – ДБН В.2.5-28:2018 [5], які позначають вимоги до використання всіх освітлювальних приладів, в т.ч. світлодіодних. У ДБН вказані конкретні показники яскравості. Щоб розрахувати рівень освітленості приміщення використовуємо формулу (1.1).

$$\Phi = E * S * K_3, \text{ де} \quad (1.1)$$

Φ – величина світлового потоку, Лм;

E – коефіцієнт освітленості, лк/м²;

S – це загальна площа кімнати, м²;

K_3 – коефіцієнт висоти стелі.

Коефіцієнт висоти стелі для конкретного прикладу дорівнює 1 (при висоті стелі від 2,5 м до 2,7 м).

Знайдемо величину світлового потоку для кімнат будинку:

$$\Phi_{\text{Вітальня}} = 150 * 9 * 1 = 1350 \text{ (Лм)}; \quad \Phi_{\text{Гостьова}} = 150 * 20 * 1 = 3000 \text{ (Лм)};$$

$$\Phi_{\text{Спальня}} = 150 * 12 * 1 = 1800 \text{ (Лм)}; \quad \Phi_{\text{Ванна}} = 50 * 9 * 1 = 450 \text{ (Лм)}.$$

Світлодіодна лампа має потужність 10 Вт та світловий потік 750 Лм.

Розрахуємо кількість світлодіодних ламп для кожної кімнати, використовуючи формулу 1.2. Після підрахунків результат завжди округлюємо в більшу сторону.

$$K_1 = \Phi_k / \Phi_1, \text{ де} \quad (1.2)$$

K_1 – кількість ламп в приміщенні, шт;

Φ_k – величину світлового потоку для кімнат, Лм;

Φ_1 – величину світлового потік світлодіодної лампи, Лм.

$$K_1 = 1350/750 = 1,8 \text{ (шт)} \text{ – для вітальні};$$

$$K_1 = 3000/750 = 4 \text{ (шт)} \text{ – для гостьової};$$

$$K_1 = 1800/750 = 2,4 \text{ (шт)} \text{ – для однієї спальні};$$

$$K_1 = 50/750 = 0,06 \text{ (шт)} \text{ – для ванної}.$$

Як бачимо, нам потрібно мати приблизно 13 ламп у будинку.

Для визначення потужності освітлення використовуємо формулу (1.3).

$$N_n = W * K_1 * K_t, \text{ де} \quad (1.3)$$

N_n - споживання освітлення у будинку за добу, кВт;

W - потужність лампи, Вт;

K_t - кількість годин роботи ламп протягом доби, шт.

Споживання освітлення у будинку за добу відповідно до формули 1.3 дорівнює $N_n = 10 * 13 * 10 = 1300 \text{ Вт} = 1,3 \text{ кВт}$

Використовуючи дані табл.1.1 та розрахунок відповідно до формули 1.3 визначаємо, що приблизна загальна електрична потужність для даного будинку за добу складає 16 кВт.

					БР 3.6.141.366 ЕТдн-91с ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

1.4 Географічне розташування та характеристики місцевості

Потенціал сонячної енергії в Україні є достатньо високим для широкого впровадження сонячних систем практично на всій території країни. Сонячне випромінювання в Україні становить 3500–5200 МДж/м² на рік [6]. Щоб перевести ці значення в кіловат-години на квадратний метр (кВт·год/м²), необхідно помножити їх на 0,2778. Цей множник враховує перетворення з мегаджоулів в кіловат-години, а отже $3500 \text{ МДж/м}^2 * 0,2778 = 972,3 \text{ кВт}\cdot\text{год/м}^2$ на рік. Це приблизні значення, оскільки сонячне випромінювання варіюється в залежності від регіону та кліматичних умов. Сезонний період для активного використання сонячної енергії в північних регіонах триває з квітня по вересень, а в південних з березня по жовтень, що становить 1900–2400 год/рік. Загальне середньорічне сонячне випромінювання варіюється від 1070 кВт·год/м² в північних районах України до 1400 кВт·год/м² на півдні країни. За рівнем інтенсивності сонячного випромінювання (радіації) на території України необхідно виділити чотири зони, які показані на рис. 1.1 [7].



Рисунок 1.1 – Зони інтенсивності сонячного випромінювання в Україні

					БР 3.6.141.366 ЕТДн-91с ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Приватна ділянка, що розглянута в цій роботі, знаходиться в селі Вовківці Роменському районі Сумської області. Розташування об'єкту показано на рис. 1.2 взято зі знімків супутника програми Google maps.

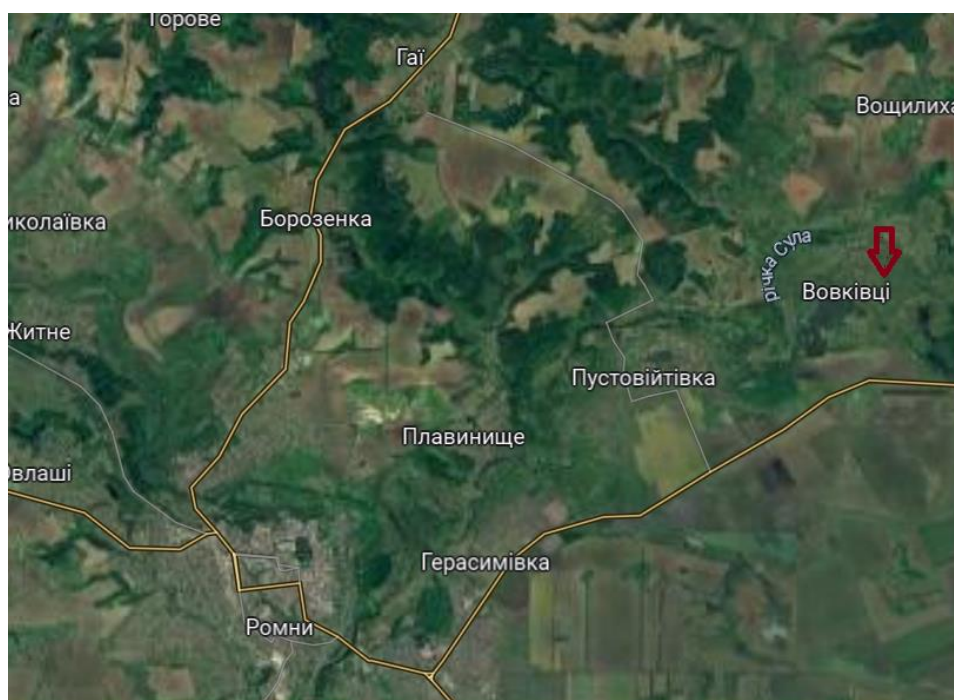


Рисунок 1.2 – Місцезнаходження земельної ділянки

Роменський район Сумської області розташований у північно-східній частині України, в межах лісостепової зони. Клімат району помірно континентальний з характерною прохолодною зимою та теплим літом.

Середня температура повітря взимку від -5°C до -8°C . Взимку бувають сильні морози з температурою до -20°C , а також снігопади та ожеледь. Але останні роки відмічають суттєво теплі зимові місяці. Весною температура повітря збільшується від 0°C до $+15^{\circ}\text{C}$. Температура повітря влітку зазвичай перебуває на рівні від $+20^{\circ}\text{C}$ до $+25^{\circ}\text{C}$, але може досягати й $+40^{\circ}\text{C}$. Восени температура повітря знижується від $+15^{\circ}\text{C}$ до 0°C .

Загалом, погодні умови в Роменському районі варіюються в залежності від сезону та можуть бути нестабільними. Однак, відносно помірні зими та теплі літа створюють сприятливі умови для використання сонячної енергії у цьому регіоні. Хоча може здатися, що більше тепла означає більше сонячної енергії, насправді важлива є саме кількість світла, яка падає на сонячні панелі.

					БР 3.6.141.366 ЕТдн-91с ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

1.5 Оцінка рівня інсоляції

Сонячна інсоляція - це кількість енергії, що надходить на земну поверхню від Сонця. Ця енергія міститься в електромагнітному випромінюванні, що називається сонячним випромінюванням і складається з різних довжин хвиль, включаючи ультрафіолетове, видиме і інфрачервоне випромінювання.

Сонячна інсоляція залежить від багатьох факторів, таких як географічне положення, нахил поверхні, орієнтація поверхні, час доби, погодні умови та інші. Найбільш інтенсивна сонячна інсоляція спостерігається в екваторіальних регіонах, де Сонце перебуває найбільш вертикально, та в умовах ясної погоди.

Для використання сонячної енергії, важливо виміряти сонячну інсоляцію в конкретному місці та визначити її потенціал. Знання про сонячну інсоляцію може бути корисним для розрахунку ефективності використання сонячних панелей, які перетворюють сонячну енергію на електричну енергію. Чим більша сонячна інсоляція, тим більша потенційна енергія може бути зібрана з сонячних панелей. Як видно з рис.1.3 рівень сонячної інсоляції на території України є досить різноманітним.

Кількість сонячного випромінювання варіюється не лише по території країни, а й в залежності від пори року. При виборі сонячних панелей для дому потрібно враховувати показники інсоляції як річні так і помісячні, щоб мати завжди необхідну кількість електроенергії [8].

					БР 3.6.141.366 ЕТдн-91с ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

	січень	лютий	березень	квітень	травень	червень	липень	серпень	вересень	жовтень	листопад	грудень	рік
Сімферополь	1,27	2,06	3,05	4,30	5,44	5,84	6,20	5,34	4,07	2,67	1,55	1,07	3,58
Вінниця	1,07	1,89	2,94	3,92	5,19	5,3	5,16	4,68	3,21	1,97	1,10	0,9	3,11
Луцьк	1,02	1,77	2,83	3,91	5,05	5,08	4,94	4,55	3,01	1,83	1,05	0,79	2,99
Дніпропетровськ	1,21	1,99	2,98	4,05	5,55	5,57	5,70	5,08	3,66	2,27	1,20	0,96	3,36
Донецьк	1,21	1,99	2,94	4,04	5,48	5,55	5,66	5,09	3,67	2,24	1,23	0,96	3,34
Житомир	1,01	1,82	2,87	3,88	5,16	5,19	5,04	4,66	3,06	1,87	1,04	0,83	3,04
Ужгород	1,13	1,91	3,01	4,03	5,01	5,31	5,25	4,82	3,33	2,02	1,19	0,88	3,16
Запоріжжя	1,21	2,00	2,91	4,20	5,62	5,72	5,88	5,18	3,87	2,44	1,25	0,95	3,44
Івано-Франківськ	1,19	1,93	2,84	3,68	4,54	4,75	4,76	4,40	3,06	2,00	1,20	0,94	2,94
Київ	1,07	1,87	2,95	3,96	5,25	5,22	5,25	4,67	3,12	1,94	1,02	0,86	3,10
Кіровоград	1,20	1,95	2,96	4,07	5,47	5,49	5,57	4,92	3,57	2,24	1,14	0,96	3,30
Луганськ	1,23	2,06	3,05	4,05	5,46	5,57	5,65	4,99	3,62	2,23	1,26	0,93	3,34
Львів	1,08	1,83	2,82	3,78	4,67	4,83	4,83	4,45	3,00	1,85	1,06	0,83	2,92
Миколаїв	1,25	2,10	3,07	4,38	5,65	5,85	6,03	5,34	3,93	2,52	1,36	1,04	3,55
Одеса	1,25	2,11	3,08	4,38	5,65	5,85	6,04	5,33	3,93	2,52	1,36	1,04	3,55
Полтава	1,18	1,96	3,05	4,00	5,40	5,44	5,51	4,87	3,42	2,11	1,15	0,91	3,25
Рівне	1,01	1,81	2,83	3,87	5,08	5,17	4,98	4,58	3,02	1,87	1,04	0,81	3,01
Суми	1,13	1,93	3,05	3,98	5,27	5,32	5,38	4,67	3,19	1,98	1,10	0,86	3,16
Тернопіль	1,09	1,86	2,85	3,85	4,84	5,00	4,93	4,51	3,08	1,91	1,09	0,85	2,99
Харків	1,19	2,02	3,05	3,92	5,38	5,46	5,56	4,88	3,49	2,10	1,19	0,9	3,26
Херсон	1,30	2,13	3,08	4,36	5,68	5,76	6,00	5,29	4,00	2,57	1,36	1,04	3,55
Хмельницький	1,09	1,86	2,87	3,85	5,08	5,21	5,04	4,58	3,14	1,98	1,10	0,87	3,06
Черкаси	1,15	1,91	2,94	3,99	5,44	5,46	5,54	4,87	3,40	2,13	1,09	0,91	3,24
Чернігів	0,99	1,80	2,92	3,96	5,17	5,19	5,12	4,54	3,00	1,86	0,98	0,75	3,03
Чернівці	1,19	1,93	2,84	3,68	4,54	4,75	4,76	4,40	3,06	2,00	1,20	0,94	2,94

Рисунок 1.3 – Таблиця сонячної інсоляції по містах України

У таблиці наведена середньомісячна величина сонячної інсоляції в українських містах для кожного місяця. Це середній показник за спостереженнями НАСА за останні 22 роки, кВт·год/м²/ день.

Щодо Сумської області, на основі цих даних можна зробити висновок, що в цьому регіоні є досить висока інсоляція протягом більшої частини року. Середньорічна сума інсоляції в цьому регіоні становить більше 3160 Вт-год/м². Влітку, зокрема в червні та липні, сума інсоляції може сягати близько 5380 Вт-год/м² на місяць, що створює сприятливі умови для використання сонячної енергії. Протягом зимового періоду, середня сума інсоляції становить близько 1300 Вт-год/м² на місяць.

Однак, щоб забезпечити оптимальну ефективність сонячної енергії, важливо враховувати ще й інші фактори.

Основними параметрами зовнішнього середовища, які суттєво впливають на генерацію електричної енергії сонячними панелями, є:

- Інтенсивність сонячної радіації - кількість енергії, яка потрапляє на поверхню панелі в одиницю часу, що залежить від географічного розташування ділянки, часу доби, погодних умов та інших факторів.

- Кут нахилу панелі, який повинен бути відповідним для географічного розташування ділянки та часу року. Неправильний кут нахилу може призвести до зменшення ефективності панелі.

- Орієнтація панелі повинна бути відповідною географічному розташуванню ділянки. Оптимальна орієнтація буде на південь.

- Температура поверхні панелі. Збільшення температури може знизити ефективність панелі.

- Забруднення поверхні панелі, такі як пил, смог, листя або пташині посліди зменшують ефективність панелі.

- Тіні від будівель, дерев або інших перешкод знижують ефективність панелі, оскільки вони зменшують кількість сонячного світла, яке потрапляє на поверхню панелі.

Місце встановлення сонячних панелей на приватній ділянці, що розглянута в цій роботі, позбавлене будь-яких об'єктів, що можуть перешкодити потраплянню променів на встановлені сонячні панелі. Перевагами ділянки також є її прямокутна форма та простий рельєф. Враховано також орієнтацію земельної ділянки. Розташування сонячних панелей буде по південному схилу. Також вона розташована далеко від доріг, через що на сонячні панелі не осідає тиме додатковий пил. Знімок земельної ділянки зображено на рис. 1.4

					БР 3.6.141.366 ЕТдн-91с ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.4 – Супутниковий знімок земельної ділянки

Земельна ділянка приватного будинку є приватизованою. Для проектування системи електропостачання на встановлення сонячної фотоелектричної установки витрати на купівлю/оренду, переоформлення та приватизування при розрахунку витрат не враховуються.

Оцінка рівня інсоляції може бути складною задачею, оскільки вона залежить від багатьох факторів, таких як географічне розташування, погода і пора року. Існує багато спеціалізованих апаратних та програмних засобів для отримання більш точної оцінки рівня інсоляції на ділянці [9]. Ось деякі з них:

1. PVsyst: це програмне забезпечення для проектування сонячних електростанцій, яке надає інформацію про потенційну енергію, яку можна виробляти в залежності від географічного розташування, нахилу і орієнтації панелей, технічних параметрів панелей [10].

2. Solmetric SunEye: це портативний прилад для вимірювання інсоляції на місці, який можна використовувати для оцінки інсоляції на будь-якій ділянці. Він надає детальну інформацію про потенційну енергію, яку можна виробляти з сонячних панелей, та допомагає зробити більш точну оцінку потенційного виробництва [11].

3. SAM (System Advisor Model): це безкоштовне програмне забезпечення, яке розробляється Національним відомством з відновлюваної енергетики (NREL) США. Воно дозволяє проводити детальний аналіз різних типів

					БР 3.6.141.366 ЕТдн-91с ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

сонячних електростанцій, включаючи фотовольтаїчні, теплові і гібридні системи [12].

4. HelioScore: це програмне забезпечення, яке дозволяє проектувати сонячні електростанції в 3D-форматі, враховуючи географічне розташування, топографію і інші фактори, що впливають на інсоляцію. Воно надає детальну інформацію про потенційний вихід енергії з сонячних панелей і допомагає зробити більш точну оцінку потенційного виробництва [13].

Підсумовуючи вище наведене, на генерацію СЕС впливає показник кількості сонячної радіації - рівень інсоляції в регіоні. Чим він вищий, тим більше може генерувати станція.

1.6 Аналіз впливу кута нахилу сонячних панелей

Встановлення фотоелектричних модулів відбувається на спеціальних конструкціях, які забезпечують їх оптимальну орієнтацію на сонце і надійне кріплення до різних типів поверхонь на місцях встановлення: наземні фундаменти, похилі дахи, плоска покрівля, а також вертикальні поверхні.

Для максимальної продуктивності енергії фотоелектричні модулі повинні бути змонтовані таким чином, щоб сонячні промені падали на робочу поверхню модуля під кутом 90° . Домогтися цієї вимоги для сонячних конструкцій можливо тільки при використанні спеціальних поворотних конструкцій з двохосовою системою стеження за сонцем - трекерна систем. Такі сонячні установки, крім явних переваг у максимальному використанні сонячної енергії, є досить дорогими пристроями, споживають, хоч і небагато, але постійно енергію, вимагають велику за площею територію для встановлення в порівнянні з фіксованими конструкціями. Тому зазвичай йдуть на компроміс в продуктивності системи і вартості конструкції, і в основному в фотоелектричних системах використовують стаціонарні конструкції.

					БР 3.6.141.366 ЕТДН-91с ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Такі конструкції найкраще монтувати на південну сторону, допускається незначні відхилення по азимуту, також встановлюють з фіксованим, або змінним кутом нахилу (рис.1.6.1).

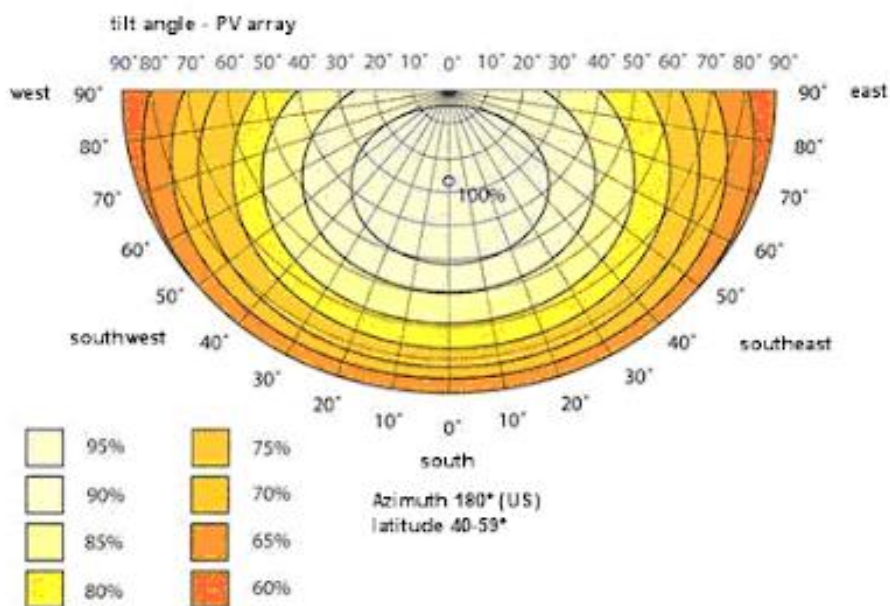


Рисунок 1.5 – Рівень інсоляції по азимуту

Продуктивність енергії фотоелектричної системи, в залежності від монтажної конструкції наведено у табл. 1.3

Таблиця 1.3 – Продуктивність енергії фотоелектричної системи

Продуктивність системи	Фіксована конструкція	Регулювання 2 рази в рік	Регулювання 4 рази в рік	2-осьовий трекер
% від оптимального	71,1%	75,2%	75,7%	100%

Оптимальний кут нахилу сонячних панелей залежить від широти місцевості, та може бути змінений, в залежності від того, якої оптимізації у виробництві енергії необхідно досягти. Так, він може бути зменшений від оптимального значення, якщо фотоелектрична система працює в літній період (річний оптимум), збільшений, якщо фотоелектрична система експлуатується в основному в осінньо-зимовий період, або прийнятий середнім за значенням, якщо фотоелектрична система призначена для цілорічної експлуатації [14].

У табл. 1.4 наведено найкращі дати для коригування кута нахилу.

Ці дані представляють особливий інтерес так як наведені значення для широти, в якій географічно знаходиться територія України.

Таблиця 1.4 – Дані для зміни кута нахилу сонячних панелей об'єкта

Налаштування кута нахилу сонячних панелей	Північна півкуля, час зміни кута нахилу	Південна півкуля, час зміни кута нахилу	Оптимальний кут нахилу
Літній час	18.04	18.10	(Широта*0.92)-24.3°
Осінній час	24.08	23.02	(Широта*0.98)-2.3°
Зимовий час	07.10	08.04	(Широта*0.89)+24°
Весняний час	05.03	04.09	(Широта*0.98)-2.3°

Загальна формула (1.4) для розрахунку оптимального кута ($K_{\text{опт}}$) для будь-якої широти, з таблиці 1.6.2, виглядає наступним чином:

$$K_{\text{опт}} = (K_{\text{ш}} \times K_{\text{м}}) + Д, \quad \text{де:} \quad (1.4)$$

$K_{\text{ш}}$ - кут широти в градусах;

$K_{\text{м}}$ – коефіцієнт множення, який визначається за часом року та географічним положенням.

$Д$ – додаткові градуси, які визначають відхилення положення сонця в конкретний час від нормалі (на екваторі). Даний параметр також залежить від пори року та географічного положення, значення обох величин є табличними [15]. Якщо конструкція дозволяє змінювати кут нахилу сонячних панелей, тоді при зміні кута *два рази в рік* на широті між 25 ° і 50 ° можна прийняти такі цифри: кращим кутом нахилу для літа буде чисельне значення широти, помножене на 0,93 мінус 21 градус. Кращий кут нахилу для зими - чисельне значення широти, помножене на 0,875, плюс 19,2 градуса.

Оптимальний час для зміни кута нахилу на літній період - 30 березня, на зимовий період - 12 вересня.

При регулюванні кута нахилу сонячних панелей *чотири рази на рік* на широті між 25 ° і 50 ° кращими кутами нахилу наведені у табл. 1.5.

					БР 3.6.141.366 ЕТДН-91с ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Оптимальний час для зміни кута нахилу на літній період -18 квітня, на осінній період - 24 серпня, на зимовий період - 7 жовтня, на весняний період - 5березня.

У зимовий період сонячні панелі, при зимовому куті нахилу, будуть орієнтовані досить ефективно, захопивши від 81 до 88% енергії в порівнянні з трекерною системою. Такий кут нахилу є хорошим рішенням в тих місцях, де взимку навантаження більше, ніж влітку. Навесні, влітку і восени ефективність буде нижче (74-75% навесні / восени, і 68-74% влітку), тому, що в ці сезони сонце проходить велику частину неба, і фіксовані панелі не можуть бути спрямовані на нього під кутом, наближеним до 90 °, значну частину дня. Це як раз час року, в якому трекерна системи стеження дає найбільший ефект.

Таблиця 1.5 – Регулювання кута нахилу сонячних панелей на широті між 25 ° і 50 °

Широта	Літній кут	Весняний/ Осінній кут	Зимовий кут
25 °	-1,3	22,2	46,3
30 °	3,3	27,1	50,7
35 °	7,9	32,0	55,2
40 °	12,5	36,9	59,6
45 °	17,1	41,8	64,1
50 °	21,7	46,7	68,5

Кути нахилу для деяких широт, в залежності від пори року, представлені на рис.1.5

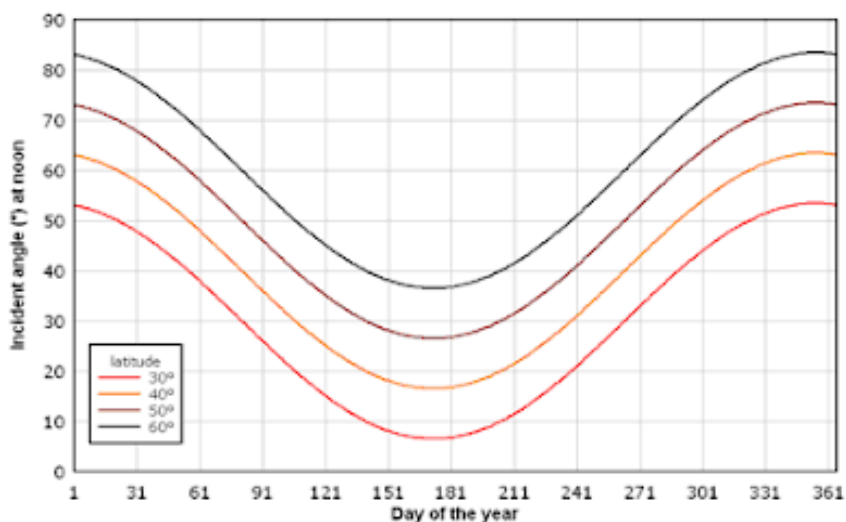


Рисунок 1.5 – Кути нахилу для деяких широт, в залежності від пори року

При розташуванні конструкцій сонячних панелей в кілька рядів (рис.1.6), крім правильної орієнтації і кута нахилу, дуже важливим є правильно вибрати відстань між рядами, щоб не відбувалося взаємного затінення поверхні модулів. Для середньої смуги, при оптимальному фіксованому куті нахилу, найчастіше використовується проста формула 1.5

$$d = 3w, \tag{1.5}$$

де d - відстань між рядами, і w - висота панелі під оптимальним кутом нахилу.



Рисунок 1.6 – Розташування конструкцій сонячних панелей в кілька рядів

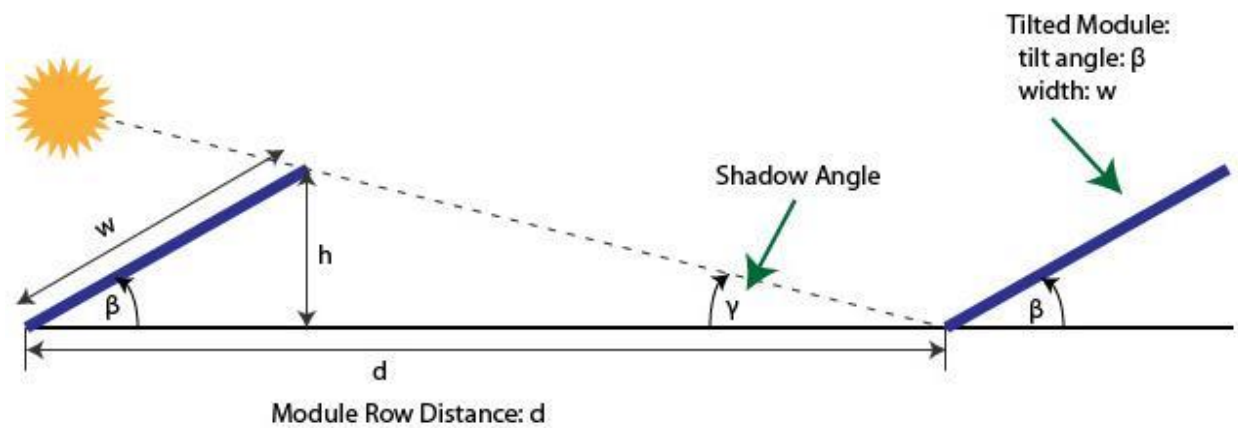


Рисунок 1.7 – Схема монтажу при кутах нахилу, близьких до 30°

При кутах нахилу, близьких до 30° , коефіцієнт використання майданчика під фотоелектричну систему становить 33% (рис. 1.7). Наведені дані є оглядовими, зібрані з різних джерел, і трохи відрізняються за значенням, так як розраховувалися за різними методиками.

В цілому їх завдання - дати уявлення про те наскільки оптимально може працювати фотоелектрична система в залежності від орієнтації і кута нахилу сонячних панелей [14]. Приклад виконання наземної системи кріплення зі змінним кутом на 10 сонячних панелей представлений у додатку А.

1.7 Загальні вимоги для встановлення сонячних панелей в Україні

Встановлення сонячних панелей в Україні регулюється законодавством та нормативними документами. Основні вимоги, які потрібно враховувати при встановленні сонячних панелей в Україні, наступні:

Сонячні батареї повинні відповідати вимогам, встановленим законодавством України та міжнародними стандартами.

Встановлення сонячних панелей повинно відбуватися на конструкціях, які забезпечують їх стійкість та надійність під час різних погодних умов.

Сонячні батареї повинні бути підключені до електричної мережі з дотриманням вимог з електробезпеки.

Встановлення сонячних панелей повинно відбуватися з дотриманням екологічних вимог та з урахуванням можливого впливу на природне середовище.

Заборонено встановлювати сонячні панелі на будівлях, які мають нестійку конструкцію або не відповідають вимогам енергоефективності.

Перед встановленням СЕС необхідно ретельно підібрати тип та потужність інвертора, сонячних панелей залежно від споживання електроенергії в будинку, а також від характеристик місцевості та погодних умов в регіоні. Важливо також враховувати питання щодо зберігання та експлуатації сонячних панелей, а також профілактики та ремонту в разі необхідності.

Загалом, встановлення сонячних панелей в Україні є вигідною та перспективною інвестицією в енергоефективність будинку та екологічну енергетику. Проте, перед встановленням сонячних панелей варто ретельно вивчити всі вимоги та ризики, пов'язані з цим процесом, та звернутися до досвідчених фахівців, які нададуть професійну допомогу.

Завдяки діючому в Україні законодавству громадяни нарівні з організаціями можуть продавати енергію, що генерується їх альтернативним джерелом, за спеціальними «зеленим» тарифом [17], який являє собою тарифну сітку, згідно з якою уряд від імені державної компанії «Енергоринок» набуває у комерційних організацій і приватних осіб електричну енергію, генеровану із застосуванням відновлювальних джерел за високими цінами.

Зелений тариф в Україні - це механізм, що стимулює використовувати повновловані джерела енергії. Ви встановлюєте в приватному будинку або на іншій вашої території сонячну електростанцію і укладаєте договір з державою, за яким вона зобов'язана купувати у вас надлишок виробленої енергії в 4-5 разів дорожче тарифів споживання. Таким чином, за 4-7 років вартість обладнання повністю окупається.

					БР 3.6.141.366 ЕТдн-91с ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В Україні "зелений тариф" працює з 2009-го року. З кожним роком все більше українців переходить на альтернативну енергетику і підключається до програми "зелений тариф".

Причини очевидні: економія на комунальних платежах, які постійно зростають, екологічність і додатковий дохід. Чим більше пропозицій, тим менше попит, тому тарифи з кожним роком знижуються: чим раніше ви підключилися до програми, тим вище ваш фіксований тариф. [18].

Зелений тариф в Україні в 2023 як і раніше привабливий для потенційних інвесторів домашніх сонячних електростанцій. На сьогоднішній момент тариф становить 0,164 EUR за 1 кВт • год переданий в загальну електромережу [19].

Максимальна потужність обладнання, яке може брати участь в "зеленому тарифі" в Україні дорівнює 30 кВт. Навіть якщо приватний будинок споживає набагато менше енергії, є сенс підключати обладнання максимальної потужності - це принесе більше прибутку, так як держава купує абсолютно весь надлишок електричної енергії.

					БР 3.6.141.366 ЕТдн-91с ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

РОЗДІЛ 2. ПРОЕКТУВАННЯ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ ДЛЯ ЖИТЛОВОГО ОБ'ЄКТА

2.1 Облік електричної енергії при встановленні СЕС

При встановленні СЕС для обліку електричної енергії необхідно встановити двонаправлений лічильник електричної енергії. Двонаправлений лічильник електроенергії - це пристрій, який вимірює кількість електроенергії в мережах змінного струму (кВт год). Термін «двонаправлений» відноситься до того факту, що прилад може вимірювати потік електрики у двох напрямках - веде облік споживаного струму, а також відданого в мережу. Його встановлення - обов'язкова умова для оформлення «зеленого» тарифу [20].

При встановленні СЕС і "зеленому тарифі" електрична енергія, вироблена сонячною електростанцією, споживається спочатку власними потребами будинку, а надлишок енергії, який не використовується, поступає до електричної мережі. Лічильник реєструє кількість надлишкової енергії, що поступає до мережі. За цю надлишкову енергію будуть нараховані "зелені тарифи" при умові заключення необхідних договорів згідно вимог законодавства України.

Для точного підрахунку виробленої і витраченої сонячної енергії на об'єкт встановлюється двонаправлений лічильник з комунікаційним модулем GSM/GPRS типу GAMA 300 G3B.144 (рис.2.1) з контролером MCL 5.10.

					БР 3.6.141.366 ЕТдн-91с ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		Мальцев. О			Проекткування системи електропостачання будинку з використанням сонячних батарей	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевірів</i>		Василега					31	83
						СумДУ ЕТдн-91с		
<i>Затверд</i>		Лебединський						

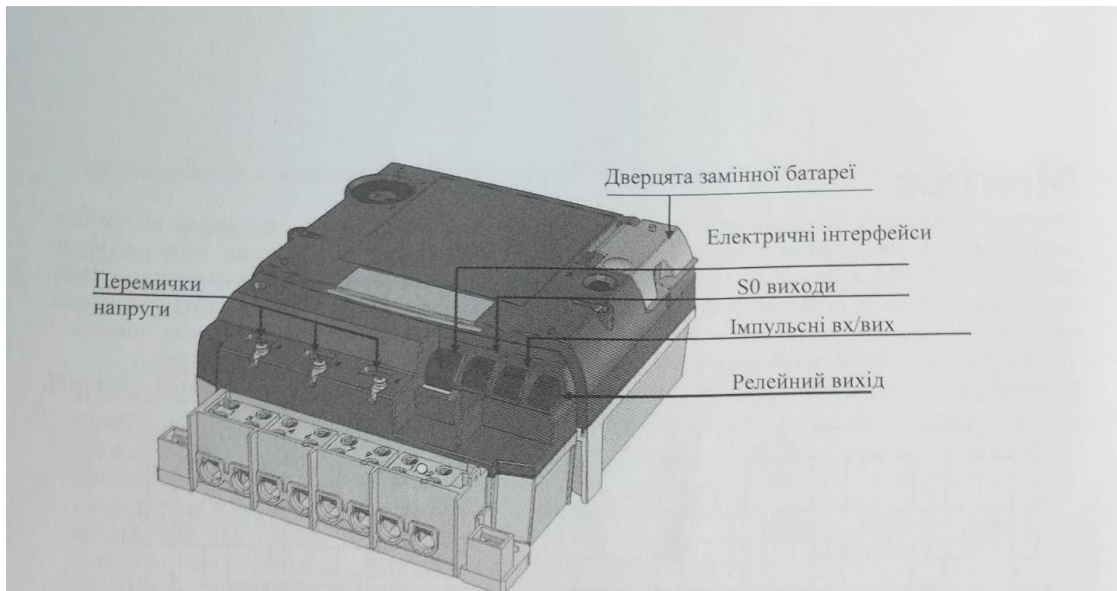


Рис.2.1 – Загальний вигляд двонаправленого лічильника

Контролер використовується для автоматизованої передачі даних з приладу обліку електричної енергії на віддалений сервер збору даних. Блок-схема підключення лічильника і контролера MCL 5.10 на рис.2.2

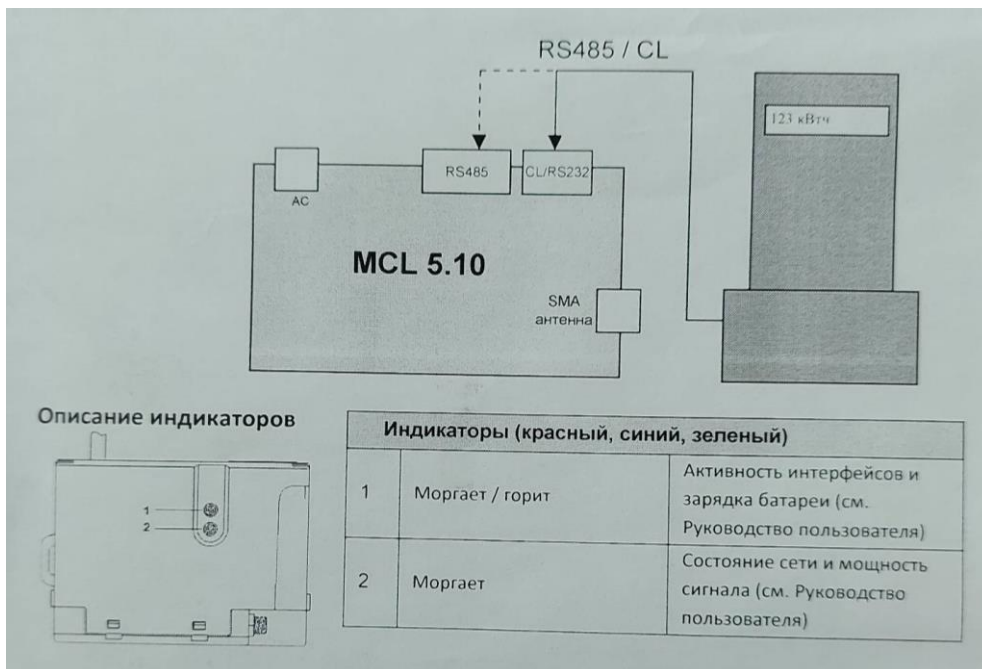


Рисунок 2.2 – Блок-схема підключення лічильника і контролера MCL 5.10

Перед встановленням лічильника необхідно провести його параметризацію. Під час параметризації лічильника до енергонезалежної пам'яті лічильника через оптичний пристрій зв'язку записуються нові параметри лічильника.

Є два різних типи параметризації.

Заводська параметризація виконується на заводі. Під час заводської параметризації до лічильника записується серійний номер лічильника і константи калібрування. Заводська параметризація виконується в процесі виробництва і капітального ремонту

Адаптаційна параметризація виконується під час монтажу лічильника або після змін вимог обліку. Параметризацію лічильника може виконувати тільки постачальник електроенергії або уповноважена ним організація.

Монтаж, демонтаж і профілактику лічильника повинні проводити фахівці, що мають відповідну кваліфікацію. Схема контактів підключення лічильника прямого ввімкнення приведена на рис. 2.3 схема підключення чотирьохпроводного лічильника прямого ввімкнення до мережі приведена на рис.2.4 [21].

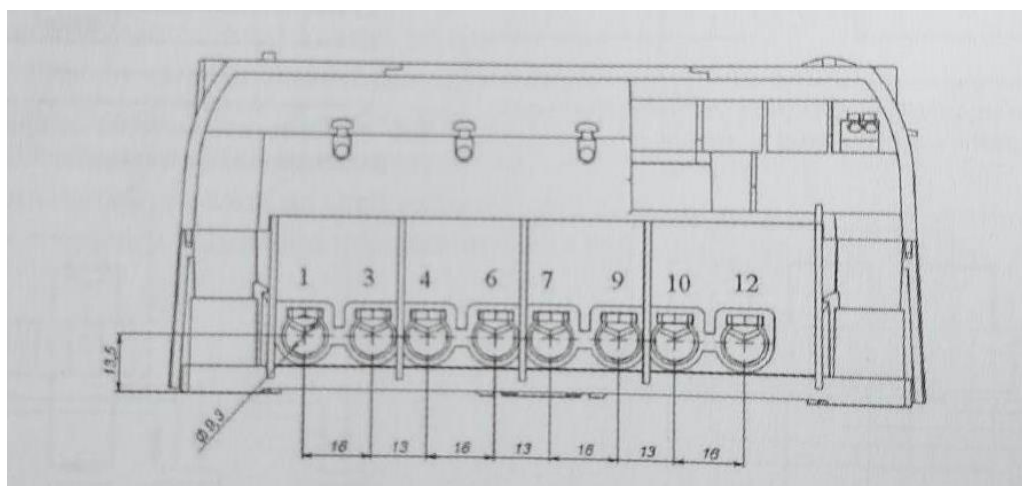


Рисунок 2.1.3 – Схема контактів підключення лічильника

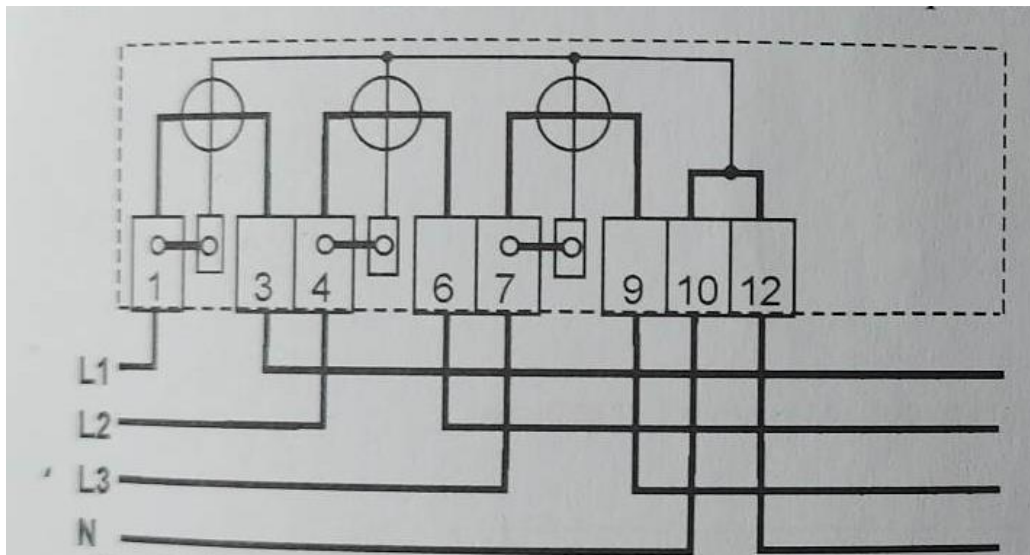


Рисунок 2.4 Схема підключення трьохелементного лічильника прямого ввімкнення до чотирипровідної мережі

2.2 Вибір фотоелектричних панелей

При виборі фотоелектричних модулів дуже важливо розуміти параметри, якими описуються модулі, - потужність, напруга, струм в різних режимах. Але також важливо знати, за яких умов отримані ці значення.

1. Потужність СЕС ($P_{ном}$) - вказує на максимальну електричну потужність, яку може виробити сонячна панель при номінальних умовах, тобто при значеннях інсоляції та температури, які відповідають стандартним умовам (STC - Standard Test Conditions). Більша потужність означає, що панель може виробляти більше електроенергії.

2. Напруга на точці максимальної потужності (V_{mp}) - це напруга на виході фотоелектричних панелей, при якій досягається максимальна потужність.

3. Струм на точці максимальної потужності (I_{mp}) - це струм, який видається фотоелектричними панелями при напрузі на точці максимальної потужності.

4. Напруга на відкритому колі (V_{oc}) - це напруга на виході фотоелектричних панелей, коли коло не замкнене і струм дорівнює нулю.

5. Струм короткого замикання (I_{sc}) - це струм, який видається фотоелектричними панелями, коли вихідні клеми коротко з'єднані.

У фотоенергетиці є різні стандарти і тестові умови, при яких визначаються ефективність і продуктивність сонячних панелей. До основних тестів відносяться:

STC (Standard Test Conditions), що визначає стандартні тестові умови:

- рівень інсоляції повинен бути 1000 Вт на м²;
- температура сонячного модуля – 25°C;
- спектр випромінювання повинен відповідати відносній масі атмосфери 1,5;
- швидкість вітру 0 м/с.

Це відповідає орієнтації панелей на південь під кутом до горизонту в 37 ° і модулює наближені до весняних умов роботи модуля, на який сонячні промені опівдні падають перпендикулярно поверхні.

На практиці це означає, що тільки деколи фотоелектричні панелі зможуть видавати заявлену виробником потужність, вираховану за стандартом STC. Будь-яке відхилення від стандарту, наприклад, кута падіння сонячних променів або температури модуля буде призводити до зниження фактично вироблюваної потужності.

NOCT (Nominal Operating Cell Temperature) - температура модуля при типових умовах експлуатації, яка стало однією з основних характеристик фотоелектричних панелей.

NOCT визначається за таких умов:

- інсоляція 800 Вт/м²;
- температура повітря 20°C;
- орієнтації модуля на ПД.

Так само, дуже важливо знати, що NOCT має на увазі відкриту задню поверхню модуля для можливості природного охолодження, ось чому необхідно при монтажі завжди залишати зазор між панелями і покрівлею.

					БР 3.6.141.366 ЕТдн-91с ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В іншому випадку, панелі перегріються і їх коефіцієнт корисної дії впаде.

За допомогою NOCT можна перерахувати потужність, заявлену в стандарті STC на більш реалістичний PTC (Photovoltaics Test Conditions), який враховує вже не температуру самого сонячного елемента, а температуру навколишнього середовища [22].

Проведемо розрахунок параметрів фотоелектричних панелей для визначення реальних показників потужності сонячних панелей [23].

Очікувана температура модуля обчислюється з NOCT за формулою (2.1):

$$T_{PTC} = 20 + 1,389 \cdot (NOCT - 20) \cdot (0,9 - \eta_{фем}) \quad (2.1)$$

Передбачається, що 10% енергії відбивається.

Частина енергії перетворюється в електрику - це корисна енергія модуля, ККД, відсоток якого вказано в технічних характеристиках.

Якщо температура елемента для умов PTC визначена, то можна обчислити за формулою (2.2) потужність по PTC з потужності STC за допомогою температурного коефіцієнта (зазначеного в технічних характеристиках) потужності (C_T):

$$P_{PTC} = P_{STC} \cdot (1 - C_T (T_{PTC} - 25^\circ C)) \quad (2.2)$$

Оптимальним є значення співвідношення P_{PTC} / P_{STC} , що перевищує 88%.

Обираємо фотоелектричні панелі виробництва RISEN RSM 120-6-340 M (TIER-1), які мають технічні характеристики, що подані на рис. 2.5

- сертифікована STC-потужність 340 Вт;
- NOCT = 45 ° C;
- ККД $\eta_{фем} = 20,2\%$;
- температурний коефіцієнт потужності $C_T = 0,37\% / ^\circ C$ (0,0037 в.о.).

					БР 3.6.141.366 ЕТДн-91с ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Електричні характеристики (STC)

Назва модулю	RSM1206325M	RSM1206330M	RSM1206335M	RSM1206340M
Вихідна потужність- $P_{max}(W_p)$	325	330	335	340
Напруга холостого ходу- $V_{oc}(V)$	40.10	40.30	40.40	40.50
Струм КЗ- $I_{sc}(A)$	10.20	10.30	10.40	10.50
Напруга- $V_{mpp}(V)$	33.90	34.05	34.20	34.40
Струм- $I_{mpp}(A)$	9.60	9.70	9.80	9.90
ККД модулю(%)	19.3	19.6	19.9	20.2

STC: 1000 W/m² випромінювання, температура модулю 25 °C, AM1.

Електричні характеристики (NMOT)

Назва модулю	RSM1206325M	RSM1206330M	RSM1206335M	RSM1206340M
Максимальна потужність- $P_{max}(W_p)$	243.3	246.9	250.5	254.6
Напруга холостого ходу- $V_{oc}(V)$	36.90	37.00	37.10	37.30
Струм КЗ- $I_{sc}(A)$	8.36	8.45	8.53	8.61
Максимальна напруга- $V_{mpp}(V)$	31.10	31.20	31.30	31.50
Максимальний струм- $I_{mpp}(A)$	7.83	7.92	8.00	8.08

NMOT: 800 W/m² випромінювання, температура навколишнього середовища 20 °C, швидкість вітру 1 м/с.

Механічні характеристики

Тип комірки	Монокристаллична, 9BB
Конфігурація комірок	120 комірок (6x10+6x10)
Розміри модулю	1689x996x35мм
Вага	19.5кг
Супертранс	3.2 мм, високопровідний метал з низьким вмістом заліза, загартоване ARC скло
Субстрат	Білий аркуш
Рамка	Анодований алюмінієвий сплав тип 6063T5, сріблястий колір
Розподільна коробка	IP68, 1500VDC, 3 обхідних діода Шотткі
Вихідні кабелі	4.0мм ² (12AWG), плюс(+) 270мм, мінус(-) 100мм
Тип конектора	Risen Twinsel PV-SY02, IP68

Температура та максимальні значення

Номинальна температура NOCT	45°C±2°C
Температурний коефіцієнт V_{oc}	-0.29%/°C
Температурний коефіцієнт I_{sc}	0.05%/°C /
Температурний коефіцієнт P_{max}	-0.37%/°C
Робоча температура	-40°C ~+85°C
Максимальна напруга системи	1500VDC
Максимальна серія запобіжників	20A
Обмеження зворотного струму	20A

Рисунок 2.5 – Технічні характеристики фотоелектричних панелей

Підставивши значення в формули (2.1 та 2.2), знаходимо що:

$$T_{PTC} = 20 + 1,389 \cdot (45 - 20) \cdot (0,9-0,202) = 44,24 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$P_{PTC} = 340 \cdot (1 - 0,0037 \cdot (44,24-25)) = 316 \text{ Вт}$$

					БР 3.6.141.366 ЕТ _{дн} -91с ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

Це складає $PPTC / PSTC = 92,94\%$ від номіналу.

Середньорічне потрапляння сонячної енергії за добу дорівнює

$$W_{\text{ср.доб}} = 3,36 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^2$$

Сумарне потрапляння сонячної енергії (інсоляція) за рік на 1 м^2 площі знаходимо за формулою (2.3):

$$W_{\text{річ}} = W_{\text{ср.доб}} \cdot 365, \quad (2.3)$$

$$W_{\text{річ}} = 3,36 \cdot 365 = 1226,4 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^2$$

Сумарне потрапляння сонячної енергії в середньому протягом року дорівнює згідно формули (2.4):

$$W_{\text{ср.доб.фем}} = W_{\text{ср.доб}} \cdot \eta_{\text{фем}} \cdot S_{\text{фем}}, \quad (2.4)$$

де $S_{\text{фем}} = 1,682$ площа фотоелектричного модуля (панелі), м^2

$$W_{\text{ср.доб.фем}} = 3,36 \cdot 0,202 \cdot 1,682 = 1,14 \text{ кВт} \cdot \text{год за добу.}$$

Виробництво електричної енергії однієї фотоелектричною панеллю типу RISEN RSM120-6-340 M відповідно до формули (2.3) за рік складе:

$$W_{\text{річ.фем}} = W_{\text{доб.фем}} \cdot 365 = 1,14 \cdot 365 = 4161 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Для взятих до уваги панелей потужністю 340 Вт (за паспортом), які в реальних умовах даватимуть 316 Вт (попередні розрахунки PPTC) для спорудження станції потужністю 30 кВт необхідно задіяти певну кількість панелей, яка розраховується за спрощеною формулою (2.5).

$$N_{\text{фем}} = P_{\text{ФЕС}} / (P_{\text{PPTC.фем}} \cdot \eta_{\text{інв}} \cdot K_w) \quad (2.5)$$

Підставляючи значення у формулу (2.2.5) маємо:

$$N_{\text{фем}} = 30000 / (316 \cdot 114 \cdot 1) = 84 \text{ шт}$$

На інвертор потужністю 30 кВт згідно законодавства України ми маємо право підключити не більше 88 шт панелей ($30000/340=88,23$). Приймаємо 88 шт.

					БР 3.6.141.366 ЕТДн-91с ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тоді річне виробництво електричної енергії станцією потужністю 30 кВт, яка складається з 88 панелей типу RISEN RSM120-6-340M та інвертора (типу Fronius, SMA, Huawei, ABB потужністю 30 кВт) складе 36 617 кВт · год за рік згідно формули (2.6):

$$W_{\text{річ.ФЕС}} = W_{\text{річ.фем}} \cdot N_{\text{фем}}, \quad (2.6)$$

Підставляючи значення у формулу (2.6) маємо:

$$W_{\text{річ.ФЕС}} = 416,1 \cdot 88 = 36\,617 \text{ кВт} \cdot \text{год за рік}$$

Для ефективного використання сонячних панелей, потрібно їх періодично обслуговувати. Обслуговування полягає в підтримці чистоти поверхонь панелей, очищення від пилу, пташиного посліду, снігу. Найбільш зручний спосіб очищення панелей від пилу використання телескопічної швабри і поливального шланга з насадкою.

Термін ефективної служби панелей складає близько 30 років.

2.3 Вибір інвертора

Інвертор служить для перетворення постійного струму (DC), який виробляють сонячні елементи, в змінний (AC). Ця конвертація необхідна для передачі згенерованої сонячної енергії в розподільну мережу і використання цієї енергії споживачами змінного струму [24].

Вибір інвертора для сонячної електростанції повинен починатися з декількох важливих кроків:

1. Визначення типу сонячної фотоелектричної станції: мережева, автономна, гібридна.
2. Розрахунку загальної потужності сонячних панелей, що допоможе обрати потужність інвертора для оптимального функціонування системи. Зазвичай, рекомендується вибрати інвертор, який має незначну більшу потужність, ніж загальна потужність сонячних панелей.

					БР 3.6.141.366 ЕТДН-91с ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

3. Існують різні типи інверторів, такі як центральні інвертори, мікроінвертори та оптимізатори потужності. Кожен тип має свої переваги і недоліки. Наприклад, мікроінвертори можуть бути корисні, якщо панелі встановлені в різних орієнтаціях або є проблеми затінку, тоді як центральні інвертори можуть бути економічно вигіднішими для більших систем.

4. Деякі інвертори можуть мати вбудовані моніторингові системи, підтримку зовнішніх комунікаційних протоколів, функції оптимізації потужності та інші корисні можливості. Вибирайте інвертор, який найкраще відповідає вашим потребам та вимогам.

5. Зверніть увагу на якість та надійність виробника інвертора. Інвертор повинен мати високу ефективність та довгий термін служби і надійну роботу.

6. Вибір кількості контролерів MPPT (Maximum Power Point Tracking) або трекерів максимальної точки живлення у ньому.

MPPT - це технологія, яка використовується в сонячних фотоелектричних системах для оптимізації потужності виробленої сонячними панелями. Вона працює шляхом пошуку точки живлення, при якій сонячні панелі генерують найбільшу можливу потужність з урахуванням зовнішніх умов, таких як інтенсивність сонячного випромінювання і температура.

Традиційні сонячні фотоелектричні системи з використанням простих регуляторів напруги або струму можуть працювати неефективно, особливо при змінних умовах освітлення. Вони можуть втрачати значну частину потенційної потужності, яку можна було б виробити. MPPT вирішує цю проблему шляхом постійного відстеження та налаштування точки живлення сонячних панелей, що дозволяє максимізувати їх вироблену потужність.

MPPT використовує алгоритми для пошуку оптимальної точки живлення. Воно аналізує вихідну характеристику сонячних панелей та змінює робочу точку системи, щоб досягти максимальної потужності. Це забезпечує ефективне використання сонячної енергії та максимальний вихід від сонячних панелей. Схема підключення MPPT контролера відображена на рис. 2.6 [25].

					БР 3.6.141.366 ЕТДН-91с ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

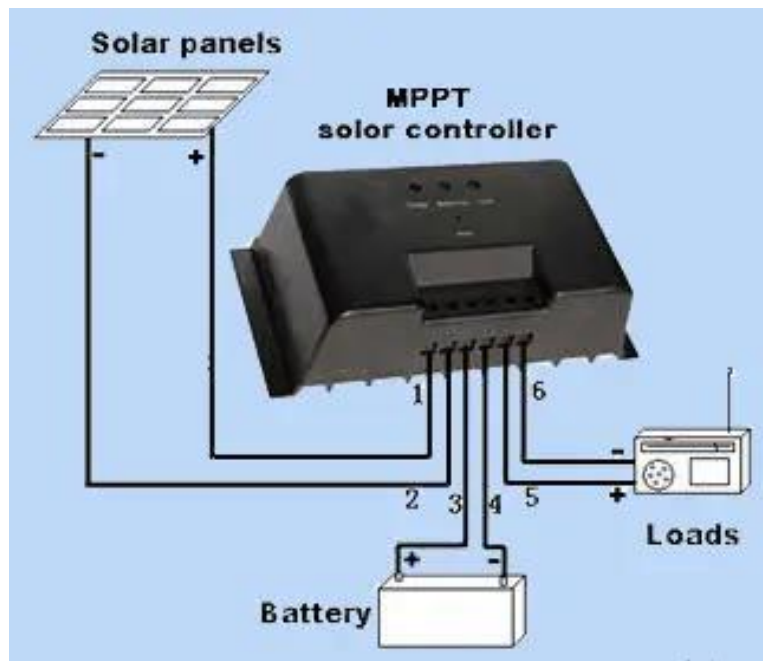


Рисунок 2.6 – Схема підключення MPPT контролера

Потужність СЕС визначається потужністю інверторного обладнання, або сонячних панелей встановлених на ній. Номінальна потужність мережевого інвертора на стороні змінного струму завжди вказується в технічному паспорті. Вона визначає максимальну потужність, яку інвертор в змозі видати в мережу.

Інвертор для найбільшої ефективності повинен працювати як можливо ближче до номінальної потужності. Ефективність перетворення (ККД) може складати до 98% в залежності від моделі. У разі падіння генеруючого струму від сонячних панелей, наприклад, в дощовий день, ефективність інвертора різко падає.

Потужність по постійному струму інвертора, як правило не фіксована і визначається на основі вихідної потужності. Оптимальний діапазон потужності сонячних панелей, підключених до інвертора складає від 80 до 120% від номінальної вихідної потужності інвертора. Але деякі типи інверторів дозволяють їх перевантаження до 160%.

Енергія порядку 1000 Вт/м² протягом всього року становить всього від декількох днів до декількох годин, що становить лише 1-2% від загального

					БР 3.6.141.366 ЕТдн-91с ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

часу сонячного випромінювання. В час, що залишився потужність сонячного випромінювання не перевищує 800-900 Вт/м².

Це означає, що 98% часу сонячні батареї працюють максимум на 80-90% від їх потужності.

Потужність сонячних панелей падає з часом експлуатації, це пов'язано з ефектом деградації кремнієвих фотоелементів. Цей процес проходить доволі повільно, но вже в перший рік роботи продуктивність падає в середньому на 1-2%. З цього слідує, що сонячні батареї ніколи не досягнуть номінальної потужності для умов STC, заданої заводом-виробником. Виробник RISEN на вибрані нами панелі згідно до рис.2.7 дає гарантію, що через 25 років експлуатації панелей їх ефективність впаде не нижче 80% (менше 1% в рік).



Рисунок 2.7 – Гарантія лінійної ефективності фотоелектричних панелей RISEN RSM 120-6-340 M

З врахуванням вищевказаного обираємо інвертор Huawei SUN2000-30KTL-M3. (рис.2.8) Він є потужним трьохфазним інвертором з чотирма точками максимальної потужності (MPPT) і номінальною потужністю 30 кВт. Він призначений для використання в сонячних фотоелектричних системах.

Основні характеристики і переваги інвертора Huawei SUN2000-30KTL-M3:

1. Має високий коефіцієнт ефективності, що дозволяє максимально використовувати отриману сонячну енергію і забезпечує кращі показники про-

дуктивності системи.

2. Має чотири незалежні точки максимальної потужності, що дозволяє оптимізувати роботу системи в умовах різних рівнів тіні, неоднорідного освітлення або використання панелей з різними орієнтаціями.

3. Huawei відома своєю якістю та надійністю в галузі сонячних енергетичних систем. Інвертор Huawei SUN2000-30KTL-M3 має довгий термін служби та гарантію від виробника.

4. Підтримує різні комунікаційні протоколи, такі як Wi-Fi, Ethernet, RS485, RS232, що дозволяє здійснювати моніторинг та керування системою в режимі реального часу.

5. Оснащений розумними функціями, такими як автоматичне виявлення несправностей, швидкий пошук точок максимальної потужності, захист від перенапруги та перенавантаження, що сприяє ефективній та безпечній роботі системи [26].

Загальні дані	
Розмір (Д×В×Ш)	640 x 530 x 270 мм (25.2 x 20.9 x 10.6 дюйми)
Вага (в т.ч кріплення)	43 кг (94.8 фунт)
Рівень шуму	< 46 дБ
Робочий діапазон температур	-25 ~ + 60 °C (-13 °F ~ 140 °F)
Тип охолодження	Природна конвекція
Макс. робоча висота	0 - 4,000 м (13,123 фут.)
Відносна вологість	0% RH ~ 100% RH
DC-конектор	Staubli MC4
AC-конектор	Водонепроникний кабельний сальник + болтові клеми під кільцеві наконечники
Ступінь захисту	IP 66
Топологія	Безтрансформаторний
Споживана потужність вночі	≤ 5.5Вт

Рисунок 2.8 – Технічні характеристики інвертора — загальні дані

На рис. 2.9 наведений графік роботи інвертора. Як бачимо, робочий діапазон інвертора знаходиться між значеннями напруги старту $U_{dc\ start}$ і максимальною напругою $U_{dc\ max}$. Як тільки напруга постійного струму зі сторони сонячних батарей досягає значення $U_{dc\ start}$, перетворювач активується і починає пошук точки максимальної потужності MPPT (maximum power point tracking). Якщо ця точка знаходиться між $U_{dc\ min}$ і $U_{dc\ start}$, інвертор запуститься і почне працювати.

Поки напруга не перевищує мінімальне значення діапазону MPPT $U_{mppt\ min} - U_{mppt\ max}$, інвертор працює з неповною потужністю.

Найвища ефективність перетворювача досягається з напругою U_{nom} , так що конфігурація ланцюгів сонячних батарей повинна видавати напругу, близьку до U_{nom} інвертора [27].

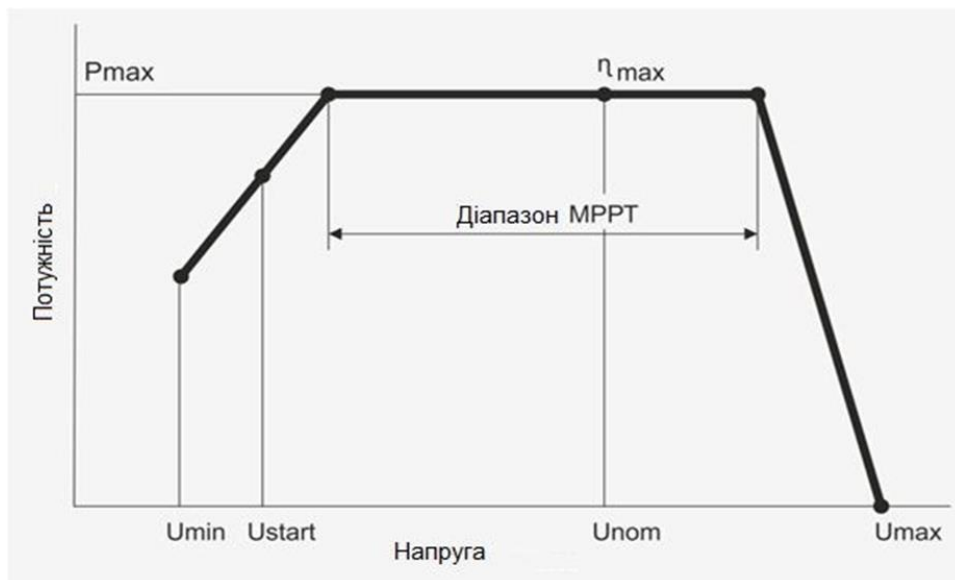


Рисунок 2.9 – Графік роботи інвертора

2.4 Відповідність потужності сонячних батарей

Діапазон напруги MPPT (Maximum Power Point Tracking) в технічному паспорті інвертора вказує на діапазон напруги, в межах якого інвертор може ефективно використовувати сонячну енергію і встановлювати точку максимальної потужності.

Система MPPT в інверторі відповідає за відслідковування точки максимальної потужності сонячних панелей. Це означає, що інвертор постійно аналізує вихідну напругу панелей і пристосовує свою роботу для забезпечення максимальної виробленої потужності.

Діапазон напруги MPPT визначається нижньою та верхньою межами напруги, в яких інвертор може працювати з ефективністю. Зазвичай, цей

					БР 3.6.141.366 ЕТдн-91с ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

діапазон відповідає оптимальним напругам, при яких сонячні панелі найефективніше перетворюють сонячну енергію.

Наприклад, якщо інвертор має діапазон напруги MPPT від 150 до 500 В, це означає, що вхідна напруга від сонячних панелей повинна перебувати в цьому діапазоні, щоб інвертор міг працювати з оптимальною ефективністю і максимальною потужністю.

Підбір інвертора з підходящим діапазоном напруги MPPT є важливим кроком при проектуванні сонячної електростанції, оскільки він забезпечує максимальну вироблену потужність та оптимальну роботу системи.

Кожен інвертор має діапазон напруги MPPT, вказаний в технічному паспорті. Цей параметр визначає, при якій напрузі на вході постійного струму інвертора буде виявлена максимальна точка потужності алгоритмом MPP. Іншим важливим параметром, є мінімальна напруга перемикання інвертора. Це значення напруги PV-модулей, при яких інвертор запускається і починає генерувати енергію. У нашому випадку рис. 2.10 діапазон MPPT становить 200-1000 В, а мінімальна напруга — 200 В.

Технічні характеристики	SUN2000-30KTL-M3	SUN2000-36KTL-M3	SUN2000-40KTL-M3
Ефективність			
Макс. ефективність	98.7%		
Європейська ефективність	98.4%		
Вхід			
Макс. вхідна напруга ¹	1,100 В		
Макс. струм на кожен MPPT	26 А		
Макс. струм КЗ на кожен MPPT	40 А		
Стартова напруга	200 В		
Робочий діапазон напруги MPPT ²	200 В – 1000 В		
Номинальна напруга DC	600 В		
Макс. кількість ввідів	8		
Кількість MPP трекерів	4		
Вихід			
Номинальна активна потужність AC	30,000 Вт	36,000 Вт	40,000 Вт
Макс. повна потужність AC	33,000 ВА	40,000 ВА	44,000 ВА
Номинальна напруга AC	230 В / 400 В, 3Вт/N+PE		
Номинальна частота AC	50 Гц / 60 Гц		
Номинальний вихідний струм	43.3 А	52.0 А	57.8 А
Макс. струм AC	47.9 А	58.0 А	63.8 А
Діапазон коефіцієнту потужності	0.8 випереджаючий ... 0.8 відстаючий		
Макс. коефіцієнт нелінійних спотворень	< 3%		

Рисунок 2.10 – Технічні характеристики інвертора вхідні та вихідні дані

Обидва вказані значення визначають структуру підключення сонячних панелей в стрінг (ланцюг), їх кількість і спосіб з'єднання (послідовний,

паралельний, паралельно-послідовний). Кожна панель в стрінгу генерує певну напругу та струм в залежності від миттєвого освітлення і відповідає вольт-амперній характеристиці. Сонячні батареї, підключені одна до одної, в залежності від схеми (послідовно/паралельно), додають напругу чи струм. В будь-якому випадку ця сума не може перевищувати допустимих значень для обраної моделі інвертора на стороні постійного струму.

2.5 Розрахунок параметрів та схеми з'єднань стрінгів фотоелектричних панелей для підключення до інвертора.

При підключенні фотоелектричних панелей до інвертора, зазвичай використовуються "стрінги" або "стрінгові з'єднання". Стрінг - це група фотоелектричних панелей, які з'єднані послідовно (серійно) для створення високовольтного постійного струму (DC), який потім подається на вхід інвертора для конвертації в змінний струм (AC).

Типовий стрінг складається з кількох панелей, зазвичай від 5 до 20, які фізично з'єднані між собою. Позитивний (+) полюс однієї панелі з'єднується з від'ємним (-) полюсом наступної панелі. Останній позитивний (+) полюс та від'ємний (-) полюс стрінга підключаються до відповідних вхідних клем інвертора.

Вибір кількості панелей у стрінгу залежить від параметрів системи, таких як напруга і струм панелей, максимальна вхідна напруга інвертора, а також характеристики самої інсталяції. Найкраще рішення полягає у розрахунку оптимальної конфігурації стрінгів для вашої конкретної системи.

Струм, що генерується сонячними панелями, залежить від типу з'єднання. В послідовному з'єднанні сила струму дорівнює значенню найбільш слабкого звена в стрінзі, наприклад, частково затемненій панелі. При паралельному з'єднанні струм дорівнює сумі струмів від окремих панелей.

					БР 3.6.141.366 ЕТдн-91с ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

Значення струму також залежить від температури, чим вона вище, тим вище струм, що генерується. Зміна інтенсивності струму в залежності від температури визначається коефіцієнтом I_{sc} панелі (в нашому випадку 0,04 %/К).

Максимальний струм, який може генерувати одна панель розраховуємо за формулою (2.7):

$$I_{sc (Tr)} = I_{sc} \cdot (1 + (Tr - 25) \cdot \alpha_T / 100) , \text{ де} \quad (2.7)$$

$I_{sc (Tr)}$ — значення струму сонячної батареї при 85° С;

I_{sc} — значення струму короткого замикання в умовах STC, вказане в характеристикі модуля (10,5 А);

T_r — максимальна температура (85 °С);

α_T — температурний коефіцієнт I_{sc} (0,05%/К).

Підставляючи прийняті значення у формулу (2.7) маємо

$$I_{sc (Tr)} = 10,5 \cdot (1 + (85-25) \cdot 0,05/100) = 10,81 \text{ А}$$

З розрахунків видно, що для інвертора Huawei SUN2000-30KTL-M3 потужністю 30 кВт на кожний вхід трекеру МРР не рекомендується встановлювати більше 2-х паралельно з'єднаних сонячних батарей. Оскільки при паралельній обв'язці струми сумуються. Сума струмів від трьох паралельно з'єднаних сонячних панелей ($3 \cdot 10,81 = 32,44 \text{ А}$) буде перевищувати максимальне значення в 26 А для кожного входу МРРТ.

2.6 Максимальна напруга в колі

На відміну від струму, напруга, що видається сонячною батареєю, збільшиться при падінні температури панелі. Розрахунки проводять для граничної температури батареї рівної -25 °С. Теоретично більш висока напруга буде мати місце при подальшому падінні температури, але на практиці зимою

					БР 3.6.141.366 ЕТдн-91с ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

практично неможливо отримати температуру на сонячному модулі менш ніж -25°C в умовах необхідної освітленості для початку генерації енергії. При розрахунку максимальної напруги враховуються напруга холостого ходу та температурний коефіцієнт.

Значення максимальної напруги розраховується за формулою (2.8).

$$U_{oc (Tr)} = U_{oc} \cdot (1 + (T_r - 25) \cdot (\beta_T / 100)) , \text{ де} \quad (2.8)$$

$U_{oc (Tr)}$ — значення напруги при температурі -25°C ;

U_{oc} — напруга холостого ходу (40,5 В);

T_r — мінімальна робоча температура (-25°C);

β_T — температурний коефіцієнт модуля ($-0,29\%/K$).

Отже, підставляючи у формулу (2.8) значення отримаємо:

$$U_{oc (Tr)} = 40,5 \cdot (1 + (-25 - 25) \cdot (-0,29 / 100)) = 46,37 \text{ В}$$

Грунтуючись на визначеному значенні максимальної напруги за допомогою формули (2.9), можемо підрахувати кількість модулів в стрінгу, які з'єднані послідовно.

$$N_{max} \leq U_{DC} / U_{oc (Tr)} , \text{ де} \quad (2.9)$$

$U_{DC \text{ max}}$ — максимально допустиме значення напруги на вході перетворювача.

$$\text{Отже, кількість модулів в стрінгу } N_{max} \leq 1100 / 46,37 = 23,7$$

Аналізуємо, що в один стрінг можна установити до 23 сонячних батарей (округляючи до цілого числа в менший бік).

Наступним етапом буде розрахунок мінімальної кількості модулів в колі з урахуванням допустимої пускової напруги інвертора. Обраний інвертор має мінімальну напругу на вході 200 В та обрані модулі досягають мінімальної робочої напруги при граничній температурі 85°C .

					БР 3.6.141.366 ЕТдн-91с ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тому мінімальна кількість панелей в стрінгу розраховується для цієї ж температури (округляємо значення вгору).

В цьому випадку використовуємо формулу (2.10):

$$U_{oc}(T_{max}) = U_{oc} \cdot (1 + (T_{max} - 25) \cdot (\beta_T / 100)), \text{ де} \quad (2.10)$$

$U_{oc}(T_{max})$ — напруга при максимальній температурі 85 ° C;

U_{oc} — напруга холостого ходу (37,3 В);

T_{max} — максимальна робоча температура (85 ° C);

β_T — температурний коефіцієнт модуля (-0,29 %/К);

Визначаємо напругу при максимальній температурі, використовуючи формулу (2.10)

$$U_{oc}(T_{max}) = 37,3 \cdot (1 + (85 - 25) \cdot (-0,29 / 100)) = 30,8 \text{ В}$$

Мінімальну кількість сонячних батарей визначаємо за формулою (2.11)

$$N_{min} \geq U_{DC \text{ start}} / U_{oc}(T_{max}), \text{ де} \quad (2.11)$$

N_{min} — мінімальна кількість сонячних батарей;

$U_{dcstart}$ — початкова напруга (200 В).

$$N_{min} \geq 200 / 30,8 = 6,49$$

Отже, необхідно встановлювати не менше 7 фотоелектричних панелей, в один стрінг (округлюємо значення в більший бік).

Рекомендується приєднувати сонячні батареї до інвертора з відповідним співвідношенням їх потужностей. Співвідношення 0,8-1,2 сумарної потужності сонячних панелей до номінальної вихідної потужності інвертора є оптимальним для роботи перетворювача [27, 28]. В нашому випадку інвертор має номінальну вихідну потужність $P_{ac,r} = 10000$ Вт та оптимальний діапазон напруги для роботи MPP трекера в межах 200-800 В.

					БР 3.6.141.366 ЕТдн-91с ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таким чином, оптимальне значення сумарної потужності сонячних панелей знаходиться в діапазоні 8 000-12 000 Вт.

Згідно з розрахунками, ми можемо приєднати 88 фотоелектричних панелей RISEN RSM120-6-340M (340 Вт) по 22 штуки на кожний MPP трекер до інвертора Huawei SUN2000-30KTL-M330 кВт, який має 4 MPP трекера. Підключення кабелів постійного та змінного струму до інвертора представлено на рис.2.11

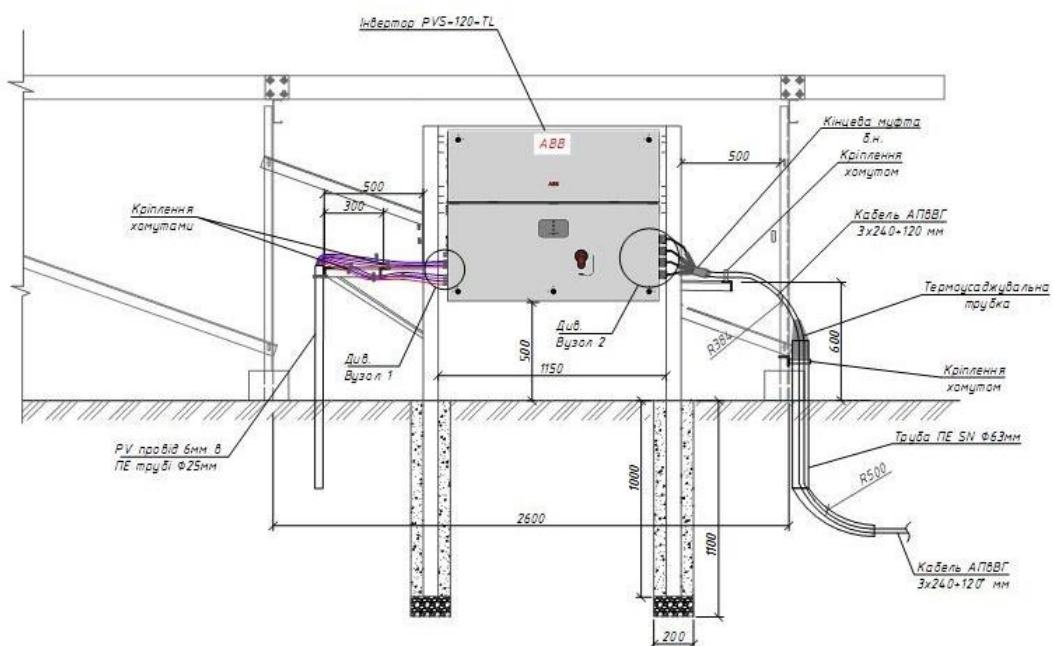


Рисунок 2.11 – Підключення кабелів постійного та змінного струму до інвертора

					БР 3.6.141.366 ЕТДН-91с ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ТЕХНІЧНИХ УМОВ ДЛЯ ПІДКЛЮЧЕННЯ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ СТАНЦІЇ ДО МЕРЕЖІ

3.1 Загальний опис кроків, при розробці технічних умов.

Для розробки технічних умов для приєднання сонячної енергетичної станції до розподільної електричної мережі необхідно врахувати ряд технічних і правових вимог.

Відповідно до “Правил приєднання електроустановок до електричних мереж” [29], приєднання електроустановки (далі - приєднання) – надання електропередавальною організацією послуги замовнику зі створення технічної можливості для передачі (прийняття) у місце приєднання електроустановки замовника відповідної потужності до електричних мереж електропередавальної організації (у тому числі новозбудованих) електричної енергії необхідного обсягу з дотриманням показників її якості та надійності.

Замовником може бути фізична або юридична особа, яка повідомила електропередавальну організацію про намір приєднання до електричних мереж письмово або через web-сайт електропередавальної організації в мережі Інтернет із застосуванням електронного цифрового підпису в установленому законодавством порядку.

Послуга з приєднання надається на підставі договору про приєднання, що укладається за типовою формою.

Для отримання проекту договору про приєднання замовник звертається до електропередавальної організації за місцем розташування його електроустановок із заявою про приєднання електроустановки певної потужності.

До заяви про приєднання електроустановки певної потужності додаються:

					БР 3.6.141.366 ЕТдн-91с ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		Мальцев. О			Проектування системи електропостачання будинку з використанням сонячних батарей	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевірів</i>		Василега					51	83
						СумДУ ЕТдн-91с		
<i>Затверд</i>		Лебединський						

1) копія документа, що підтверджує право власності чи користування цим об'єктом, або копія витягу з Державного реєстру речових прав на нерухоме майно, або, за відсутності об'єкта, копія документа, що підтверджує право власності чи користування земельною ділянкою, або копія витягу з Державного реєстру речових прав на нерухоме майно.

У разі відсутності кадастрового номера у свідоцтві про право власності на земельну ділянку - викопіювання з топографо-геодезичного плану або плану забудови території із зазначенням місця розташування земельної ділянки;

2) копія ситуаційного плану та копія викопіювання з топографо-геодезичного плану в масштабі 1:2000 (1:1000, 1:500 або 1:200) із зазначенням (вказанням) місця розташування об'єкта (об'єктів) замовника, земельної ділянки замовника та прогнозної точки приєднання (для об'єктів, що приєднуються до електричних мереж уперше);

3) копія паспорта або належним чином оформлена довіреність чи інший документ на право укладати та підписувати договір про приєднання, а також подання та отримання документів;

4) ТЕО (за наявності).

Замовник - юридична особа або фізична особа-підприємець додатково надає копію витягу з Реєстру платників єдиного податку або копію свідоцтва платника податку на додану вартість (далі - ПДВ). Замовник - фізична особа додатково надає реєстраційний номер облікової картки платника податків (для фізичних осіб, які через свої релігійні переконання відмовляються від прийняття реєстраційного номера облікової картки платника податків та повідомили про це відповідний орган і мають відмітку в паспорті (або слово «відмова» у разі, якщо паспорт виготовлений у формі картки) - серія та номер паспорта);

5) інформаційна довідка-повідомлення (довільної форми) щодо наявності або відсутності намірів брати участь в аукціоні з розподілу річної квоти підтримки.

					БР 3.6.141.366 ЕТдн-91с ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

Точка приєднання електроустановок замовника зазначається в договорі про приєднання. Точка приєднання має бути розташована на межі земельної ділянки замовника або, за згодою замовника, на території цієї земельної ділянки.

На підставі заяви замовника про приєднання електроустановки певної потужності та викопіювання із ситуаційного плану протягом двох робочих днів електропередавальна організація визначає точки забезпечення потужності, виходячи зі структури електричних мереж та навантаження у зоні можливого приєднання.

Приєднання електроустановок об'єктів до електричних мереж може бути стандартним або нестандартним.

Для визначення типу приєднання (стандартне приєднання або приєднання, яке не є стандартним) за точку забезпечення потужності приймається найближча точка в існуючих (діючих) електричних мережах (повітряна лінія, трансформаторна підстанція або розподільний пункт) електропередавальної організації ступеня напруги, що відповідає ступеню напруги в точці приєднання.

Стандартне приєднання - приєднання електроустановки (крім електроустановок, призначених для виробництва електричної енергії) замовника до діючих мереж електропередавальної організації на відстань, що не перевищує 300 метрів по прямій лінії від місця забезпечення потужності до місця приєднання, яке диференціюється за ступенями потужності об'єкта замовника: перший ступінь - до 16 кВт включно; другий ступінь - від 16 кВт до 50 кВт включно; третій ступінь - від 50 кВт до 160 кВт включно.

Електропередавальна організація безоплатно протягом п'яти робочих днів від дня подання зазначеної заяви надає замовнику підписаний договір про приєднання, з визначенням у ньому розміру плати за приєднання, невід'ємною частиною якого є технічні умови стандартного приєднання до електричних мереж електроустановок .

					БР 3.6.141.366 ЕТдн-91с ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Електропередавальна організація готує технічні вимоги до проекту зовнішнього електрозабезпечення, забезпечує виконання проектної документації, будівельно-монтажних, пусконаладжувальних робіт та введення в експлуатацію новозбудованих чи реконструйованих електроустановок до точки приєднання замовника.

Під час проектування електричних мереж електропередавальна організація використовує типові проекти та проекти повторення.

Енергопостачальник надає замовнику підписаний договір про постачання електричної енергії або договір про користування електричною енергією не пізніше 5 робочих днів після введення в експлуатацію об'єкта замовника та електроустановок зовнішнього електрозабезпечення від точки приєднання до об'єкта замовника, підписання між електропередавальною організацією та замовником двох примірників акта про надання/отримання послуги з приєднання електроустановок до електричних мереж та виконання усіх зобов'язань за договором про приєднання [29].

3.2 Основні показники проекту

Найменування показників та проектні дані досліджуваного об'єкту заносимо до табл.3.1

Таблиця 3.1 – Основні показники проекту

№ з/п	Найменування показників	Проектні дані
1	Джерело живлення	ПС-35/10кВ «Пустовійтівка», комірка №12
2	Точка забезпечення потужності	РУ-0,4 кВ КТП-652
3	Точка приєднання	Шафа обліку
4	Напруга низьковольтних мереж, В	380(220) В, 50 Гц
5	Розрахункова потужність, кВт	31,0

					БР 3.6.141.366 ЕТДН-91с ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

Продовження табл.3.1

6	Розрахунковий струм, А	51,2
7	Категорія електропостачання	ІІІ
8	Коефіцієнт потужності (cos φ)	0,92
9	Відстань від точки забезпечення потужності до межі земельної ділянки, м	113

Розрахунковий струм визначається за формулою (3.1) при відомій активній потужності:

$$I_p = \frac{P_p \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} \quad (3.1)$$

де I_p - розрахунковий струм, А;

P_p – активна розрахункова потужність, кВт;

U – лінійна напруга, В;

cos φ - коефіцієнт потужності.

Підставляючи значення у формулу (3.1) маємо:

$$I_p = \frac{31 \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,92} = 51,2 \text{ А}$$

Номінал ввідного автоматичного вимикача вибирається за розрахунковим струмом навантаження згідно розрахункової потужності. Приймаємо QF= 63 А.

Вибираємо тип та переріз проводу в залежності від кліматичних навантажень і впливів для Роменського району (табл.3.2), розрахункового навантаження та довжини (табл. 3.3) марки AsXS_n 4x25 [30] та створюємо однолінійну схему живлення електроустановки замовника (Додаток Б).

Використовуючи Google Maps, наносимо межі земельної ділянки замовника, точку забезпечення потужності та проєктовану лінію, створюючи ситуаційний план (Рис. 3.2).

					БР 3.6.141.366 ЕТдн-91с ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55



Рисунок 3.2 – Ситуаційний план

3.3 Втрати напруги в лінії

Після вибору проводу необхідно провести його перевірку на величину втрат. Кабельним калькулятором ми можемо в режимі онлайн здійснити розрахунок втрат напруги в кабелі за різних умов експлуатації. Використовуючи онлайн калькулятор [31] отримуємо 2,88 % результат втрат при допустимій межі 10% (рис.3.3).

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Расчёт потерь напряжения в кабеле

Длина линии (м) / Материал кабеля:

Сечение кабеля (мм²):

Мощность нагрузки (Вт) или ток (А):

Напряжение сети (В): Мощность 1 фаза

Коэффициент мощности (cosφ): Ток 3 фазы

Температура кабеля (°C):

Потери напряжения (В / %):

Сопротивление провода (ом):

Реактивная мощность (ВАр):

Напряжение на нагрузке (В):

Рисунок 3.3 – Розрахунок втрат напруги в кабелі

3.4 Загальні вказівки для виконання електромонтажних робіт

1. ПЛЛ 0,4 кВ за критерієм забезпечення безвідмовної роботи механічної частини ПЛ під дією зовнішніх чинників, на розрахунковий період експлуатації лінії - 30 років, відносяться до першого класу (1КБ).
2. Середня повторюваність розрахункових навантажень для ПЛЛ-0,38 кВ становить 5 років для 1КБ.
3. За відсутності геологічних даних по ґрунтах, при розрахунках приймати ґрунт з питомим опором 120 Ом·м з уточненням при будівництві об'єкту.

					БР 3.6.141.366 ЕТДн-91с ПЗ	Арк. 57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. Нейтраль трансформатора заземлити і забезпечити надійний зв'язок з PEN-провідниками мережі 0,38/0,22 кВ.
5. Виконати повторні заземлення PEN-провідника і грозозахисні заземлення на опорах, показаних на плані траси.
6. Арматуру стояків і підкосів, відтяжки і металоконструкції всіх залізобетонних опор ПЛІ-0,38 кВ металічно з'єднати між собою і приєднати за допомогою заземлювальних провідників до верхніх заземлювальних випусків стояків. Крім того, на опорах ПЛІ-0,38 кВ з пристроями заземлення вищезгадані елементи приєднати до PEN-провідника.
7. На опорах ПЛІ-0,38 кВ з пристроями заземлення з'єднати пристрої заземлення з нижніми заземлювальними випусками стояків зварюванням згідно рекомендацій шифр А10-93.
8. Відкриті провідні частини обладнання (металеві корпуси, приводи апаратів) та сторонні провідні частини, що можуть опинитися під напругою при пошкодженні ізоляції, приєднати до спусків заземлення за допомогою окремого відгалуження.
9. Спільний опір всіх заземлювачів, приєднаних до PEN – провідника, у тому числі природних заземлювачів, кожної лінії не повинен перевищувати 10 Ом (п.1.7.95 ПУЕ-2017). Опір кожного з повторних заземлювачів повинен бути не більше 30 Ом. Для питомого опору землі $\rho > 100$ Ом·м допускається збільшення значення опору заземлення в 0,01 ре разів, але не більше ніж в 10 разів (п.1.7.96 ПУЕ:2017).
10. Величина опору заземлювальних пристроїв при струмах промислової частоти у сухий період літа повинна бути не більше:
 - повторних заземлень PEN-провідника $30 \times 0,01 \text{ ре}$ Ом за серією 3.407-150 ЭС 01 тип 6;
 - грозозахисних заземлень 30 Ом згідно за серією 3.407-150 ЭС 01 тип 1;
 - заземлень PEN-провідника повторне з функцією грозозахисного 30 Ом за кресленням за серією 3.407- 150 ЭС 01 тип 1;

					БР 3.6.141.366 ЕТДН-91с ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

11. При опорі заземлюючого пристрою менше нормованого забити додаткові електроди.

12. Всі з'єднання заземлювальних пристроїв в землі виконати зварюванням внахлест електродами Е- 42, згідно з рекомендаціями шифр А10-93.

13. Вертикальні електроди в схемах заземлень за серією 3.407-150 прийнято діаметром 16 мм згідно вимог ПУЕ:2017.

14. При монтажу проводів керуватися наступними вказівками:
мережу електропостачання проектованої ПЛі-0,4 кВ від КТП-652 до опори №23А виконати проводом марки AsXSn-1,0 4x25 мм. кв. з нормованим тяжінням проводу магістралі $T_{max} = 3$ кН.

15. Відстань по вертикалі від самоутримних проводів ПЛІ за найбільшої стріли провисання до поверхні землі або до проїзної частини вулиці повинна бути не менше ніж 5,0 м. У разі перетину непроїзної частини вулиці відгалуженнями до введів в будівлі (споруди) відстань від СІП до тротуарів і пішохідних доріжок за найбільшої стріли провисання повинна бути не менше ніж 3,5 м.

16. Відстань по вертикалі від СІП відгалуження вводу в будівлю (споруду) до поверхні землі перед конструкцією вводу повинна бути не менше ніж 2,75 м

17. Прокладання СІП стінами будівель і споруд необхідно здійснювати таким чином, щоб вони були недосяжними для дотику з місць, де можливе часте перебування людей (вікна, балкони, ганок тощо). Від зазначених місць СІП повинен знаходитися на відстані, не меншій за:

у разі горизонтального прокладання:

- 0,3 м - над вікном або над вхідними дверима,
- 0,5 м - під вікном або під балконом,
- 2,75 м - до землі,

у разі вертикального прокладання:

- 0,5 м - до вікна,
- 1,0 м - до балкона, вхідних дверей

					БР 3.6.141.366 ЕТдн-91с ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

18. На межі земельної ділянки (на опорі) встановити шафу обліку ШО (за окремим проектом).

22. Відстань по горизонталі між ПЛІ-0,4 кВ і КЗП, телевізійними кабелями і спусками від радіоантен на вводах згідно ПУЕ:2017 повинна бути не менше 0,5 м. При цьому проводи від опори ПЛІ до вводу в будинок не повинні перетинатися з проводами відгалужень від КЗП. Їх необхідно розташовувати на одному рівні або вище КЗП.

23. Встановити обмежувачі перенапруг (ОПН) на опорах №1,23А.

3.5 Оцінка впливів на навколишнє середовище при будівництві

Траса ЛЕП-0,4 кВ знаходиться поблизу існуючих доріг.

Викиди в повітря від зварювальних робіт носять тимчасовий епізодичний характер на час будівництва.

Шум від роботи будівельних механізмів також носить тимчасовий характер і в межах дозволеного рівня.

Будівництво перелічених об'єктів не впливає на повітряне середовище, не вносить змін в поверхневі і підземні води, не забруднює ґрунт, не має шкідливого впливу на рослинний і тваринний світ, не наносить шкоди пам'яткам історії і культури.

Враховуючи те, що об'єкти передбачені з елементів максимальної заводської готовності і їх будівництво буде виконуватись ліцензованою організацією, можна вважати, що будівництво буде вестись без будівельних відходів по оптимальній технології.

Технологічний процес будівництва та експлуатації запроектованих об'єктів є безвідхідним і не супроводжується шкідливими викидами в навколишнє природне середовище (як повітряне, так і водне), а рівень шуму і вібрації, які можуть створюватися обладнанням, не перевищують допустимих величин.

					БР 3.6.141.366 ЕТдн-91с ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.6 Електротехнічні рішення

До складу робіт передбачених проектом входять:

- Встановлення автоматичного вимикача з $I_n=80A$ та за живлення його від головного рубильника в РУ-0,4кВ КТП-652;
- встановлення залізобетонної опори № 23А типу СВ-9,5-2,0 поряд з межею земельної ділянки замовника;
- прокладання ПЛІ-0,4 кВ самонесучим ізольованим проводом марки AsXSn 4x25 мм² від проєктованого автоматичного вимикача в РУ-0,4кВ КТП-652 по опорах №1- 23 ПЛІ-0,4 кВ Л-1 від КТП-652, через проєктовану опору до шафи обліку, яка встановлюється на проєктованій опорі на межі земельної ділянки Замовника;
- прокладання проводу ПЛІ-0,4 кВ по конструкціям КТП-652 виконати в гофрованій трубі Ø 32 мм. Прокладання відгалуження ПЛІ-0,4 кВ по опорі виконати в гофрованій трубі Ø 32 мм з кріпленням.

Для підвішування і з'єднання самоутримних ізольованих проводів на опорах передбачається використання лінійної арматури виробництва фірми "Sicame".

Переріз проводів ПЛІ-0,4кВ вибраний за умовами механічної міцності (згідно табл.2.4.1 ПУЕ), по тривало-допустимому струму (згідно табл. 1.3.40 ПУЕ), умові спрацювання захисту при однофазних КЗ та задовольняє вимогам ГОСТ13109-97 по величині граничного відхилення напруги у споживача.

В проєкті передбачено 4,5% запасу проводу для ПЛІ-0,4 кВ

3.7 Облік електроенергії

Встановлення шафи обліку ШО виконується на опорі №23 (на межі земельної ділянки), що забезпечує можливість контролю засобу обліку без доступу на територію Споживача (Додаток С).

					БР 3.6.141.366 ЕТдн-91с ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для захисту від перевантаження і струмів короткого замикання на вводі в ШО встановлюється автоматичний вимикач на розрахунковий струм навантаження, відповідно до величини дозволеної до використання потужності.

В шафі обліку повинно бути передбачене встановлення захисної панелі для можливості пломбування дооблікових кіл та оглядове віконце для зняття показів лічильника (ПУЕ п.1.5.30).

Для точного підрахунку виробленої і витраченої сонячної енергії на об'єкт встановлюється двонаправлений лічильник з комунікаційним модулем GSM \ GPRS.

Висота від землі до коробки затискачів лічильника повинна бути в межах 0,8 - 1,7 м (ПУЕ п.1.5.29).

Відстань між корпусом лічильника та стінками (захисною панеллю) шафи обліку має бути не меншою, ніж 0,05 м.

Закрити та підготувати до опломбування дооблікові кола вимірювального комплексу розрахункового обліку електричної енергії.

3.8 Захист від перенапруги. Заземлення

Електропостачання напругою 0,4 кВ виконується від мережі з глухозаземленою нейтраллю трансформатора.

Розділення спільного PEN провідника на нейтральний N і захисний PE виконується у ввідному розподільчому пункті Споживача ВРП-0,4 кВ.

Металевий зв'язок електроприймачів з нейтраллю трансформатора підстанції здійснюється за допомогою PEN – провідника лінії електропостачання 0,4 кВ.

На ПЛІ-0,4 кВ проектом передбачено влаштування заземлюючих пристроїв для захисту від грозових перенапруг та повторного заземлення PEN – провідника.

					БР 3.6.141.366 ЕТдн-91с ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

Вибрані уставки автоматичних вимикачів захищають проводи вибраних перерізів, а також електрообладнання від перевантаження та струмів короткого замикання.

Приєднанню до систем TN-C підлягають всі металеві частини електроустановки, що не призначені для проведення електричного струму, але які можуть опинитися під напругою внаслідок порушення ізоляції.

Залізобетонні опори мають металевий зв'язок між установленими металоконструкціями, арматурою стояків та підкосів. На опорах ПЛІ з ізольованим PEN провідником вищевказані елементи опор додатково з'єднуються лише на опорах, які мають заземлюючий пристрій.

Спільний опір всіх заземлювачів, приєднаних до PEN провідника кожної лінії напругою 0,4 кВ незалежно від пори року повинен бути не більше 10 Ом. При цьому опір кожного із заземлювальних пристроїв повинен бути не більше 30 Ом.

На опорах №№ 1, 23А передбачається встановлення обмежувачів перенапруги (ОПН) та модулів для відключення захисного заземлення.

З'єднання провідників системи захисту від враження електричним струмом (захисних провідників для забезпечення автоматичного відключення живлення, заземлюючих провідників, заземлювачів) між собою і приєднання їх до інших провідних частин, повинні бути надійними, забезпечувати електричну безперервність ланцюгів і відповідати вимогам ГОСТ 10434, ГОСТ 12.2.007.0.

3.9 Організація будівництва

Всі необхідні дані для проведення будівельно-монтажних робіт приведені в робочій документації.

					БР 3.6.141.366 ЕТДн-91с ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Постачання основних матеріалів, конструкцій і обладнання від заводів-виготовлювачів до складу матеріалів здійснюється автомобільним транспортом.

Реконструкція мережі електропостачання 0,4 кВ, як об'єкт будівництва, не має складної неосвоєної технології і згідно розрахунку відносяться до класу наслідків відповідальності СС1.

Будівельно-монтажні роботи виконуються за типовими технологічними картами з будівництва трансформаторних підстанцій і ліній електропередач, з дотриманням вимог діючих нормативних документів з охорони праці в будівельній галузі.

Забезпечення будівництва кадрами покладається на підрядну будівельно-монтажну організацію, яка розраховує кількість робітників при розробці проекту виконання робіт, виходячи з проектної трудомісткості, термінів виконання робіт і наявного персоналу.

До початку основних будівельних робіт потрібно виконати підготовчі роботи, викликати представників всіх зацікавлених організацій.

Всі приховані роботи підлягають огляду з подальшим складанням актів прихованих робіт.

Випробування та підготовка до здачі в експлуатацію споруджених електротехнічних пристроїв та заземлення повинні виконуватися у відповідності з вимогами СНиП 3.05.06-85. та глави 1.8 ПУЕ-2017. До початку робіт по випробуванню електрообладнання повинен бути закінчений монтаж системи захисту від струмів короткого замикання, а також монтаж заземлюючих пристроїв.

Склад та зміст рішень з техніки безпеки на робочому місці повинні відповідати вимогам розділів ДБН А.3.2-2-2009.

Перед початком демонтажних робіт виконати повторний огляд конструкцій, що підлягають розбиранню. При цьому звернути увагу на загальний стан конструкцій та елементів споруди з метою попередження можливих обвалів в

					БР 3.6.141.366 ЕТдн-91с ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

процесі виконання робіт.

Всі будівельно-монтажні роботи по реконструкції мережі електропостачання будуть виконуватись поруч з обладнанням, яке знаходиться під високою напругою, що обумовлює обмеження дій робітників спеціальними умовами техніки безпеки і оформленням наряду-допуску.

Проектом передбачений вплив ускладнюючих умов по проведенню будівельних і монтажних робіт на підстанції та в охоронній зоні повітряних ліній електропередач, в місцях проходження комунікацій електропостачання, в діючих електроустановках, поблизу конструкцій і предметів, які знаходяться під напругою (у випадках, коли зняття напруги не можливе з виробничих обставин), якщо це пов'язано з обмеженням дій робочих спеціальними вимогами техніки безпеки та приймається коефіцієнт $k=1,2$ згідно, дод. Б. п.4. та дод. Г, п.4. ДБН Д1.1.1-2-99.

При пусконаладжувальних роботах передбачається складання технічного звіту $k=1,03$ п.1.6. згідно п.1.6 ДБН Д.2.6-1-1-2000, $k=1,21$ згідно дод. Б, п.5 ДБН Д.1.1-6-2000.

Потреба в основних транспортних засобах і механізмах приведена в табл.3.9.1. Потреба в основних місцевих будівельних матеріалах відсутня.

Відповідальність за порушення вимог пожежної безпеки несуть керівники робіт, які не повинні допускати ведення будівельно-монтажних робіт, якщо відсутні протипожежне водопостачання, дороги, під'їзди та зв'язок.

Машини, механізми, устаткування, транспортні засоби повинні мати сертифікат, що засвідчує безпеку їх використання.

При виконанні всього комплексу будівельно-монтажних робіт необхідно виконати заходи з організації безпечної роботи із використанням механізмів, вантажопідійомних машин, транспортних засобів, робіт на висоті та інших технологічних операцій.

					БР 3.6.141.366 ЕТдн-91с ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.5 – Відомість потреби в транспортних засобах і механізмах

N з/п	Найменування машин і механізмів	Потреба будівництва
1	2	3
1	Тягач для перевезення вантажів	1
2	Кран автомобільний	1
3	Трактор колісний	1
4	Автомобіль для перевезення людей	1
5	Агрегат зварювальний	1
6	Вертулг (поворотна обойма)	1
7	Лебідка ручна	1
8	Бурильно-кранова машина	1

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР 3.6.141.366 ЕТдн-91с ПЗ

Арк.

66

РОЗДІЛ 4. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ ДЛЯ ПОКРИТТЯ НАВАНТАЖЕНЬ ЖИТЛОВОГО ОБ'ЄКТУ

Багато людей купують сонячні електростанції, щоб забезпечити себе дешевим і надійним світлом. Українська держава пропонує власникам панелей збувати електроенергію за "зеленим тарифом" — тарифом досить високим і вигідним для продавця. З 1 січня 2020 по 31 грудня 2024 року він становитиме 16 євроцентів / кВт*год. Перевагами програми можна скористатися до кінця 2029 року [32].

4.1 Розрахунок капітальних витрат

Зведемо дані про капітальні витрати на стандартну сонячну електростанцію до табл. 4.1

Таблиця 4.1 – Капітальні витрати

№	Найменування технічних засобів	Сума, грн
1	Збільшення дозволеної потужності житлового будинку до 30 кВт	90000
2	Проектування та інженерні послуги	6000
3	Фотоелектричний модуль RISEN RSM120-6-340M (TIER-1) 88 шт.	133 000
4	Інвертор Huawei SUN2000-30KTL	100 000

					БР 3.6.141.366 ЕТдн-91с ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		Мальцев. О			Проектування системи електропостачання будинку з використанням сонячних батарей	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевірів</i>		Василега					67	83
<i>Затверд</i>		Лебединський			СумДУ ЕТдн-91с			

Продовження табл. 4.1

5	Монтажна система: металічний каркас, кріплення панелей	67 000
6	Електрична розподільна система: кабелі, автоматичні вимикачі, монтажні бокси та інші компоненти	44 000
7	Двохтарифний електричний лічильник Gamma 300+модем	9 000
8	Монтажні та пусконаладжувальні роботи	60 000
	ВСЬОГО	509000

4.2 Розрахунок прибутку

Сьогодні в Україні встановлено відносно високий «зелений» тариф на електроенергію, що виробляється приватними домогосподарствами. У другому кварталі 2023 році ціна однієї кіловат-години сонячної електроенергії, проданої державі, становить 6,3507 грн./кВт*год., без ПДВ. В цілому ж «зелений» тариф прив'язаний до євро. Наразі діють такі тарифи на купівлю електроенергії від домашніх станцій:

- для СЕС 2020-2024 років введення в експлуатацію – 0,164 євро/кВт;
- для сонячних станцій, які почнуть роботу в 2025-2029 роках – 0,146 євро/кВт [33].

Продавати по «зеленому» тарифу можна лише ту частину виробленої електроенергії, яка перевищує власне споживання домогосподарства.

У нашому проекті згідно розрахунку сонячна електростанція потужністю 30 кВт виробляє в рік 36 617 кВт/г електроенергії. Середнє власне споживання для будинку до встановлення сонячної станції складало на рік близько 2400 кВт/г. Таким чином, за «зеленим» тарифом можна буде продати 34 417 кВт/г сонячної електроенергії в рік на суму 218 572,05 грн.

					БР 3.6.141.366 ЕТдн-91с ПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаток 2 до договору
про купівлю-продаж
електричної енергії
№ [] від 28.07.2020 року

АКТ
купівлі-продажу електричної енергії
згідно договору № [] від 28.07.2020 року
між ТОВ "ЕНЕРА СУМИ"
[]
за квітень 2023 року

м.Ромни

30 квітня 2023 р.

Назва	квітень	
Обсяг купованої електроенергії (сальдо-переток), (кВт.год)	3253	
Зелений тариф, грн./кВт.год, без ПДВ	6.3507	
Вартість електроенергії, грн. без ПДВ	20658.83	
Загальна сума	20658.83	

Загальна сума (прописом) : 20658.83 (двадцять тисяч шістсот п'ятдесят вісім гривень 83 копійки)
Сума до сплати (прописом) : 16630.36 (шістнадцять тисяч шістсот тридцять гривень 36 копійок)
Податок на доходи фізичних осіб 18%
(перераховується до бюджету) : 3718.59 (три тисячі сімсот вісімнадцять гривень 59 копійок)
Військовий збір 1,5%
(перераховується до бюджету) : 309.88 (триста дев'ять гривень 88 копійок)



ЦОК



* Термін підписання Акту купівлі-продажу електричної енергії до 15 числа поточного місяця
Інформація згідно до вимог Постанови НКРЕКП від 26.04.2022 №396

Місяць року	Розмір мінімального гарантованого платежу по Постанові НКРЕКП від 26.04.2022 № 396 , грн.	Заборгованість ТОВ "ЕНЕРА СУМИ", грн.
05.2022	12726.73	12986.51
06.2022	11616.72	15119.89
07.2022	10245.67	14548.95
08.2022	8644.03	12552.67
09.2022	4556.86	6349.71
10.2022	4594.97	9294.21
11.2022	779.75	1337.65
12.2022	545.61	953.22

ТОВ "ЕНЕРА СУМИ" повідомляє, що Постановою Національної Комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг (далі - НКРЕКП) №153 від 30.01.2023 визнано Постановою № 396 від 26 квітня 2022 року такою, що втратила чинність. Тому, заборгованість за березень-грудень за електричну енергію, вироблену генеруючими установками приватних домогосподарств за 2022 рік буде виплачена згідно затвердженого графіку, відповідно до Постанови № 153, а оплата з січня 2023 року буде здійснена відповідно до Постанови НКРЕКП від 26 квітня 2019 року № 641.

Рисунок 4.1 – Акт купівлі-продажу електричної енергії

Відповідно до акту купівлі-продажу електричної енергії рис.4.1 можемо зробити аналіз даних.

Оподаткування доходів складається з:

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР 3.6.141.366 ЕТДН-91с ПЗ

Арк.

69

податок на доходи фізичних осіб 18%	
(перераховується до бюджету)	-39 342,97 грн;
військовий збір 1,5%	
(перераховується до бюджету)	- 3 278,58 грн .
Таким чином,	
чистий прибуток за рік після сплати податків	-175 950,50 грн.

Підрахуємо окупність: $509\ 000 / 175\ 950,5 = 2,9$ років (приблизно).

					БР 3.6.141.366 ЕТДН-91с ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці є надзвичайно важливою при проектуванні та встановленні сонячних панелей. Охорона праці і техніка безпеки при будівництві і експлуатації проєктованих об'єктів забезпечується прийняттям всіх проєктних рішень, у строгій відповідності до вимог чинних нормативних документів, що враховують умови безпеки праці, попередження виробничого травматизму, професійних захворювань, пожеж і вибухів та захист людей від враження електричним струмом.

Для забезпечення охорони праці і техніки безпеки проєктом передбачено:

- використання технічно досконалого обладнання;
- виконання заземлення елементів електроустановки з нормованою величиною опору і конструкцією, що відповідають вимогам ПУЕ;
- розміщення обладнання із забезпеченням його вільного обслуговування;
- використання при виконанні будівельно-монтажних робіт машин і механізмів, в конструкції яких закладені принципи охорони праці;
- високий рівень механізації будівельно-монтажних робіт.

Будівництво ділянки лінії поблизу діючих ЕМ, що знаходяться під напругою, повинно виконуватися із дотриманням нормованих відстаней від проводів до працюючих машин і механізмів, їх належного заземлення та інших заходів з безпеки ведення робіт.

В тих випадках, коли вимоги щодо відстаней від елементів діючих електроустановок, що знаходяться під напругою, до працюючих механізмів виконати неможливо, необхідно відключати і заземляти ці електроустановки.

При роботі в діючій електроустановці персоналу електромонтажних організацій заборонено виконувати роботи без зняття напруги поблизу струмо-

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БР 3.6.141.366 ЕТдн-91с ПЗ			
Розробив		Мальцев. О			Проекування системи електропостачання будинку з використанням сонячних батарей	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевірів		Василега					71	83
						СумДУ ЕТдн-91с		
Затверд		Лебединський						

ведучих частин і на струмоведучих частинах, що знаходяться під напругою.

Електромонтажникам заборонено проводити роботи без спостерігаючого від організації, що експлуатує електроустановку.

При роботі з устаткуванням на пропан-бутані необхідно:

- встановити і прилаштувати редуктор і шланг при зачиненому вентилі балону. Малі балони для пропан-бутану, що мають праву різьбу повинні бути обладнані перехідною муфтою, припаяною до перехідного штуцера. З малого балона допускається проводити відбір газу без редуктора, але не можна до цього балона приєднувати штуцер без фібрової шайби;
- шланги з'єднувати тільки за допомогою з'єднувальних штуцерів та стандартних хомутів. Запалити пальник, підвівши до нього вогонь, після чого плавно відкрити вентиль пальника на третину оберту;
- працювати тільки в захисних окулярах і брезентових рукавицях;
- витратити пропан-бутан тільки до залишкового тиску 0,2 МПа;
- змити водою зріджений пропан-бутан при попаданні його на шкіру;
- гасити пропан-бутан, що залишився, вуглекислотним вогнегасником чи струменем води. Малі спалахи пожежі допустимо гасити піском чи покривалом з незаймистого матеріалу;
- після закінчення робіт закрутити вентиль балону, а лише потім вентиль пальника.

Місце проведення робіт огороджувати з встановленням попереджувальних написів і знаків, а у нічний час на огороженні встановити сигнальне освітлення.

Перед початком виконання будь-яких земляних видів робіт потрібно уточнити наявність в зоні виконання робіт підземних інженерних мереж, а саме електрокабелів, кабелів зв'язку, водопровідних, тепло та газифікаційних мереж, та отримати дозвіл на право виконання робіт від організації, експлуатуючих указані мережі. Проведення робіт без дозволів суворо заборонено.

					БР 3.6.141.366 ЕТдн-91с ПЗ	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Оскільки працездатність системи безумовно залежить від ступеня зарядженості свинцевокислотних батарей, необхідно ознайомитись з «Інструкцією з охорони праці при експлуатації стаціонарних свинцево - кислотних акумуляторних батарей». Так як до системи з сонячних батарей входять електроприлади, то слід дотримуватись системи засобів і заходів безпечної експлуатації електроустановок. Ізоляція струмовідних частин забезпечується шляхом покриття їх шаром діелектрика для захисту людини від випадкового доторкання до частин електроустановок, через які проходить струм.

Електрозахисними засобами називаються вироби, що переносяться та перевозяться і слугують для захисту людей, які працюють з електроустановками, від ураження електричним струмом, від дії електричної дуги та електромагнітного поля.

Розрізняють основні й додаткові ізолювальні електрозахисні засоби. До основних належать такі електрозахисні засоби, ізоляція яких протягом тривалого часу витримує робочу напругу електроустановки до 1000 В – діелектричні рукавички, ізолювальні штанги, інструменти з ізольованими ручками, електровимірювальні кліщі, ізолювальні кліщі, покажчики напруги; а при роботі в електроустановках напругою понад 1000 В – ізолювальні штанги, струмовимірювальні та ізолювальні кліщі, покажчики напруги для фазування. Додаткові ізолювальні захисні засоби мають недостатні ізолювальні властивості, тому призначені лише для підсилення захисної дії основних засобів, разом з якими вони і застосовуються. До них належать: при роботах в електроустановках з напругою до 1000 В – діелектричні калоші, килимки, ізолювальні підставки; при роботах в електроустановках з напругою понад 1000 В – діелектричні рукавички, боти, килимки, ізолювальні підставки.

Огороджувальні електрозахисні засоби (щити, ширми, екрани, плакати електробезпеки) призначені для захисту працівників, котрі проводять роботи в електроустановках, від випадкового доторкання чи наближення на небезпечну відстань до струмовідних частин, що знаходяться під напругою [34].

					БР 3.6.141.366 ЕТдн-91с ПЗ	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Отже, безпека завжди повинна бути пріоритетом, і важливо вживати всіх необхідних заходів для запобігання потенційним небезпекам і захисту працівників, які працюють з сонячними панелями.

					БР 3.6.141.366 ЕТдн-91с ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

ВИСНОВОК

1. У процесі виконання проекту був проведений ґрунтовний аналіз щодо географічного розташування ділянки досліджуваного об'єкта, оцінки його рівня інсоляції та описані основні параметри зовнішнього середовища, які суттєво впливають на генерацію електричної енергії сонячними панелями.

2. З'ясовано наскільки оптимально може працювати фотоелектрична система в залежності від орієнтації і кута нахилу сонячних панелей.

3. Вибрано тип та переріз проводу в залежності від кліматичних навантажень і впливів для досліджуваного об'єкта, а також розрахункового навантаження та довжини лінії.

4. Калькулятором в режимі онлайн здійснено розрахунок втрат напруги в лінії за різних умов експлуатації та отримано результат 2,88 % втрат напруги при допустимій межі 10% .

5. Розроблені загальні вказівки для виконання електромонтажних робіт.

6. Дослідили, що встановлення шафи обліку на опорі забезпечує можливість контролю засобу обліку електроенергії без доступу на територію Споживача. Вироблена і спожита електроенергія легко і прозоро обліковується.

7. У нашому проекті згідно розрахунку сонячна електростанція потужністю 30 кВт виробляє в рік 36 617 кВт/г електроенергії. Середнє власне споживання для будинку до встановлення сонячної станції складало на рік близько 2 400 кВт/г. За «зеленим» тарифом можна буде продати 34 417 кВт/г сонячної електроенергії в рік на суму 218 572,05 грн. Капітальні витрати дорівнюють 509 000 грн. Чистий прибуток за рік після сплати податків дорівнює 175 950,50 грн., а період окупності нашої станції буде 2,9 років.

8. Розрахована система задовольняє нашим вимогам, є вигідною та заслуговує на реалізацію.

					БР 3.6.141.366 ЕТдн-91с ПЗ	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9. Встановлення сонячних енергетичних станцій для задоволення власних потреб та продажу надлишку згенерованої електроенергії є доцільним, хоча й залежить від багатьох обставин, включаючи вартість системи, тарифи на електроенергію, тривалість окупності, особисті фінансові цілі, енергетичну політику країни.

					БР 3.6.141.366 ЕТдн-91с ПЗ	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Омельченко В. Сектор відновлюваної енергетики України до, під час та після війни [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://razumkov.org.ua/statti/sektor-vidnovlyuvanoyi-energetyky-ukrayiny-do-pid-chas-ta-pislya-viyny>
2. Сервісне обслуговування СЕС [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://inteleng.com.ua/servisne-obslugovuvannya-ses/>
3. Розрахунок освітленості приміщення [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://www.brille.ua/ua/kak-rasschitat-uroven-osveshennosti-promesheniya/>
4. Потужність електричного струму [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/>
5. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://dreamdim.ua/wp-content/uploads/2018/12/DBN-V2528-1.pdf>
6. Калініченко, В. А. Відновлювані джерела енергії / В. А. Калініченко, Р. Титко. – Варшава – Краків – Полтава, 2010. – 525 с.
7. Дудюк, Д. Л. Нетрадиційна відновлювана енергетика / Д. Л. Дудюк, С. С. Мазепа. Львів, 2009. – 188 с.
8. Що таке інсоляція? [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://alternative-energy.com.ua/uk/shho-take-insolyacziya/>
9. 7 найпопулярніших програм для проектування та моделювання сонячної фотоелектричної системи [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://ua.dsisolar.com/info/7-most-popular-solar-pv-system-design-and-simulation-34952960.html>
10. A powerful software for your photovoltaic systems [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://www.pvsyst.com/>

					БР 3.6.141.366 ЕТДН-91с ПЗ	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

11. SunEye 210 Shade Tool [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://www.solmetric.com/buy210.html>
12. System Advisor Model (SAM) [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://sam.nrel.gov/>
13. HelioScope: [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://helioscope.aurorasolar.com/product/>
14. Моя сонячна електростанція (зелений тариф) [Електронний ресурс] / Режим доступу: http://mysolarenergyua.blogspot.com/2017/03/blog-post_30.html
15. Остренко Д.О., Колларов О.Ю. Аналіз впливу кута нахилу сонячних панелей на роботу електричної мережі з використанням ВДЕ [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://elen.donntu.edu.ua/2074-2630-2020-2-70-76.pdf>
16. Немировский І.А. Сучасні джерела енергії: навчальний посібник / І.А. Немировський. – Х.: НТУ «ХПІ», 2015. - 167 с
17. Закон України від 04.06.2015 № 514-19 Про внесення змін до деяких законів України щодо забезпечення конкурентних умов виробництва електроенергії з альтернативних джерел енергії / Відомості Верховної Ради України (ВВР). – 2015. – N 33. – С.324. – Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/514-19>.
18. Зелений тариф [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://solar-tech.com.ua/ua/green-tariff.html>
19. Зелений тариф для приватних домогосподарств [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://smarteco.biz.ua/solution/green/>
20. Двонаправлений лічильник для «зеленого» тарифу: навіщо він потрібен і як працює? [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://www.solargarden.com.ua/dvonapravlenyj-lichylnyk-dlya-zelenogo-taryfu-navishho-vin-potriben-i-yak-pratsyuye/>

					БР 3.6.141.366 ЕТДН-91с ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78

31. Онлайн калькулятор розрахунку потужності напруги в кабелі [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://energoprom.net.ua/ru/calc-cabel/calc-poteri/>

32. Окупність сонячних батарей [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://sunsayenergy.com/technology/okupnist-sonyachnih-batarey>

33. Зелений тариф 2023: Як працює в умовах війни бізнес на сонці [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://solarsystem.com.ua/zelenyi-tarif-2023/>

34. Третьяков О. Охорона праці: навч. посібник / О. В. Третьяков, В. В. Зацарний, В. Л. Безсонний ; ред. К. Н. Ткачук. - К. : Знання, 2010. - 168 с. – Тема 7.]

					БР 3.6.141.366 ЕТдн-91с ПЗ	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

					БР 3.6.141.366 ЕТдн-91с ПЗ	Арк.
						81
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

