

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ННІ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ**

УДК 621.311.243:696.6

ПОГОДЖЕНО
Директор ННІ енергетики,
автоматики і
енергозбереження

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри
інженерії енергосистем

_____ /Каплун В.В./
(підпис)

_____ /Антипов Є.О./
(підпис)

« ____ » _____ 2025 р.

« ____ » _____ 2025 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: «Енергоефективні рішення електропостачання адміністративної будівлі з сонячною електростанцією»

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
(код і назва)

Освітня програма Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Гарант освітньої програми

(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

С.М. Усенко
(ПІБ)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

А.В. Петренко
(ПІБ)

Виконав

(підпис)

В.А. Волосовський
(ПІБ)

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ІННІ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ**

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедри

інженерії енергосистем

к.т.н доцент _____ Антипов Є.О.
(ступінь, звання) (підпис) (ПІБ)

« ____ » _____ 20__ р.

**ЗАВДАННЯ
ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
СТУДЕНТУ**

Волосовському Володимирі Анатолійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
(код і назва)

Освітня програма Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Тема магістерської роботи **«Енергоефективні рішення електропостачання адміністративної будівлі з сонячною електростанцією»** затверджена наказом ректора Національного університету біоресурсів і природокористування України від 18.11.2024 р. № 2061 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедрі _____
(рік, місяць, число)

Вихідні дані до магістерської роботи ПУЕ, ДБН, ДНАОП, ГКД, ситуаційний план місцевості з геолокацією, каталоги виробників обладнання

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Аналіз існуючої системи електропостачання адміністративної будівлі.
2. Розрахунок та вибір електрообладнання для сонячної електростанції
3. Розробка комплексу енергоефективних рішень системи електропостачання
4. Розробка схеми інтеграції сонячної електростанції в систему електропостачання
5. Техніко-економічне обґрунтування та охорона праці

Перелік графічного матеріалу: презентація виконана в програмному забезпеченні MS Power Point

Дата видачі завдання « ____ » _____

Керівник магістерської роботи _____

А.В. Петренко

Завдання прийняв до виконання _____

В.А. Волосовський

РЕФЕРАТ

Метою магістерською кваліфікаційною роботою є підвищення ефективності роботи дахової фотоелектричної сонячної електростанції адміністративної будівлі, за адресою: Київська область, с. Новосілки, вул. Дачна, 12-Б, шляхом розробки та впровадження сучасних технічних рішень.

Магістерська кваліфікаційна робота складається з 88 сторінок пояснювальної записки, 48 рисунків, 23 таблиць та 28 літературних джерел, а також 9 аркушів графічних матеріалів, які наведені в кінці роботи в Додатку.

Об'єктом дослідження є дахова фотоелектрична сонячна електростанція адміністративної будівлі.

Предметом дослідження є ефективність роботи дахової фотоелектричної сонячної електростанції адміністративної будівлі, за адресою: Київська область, с. Новосілки, вул. Дачна, 12-Б.

У роботі проведено аналіз існуючої схеми електроживлення фотоелектричної станції спеціалізованого підприємства. Визначено споживану потужність усіма споживачами фотоелектричної станції.

Розроблено технічне рішення підвищення ефективності роботи фотоелектричної станції.

Ключові слова: фотоелектрична сонячна електростанція, система електроживлення, технічне рішення, ефективність, інвертор, акумуляторна батарея.

ABSTRACT

The purpose of the master's thesis is to increase the efficiency of the roof-mounted photovoltaic solar power plant of the administrative building, at the address: Kyiv region, Novosilky village, Dachna st., 12-B, by developing and implementing modern technical solutions.

The master's qualification work consists of 88 pages of explanatory notes, 48 figures, 23 tables and 28 literary sources, as well as 9 sheets of graphic materials, which are given at the end of the work in the Appendix.

The object of the study is a rooftop photovoltaic solar power plant of an administrative building.

The subject of the study is the efficiency of the roof photovoltaic solar power station of the administrative building, at the address: Kyiv region, Novosilky village, Dachna st., 12-B.

The work analyzes the existing power supply scheme of the photovoltaic station of a specialized enterprise. The power consumed by all consumers of the photovoltaic station is determined.

A technical solution has been developed to increase the efficiency of the photovoltaic power station.

Keywords: photovoltaic solar power station, power supply system, technical solutions, efficiency, inverter, battery.

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

ДБН – державні будівельні норми;

ДСТУ – державний стандарт України;

НАПБ – нормативний акт з пожежної безпеки;

АКБ – акумуляторні батареї;

ВДЕ – відновлювальні джерела енергії;

ЕС – енергетична система;

КЛ – кабельна лінія;

КТП – комплексна трансформаторна підстанція;

ЛЕП – лінія електропередачі;

НКРЕКП – національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг;

ПЛ – повітряна лінія;

СЕС – сонячна електростанція;

ТЕО – техніко-економічне обґрунтування.

ФЕП – фотоелектричний помножувач (панель).

ПУЕ – правила улаштування електроустановок.

ЗМІСТ

Перелік скорочень.....	4
ВСТУП.....	8
Розділ 1. ЗАГАЛЬНІ АСПЕКТИ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ.....	11
1.1. Переваги і недоліки сонячної енергетики.....	11
1.2. Перспективи сонячної енергетики в Україні.....	13
1.3. Будова фотоелектричної сонячної панелі.....	15
Розділ 2. АНАЛІЗ ІСНУЮЧОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ АДМІНІСТРАТИВНОЇ БУДІВЛІ.....	17
2.1. Класифікація і загальна характеристика електроприймачів.....	17
2.2. Розрахунок споживаної електроенергії для адміністративної будівлі.....	19
2.3. Розрахунок та вибір основного електрообладнання СЕС.....	21
2.4. Розрахунок струмів сонячної електростанції.....	36
2.5. Вибір щитового обладнання та апаратів захисту.....	37
Розділ 3. МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ КОМПОНЕНТІВ АВТОНОМНОЇ ФОТОЕЛЕКТРИЧНОЇ СТАНЦІЇ.....	41
3.1. Модель електричного навантаження.....	41
3.2. Модель сонячної батаереї.....	45
3.3. Модель сонячної інсоляції.....	45
3.4. Модель знижувального перетворювача напруги.....	47
РОЗДІЛ 4. ВИБІР ТА МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ АВТОНОМНОЇ ФОТОЕЛЕКТРИЧНОЇ СТАНЦІЇ.....	49
4.1. Модель електричного навантаження.....	49
4.2. Модель сонячної батареї.....	51
4.3. Модель надходження сонячної радіації.....	55
4.4. Модель знижувального перетворювача напруги.....	57
4.5. Модель контроллера.....	61
4.6. Модель методу випадкових обурень.....	62
4.7. Модель методу напруги холостого ходу.....	66
4.8. Модель методу постійної напруги.....	67
4.9. Аналіз енергетичних характеристик автономної фотоелектричної станції...	68

РОЗДІЛ 5. ФІНАНСОВИЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЕФЕКТИВНІСТЬ ТА РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ.....	69
5.1. Ініціація наукового дослідження.....	69
5.2. SWOT-аналіз.....	69
Розділ 6. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ТА ОХОРОНА ПРАЦІ	
6.1. Порядок виконання будівельних робіт СЕС.....	71
6.1.1. Потреба в основних будівельних машинах, механізмах і транспорті....	71
6.1.2. Потреба в робочих кадрах.....	72
6.1.3. Порядок виконання основних будівельних(монтажних) робіт.....	72
6.2. Техніко-економічне обґрунтування використання дахової сонячної електростанції на адміністративній будівлі.....	74
6.2.1. Визначення терміну окупності для варіанту покриття лише внутрішніх потреб.....	74
6.3. Заходи з охорони праці, техніка безпеки.....	79
ВИСНОВКИ.....	86
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	87
ДОДАТКИ.....	90

ВСТУП

Фотоелектричне перетворення сонячної енергії наразі є одним із пріоритетних напрямів використання сонячної енергії, що обумовлюється:

- можливістю отримання електроенергії практично будь-де;
- екологічною чистотою перетворення енергії;
- значним терміном експлуатації;
- незначними затратами на обслуговування;
- ефективністю перетворення сонячної енергії незалежно від встановленої потужності [1].

Структура джерел енергії протягом останніх десятиліть істотно зміцнюється: зростає значення нафти, вугілля й газу, зменшується – деревини; певного значення набуває атомна енергія. Робляться спроби повнішого використання енергії вітру, морських припливів, сонячного тепла.

Проте досі найбільший внесок у загальний енергетичний фонд, використовуваний людиною, належить речовинам, нагромадженим внаслідок фотосинтетичного процесу. Із часом цей енергетичний фонд – вугілля, нафта – наближається до виснаження, і тільки Сонце залишається стабільним джерелом енергії. Фотосинтез – єдиний процес, здатний постійно відновлювати енергетичні ресурси планети. Тому є підстави вважати його основою відновлювальних джерел енергетичних засобів. Сонце випромінює таку кількість енергії, якої вистачило б на задоволення не лише сучасних, але й майбутніх потреб людства, коли б існувала можливість утилізувати повністю всю енергію, що досягає поверхні Землі [3].

Актуальність теми – отримання електроенергії завдяки сонячній радіації можливе через непряме перетворення. Проте система непрацездатна у темну пору доби. Найбільш оптимальним зараз є пряме перетворення сонячної енергії в електричну за рахунок використання фотоелектричного ефекту – фотоефекту. Хоча воно й потребує значних площ для розміщення фотоелементів і акумуляторів для запасання електричної енергії для темної пори доби. Виконання магістерської кваліфікаційної роботи дає можливість розробити

комплекс енергоефективних рішень системи електропостачання, розробити та впровадити схеми інтеграції сонячної електростанції в систему електропостачання підприємства, за рахунок використання фотоелектричного ефекту.

Мета роботи – вивчення та аналіз сучасного стану та проблем при експлуатації фотоелектричних дахових сонячних електростанцій для здійснення резервного живлення адміністративної будівлі. Обґрунтування використання нових технологій для підвищення ефективності використання сонячної енергії шляхом їх впровадження на приватному підприємстві наземної сонячної електростанції з сучасним обладнанням та новітніми розробками.

Для досягнення поставленої мети магістерської кваліфікаційної роботи визначено наступні завдання:

1. Провести аналіз існуючої системи електропостачання адміністративної будівлі, за адресою: Київська область, с. Новосілки, вул. Дачна, 12-Б.
2. Виконати розрахунок та вибір електрообладнання для дахової сонячної електростанції, яка розташована на покрівлі адміністративної будівлі.
3. Розробити комплексу систему енергоефективних рішень системи електропостачання спеціалізованого підприємства.
4. Розробити схему інтеграції сонячної електростанції в систему електропостачання спеціалізованого підприємства.
5. Розрахувати основні техніко-економічні показники, та описати основні заходи щодо охорони праці та пожежної безпеки на спеціалізованому підприємстві.

В магістерській кваліфікаційній роботі будуть розглянуті питання обґрунтування та аналіз можливостей підвищення ефективності використання сонячної енергії за рахунок вдосконалення та впровадження нових технологій для отримання електричної енергії, за рахунок використання фотоелектричного ефекту – фотоефекту, а також здійснення детального аналізу сучасного стану та проблем при експлуатації дахової сонячної електростанції адміністративної будівлі.

Об'єкт дослідження: детальне вивчення та практичне застосування фотоелектричного ефекту, шляхом інтеграції сонячної електростанції в систему

електропостачання підприємства. Підвищення надійності електропостачання спеціалізованого підприємства.

Предмет дослідження: дахова сонячна електростанція адміністративної будівлі, за адресою: Київська область, с. Новосілки, вул. Дачна, 12-Б.

Методи дослідження: наукові положення, висновки та рекомендації, що сформульовані в магістерській кваліфікаційній роботі та які базуються на положеннях системного аналізу, аналітичних розрахунків та виборі обладнання, математичних методів моделювання, статистичної оцінки прийнятих рішень.

Наукова новизна отриманих результатів. Аналіз ефективності впровадження та використання фотоелектричного ефекту дахової сонячної електростанції адміністративної будівлі спеціалізованого підприємства, розкриття економічної ефективності використання сонячної енергії, шляхом вдосконалення процесу реалізації проекту(ів) сонячної енергетики.

Теоретичне значення наявність аналітичних розрахунків, які будуть застосовуватися в начальному процесі

Практичне значення отриманих результатів полягає у вивченні, розрахунку та детальному аналізі сучасного стану та проблем експлуатації дахових сонячних електростанцій, розробці рекомендацій при здійсненні розрахунків та вибору обладнання дахової сонячної електростанції, моделювання роботи та розробка схеми інтеграції сонячної електростанції в систему електропостачання спеціалізованого підприємства.

РОЗДІЛ 1

ЗАГАЛЬНІ АСПЕКТИ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

1.1. Переваги і недоліки сонячної енергетики

В отриманні сонячної енергії є як позитивні, так і негативні сторони.

До переваг сонячної енергії потрібно зарахувати:

1. Відновлюваність.

Насамперед, сонячна енергія є поновлюваним джерелом енергії, на відміну від викопних видів палива – вугілля, нафти, газу.

2. Достатність.

Потенціал сонячної енергії величезний – поверхня Землі опромінюється 120 тис. тераваттами сонячного світла. А це у 10 тисяч разів перевищує теперішню загальносвітову потребу в ній.

3. Постійність.

Солярна енергія невичерпна і постійна. Тривалість існування Сонця оцінюється у 6,5 млрд років, а отже сонячну енергію неможливо перевитратити в процесі задоволення потреб людства в енергоносіях.

4. Доступність.

Сонячна енергія доступна в кожній точці світу.

5. Значний термін експлуатації.

Виробники сонячних панелей гарантують їхню працездатність протягом 30...50 років.

6. Екологічна чистота.

У світлі останніх тенденцій в боротьбі за екологічну чистоту Землі, сонячна енергетика є найбільш перспективною галуззю, що частково заміняє енергію, одержувану від невідновлюваних паливних ресурсів і, тим самим, виступає важливим етапом на шляху захисту клімату від глобального потепління. Виробництво, транспортування, монтаж і використання сонячних електростанцій практично не супроводжується шкідливими викидами в атмосферу. Навіть якщо вони і присутні в незначній мірі, то в порівнянні з традиційними джерелами енергії, їхній вплив на навколишнє середовище можна вважати

майже відсутнім.

7. Безшумність.

У системах на сонячному ресурсі немає ніяких рухомих вузлів, як, наприклад, в турбогенераторах. Вироблення електроенергії відбувається безшумно.

8. Економічність.

Використання сонячних батарей як автономного джерела енергії забезпечує власникам приватних будинків відчутну економію.

9. Низькі експлуатаційні витрати.

Обслуговування систем енергопостачання на сонячних батареях полягає у тому, що лише кілька разів на рік необхідно чистити сонячні елементи від забруднення.

10. Широкі межі застосування.

Це і вироблення електроенергії в регіонах, де відсутнє підключення до централізованої системи електропостачання, і опріснення води в Африці, і постачання енергією супутників на навколосемній орбіті та ін.

11. Застосування інноваційних технологій.

Із кожним роком технології виробництва сонячних батарей стають все більш досконалішими. Сучасні досягнення у сфері нанотехнологій і квантової фізики дозволяють говорити про можливе збільшення у найближчий час потужності сонячних панелей у 3 рази.

Проте сонячна енергетика має і недоліки:

1. Висока вартість.

Сонячна енергія належить до розряду дорогого ресурсу. Через те, що, наприклад, облаштування будинку сонячними елементами обходиться чимало на початковому етапі, багато держав заохочують використання цього екологічно чистого джерела енергії видачею кредитів і оформленням так званого зеленого тарифу.

Окупність сонячної енергетичної установки може сягати 15 років.

2. Мінливість.

Оскільки сонячне світло відсутнє в нічний час, а також у похмурі та дощові дні, сонячна енергія не може бути основним джерелом електроенергії.

Проте, порівняно, наприклад, із вітрогенераторами, це все-таки більш стабільний варіант.

3. Висока вартість акумулювання енергії.

Акумуляторні батареї, що дозволяють накопичувати енергію і згладжувати нестабільність надходження сонячної енергії, наразі високо вартують.

4. Деяке забруднення навколишнього середовища.

Незважаючи на те, що в порівнянні з виробництвом і переробкою інших видів енергоресурсів сонячна енергія найбільш дружня до природного середовища, деякі технологічні процеси виготовлення сонячних панеле супроводжуються викидом парникових газів, трифторида азоту і гексафториду сірки [9].

Сучасні технології виробництва акумуляторних батарей також достатньо енергозатратні. Через це, наприклад, викиди CO₂ при виробництві акумуляторної батареї для електромобіля на 11–28 % перевищує викиди дизельного автомобільного двигуна за пробіг, відповідний термін експлуатації батареї [10].

5. Застосування дорогих і рідкісних компонентів.

При виробництві сонячних панелей застосовують, наприклад, телурид кадмію (CdTe) або селенід міді-індію галію (CIGS), які є рідкісними і дорогими речовинами, що тягне за собою подорожчання системи альтернативного енергопостачання загалом.

6. Мала щільність потужності.

Одним із важливих параметрів джерела електроенергії є середня щільність потужності, яка вимірюється в Вт/м² і характеризує кількість енергії, яку можна отримати з одиниці площі енергоносія. Для сонячного випромінювання цей показник становить 170 Вт/м². Це більше, ніж у інших поновлюваних природних ресурсів, але нижче, ніж у нафти, газу, вугілля і в атомній енергетиці. Через це для вироблення електроенергії з сонячного тепла потрібна значна площа сонячних панелей. Кожен 1 МВт потужності сонячної електростанції потребує відведення щонайменше 1,5 га землі [9].

1.2. Перспективи сонячної енергетики в Україні

Сумарне річне надходження сонячної радіації на територію України оцінюється на рівні 720...1012 кВт·год, що є еквівалентним 88,4 млрд тонн умовного палива.

Річний технічно-досяжний енергетичний потенціал сонячної енергії в Україні є еквівалентним 6 млн тонн умовного палива, а його використання дозволяє заощадити близько 5 млрд м³ природного газу.

Карту середньорічних показників сонячного потенціалу України наведено на рисунку 1.1 [11].

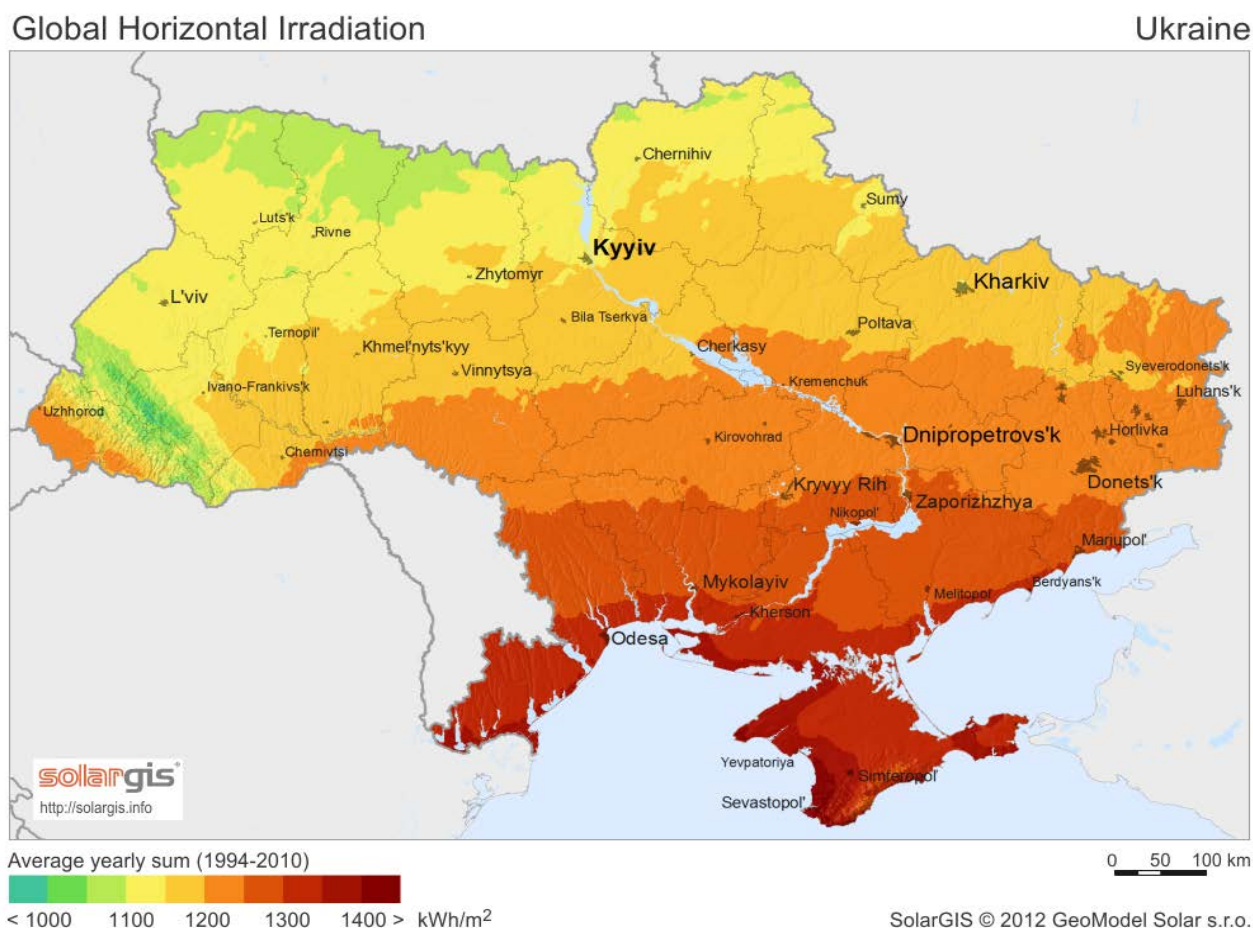


Рис.1.1 – Карта середньорічних показників сонячного потенціалу України

В умовах нашого клімату сонячні системи, хоча і зі змінною ефективністю, можуть працювати впродовж усього року.

Різниця в надходженні середньомісячної сумарної сонячної радіації за поступової зміни географічної широти по всій території України незначна, а різниця, яку слід враховувати при впровадженні геліотехнічного обладнання, спостерігається переважно між даними щодо надходження сумарної сонячної радіації в самих північних та самих південних регіонах України в літні місяці.

Середньорічна кількість сумарної сонячної радіації, що надходить на 1 м² поверхні, знаходиться в межах від 1 070 кВт·год/м² у північній частині України. По всій території України спостерігається рівномірний розподіл у межах цього

діапазону з поступовим збільшенням у напрямку південних широт [1].

1.3. Будова фотоелектричної сонячної панелі

Основою будь-якої фотоелектричної сонячної панелі є р-n переходом, що опромінюється сонячним світлом і до якого підімкнене навантаження, як показано на рисунку 1.2.

З рисунку 1.3 можна бачити, що верхній шар р-n переходу, який має надлишок електронів, з'єднаний з металевими пластинами, що виконують роль позитивного електрода, пропускаючи світло і додаючи елементу додаткову жорсткість. Нижній шар у конструкції сонячної батареї має нестачу електронів, до нього приклеєна суцільна металева пластина, що виконує функцію негативного електрода. Якщо до електродів «+» і «-» підключити навантаження, то потече слабкий постійний струм.

Для отримання високої напруги використовується кілька напівпровідникових елементів, що з'єднуються послідовно один з одним.

Наприклад, якщо послідовно з'єднати 10 елементів, то вийде сонячна батарея з вихідною напругою 5 В. Проте, на жаль, вихідний струм такої батареї буде мізерним і складе 0,1...1 міліампер. Для збільшення вихідного струму сонячні елементи з'єднують паралельно. Отже, щоб отримати сонячну батарею з вихідною напругою в 5 В із вихідним струмом 1 А, необхідно застосувати 10 000 фотоелементів [31].

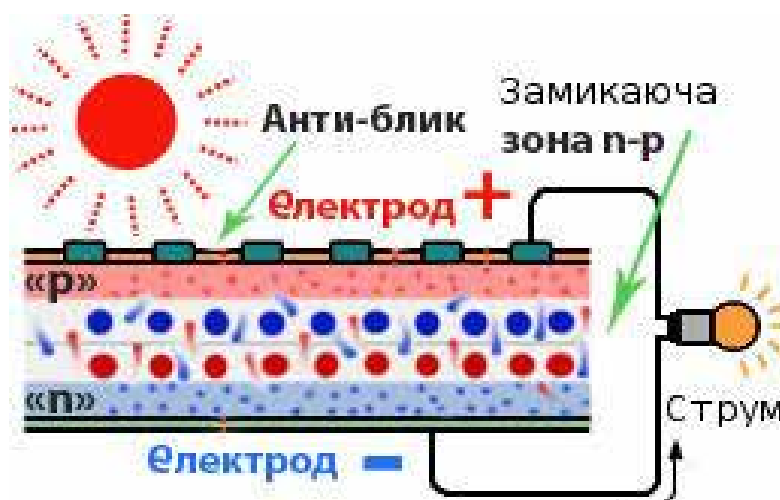


Рис.1.2 – Напівпровідниковий фотоелемент

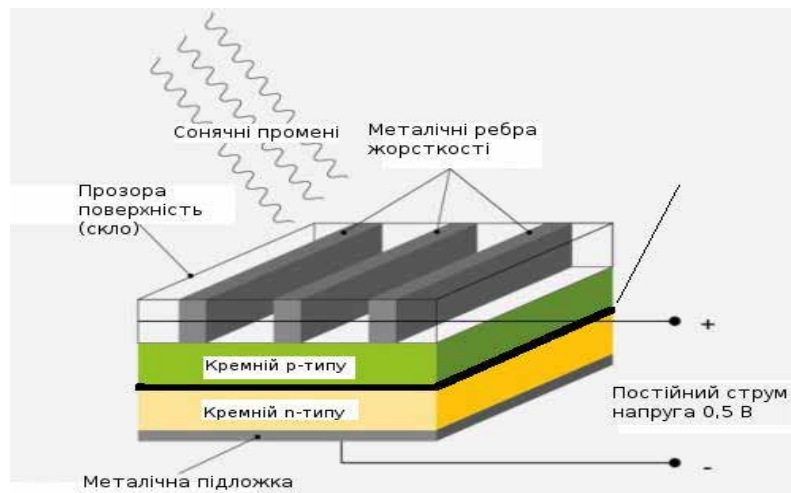


Рис.1.3. Схематична конструкція фотоелемента сонячної панелі

Детальну будову (конструкцію) сонячної фотоелектричної панелі показано на рисунку 1.4.

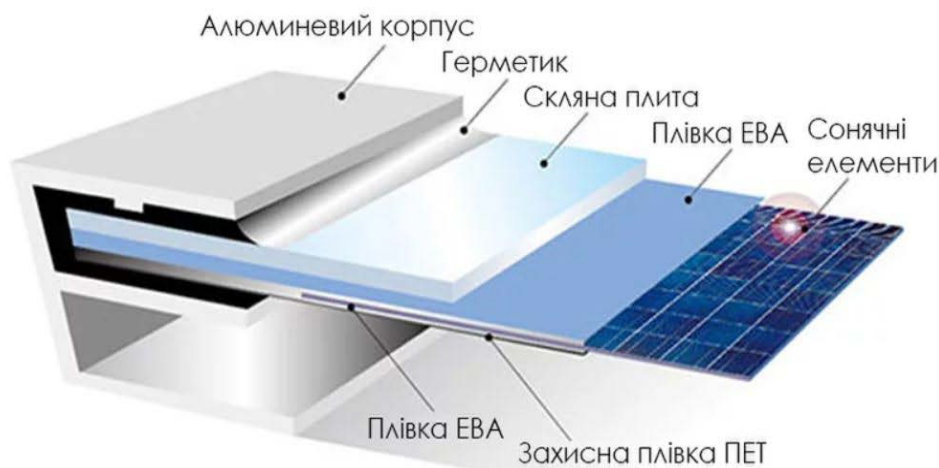


Рис.1.4. Конструкція жорсткої сонячної панелі.

Плівка EVA (етиленвінілацетат) – це поліолефін, який отримують завдяки сополімеризації етилену і мономера вінілацетату. Прозорий, гнучкий і легкий матеріал, що має амортизаційні якості та високу еластичність, відмінну адгезію до різноманітних матеріалів. Плівка EVA застосовується для різних цілей, а одною з ключових є герметизація елементів сонячних панелей, їхній захист від атмосферного впливу і можливої корозії [34].

РОЗДІЛ 2

АНАЛІЗ ІСНУЮЧОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ АДМІНІСТРАТИВНОЇ БУДІВЛІ

2.1. Класифікація і загальна характеристика електроприймачів

Згідно п.1.2.7, Правил улаштування електроустановок (ПУЕ-2017) приймач електричної енергії (електроприймач) – це апарат, агрегат, механізм, призначений для перетворення електричної енергії в інший вид енергії. Електроприймачі за надійністю електропостачання поділяють на такі три категорії:

Електроприймачі I категорії – електроприймачі, переривання електропостачання яких може спричинити: небезпеку для життя людей, значний матеріальний збиток споживачам електричної енергії (пошкодження дорогого основного обладнання, масовий брак продукції), розлад складного технологічного процесу, порушення функціонування особливо важливих елементів комунального господарства.

У складі електроприймачів I категорії виокремлюється особлива група електроприймачів, безперебійна робота яких є необхідною для безаварійної зупинки виробництва з метою запобігання загрозі життю людей, вибухам, пожежам і пошкодженням високовартісного основного обладнання, втраті важливої інформації,

Електроприймачі II категорії – електроприймачі, перерва електропостачання яких призводить до масового недовідпуску продукції, масових простоїв робітників, механізмів і промислового транспорту, порушення нормальної діяльності значної кількості міських і сільських жителів.

Електроприймачі III категорії – решта електроприймачів, що не підпадають під визначення I та II категорій.

Категорії надійності електропостачання визначають залежно від технології основного виробництва споживача електроенергії згідно з вимогами чинного ДБН В.2.5-23:2010 «Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення»

Об'єкт проектування адміністративна будівля відноситься до III категорії надійності, що передбачає можливість перерви в електропостачанні на термін не більше 24 годин. Оскільки відключення електроенергії не становить небезпеки для життя людей, чи виробництва.

Для електроприймачів III категорії електропостачання може здійснюватися від одного джерела живлення за умови, що час переривання електропостачання, необхідний для ремонту або заміни пошкодженого елемента системи електропостачання. [1].

У адміністративних будівлях, використовують електроприймачі невеликої потужності. Це освітлення, всі електричні прилади, до яких входять побутова техніка, електронні пристрої.

Адже увімкнений пилосос споживає в середньому 2 кВт електроенергії, мікрохвильова піч, електрообігрівач – по 1,5 кВт, бойлер – 1,5-2,5 кВт, кондиціонер – 2,2-3,37 кВт, електрочайник – 2,2-2,4 кВт, обігрівачі (масляний і повітряний) – 1,5-2 кВт, холодильник двокамерний – 0,77-0,90 кВт, персональні комп'ютери з системними блоками – 0,1-0,3 кВт.

Таблиця 2.1

Основні електроприймачі, які розташовані в адміністративній будівлі та їхня середня потужність

Електроприймач	Кількість електроприладів, од	Потужність одного електроприладу, кВт	Загальна потужність, кВт
Світлодіодні світильники Emilight	250	0,008	2,0
Персональні комп'ютери (системний блок+монітор)	20	0,25	5,0
Ноутбуки Lenovo	4	0,1	0,4
Оргтехніка (МФУ) Canon	5	0,6	3,0
Кондиціонер Cooper&Hunter	10	2,3	23,0
Бойлер Atlantic Steatite Cube Slim	3	1,5	4,5
Електрочайник PHILIPS	2	2,2	6,6
Холодильник BOSCH	3	0,6	1,8
Мікрохвильова піч Ardesto	3	1,0	3,0

Телевізор Philips (для проведення презентацій)	3	0,05	0,15
Трифазний електричний котел	1	6,0	6,0
<u>Загальна сумарна максимальна потужність споживачів:</u>	=	=	<u>≈ 55,45</u>

2.2. Розрахунок споживаної електроенергії для адміністративної будівлі

В адміністративній будівлі, використовують однофазну або трифазну електричну мережу. Для визначення кількості енергії, яка потрібна від системи для забезпечення потреб, необхідно визначити пікову миттєву потужність, а також розрахувати дві величини очікуваного добового енергоспоживання – його максимальне і середнє значення.

Пікова миттєва потужність визначається сумарною потужністю всіх енергоспоживачів, які можуть бути включені одночасно, тобто найгіршим випадком з точки зору навантаження на електромережу.

Однак це не означає, що необхідно просто підсумувати потужність всіх електроприладів в адміністративній будівлі. Для того, щоб не витратитися на зайву надмірну потужність, що може знадобитися лише декілька разів на рік, краще слідкувати за кількістю увімкнених електроприладів.

В результаті вимоги до максимальної миттєвої потужності знижуються у багато разів, і замість десятків кіловат, необхідних при одночасному включенні всієї наявної електротехніки, звичайно в середньому цілком достатньо 25-30 кВт.

В адміністративній будівлі, яка є об'єктом проектування, основними споживачами електроенергії є: електрична поверхня, бойлер, електричні прилади. Максимально можливе одночасне навантаження при включенні одразу всіх побутових приладів та освітлення було розраховано у п.2.1 і складало не менше 55,45 кВт при одночасному вмиканні всіх електроспоживачів, адже враховувати необхідно найгірші умови.

2.1.1. Визначимо споживане потиме навантаження на вводі об'єкту проектування (адміністративна будівля) за формулою:

$$P_{\text{СП.}} = P_{\text{уст.}} \cdot K_{\text{поп}}, \text{ (кВт)} \quad (2.1)$$

де $P_{\text{уст.}}$ – це заявлена потужність електроспоживачів, яка визначається сумою номінальних потужностей електричних побутових приладів і приладів освітлення, вже знайдена в п.2.1, кВт.

$K_{\text{поп}}$ – коефіцієнт попиту, який вказує на можливість одночасного ввімкнення всіх приладів лінії.

Під час одночасного ввімкнення всіх електричних приладів $K_{\text{поп}}=1$. На практиці це відбувається рідко, тому згідно ДБН В.2.5-23 для адміністративно-офісних приміщень коефіцієнт попиту прийнятий на рівні 0,8 для двох споживачів, 0,75 – для трьох та 0,7 – для п'яти і більше. Згідно Правил роздрібного ринку електричної енергії коефіцієнт використання (попиту) для одного споживача знаходиться за табл. 2.1.1.

Визначасмо розрахункове активне навантаження всього об'єкту проектування (адміністративна будівля) за формулою (2.1.1) для найбільш завантаженого зимнього періоду.

$$P_{\text{СП.}} = 55,45 \cdot 0,6 = 33,27 \text{ кВт}$$

2.1.2. Споживане реактивне навантаження визначаємо за виразом:

$$Q_{\text{СП.}} = P_{\text{Адм.}} \cdot \text{tg}\varphi, \text{ (квар)} \quad (2.2)$$

Значення розрахункових коефіцієнтів потужності $\cos\varphi$ і реактивного навантаження $\text{tg}\varphi$ житлових будинків слід приймати за загальноприйнятою таблицею коефіцієнтів [12]. Для приміщень з електричним опаленням і системою кондиціонування повітря коефіцієнти матимуть наступні значення:

- коефіцієнтів потужності – $\cos\varphi = 0,93$;
- коефіцієнт реактивного навантаження – $\text{tg}\varphi = 0,40$.

Підставляючи прийняті значення коефіцієнтів у формулу (2.1.2) маємо:

$$Q_{\text{СП.}} = 33,27 \cdot 0,4 = 13,31 \text{ квар}$$

2.1.3. Повне навантаження розраховуємо за формулою:

$$S_{СП} = \sqrt{P_{СП}^2 + Q_{СП}^2}, (\text{кВ} \cdot \text{А}) \quad (2.3)$$

Підставляючи у формулу (2.1.3) вже розраховані за формулами (2.1) та (2.2) значення отримаємо:

$$S_{СП} = \sqrt{33,27^2 + 13,31^2} = \sqrt{1\,106,9 + 177,16} = \sqrt{1284,06} = 35,84 \text{ кВ} \cdot \text{А}$$

Підставляючи у формулу (2.4) повне навантаження об'єкту проектування (адміністративної будівлі), сила струму дорівнюватиме:

2.1.4. Розрахункова сила струму для електромережі (на ввіді адміністративної будівлі 380 Вольт) розраховуємо за формулою:

$$I_{СП} = S_{СП} / \sqrt{3} \cdot U_{ном}, (\text{А}) \quad (2.4)$$

Підставляючи у формулу (2.4) повне навантаження, максимальна споживана сила струму дорівнюватиме:

$$I_{СП} = S_{СП} / \sqrt{3} \cdot U_{ном} = 35,84 / 1,73 \cdot 0,22 = 35,84 / 0,38 = 94,3 \text{ А}$$

2.3. Розрахунок та вибір основного електрообладнання СЕС

Магістерською кваліфікаційною роботою передбачається розрахунок, вибір та детальний опис електрообладнання для сонячної електростанції, з подальшим її практичним впровадженням, шляхом будівництва дахової гібридної фотоелектричної сонячної електростанції загальною потужністю масиву фотоелектричних модулів 92,4 кВт·пік (вихідна інверторна активна потужність 60 кВт) та підключення до внутрішньої електромережі замовника (без видачі електроенергії в зовнішню мережу).

Гібридна сонячна станція – це технологія безпосереднього перетворення сонячного випромінювання в електроенергію, для використання її споживачами.

До складу гібридної сонячної станції входять:

- сонячні фотомодулі, що безпосередньо перетворюють сонячне випромінювання в електроенергію постійного струму;

- гібридний інвертор, що перетворює електроенергію постійного струму в змінний струм;
- акумуляторні батареї;
- електромережі постійного струму (сонячний кабель, який призначений для передачі електроенергії постійного струму та стійкий до впливу зовнішнього середовища);
- електромережі змінного струму, які призначені для комутації та передачі електроенергії в мережу загального користування;
- захисне заземлення (спеціальне електричне сполучення із землею або її еквівалентом струмопровідних елементів обладнання, які не повинні перебувати під напругою, але в процесі експлуатації можуть опинитися під напругою).

Передбачена розробка рішень щодо створення об'єкту будівництва комплексу будівель та споруд – дахової фотоелектричної сонячної електростанції (СЕС) з встановленою сумарною потужністю інверторів 60 кВт. СЕС призначена для виробництва електроенергії шляхом безпосереднього перетворення енергії сонячного випромінювання в електричну енергію за допомогою фотоелектричних напівпровідникових кристалічних модулів.

Встановлення модулів передбачається виконувати на скатному даху існуючої будівлі з встановленням підтримуючих конструкцій, що забезпечують ухил на південний захід.

Видача потужності у внутрішню мережу об'єкту здійснюється по КЛ 0,4 кВ, яка прокладається від щита захисту до існуючого ГРЩ трансформаторної підстанції (ТП1 замовника)

Необхідно розрахувати яку кількість необхідно кількість фотоелектричних модулів для СЕС, щоб забезпечити об'єкт проектування (адміністративну будівлю) необхідною потужністю. Зрозуміло, що найбільше добове споживання виникає саме у зимові місяці.

Формула розрахунку потужності сонячної панелі виглядає наступним чином:

$$W = k \cdot P_{\text{пан.}} \cdot E, \text{ (кВт} \cdot \text{год)} \quad (2.5)$$

де k – фіксоване значення. Коефіцієнт k дорівнює 0,5 в літній період та

0,7 – в зимовий.

$P_{\text{пан.}}$ – потужність панелі, кВт;

E – значення інсоляції за обраний період.

Підставляючи всі відомі значення в формулу (3.1) виходить наступне значення потужності, що видає одна панель в зимовий період:

$$W = 0,7 \cdot 550 \cdot 0,86 = 331,1 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Розрахункова кількість панелей визначається за наступною формулою:

$$N = P_{\text{доб.}} / W, \text{ (шт)}. \quad (2.6)$$

де $P_{\text{доб.}}$ = максимальне добове споживання, кВт·год;

W – розрахована потужність однієї сонячної панелі, кВт·год.

Щоб розрахувати необхідну максимальну кількість панелей для забезпечення повноцінного безперервного електрозабезпечення адміністративної будівлі, ділимо загальну сумарну максимальну добову потужність споживачів, на знайдену потужність сонячної панелі за формулою (3.1) однієї панелі, та округляємо у більшу сторону за формулою (3.2).

$$N_{\text{макс.}} = 55\,450 / 331,1 = 167,47 \approx 168 \text{ штук}$$

Щоб розрахувати необхідну максимальну кількість панелей, ділимо розрахункове активне навантаження всього об'єкту проектування на знайдену за формулою (3.1) однієї панелі, та округляємо у більшу сторону за формулою (2.5).

$$N_{\text{необ.}} = 33\,270 / 331,1 = 100,5 \approx 101 \text{ штука}$$

Також необхідно визначити який повне – повна заміна мережевого електропостачання на автономне;

- базове – лише найнеобхідніше – постійно, а решта від районної електричної мережі (РЕМ);
- аварійне – забезпечує побут без недов'язкових надмірностей, але короткий час, доки з'явиться живлення від електромережі.

саме рівень електропостачання необхідний:

Загальна кількість фотоелектричних модулів проектованої СЕС складає 168 шт. Фотоелектричні модулі типу RSM110-8-550M одиничною потужністю 550 Вт виробництва компанії RISEN ENERGY CO., LTD.

Електрична потужність постійної напруги отримана з фотоелектричних модулів збирається по радіальній мережі в інверторах виробництва компанії Ningbo Deye Inverter Technology Co., Ltd типу SUN-60K-SG02HP3-EU-EM6 номінальною потужністю 60 кВт. Кількість інверторів складає 1 шт.



Рис.2.1. Загальний вигляд фотоелектричного модулю типу RSM110-8-550M одиначною потужністю 550 Вт виробництва компанії RISEN ENERGY CO., LTD

Таблиця 2.2

Основні технічні параметри фотоелектричних модулів типу RSM110-8-550M виробництва компанії RISEN ENERGY CO., LTD.

№ п/п	Найменування показника	Значення
1	Максимальна потужність P_{\max} , Вт	550
2	Струм короткого замикання $I_{кз}$, А	18,23
3	Напруга холостого ходу U_{xx} , В	38,02
4	Напруга в точці максимальної потужності U_{mp}	31,86
5	Струм в точці максимальної потужності, I_{mp}	17,27
6	Відносне значення ефективності, %	21
7	Габаритні розміри (ДхШхТ), мм	2384x1096x35
8	Вага, кг	29

Параметри модуля наведені для стандартних умов (STC) інтенсивність сонячної радіації 1000 Вт/м^2 та температура модуля 25°C .

Передбачено послідовне з'єднання модулів в стрінги по 14 шт. Схему організації кабельних зв'язків у стрінгах фотоелектричних модулів наведено на аркуш 3 графічної частини роботи. Потужність збирається в електричних щитах захисту ЩЗ2, де передбачені плавкі запобіжники.

Перетворення потужності, що генерується фотоелектричними модулями з постійної напруги на змінну відбувається у інверторах SUN-60K-SG02HP3-EU-EM6 виробництва компанії Ningbo Deye Inverter Technology Co., Ltd.

Інвертор Dawnice SUN-60K-SG02HP3-EU-EM6 є трифазним високовольтним гібридним інвертором для сонячних електростанцій.

Гібридний інвертор – це електронний пристрій, який комбінує функції звичайного мережевого інвертора для сонячних панелей з іншими функціями, такими як зарядка акумулятора та підтримка роботи в автономному режимі за відсутності напруги в стаціонарній електромережі. Тобто жити споживачів об'єкту від АКБ.

В інверторі відбувається перетворення потужності з постійного струму в змінний.

Від нього вона передається до електричного щита захисту і потім до точки видачі потужності, з якої передається для забезпечення власних потреб об'єкту.

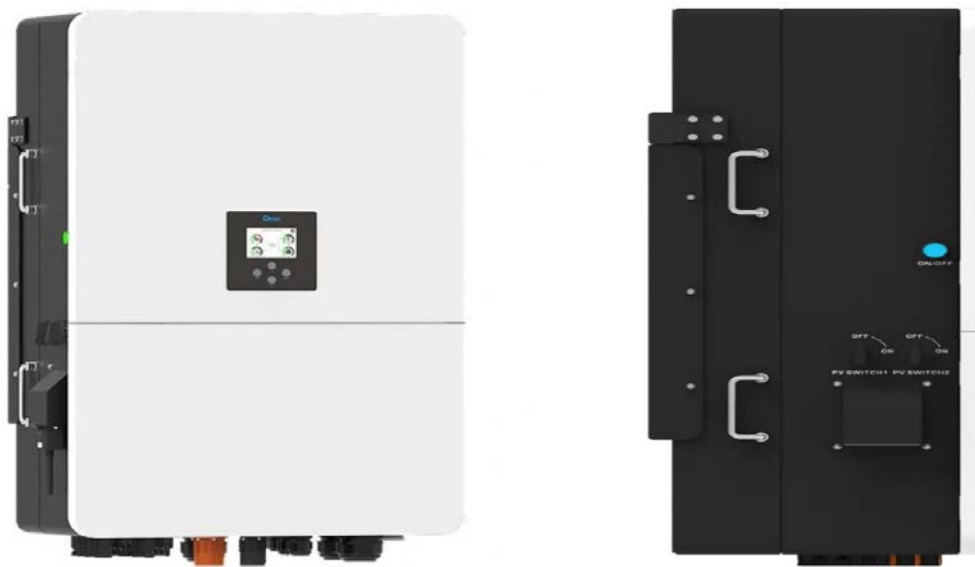




Рис.2.2 – Загальний вигляд гібридного інвертора
Dawnice SUN-60K-SG02HP3-EU-EM6

Таблиця 2.3

Основні технічні параметри гібридного інвертора Dawnice SUN-60K-SG02
HP3-EU-EM6

№ п/п	Найменування показника	Значення
Вхідні параметри інвертора (DC)		
1	Максимальне значення напруги постійного струму, В	1 000
2	Максимальний струм на кожний МРРТ, А	54
3	Максимальний струм к.з. на кожний МРРТ, А	-
4	Мінімальна напруга/стартова напруга, В	180
5	Номінальна напруга, В	650
6	Максимальна кількість входів	12
7	Кількість МРР трекерів	6

Вихідні параметри інвертора (АС)		
8	Номінальна активна потужність, кВт	60
9	Максимальна повна потужність, кВ·А	66
10	Максимальна активна потужність ($\cos\phi=1$), кВт	60
11	Номінальна напруга, В	400
12	Номінальна частота, Гц	50
13	Максимальний струм, А	100
14	Максимальний безпечний струм транзити через інвертор, А	200
15	Діапазон регулювання $\cos\phi$	-0,8...+0.8
16	Максимальний коефіцієнт нелінійних спотворень	<3%
Загальні параметри інвертора		
17	Діапазон робочих температур, °С	-40...+60
18	Клас захисту оболонки	65
19	Габаритні розміри (ДхВхШ), мм	606x927x31
20	Вага, кг	97,5

Таблиця 2.4

Перелік основного вибраного обладнання дахової фотоелектричної сонячної електростанції для адміністративної будівлі

Буквенне поз-ня	Найменування	Виробник, позначення	Кількість
G1-G168	Сонячна панель (фотоелектричний модуль) 550 Вт	RISEN ENERGY CO., LTD. RSM110-8-550M	168 шт.
UZ1	Інвертор фотоелектричний гібридний	Ningbo Deye Inverter Technology Co., Ltd SUN-60K-SG02HP3-EU-EM6	1 шт.
АКБ	Літій-залізо-фосфатний акумулятор	Yichun Dawnice Manufacture and Trade Co., Ltd. Battery Pack	2 шт.

БК	Блок керування кластером високовольтної батареї	Yichun Dawnice Manufacture and Trade Co., Ltd. High Voltage Battery Cluster Control Box	1 шт.
----	---	--	-------

Потужність від інверторів збирається у захисному щиті (ЩЗ1) та у подальшому передається до головного розподільчого щита (ГРЩ) ТП1 Замовника, і потім до внутрішньої електромережі об'єкту.

Наведені також заходи для недопущення генерації, більшої за поточне споживання об'єкту.

Вибір автоматичних вимикачів змінного струму, ПЗП виконано на підставі розрахунків, наведених на аркуші №5 графічної частини магістерської кваліфікаційної роботи.

Вибір конструктивно-будівельних рішень виконано виходячи з розрахунків системи кріплень та зображені на аркуші №6 графічної частини магістерської кваліфікаційної роботи.

Особливості інвертору Dawnice SUN-60K-SG02HP3-EU-EM6:

1. Трифазний інвертор 380...400В з чистою синусоїдою. Ця функція забезпечує стабільне та якісне живлення для електроніки та електричних пристроїв.
2. Самозаряджання та подача в мережу. Інвертор може автоматично заряджати свою батарею, коли він підключений до електромережі. Це дозволяє забезпечити постійне живлення, навіть якщо електромережа не працює.
3. Автоматичний перезапуск під час відновлення змінного струму. Інвертор автоматично перезапускається після відновлення живлення, що дозволяє зберігати електроенергію та забезпечувати безперебійну роботу.
4. Програмований пріоритет живлення від батареї або мережі. Інвертор може бути налаштований на пріоритетну роботу від батареї або мережі, що дозволяє забезпечити економію електроенергії.
5. Програмовані декілька режимів роботи: Від мережі, без мережі та ДБЖ. Інвертор може бути налаштований на роботу у різних режимах, в залежності від потреб користувача та умов експлуатації.

6. Налаштування струму/напруги зарядки акумулятора на основі додатків. Ця функція дозволяє користувачу налаштувати струм та напругу зарядки акумулятора за допомогою спеціального додатку.
7. Налаштування пріоритету зарядного пристрою від мережі/сонячної батареї/генератора за допомогою РК-дисплея.
8. Сумісність з мережевою напругою або потужністю генератора: Інвертор може працювати як з мережевою напругою, так і з генератором, що дає змогу забезпечити безперебійний перехід від одного джерела живлення до іншого.
9. Захист від перевантаження/перегріву/короткого замикання: Інвертор має вбудовані захисні механізми, що забезпечують захист від перевантаження, перегріву та короткого замикання. Це гарантує безпеку інвертора та підключених до нього пристроїв.
10. Розумна конструкція зарядного пристрою для оптимізації роботи акумулятора:
Інвертор має розумну конструкцію зарядного пристрою, що дозволяє оптимізувати роботу акумулятора та збільшити його термін служби.
11. Функція обмеження потужності запобігає передачі надлишкової потужності в мережу: Інвертор має функцію обмеження потужності, яка дозволяє уникнути передачі надлишкової потужності в мережу, що може привести до пошкодження обладнання.
12. Підтримка WIFI-моніторингу та вбудовані 2 входи на 1 MPP-трекер Інвертор має можливість підключення до мережі інтернет за допомогою WIFI-модуля, що дозволяє віддалено моніторити його роботу. Крім того, він має вбудовані 2 входи на 1 MPP-трекер, що дозволяє підключати до нього сонячні панелі та забезпечує оптимальну продуктивність.
13. Розумна тріступенева зарядка MPPT з можливістю вибору для оптимізації продуктивності батареї: Інвертор використовує технологію максимальної потужності точки максимальної потужності (MPPT), яка дозволяє оптимізувати зарядку акумуляторів з максимальною ефективністю. Це досягається шляхом відслідковування максимальної потужності сонячних панелей та регулювання напруги і струму зарядки для забезпечення максимальної ефективності зарядки

акумуляторів.

14. Функція обліку часу використання інвертора за допомогою функції обліку часу використання можна відстежувати, скільки часу інвертор був увімкнений, скільки енергії він виробив і скільки енергії було спожите. Це дозволяє користувачеві аналізувати своє споживання електроенергії та ефективність використання інвертора, таким чином, функція обліку часу використання допомагає користувачеві керувати своїми енергетичними витратами і зберігати енергію відповідно до їх потреб.

15. Функція розумного навантаження в інверторі дозволяє автоматично керувати споживанням електроенергії від певних підключених навантажень. Наприклад, якщо в системі є надлишок енергії, інвертор може розумно розподілити цю енергію між різними підключеними навантаженнями. Інвертор також має GEN-порт, який можна використовувати для підключення зовнішніх навантажень, таких як бойлер. Функція розумного навантаження дозволяє інвертору автоматично регулювати енергоспоживання з таких підключених навантажень, щоб забезпечити оптимальний баланс між виробництвом та споживанням електроенергії. Наприклад, якщо є надлишок енергії, інвертор може перенаправити цю енергію на бойлер, щоб оптимізувати використання доступної енергії і зменшити залежність від мережі.

Для забезпечення об'єкту автономною електроенергією передбачено встановлення системи накопичення енергії або ESS (energy storage sytem) – це сучасне рішення. Основна ідея полягає в тому, щоб накопичену енергію від електромережі або сонця (PV-модулей) можна було використовувати згодом при перебоях в електропостачанні від централізованої електромережі.

Система накопичення енергії складається з наступних компонентів: інвертора з сонячним контролером та чистою синусоїдою на виході, блоку акумуляторних батарей (LiFePO₄), фотоелектричних модулів.

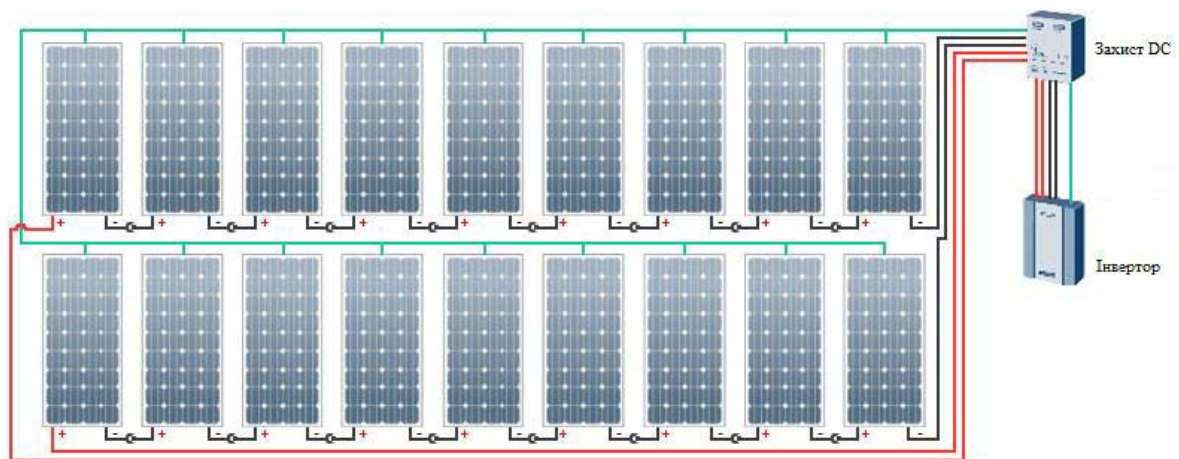


Рис.2.3. Блок-схема підключення сонячних панелей до гібридного інвертора

Більш детальна схема підключення сонячних панелей показана на аркуші №3 Додатку графічної частини магістерської роботи.

Основні режими роботи інвертора:

Work Mode Selling: Цей режим дозволяє гібридному інвертору продавати будь, яку надлишкову електроенергію вироблену сонячними панелями в мережу. Якщо режим використання активний енергію батареї також можна продавати в електромережу. Сонячна енергія використовуватиметься для живлення навантаження та заряджання батареї, а потім надлишок енергії буде надходити в мережу.

Пріоритет джерела живлення для навантаження виглядає наступним чином:

1. Сонячні панелі. 2. Мережа. 3. Від акумуляторних батарей (до досягнення заданого SOC або напруги).

Zero export To Load: Гібридний інвертор буде забезпечувати живленням лише підключене резервне навантаження. Гібридний інвертор не буде ані забезпечувати електроенергією домашнє навантаження, ані продавати електроенергію в мережу. Вбудований СТ виявить потужність що повертається до мережі та зменшує потужність інвертора лише для забезпечення локального навантаження та зарядки батареї.

Zero Export To CT: Гібридний інвертор не лише забезпечуватиме живлення підключеного резервного навантаження, але й живитиме підключене домашнє навантаження. Якщо фотоелектричної енергії та потужності батареї недостатньо,

для цього знадобиться енергія мережі як доповнення. Гібридний інвертор не продаватиме електроенергію в мережу. У цьому режимі необхідна СТ.

Зовнішній СТ виявить, що потужність повертається до електромережі, і зменшить потужність інвертора лише для забезпечення локального навантаження, зарядки акумулятора та домашнього навантаження.

Блок керування кластером HVB750V 100A-EU DEYE — це передове рішення для управління високовольтними батареями, призначене для забезпечення ефективного і безпечного функціонування енергетичних систем. Цей пристрій інтегрує в собі ряд функцій, що дозволяють контролювати та оптимізувати роботу акумуляторних установок.

Завдяки інтуїтивно зрозумілому інтерфейсу, користувач може легко налаштувати параметри роботи, моніторити стан батарей і отримувати дані про їх продуктивність у реальному часі. Блок керування забезпечує високий рівень безпеки завдяки вбудованим механізмам захисту від перевантаження, короткого замикання та перегріву.

Таблиця 2.5

Основні технічні параметри гібридного інвертора блоку керування кластером HVB750V 100A-EU DEYE

№ п/п	Найменування показника	Значення
1	Номінальна напруга:	750 В
2	Максимальний струм:	100 А
3	Тип підключення:	високовольтний
4	Кількість батарей:	підтримує управління декількома батареями в кластері
5	Моніторинг:	відстеження стану батарей у реальному часі
6	Захист:	- захист від перевантаження - захист від короткого замикання - захист від перегріву
7	Інтерфейс:	інтуїтивно зрозумілий LCD дисплей
8	Комунікаційні протоколи:	Підтримка стандартних комунікаційних протоколів для інтеграції з іншими системами
9	Температурний діапазон:	-20°C до +60°C
10	Виробництво:	DEYE

Оскільки фотоелектричні панелі виробляють електроенергію вдень, акумулятори для гібридної СЕС повинні мати достатній заряд, що запасається, щоб зберігати енергію для подальшого використання. При надмірно великій ємності, пристрій може бути хронічно недозарядженим, що згубно позначається на його стані та тривалості служби. При надто малій ємності - не забезпечить вимоги навантаження і може створювати глибокий розряд батареї, що також може погіршити її працездатність [16].

Найбільш розповсюджені робочі напруги акумуляторних батарей в сонячних електростанціях: 12, 24, 48 В. Напруга акумуляторів та їхня кількість залежить від параметрів інвертора та потрібної ємності АКБ для адміністративної споруди. За табл. 2.2.1 знайдено, що в середньому в день використовується 15,04 кВт·год. Розрахунок проведемо для одного дня повної автономності. Щоб вибрати АКБ, необхідно розрахувати його струм, за формулою (2.3.4).

Також передбачається встановлення системи накопичення та зберігання енергії на базі акумуляторних батарей Dawnice Battery Pack для високовольтних Інверторів та блоку керування високовольтною батареєю Dawnice High Voltage Battery Cluster Control Box:

Розрахунок достатності ємності системи накопичення та зберігання енергії:

$$Q_{\text{АКБ}} = (N_{\text{АКБ}} \cdot U_{\text{АКБ}} \cdot C_{\text{АКБ}}) / 1000, \text{ (кВт}\cdot\text{год)} \quad (2.7)$$

де $Q_{\text{АКБ}}$ – ємність системи АКБ – (200,7 кВт·год)

$N_{\text{АКБ}}$ – кількість АКБ у блоці, (1 шт.);

$U_{\text{АКБ}}^*$ - напруга АКБ, (716,8 В);

$C_{\text{АКБ}}$ – ємність одного АКБ – (280 А·год)

$$Q_{\text{АКБ}} = (1 \cdot 716,8 \cdot 280) / 1000 = 200,7 \text{ кВт}\cdot\text{год.}$$

Робоча потужність яку здатна забезпечити дана система накопичення енергії становить:

$$P_{\text{АКБ}\cdot\text{роб}} = (N_{\text{АКБ}} \cdot U_{\text{АКБ}} \cdot I_p \cdot C_{\text{АКБ}}) / 1000, \text{ (кВт)} \quad (2.8)$$

де I_p – струм рекомендованого розряду АКБ.

$$P_{\text{АКБ}\cdot\text{роб}} = (1 \cdot 716,8 \cdot 0,5 \cdot 280) / 1000 = 100,35 \text{ кВт.}$$

Акумуляторна батарея Dynice Battery Pack LiFePO₄ – це енергетичний резерв, розроблений спеціально для високовольтних інверторів. Ця батарея поєднує в собі високу потужність, довгий термін служби та безпекові характеристики.



Рис.2.4 – Загальний вигляд акумуляторної батареї Dyness Powerbrick 51.2V 280Ah 14.4kWh LiFePO₄ (Powerbrick)

Таблиця 2.6

Основні технічні параметри акумуляторної батареї Dyness Powerbrick 51.2V 280Ah 14.4kWh LiFePO₄ (Powerbrick)

№ п/п	Найменування показника	Значення
1	Виробник	<u>АКБ Dyness</u>
2	Тип	<u>Літій-залізо-фосфатні (LiFePO₄), Системи накопичення енергії</u>
3	Номінальна напруга (точна), В:	51,2
4	Ємкість (точний заряд), А·г	280
5	Номінальний струм заряду, А	200
6	Максимальний струм заряду, А	200
7	Накопичувальна енергія, кВт·г	14.336
8	Кількість циклів	>6000
9	Тип клеми	0
10	Робочая температура, °C	-20...+55

12	Высота, мм	857
13	Ширина, мм	435
14	Глибина, мм	233
15	Масса, кг	114
16	Гарантія, місяців	60

Основні особливості та характеристики:

Технологія LiFePO₄: Акумулятор використовує технологію літій-фосфату заліза (LiFePO₄), що відома своєю високою ефективністю, довгим терміном служби та високою стійкістю до циклічного розряду та заряду. Ця технологія забезпечує стійку продуктивність протягом багатьох років.

Висока Видача Потужності: Dawnice Battery Pack може швидко видавати велику потужність при потребі, що робить її ефективною для ситуацій, коли потрібно забезпечити великий обсяг енергії в короткий період часу.

Безпека та Моніторинг: вбудовані захисні механізми, такі як захист від перевантаження, короткого замикання та високої температури, забезпечують безпеку використання батареї. Також інтегрований моніторинг дозволяє в реальному часі спостерігати за станом батареї та її продуктивністю.

Компактний та Модульний Дизайн: батарея має компактний дизайн, що дозволяє зручно розмістити її в різних просторах. Модульна конструкція дозволяє розширювати ємність, додавши додаткові модулі, що робить систему гнучкою та придатною до майбутнього оновлення.

Ефективність: Завдяки високоефективності конструкції та технології LiFe PO₄, батарея мінімізує втрати під час процесу зберігання та видачі енергії.

Таблиця 2.7

Основні техніко-економічні показники електротехнічної частини будівництва дахової гібридної фотоелектричної електростанції

№ п/п	Найменування показника	Один. вим-ня	Значення
1	Загальна кількість фотоелектричних модулів	шт.	168
2	Кількість інверторів	шт.	1

3	Кількість АКБ	шт.	1
4	Кількість блоків керування високовольтною батареєю	шт.	1
5	Номінальна потужність електростанції	кВт	60
6	Кількість електричних щитів захисту	шт.	2

Додатково на станції повинен зберігатись аварійний резерв (1%) обладнання в наступному обсязі: - фотоелектричні модулі RSM110-8-550M - 2 шт.

2.4. Розрахунок струмів сонячної електростанції

1. Розрахунок струмів підживлення КЗ від сонячної електростанції

Струм КЗ від інвертора не може перевищувати величину, визначену у технічній документації даного обладнання, і які перенесені у таблицю 3.3, тобто максимальний струм КЗ окремого інвертора Ningbo Deye Inverter Technology Co., Ltd SUN-60K-SG02HP3-EU-EM6 рівний 130 А.

Максимально можливий струм підживлення КЗ від сонячної електростанції обмежується максимально можливим струмом КЗ інверторів і рівний 130 А.

2. Розрахунок нормально допустимого струму обладнання сонячної електростанції.

Максимальний робочий струм інвертора не може перевищувати величину, визначену, яка зазначена в підсумковій розрахунково-монтажній таблиці кабельно-провідникової продукції, тобто максимальний струм окремого інвертора Ningbo Deye Inverter Technology Co., Ltd SUN-60K-SG02HP3-EU-EM6. рівний 100 А, аркуш №5 графічної частини роботи.

Максимально допустимий струм обладнання сонячної електростанції який, відповідно до схеми включення аркуш №3 графічної частини роботи, рівний робочому струму інвертора SUN-60K-SG02HP3-EU-EM6, тобто 100 А.

3. Розрахунок максимального ударного струму від несинхронного включення.

Режим несинхронного включення визначається характеристиками генератора змінного струму електростанції, і неможливий при обраному для фотоелектричної станції типу інверторів.

2.5. Вибір щитового обладнання та апаратів захисту

2.5.1. Вибір щитового електричного обладнання та апаратів захисту, здійснюється за наступними умовами:

Автоматичний вимикач вибираємо за наступними умовами:

- 1) за кількістю фаз;
- 2) за номінальною напругою:

$$U_{\text{АВТ.НОМ.}} \geq U_{\text{МЕР.}} \quad (2.9)$$

- 3) за номінальним струмом спрацювання:

$$I_{\text{АВТ.НОМ.}} \geq I_{\text{ДВ.НОМ.}} \quad (2.10)$$

- 4) за номінальним струмом теплового розчіплювача

$$I_{\text{Т.РОЗЧ.}} \geq I_{\text{ДВ.НОМ.}} \quad (2.11)$$

- 5) за наявністю допоміжних контактів;
- 6) за кліматичним виконанням та категорію розташування;
- 7) за ступенем захисту корпусу.

2.5.2. Плавкий запобіжник вибираємо за наступними умовами:

- 1) за номінальною напругою;
- 2) за номінальним струмом;
- 3) за номінальним плавкої вставки;
- 4) за кліматичним виконанням та категорію розташування;
- 5) за ступенем захисту корпусу.

2.5.3. Обмежувач перенапруги вибираємо за наступними умовами:

- 1) за номінальною напругою;
- 2) за номінальним струмом;
- 3) типу захисту (від блискавки, комутаційних перенапруг);
- 4) за кліматичним виконанням та категорію розташування;
- 5) за ступенем захисту корпусу.

Важливо також враховувати місце встановлення, сумісність з іншими пристроями, спосіб монтажу, а також обирати сертифіковану продукцію відомих виробників.

2.5.4. Вид електропроводки, марку та спосіб прокладання проводу або кабелю вибирають залежно від призначення, цінності та архітектурних особливостей будівлі, умов оточуючого середовища, характеристики та режиму роботи електроприймачів, вимог техніки безпеки та протипожежних правил тощо.

Ізоляція монтажних проводів і кабелів в усіх випадках повинна відповідати номінальній напрузі електроустановки, а захисні оболонки - активності оточуючого середовища та способу прокладання.

Вид електропроводки, марки та спосіб прокладання проводів і кабелів вибирають, згідно таблиць ПУЕ-2017, або ПТЕ Площу поперечного перерізу струмоведучих жил проводу або кабелю в кожному випадку треба вибирати так, щоб тривало-допустимий для нього за нагріванням струм навантаження $I_{\text{доп.пров}}$ був не меншим максимального тривалого робочого струму електричного кола $I_{\text{макс.роб}}$.

1) за допустимим нагрівом жили проводу(кабелю):

$$I_{\text{доп.пров}} \geq I_{\text{макс.роб}} \quad (2.12)$$

2) вибраний по нагріву провід(кабель) необхідно перевірити на відповідність його перерізу апарату захисту за умовою:

$$I_{\text{доп.пров}} \geq K_{\text{зах}} \cdot I_{\text{зах}}; \quad (2.13)$$

Таблиця 2.8

Вибір обладнання, апаратів захисту, кабельно-провідникових матеріалів, а також додаткових елементів

Щит захисту №1 (600x550x200)			
Буквенне позначення	Найменування	Виробник, позначення	Кількість
ЩЗ1	Металевий щит зовнішнього монтажу	ETI 4XN160 2-3	1 шт
QF1	Автоматичний вимикач 160 А 3р	ETI ETIBREAK EB2S 160 3 LF 160 А	1 шт
QF2	Автоматичний вимикач 125 А 3р	ETI ETIBREAK EB2S 160 3 LF 125 А	1 шт
QF3	Автоматичний вимикач 125 А 3р	ETI ETIBREAK EB2S 160 3 LF 125 А	1 шт
RU1	Обмежувач перенапруги АС 275V	ETI ETITEC C T2	1 шт

		275/20 4+0	
XT1	Розподільчий блок нейтралі	ETI EDBM-6/N	1 шт
XT2	Розподільчий блок заземлення	ETI EDBM-6/PE	1 шт
Щит захисту №2 (651x396x200)			
Щ32	Металевий щит зовнішнього монтажу	ETI ECT 4x18PO	1 шт
	Тримач запобіжника EFH	ETI EFH 10DC 2p LED	12 шт
FU1.. FU16	Плавкий запобіжник PV 16 А	ETI CH 10x38 gPV	24 шт
XT3.. XT4	Розподільчий блок заземлення	ETI EDBM-6/PE	1 шт
DCRU 1 DCRU 12	Обмежувач перенапруги DC 1100V	ETI 002440515 ETITEC M T2 PV 1100/20 Y RC	12 шт
Допоміжне обладнання			
XP1	Конектор	MC4 M	36 шт
XS1	Конектор	MC4 F	36 шт
Кабельно-провідникові матеріали			
1	Кабель мідний силовий 1 кВ чотирьохжильний	ВВГнгд-1 (4x70) ГОСТ 6323-79	164 м
2	Провід мідний ізолюваний (заземлення) одножильний	ПВ3-1x25 (жовто-зелений) ГОСТ 6323-79	10 м
3	Провід мідний ізолюваний (фазний) одножильний	ПВ3-6 ГОСТ 6323-79	4 м
4	Провід мідний ізолюваний (заземлення) одножильний	ПВ3-6 (жовто-зелений) ГОСТ 6323-79	80 м
5	Стандартний силовий кабель для підключення плюсового полюсу, 5м, 1000V	4AWG (червоний) 3U-LP 5000	2 м
6	Стандартний силовий кабель для підключення мінусового полюсу, 5,0м, 1000V	4AWG (чорний) 3U-LP 5000	2 м
7	Кабель «сонячний» чорний	KBE Solar 6 мм	1107м
8	Кабель «кручена пара» ОК-net	F/UTP Cat.5e 4Pr Outdoor ДСТУ ІЕС 61156-5	80 м
9	Проходка кабельна універсальна розчинна (на вогнезахисному складі ФОРМУЛА КП)		2,0 кг
10	Термоусаджувальна трубка 28,0/14,0 шт.(1м) червона		0,5
11	Термоусаджувальна трубка 28,0/14,0 шт.(1м) жовта		0,5
12	Термоусаджувальна трубка 28,0/14,0		0,5

	шт.(1м) зелена		
13	Термоусаджувальна трубка 28,0/14,0 шт.(1м) синя		0,5
14	Термоусаджувальна трубка 28,0/14,0 шт.(1м) жовто-зелена		0,5
15	Хомут нейлоновий 3,5х360	SapiSelco SEL.3.214	2 000 шт.
16	Труба стальна прямошовна 76х2,2		2,0 м
17	Накінечник трубчастий 70 мм ² , 22мм	АСКО НТ 70,0-22	12 шт.
18	Накінечник JG-70 Мідний луджений кабельний	UNP40-070-10-10 ІЕК	36 шт.
19	DIN933 Болт М10х25 8.8 кл. цб		36 шт.
20	DIN934 Гайка с л/р М10 8 кл. цб		36 шт.
21	Шайба пружинна гровер М-10		36 шт.
22	DIN 125 Шайба М10 плоска 200HV цб	ІЕК UNP40-025-07-08	72 шт.
23	Накінечник JG-25 Мідний луджений кабельний		6 шт.
24	DIN933 Болт М8х25 8.8 кл. цб		6 шт.
25	DIN934 Гайка с л/р М8 8 кл. цб		6 шт.
26	Шайба пружинна гровер М-8		6 шт.
27	DIN 125 Шайба М8 плоска 200HV цб		12 шт.
28	Накінечник JG-6 Мідний луджений кабельний	ІЕК UNP40-006-04-04	15 шт.
29	Болт DIN 7984 М6х20 А2		15 шт.
30	Гайка DIN 934 М6 А2-70		15 шт.
31	Гровер DIN 127-В М6 А2		30 шт.
32	Шайба DIN 125 М6(6,4) А2		6 шт.
33	Накінечник трубчастий 6 мм ² , 14мм	АСКО ТЕ 6-14	100 шт.
34	Накінечник НВИ5.5-6 вилка 4-6мм	ІЕК UNL10-4-006-6-6	336 шт.
35	Болт М4х12 А2 ГОСТ 7798-70		336 шт.
36	Гайка М4 А2 ГОСТ 5915-70		336 шт.
37	Шайба пружинна М4 А2 ГОСТ 6402- 70		336 шт.
38	Шайба DIN 125 М4 А2		672 шт.
39	Гермоввод PG 36		5 шт.
40	Гермоввод PG 21		1 шт.
41	Гермоввод PG11		1 шт.
42	Гермоввод PG9		49 шт.
43	ЛИТОЛ 24ГОСТ 21150-87		0.5 кг
44	Труба гофрована 63 чорна ДКС		223 м
45	Кріплення гофротруби Ø63		446 шт.
46	Роз'єм FTP RJ 45 Cat.5e		3 шт.
47	DIN-рейка оцинкована (l=1000 мм)	АСКО-УКРЕМ TS-35- 0,8	2 шт.

РОЗДІЛ 3

МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ КОМПОНЕНТІВ АВТОНОМНОЇ ФОТОЕЛЕКТРИЧНОЇ СТАНЦІЇ

Для розробки методики необхідно збудувати математичну модель всіх компонентів автономної фотоелектричної станції. Система складається з елементів, показаних на рисунку 3.1.

Для побудови моделей використовуємо програмний комплекс Microsoft Excel.

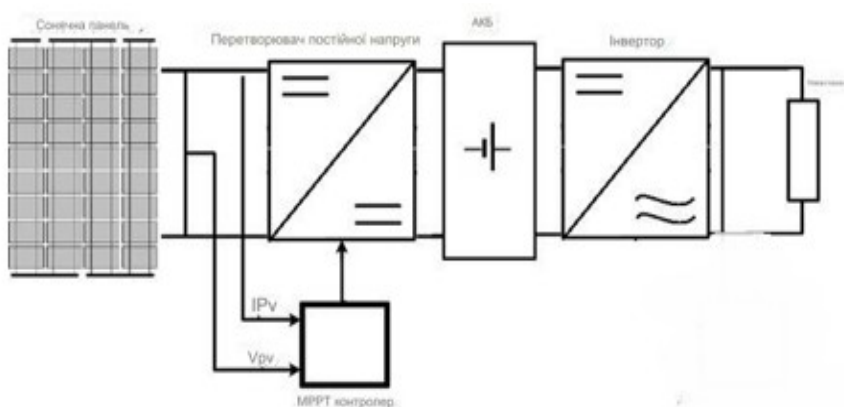


Рис.3.1 Структура автономної фотоелектричної станції

3.1. Модель споживача електричної енергії

Для того, щоб створити максимально близьку до реальності модель фотоелектричної станції, нам необхідно визначити величину навантаження споживачів.

Розрахункова електрична потужність автономного об'єкта електропостачання визначається за відомими методиками. Так, якщо як об'єкт електропостачання виступає адміністративна будівля підприємства, то можна використовувати метод упорядкованих діаграм. Якщо ж об'єктом виступає громадський об'єкт, можна скористатися методом коефіцієнта попиту.

Розрахункову активну потужність (кВт) кожної групи електроприймачів визначають за такою формулою:

$$\sum P_p = \sum P_y \cdot K_c; \quad (3.1)$$

K_c - коефіцієнт попиту, що залежить від величини заявленої потужності в квартирі.

Для побудови типових добових графіків активної потужності, дані яких засновані на багаторічних експериментальних дослідженнях житлових будинків, використовується методика імовірнісних характеристик навантажень

Математичне очікування та дисперсії становлять основні ймовірнісні характеристики електричних навантажень споживачів. З допомогою цих показників визначають розрахункові електричні навантаження. З цією метою використовують відомі теореми складання математичних очікувань та складання дисперсій.

Розрахункове активне навантаження визначається:

$$\sum P_p = \sum P_y \cdot K_c; \quad (3.2)$$

У результаті, знаючи математичне очікування та коефіцієнти варіації, можна визначити середні квадратичні відхилення та дисперсії навантажень у кожен годину доби відповідного сезону. Використовуючи теореми складання математичних очікувань та дисперсій, за викладеною методикою можна знайти для кожної години розрахункові навантаження з відомими типовими графіками

У таблиці нижче наведено дані для зимового, весняного, літнього та осіннього періоду.

Таблиця 3.1

Графічне зображення добової зміни навантажень наведено на рисунках

t	Зима		Весна		Літо		Осінь	
	P%	P о.е.	P%	P о.е.	P%	P о.е.	P%	P о.е.
1	25	3,22	25	3,22	20	2,58	25	3,22
2	25	3,22	25	3,22	20	2,58	25	3,22
3	25	3,22	25	3,22	20	2,58	25	3,22
4	25	3,22	25	3,22	20	2,58	25	3,22
5	25	3,22	25	3,22	25	3,22	25	3,22
6	35	4,51	35	4,51	30	3,86	35	4,51
7	50	6,44	45	5,8	40	5,15	45	5,80
8	60	7,73	50	6,44	45	5,8	55	7,08
9	40	5,15	40	5,15	40	5,15	40	5,15
10	30	3,86	30	3,86	30	3,86	30	3,86
11	30	3,86	30	3,86	30	3,86	30	3,86
12	35	4,51	35	4,51	30	3,86	35	4,51
13	40	5,15	40	5,15	35	4,51	40	5,15
14	30	3,86	30	3,86	30	3,86	30	3,86
15	30	3,86	30	3,86	30	3,86	30	3,86
16	30	3,86	30	3,86	30	3,86	30	3,86
17	40	5,15	30	3,86	30	3,86	30	3,86
18	70	9,02	40	5,15	30	3,86	40	5,15
19	100	12,88	50	6,44	35	4,51	70	9,02
20	95	12,24	70	9,02	40	5,15	100	12,88
21	70	9,02	100	12,88	70	9,02	85	10,95
22	50	6,44	20	2,58	100	12,88	60	7,73
23	35	4,51	50	6,44	60	7,73	40	5,15
24	30	3,87	30	3,86	25	3,22	30	3,86

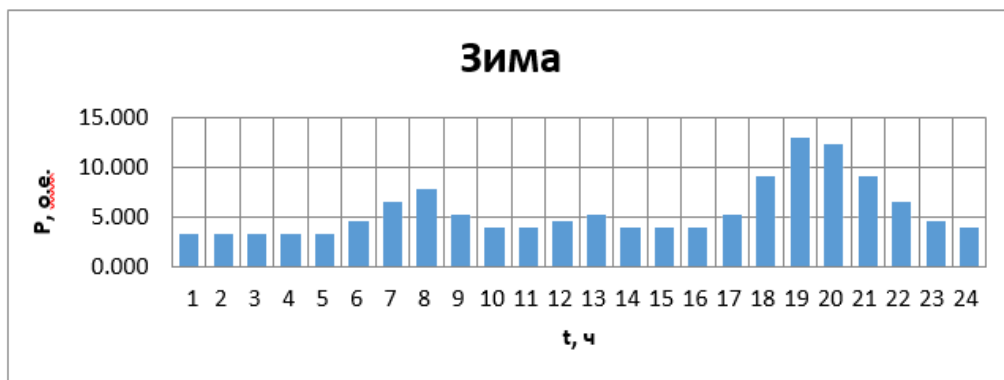


Рис.3.2 Графік активної потужності у зимовий період

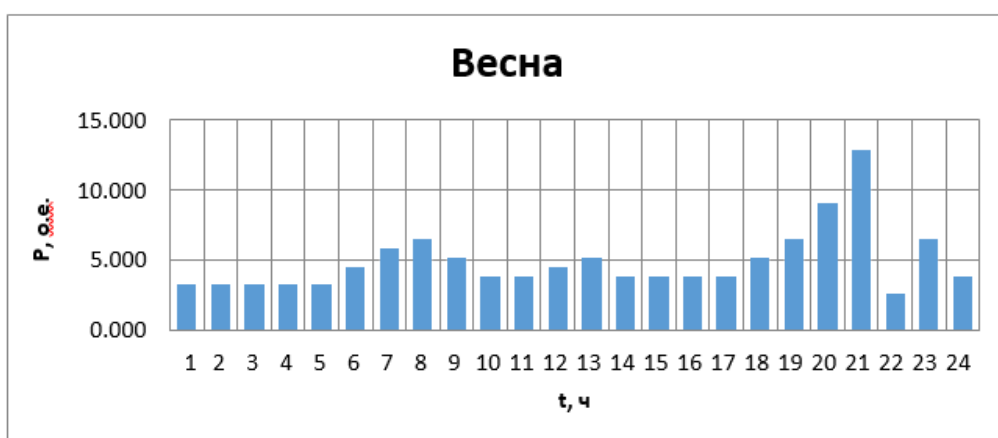


Рис.3.3 Графік активної потужності в весінній період

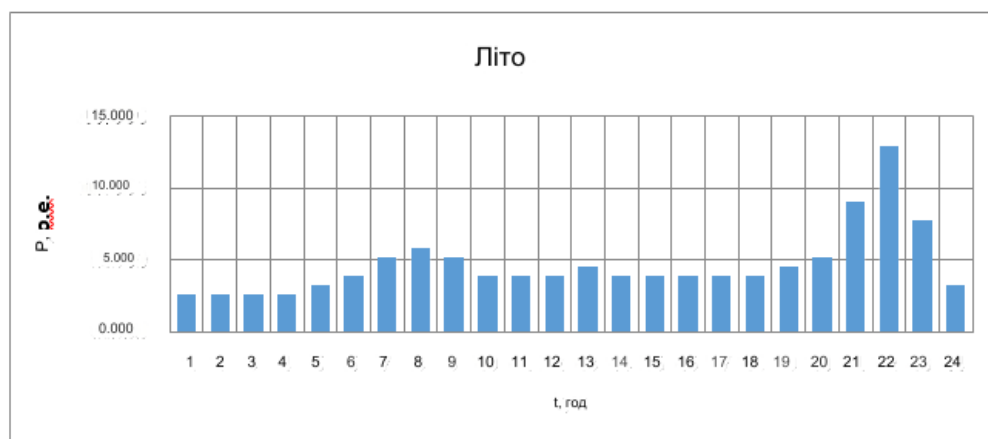


Рис.3.4 Графік активної потужності в літній період

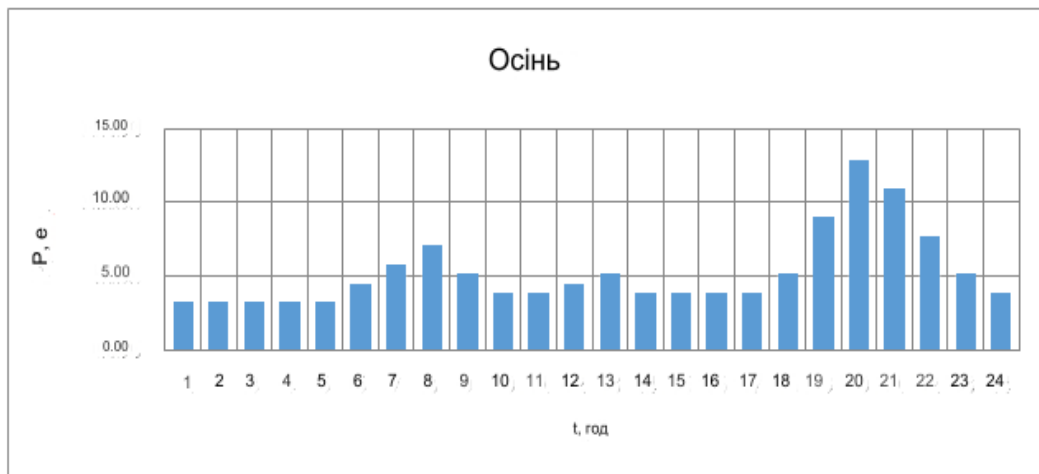


Рис.3.5. Графік активної потужності в осінній період

Розрахунок добового споживання активної енергії провадиться за формулою:

$$W_{\text{сут}} = \sum P_i t_i; \quad (3.3)$$

3.2. Модель сонячної батареї

Для моделювання сонячної батареї візьмемо модель фотоелектричного модуля із стандартної бібліотеки Simulink – Simscape. Нижче наведена типова схема заміщення фотоелектричного модуля.

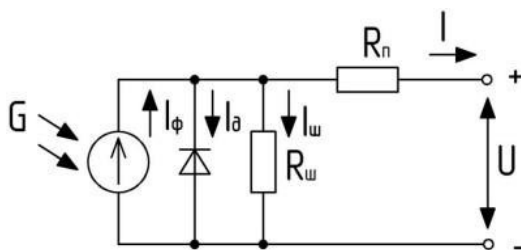


Рис.3.6 Класична еквівалентна схема заміщення СЕ

З огляду на те, що ККД сонячної панелі залежить від форми його ВАХ, параметри панелі, що входять до рівняння ВАХ, визначають ефективність панелі.

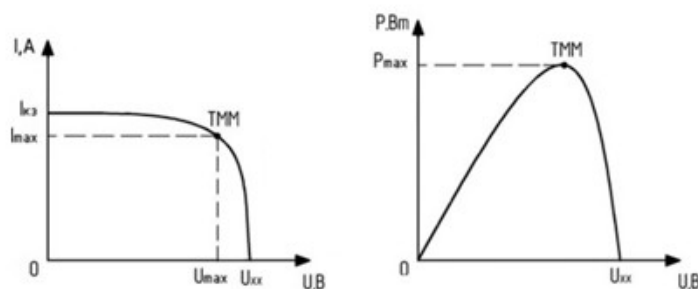


Рис.3.7 Типові ВАХ та ВВХ фотоелектричних панелей

Фотони, енергія яких є недостатньою для внутрішнього фотоефекту, не дають вкладу в електричну енергію. Деякі пари електрон – дірка рекомбінують і не дають вкладу у фотострум. Потужність втрачається при проходженні струму через об'ємний опір напівпровідника. Тому в деяких випадках відбувається падіння ККД.

3.3. Модель сонячної інсоляції

При обчисленні сонячної радіації, що надходить на якусь похилу площину, беруть до уваги три складові радіаційного балансу:

$$Q_{нахилу} + S_{нахилу} + D_{нахилу} + R_{нахилу}; \quad (3.4)$$

де:

$Q_{нахилу}$ - сумарна сонячна радіація, що падає на похилу поверхню, Вт/м²;

$S_{нахилу}$ - пряме сонячне випромінювання, що падає на похилу поверхню, Вт/м²;

$D_{нахилу}$ - розсіяна сонячна енергія, що падає на похилу поверхню, Вт/м²;

$R_{нахилу}$ – випромінювання, відбите від Землі, Вт/м².

Відбите від поверхні Землі і випромінювання $R_{\text{накл}}$, що падає на похилу площину, зневажливо мало в теплу пору року, за відсутності снігового покриву їм можна знехтувати.

Оцінку зменшення інтенсивності сонячної радіації за рахунок впливу хмарності на потік сумарної сонячної радіації виконують шляхом введення емпіричних коефіцієнтів у попередній вираз, отримуючи формулу:

$$Q_{\text{накл.хм}} = (S_{\text{накл.}} + D_{\text{нахилу}}) * (1 - (a + b * n) * n); \quad (3.5)$$

де n - кількість хмар у частках одиниці, визначена для кожного сезону.

b – коефіцієнт, який вважатимуться постійним і рівним 0,38;

a – коефіцієнт, залежить від середовищ (суша чи море) і зажадав від широти території.

Значення $S_{\text{накл}}$ знаходять за такою формулою:

$$S_{\text{накл}} = S_{\text{орт}} \cdot \cos \theta; \quad (3.6)$$

де $S_{\text{орт}}$ – пряме сонячне випромінювання на ортогональну променів

площину, Вт/м²;

$\cos \theta$ – косинус кута падіння прямого сонячного випромінювання будь-яку площину.

3.4. Модель знижувального перетворювача напруги

Як відомо до складу контролера входить перетворювач постійної напруги. Принцип роботи перетворювача полягає в тому, що він збільшує або зменшує величину вхідної напруги, але як правило використовується понижувальний перетворювач, який складається з конденсатора, що фільтрує, високо-частотного комутатора, розрядного діода і LC-фільтра.

На малюнку представлена на рис.3.8 базова схема понижувального перетворювача.

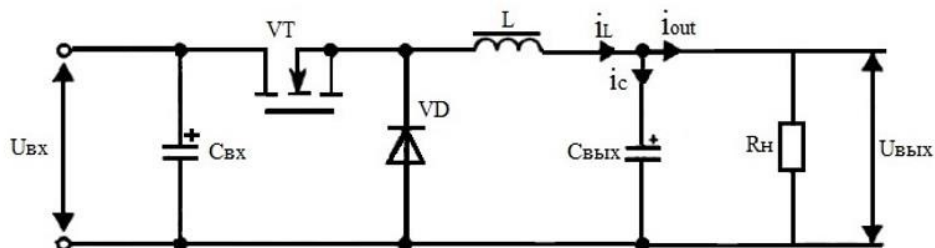


Рис.3.8 Принципова схема понижувального перетворювача напруги

Вхідна напруга $U_{вх}$ подається на вхідний конденсатор $C_{вх}$, що фільтрує. Елемент VT є ключовим у цій схемі, як нього може бути використаний транзистор будь-якого типу, який у свою чергу здійснює високочастотну комутацію. Також у схемі необхідні розрядний діод VD , дросель L та конденсатор $C_{ввих}$. Два останні елементи утворюють вихідний LC-фільтр.

Ключовий елемент може перебувати лише у двох станах – повній провідності та відсіканні. Якщо ці стани змінюють один одного з постійною періодичністю, то позначивши час знаходження ключа у провідному стані – як час провідності, а час знаходження ключа у стані відсічення – час паузи, то утворюється залежність, яку можна назвати коефіцієнт заповнення.

Відомо, що точка максимальної потужності змінюється із збільшенням сонячних променів, тому дана точка є основою ефективного керування фотоелектричною панеллю, в якій вихідна потужність досягає максимуму.

РОЗДІЛ.4

ВИБІР ТА МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ АВТОНОМНОЇ ФОТОЕЛЕКТРИЧНОЇ СТАНЦІЇ

4.1. Модель електричного навантаження

У даному розділі робимо вибір реальних компонентів фотоелектричної станції з подальшою реалізацією комп'ютерної моделі автономної фотоелектричної станції з різними видами контролерів ПТТМ.

Мета цього розділу полягає у розробці методики вибору необхідного контролера, маючи задані вихідні дані.

Об'єктом дослідження є навчальний корпус. Як варіант автономного електропостачання об'єкта розглядаємо корпус від сонячних батарей із застосуванням акумуляторів для запасу зайвої енергії та використання установки для резервування.

Річне споживання енергії дорівнює сумі всіх місяців результати наведені у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

Споживання електроенергії

Сезон	W, кВт·ч	
	сутки	годин
Зима	132,02	43817,79
Весна	117,21	
Літо	111,41	
Осінь	126,22	

Модель електричних навантажень у MATLAB представляється у вигляді блоку Signal Builder, що знаходиться в бібліотеці simulink/Sources і який

дозволяє створювати взаємозамінні групи джерел шматково-лінійних сигналів та використовувати їх як модель.

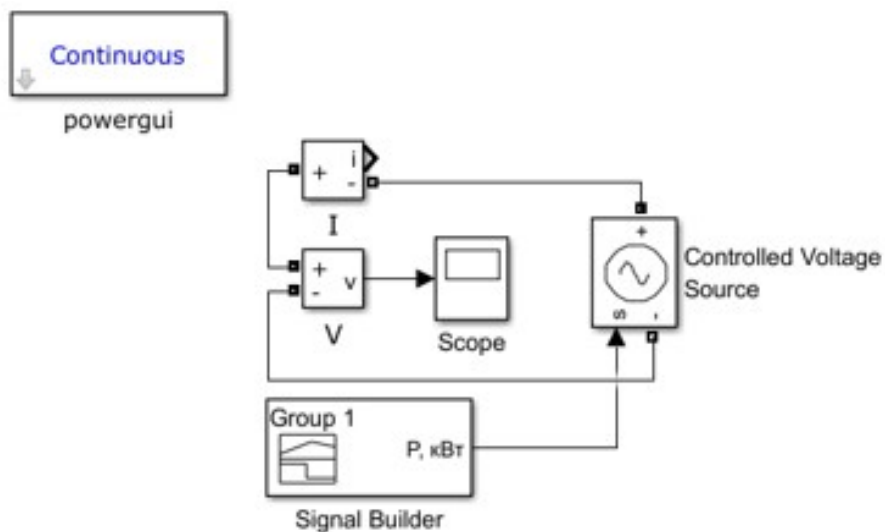


Рис.4.1 Блок Signal Builder

Нижче представлена (рис 3.2) модель навантажень за весняний період у програмному комплексі MATLAB Simulink:

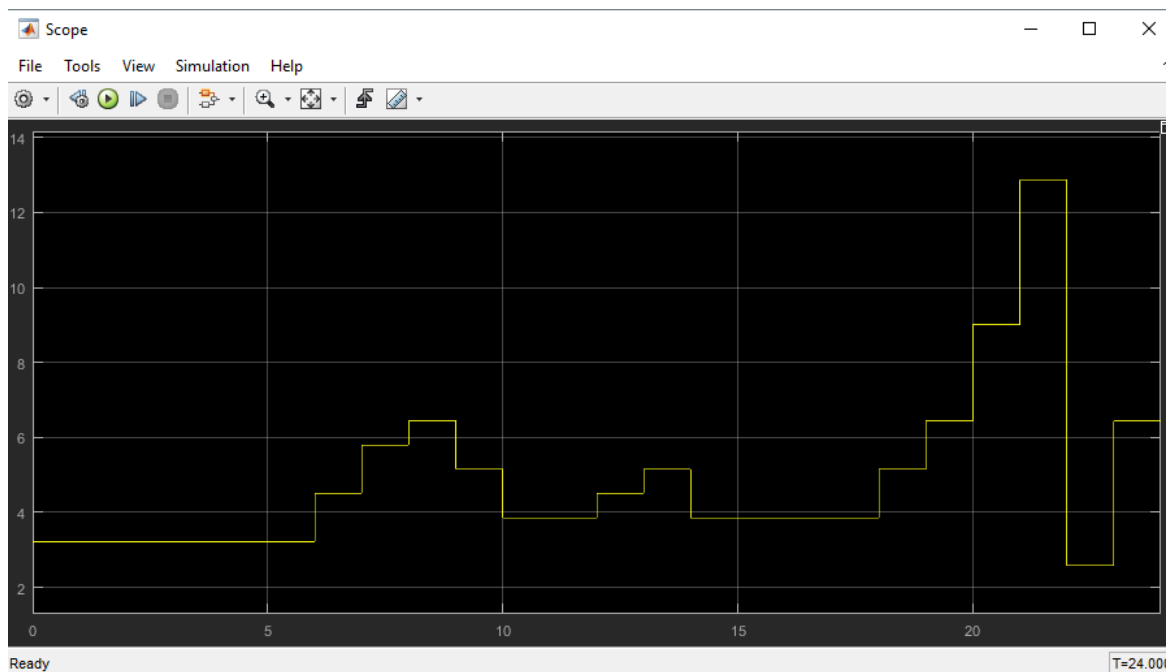


Рис.4.2 Модель електричних навантажень

4.2. Модель сонячної батареї

Нижче наведено блок сонячного елемента в бібліотеці MATLAB Simulink:

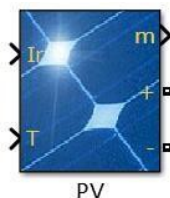


Рис.4.3 Модель фотоелектричного модуля.

Цей блок реалізує кілька фотоелектричних модулів. Масив побудований з ланцюжків модулів, з'єднаних паралельно, та послідовно.

Цей блок включає п'ять параметрів, такі як:

- Джерела струму I_L ;
- Струм насичення діода I_0 ;
- Послідовний опір R_s ;
- Опір шунта R_{sh} ;
- Коефіцієнт ідеальності діода.

Встановлено, що інтенсивність сонячного випромінювання впливає величину вихідного струму, а температура – на вихідну напругу сонячного елемента. Так, при зменшенні інтенсивності світлового потоку в 2 рази струм короткого замикання СЕ зменшується в 2 рази, тоді як напруга холостого ходу незначно змінюється. Існує температурний коефіцієнт, що враховує різницю температур і становить близько кількох міліампер на градус Цельсія.

Моделювання сонячної панелі здійснюється за допомогою елементів програми MATLAB Simulink, відповідно до вищеописаних рівнянь. Комп'ютерна модель виконана для фотоелектричного модулю RSM110-8-550М дахової сонячної електростанції, який має такі технічні дані:

Таблиця 4.2

Параметри сонячної панелі

Електричні характеристики	Значення
Номинальна потужність	550 Вт
Кількість фотоелементів	60
Потужність на одиницю площі	152,9 Вт/м ²
Максимальний ККД	15,29%

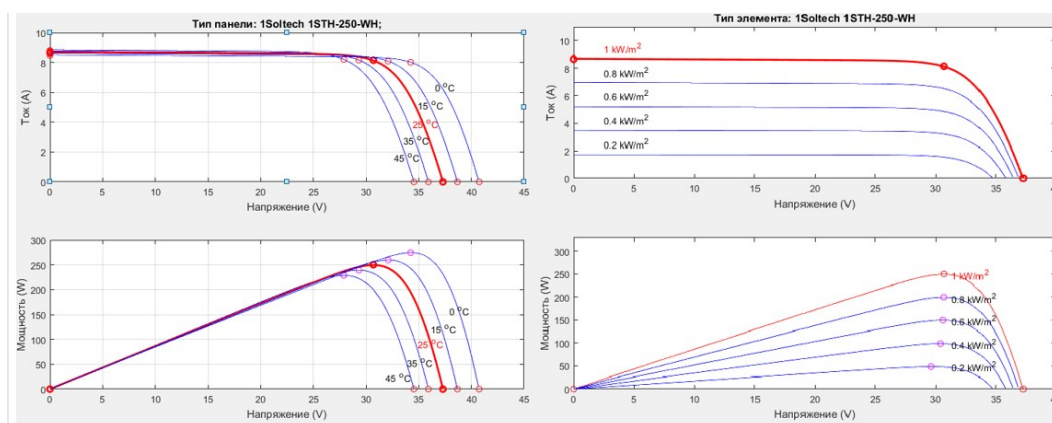


Рис.4.4 Характеристики панелі RSM110-8-550M

Перевіримо достовірність каталожних даних однієї панелі шляхом порівняння характеристик моделі.

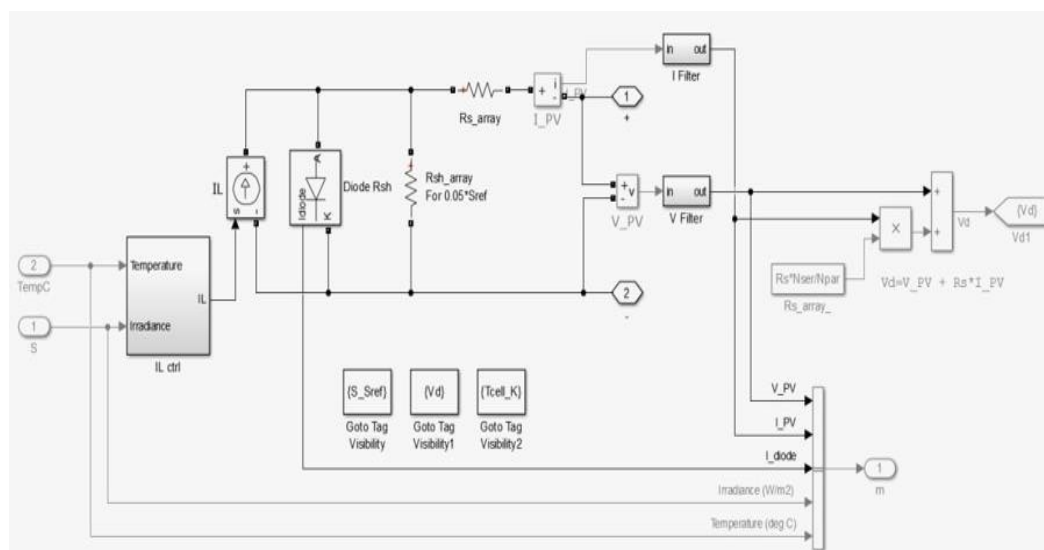


Рис.4.5 Розгорнута модель фотоелектричної панелі

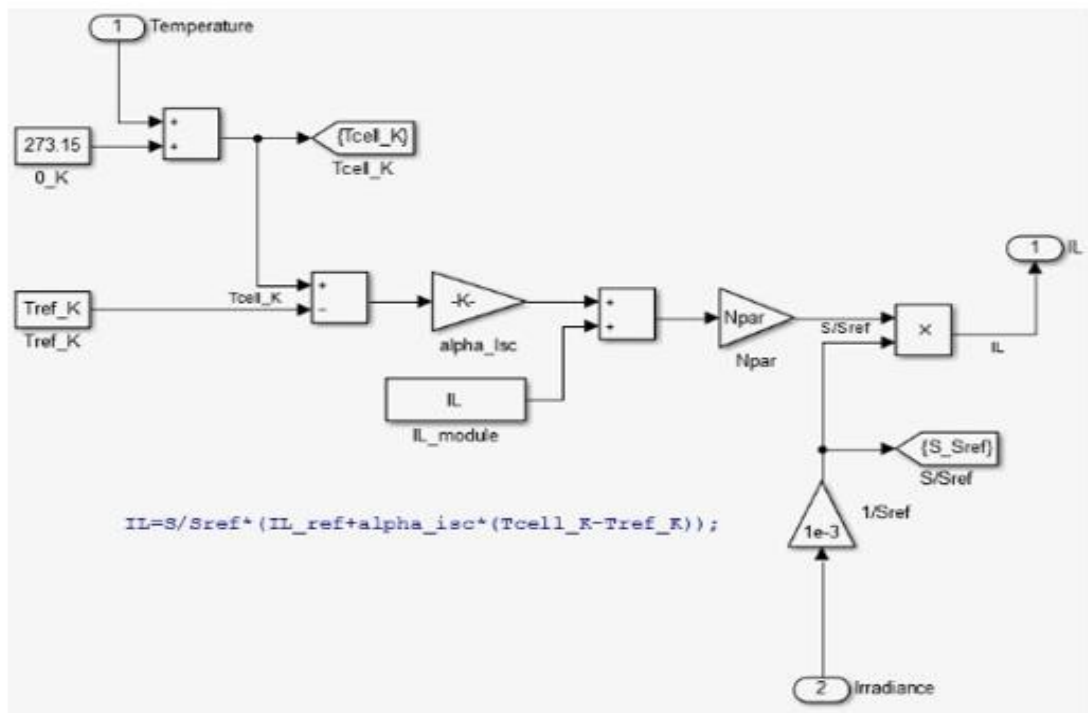


Рис.4.6 Модель підсистеми IL control

У ролі джерела фотоструму виступає блок контрольований джерело струму Підсистема Diode Rsh здійснює розрахунок зворотного струму насичення діода. Також на схемі присутні послідовний опір, який характеризує внутрішній опір елемента та контактів. Опір шунта та вихідні фільтри для більш точних вихідних параметрів панелі.

Для того, щоб перевірити достовірність моделі фотоелектричного модуля порівняємо стандартні параметри панелі зі показаннями приладів. Як навантаження задаємо блок Ramp, підключений до джерела напруги.

Блок Ramp формує лінійний сигнал виду:

$$y = \text{Slope} \cdot \text{time} + \text{Initial Value};$$

де:

Slope - Швидкість зміни вихідного сигналу;

Time - Час початку формування сигналу;

Initial value - Початковий рівень сигналу на виході блоку.

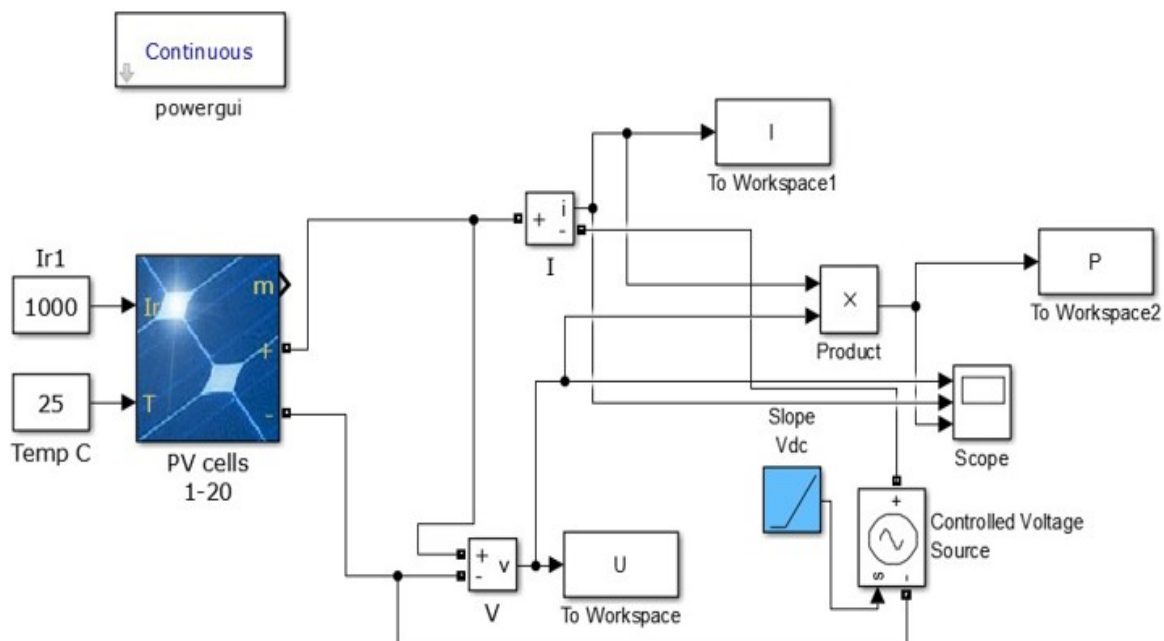


Рис.4.7 Модель фотоелектричного модуля, із підключеним навантаженням

Порівняємо отримані дані з каталожними:

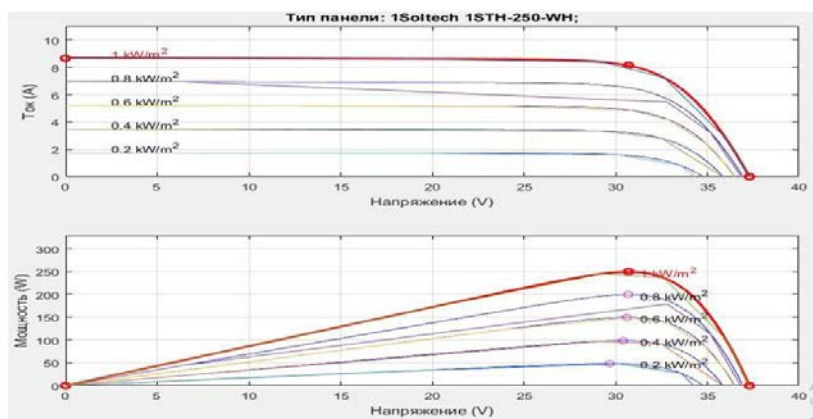


Рис.4.7 Порівняння характеристик панелі за різних рівнів інсоляції

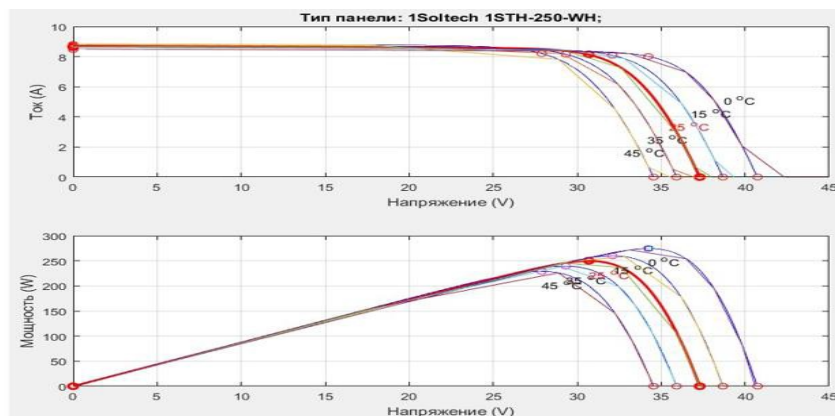


Рис.4.8 Порівняння характеристик панелі при різних рівнях температури

4.3. Модель надходження сонячної радіації

Для визначення оптимального кута нахилу площини до горизонту з метою максимального надходження сонячної радіації, залежно від сезону, побудуємо серію графіків $Q_{\text{накл.обл}} = f(t)$ для всіх чотирьох сезонів у програмі MATLAB з урахуванням хмарності.

Літо:

```
>> % Солнечная постоянная, Вт/м2
S0 = 1395;
% Номер дня 1-365
N = 132;
% Широта места, рад
Fi = (55.02/180)*pi;
% Азимут плоскости
Gm = 0; % 44*pi/180;
% Коэффициенты облачности
a = 0.386;
b = 0.38;
n = 0.4;
% Прозрачность атмосферы
c = 0.43;
% РАСЧЕТ ++++++
% Угол наклонения
Dl = 0.41*sin(2*pi*(284+N)/365);
Dl_grad = 180*Dl/pi;

% Расчет траектории Солнца
% Азимут Bt, Высота Al
Al(I) = asin(sin(Fi)*sin(Dl)+cos(Fi)*cos(Dl)*cos(w(I)));
Bt(I) = acos((sin(Al(I))*sin(Fi)-sin(Dl))/(cos(Al(I))*cos(Fi)));
% Расчет угла падения прямого излучения Tt разных наклонов плоскости s
Tt(J,I) = acos(sin(Dl)*sin(Fi)*cos(s(J))-sin(Dl)*cos(Fi)*sin(s(J))*cos(Gm)+cos(Dl)*
*cos(Fi)*cos(s(J))*cos(w(I))+cos(Dl)*sin(Fi)*sin(s(J))*cos(Gm)*cos(w(I))+cos(Dl)*sin(s(J))*sin(Gm)*sin(w(I)));
% Расчет прямого солнечного излучения, падающего на ортогональную площадку
Sopt(I) = S0*sin(Al(I))/(sin(Al(I))+c);
% Расчет прямого солнечного излучения, падающего на наклонную площадку
Snak(J,I) = Sopt(I)*cos(Tt(J,I));
% Расчет рассеянного солнечного излучения, падающего на горизонтальную площадку
Rgor(I) = 0.33*(S0-Sopt(I))*sin(Al(I));
% Расчет рассеянного солнечного излучения, падающего на наклонную площадку
Rnak(J,I) = Rgor(I)*(0.55+0.434*cos(Tt(J,I))+0.313*cos(Tt(J,I))*cos(Tt(J,I)));
% Суммарный поток излучения, падающего на наклонную площадку
Onak(J,I) = Snak(J,I)+Rnak(J,I);
```

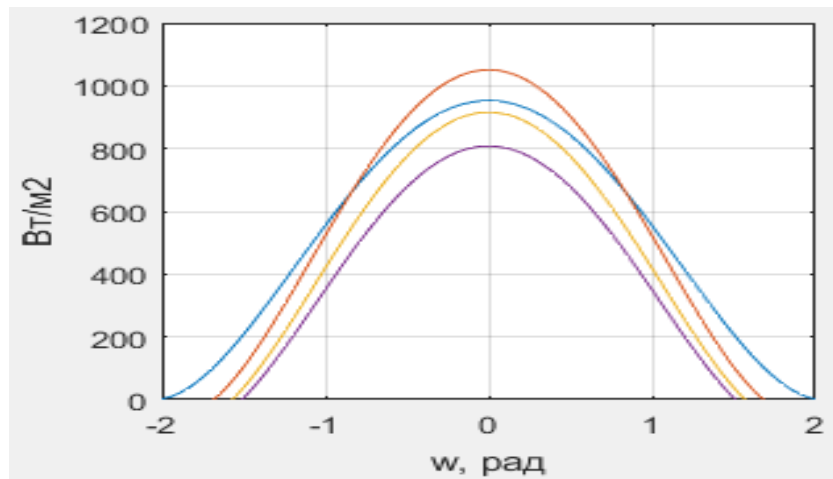


Рис.4.8 Графік надходження сумарної сонячної радіації на площину, нахилену під різними кутами, у літній день.

Зима:

```

% Солнечная постоянная, Вт/м2
S0 = 1395;
% Номер дня 1-365
N = 15;
% Широта места, рад
Fi = (55.02/180)*pi;
% Азимут плоскости
Gm = 0; % 44*pi/180;
% Коэффициенты облачности
a = 0.386;
b = 0.38;
n = 0.4;
% Прозрачность атмосферы
c = 0.43;
% РАСЧЕТ
% Угол наклонения
Dl = 0.41*sin(2*pi*(284+N)/365);
Dl_grad = 180*Dl/pi;

```

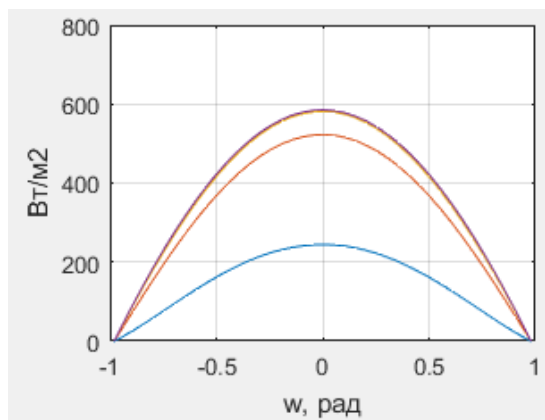


Рис.4.9 Графік надходження сумарної сонячної радіації на площину, нахилену під різними кутами, взимку.

Весна:

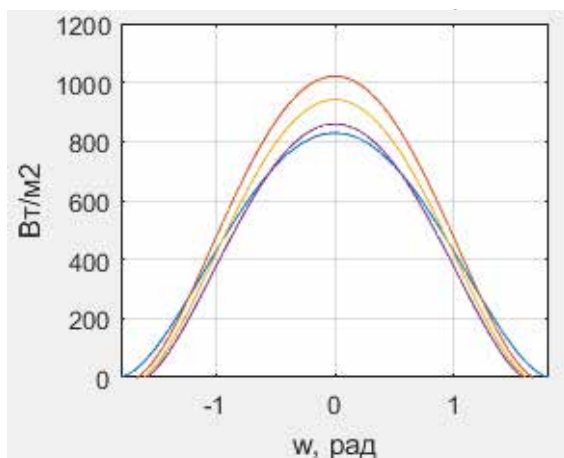


Рис.4.10 Графік надходження сумарної сонячної радіації на площину, нахилену під різними кутами, навесні

Осінь:

```

% Солнечная постоянная, Вт/м2
S0 = 1395;
% Номер дня 1-365
N = 286;
% Широта места, рад
Fi = (55.02/180)*pi;
% Азимут плоскости
Gm = 0; % 44*pi/180;
% Коэффициенты облачности
a = 0.386;
b = 0.38;
n = 0.4;
% Прозрачность атмосферы
c = 0.43;
% РАСЧЕТ
% Угол наклонения
Dl = 0.41*sin(2*pi*(284+N)/365);
Dl_grad = 180*Dl/pi;

```

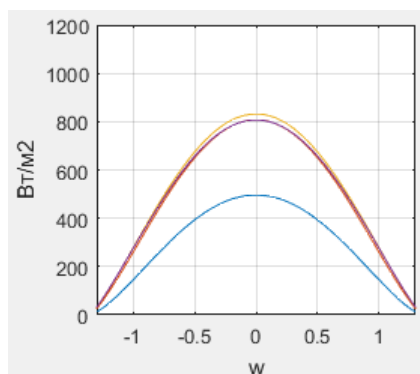


Рис.4.11 Графік надходження сумарної сонячної радіації на площину, нахилену під різними кутами, в осінній сезон.

Проінтегрувавши площі отриманих графіків, отримаємо величину надходження сумарної сонячної радіації на площину, нахилену під різними кутами до горизонту.

Таким чином, зимового дня максимальна кількість сонячної радіації надходить на площину, нахилену до горизонту під кутом 75; у весняний день – під кутом 45; у літній день – під кутом 30; осіннього дня – під кутом 60. Тому необхідно проводити Сезонну зміну кута нахилу літо/зима.

4.4. Модель знижувального перетворювача напруги

Як ключовий елемент моделі використовуємо блок Mosfet – напівпровідниковий прилад із ізольованим затвором, що служить для комутації. Для моделювання прямокутних імпульсів використовуємо блок Pulse Generator,

у якому вводимо такі параметри як: ширина імпульсів, період, амплітуду, фазову затримку та крок модельного часу.

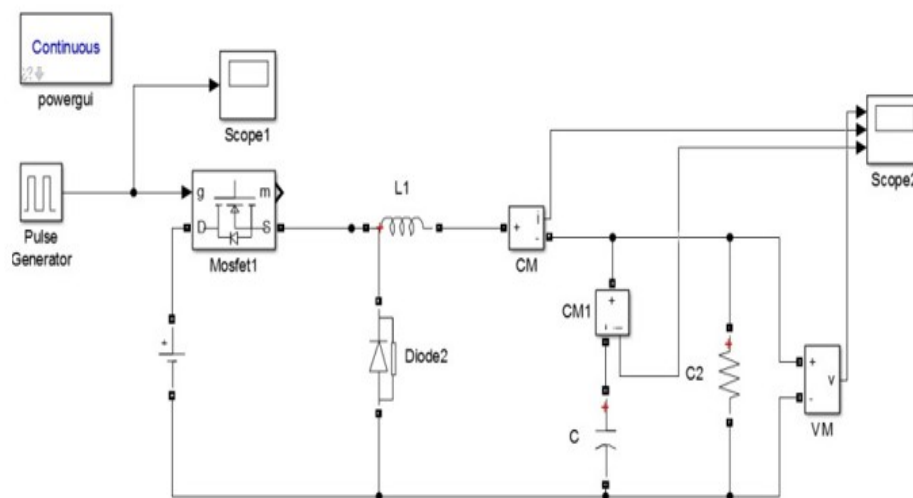


Рис.4.12 Схема моделювання перетворювача

Для узгодження рівнів напруги на виході СБ із навантаженням необхідно коректно підібрати параметри знижувального перетворювача напруги. В даному випадку перетворювач призначений для роботи на акумуляторну батарею, номінальною напругою 96 В.

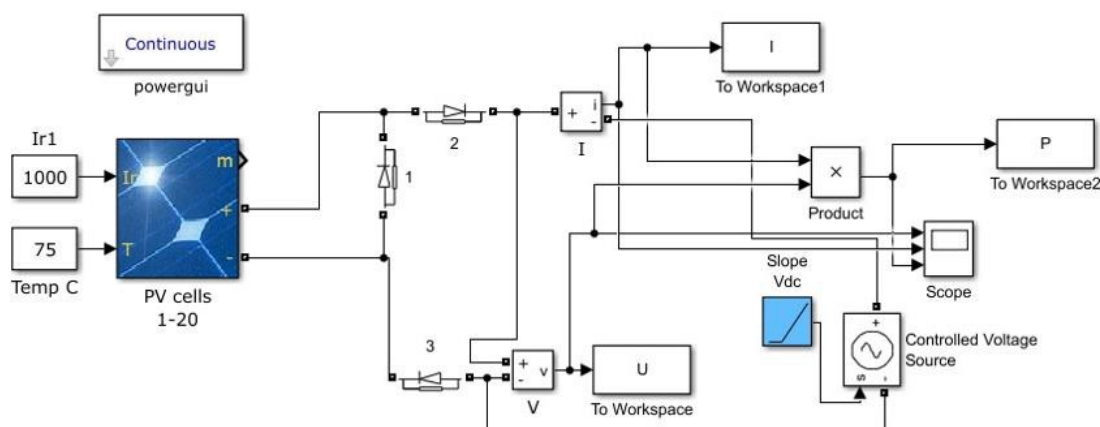


Рис.4.13 Фрагмент моделі об'єкта, що досліджується

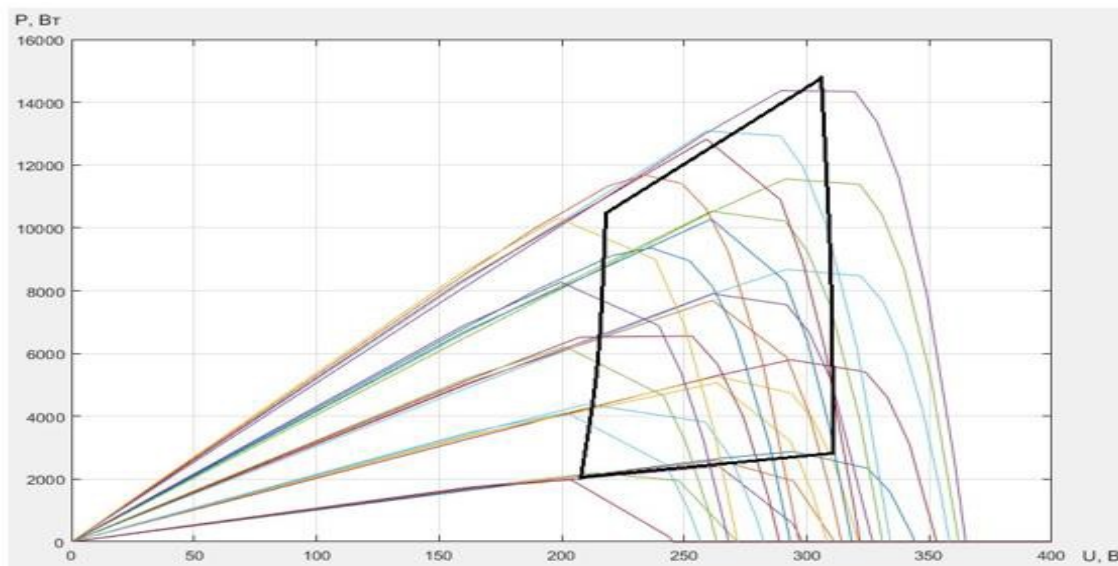


Рис.4.14 Ват-вольтна характеристика сонячної батареї

Виходячи з даних моделювання видно, що вхідна напруга перетворювача лежить в межах $U_{вх} = 210\text{-}310\text{ В}$. Вихідна напруга відомо: $U_{вих} = 96\text{ В}$.

Зробимо розрахунок параметрів перетворювача, використовуючи отримані дані:

$$U_{in}=210\text{-}310\text{ В};$$

$$U_{out}=96\text{ В};$$

$$I_{out_max}=40\text{ А};$$

$$f=10\text{ кГц};$$

Вибір індуктивності:

Приймаємо $L/R=0,3$;

$$L = \left(U_{in_max} - U_{out} \right) \cdot \frac{U_{out}}{U_{in_max}} \cdot \frac{1}{f} \cdot \frac{1}{L/R \cdot I_{out_max}}$$

$$= (310 - 96) \cdot \frac{96}{310} \cdot \frac{1}{10000} \cdot \frac{1}{0,3 \cdot 40} = 552,3 \cdot 10^{-6}\text{ Гн};$$

Вибираємо найближчий номінал $L=550\text{ мкГн}$;

Розрахунок пульсацій струму:

$$\Delta I_{INDUCTOR} = \frac{L}{R} \cdot I_{out_max} = 0.3 \cdot 40 = 12 \text{ A};$$

Вибір вихідного конденсатора:

Задаємося максимальним викидом напруги на виході $\Delta U = 500 \text{ мВ}$.

$$C_{out} = \frac{L \cdot \left(I_{out_max} + \frac{\Delta I_{INDUCTOR}}{L} \right)^2}{(\Delta U + U_{out})^2 - U_{out}^2} = \frac{552,3 \cdot 10^{-6} \cdot \left(40 + \frac{12}{L} \right)^2}{(0,5 + 96)^2 - 96^2} = 12000 \text{ мкФ};$$

Приймаємо стандартний: $C = 12000 \text{ мкФ}$. Місткість вхідного конденсатора приймаємо 100 мкФ .

Промодельюємо роботу перетворювача, підставивши вибрані параметри:

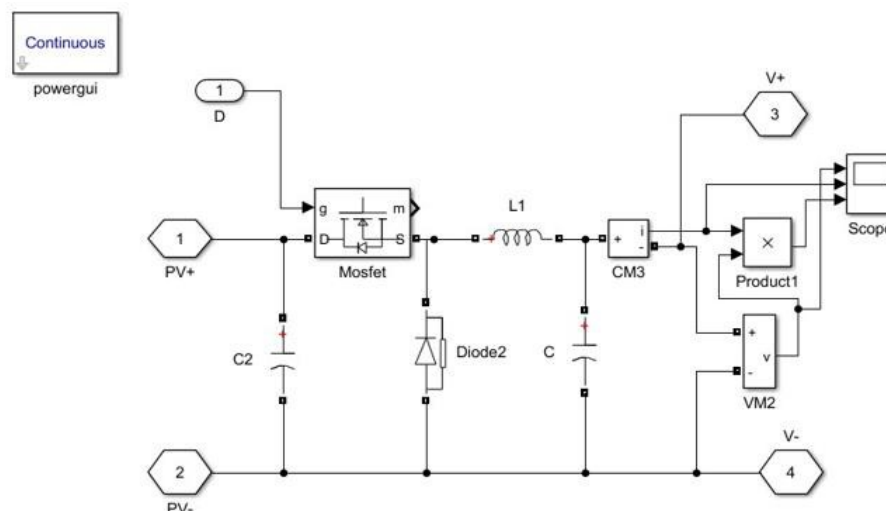


Рис.4.15 Модель знижувального перетворювача напруги

Щоб перевірити правильність вибору параметрів перетворювача необхідно зібрати модель контролера.

4.5. Модель контролера

Вибір контролера производим по мощності, току и напругенню. Таким образом виберем контролер марки KES DOMINATOR MPPT 200 100. Технические характеристики контролера представлены в таблице ниже.

Таблиця 4.3

Каталожні дані контролера

Алгоритм зарядя	MPPT
Номінальна напруга	12/24/36/48/96 авто вибір
Максимальний струм зарядя аккумуляторів, А	100
Напряжение системы, В	12/24/48 (автоматично)
Вибір типу аккумулятора	AGM, GEL, закриті, відкриті щільні, LiFePO4
Максимальна потужність сонячної батареї, Вт	200
Розміри, мм:	35 x 12 x 21
Вага, кг	5
Ціна, грн.	18700

Зробимо підстановку отриманих даних модель використовуючи контролер з широтно-імпульсною модуляцією:

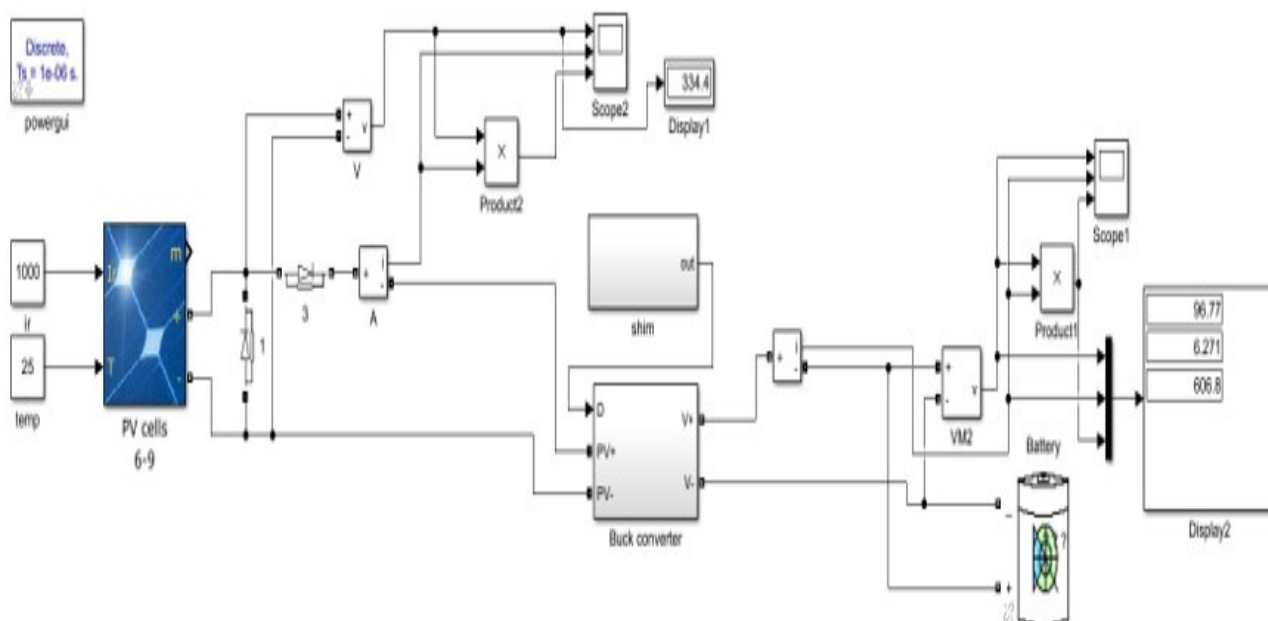


Рис.4.16 Загальна модель ФЕС із вибраними параметрами перетворювача

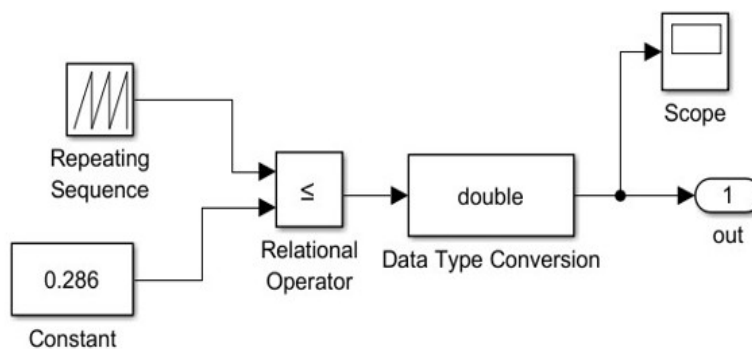


Рис.4.17 Блок ШІМ-контролера.

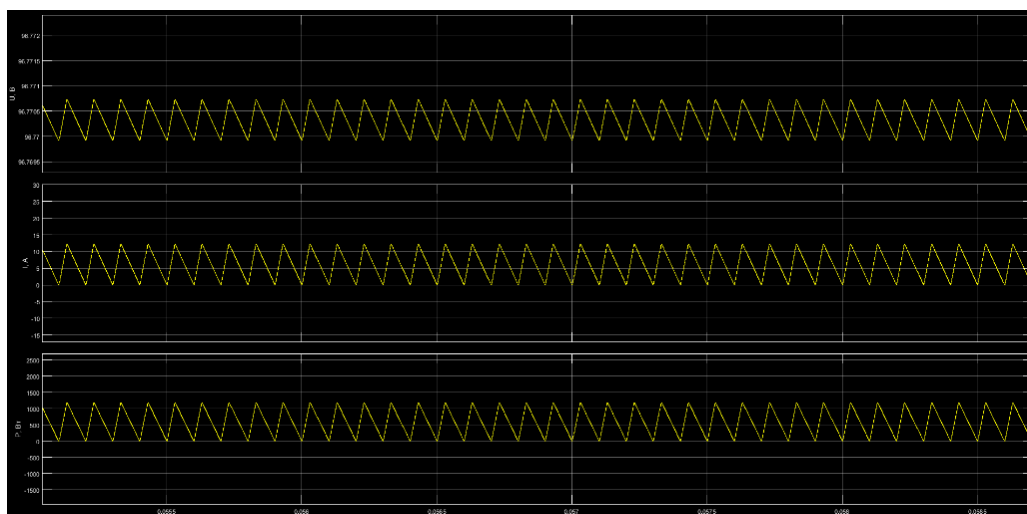


Рис.4.18 Вихідні показники ФЕС.

З даних видно, що параметри перетворювача і контролера підібрані правильно, отже, на вхід АКБ подаються необхідні робочі параметри.

4.6. Модель методу випадкових обурень

Як було сказано у першому розділі, метод полягає у пошуку точки максимальної потужності за рахунок зміни величини робочої напруги фотоелектричної панелі. За наявною схемою блоку можна побудувати модель контролера ПТТМ. Також необхідно підібрати параметри ПІД-регулятора, зокрема пропорційну та інтегральну складові.

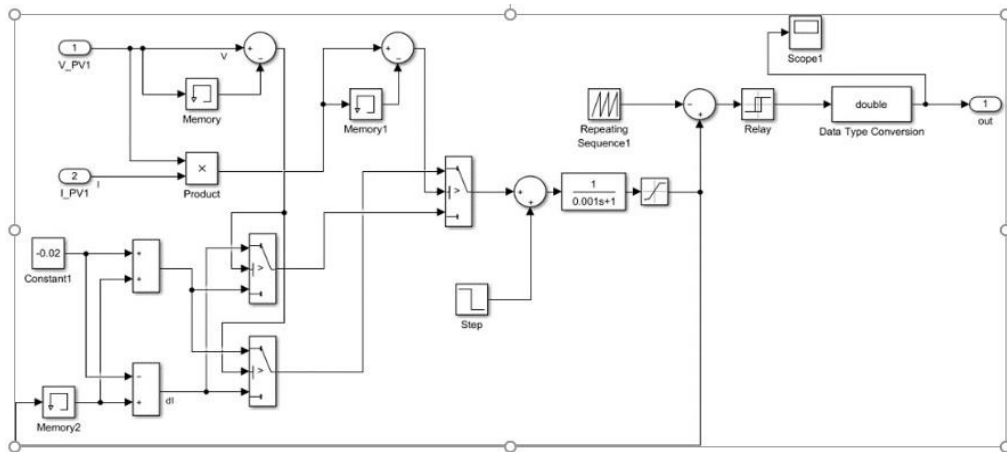


Рис.4.19 Модель блоку МРРТ (метод випадкових обурень).

Комплексна модель ФЕС дозволяє відтворювати динамічні режими роботи сонячної електростанції при зміні рівня освітленості і температури.

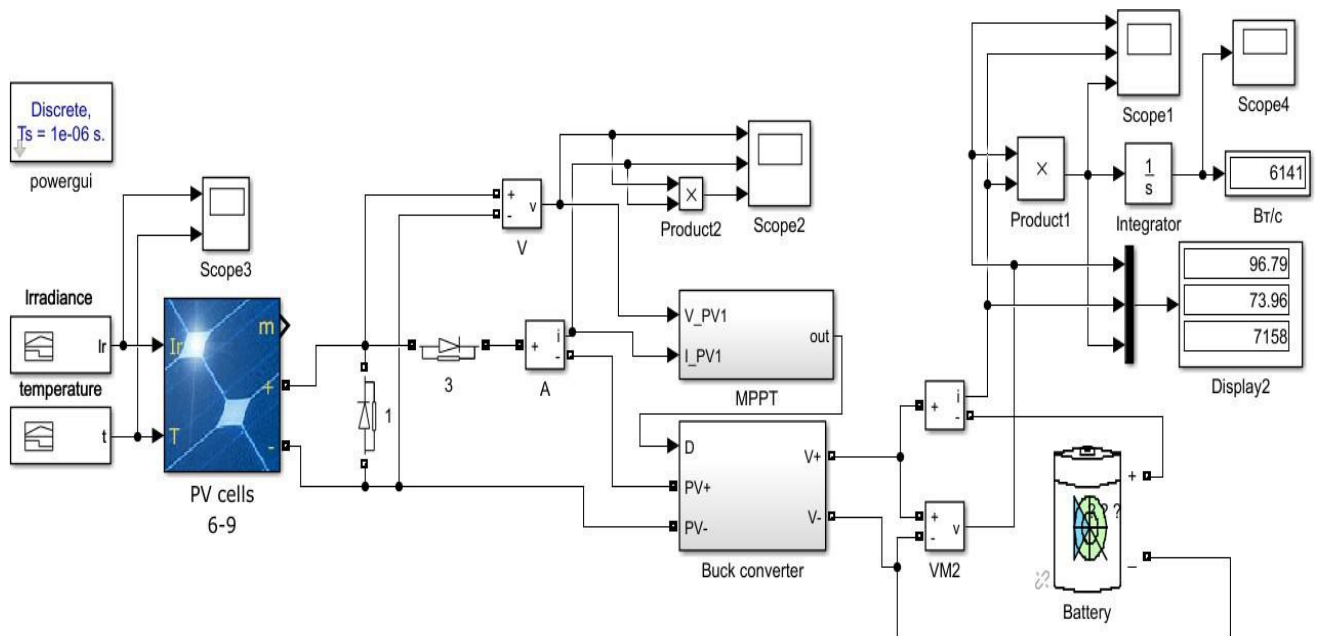


Рис.4.20 Комплексна модель ФЕС з контролером заснований на методі випадкових збурень

Для більш достовірного аналізу режиму роботи фотоелектричної станції використовуємо різні рівні освітленості та сонячної температури батареї, використовуючи метеорологічні дані за добу. Так рівень інсоляції змінюється не більше від 320 до 820 Вт/м², а рівень температури від 25 до 70 С. Для спрощення розрахунків приймаємо час проведення моделювання за 1 секунду.

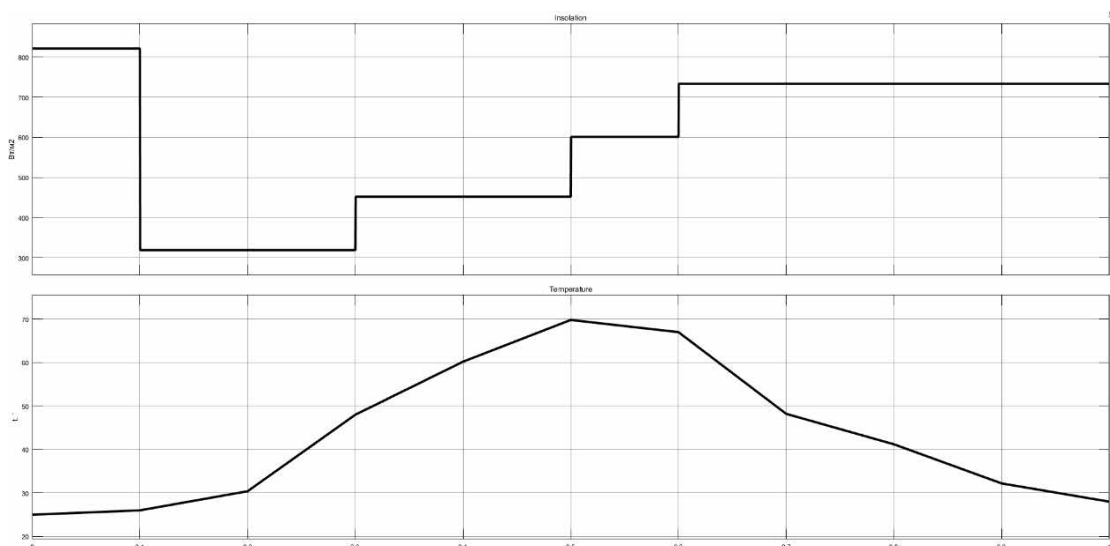


Рис.4.21. Модель зміни рівня радіації та температури СБ

На рисунку нижче представлені результати розрахункових експериментів щодо оцінки ефективності роботи контролерів ПТММ в умовах зміни освітленості та температури.

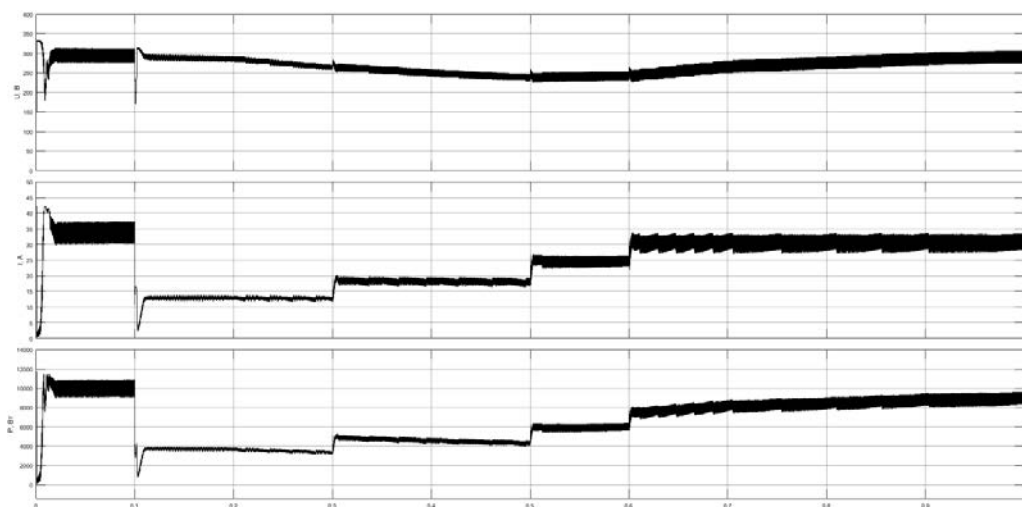


Рис.4.22. Параметри робочого стану ФЕС при зміні освітленості та температури.

За результатами моделювання видно, що відбуваються коливання вихідної напруги сонячної батареї внаслідок зміни освітленості та температури, отже зміни вольт-ватних характеристик панелі. Слід зазначити, що з зміни потужності сонячної батареї значно змінюється величина вихідної напруги.

Для перевірки достовірності роботи моделі візьмемо вихідні характеристики сонячної батареї в період часу, що дорівнює 0,2с:

$$U_{сб} = 280 \text{ В};$$

$$P_{сб} = 3900 \text{ Вт}.$$

В даний момент часу рівень інсоляції та температури рівні:

$$\lambda = 320 \text{ Вт/м}^2;$$

$$t = 30 \text{ С}.$$

Порівнюємо отримані дані із вихідними характеристиками сонячної батареї.

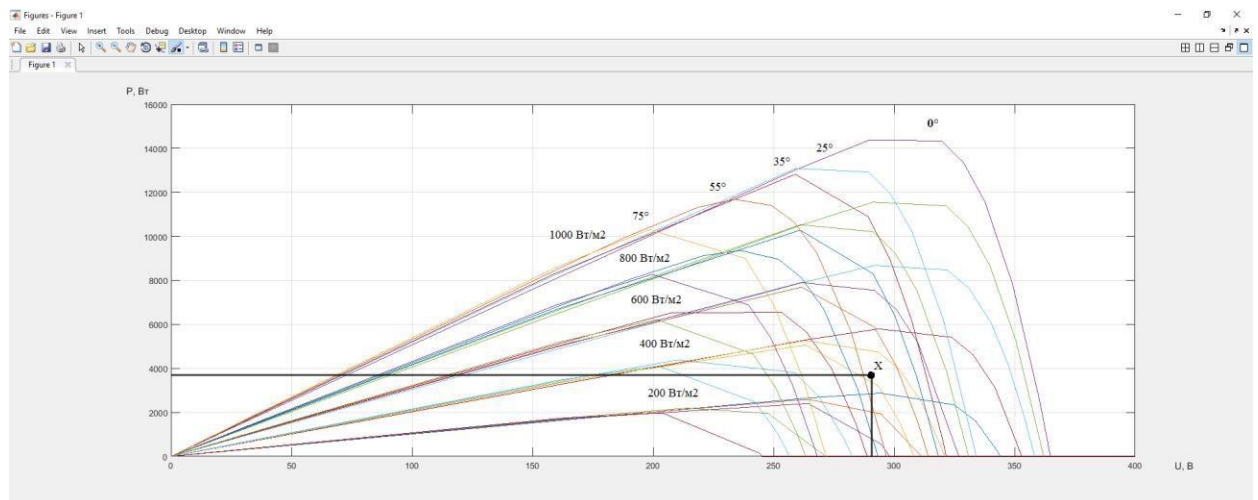


Рис.4.23 Ватт-вольтна характеристика сонячної батареї

З малюнка видно, що при рівні інсоляції рівному 320 Вт/м^2 і при температурі сонячної батареї $30 \text{ }^\circ\text{C}$ напруга та потужність практично збігаються зі значеннями робочого діапазону СБ, що доводить правильність роботи моделі.

4.7. Модель методу напруги холостого ходу

Логіка даного контролера заснована на періодичній зміні величини опорної напруги внаслідок вимірювання величини напруги холостого ходу сонячної батареї. Моделювання проводимо за тих же умов освітлення та температури СБ, що й у попередньому методі.

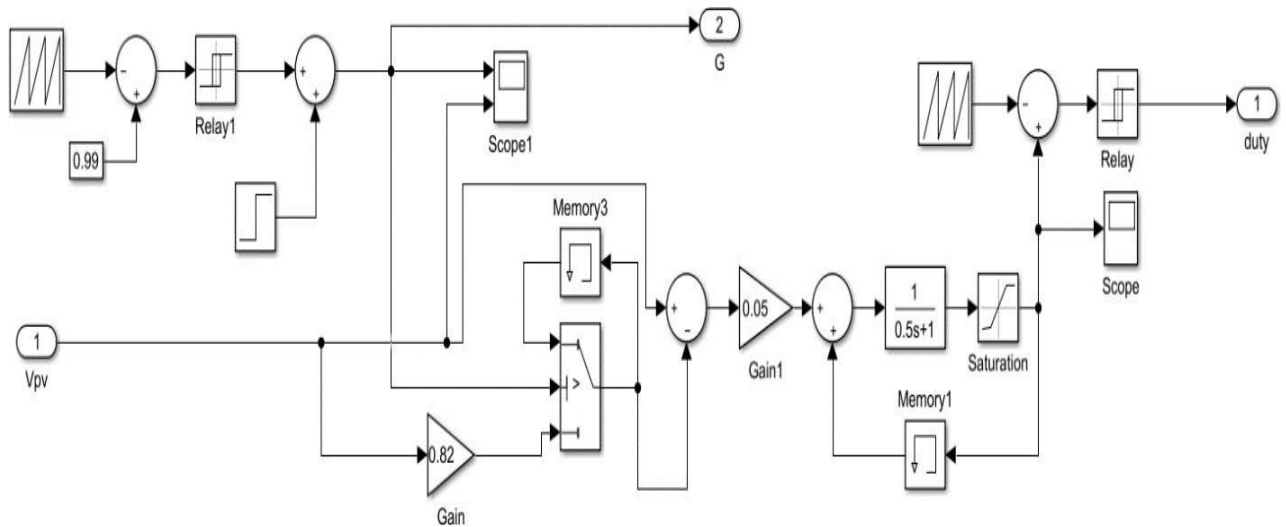


Рис.4.24 Модель блока МРРТ (Метод напруги холостого ходу)

Нижче наведено результати моделювання контролера заснованому на методі напруги холостого ходу.

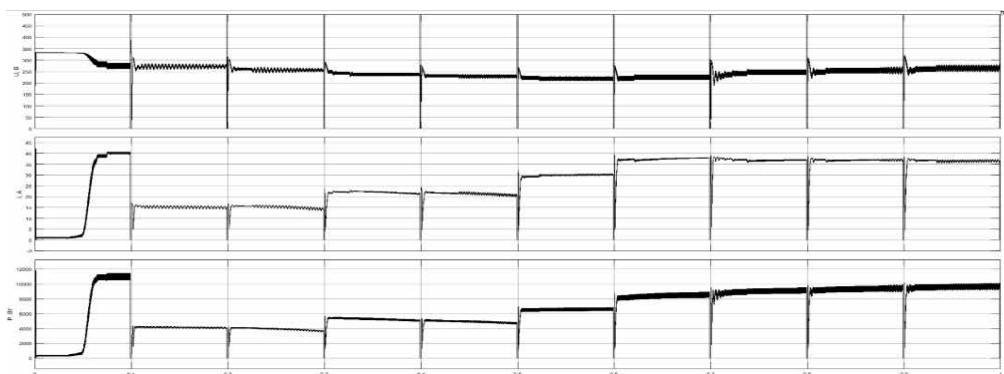


Рис.4.25 Параметри робочого стану ФЕС у разі зміни освітленості та температури.

Завдяки отриманим даним можна помітити, що величина напруги та потужності в період часу дорівнює 0,2с так само збігається з робочим

діапазоном значень сонячної батареї з мінімальною похибкою, але незважаючи на це у певні проміжки часу відбуваються втрати енергії внаслідок неточного підбору параметрів перетворювача та величини опорної напруги.

4.8. Модель методу постійної напруги

Для моделювання процесу відбору точки максимальної потужності задаємо значення опорної напруги, що у свою чергу дорівнює вихідному значенню напруги сонячної батареї. Прийmemo значення опорної напруги, що дорівнює $V_{REF} = 260 \text{ B}$

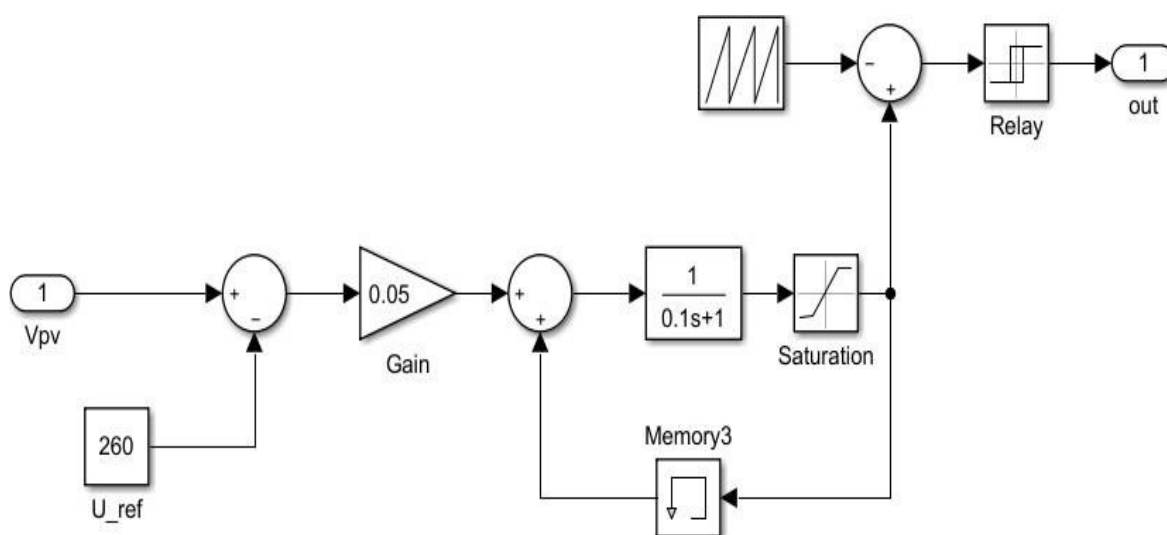


Рис.4.26. Модель блока MPPT (Метод постійної напруги).

Нижче наведено результати моделювання контролера заснованому на методі постійної напруги.

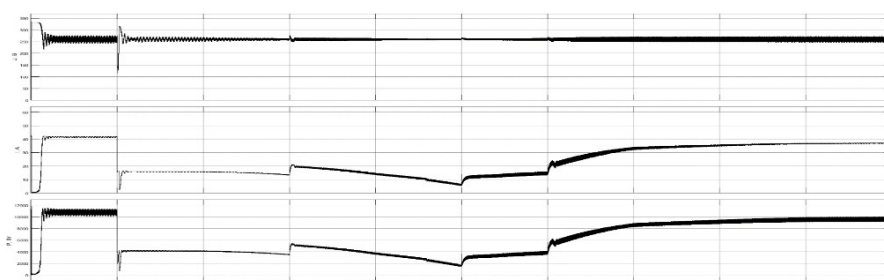


Рис.4.27 Параметри робочого стану ФЕС при зміні освітленості та температури.

За отриманими даними можна сказати, що при різних рівнях освітленості напруга практично не змінюється, але температура позначається на вихідних параметрах сонячної батареї.

4.9. Аналіз енергетичних характеристик автономної фотоелектричної станції

Також зробимо розрахунок виробленої електроенергії сонячною батареєю за різних алгоритмів пошуку точки максимальної потужності:

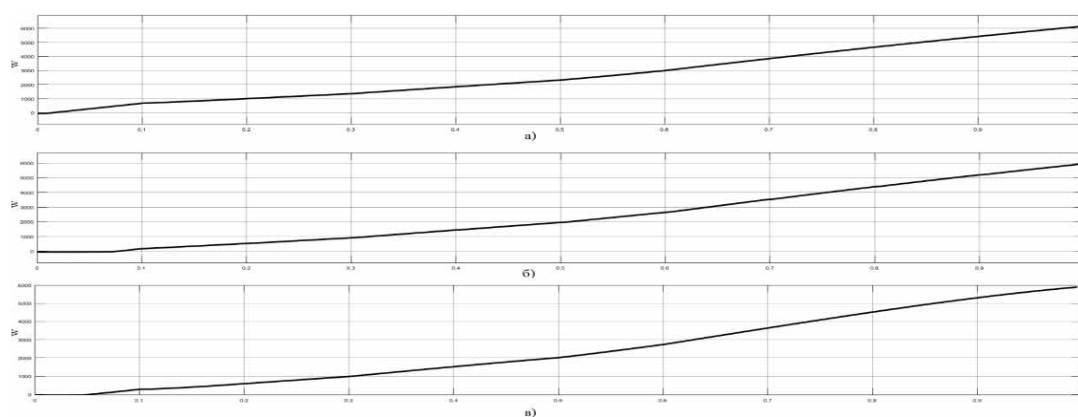


Рис.4.28 Графіки вироблення електроенергії сонячною батареєю.

- а) метод випадкових збурень
- б) метод холостого ходу;
- в) метод постійної напруги

Проінтегрувавши отримані графіки отримуємо:

$$W_a = 6141 \text{ Вт}; W_б = 5952 \text{ Вт}; W_в = 5910 \text{ Вт}.$$

З отриманих даних можна дійти невтішного висновку, що з кожного методу є недоліки, які притаманні певних рівнів освітлення і температури, але найоптимальнішим є метод випадкових обурень. При цьому алгоритмі виробляється найбільше електроенергії.

РОЗДІЛ 5

ФІНАНСОВИЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЕФЕКТИВНІСТЬ ТА РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ

5.1. Ініціація наукового дослідження

У рамках процесів ініціації визначаються початкові цілі та зміст та фіксуються початкові фінансові ресурси. Визначаються внутрішні та зовнішні зацікавлені сторони дослідження, які взаємодіятимуть і впливатимуть на загальний результат наукового дослідження.

Потенційними споживачами результатів дослідження є дахова фотоелектрична сонячна електростанція адміністративної будівлі, за адресою: Київська область, с. Новосілки, вул. Дачна, 12-Б. Це з тим, що чітко розроблена система електропостачання з урахуванням поновлюваних джерел енергії дасть можливість оцінки річних енерговитрат, що у своє чергу призведе до економії фінансових витрат за оплату електроенергії.

5.2. SWOT-аналіз

SWOT – аналіз проекту дозволяє оцінити фактори та явища, що сприяють чи перешкоджають реалізації проекту.

Для аналізу проекту складено таблицю.

Таблиця 5.1

Таблиця аналізу проекту

Сильні сторони проекту	Можливості у зовнішньому середовищі
<ul style="list-style-type: none"> 1) Новизна проекту 2) Новітнє обладнання 3) Незалежність від викопного палива 4) Відповідність ЕС-2030 5) Відповідність технічним вимогам 6) Схема підключення забезпечує максимальну енергоефективність 7) Мінімальні втрати 8) Сезонне вироблення енергії відповідає піку споживання електроенергії 	<ul style="list-style-type: none"> 1) Підтримка Держави 2) Сприяння з боку чиновників 3) Відсутність конкуренції 4) Стабільний потік сонячної радіації протягом року 5) Високий рівень радіації на обраній ділянці
Слабі сторони проекту	Загрози зовнішнього середовища
<ul style="list-style-type: none"> 1) Побудова та експлуатація потребує висококваліфікованого персоналу 2) Відсутність подібних проектів 	<ul style="list-style-type: none"> 1) Наявність періодів затінення хмарами 2) Поява більш ефективного обладнання

Сильні сторони дослідницької проекту: новизна проекту; незалежність від викопного палива; нове обладнання; мінімальні втрати; сезонне вироблення енергії відповідає піку споживання електроенергії.

РОЗДІЛ 6 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ТА ОХОРОНА ПРАЦІ

6.1. Порядок виконання будівельних робіт СЕС

Транспортування будівельних матеріалів виконується тягачем МАЗ 64229 із напівпричепом МАЗ-93866-021, а також бортовим автомобілем ГАЗ-33021.

Будівельні та монтажні роботи на майданчику проведення БМР виконуються за допомогою механізмів і пристроїв - автокрана КС-55713, лебідки електричної та ручної ЛМ-1М, ТЛ-2А; гайковертів електричних ГО-3112А; вишки-тури; інших механізмів, наведених в технологічних картах на відповідні види робіт.

Доставка та відвіз працівників (виконавців робіт) виконується мікроавто-бусом Mercedes Vito.

6.1.1. Потреба в основних будівельних машинах, механізмах і транспорті

Потреба в основних будівельних машинах, механізмах і транспортних засобах визначена відповідно до ДБН Г.1-5-96 «Будівельна техніка, оснастка, інвентар та інструмент. Нормативна база оснащення будівельних організацій (бригад) засобами механізації, інструментом і інвентарем», а також згідно з фізичними обсягами. Відомість потреби в будівельній техніці наведена в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1

Відомість потреби в основних будівельних машинах і транспортних засобах

№ п/п	Найменування транспортного засобу	Тип, марка	Кількість
1	Пневмоколісний кран	КС 8471	1
2	Тягач із напівпричепом МАЗ-93866-021	МАЗ 64229	1
3	Бортова машина	ГАЗ-33021	1
4	Мікроавтобус	Mercedes Vito	1
5	Лебідка електрична монтажна	ЛМ-1М	2
6	Лебідка ручна монтажна	ТЛ-2А	2
7	Гайковерт електричний	ГО-3112А	2

6.1.2. Потреба в робочих кадрах

Кількість та склад працюючих за спеціальностями на будівництві на виконання будівельних робіт, визначена у відповідності до видів робіт та застосованих машинах, наведена в таблиці 6.2.

Таблиця 6.2

Відомість потреби в працюючих

№ п/п	Найменування спеціальності	Розряд	Кількість осіб
1	Машиніст пневмоколісного крану	5	1
2	Водій автомобіля-тягача	-	1
3	Водій автомобіля бортового	-	1
4	Водій мікроавтобуса	-	1
5	Електромонтажник	5	2
6	Монтажник вторинних з'єднань	6	1
7	Різноробочі	-	2
8	Виконроб (ІТП)	-	1
	<u>Разом:</u>		<u>10</u>

Кількість працівників, які знаходяться у відрядженні на протязі терміну будівництва, становить приблизно 100% від загальної кількості працівників.

6.1.3. Порядок виконання основних будівельних(монтажних) робіт

При виконанні основних будівельних (монтажних) робіт необхідно дотримуватися наступної послідовності виконання робіт:

1. Розпланування території, підготовка розбивочної основи.
2. Організація автомобільного під'їзду до об'єкту будівництва.
3. Улаштування тимчасової адміністративно-побутової зони.
4. Встановлення металоконструкцій фотоелектричних панелей на дахах будівель.
5. Монтаж інвертору, щитів захисту та АКБ;
6. Прокладання електрокабелів:
 - між стрінгами фотоелектричних модулів та щитом захисту;
 - між інвертором та щитами захисту;
 - між інвертором та АКБ;

- між щитом захисту та точкою видачі потужності (ГРЩ ТП1).

7. Монтаж фотоелектричних модулів із одночасним їх з'єднанням у стрінги і заземленням.

8. Підключення кабельних зв'язків.

9. Виконання комплексного опробування змонтованого електротехнічного обладнання.

10. Введення в роботу фотоелектричної станції.

Матеріально-технічне забезпечення будівництва повинно здійснюватися згідно з вимогами ДБН А.3.1-5:2016 «Організація будівельного виробництва», а організація транспортування, складування та зберігання матеріалів, конструкцій і обладнання - ДБН Г.1-4-95 «Правила перевезення, складування та зберігання матеріалів, виробів, конструкцій і устаткування в будівництві». Постачання конструкцій для СЕС. приймається від таких заводів:

1. Металеві опорні конструкції під фотоелектричні модулі - м. Київ; відстань перевезення - 60 км;

2. Кабельна продукція та розподільчі щити - м. Київ; відстань перевезення - 60 км;

3. гофротруба металева для протягування кабелів - м. Київ; відстань перевезення - 60 км;

4. фотоелектричні модулі, інвертор - закордонний виробник.

Всі вантажі, призначені для будівництва (крім дрібного обладнання), складуються на відкритих складах і майданчиках, організованих на території об'єкта реконструкції в межах його огорожі.

Вантажно-розвантажувальні роботи на об'єкті реконструкції виконуються такелажним способом.

Тимчасові будинки і споруди під час виконання будівельних(монтажних) робіт:

Передбачається використання існуючих приміщень, наданих Замовником, а саме:

- кімната виконроба і майстрів - (1 шт.);

- кімната обігріву робітників - (1 шт.);

- комора для дрібного інвентаря та інструментів (1 шт.);

- вбиральня (1 шт.);
- душова (1 шт.);
- контейнер для сміття - 2ТР-240 (1 шт.).

Адміністративно-побутова зона об'єкта реконструкції забезпечена усіма необхідними тимчасовими комунікаціями (електроживлення, вода та каналізація).

Електропостачання на час виконання будівельних робіт – від існуючої системи електропостачання будівель.

Водопостачання для побутових та гігієнічних потреб робітників - від існуючої системи водопостачання.

Телефонний зв'язок з підрядною будівельно-монтажною організацією на час виконання підготовчих робіт - мобільний зв'язок.

6.2. Техніко-економічне обґрунтування використання дахової сонячної електростанції на адміністративній будівлі

6.2.1. Визначення терміну окупності для варіанту покриття лише внутрішніх потреб

Загальні витрати складаються з капітальних та поточних витрат.

Капітальними витратами є одноразові вкладення, за допомогою яких підприємство збільшує обсяг основних засобів. Капітальні витрати включають в себе вартість сонячної електростанції, витрати на транспортування обладнання, будівельні роботи, роботи та обладнання по приєднанню до мереж енергосистеми, плату за землю [4]

$$K_{ЗАГ.} = K_{уст.} + K_{пр.} + K_{вст.} + K_{обл.}, \text{ (грн.)} \quad (6.1)$$

де $K_{ЗАГ.}$ – загальні капіталовкладення, грн;

$K_{уст.}$ – вартість сонячної установки, грн;

$K_{пр.}$ – вартість проектних робіт по визначенні місця для встановлення сонячних установок, оформлення необхідної документації, грн;

$K_{вст.}$ – вартість будівельних та монтажних робіт при встановленні сонячних установок, підключенні їх до електричної мережі та підприємства;

$K_{обл.}$ – вартість додаткового обладнання для підключення СЕС.

Така складова формули (6.1), як вартість сонячної установки та її основних елементів (інвертор, лічильник та акумуляторні батареї) розрахована в таблиці 6.1. Ціни на обладнання наведені опосереднені по Україні з сайтів виробників, або ж онлайн-магазинів.

Таблиця 6.3

Розрахунок вартості головних компонентів гібридної СЕС для живлення адміністративної будівлі

Обладнання СЕС	Кількість од.	Ціна за одиницю, грн	Загальна вартість, грн
Сонячна панель (фотоелектричний модуль типу RSM110-8-550M)	100	5 895,00	589 500,00
Гібридний інвертор Dawnice SUN-60K-SG02 HP3-EU-EM6	1	255 250,00	255 250,00
Акумуляторні батареї Dyness Powerbrick 51.2V 280Ah 14.4kWh LiFePo4 (Powerbrick)	1	103 350,00	103 350,00
Лічильник SmartMeter Huawei DTSU666-H	1	8 845,00	8 845,00
<u>Разом, грн:</u>	<u>103</u>	<u>=</u>	<u>956 945,00</u>

Вартість підключення до мереж оператора системи розподілу виставляється за замовлену потужність. Для міста і села кожного року НКРЕКП виставляє нову ставку. Для міста у 2025 році діє ставка – 0,897. До вже існуючої договірної потужності необхідно приєднати ще 3,0 кВт. Тоді за приєднання електроустановки до мереж ПрАТ "Київобленерго" необхідно сплатити:

$$K_{\text{вст.}} = P_{\text{заявлена}} \cdot 0,897 + \text{ПДВ}(20\%), \text{ (грн.)} \quad (6.2)$$

Вартість додаткового обладнання (апарати захисту і комутації, кабелі) розрахована в табл. 6.3. Довжина кабелів указана або у необхідній кількості, або у мінімальній для замовлення.

$$K_{\text{вст.}} = 3\,570 \cdot 0,897 + \text{ПДВ}(20\%) = 3\,842,75 \text{ грн.}$$

Таблиця 6.4

Розрахунок вартості додаткового обладнання для гібридної СЕС

Обладнання	Кількість /довжина од/м	Ціна за 1 од/м, грн	Загальна вартість, грн
Кабелі:	50	29,5	1 475
Н1Z2Z2-К ×4	10	39,65	396,5
АВВГ 4×10	1	20,50	20,50
ПВ 4× 40			
Комутаційні апарати :	1	1 345	1 345
ЕТИМАТ 10 1Р 80А	5	165	825
АВВ 1р 16 SZ201	2	189	378
АВ 1р 10 SZ201			
Шафа захисту АС:	1	-	-
Пластиковий щит	1	-	-
Автоматичний вимикач	1	-	-
Обмежувач перенапруг	1	-	-
Шафа захисту DC:	1	-	-
Пластиковий щит	1	-	-
Автоматичний вимикач	1	-	-
Обмежувач перенапруг	-	-	13 150
Заземлення			
Разом			
<u>Разом, грн:</u>	—	—	<u>17 590</u>

$$K_{\text{ЗАГ.}} = 956\,945 + 73\,500 + 255\,165 + 17\,590 = 1\,303\,200 \text{ грн.}$$

Поточними називають короткочасні витрати у даний звітний період. Річні витрати йдуть на технічне обслуговування, ремонт сонячних установок, амортизаційних відрахувань, заробітну плату обслуговуючому персоналу і визначається за формулою:

Річні експлуатаційні витрати визначаються за наступним аналітичним виразом:

$$V_{\text{РІЧ.}} = V_{\text{ам.}} + V_{\text{зп.}}, \text{ (грн.)} \quad (6.3)$$

де – $V_{\text{ам.}}$ - амортизаційні витрати, грн;

$V_{\text{зп.}}$ – витрати на заробітну плату обслуговуючого персоналу, грн.

Оскільки для обслуговування персонал не потрібен, то поточні витрати складатимуться тільки з амортизаційних витрат. Їх прийнято вважати рівними 1% від вартості всієї установки (окрім фотомодулів до неї входять також акумуляторні батареї та інвертор). Тоді амортизаційні витрати розраховуються за формулою:

$$V_{\text{ам.}} = K_{\text{уст.}} \cdot 1 \% \text{ (грн.)} \quad (6.4)$$

Підставляючи вже знайдене значення в формулу (6.1.3) отримуємо. Це приблизна середня річна сума, яка необхідна для підтримання установки в робочому стані.

$$V_{ам.} = 956\,945,00 \cdot 1 \% = 9\,569,45 \text{ грн}$$

$$V_{зп.} = C_{сер.} \cdot N \cdot n, \text{ (грн.)} \quad (6.5)$$

де $C_{сер.}$ - середня тарифна ставка на 1 робітника в режимі повної зайнятості за 1 людино-день (з врахуванням робіт на висоті), грн.;

N – кількість працівників (осіб), які виконують монтажні роботи та пусконаладжувальні роботи, чел.;

n - кількість робочих днів, протягом яких виконуються монтажні та пусконаладжувальні роботи (5 робочих днів), днів.

$$V_{зп.} = 2\,170 \cdot 3 \cdot 5 = 32\,550,00 \text{ грн.}$$

Отже річні експлуатаційні витрати визначаються за формулою:

$$V_{рiч.} = 9\,569,45 + 32\,550,00 = 42\,199,45 \text{ грн.}$$

Розрахунок відносних зведених річних витрат на кіловат встановленої потужності проводиться за наступною формулою:

$$Z = P_H \cdot K_{ЗАГ.} + V_{рiч.} / P_{вст.} \text{ (грн.)} \quad (6.6)$$

$$Z = 0,033 \cdot 1\,303\,200 + 42\,199,45 / 60 = 43\,005,60 + 703,32 = 43\,708,92 \text{ грн.}$$

де, $K_{ЗАГ.}$ – загальні капіталовкладення, знайдені за формулою (6.1), грн;

$V_{рiч.}$ – річні експлуатаційні витрати, знайдені за формулою (6.3), грн;

$P_{вст.}$ – встановлена потужність об'єкту електропостачання, кВт;

P_H – нормативний коефіцієнт рентабельності що розраховується за допомогою відношення:

$$P_H = 1 / T \quad (6.7)$$

де T – економічний термін служби обладнання, років.

Загальний термін експлуатації вибраних фотомодулів за даними виробника – більше 30 років.

$$P_H = 1 / 30 = 0,033$$

Ефективність роботи показує коефіцієнт використання встановленої потужності,

що визначається за відношенням:

$$K_{\text{ВВП}} = P_{\text{д}} / T \quad (6.8)$$

де $P_{\text{д}}$ – дійсне вироблення електроенергії за даний період часу (за рік), кВт·год;

T – планова електроенергія, яка може бути вироблена, якщо генератори будуть працювати весь час з 100% потужністю, кВт·год.

$$K_{\text{ВВП}} = 51\,552 / 63\,450 = 0,811 \quad (6.9)$$

Гарантія від виробника на сонячні панелі (фотоелектричні модулі) типу RSM110-8-550M становить 12 років. Після 10 років експлуатації фотомодуль втрачає не більше 6% потужності, після 20 років – не більше 15%. Отже кожного року установка втрачає близько 0,6% потужності.

За формулою (2.3.1) було знайдено генерацію СЕС щомісяця. Сума цих значень – виробіток електроенергії за рік. Загальний термін експлуатації – більше 30 років. Отже розрахуємо вироблену кількість електроенергії на найближчі 30 років, віднімаючи кожного року 0,6% від потужності за формулою:

$$P_{\text{д}} = \sum(P_{\text{розр}} \cdot (1 - 0,06 \cdot (n-1))), \text{ (кВт·год)} \quad (6.10)$$

де n – кількість років роботи;

$P_{\text{розр}}$ – розрахована потужність всіх фотомодулів за рік, кВт·год.

$$P_{\text{д}} = \sum(51\,552 \cdot (1 - 0,06 \cdot (30-1))) = 1\,405\,307,5 \text{ кВт·год}$$

Для щоб визначити термін окупності СЕС використаємо наступну формулу:

$$T_{\text{ОК}} = (K_{\text{ЗАГ.}} + V_{\text{РІЧ.}}) / E_{\text{РІЧ.}}, \text{ (років)} \quad (6.11)$$

де $E_{\text{РІЧ.}}$ – річна економія коштів, грн.

$$T_{\text{ОК}} = (1\,303\,200 + 42\,199,45) / 38\,900 = 34,6 \approx 35 \text{ років}$$

Але якщо врахувати постійне підвищення вартості електроенергії, то цей термін окупності складатиме в 2 рази нижче – 18 років.

Економія за рік визначається як добуток тарифу за електроенергію та кількості електроенергії, що довелося б купити без встановлення сонячної електростанції.

Тариф, за якою купується електроенергія для спеціалізованих підприємств складається з декількох основних складових:

1. Вартість електроенергії:

$3000 \text{ грн/МВт}\cdot\text{год} \times 10 \text{ МВт}\cdot\text{год} = 30\,000 \text{ грн};$

2. Тариф на передачу:

$686,23 \text{ грн/МВт}\cdot\text{год} \times 10 \text{ МВт}\cdot\text{год} = 6\,862,3 \text{ грн};$

3. Тариф на розподіл:

$1782,25 \text{ грн/МВт}\cdot\text{год} \times 10 \text{ МВт}\cdot\text{год} = 17\,822,5 \text{ грн}.$

4. Сума без ПДВ:

$30000 \text{ грн} + 6862,3 \text{ грн} + 17822,5 \text{ грн} = 54\,684,8 \text{ грн}.$

5. ПДВ (20%):

$54684,8 \text{ грн} \times 0,20 = 10\,936,96 \text{ грн}.$

6. Загальна сума:

$54684,8 \text{ грн} + 10936,96 \text{ грн} = 65\,621,76 \text{ грн}.$

Кількість не купленої електроенергії приблизно 4034 кВт год за рік.

Термін окупності за формулою 6.10 складатиме 35 років. Але ця цифра є далекою від реальної, оскільки темпи зростання плати за електроенергію збільшуватимуться в рази. Однак встановлення гібридної електростанції на 60 кВт без продажу електроенергії у мережу все-одно є не доцільним, оскільки окупатиметься довше за термін служби установки.

6.3. Заходи з охорони праці, техніка безпеки

Впродовж останніх років використання альтернативних джерел енергії для задоволення господарських потреб стало поширеним в багатьох європейських країнах. Варто відзначити, що на сьогоднішній день в Україні немає спеціального законодавства щодо використання сонячних панелей. Більш того, виробники новітніх екопристроїв самі дали відповідь на поставлене запитання – свої вироби вони пропонують прирівнювати до звичайних побутових електроприладів, що автоматично відкидає необхідність отримання будь-яких дозволів.

Відповідно до статті 11 Закону України «Про альтернативні джерела енергії» експлуатація альтернативних джерел енергії на об'єктах альтернативної енергетики провадиться за умов:

- безпечного проведення робіт, здійснення державного нагляду за режимами споживання енергії;
- енергетичної безпеки, що гарантує технічне та економічне задоволення періодичних, поточних і перспективних потреб споживачів енергії;
- виконання технологічних вимог щодо виробництва, акумулювання, передачі, постачання та споживання енергії;
- дотримання єдиних державних норм, правил і стандартів усіма суб'єктами відносин;
- дотримання правил експлуатації об'єктів альтернативної енергетики, що регламентуються нормативно-правовими актами, обов'язковими для виконання всіма суб'єктами підприємницької діяльності.

Відповідно до статті 12 Закону України «Про альтернативні джерела енергії» протиаварійний захист та забезпечення екологічної безпеки при використанні альтернативних джерел енергії здійснюються шляхом:

- запобігання аварійним ситуаціям і ліквідації їх наслідків на об'єктах альтернативної енергетики за рахунок додержання вимог та правил, встановлених відповідно до державних стандартів;
- створення умов для розвитку, підвищення технічного рівня, безпечної експлуатації та охорони об'єктів альтернативної енергетики згідно із законодавством;
- підтримки необхідного балансу потужності та якості енергії, виробленої з альтернативних джерел, для забезпечення надійного і безаварійного функціонування з об'єднаною енергетичною системою України;
- здійснення нагляду за впровадженням нових систем протиаварійної автоматики та захисту об'єктів альтернативної енергетики, а також засобів зв'язку і диспетчерського (оперативно-технологічного) управління з енергетичними мережами України;
- здійснення нагляду за експлуатацією систем протиаварійної автоматики та захисту об'єктів альтернативної енергетики від несанкціонованого втручання.

Державний нагляд у сфері альтернативних джерел енергії здійснює спеціально уповноважений центральний орган виконавчої влади у відповідній сфері та інші органи у порядку, встановленому Кабінетом Міністрів України.

Щодо сонячних батарей, то для того щоб система з сонячних батарей працювала і подавала енергію у мережу, потрібно встановити ряд додаткових електроприладів, зокрема: інвертор, що перетворює постійний струм у змінний; акумуляторну батарею, яка повинна накопичувати енергію; контролер заряду акумулятора.

Оскільки працездатність системи безумовно залежить від ступеня зарядженості свинцевокислотних батарей, необхідно ознайомитись з «Інструкцією з охорони праці при експлуатації стаціонарних свинцево - кислотних акумуляторних батарей». Оскільки до системи з сонячних панелей входять електроприлади (інвертор, контролер), 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.

Отже, за правила охорони праці при використанні сонячних батарей можемо використати такі нормативно-правові документи: Закон України «Про використання альтернативних джерел енергії», «Інструкція з охорони праці при експлуатації стаціонарних свинцево-кислотних акумуляторних батарей» та основи охорони праці при експлуатації електроустановок.

Розглянемо потенційність виникнення професійних захворювань та виробничого травматизму при обслуговуванні підрядною організацією домашньої сонячної електростанції.

Виробничий травматизм – це наслідок впливу на організм працюючого різних зовнішніх небезпечних виробничих факторів.

Травматизм на СЕС можливий у разі:

- ураження електричним струмом – опіки, електричні удари й інше;
- впливу високої або низької температури (опіки чи обмороження);
- падіння з висоти;
- сполучення декілька з перерахованих факторів;
- та інші.

Виділяють наступні причини виробничого травматизму:

- технічні;
- санітарно-гігієнічні;
- організаційні;
- психофізіологічні.

Невиконання правил безпеки може призвести до нещасних випадків, які поділяють на:

- за кількістю потерпілих – на одиничні (потерпів один працюючий) та груповий (потерпіло два і більше працюючих);
- за тяжкістю – легкі, тяжкі, летальні (смертельний випадок);
- залежно від обставин – пов'язані з виробництвом, не зв'язані з виробництвом, але пов'язані з роботою і нещасний випадок в побуті.

При знаходженні працівників на робочому місці, вони знаходяться під впливом різних негативних факторів. Це можуть бути фактори виробничого походження, чи то психофізіологічний стан працівника. Невиконання правил безпеки може призвести до виробничого травматизму та професійних захворювань.

На початку робочої зміни робоче місце та необхідне обладнання, передбачене для виконання робіт, повинно бути перевірено на предмет відсутності та усунення несправності. В разі виявлення несправності, які працівник не може усунути власними силами, він повинен доповісти про них безпосередньому керівнику.

Оперативно-виробничі працівники повинні ознайомитися з інформацією автоматизованої системи керування СЕС та даними про несправності в роботі устаткування, які були зафіксовані в оперативному журналі попередньою зміною, а саме:

- про несправності в роботі обладнання:
- найменування обладнання;
- кількість годин у неробочому стані;
- дата та час реєстрації виникнення несправності; 4)вжиті заходи;
- дата та час обслуговування чи ремонту;
- причина несправності;
- замінені деталі;
- про аварійні ситуації та вжиті заходи щодо відновлення нормального режиму.

Виробничі працівники, у тому числі ремонтні служби, повинні перед початком робочої зміни отримати наряд-допуск чи розпорядження на проведення робіт з вказанням змісту робіт, місця їх проведення, дати та часу початку та закінчення робіт. Обов'язковим є цільовий інструктаж з правил безпеки під особистий розпис.

Виробничі працівники, що обслуговують електричну частину СЕС, повинні бути забезпечені всіма необхідними засобами захисту для безпечного виконання робіт.

Засоби захисту, прилади, пристрої та інструмент повинні оглядатися і випробуватися згідно з НАОП 1.1.10-1.07-82 «Правила використання та перевірки засобів захисту, що використовуються в електроустановках». Усі роботи на електрообладнанні, в контрольно-розподільчій шафі дозволяється виконувати тільки після зупинення СЕС та вимкнення комутаційних апаратів, що з'єднують установку з електричною мережею.

Перед початком робіт працівник повинен:

- отримати завдання та пройти повний інструктаж;
- ознайомитись з інформацією про особливості об'єкта та познайомитись з правилами монтажу СЕС;
- застосувати захисний одяг;
- перевірити наявність необхідних для виконання робіт інструментів, їх технічний стан, а також наявність попереджувальних знаків;
- перевірити наявність засоби індивідуального захисту, оцінити їх технічний стан:
 - відсутність будь-яких зовнішніх пошкоджень, будь-то тріщини, проколи, розриви;
 - дата наступних випробувань по штампі;
 - міцність деталей, їх з'єднання, для подальшої надійної установки.

Експлуатація СЕС проводиться оперативно-виробничими працівниками згідно з документами щодо експлуатації, наданих виробником СЕС, доповненими вимогами, що стосуються конкретних умов на площадці.

Під час виконання робіт на механічній та (або) електричній частині СЕС слід забезпечити цілісність захисного заземлення.

Для визначення технічного етапу заземлюючих пристроїв проводяться:

- зовнішній огляд їх видимої частини;
- огляд з перевіркою цілісності кіл електричної схеми між заземленням і елементами, які заземлюються.

Вимоги безпеки перед початком обслуговування СЕС.

Швидкість руху транспорту біля місць виконання робіт не повинна перевищувати 5 км/год. Майданчики для здійснення вантажно-розвантажувальних робіт повинні бути спланованими з ухилом не більше 5%.

До верхолазних робіт можуть допускатися особи, яким виповнилося 18 років, навчені безпечним методам роботи і мають посвідчення з перевірки знань з техніки безпеки і охорони праці.

Усі особи, котрі перебувають на будівельному майданчику повинні бути забезпечені захисними касками згідно з ДСТУ EN 397:2017 .

Вся будівельна техніка, пристрої, інструменти, що застосовуються на будівниці, повинні відповідати вимогам Наказ МінСоцПолітики №62 від 19.01.2018, а також технічних умов на них.

При транспортуванні будівельних вантажів і будівельної техніки потрібно дотримуватись Пост. КМУ №1306 від 10.10.01 і НПАОП 0.00-1.62-12.

Адміністративно-побутова і складська зона, а також майданчики, де проводяться БМР, на весь період будівництва повинні бути забезпечені первинними засобами пожежогасіння (необхідно обладнати спеціальні місця для протипожежного інвентарю, бочок з водою, ящиків з піском а також місць для куріння) згідно з типовими правилами пожежної безпеки. Засоби пожежогасіння повинні відповідати вимогам ДСТУ 2272:2006 «Пожежна безпека. Терміни та визначення основних понять».

ВИСНОВКИ

Підвищення ефективності роботи фотоелектричної станції можливе завдяки впровадженню різних технічних рішень, які включають оптимізацію розміщення панелей, використання високоефективних матеріалів, впровадження охолоджувальних систем, застосування передової електроніки та інверторів, а також постійний моніторинг і обслуговування. Кожне з цих рішень сприяє максимальному використанню потенціалу сонячної енергії та підвищенню загальної ефективності ФЕС. Підвищення ефективності роботи фотоелектричної станції вимагає комплексного підходу, що включає впровадження передових технічних рішень, економічних стимулів, екологічних ініціатив та освітніх програм. Інтеграція інноваційних технологій, таких як штучний інтелект і інтернет речей, а також підтримка з боку держави, дозволить максимально використовувати потенціал сонячної енергії та сприятиме сталому розвитку відновлюваної енергетики. Наведені відповідні техніко-економічні розрахунки та детально описані заходи з охорони праці. Термін окупності СЕС складатиме 35 років. Але ця цифра є далекою від реальної, оскільки темпи зростання плати за електроенергію збільшуватимуться в рази. Також не можна переоцінити ефективність прийнятих рішень з електропостачання адміністративної будівлі з сонячною електростанцією, а також здобуту енергозалежність об'єкту проектування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Рожко А.О. Перспективи використання відновлювальних джерел енергії в Україні//Энергосбережение. – 2007. – с. 252.
2. Закон України „Про альтернативні джерела енергії” від 20.02.2003р., № 555-IV.
3. Закон України "Про електроенергетику" щодо стимулювання виробництва електроенергії з альтернативних джерел енергії від 20.11.2012р. № 5485-VI.
4. Закон України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України з питань оподаткування щодо стимулювання використання альтернативних джерел енергії та видів палива» від 16.03.2007 р., № 760-V.
4. Закон України „Про електроенергетику” від 16.10.1997 р., № 575/97-ВР.
5. Закону України „Про податок на додану вартість” від 03.04.1997 р., № 168/97-ВР.
6. Паливно-енергетичні ресурси. Перспективи України//Новини та пріоритети енергетики. – 2005, №1.
7. Постанова Кабінету Міністрів України Державна цільова науково- технічна програма „Створення хіміко-металургійної галузі виробництва чистого кремнію протягом 2009-2012 років” від 28.10.2009 р. № 1173.
8. Адаменко О.М. Альтернативні палива та інші нетрадиційні джерела енергії. Монографія.– Івано-Франківськ:ІМЕ, 2001. – 432с.
9. Нікіторович О.В. Аналіз стану та перспектив розвитку малої гідроенергетики України//Міжнародна науково-практична конференція “1-й Всеукраїнський з’їзд екологів”. – Вінниця: ВНТУ, 2006.
10. Ратушняк Г.С., В.В Джеджула. Енергозбереження в сільськогосподарській біоконверсії. Навч. посіб.– Вінниця. – ВНТУ, 2006. – 83с.
11. Гелетуха Г.Г., Залізна Т.А. Аналіз основних положень “Енергетичної стратегії України на період до 2030 року” // Промислова теплотехніка. - 2006, №5. - С. 82-92.Аршеневский

12. Бернштейн Л.Б. та ін Приливні електростанції. - М.: Вища школа, 1987. Вітроенергетика світу /Зелена енергетика. – 2006. – № 2 (22). – С.19.
13. Дослідження тенденцій розвитку вітроенергетики в Європі і в Україні С.Кудря, Б.Тучинський, В.Дресвянніков, З.Рамазанова /Вітроенергетика України. – 2004. – № 1–2. – С.4–7.
14. Кудря С., Тучинський Б. «Бізнесопридатність» вітроенергетики України /Докл. II Міжнар. конф. «Нетрадиційна енергетика у XXI столітті». - Ялта, 2001. - С.89-91.
15. Ландау Ю.А. та ін Гідроенергетика та навколишнє середовище. - Київ: Лібра, 2004.
16. Мак-Кормік М. Перетворення енергії хвиль. - М.: Вища школа, 1985.
17. Мхітарян Н.М. Енергетика нетрадиційних та відновлюваних джерел. - К.: Наук. думка, 1999. - 314 с. Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії. Підсумки науки та техніки. - М, 1987.
18. Нетрадиційні поновлювані джерела енергії: стан та перспективи І.П. Крайнов, П.М. Семенченко, І.О. Боровий та ін - Маріуполь: Рената, 1998.
19. Нетрадиційні та поновлювальні джерела енергії /О.І. Соловей, Ю.Г. Лега, В.П. Розен та ін. За заг. ред. О.І. Солов'я. – Черкаси: Вид. ЧДТУ, 2007.
20. Сібікін Ю.Д., Сібікін М.Ю. Нетрадиційні поновлювані джерела енергії: Навчальне видання. - М., 2008. - 228 с.
21. Шполянський Ю. Про море! Висвітли та обігрів! Які перспективи приливні електростанції? /Світова енергетика. - 2009. - № 3.
22. Енергетика XXI століття: Умови розвитку, технології, прогнози Л.С. Беляєв, А.В. Лагерєв, В.В. Посекалін та ін - Новосибірськ: Наука, 2004.
23. Енергоефективність та відновлювані джерела енергії Під заг. ред. А.К. Шидловського. – К.: «Українські енциклопедичні знання», 2007. – 559 с.

ДОДАТКИ

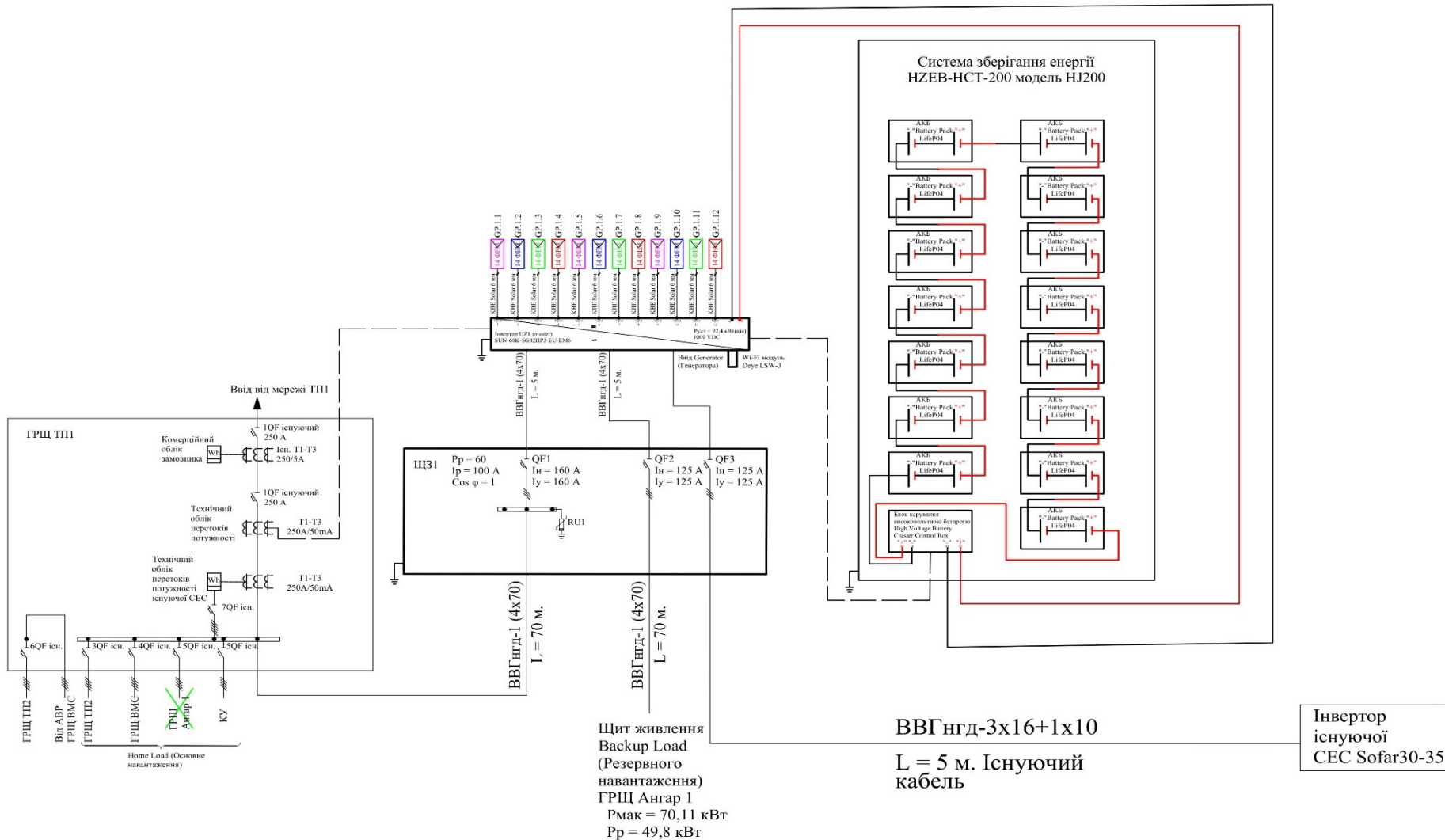
Перв. застос.

Справ. №

Взам. інв. №

Підпис і дата

Інв. № ориг.

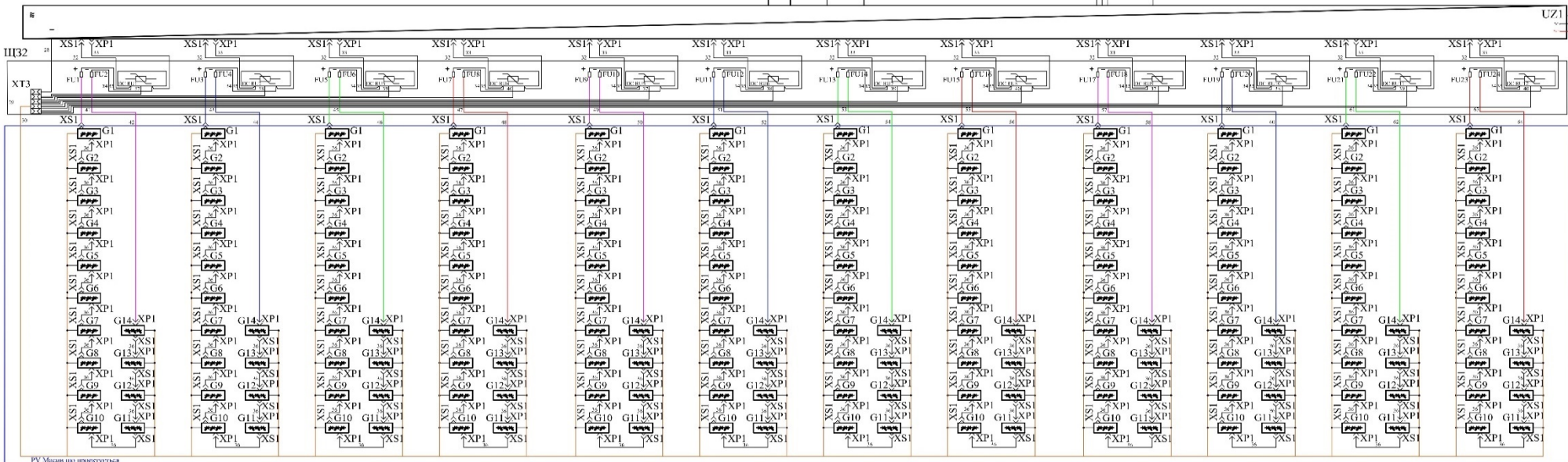
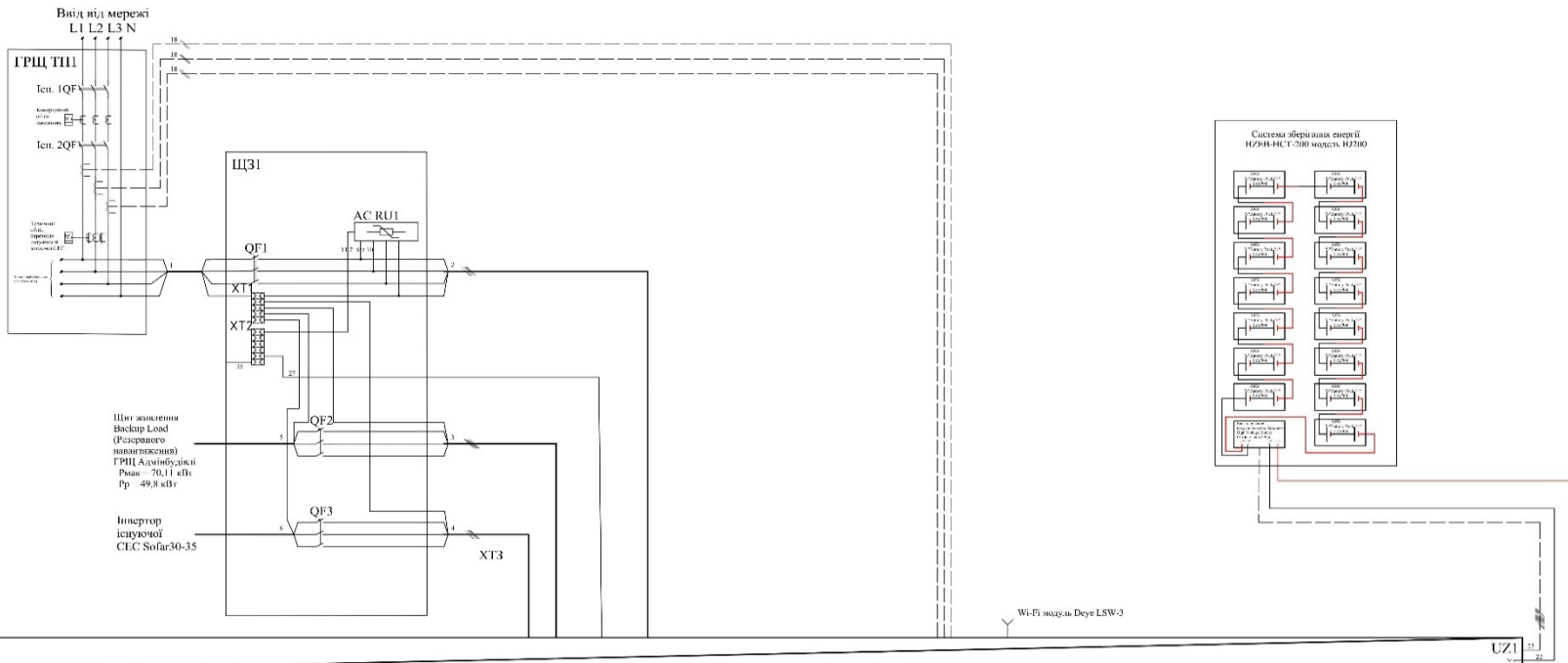


Наказ НУБіП України 2061 "С" 18.11.2024р.						
Дахова фотоелектрична сонячна електростанція за адресою: Київська область, с. Новосілки, вул. Дачна, 12-Б планово інверторною потужністю 60 кВт						
Зм.	Кіл.	Арк.	Людок	Підпис	Дата	
Розробив		Володимир В. А.			12.2025р.	
Перевірив		Петренко А. В.			12.2025р.	
Т.контр.						
ГП						
Н.контр		Чуєнко Р.М.			12.2025р.	
Затвердив		Антипов С.О.			12.2025р.	
Енергоефективні рішення електропостачання адміністративної будівлі з сонячною електростанцією				Стадія	Аркуш	Аркушів
Принципова однолінійна схема СЕС				РП	1	9
				НУБіП України		

171780-03-2024-РЗН-РЗН-15127

Таблиця 1 Послідовні ланцюжки ФЕМ (стріпти)

Послідовні ланцюжки			
Стріп			
№	Позначення	Кількість послідовно встановлених ланцюжків G у ланцюжку (N), шт	Позначення
1	GP.1.1	14	G1..G14
2	GP.1.2	14	G1..G14
3	GP.1.3	14	G1..G14
4	GP.1.4	14	G1..G14
5	GP.1.5	14	G1..G14
6	GP.1.6	14	G1..G14
7	GP.1.7	14	G1..G14
8	GP.1.8	14	G1..G14
9	GP.1.9	14	G1..G14
10	GP.1.10	14	G1..G14
11	GP.1.11	14	G1..G14
12	GP.1.12	14	G1..G14



РВ Мабин не проектується

- Проводи заземлення підключати згідно арк.5.
- Кріплення модулів здійснювати згідно рішень системи кріплення.
- Всі кінці кабелів обмоти зашнуровувати, на неконтактну поверхню ізоляційними обмотками трубки згідно кольорів маркування фаз.
- Кінці К-1, К-2, К-3, К-4, К-5, К-6 обмоти ізоляційними. На неконтактну поверхню ізоляційними обмотками трубки термоусаджувальною згідно кольорів маркування фаз.
- Присадити К-1 у існуючий РЩ ТП1 здійснювати до кілець існуючого автомату за допомогою наявних шайб, гайок, болтів.
- Присадити К-2, К-3, К-4, К-5, К-6 здійснювати згідно схеми арк.2 за допомогою наявних шайб, гайок, болтів.

Нижня ПУБП України 2061 "С" 18.11.2024р.					
№	Кл.	Арх.	Взам.	Підпис	Дата
Розробник	Л.С.С.				12.2024
Перевірник	Л.С.С.				12.2024
Т.одинр.					
ГНП					
Намалюв.	Михайло Р.М.				12.2024
Відправив	Літвин С.О.				12.2024

Детальний розрахунок струму в електричних мережах виконаний згідно з вимогами ПУБП України 2061 "С" 18.11.2024р.

Сторінка	Архив	Архивна
РП	2	9

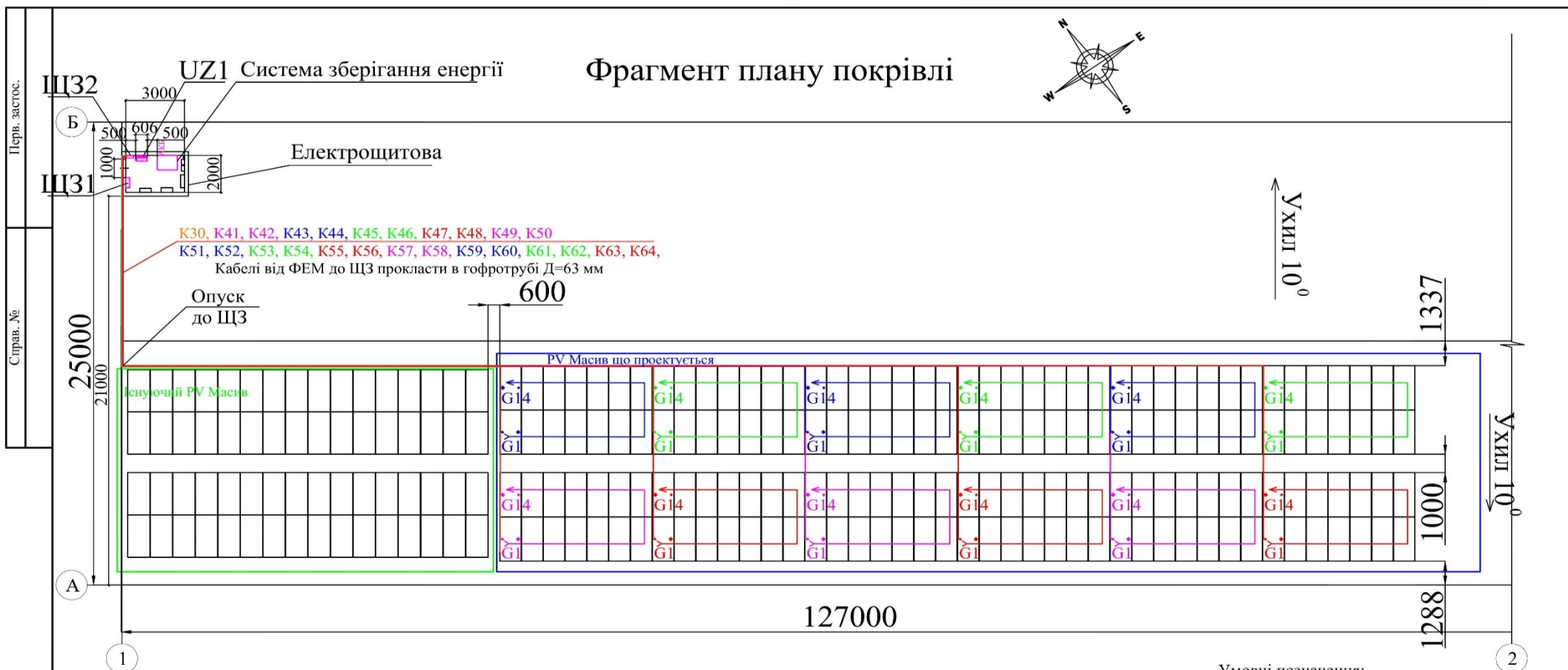
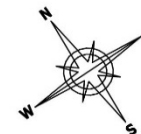
Схема електрична тринітова СЛС

ПУБП України

Копія Формат А1

Ім'я: [] Прізвище: [] Підпис: []

Фрагмент плану покрівлі



Умовні позначення:

- Роз'єм XS1
- Роз'єм XP1
- фотоелектричний модуль G1
- Послідовне з'єднання фотоелектричних модулів

1. Збирання виконати відповідно до схеми електричної принципової.
2. Кабель відрізати по місцю.
3. Кінці кабелю КВЕ Solar 6 мм обжати роз'ємами XS1 та XP1 відповідно до схеми електричної принципової.
4. Прокладання кабелю в джугтах здійснювати із кріпленням до опорних трикутників та вільних отворів рами фотоелектричних модулів за допомогою хомутів нейлонових.
5. Розміщення обладнання виконати по місцю з дотриманням відстаней між інверторами та перешкодами

Зм.	Кіл.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата
Розробив		Воловський В.А.			12.2025р.
Перевірив		Петренко А.В.			12.2025р.
Т.контр.					
ГПП					
Н.контр		Чусько Р.М.			12.2025р.
Затвердив		Антіпов С.О.			12.2025р.

Наказ НУБіП України 2061 "С" 18.11.2024р.

Дахова фотоелектрична сонячна електростанція за адресою:
Київська область, с. Новосілки, вул. Дачна, 12-Б плановою інверторною потужністю 60 кВт

Енергоефективні рішення електропостачання адміністративної будівлі з сонячною електростанцією	Стадія	Аркуш	Аркушів
	РП	3	9

Схема розміщення ФЕМ. Схема прокладання кабелів від ФЕМ до ЩЗ.

НУБіП України

Копіював

Формат А3

Перв. застос.

Справ. №

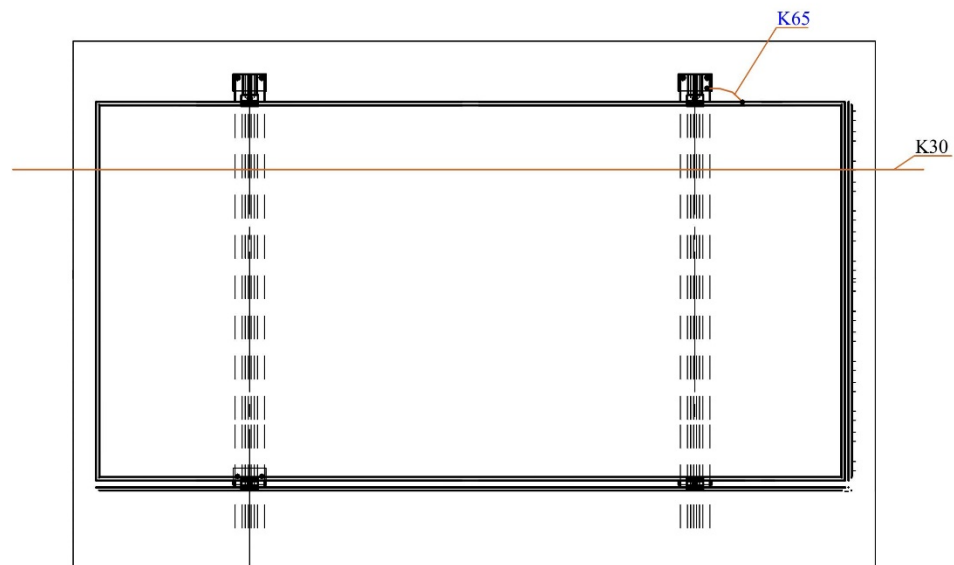
Взам. інв. №

Підпис і дата

Інв. № ориг.

Перв. застос.

Справ. №



1. Збирання виконати відповідно до схеми електричної принципової.
2. Кабель відрізати по місцю.
3. Кабелі К-30 кріпити згідно рисунку 1 до кожного опорного елемента на трасі прокладання відповідного кабелю. Місце свердління отвору у опорному елементі вибирати в межах доступності для контролю опору заземлення.
4. Раму кожного фотоелектричного модуля G1 з'єднувати згідно рис.2 з одним опорним елементом за допомогою К65 (з обжати на обох кінцях кабельними накінецьниками).
5. Усі металеві конструкції мають бути заземлені.
6. Заземлення виконати згідно діючих норм.
7. Можливість використання існуючих заземлювачів вирішити по місцю.

Рисунок 1
Кріплення заземлюючого кабелю



Рисунок 2
Кріплення заземлення ФЕМ



Взам. інв. №

Підпис і дата

в. № ориг.

Зм.	Кіл.	Арк.	Листок	Підпис	Дата	Наказ НУБіП України 2061 "С" 18.11.2024р.			
Розробив		Волоsovський В.А.			12.2025р.	Дахова фотоелектрична сонячна електростанція за адресою: Київська область, с. Новосілки, вул. Дачна, 12-Б плановою інверторною потужністю 60 кВт			
Перевірив		Петренко А.В.			12.2025р.	Енергоєфективні рішення електропостачання адміністративної будівлі з сонячною електростанцією	Стадія	Аркуш	Аркушів
Т.контр.						РП	4	9	
ГП						Заземлення фотоелектричного	НУБіП України		
Н.контр		Чуєнко Р.М.			12.2025р.				

**Розрахунок кабелів з пластмасовою ізоляцією з урахуванням
термічної стійкості і неповнофазного режиму роботи**

Пояснення до таблиці:

І доп. табл. - приймається по таблиці 1-3-7 ПУЭ. 1,15 - припустиме перевантаження в аварійному режимі/ПТЭ п.5.8.4/. 0,96 - поправочний коефіцієнт та температуру ґрунту. Кт - по таблиці 1-3.28 ПУЭ при відстані між кабелями 200мм. І к.з. - струм трифазного к.з. на початку кабельної лінії при трансформаторі 250 кВА - 8450 А; 320 кВА - 8860 А; 400 кВА - 13730 А; 560 кВА - 15690 А; 630 кВА - 17430 А; 1000 кВА - 27800 А. t - температура жили кабелю до к.з. визначається:

t = 80 (І норм.реж. / І доп.)2.

К - коефіцієнт по таблиці рішення Э-1/77. Смін. - найменший припустимий перетин жили по термічній стійкості, мм2. √tф - час спрацювання захисту/запобіжника/. п - кількість кабелів (шт), нулі котрих працюють паралельно

№ п/п	Траса КЛ-0,4 кВ		Навантаж. кВт		cos φ	Розр. струм, А		І доп. табл. А	К1, К3	І розр. А	Струм уст. А	Довжина м	І к.з., А	Момент кВт*м		ΔU% Норм. реж.	І к.з., А	І н.р. І доп.	t до к.з.	К	√tф	S мін. мм ²	п	Марка	Перетин	Спосіб прокладання КЛ-0,4 кВ	
	Початок від	Кінець до				Норм. реж.	Ав. реж.							Норм. реж.	Ав. реж.												Норм. реж.
			Норм. реж.	Ав. реж.																							
1	ГРЩ ТП1	ЩЗ1	60,00	60,00	0,97	100,0	100,0	175,0	0,95	167	160	70,0	4029,304	4200	4200	0,7	8450	0,327	41	70	0,12	16	1	ВВГнгд-	4x70	повітря	
2	ЩЗ1	Інвертор UZ1	60,00	60,00	0,97	100,0	100,0	175,0	0,95	167	160	5,0	13017,75	300	300	0,1	8450	0,327	41	70	0,12	16	1	ВВГнгд-	4x70	повітря	
3	Інвертор UZ1	ЩЗ1 Backup Load	60,00	60,00	0,97	100,0	100,0	175,0	0,95	167	125	5,0	13017,75	300	300	0,1	8450	0,327	41	70	0,12	16	1	ВВГнгд-	4x70	повітря	
4	Інвертор UZ1	ЩЗ1 Generator	60,00	60,00	0,97	100,0	100,0	175,0	0,95	167	125	5,0	13017,75	300	300	0,1	8450	0,327	41	70	0,12	16	1	ВВГнгд-	4x70	повітря	
5	ЩЗ1 Backup Load	ГРЩ Адмінбудівля	60,00	60,00	0,97	100,0	100,0	175,0	0,95	167	125	10,0	11111,11	600	600	0,1	8450	0,327	41	70	0,12	16	1	ВВГнгд-	4x70	повітря	
6	ЩЗ1 Generator	СЕС Sofar30-35	30,00	30,00	0,97	50,0	50,0	70,0	0,95	66,7	63	6,0	12585,81	180	180	0,1	8450	0,510	56	70	0,12	16	1	ВВГнгд-	3x16+1x10	повітря	

Перв. застос.

Справ. №

Взам. інв. №

Підпис і дата

Інв. № ориг.

Наказ НУБіП України 2061 "С" 18.11.2024р.						
Дахова фотоелектрична сонячна електростанція за адресою: Київська область, с. Новосілки, вул. Дачна, 12-Б плановою інверторною потужністю 60 кВт						
Зм.	Кіл.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата	
Розробив		Волосовський В.А.			12.2025р.	
Перевірив		Петренко А.В.			12.2025р.	
Т.контр.						
ГП						
Н.контр		Чусько Р.М.			12.2025р.	
Затвердив		Литинов Є.О.			12.2025р.	
Енергоефективні рішення електропостачання адміністративної будівлі з сонячною електростанцією				Стадія	Аркуш	Аркушів
				РП	5	9
Розрахунок перетину АС КЛ-0,4 кВ				НУБіП України		

Копіював

Формат А3

Перв. застос.

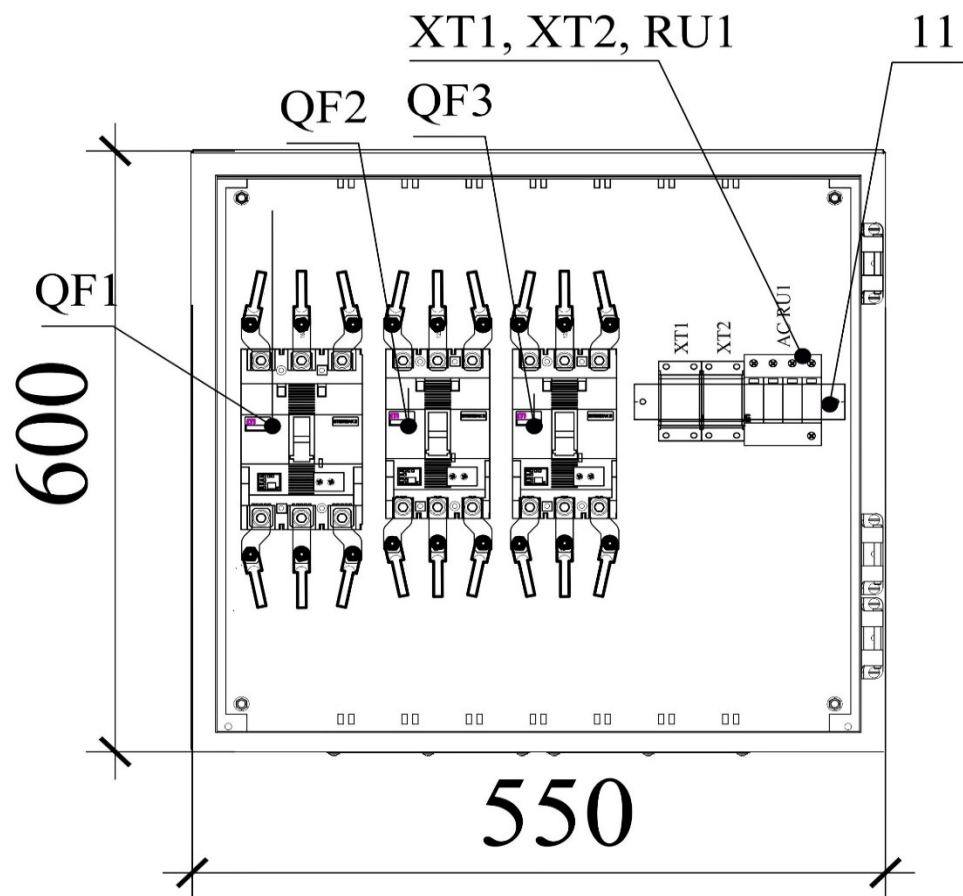
Справ. №

Взам. інв. №

Підпис і дата

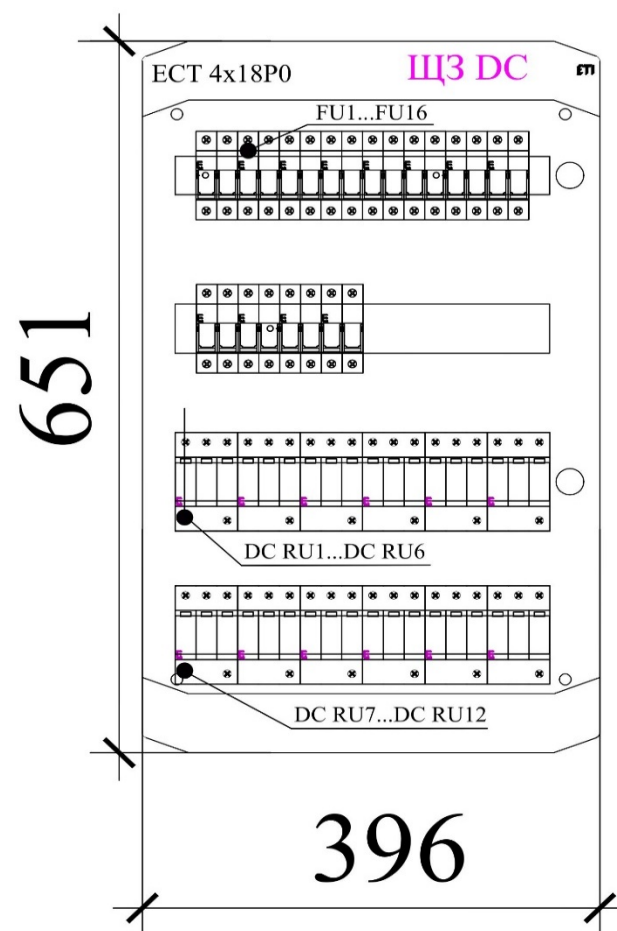
Інв. № ориг.

Креслення 1 Компонування ЩЗ1



1. Всі розміри для довідок
2. Лицьові захисні панелі умовно не показані. Монтаж здійснити відповідно до паспорту щита.
3. Збирання виконати відповідно до схеми електричної принципової.
4. Кріплення ЩЗ виконати по місцю до стіни.
5. Кріплення рейок поз. 11 до фальш-панелі здійснити шурупами поз.45

Креслення 2 Компонування ЩЗ2

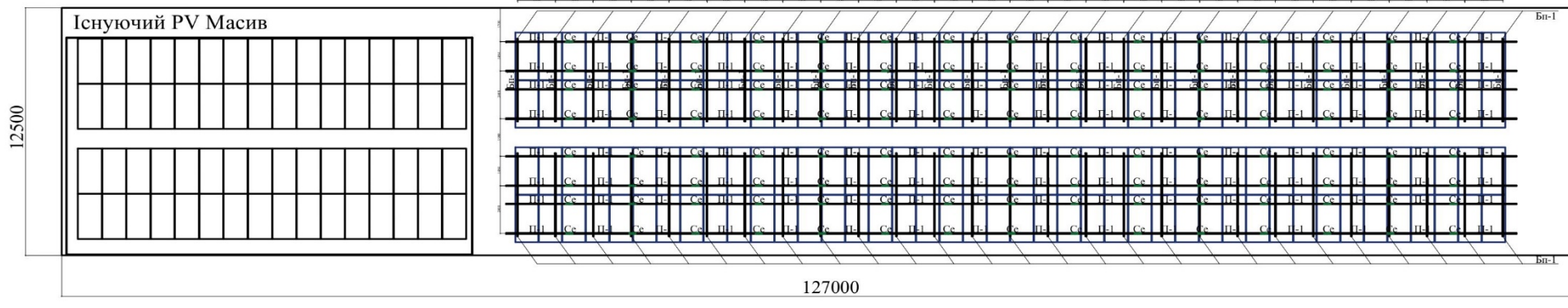


Зм.	Кіл.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата	Наказ НУБіП України 2061 "С" 18.11.2024р.		
Розробив		Волосевський В.А.			12.2025р	Дахова фотоелектрична сонячна електростанція за адресою: Київська область, с. Новосілки, вул. Дачна, 12-Б плановою інверторною потужністю 60 кВт		
Перевірив		Петренко А.В.			12.2025р	Енергоєфективні рішення електропостачання адміністративної будівлі з сонячною електростанцією		
Т.контр.						Стадія	Аркуш	Аркушів
ГП						РП	7	9
Н.контр		Чусько Р.М.			12.2025р	Компонування ЩЗ		НУБіП України
Затвердив		Антипов С.О.			12.2025р			

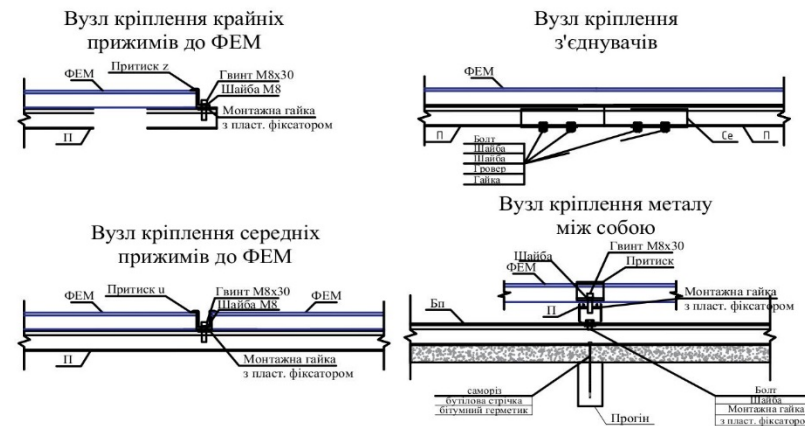
Копіював

Формат А3

168 ФЕМ (550 Вт) = 92,4 кВт



Позначення	Назва	Кіл.	Примітки
Складальні одиниці			
	U-притиск Н=28мм L=50мм з гвМ8x30 6р	20	
	Z-притиск Н=35мм L=50мм з гвМ8x30 6р	340	
Деталі			
	Болт метр., шест. головка DIN 933 (ЦБ) М8x30	710	
	Шайба плоска DIN 125 (ЦБ) М8	1200	
	Гайка монтаж. з пласт. фіксатор (ЦБ) М8	580	
	Шайба пружинна DIN 7980 (ЦБ) М8	490	
	Гайка DIN 934 (ЦБ) М8	490	
	Гвинт самонарізний з шест.голов. (ЦБ) 5.5x75	230	
	Бігуний герметик	8	
	Бутова лага (25 м.л.)	1	
	Гвинт вигл. М8x30 DIN 912 А2	360	
	Шайба М8 DIN 125 А2	360	
Металоконструкції			
БП-1	C solar 41x41x1,5 L=4200 мм	54	
П-1	C solar 41x41x1,5 L=3000 мм	128	
Се	U 41x35x1,5 L=300 мм	120	



Взам. інв. №
Підпис і дата
Інв. № ориг.

Зм.	Кіл.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата
Розробив				Волосовський В.А.	12.2025р.
Перевірів				Петренко А.В.	12.2025р.
Т.контр.					
ГП					
Н.контр				Чуєнко Р.М.	12.2025р.
Затвердив				Антипов С.О.	12.2025р.

Наказ НУБіП України 2061 "С" 18.11.2024р.

Дахова фотоелектрична сонячна електростанція за адресою:
Київська область, с. Новосілки, вул. Дачна, 12-Б плановою інверторною потужністю 60 кВт

Енергоефективні рішення електропостачання адміністративної будівлі з сонячною електростанцією	Стадія	Аркуш	Аркушів
	РП	8	9

Конструкції металеві для кріплення ФЕМ.
Схема монтажу прогонів.

НУБіП України

