

Хмельницький національний університет
Факультет інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

Розробка проекту наземної сонячної електростанції потужністю 800 кВт

Назва теми

Галузь знань 14 «Електрична інженерія»

Шифр, назва

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Шифр, назва

Освітня програма «Електропобутова техніка»

Шифр МРМА 23.00.00.000 ПЗ

Виконав студент 2 курсу
група ЕТм-22-1



Підпис

Томашук В.В.
Ініціали, прізвище

Керівник



Підпис, дата

доц. Шпак О.Л.
Ініціали, прізвище

Нормоконтролер



Підпис, дата

Поліщук О.С.
Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:

Зав. кафедри МАЕЕС

Підпис, дата

проф. Поліщук О.С.
Ініціали, прізвище

24 12 2023 р.

Хмельницький 2023

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії, транспорту і архітектури
Кафедра машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем
Освітній рівень магістр
Галузь знань 14 «Електрична інженерія»
Шифр і назва
Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
Шифр і назва
Освітня програма «Електропобутова техніка»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри МАЕЕС
д.т.н., проф. Поліщук О.С.
« _____ » _____ 2023р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА

Томащук Валентин Вікторович

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема роботи: **Розробка проекту наземної сонячної електростанції потужністю 800кВт.**

керівник роботи к.т.н., доц. Шпак О.Л.
Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання

Затверджено наказом ректора університету від 15 08 2023 р. № 30

2. Строк подання студентом роботи на кафедру _____
3. Вихідні дані до роботи **Розробка проекту наземної сонячної електростанції потужністю 800кВт.**

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

Вступ. 1. Обґрунтування розробки проекту наземної сонячної електростанції, потужність 800кВт. 2. Технічні рішення по будівництву наземної сонячної електростанції потужністю 800кВт. 3. Розрахунки, що підтверджують працездатність. 4. Висновки. Перелік джерел посилання.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень):

Аркуш 1. Генеральний план (А1). Аркуш 2. План розташування столів ФЕМ (А1). Аркуш 3. Схема комутації ФЕМ(А1). Аркуш 4. Схема прокладки кабельних ліній (А1). Аркуш 5. Однолінійна схема DC/AC ФЕС(А1). Аркуш 6. Схеми монтажні столів ФЕМ, інверторів і кабелів. (А1). Аркуш 7. Схема влаштування контурів заземлення КТП – 10/0,4кВ (А1).

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

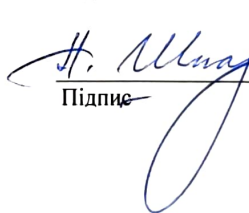
Назва етапів (розділів) кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1. Огляд та аналіз існуючих технічних та технологічних рішень з тематики магістерської роботи	до 30.10.23р.	
2. Обґрунтування розробки проекту наземної сонячної електростанції, потужність 800кВт.	до 10.11.23р.	
3. <u>Технічні рішення по будівництву наземної сонячної електростанції потужністю 800кВт</u>	до 20.11.23р.	
4. Оформлення пояснювальної записки і графічного матеріалу	до 12.12.23р.	

Студент


Підпис

В.В. Томащук
Ініціали, прізвище

Керівник роботи


Підпис

О.Л. Шпак
Ініціали, прізвище

АНОТАЦІЯ

до магістерської роботи студента
спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка».

1. Прізвище, ім'я та по батькові

Томашук Валентин Вікторович

2. Тема магістерської роботи Розробка проекту наземної сонячної електростанції
потужністю 800кВт

3. Прізвище, ініціали, вчена ступінь та звання опонента Ковзун В.В.
д-р. техн. наук, проф., Інж. МЗ

4. Об'єм магістерської роботи: креслень 7 арк., сторінок записки 73

5. Розробка проекту наземної сонячної електростанції потужністю 800 кВт, врахо-
вує світові тенденції розвитку сонячної енергетики, включаючи її роль у зменшенні ви-
кидів парникових газів і боротьбі з кліматичними змінами. Розглянуто динаміку росту
виробництва сонячної енергії в різних країнах і визначено перспективи для України.

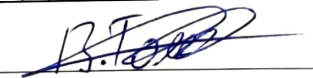
Всі технологічні рішення у проекті були спрямовані на мінімізацію втрат на-
пруги та потужності в системах постійного та змінного струму ФЕС. Це включало в се-
бе використання передових методів та обладнання для оптимізації роботи станції, вра-
ховуючи характеристики сонячної енергії в даному регіоні.

Станція була обладнана рядом систем, включаючи систему автоматичного ста-
білізатора частоти і енергопостачання (АСКОЕ), а також систему управління і моніто-
рингу. Були вжиті заходи безпечної експлуатації, такі як заземлення та блискавкоза-
хист, щоб забезпечити електро- та пожежну безпеку станції.

Для аналізу та прогнозування генерації електроенергії ФЕС використовувалася
програма PV SYST.V6.49. Ця програма дозволила детально вивчити ефективність ста-
нції, враховуючи різні показники, такі як сонячна інсоляція, кут нахилу сонячних панел-
ей, інші метеорологічні умови та характеристики обладнання. Такий підхід дозволив
точно прогнозувати виробіток електроенергії та забезпечити ефективну роботу ФЕС.

В магістерській роботі здійснюється розробка проекту сонячної електростанції
потужністю 800кВт, що є актуальними сучасному світі і стабільно спостерігається
стрімкий ріст попиту на електроенергію, що має глобальне значення. В розрахунково-
пояснювальній записці наведено всі необхідні розробки, а також розділи, що відпові-
дають встановленим вимогам. В першому розділі проведено аналіз ґрунту та географі-
чного розташування кліматичних та природних умов місця будівництва Фотоелектри-
чної Сонячної Станції (ФЕС). В другому Вибрано оптимальну принципову електричну
схему Фотоелектричної Сонячної Станції (ФЕС), В третьому розділі розрахунки, що
підтверджують працездатність.

Підпис студента



" 23 " 12 " 2023 р.

РІШЕННЯ ЕК:

Протокол № 4 від "30" "12" 2023 р.

Оцінка проекту ЕК

Рекомендації ЕК

Відмічено 5,0/А

Особливі відмітки _____

Технічний секретар _____



" 30 " 12 2023 р.

ЗМІСТ

	с.
Вступ	5
1 Обґрунтування розробки проекту наземної сонячної електростанції, потужністю 800 кВт	11
1.1 Характеристика об'єкта та його склад	11
1.2 Дані інженерних досліджень	22
1.3 Основні рішення та показники по генеральному плану, інженерних мережах і комунікаціях	22
Висновки до розділу	29
2 Технічні рішення по будівництву наземної сонячної електростанції, потужністю 800 кВт	31
2.1 Електрична принципова схема	31
2.2 Фотоелектричні модулі, інвертори постійного струму, комплектна трансформаторна підстанція	39
2.3 Розрахунок електричних навантажень власних потреб	40
Висновки до розділу	45
3 Розрахунки, що підтверджують працездатність	47
3.1 Розрахунок заземлюючого контуру	47
3.2 Схема організації передачі даних системи моніторингу	49
3.3 Системи відео-нагляду, реєстрації та охоронної сигналізації	51
3.4 АСКОЕ	53
Висновки до розділу	66
Загальні висновки	68
Перелік джерел посилань	70
Додатки	73

					МРМА 23.00.00.000 ПЗ		
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата	Розробка проекту сонячної електростанції потужністю 800 кВт		
Виконав	Томашук В.В.						
Перевір.	Шпак О.Л.			12.12.2018	М	4	73
Н.контр.					ХНУ гр. ЕТМ-22-1		
Затвер.	Поліщук О.С.						

ВИКОРИСТОВУВАНІ СКОРОЧЕННЯ ТА ПОЗНАЧКИ

НОСТ – Normal Operating Cell Temperature (нормалізована робоча температура ФЕМ);

MPPT – Maximum Power Point Tracker (система, що визначає та задає робочу точку максимальної потужності на вольт амперній характеристиці ФЕМ).

АСКОЕ – Автоматизована система комерційного обліку електроенергії;

ГКД – галузеві керівні документи;

ГДР – границі допустимих рівнів;

ДБН – державні будівельні норми України;

ККД – коефіцієнт корисної дії;

КТП – комплектна трансформаторна підстанція;

НФЕС – наземна фотоелектрична станція;

ОВНС – оцінка впливів на навколишнє середовище;

ПБЕЕС – правилами безпечної експлуатації електроустановок споживачів;

ПВХ – полівінілхлорид;

ПТЕЕС – правила технічної експлуатації електроустановок споживачів;

ПУЕ – правила улаштування електроустановок;

РП – розподільчий пристрій.

СНиП – строительные нормы и правила;

ТОВ – товариство з обмеженою відповідальністю;

ТП – трансформаторна підстанція;

ФЕГ – фотоелектричний генератор;

ФЕМ – фотоелектричний модуль;

ФЕС – фотоелектрична станція;

ПТЕ – правила технічної експлуатації.

ПКЕЕ – правила користування електричною енергією

					МРМА 23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

У сучасному світі стабільно спостерігається стрімкий ріст попиту на електроенергію, що має глобальне значення. За даними статистики, з 1990 по 2020 рік споживання електроенергії зросло на вражаючі 300%, і ця тенденція не видається тимчасовою. Саме тому на сьогоднішній день системи енергопостачання мають бути готові забезпечувати стабільне та безперебійне постачання електроенергії цілодобово.

Протягом тривалого часу теплові електростанції, що працюють на вугіллі і природному газі, вважалися основними джерелами ефективного та недорогого виробництва електроенергії. Проте цей підхід супроводжується значними викидами CO₂ та інших забруднюючих речовин. У сучасному світі суспільство та уряди активно вживають заходів для зменшення негативного впливу традиційних джерел енергії на довкілля.

Нині не варто глибоко вдаватися в деталі щодо наслідків використання старих джерел енергії, оскільки свідомість щодо кліматичних змін росте, і це призводить до зниження будівництва нових вугільних та газових електростанцій. Наприклад, у 2017 році зріст виробництва вугільної енергії становив лише 23% порівняно з 2010 роком. Ключовим кроком у вирішенні проблеми глобального потепління та забезпеченні зростаючого попиту на електроенергію є розвиток "чистих" джерел енергії, таких як сонячні та вітряні електростанції.

Наразі сонячна енергетика забезпечує понад 2% світового електропостачання, і цей сегмент стрімко розвивається. У 2018 році загальна потужність сонячних електростанцій перевищила 100 ГВт, що значно перевищує показники 2009 року, коли вона становила всього 10 ГВт. У порівнянні з цим, нові вугільні та газові електростанції додали до світової енергетичної системи 50 ГВт та 46 ГВт відповідно, в той час як атомні електростанції лише 5 ГВт.

Важливо відзначити, що розподіл сонячних панелей нерівномірний, з Китаєм, Європейським Союзом, США, Японією та Індією на передньому краю.

					<i>MPMA 23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Прогнозується, що темпи росту сонячної енергетики в Китаї можуть зменшитися через скорочення пільгових тарифів, тоді як ЄС активно працює над досягненням своїх цілей на 2020 рік. Китай беззаперечно виступає як найсильніший гравець на глобальному ринку сонячної генерації та її розвитку. Не існує жодної іншої країни, яка приділяла б стільки уваги розвитку сонячної енергетики, як Китай. Лише за 2019 рік сонячні ферми в КНР згенерували понад 132 терават-години електроенергії – це більше, ніж річна потреба країн, таких як Франція, Великобританія чи Німеччина, і ця сума становить понад 50% всієї глобальної генерації електроенергії. Китай наразі приховує в собі 8 з 10 найбільших фотоелектричних ферм у світі, включаючи абсолютного лідера – гігантський парк «Tengger Desert» (Велика сонячна стіна). Назва станції походить від місця її розташування – величезної Тенг-гер пустелі в Азії.

Загальна площа станції становить 1192 квадратних кілометри, що складає 3% від загальної площі цієї пустелі. Загальна потужність сонячних модулів перевищує 1,5 гігавата і постійно зростає. Останнім часом Китай збільшив кількість сонячних потужностей в 4 рази більше, ніж Сполучені Штати, які займають друге місце за швидкістю розвитку сонячної енергетики у світі. Варто зауважити, що Китай також зіткнувся з викликами, такими як послаблення стимулюючих програм, зниження цін на електроенергію на аукціонах та обмеження щодо підключення нових проєктів до мережі.

Україна також активно долучається до сонячної революції. У 2020 році було встановлено 1,5 гігавата сонячних потужностей, що в 4 рази більше, ніж у 2018 році. Потужність сонячних станцій, які були введені в експлуатацію, зросла більш ніж на 300% порівняно з обсягами приєднання до мережі в 2017 році.

Україна має потенціал стати важливим учасником у світі відновлювальної енергетики, і цей сектор продовжує активно зростати та приваблювати інвестиції.

					<i>MPMA 23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Результати розробки були представлені та високо оцінені на науковій студентській конференції кафедри машин та апаратів, електромеханічних та енергетичних систем у 2023 році. На основі них було підготовлено тези у Збірник наукових праць «Технічна творчість» №7, 2023р. (див. додаток Г).

					<i>MPMA 23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		10

1 ОБГРУНТУВАННЯ РОЗРОБКИ ПРОЕКТУ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ, ПОТУЖНІСТЮ 800 кВт

1.1 Характеристика об'єкта та його склад

Існує кілька типів сонячних електростанцій, які використовують сонячні панелі для генерації електроенергії. Основні типи сонячних електростанцій включають:

Фотоелектричні (ФЕС). Це найпоширеніший тип сонячних електростанцій. Вони використовують фотоелектричні модулі (сонячні панелі), щоб перетворювати сонячну енергію на електроенергію без використання будь-яких рухомих частин. ФЕ станції можуть бути на даху будівель, на земельних ділянках або на водоймах.

Принцип роботи ФЕС .

Сонячні панелі вбирають світлову енергію сонця, і фотодіоди в їхній структурі створюють електричний струм відповідно до інтенсивності світла. Отриманий постійний струм (DC) від сонячних панелей поступає до інвертора. Інвертор конвертує DC струм в змінний струм (AC), який можна використовувати для живлення електричних приладів або надсилається в електричну мережу. Згенерована електроенергія використовується для живлення будинку, підприємства або інших споживачів електроенергії. У випадку, коли сонячні панелі генерують більше енергії, ніж споживачі витрачають, надлишок електроенергії може бути проданий назад в електричну мережу за допомогою "мережевого зв'язку" з енергетичним оператором, що дозволяє отримувати прибуток або кредитувати споживану електроенергію.

Складові ФЕС:

Сонячні панелі (фотоелектричні модулі). Основним елементом ФЕС є сонячні панелі, які складаються з напівпровідникових матеріалів, зазвичай кремнію. Сонячні панелі здатні засвоювати фотони світла і генерувати електричний струм.

					<i>МРМА 23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		11

Інвертори: Електричний струм, згенерований сонячними панелями, є постійним струмом. Інвертори перетворюють цей постійний струм в змінний струм, який можна використовувати в будівлях та мережах.

Типи ФЕС:

На сонячних панелях з плоскими панелями: У цьому типі ФЕС сонячні панелі розміщуються на рівних поверхнях з плоскими кутами нахилу. Вони найбільш поширені та прості у встановленні.

На сонячних трекерах (слідоподібні системи). У цьому типі ФЕС сонячні панелі рухаються в напрямку сонця протягом дня, що дозволяє їм максимально використовувати сонячну енергію. Такі системи дорожчі та складніше у встановленні, але більш ефективні.

У плавучих ФЕС: Деякі сонячні електростанції встановлені на водній поверхні, таких як великі ставки або моря. Це сприяє охолодженню сонячних панелей та зменшенню втрат від нагріву.

Ефективність:

Ефективність ФЕС може сильно варіюватися в залежності від регіону та клімату. У регіонах з великою кількістю сонячної активності, таких як пустеля або сонячний пояс, ФЕС можуть бути дуже ефективними.

Ефективність ФЕС також залежить від того, наскільки точно сонячні панелі спрямовані на сонце. Сонячні трекери можуть досягати вищої ефективності, оскільки вони слідкують за рухом сонця.

Зберігання енергії:

Деякі ФЕС включають в себе системи зберігання енергії, такі як літій-іонні акумулятори. Це дозволяє зберігати надлишкову сонячну енергію та використовувати її в нічний час або в періоди низької сонячної активності.

Екологічні переваги:

Фотоелектричні сонячні електростанції є екологічно чистими джерелами енергії, оскільки вони не викидають шкідливі гази та не сприяють зміні клімату.

Заощадження фінансів:

					<i>МРМА 23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Встановлення ФЕС може допомогти зменшити витрати на електроенергію впродовж тривалого періоду експлуатації. Вони можуть навіть генерувати зайвий електричний струм, який можна продавати до мережі.

Потужність:

Потужність фотоелектричних сонячних електростанцій може варіюватися від кількох кіловат до декількох сотень мегават. Наприклад, невелика сонячна панель на даху будинку може мати потужність від 1 до 10 кіловат, в той час як великі сонячні ферми можуть досягати сотень мегават.

Приклад:

Гренчард Солар Фарм (Greenshards Solar Farm) у Сполучених Штатах. Ця ферма розташована у штаті Огайо та має потужність близько 200 мегават.

Недоліки:

Залежність від сонця. Робота ФЕС пов'язана з наявністю сонячного світла, тому вони можуть не виробляти електроенергію вночі або в умовах хмарного покриву.

Початкові витрати. Встановлення ФЕС вимагає значних початкових витрат на закупівлю та встановлення сонячних панелей та іншого обладнання.

Площа для установки. Великі ФЕС вимагають значних площ для установки сонячних панелей.

Ефективність у деяких регіонах. Ефективність ФЕС може варіюватися в залежності від регіону та клімату. У регіонах з меншою сонячною активністю вони можуть бути менш ефективними.

Концентровані сонячні електростанції (CSP). Ці станції використовують дзеркала або лінзи для фокусування сонячної енергії на точку, де розташовані приймачі. Вони зазвичай використовують парові турбіни або теплообмінники для виробництва електроенергії. CSP станції зазвичай ефективніші для зберігання енергії, що дозволяє генерувати електроенергію вночі або при хмарній погоді.

Концентровані сонячні електростанції (Concentrated Solar Power, CSP) - це

					<i>MPMA 23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		13

вид сонячних електростанцій, які використовують зосереджене сонячне випромінювання для генерації електроенергії. Основна ідея CSP - це концентрувати сонячну енергію на одному пункті або на колекторі, щоб створити високу температуру, яка потім використовується для виробництва пари та руху турбін генераторів. Ось більше інформації про CSP:

Принцип дії CSP:

CSP використовує дзеркала або лінзи для фокусування сонячного променя на підвищену температуру в одній точці або на поверхні, званій "колектором". Це створює високу температуру, яка може бути використана для генерації пари або рідини для обертання турбін генераторів електроенергії.

Типи CSP-систем:

Параболічні колектори. В цій схемі сонячна енергія концентрується на параболічних колекторах, які мають струмопровідне масло в своїй фокусній трубі. Теплоносійне масло нагрівається і передає тепло до генератора пари, який обертає турбіну та генерує електроенергію.

Системи з центральними спільними віссю. У цих системах сонячне проміння фокусується на одній центральній вісі, яка рухається, щоб завжди бути спрямованою на сонце. Це може бути башта зі спрямованим дзеркалом або мережі сонячних башт.

Системи з паробараболічними колекторами. Це комбінація параболічних колекторів і парових турбін, які генерують електроенергію.

Системи зі світлопровідними вікнами. Вони використовують оптичні волокна або світлопровідні прилади для транспортування сонячної енергії до місця, де вона може бути використана для генерації тепла або електроенергії.

Переваги CSP:

Висока ефективність та надійність, особливо в регіонах з великою кількістю сонячної активності.

Можливість зберігання тепла для подальшого використання вночі або в хмарну погоду.

					<i>MPMA 23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		14

сонячних панелей.

Обслуговування і доступність. Вимагається обслуговування та доступ до системи для регулярних інспекцій і ремонтів.

Парковки з сонячними панелями. Деякі парковки встановлюють сонячні панелі на верхньому рівні, щоб генерувати електроенергію та забезпечувати тінь для автомобілів. Це може сприяти зарядці електромобілів та зменшенню викидів CO₂.

1.1.1 Фотоелектрична сонячна наземна електростанція

Проект розробляється для наземної фотоелектричної сонячної електростанції (далі НФЕС), пропонованої для будівництва на земельній ділянці, що розташована в с. Шевченкове Великодимирської селищної, громади Броварського району, Київської області, на підставі договору.

Фотоелектрична сонячна електростанція (ФЕС), відповідно до Закону України «Про електроенергетику», відноситься до об'єктів електроенергетики, що виробляють електроенергію з енергії сонячного випромінювання. За Державним класифікатором будівель та споруд ДК 018-2000 [2], фотоелектрична сонячна електростанція відноситься до «Електростанцій на нетрадиційних джерелах енергії», код 2302.4. Землі, що відводяться для ФЕС, відповідно до Класифікації видів цільового призначення земель, класифікуються як «Землі енергетики для розміщення, будівництва експлуатації та обслуговування будівель і споруд об'єктів енергогенеруючих підприємств, установ і організацій (електростанції з використанням енергії вітру, сонця та інших джерел)», код 14.01 [3].

1.1.2 Загальна характеристика району та його ділянки

Броварський район є одним із районів Київської області в Україні. Його адміністративний центр розташований у місті Бровари. Район має прикордонні зв'язки з Бориспільським і Вишгородським районами Київської області, а також

					<i>МРМА 23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Броварський район складався з двох міст обласного значення, п'яти селищ міського типу та 118 сільських населених пунктів. Загальна площа району становила 2 885,0 квадратних кілометрів, що дорівнює 10,3% від загальної площі Київської області. Найбільшу площу в районі займала Згурівська селищна територіальна громада.

За даними Головного управління статистики у Київській області, на 1 грудня 2021 року чисельність постійного населення Броварського району становила 242 060 осіб, що складало 13,5% від загальної чисельності населення Київської області. З них 3244 особи знаходиться у с. Шевченкове [4].

Броварський район розташований в північно-східній частині Київської області в помірно-континентальному кліматичному поясі.

Опис ґрунтів та ландшафту Київської області є досить різноманітним. На півночі області поширені дерново-підзолисті ґрунти, а в долинах річок зустрічаються дерново-глеєві, лучні і болотні ґрунти. У центральній частині області, де переважають ліси, ростуть опідзолені чорноземи, темно-сірі і світло-сірі лісові ґрунти. У південних районах Київської області гіркі ґрунти — глибокі малогумусні чорноземи. На Лівобережжі можна знайти лучно-чорноземні, лучні солонцюваті, солончакові і болотні солончакові ґрунти.

Щодо лісного фонду, загальна площа лісів в області становить 675,6 тисяч гектарів. Північна частина характеризується масивами хвойних і змішаних лісів, а також значними площами різнотравно-злакових луків і заболоченими місцями. На півдні області переважають широколистяні ліси, де зростають дуб, граб, ясен, вільха, липа, а також кущі та луки.

Київська область розташована у межах двох природних зон: змішаних лісів (Київське Полісся) і лісостепової. На півночі переважають недреновані і заболочені місця, а на півдні - луково-степові височинні розчленовані та терасні природно-територіальні комплекси.

В економічному відношенні район є аграрно-індустріальним із галузями, що спеціалізуються на сільськогосподарському виробництві. Промисловий

					<i>МРМА 23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

потенціал складають такі галузі, як: машинобудування, виробництво будівельних матеріалів та харчова промисловість, кольорова металургія, паливній галузі, легкій промисловості [5].

Ділянка, на якій проектується НФЕС, знаходиться в північній частині с. Шевченкове Великодимирської селищної громади, Броварського району, Київської області.

1.1.3 Кліматична характеристика ділянки

Клімат: помірно- континентальний. Зима м'яка, з частими відлигами, а літо спекотне. Середня температура по регіону складає у липні +22°C, у січні – 4,5°C. У останні роки у зв'язку зі зміною клімату температура піднімається до 33-45°C. Осінь довга, Середньорічна температура від +8,4°C. Оподи випадають найчастіше влітку і восени у вигляді дощів. Їх середньорічна кількість становить від 450 до 520 мм. Зимою переважають західні та північно-західні вітри, літом північні та східні вітри. Середня швидкість вітру 8-11 м/с. Від цих середніх багаторічних показників в окремі роки спостерігаються відхилення. Тривалість безморозного періоду, досягає в середньому 170-180 днів. Середньорічна сума опадів становить від 450 до 520 мм, але розподіл їх по місцях року рівномірний. Найбільша кількість опадів випадає в липні (70 мм). Для зимового періоду характерно нестійке коливання температур та висота снігового криву, яка коливається від 10 до 22 см. Досить часто спостерігається випадання зимових опадів у вигляді дощу, що в свою чергу призводить до утворення льодяної кірки. Весна затяжна, з частими змінами холодної і теплої погоди. Початком весни вважають кінець другої і початок третьої декади березня. Нормативна глибина промерзання ґрунту – 0.78м.

1.1.4 Вихідні дані

Проект «Нове будівництво наземної фотоелектричної сонячної електростанції в с. Шевченкове, Великодимирської селищної громади

					<i>МРМА 23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Броварського району, Київської області» розроблений на підставі:

- технічного завдання на проектування, виданого Замовником будівництва;
- містобудівних умов і обмежень забудови земельної ділянки, виданих відділом містобудування, архітектури, житлово-комунального господарства та з питань цивільного захисту Броварської РДА;
- технічних умов на приєднання.

1.2 Дані інженерних досліджень.

1.2.1 Відомості про потреби в паливі , воді , тепловій та електричній енергії, заходи щодо її збереження.

На території НФЕС не передбачене постійне перебування людей. Для роботи НФЕС не потрібні паливо, вода, тепла енергія. Електрична енергія використовується тільки для живлення інверторів. Живлення власних потреб напругою 0,4 кВ передбачається від ВЛ-10кВ, в яку видає вироблену електроенергію НФЕС, для обліку електроенергії власних потреб встановлено лічильник в комірці КТП-10/0,4кВ.

Будівництво НФЕС само по собі є заходом енергозбереження. Для збереження електроенергії використане сучасне обладнання з високим коефіцієнтом корисної дії.

1.2.2 Відомості про черговість будівництва

Будівництво та введення в експлуатацію планується в одну чергу.

1.3 Основні рішення та показники по генеральному плану, інженерних мережах і комунікаціях

Наземна фотоелектрична станція розташована на земельній ділянці площею 2,9425 га, що розміщена: на території с. Шевченкове, Великодимирської

					<i>МРМА 23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		22

селищної громади, Броварського району, Київської області. Проектом передбачається огороження земельної ділянки парканом з колючим дротом та улаштування відеоспостереження і освітлення по периметру паркана.

Спорудження НФЕС електричною потужністю 800 кВт планується виконувати в одну чергу.

Перелік виробничих частин, їх площа та основне обладнання наведені в Таблиці 1.1

Таблиця 1.1 - Перелік виробничих частин, їх площа та основне обладнання

№ пп	Найменування частин	Кіль- сть, шт.	Площа, м ²	Основне обладнання	Примітка
1	Фотоелектричні генератори (далі ФЕГ)	8	4 305,4	ФЕМ*, інвертори, кабельна мережа	Спроектовані
2	Комплектні трансформаторні підстанції (далі КТП)	1	8,64	КТП, кабельна мережа	Спроектован а
3	Центр керування (ЦК)	1	15		Спроектован а

* ФЕМ – фотоелектричні модулі.

Таблиця 1.2 - Техніко-економічні показники ФЕС

Найменування показників	Значення
Загальна кількість ФЕМ, шт.	1854
Встановлена потужність ФЕС загальна, кВт (пік)	991,89
Максимальна вихідна потужність ФЕС (загальна), кВт	800
Прогнозована річна генерація електроенергії ФЕС, МВт*г/рік	1314*

* - прогнозована річна генерація електроенергії - мається на увазі обсяг виробленої електричної генераторним обладнанням (інвертором), дані обсяги

										Арк.
										23
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата	<i>МРМА 23.00.00.000 ПЗ</i>					

розраховуються на силових клемах інвертора, без урахування втрат в кабельних мережах та силових трансформаторах. Обсяг річної генерації розраховується програмним комплексом PVsyst на основі багаторічних даних метеорологічних досліджень попередніх років, програмний комплекс PVsyst не враховує втрату електричної енергії від інвертора до точки встановлення.

1.4 Відомості про інженерний захист територій і об'єктів, охорона праці та протипожежна безпека

Згідно ДБН В.1.1-12:2014 «Будівництво в сейсмічних районах України» [6], інженерний захист території від небезпечних геологічних процесів, сейсмічної діяльності та шкідливих експлуатаційних впливів не потрібен.

Охорона праці та пожежна безпека при будівництві та експлуатації НФЕС, що проектується, забезпечується прийнятими проектними рішеннями у суворій відповідності до Кодексу законів про працю (стаття 154) [7], Закону України «Про охорону праці» (стаття 24) [8], «Правил улаштування електроустановок» (далі ПУЕ) (видання шосте) [9], ДБН А.3.2-2-2009 ССБП. «Охорона праці і промислова безпека в будівництві. Основні положення» [10], Закону України «Про пожежну безпеку» [11], НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні» [12], НАПБ В.01.034-2005/111 «Правила пожежної безпеки в компаніях, на підприємствах та в організаціях енергетичної галузі України» [13], НАПБ 05.028-2004 «Протипожежний захист енергетичних підприємств, окремих об'єктів та енергоагрегатів. Інструкція з проектування і експлуатації» [14], ДБН А.3.1-5:2016 «Організація будівельного виробництва» [15] та іншими нормативними документами.

Небезпечними чинниками на НФЕС є елементи та обладнання під високою напругою: на ФЕГ - до 1 кВ, та КТП-10/0,4 кВ.

Проектом передбачено виконання вимог, що враховують умови охорони праці, попередження травматизму, професійних захворювань, пожеж та вибухів.

					<i>МРМА 23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Для забезпечення охорони праці та пожежної безпеки проектом передбачено:

- використання технічно досконалого обладнання;

Внутрішні проїзди забезпечують вільний доступ пожежних машин та пожежників до КТП.

Біля КТП 10/0,4 кВ та ЦК розміщуються первинні засоби пожежогасіння (пожежні щити).

Згідно НАПБ В.01.034 оснастити КТП-10кВ двома пінними та водяними вогнегасниками місткістю 10 л та ящиком з піском місткістю 0,5 м³.

Згідно НАПБ 05.028 [16] автоматичні установки пожежогасіння та автоматична пожежна сигналізація не передбачені.

Для виконання систематичного обкошування рослинного покриття на території станції, відповідальним за пожежну безпеку об'єкта складається графік покосу, збору та вивозу рослин. Графік повинен організувати покоси, збір та вивезення рослин на території станції не менше ніж 1 раз на місяць починаючи з квітня до жовтня кожного року.

Забороняється виконувати обкошування рослин газонокосаркою типу «Тример».

Наземна фотоелектрична станція проектується з рівнем автоматизації, який забезпечує відсутність постійного обслуговуючого персоналу на об'єкті.

1.5 Коротка характеристика району будівництва та будівельного майданчика. Основні планувальні рішення, схема розміщення обладнання ФЕС.

Ділянка загальною площею 2,9425 га розташована на околиці с. Шевченкове, Великодимирської селищної громади, Броварського району Київської області. За основу для виконання розділу проекту «Генеральний план» прийнято топографо-геодезичні вишукування та інженерно-геологічні вишукування.

					<i>МРМА 23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Частина ділянки має локальні нерівності.

Загальний ухил ділянки спрямований в західному напрямку.

Система координат – СК-63.

Система висот – Балтійська.

Організація рельєфу виконана із розрахунку відведення дощових і талих стоків за напрямком існуючого рельєфу місцевості. У влаштуванні водовідвідних споруд немає потреби.

Згідно з геологією, зняття родючого ґрунту передбачається товщиною 0,15 м. Весь знятий рослинний ґрунт використовується на об'єкті.

Периметр ділянки ув'язаний із прилеглою територією.

Серед заходів щодо організації доріг та благоустрою території передбачається:

- влаштування внутрішніх ґрунтових проїздів.

Технологія влаштування покриття.

- при влаштуванні ґрунтових проїздів передбачається:

- підсипка ґрунту із плануванням;

- ущільнення ґрунту пневмокатками вагою до 6 т при 4-х проходах по 1-му сліду з поливом водою (за необхідністю).

Спорудження НФЕС електричною потужністю 800 кВт планується виконувати в одну чергу з розташуванням на земельній ділянці загальною площею 2,9425 га.

Площа будівництва обрана із розрахунку необхідності розмістити фотоелектричні генератори (ФЕГ), КТП 10/0,4 кВ, кабельні лінії постійного струму до 1 кВ та змінного струму 0,4 кВ.

					<i>МРМА 23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

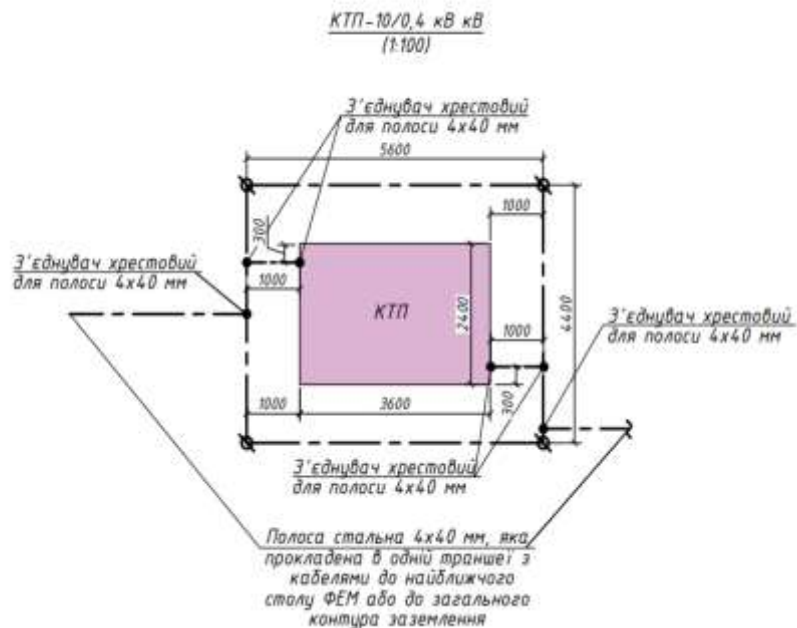


Рисунок 1.2 – Схема контуру заземлення КТП

Важливою частиною проекту Наземної Фотоелектричної Сонячної Електростанції (НФЕС) є її розміщення та конфігурація, спроектована з метою максимізації збору сонячної енергії та оптимальної продуктивності. Для досягнення цих цілей були враховані наступні параметри:

Рядне розташування столів ФЕМ:

Столи з фотоелектричними модулями розташовані рядами з кроком 11,5 м. Це дозволяє оптимально використовувати доступну площу для розміщення модулів та забезпечує ефективне використання території.

Дистанція між рядами столів ФЕМ:

Дистанція між рядами столів ФЕМ становить 7,5 метра. Ця відстань була обрана так, щоб уникнути падіння тіні від столів ФЕМ, коли сонячні промені падають під кутом менше 15°-16°, що забезпечує більшу продуктивність.

Орієнтація рядів секцій на південь:

Ряди секцій орієнтовані виключно на південь. Ця орієнтація сприяє оптимальній роботі НФЕС, оскільки забезпечує максимальний збір сонячної енергії протягом дня.

Кут нахилу ФЕМ до горизонту:

					<i>МРМА 23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк. 27
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Фотоелектричні модулі нахилені до горизонту під кутом 28°. Цей кут нахилу був вибраний для оптимального збору сонячної енергії в даному регіоні.

Зазначена конфігурація дозволяє розмістити 1854 фотоелектричних модулів загальною встановленою потужністю 991,89 кВт (пік) на площі 4305,4 м². Ця розстановка та кут нахилу сприяють оптимальному збору сонячної енергії та досягненню встановленої потужності НФЕС.

Таблиця 1.3 - Основні характеристики схеми розміщення ФЕМ НФЕС

Найменування показників	Значення
Розміщення столів ФЕМ	наземне, рядне
Кут нахилу ФЕМ відносно горизонту	28°
Кількість ФЕМ в стрингу	18 шт
Кількість ФЕМ в типовому столі ФЕМ	18 шт
Крок столів ФЕМ	11,5 м
Відстань між рядами столів ФЕМ	7,5 м
Площа, зайнята столом на 18 ФЕМ	41,8 м ²
Площа під столами ФЕМ загальна	4305,4 м ²

В проекті передбачено встановлення 8 шт. трифазних мережевих інверторів постійного струму, потужністю 100 кВт кожний.

Інвертори розміщені між стійками столів ФЕМ з північної сторони. Відстань від нижньої грані інвертора до поверхні землі складає 1300 мм. Дане розміщення захищає інвертори від прямого попадання сонячних променів, а також атмосферних опадів.

КТП у кількості 1-на штука розташована поруч зі столами ФЕМ на території земельної ділянки для спорудження НФЕС. Розташування КТП оптимізовано для мінімізації довжин кабельних ліній змінного струму 0,4 кВ та 10 кВ, виконання умови не затінення модулів, вільного доступу пожежних машин та обслуговуючого персоналу. Для організації руху, технологічних потреб та потреб охорони по периметру станції не потрібно додаткових заходів.

										Арк.
										28
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата	МРМА 23.00.00.000 ПЗ					

КТП складається з декількох функціональних складових: трансформаторної камери, розподільчого пристрою 10 кВ (РП-10 кВ), розподільчого пристрою 0,4 кВ (РП-0,4 кВ), шафи власних потреб.

Обладнання КТП-10/0,4 кВ розміщується в модульному металевому корпусі, установленому на фундамент.

Висновки до розділу

Був проведений аналіз ґрунту, аналіз географічного розташування кліматичних характеристик ділянки та природних умов місця будівництва Фотоелектричної Сонячної Станції (ФЕС) в с. Шевченкове, Броварського району, був проведений з метою визначення оптимальних рішень щодо розташування та роботи станції. На основі цього аналізу були прийняті наступні оптимальні рішення:

1. Генплан ФЕС був розроблений з урахуванням рельєфу та природних особливостей місця, що дозволило оптимізувати розташування фотомодулів (ФЕМ), інверторів та інших компонентів станції для максимальної зони збору сонячної енергії.

2. Раціональне розміщення секцій ФЕМ, інверторів, кабельних мереж трансформаторної підстанції (КТП) було обрано для забезпечення оптимального розподілу потужності та мінімізації втрат електроенергії.

3. Улаштування технологічних та пожежних проїздів було ретельно розроблено з урахуванням безпеки експлуатації та швидкого доступу до всіх компонентів станції.

4. Траси кабелів постійного та змінного струму були спроектовані так, щоб забезпечити мінімальні втрати напруги та потужності, що дозволяє ефективно транспортувати електроенергію в мережу.

5. Усі ці рішення спрямовані на оптимізацію роботи Фотоелектричної Сонячної Станції та забезпечення максимального виробітку електроенергії при

					<i>МРМА 23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

мінімальних витратах та втратах.

					<i>МРМА 23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

2 ТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ ПО БУДІВНИЦТВУ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ, ПОТУЖНІСТЮ 800 кВт

2.1 Електрична принципова схема

Складові НФЕС:

Фотоелектричні модулі (ФЕМ): У цій електростанції використовуються 1854 ФЕМ типу MM535-72HLD-MBV. Кожен модуль має потужність 0,535 кВт (пік). Це дозволяє досягти загальної потужності НФЕС на стороні постійного струму в розмірі 991,89 кВт (пік). Важливо відзначити, що ФЕМ можуть бути замінені аналогічними модулями, не змінюючи загальної потужності.

Стринги ФЕМ: Фотоелектричні модулі комутуються по 18 штук в послідовності, утворюючи 103 стринги. Кожен стринг має номінальну потужність 9,63 кВт (пік) при напрузі до 1 кВ постійного струму та силі струму до 13,17 А.

Інвертори: Стринги ФЕМ комутуються паралельно восьми інверторів типу Huawei SUN2000-100KTL-M1-400Vac. Сім інверторів обробляють по 13 стрингів, а один інвертор об'єднує одинадцять стрингів. В цьому випадку, встановлюється встановлену потужність 125,19 кВт (пік) та 115,56 кВт (пік) на стороні постійного струму.

Фотоелектричні генератори (ФЕГ): Кожен стринг ФЕМ та один інвертор утворюють один фотоелектричний генератор потужністю 100 кВт змінного струму. Усього 8 ФЕГ забезпечують вихідну потужність 800 кВт змінного струму.

Принцип роботи:

Фотоелектричний ефект: Фотоелектричні модулі використовують фотоелектричний ефект для перетворення сонячної енергії на електричну. Коли сонячне світло падає на ФЕМ, електрони у матеріалі модуля збуджуються, створюючи струм електричного заряду.

										Арк.
										31
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата	MPMA 23.00.00.000 ПЗ					

налаштуванням інвертора.

Підключення до електромережі:

Після успішного моніторингу інвертори починають поступово підключати сонячну електростанцію до загальної мережі змінного струму. Потужність, згенерована модулями, починає подаватися в електричну мережу.

Виробництво енергії протягом дня:

Протягом сонячного дня інвертори продовжують видачу потужності в електромережу до того часу, коли настануть сутінки. Напруга, генерована фотоелектричними модулями, підтримується на необхідному рівні.

Завершення виробництва вночі:

Інвертори припиняють видачу потужності в електричну мережу вночі або в періоди низької сонячної інсоляції через те, що фотоелектричні модулі не можуть виробляти достатньо електроенергії в цих умовах. В таких моментах, коли виробництво електроенергії стає неефективним, інвертори автоматично вимикаються, щоб уникнути втрат енергії і забезпечити безпечну роботу.

Зазвичай цей процес відбувається автоматично і контролюється програмним забезпеченням інверторів. Це стандартна функція, яка забезпечує ефективне використання сонячної енергії та захищає обладнання від можливих перевантажень або нестабільних умов в електричній мережі.

Удень, коли рівень сонячної інсоляції повертається до високого рівня, інвертори знову активуються і починають генерувати електроенергію з фотоелектричних модулів для видачі в електричну мережу. Цей цикл повторюється впродовж дня, забезпечуючи стабільний і ефективний процес генерації сонячної енергії. Таблиця 2.1 - Електрична принципова схема НФЕС

Стринги ФЕМ	Інвертор	Пусковий комплекс
103 шт	№1 ÷ 8 100 кВт (пік)	НФЕС «Шевченкове-1» 991,89 кВт (пік)

Електростанція спроектована так, що забезпечує високу якість

										Арк.
										33
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата	MPMA 23.00.00.000 ПЗ					

електроенергії без необхідності додаткової модернізації загальної електричної мережі, за винятком ситуацій, коли потрібна модернізація для забезпечення видачі потужності станції.

Алгоритм роботи сонячного інвертора (ІНФЕС) включає в себе ряд кроків та принципів, які забезпечують оптимальну роботу системи:

1. Взаємодія з електричною мережею: ІНФЕС керується електричною мережею та сприймає параметри мережі, такі як напруга та частота, для забезпечення синхронізованої роботи з нею.

2. ШИМ-перетворення: ІНФЕС використовує технологію ШИМ-перетворення (широтноімпульсного модуляційного управління), де напруга на виході визначається шляхом регулювання тривалості комутації силових ключів, таких як IGBT-транзистори або IGCT-тиристри.

3. Датчики струму і напруги: ІНФЕС використовує датчики струму і напруги для вимірювання параметрів мережі та контролю за вихідною напругою та струмом.

4. Управління контролером: Універсальний керуючий контролер (УКК) використовується для реалізації алгоритмів управління та забезпечення координації роботи системи.

5. Системи фільтрації: Для забезпечення якості електроенергії та фільтрації гармонік ШИМ в інверторі встановлюються фільтри постійного та змінного струму.

6. Гальванічна розв'язка: Трансформатор використовується для гальванічного розділення ланки постійного струму від мережі, а також для узгодження рівнів напруги.

Важливо, що ІНФЕС має вбудовані захисти, які автоматично відключають інвертор у разі порушень у мережі, щоб запобігти пошкодженню обладнання та забезпечити безпеку.

Важливо, що ІНФЕС має захисні механізми, які автоматично відключають інвертор у разі порушень у мережі, щоб запобігти пошкодженню обладнання та

забезпечити безпеку.

Система автоматичної синхронізації та виведення на паралельну роботу з енергетичною системою України є важливою частиною обладнання фотоелектричної електростанції. Точно, ця система є важливою для забезпечення взаємодії інверторів фотоелектричної електростанції з електромережею та забезпечення відповідності параметрів мережі чинним нормам та вимогам. Вона грає ключову роль у забезпеченні стабільності та надійності роботи фотоелектричної електростанції, а також у забезпеченні безпеки енергопостачання.

Ця система дозволяє інверторам автоматично реагувати на зміни у параметрах мережі. Особливістю інвертора, керованого електромережею є його швидка синхронізація з мережею при ввімкненні на паралельну роботу, те, що він не підживлює короткі замикання, які можуть виникати в мережі, завдяки відсутності інерції та вбудованих струмових захистів, а також підтримання коефіцієнта потужності $\cos\phi$ в діапазоні від +1 до -1 (± 1).

Алгоритми роботи цієї системи та реакції на відхилення параметрів мережі встановлені під час налаштування та пусконаладжувальних робіт. Це гарантує, що фотоелектрична електростанція буде працювати надійно та безперебійно в межах чинних норм і вимог, що діють в Україні.

Отже, фотоелектрична електростанція має здатність автоматично синхронізуватися та працювати в паралельному режимі з електромережею України, за умови відповідності параметрів мережі встановленим нормам і вимогам.

Так, важливою рисою внутрішнього програмного забезпечення інверторів фотоелектричної електростанції є їхні можливості працювати відповідно до задалегідь встановлених умов, включаючи випадок відсутності лінії електропередачі або її вимкнення. Це важливо для забезпечення надійності та стійкості фотоелектричної електростанції.

Компенсація реактивної потужності:

					<i>МРМА 23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Інвертори фотоелектричної електростанції грають важливу роль у забезпеченні стабільності та контролю роботи ФЕС. Вони мають інтегровану систему, яка дозволяє регулювати активну та реактивну потужність на рівні кожного інвертора. Ці функції обмеження використовуються для уникнення небалансів активної потужності в електроенергетичній системі та під час аварійних ситуацій. До них відносяться:

Абсолютне обмеження генерації: Ця функція дозволяє обмежувати максимальну генерацію електроенергії фотоелектричною електростанцією на певному рівні.

Обмеження активної потужності: Інвертори можуть обмежувати активну потужність, яку вони видають в мережу, для забезпечення стабільності електроенергетичної системи.

Регулювання реактивної потужності: Ця функція дозволяє керувати реактивною потужністю, незалежно від активної потужності, що вводиться в мережу.

Регулювання напруги: Інвертори також можуть регулювати напругу в точці приєднання до мережі, використовуючи встановлені уставки та градієнти.

Значення $\cos \varphi = 0,98$ вказує на високий коефіцієнт потужності, що свідчить про ефективне використання електроенергії.

Системні налаштування зберігаються в пам'яті логічних контролерів управління роботою інверторного обладнання. Це дозволяє точно налаштувати роботу інверторів для відповідності нормам та вимогам.

Електростанція розроблена так, що граничні показники якості електроенергії можуть бути досягнуті без необхідності модернізації електричних мереж загального призначення, за винятком ліній, які потрібні для видачі потужності.

Електростанція була спроектована з великою увагою до якості електроенергії, яку вона виробляє та постачає в мережу. Основні аспекти, що стосуються якості електроенергії, включають наступне:

енергетична компанія «Укренерго» та суб'єктами (об'єктами) електроенергетики в умовах паралельної роботи в складі Об'єднаної енергетичної системи України: Цей документ може включати вимоги щодо технічних параметрів і вимірювального обладнання, що стосуються взаємодії електростанцій з енергетичною системою[19].

ПТЕ. Технічна експлуатація електричних станцій і мереж. Правила. ГКД 34.20.507-2003: Цей документ може містити стандарти щодо точності вимірювань та вимоги до вимірювального обладнання, що використовується в електричних мережах[20].

Ці документи визначають стандарти і вимоги, які допомагають забезпечити надійну та точну роботу вимірювального обладнання при приєднанні фотоелектричної електростанції до електричних мереж загального призначення. Один із головних аспектів - це забезпечення точності вимірювань та доступність даних для контролю та моніторингу якості електроенергії та роботи електростанції.

Для ефективного електрозабезпечення НФЕС було проведено ряд заходів і вибрано оснащення електростанції з урахуванням низки важливих аспектів, що забезпечують надійність та безпеку роботи:

Захист від пошкоджень внаслідок збоїв та аварій. Електростанція обладнана засобами захисту, які реагують на симетричні та несиметричні короткі замикання, а також на інші аварійні ситуації у електричній мережі загального призначення. Це дозволяє запобігти пошкодженням обладнання і забезпечити безпеку роботи.

Захист від небажаних впливів фотоелектричної електростанції. Електростанція розроблена так, щоб максимально захищати електричну мережу загального призначення від негативних впливів, які можуть статися через роботу фотоелектричної електростанції.

Захист від відключення у некритичних випадках. Система електрозабезпечення обрана таким чином, щоб у некритичних ситуаціях для

					<i>МРМА 23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

фотоелектричної електростанції, коли відключення не потрібно, електростанція продовжувала надавати електроенергію без перебоїв.

Захист інверторного обладнання: Встановлене інверторне обладнання має системи, що запобігають несинхронному включенню в мережу та захищають обладнання від пошкоджень.

Фотоелектрична електростанція повинна залишатись підключеною до електричної мережі у разі виникнення аварійних ситуацій у електричних мережах загального призначення відповідно до таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Типи аварійних ситуацій в електричних мережах та їх тривалість

Тип	Тривалість несправності
Трифазне коротке замикання	Коротке замикання тривалістю 150 мс
Двофазне коротке замикання (міжфазне або коротке замикання на землю)	Коротке замикання тривалістю 150 мс, за яким виникає нове замикання через 0,5-3 с, тривалістю також в 150 мс
Однофазне коротке замикання (для мереж з ізольованою нейтраллю)	Однофазне замикання тривалістю 150 мс, за яким виникає нове замикання через 0,5-3 с, також тривалістю в 150 мс.

Наведені вимоги стосуються точки приєднання, але враховано можливість виникнення розрахункових аварійних ситуацій в довільній точці електричних мереж загального призначення.

2.2 Фотоелектричні модулі, інвертори постійного струму, комплектна трансформаторна підстанція

2.2.1 Фотоелектричні модулі

					<i>МРМА 23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Фотоелектричні модулі типу MM535-72HLD-MBV (допускається заміна ФЕМ на аналогічні без зміни потужності модуля, виготовлені за сучасною технологією з використанням монокристалічного кремнію. До складу модуля входить з'єднувальна коробка, інтегрована в його конструкцію. Всередині з'єднувальних коробок розташовані діоди, з'єднані паралельно з групою елементів модуля (by-pass). Кожна коробка має два кабелі (довжиною 1,2 м) з роз'ємами, які оснащені ключами плюсового і мінусового виводів для швидкої комутації та виключення неправильних з'єднань. Модулі обрамлені в алюмінієву раму, що призначена для його механічної фіксації на металевому каркасі. Технічні характеристики фотоелектричних модулів типу MM535-72HLD-MBV.

2.2.2 Інвертори постійного струму

В проєкті передбачено встановлення 8 шт. трифазних мережевих інверторів постійного струму, потужністю 100 кВт кожний.

Інвертори розміщені між стійками столів ФЕМ з північної сторони. Відстань від нижньої грані інвертора до поверхні землі складає 1300 мм. Дане розміщення захищає інвертори від прямого попадання сонячних променів, а також атмосферних опадів.

2.2.3 Комплектна трансформаторна підстанція.

Комплектна трансформаторна підстанція (далі КТП) призначена для комутації та сумування потоків потужності напругою 0,4 кВ від інверторів, трансформації напруги з 0,4 кВ до 10 кВ, обліку електроенергії та видачі її в загальну електромережу.

Проєктом передбачено встановлення 1-ї КТП-10/0,4 кВ 1000 кВА.

КТП розміщується на території земельної ділянки поруч зі столами ФЕМ.

Відповідно до виконуваних функцій, КТП складається з наступних функціональних складових:

1) Розподільчий пристрій 0,4 кВ (РП-0,4 кВ), що складається з

					<i>МРМА 23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

електротехнічних шаф, до ввідних контактів яких приходять кабелі змінного струму від інверторів. У середині РП-0,4 кВ встановлене комутуюче обладнання (автоматичні вимикачі), трансформатори струму для підключення лічильників системи АСКОЕ, та, власне, самі лічильники АСКОЕ. Вивідні контакти РП-0,4 кВ комутуються з ввідними контактами трансформатора 10/0,4 кВ.

2) Камера трансформатора, в якій розміщений силовий трансформатор типу ТМГ-10/0,4 кВ потужністю 1000 кВА. До контактів 0,4 кВ трансформатора за допомогою шинних мостів комутується РП-0,4 кВ. Вивідні контакти 10 кВ трансформатора комутуються з ввідними контактами комірки 10 кВ за допомогою шинних мостів. Камера трансформатора обладнана окремими воротами.

2.3 Розрахунок електричних навантажень власних потреб

Споживачами електроенергії НФЕС є обладнання АСКОЕ, власні потреби КТП, система моніторингу та інвертори в нічний період, системи відеоспостереження та освітлення.

Згідно з ПУЕ, споживачі електроенергії ФЕС за надійністю електропостачання відносяться до III категорії. Розрахункова потужність споживання електроенергії дорівнює встановленій потужності споживачів.

2.3.1 Електротехнічні рішення щодо технічної експлуатації

НФЕС відповідає діючим нормам, ПУЕ, правилам технічної експлуатації електроустановок споживачів (далі ПТЕЕС) та правилам безпечної експлуатації електроустановок споживачів (далі ПБЕЕС). Прийняті заходи безпеки забезпечують захист від прямих та непрямих контактів з струмопровідними частинами відповідно до параметрів мережі. В наявності на станції передбачаються засоби захисту основні та додаткові, згідно з ПБЕЕС та необхідні знаки безпеки на встановленому обладнанні.

					<i>МРМА 23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		41

В якості захисних заходів від ураження електричним струмом передбачені наступні заходи:

1) На ділянці постійного струму:

- для запобігання появи перегрітих елементів у кожному ФЕМ встановлені перехідні діоди, підключені паралельно елементам модуля;

- ФЕМ підключені таким чином, що обидва полюси відокремлені від заземлення. Застосована однополюсна проводка з подвійною ізоляцією. ФЕМ, проводка та з'єднувальні коробки мають ізоляцію класу II, оснащені ключами і мають попередження про «електричну небезпеку»;

- для попередження про дефект ізоляції в інверторі є захисна функція, яка спрацьовує при збільшенні струму витоку більше допустимого рівня відповідного опору ізоляції 323,4 кОм.

При виникненні цього дефекту негайно повинні бути вжиті заходи щодо його усунення.

2) На ділянці змінного струму:

- для забезпечення захисту від надмірного струму і коротких замикань у вихідному ланцюгу інверторів мають бути встановлені автоматичні вимикачі на кожен фазу у фідерах КТП до яких приєднані інвертори. Крім захисних функцій автоматичні вимикачі дозволяють відключити будь-який щит комутацій від енергомережі для виконання робіт з обслуговування або ремонту;

- загальна мережа змінного струму і мережа змінного струму НФЕС гальванічно відокремлені одна від одної за допомогою трансформатора КТП. Контроль гальванічного поділу мереж виконується перед введенням в експлуатацію НФЕС;

- в інверторах передбачений захист від порушення параметрів мережі постійного струму, а також захист від порушення параметрів мережі змінного струму. Після спрацьовування захисту відновлення роботи інвертора відбувається автоматично після нормалізації параметрів мережі.

					<i>МРМА 23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		42

2.3.2 Заземлення та блискавкозахист

Система заземлення являє собою груповий заземлювач, що складається із сполучених між собою металоконструкцій столів ФЕМ, які з'єднані горизонтальним стальним заземлювачем. Приєднання столів ФЕМ до горизонтальних заземлювачів виконують за допомогою оцинкованої полоси до стійки відповідного стола.

Схема заземлення спроектована такою, що всі металеві частини ФЕМ, секцій, інверторів підключені до контуру заземлення незалежно від заземлення нейтралі розподільчої мережі, тобто всі металеві частини НФЕС приєднані до однієї шини. Дотримані всі норми у відповідності до ПУЕ та стандартів з електробезпеки.

Обидва полюси ФЕМ ізольовані від заземлення. Використання ФЕМ класу II і застосування однополюсної проводки з подвійною ізоляцією, забезпечує захист від прямих контактів і зменшує вплив у разі непрямих контактів.

Заземлювальний провідник підключають до металевих каркасів для розміщення ФЕМ, та до корпусів інверторів.

Прокладення оцинкованої полоси заземлення спроектовано в траншеї на глибині 0,5 м.

Величина опору заземлюючого пристрою визначається у відповідності до ДБН В.2.5-27 [21], ПУЕ та в будь-яку пору року не повинна перевищувати 4 Ом.

Заходи щодо блискавкозахисту на фотоелектричній сонячній електростанції (НФЕС) є критично важливими для забезпечення безпеки обладнання та персоналу. Це забезпечується наступними заходами :

Влаштування блискавкоприймачів:

На даху центру керування НФЕС розташовані шість блискавкоприймачів. Ці пристрої призначені для привертання блискавки і відводу її струму у безпечний спосіб, забезпечуючи захист будівлі та обладнання від потрапляння блискавки.

Система вирівнювання потенціалів:

					<i>МРМА 23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Всі струмопровідні частини НФЕС приєднуються до загального заземлюючого пристрою. Це забезпечує рівень потенціалу на всіх елементах та запобігає різниці потенціалів, що може виникнути під час блискавкового розряду. Система вирівнювання потенціалів допомагає відводити струм блискавки в землю та розсіювати його.

Багатошляхова організація для струму блискавки:

Забезпечено велику кількість паралельних шляхів для струму блискавки. Це дозволяє розподілити струм блискавки та зменшити небезпеку перенапруги в системі.

Надійність механічних з'єднань:

Всі механічні з'єднання на системі блискавкозахисту забезпечуються надійністю, щоб уникнути розривів або інших дефектів під час блискавкового впливу. Безперервний електричний контакт між всіма частинами є важливим аспектом.

Ці заходи гарантують, що НФЕС залишається захищеною від негоди та блискавкових розрядів, що може захистити обладнання та забезпечити безпеку експлуатації станції.

2.3.3 Архітектурно-будівельні рішення

Архітектурно-будівельні рішення, прийняті в проекті, дозволяють розмістити згідно генплану металоконструкції кріплення ФЕМ, інвертори, КТП та проїзди. Металеві конструкції системи кріплення запроектовані відповідно до вимог ДБН В.1.2-2:2006 «Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування» [22], ДБН В.2.6-198:2014 «Сталеві конструкції. Норми проектування» [23].

Будівництво передбачається в наступних кліматичних умовах:

- характеристичне значення снігового навантаження (4 район) – 140 кг/м²;
- характеристичне значення вітрового навантаження (2 район) – 28 кг/м³;
- тип місцевості – II (сільська місцевість з огорожами (парканами), невеликими спорудами, будинками і деревами).

					<i>МРМА 23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Встановлення ФЕМ здійснюється за допомогою наземної системи кріплення.

Несучі конструкції столів ФЕМ наземної системи кріплення складаються з поперечних та направляючих балок, підкосів, розкосів, стійок-паль. З'єднання поперечних та направляючих балок, підкосів, розкосів – шарнірне. Анкерування стійок-паль в основу – жорстке. Орієнтація столів ФЕМ південна, з кроком рядів столів ФЕМ 11,5 м та відступом між рядами в 7,5 м.

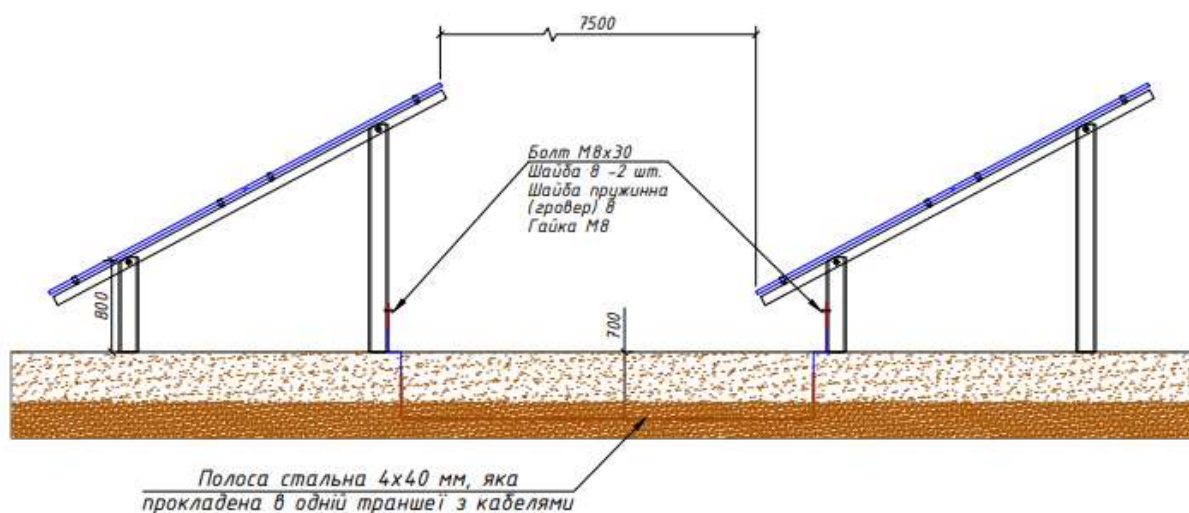


Рисунок 2.1 – Вузол з'єднання столів ФЕМ розташованих в різних рядах

Матеріали конструкцій і з'єднання елементів.

Матеріалом елементів конструкцій прийнята сталь марки С350 по ГОСТ 27772-88[24]. Всі заводські з'єднання зварні (автоматичне або напівавтоматичне зварювання), монтажні з'єднання болтові (використовуються оцинковані болти М10х50, М10х70, М10х35 по DIN 933. Гайки оцинковані М10 DIN 934).

Кріплення ФЕМ до несучих конструкцій виконуються за допомогою алюмінієвих притисків через прокладки на болтах М10 із нержавіючої сталі. В болтових з'єднаннях передбачені засоби для запобігання розгвинчування гайок.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРМА 23.00.00.000 ПЗ

Арк.

45

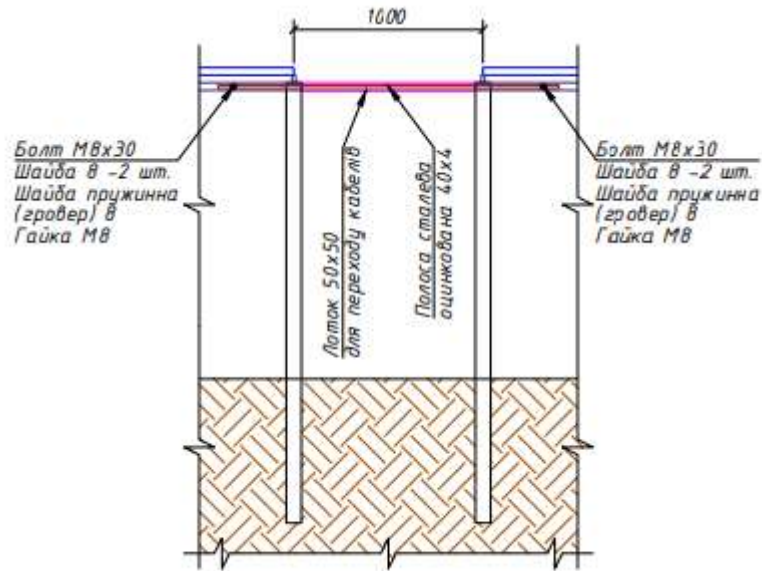


Рисунок 2.2 – Вузол з'єднання столів ФЕМ в місцях розривів

Монтаж металоконструкцій.

Монтаж металевих конструкцій систем кріплення ФЕМ виконується відповідно до вимог:

- ДСТУ Б В.2.6-200:2014 «Конструкції металеві будівельні. Вимоги до монтажу» [25];

- ДБН А.3.2-2-2009 (НПАОП 45.2-7.02-12) «ССБП. Охорона праці і промислова безпека в будівництві. Основні положення» [26].

Антикорозійний захист металевих конструкцій систем кріплення виконано методом гарячого цинкування.

Висновки до розділу

Вибрано оптимальну принципову електричну схему Фотоелектричної Сонячної Станції (ФЕС), що включає в себе розташування та підключення всіх необхідних компонентів для ефективного виробництва та розподілу електроенергії. Для цього використано передові технології та стандарти, що гарантують найвищу продуктивність та безпеку експлуатації.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРМА 23.00.00.000 ПЗ

Арк.

46

Складові ФЕС включають в себе фотомодулі (ФЕМ), які конвертують сонячне випромінювання в електричний струм. Вибір оптимальних ФЕМ враховував географічне розташування станції, сонячну інсоляцію та інші метеорологічні параметри, щоб забезпечити максимальний виробіток електроенергії.

Інвертори використовуються для перетворення постійного струму, який генерується ФЕМ, у змінний струм, який може бути використаний для подачі в електричну мережу. Вибір інверторів здійснювався з урахуванням найсучасніших технологій та ефективності роботи.

Система автоматизованого керування об'єктом енергетики (АСКОЕ) розроблена для ефективного контролю та оптимізації роботи ФЕС. Вона включає в себе систему моніторингу інверторів, яка надає дані про продуктивність станції в реальному часі, а також системи безпеки, включаючи системи заземлення та блискавкозахисту.

Архітектурно-будівельні рішення, конструктивні рішення, матеріали конструкцій, з'єднання елементів і монтаж металоконструкцій розроблялися з урахуванням місцевих умов та вимог щодо безпеки і надійності експлуатації ФЕС. Вони включають в себе проектування будівель та споруд для розміщення ФЕМ, інверторів, а також технічних приміщень для обслуговування та ремонту обладнання.

Усі ці рішення та компоненти розроблені з метою забезпечити ефективну та безпечну експлуатацію Фотоелектричної Сонячної Станції та зниження викидів CO₂, сприяючи декарбонізації енергопостачання.

					<i>MPMA 23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

3 РОЗРАХУНКИ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ

3.1 Розрахунок заземлюючого контуру

Загальні вимоги електробезпеки на ФЕС повинні відповідати ГОСТ – 12.1.030-81 ССБП для захисту від уражень електричним струмом використовують захисне заземлення.

Враховуючи те, що столи для розміщення ФЕМ встановлені на металевих стовпах заглиблених в землю на 1,5 м. являють собою вертикальні заземлювачі з металевими каркасами, які являються з'єднувальними заземлюючими провідниками, утворюють груповий заземлювальний контур, опір заземлення якого не повинен перевищувати 4 Ом

Розрахунок заземлюючого контуру:

Вихідні дані:

Необхідний опір розтіканню : 4 Ом

Конфігурація заземлення : ряд

Конструкція заземлення

Вертикальні електроди заземлення : Ø16 мм

Горизонтальні електроди заземлення :стальна полоса 30x4 мм.

Опір розтікання одиночного вертикального електрода заземлення з круга сталевого оцинкованого Ø16 мм (верхній кінець нижче рівня землі):

$$R_{з.в.} = \frac{0,366\rho}{\ell} \left(\lg \frac{2\ell}{d} + \frac{1}{2} \lg \frac{4t + \ell}{4t - \ell} \right)$$

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРМА 23.00.00.000 ПЗ

Арк.

48

Де ρ - питомий опір ґрунта.

L - довжина електрода,

d - діаметр електрода,

t - глибина закладення вертикального електрода.

Сумарний опір вертикальних електродів:

$$\sum R_{з.в.} = \frac{R_{з.в.}}{n\eta_B}$$

Де n - кількість вертикальних електродів,

η_B - коефіцієнт, що враховує екранування електродів сусідніми

Опір розтікання одиночного горизонтального електрода заземлення зі смугової оцинкованої сталі:

$$R_{з.г.} = \frac{0,366\rho}{\ell} \lg \frac{2\ell^2}{bt}$$

Де $\rho = 80 \text{ м}^* \text{м}$ - питомий опір ґрунта,

ℓ - довжина смугового електрода,

$b = 0,04 \text{ м}$ - ширина смугового електрода,

t - глибина закладення смугового електрода.

Опір розтіканню горизонтально прокладеної смуги, що зв'язує вертикальні електроди між собою:

$$\sum R_{з.г.} = \frac{R_{з.г.}}{\eta_G}$$

Де (пг - коефіцієнт, що враховує екранування смуги іншими електродами

Повний опір розтіканню заземлювача:

$$R_3 = \frac{\sum R_{3.В.} \cdot \sum R_{3.Г.}}{\sum R_{3.В.} + \sum R_{3.Г.}}$$

Або розрахункова формула:

$$R_В = \frac{0,366 \cdot \rho_В \cdot k_В}{l_В} \cdot \left(\lg \frac{2 \cdot l_В}{d} + \frac{1}{2} \cdot \lg \frac{4 \cdot t_1 + l_В}{4 \cdot t_1 - l_В} \right); \quad R_Г = \frac{0,366 \cdot \rho_Г \cdot k_Г}{L_Г} \cdot \lg \frac{2 \cdot L_Г^2}{b \cdot t}; \quad R_3 = \frac{R_В \cdot R_Г}{n \cdot R_Г + n_В \cdot R_В + n_3}$$

$\rho_Г =$	190	Ом*м, питомий опір ґрунту для горизонтального заземлювача
$\rho_В =$	60	Ом*м, питомий опір ґрунту для вертикального заземлювача
$k_В =$	1,5	коефіцієнт сезонності для вертикального електрода
$k_Г =$	2,2	коефіцієнт сезонності для горизонтального електрода
$L_В =$	3	м, довжина вертикального електрода
$d =$	0,016	м, діаметр вертикального електрода
$b =$	0,04	м, ширина горизонтального електрода
$t =$	0,5	м, глибина горизонтального електрода
$t_1 =$	1,75	м, відстань від поверхні землі до середини вертикального електрода
$n =$	8	кількість вертикальних електродів
$L_Г =$	352	м, довжина горизонтального електрода
$n_В =$	0,62	коефіцієнт взаємного впливу вертикальних електродів
$n_Г =$	0,67	коефіцієнт взаємного впливу горизонтальних електродів
$R_В =$	30,448	Ом, опір вертикального електрода
$R_Г =$	3,083	Ом, опір горизонтального електрода
$R_3 =$	2,630	Ом, опір контуру заземлення

3.2 Схема організації передачі даних системи моніторингу

Для віддаленого моніторингу елементів ФЕС проектом передбачається організацію системи автоматизованого збору інформації.

Система реалізована на базі Smart Logger 2000.

Він є інтегрованим блоком управління, з функціями агрегації інтерфейсів, обробкою протоколів, збором даних та централізованим управлінням.

За допомогою інтегрованих блоків SmartLogger 2000 від компанії Huawei можна керувати однією або декількома промисловими сонячними станціями. Панель розрахована на підключення 200 пристроїв, серед яких можуть бути мережеві інвертори Huawei (до 80 одиниць), різні вимірювальні прилади, метеостанції, коробкові трансформатори. У фотоелектричній системі «СмартЛоггер» грає роль центру управління, реєстратора даних, мережевого комутатора.



Рисунок 3.1 – Загальний вигляд контролеру АСКОЕ

Пристрій нормально функціонує при температурі від мінус 40 до + 60 градусів. Може розміщуватися тільки в приміщенні (клас захисту - NEMA1). Виконання корпусу виключає випадковий контакт персоналу з електрообладнанням, забезпечує захист від бруду і капель дощу.

Завдяки Smart Logger 2000, користувачу відкривається доступ до менеджмент системи «Smart IV Curve analysis» з широким набором

					MPMA 23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						51
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Призначення системи відео-нагляду:

- СВН і ОС призначається для забезпечення контролю над периметром об'єкта з боку зовнішніх територій в цілодобовому, безперервному режимі роботи, з передаванням сигналу тривоги в разі порушення периметру;

- СВН і ОС забезпечує цифровий відеозапис зображень, які надходять від усіх відеокамер системи;

- СВН і ОС формує відео-архів тривалістю не менше 10 діб;

- СВН і ОС підключається до внутрішньої мережі Ethernet з виходом в Internet. Це дає можливість дистанційного перегляду відео-архіву та збережених фотознімків всіх камер системи за допомогою віддалених робочих місць (ВРМ).

Проектом передбачається створення 1-го ВРМ;

- доступ до інформації СВН і ОС захищається паролями.

Устаткування СВН і ОС поділяється на станційне і периферійне, а також обладнання ВРМ.

Станційне устаткування розташовується в приміщенні ЗПУ центра керування ЦК.

До станційного обладнання відноситься:

- персональний комп'ютер MiniClient TRASSIR;

- жорсткий диск на 2 ТВ;

- логічний контролер системи відеонагляду;

- медіаконвертори ВОЛЗ/FTP;

- світч.

До периферійного устаткування відноситься:

- відеокамера високої здатності з ІЧ підсвічуванням (зовнішня) 4 МП DH-IPC-HFW4431DP-AS;

- прожектор світлодіодний LED 220V 50W;

- бар'єр інфрачервоний;

- шафа відеонагляду ШВ;

- розподільча коробка пластикова, стійка до УФ випромінювання;

					<i>МРМА 23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		53

- медіаконвертори ВОЛЗ/ФТР;

- світчі PoE.

Устаткування ВРМ (розташовується в приміщенні охорони):

- монітор з діагоналлю 40” для відображення відеоінформації від системи відеоспостереження;

- джерело безперебійного живлення;

- блок індикації спрацьовувань системи охоронної сигналізації.

Розташування відеокамер на плані – дивись частину 09/02-2021-10-РП-АКЗ.

Система складається з наступних підсистем:

- підсистема зовнішніх відеокамер (ВВК);

- основного відео-серверу в приміщенні ЗПУ центра керування ЦК;

- система лінійно-кабельних споруд мережі відеосигналу і електроживлення;

- система лінійно-кабельних споруд мережі сигналу і електроживлення ІЧ-бар'єрів;

- система лінійно-кабельних споруд мережі електроживлення світлодіодних прожекторів;

- система лінійно-кабельних споруд мережі відеосигналу і електроживлення.

3.4 АСКОЕ

Проектом передбачається в РУ-0,4кВ КТП-10/0,4 кВ, що проектується:

- двонаправлений облік активної, реактивної електроенергії для обліку електроенергії, що генерується в електричну мережу ПрАТ «Київобленерго» та споживається на власні потреби;

					<i>МРМА 23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

- автоматизована система комерційного обліку електричної енергії (АСКОЕ) згідно вимог ПКЕЕ [28] та ПУЕ [29] з можливістю передачі даних до АСКОВЕ ПрАТ «Київобленерго» та ДП «НЕК «Укренерго». Спосіб передачі інформації визначається та погоджується з ПрАТ «Київобленерго» та ДП «НЕК «Укренерго».

Для проектування АСКОВЕ в ПрАТ «Київобленерго» та ДП «НЕК «Укренерго» були отримані технічні рекомендації.

Зважаючи на зростаючу важливість сталого розвитку і питань енергоефективності, багато виробничих підприємств в Україні та усьому світі шукають способи оптимізувати своє споживання енергоресурсів, зокрема, електроенергії. Саме тут важливою стає роль автоматизованих систем комерційного обліку енергоресурсів (АСКОЕ).

АСКОЕ - це комплексний підхід до ефективного управління енергоефективністю підприємства. Ця система дозволяє виробникам не лише точно вимірювати кількість виробленої та спожитої електроенергії, але і планувати її використання, контролювати навантаження, та здійснювати аналіз ефективності. Основні завдання АСКОВЕ включають:

Точне вимірювання: Система дозволяє точно і своєчасно вимірювати кількість спожитої або виробленої електроенергії, що дозволяє підприємствам точно знати, скільки енергії, яку вони використовують.

Планування і контроль використання ресурсів: АСКОВЕ допомагає підприємствам планувати і контролювати використання енергетичних ресурсів, що сприяє оптимізації витрат і підвищенню енергоефективності.

					<i>МРМА 23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		55

Централізований збір даних: Ця система забезпечує централізований збір даних про обсяги виробництва та споживання електроенергії через встановлені проміжки часу на сервері, що дозволяє вести детальний облік та аналіз.

Контроль навантажень: АСКОЕ дозволяє моніторити навантаження в режимі реального часу, що допомагає уникнути перевантажень та аварій.

Фіксація порушень: Система фіксує порушення штатного режиму роботи системи енергопостачання в журналі подій для подальшого аналізу та обслуговування.

Аналіз даних: АСКОЕ дозволяє аналізувати отримані дані відповідно до вимог та створювати звіти про роботу засобів вимірювання та потоків електроенергії.

Зберігання і передача даних: Система забезпечує зберігання необхідних даних за заданий період з можливістю їх структурування та передачу даних зацікавленим організаціям.

Зменшення споживання ресурсів: Однією з головних переваг АСКОЕ є можливість зниження споживання енергоресурсів, що призводить до зменшення витрат і негативного впливу на довкілля.

АСКОЕ стала необхідною для багатьох галузей промисловості і допомагає підприємствам вдосконалювати свою продуктивність та долучатися до сталого розвитку. Оптимізація витрат енергоресурсів є ключовою складовою сучасного бізнесу, і АСКОЕ виступає важливим інструментом для досягнення цієї мети.

Архітектура Автоматизованої Системи Комерційного Обліку Енергоресурсів (АСКОЕ) складається з трьох рівнів.

					<i>МРМА 23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		56

Перший рівень АСКОЕ:

- Перший рівень системи є базовим і включає в себе фізичні пристрої, які здійснюють вимірювання параметрів енергоресурсів та фізичних величин. Це можуть бути лічильники електричної енергії, датчики тиску, термоперетворювачі опору та інші прилади, спеціально призначені для вимірювання і моніторингу енергоресурсів. Важливим аспектом на цьому рівні є можливість безперервного, цілодобового функціонування цих пристроїв без присутності постійного обслуговуючого персоналу. Їх робота повинна бути автономною та надійною. Пристрої АСКОЕ з цілодобовим режимом роботи. Для безперервної їх роботи по зберігання, опрацюванню та передачі даних, живлення обладнання зарезервовано системою гарантованого електропостачання.

Також на першому рівні застосовуються сучасні засоби вимірювальної техніки, які відповідають вимогам чинних Державних та галузевих стандартів. Ці пристрої внесені до Реєстру затверджених типів засобів вимірювальної техніки.

Другий рівень АСКОЕ:

Другий рівень системи включає в себе пристрої збору і передачі даних (ПЗПД). Їх завданням є збір, обробка та передача вимірювальної інформації та телеметричних даних, які були отримані з першого рівня. ПЗПД важливі для організації збору даних в форматі, визначеному на етапі проектування АСКОЕ. Вони взаємодіють з вимірювальними пристроями і передають інформацію на третій рівень системи.

					<i>МРМА 23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		57

Третій рівень АСКОЕ:

Третій рівень системи є високорівневим і забезпечує обробку, зберігання та подальшу передачу інформації з усіх вузлів обліку. На цьому рівні здійснюється аналіз отриманих даних, їх зберігання і надання доступу локальним користувачам системи. Також, якщо це необхідно, на цьому рівні може здійснюватися передача даних відповідно до угод про інформаційний обмін з іншими системами чи організаціями.

Розгляд технічного забезпечення Автоматизованої Системи Комерційного Обліку Енергоресурсів (АСКОЕ) і його компонентів:

Дистанційне керування навантаженням:

Контролери: АСКОЕ використовує спеціальні контролери, які забезпечують можливість дистанційного керування навантаженням. Ці контролери зазвичай мають вбудовані програмні засоби для автоматизації процесів керування електричним обладнанням.

Електронні прилади обліку:

Лічильники електроенергії: Система використовує сучасні електронні лічильники електроенергії. Ці лічильники точно та надійно вимірюють кількість спожитої або виробленої електроенергії і можуть автоматично передавати ці дані до системи.

Модулі суматорів з внутрішньою пам'яттю:

Спеціальні модулі: Для накопичення і аналізу даних про споживання

					<i>МРМА 23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		58

енергоресурсів використовуються спеціальні модулі суматорів з внутрішньою пам'яттю. Ці модулі дозволяють розділяти дані за різними параметрами, такими як тарифи та типи ресурсів.

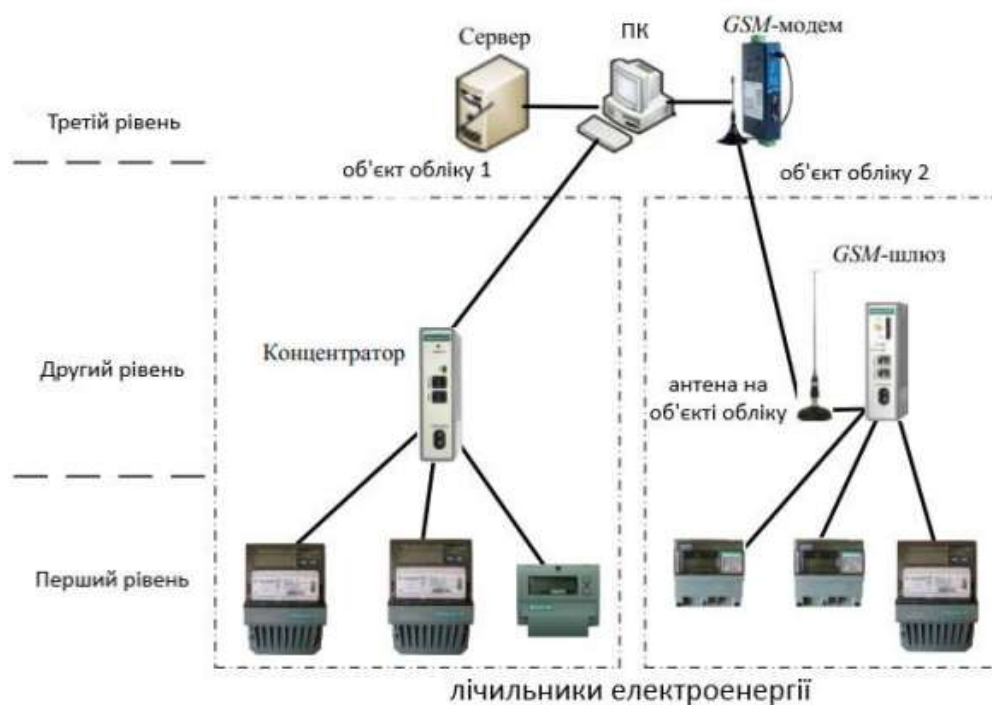


Рисунок 4.1 – Структурна схема АСКОЕ

Збір і передача даних:

Пристрої збору та передачі даних (ПЗПД): На другому рівні АСКОЕ розташовані пристрої збору та передачі даних, які забезпечують збір, обробку і передачу вимірювальних і телеметричних даних між першим та третім рівнями системи. Ці пристрої можуть використовувати провідні лінії та бездротові

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

мережі зв'язку для передачі інформації.

Центри обробки інформації:

Встановлені потужні сервери для збору, обробки, зберігання та доступу до інформації з усіх вузлів обліку. Це дозволяє забезпечити надійну та швидку роботу системи.

Спеціалізоване програмне забезпечення:

Використання спеціалізованого програмного забезпечення для ефективного керування та моніторингу системи. Це дозволяє операторам віддалено керувати системою, аналізувати дані та створювати звіти.

Адміністрування та права доступу:

Існує адміністратор системи, який відповідає за налаштування та керування правами доступу користувачів до системи, а також за кібербезпеку та захист даних.

Підключення до ТП:

Система підключається до трансформаторної підстанції, де збираються дані про виробництво та споживання електроенергії. Це важливо для моніторингу та управління електричною мережею.

Загалом, ця система передачі даних використовує сучасні технології та засоби для забезпечення надійності, безпеки, ефективності моніторингу та управління електричною мережею.

					<i>МРМА 23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

3.4.1 Кабельні лінії

У проекті передбачено різні кабельні мережі для забезпечення зв'язку та комутації компонентів сонячної електростанції (ФЕС). Основні типи кабельних мереж включають:

1. Кабельні мережі постійного струму напругою до 1 кВ: Ці мережі використовуються для комутації фотоелектричних модулів (ФЕМ) в ряди та для приєднання рядів ФЕМ до входів постійного струму шинної підстанції (ШП). Вони складаються з мідних кабелів типу "solar" із силовою жилою перерізом 4 мм², які мають спеціальну ізоляцію, призначену для використання в сонячних системах. Ці кабелі володіють високою термічною стійкістю та озоностійкістю.

2. Кабельні мережі змінного струму напругою від 0,4 кВ до 10 кВ: Ці мережі використовуються для комутації всього силового обладнання та устаткування від виходів змінного струму інверторів напругою 0,4 кВ і до точки видачі потужності в загальну електромережу напругою 10 кВ. Кабельні лінії напругою 0,4 кВ виконані чотирьохжильними кабелями типу АВВг-1, а кабельна лінія напругою 10 кВ - кабелем типу ААШв-10. Усі ці кабелі мають відповідну ізоляцію та конструкцію для відповідної напруги і потужності.

Кабельні лінії у проекті мають важливі характеристики та заходи для забезпечення їхньої надійності і безпеки:

1. Прокладання в землі: Кабельні лінії прокладаються в землі у спеціальних траншеях на глибині 0,7 метра. Це дозволяє захистити їх від механічних пошкоджень та інших негативних впливів.

2. Захист від механічних ушкоджень: Кабельні лінії захищаються від механічних ушкоджень шляхом прокладання на піщаній подушці та

					<i>МРМА 23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						61
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

застосування сигнальної стрічки згідно з відповідними стандартами.

3. Різні глибини прокладання: У місцях перетину кабельних трас кабелі прокладаються на різних глибинах, таким чином, щоб один кабель був на 0,25 метра нижче іншого. Це робить систему більш надійною та захищеною.

4. Кабельна мережа зв'язку: Для системи керування та моніторингу використовуються неекрановані кабелі зв'язку, включаючи виті пари типу cat 5e та оптоволоконні кабелі. Ці кабелі прокладаються у відритих траншеях у поліетиленових трубах для захисту.

5. Захист від ультрафіолетового випромінювання: Кабельний захист слід забезпечувати від ультрафіолетового випромінювання, що може пошкодити матеріали та знизити їх строк служби. На ділянках кабельних ліній від безпосередньо виходів інвертора до входу у металевий короб кабель слід захищати гофрованою трубою, яка нечутлива до дії ультрафіолетового випромінювання.

Таблиця 3.1 – Перевірка кабельних ліній постійного струму за умови нагрівання

Лінія	Марка кабелю	Розрахунковий струм I _p , А	Допустимий струм I _d , А	Виконання умови
DC1.1 – DC1.13	КВЕ 1x6	13,17	50	Виконується

Кабельні мережі змінного струму.

Кабельні мережі змінного струму напругою 0,4 кВ складаються із кабельних ліній, які функціонально призначені для комутації всього силового обладнання та устаткування від виходів змінного струму інверторів напругою 0,4 кВ до КТП-10/0,4 кВ.

Кабельні лінії напругою 0,4 кВ виконані кабелем типу АВББШв (броньований кабель з алюмінієвими жилами та ізоляцією з полівінілхлориду).

де потрібна швидка відповідь на команди.

Екранування. Екранований кабель має захисний екран, який допомагає запобігти електромагнітним перешкодам та сприяє кращій захист від зовнішніх впливів.

Надійність. Кабель Cat 5e відомий своєю надійністю та довговічністю, що важливо для систем, які мають працювати без збоїв протягом тривалого періоду.

Волоконно-оптичний кабель. Висока пропускну здатність: Волоконно-оптичний кабель забезпечує високу пропускну здатність та швидкість передачі даних, що корисно для великих обсягів даних, які можуть генеруватися в системах керування та моніторингу. Імунітет до електромагнітних завад: Оптичний сигнал у волоконно-оптичному кабелі не чутливий до електромагнітних завад, тому цей тип кабелю є ідеальним для вимогливих умов. Дальність передачі: Волоконно-оптичний кабель дозволяє передавати сигнали на значну відстань без втрати якості сигналу.

3.4.2 Системи управління роботою інверторів та збору даних

Інвертор перетворює електроенергію постійного струму, яку виробляють фотоелектричні модулі в електроенергію змінного трифазного струму синусоїдальної форми. Інвертор функціонує лише коли є напруга в мережі змінного струму, причому, напруга має знаходитись у фіксованих межах згідно з відповідними стандартами, а коли вона зникає, або виходить за допустимі межі, інвертор автоматично відключається.

За наявності струму від ФЕМ і напруги в мережі змінного струму, інвертор починає перетворення електроенергії постійного струму, що виробляють ФЕМ, і видає її в мережу змінного струму. Перетворювач відбирає максимальну потужність, яку здатний видати ФЕМ в мережу, в будь-який момент при різному рівні сонячного випромінювання.

Роботою інвертора керують мікропроцесори, які забезпечують вихідний струм синусоїдальної форми з мінімальною похибкою та синхронізованою по фазі напругою. Застосований логічний контроль забезпечує автоматизоване

									Арк.
									64
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата	MPMA 23.00.00.000 ПЗ				

функціонування інвертора і всієї ФЕС, а також постійний контроль точки максимальної потужності ФЕМ і зниження втрат в черговому режимі в той час доби, коли відсутня сонячна радіація.

В спроектованій системі застосовані інвертори фірми Huawei SUN2000-100KTL-M1-400Vac (8 шт.) потужністю 100 кВт кожен.

До семи інверторів підключено по 234 ФЕМ та до одного 216 ФЕМ сумарною потужністю 125,19 кВт (пік) та 115,56 кВт (пік). Всі ФЕМ розподілені на 103 стринга по 18 модулів (з'єднані послідовно). Така конфігурація забезпечує оптимально узгоджену роботу ФЕМ з інвертором.

Конструктивне виконання інверторів – IP66.

Живлення внутрішніх систем інвертора забезпечується від лінії, в яку постачається електроенергія.

Компанія Huawei є одним з провідних світових виробників інверторів, трансформаторів та іншого обладнання для фотоелектричних електростанцій. Компанія Huawei має філіали обслуговування клієнтів, дослідницькі центри та виробничі потужності в Південній та Північній Америках, Азії та Європі, зокрема в Україні. Продукція компанії Huawei є надійною, інноваційною та якісною.

Серед переваг Huawei слід зазначити наступні:

- висока ефективність (ККД до 98.8%);
- високошвидкісний та точний MPPT-алгоритм, який забезпечує стеження за виробленою потужністю у реальному часі для збільшення вироблення енергії;
- плоскі криві ефективності, що забезпечують високу ефективність на всіх рівнях вихідної потужності, постійну та стабільну роботу на різних рівнях вхідної потужності;
- комутаційний відсік, який забезпечує легкість та надійність монтажу відповідно до міжнародних стандартів;
- зовнішній максимально захищений корпус, який дозволяє встановлювати інвертор у майже будь-яких кліматичних умовах;

					<i>MPMA 23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		65

- висока якість контактів та з'єднань, якими інвертор сполучається із лініями модулів та мережею;
- легкість та зручність монтажу інвертора;
- висока якість електроенергії, що постачається до мережі;
- мінімум операцій з обслуговування інвертора;
- вбудовані системи контролю та моніторингу загальної електричної мережі, які дозволяють синхронізувати роботу інверторів з мережею задля забезпечення безперебійної роботи станції;
- вбудована система стеження за роботою лінійок модулів;
- система моніторингу, яка дозволяє задавати параметри роботи, отримувати дані з виробництва електроенергії та контролювати наявність помилок у роботі.

В інверторі є захист по входу (DC) від перенапруги і від зміни полярності.

Інвертор оснащений такими автоматичними функціями:

- пошук точки максимальної потужності (MPPT) фотоелектричних модулів;
- припинення видачі енергії в мережу при зниженні потужності, що генерується фотоелектричними модулями, нижче заданої межі мінімальної потужності;
- припинення видачі енергії в мережу і оповіщення попереджувальним сигналом у разі змінення вхідної (DC) або вихідної (AC) напруги вище або нижче допустимого значення, а також при відхиленні частоти (AC) за межі допуску;
- детектор стану ізоляції з попереджувальним сигналом.

Обрані інвертори – зовнішнього виконання, що дозволяє розташовувати їх поза приміщеннями на металевих каркасах під групою ФЕМ. Навіс із ФЕМ виконує захисну функцію, оберігаючи інвертори від прямих сонячних променів та опадів. Інвертор здатен працювати в широкому діапазоні температур та за складних кліматичних умов (при снігопадах та при аномальній спеці).

					<i>МРМА 23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		66

Висновки до розділу

Досліджено та вибрано системи Автоматизованого Системи Контролю та Оптимізації Енергопостачання (АСКОЕ), що відіграють ключову роль у керуванні та моніторингу фотоелектричної станції (ФЕС). Для забезпечення ефективності роботи ФЕС були вибрані та перевірені кабельні лінії як постійного, так і змінного струму. Це важливий елемент інфраструктури, який допомагає забезпечити мінімальні втрати напруги та потужності у системі.

Система управління роботою інверторів та збору даних є ключовою складовою проекту. У спроектованій системі використовуються інвертори фірми Huawei, які відомі своєю надійністю та продуктивністю. Вони дозволяють оптимізувати роботу ФЕС та максимізувати виробництво електроенергії. Деякі з переваг інверторів фірми Huawei включають високу ефективність, надійність та можливість віддаленого моніторингу та управління.

Використання таких технологічних рішень допомагає забезпечити стабільну та ефективну роботу ФЕС.

					<i>МРМА 23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		67

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В проекті враховані світові тенденції розвитку сонячної енергетики, включаючи її роль у зменшенні викидів парникових газів і боротьбі з кліматичними змінами. Розглянуто динаміку росту виробництва сонячної енергії в різних країнах і визначено перспективи для України.

Географічний аналіз включав в себе вивчення рельєфу і сонячної інсоляції на ділянці для будівництва сонячної фотоелектричної станції (ФЕС) в с. Шевченкове, Броварського району, Київської області. Оптимальні рішення щодо генплану та обладнання ФЕС (включаючи інвертори, КТП- 10/0,4кВ) були розроблені з урахуванням цих параметрів. Також були розглянуті варіанти розміщення сонячних панелей і їх кут нахилу для максимізації збору сонячної енергії.

Всі технологічні рішення у проекті були спрямовані на мінімізацію втрат напруги та потужності в системах постійного та змінного струму ФЕС. Це включало в себе використання передових методів та обладнання для оптимізації роботи станції, враховуючи характеристики сонячної енергії в даному регіоні.

Станція була обладнана рядом систем, включаючи систему автоматичного стабілізатора частоти і енергопостачання (АСКОЕ), а також систему управління і моніторингу. Були вжиті заходи безпечної експлуатації, такі як заземлення та блискавкозахист, щоб забезпечити електро- та пожежну безпеку станції. Проект ФЕС розрахований на зниження викидів CO₂.

Для аналізу та прогнозування генерації електроенергії ФЕС використовувалася програма PV SYST.V6.49. Ця програма дозволила детально вивчити ефективність станції, враховуючи різні показники, такі як сонячна інсоляція, кут нахилу сонячних панелей, інші метеорологічні умови та характеристики обладнання. Такий підхід дозволив точно прогнозувати виробіток електроенергії та забезпечити ефективну роботу ФЕС.

Автор проекту рекомендує встановити метеопост та впровадити систему

					<i>МРМА 23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		68

метеопрогнозування, розроблену на кафедрі МАЕЕС Хмельницького національного університету. Ця система дозволить збирати дані про метеорологічні умови на місцевості ФЕС і використовувати їх для точного прогнозування генерації сонячної енергії. Такий прогноз допоможе оптимізувати роботу станції і забезпечити максимальний виробіток електроенергії при різних погодних умовах.

					<i>МРМА 23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		69

16. НАПБ 05.028-2004 «Протипожежний захист енергетичних підприємств, окремих об'єктів та енергоагрегатів»

17. ГОСТ 13109-97 Електрична енергія. Сумісність технічних засобів електромагнітна. Норми якості електричної енергії у системах електропостачання загального призначення

18. Інструкція НКРЕ про порядок комерційного обліку електроенергії N 2539 від 02.10.2015 (<https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va349227-98#Text>)

19. МІНІСТЕРСТВО ПАЛИВА ТА ЕНЕРГЕТИКИ УКРАЇНИ НАКАЗ від 02.06.2008 № 303 (<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0673-08#Text>)

20. ГКД 34.20.507-2003 «Правила технічної експлуатації електричних станцій і мереж»

21. ДБН В.2.5-27-2006. Захисні заходи електробезпеки в електроустановках будинків і споруд.

22. ДБН В.1.2-2:2006 «Навантаження і впливи. Норми проектування»

23. ДБН В.2.6-198:2014 «Сталеві конструкції. Норми проектування»

24. ДЕРЖСТАНДАРТ 27772-88 Прокат для будівельних сталевих конструкцій. Загальні технічні умови

25. ДСТУ Б В.2.6-200:2014 «Конструкції металеві. Вимоги до монтажу»

26. ДБН А.3.2-2:2009 «Охорона праці і промислова безпека у будівництві»

27. ГКД 34.21.260-2003 «Технологічна інструкція з застосування та прокладання сигнальної стрічки в траншеях із силовими кабелями напругою до 35 кВ та контрольними кабелями»

28. Закону України "Про затвердження Правил користування електричною енергією" від 31.07.1996 № 28 (https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0417-96#doc_info)

29. Наказ МІНІСТЕРСТВО ЕНЕРГЕТИКИ ТА ВУГІЛЬНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ УКРАЇНИ «Про затвердження Правил улаштування електроустановок» від 21.07.2017 № 476

										Арк.
										71
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата	МРМА 23.00.00.000 ПЗ					

(<https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0476732-17#Text>)

30. Карякін Р. Н. «Довідник з блискавкозахисту», 2005 р.

31. Долін П. А. «Основи техніки безпеки в електроустановках», М. «Енергія», 1979 р., 408 с.

32. Технічні аспекти впровадження джерел розподіленої генерації в електричних мережах /Укл. Академік НАН України О.В. Кириленко, канд. техн. наук Л.М. Лук'яненко, канд. техн. наук В.В. Павловський. Інститут електродинаміки НАН України, 2010.

33. Аналіз показників якості електроенергії сонячної електростанції /Укл. Я.В. Бацала, І.В. Гладь, У.М. Николин. Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2013.

34. Методичні вказівки до оформлення та підготовки до захисту дипломних проектів та робіт для студ. і студентів-іноземців усіх форм навчання напряму підготов. 6.050701 «Електротехніка та електротехнології» за прогр. проф. спрямування «Електричні системи і мережі» та спеціальності 7.05070102 «Електричні системи і мережі» / Укладачі: В.В. Кирик, В.В. Чижевський - К.: НТУУ «КП ім. Ігоря Сікорського», 2016.

					<i>МРМА 23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		72

Додатки

					<i>MPMA 23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						73
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Додаток А

Перелік нормативно-правових документів, які були використані при розробці проекту

1. Закони України	
1.1. Закон України «Про регулювання містобудівної діяльності»	
1.2. Закон України «Про електроенергетику»	
1.3. Закон України «Про енергозбереження»	
1.4. Закон України «Про альтернативні джерела енергії»	
1.5. Закон України «Про охорону навколишнього середовища»	
1.6. Закон України «Про охорону атмосферного повітря»	
1.7. Закон України «Про забезпечення санітарного та епідеміологічного благополуччя населення»	
1.8. Закон України «Про охорону праці»	
1.9. Кодекс цивільного захисту України	
1.10. Закон України «Про екологічну експертизу»	
1.11. Закон України «Про об'єкти підвищеної небезпеки»	
2. Будівельні норми і правила	
2.1. ДБН А.2.1-1-2008	Інженерні вишукування для будівництва
2.2. ДБН А.2.2-1-2003	Проектування. Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС) при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд
2.3. ДСТУ-Н Б А.2.2-11:2014	Настанова щодо проведення авторського нагляду за будівництвом
2.4. ДБН А.3.1-5-2016	Організація будівельного виробництва
2.5. ДБН В.1.1-46:2017	Інженерний захист територій, будівель і споруд від зсувів та обвалів. Основні положення

3.2. НПАОП 40.1-1.21-98 (ДНАОП 0.00-1.21-98)	Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів
3.3. НПАОП 0.00-4.09-07	Типове положення про комісію з питань охорони праці підприємства
3.4. НПАОП 0.00-4.12-05	Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці
3.5. НПАОП 0.00-4.15-98	Положення про розробку інструкцій з охорони праці
3.6. НПАОП 0.00-4.20-94 ДНАОП 0.03-8.06-94	Положення про порядок проведення державної експертизи (перевірки) технологічної, конструкторської, технічної документації на виготовлення засобів виробництва на відповідність їх нормативним актам про охорону праці
3.7. ДНАОП 0.00-7.03-94	Методика проведення державної експертизи (перевірки) проектної документації на будівництво (реконструкцію, технічне переоснащення) виробничих об'єктів і виготовлення засобів виробництва на відповідність їх нормативним актам про охорону праці
3.8. НПАОП 0.00-6.03-93	Порядок опрацювання та затвердження роботодавцем нормативних актів з охорони праці, що діють на підприємстві
3.9. НПАОП 0.00-4.01-08	Положення про порядок забезпечення працівників спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту
3.10. НПАОП 0.00-2.01-05 (НПАОП 0.00-8.24-05)	Перелік робіт з підвищеною небезпекою

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРМА 23.00.00.000 ПЗ

Арк.

76

6.3. НПАОП 0.00-4.12-05	Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці
6.4. ГОСТ 12.1.003-83	Система стандартів безпеки праці. Шум. Загальні вимоги безпеки. Зі зміною №1 (СТ СЭВ 1930-79)
6.5. ГОСТ 12.1.004-91	Система стандартів безпеки праці. Пожежна безпека. Загальні вимоги
6.6. ГОСТ 12.1.005-88	Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони
6.7. ГОСТ 12.1.007-76	Система стандартів безпеки праці. Шкідливі речовини. Класифікація і загальні вимоги безпеки
6.8. ГОСТ 12.1.030-81	ССБТ. Електробезпека. Захисне заземлення. Занулення
6.9. ДСТУ 12.1.038:2008	ГОСТ Система стандартів безпеки праці. Електробезпека. Гранично допустимі значення напруг дотику і струмів
6.10. ГОСТ 12.2.003-91	Устаткування виробниче. Загальні вимоги безпеки
6.11. ДСТУ 12.2.061:2009	ГОСТ Система стандартів безпеки праці. Устаткування виробниче. Загальні вимоги безпеки до робочих місць
6.12. ГОСТ 12.3.002-75	Процеси виробничі. Загальні вимоги безпеки
6.13. ДСТУ Б А.3.2-12:2009	Системи вентиляційні. Загальні вимоги
6.14. ГОСТ 12.4.026-76*	ССБТ. Кольори сигнальні і знаки безпеки
6.15. ДСТУ 3191-95	Обладнання для кондиціонування повітря та вентиляції. Загальні вимоги безпеки
7. Інші нормативні документи	

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРМА 23.00.00.000 ПЗ

Арк.
78

7.1. ОНД 1-84	Інструкція про порядок розгляду, узгодження і експертизи повітряохоронних заходів і видачі дозволів на викид забруднюючих речовин в атмосферу по проектних рішеннях
7.2. ВНТП 81 (ВСН 29-81)	Норми технологічного проектування теплових електричних станцій
7.3. СОУ ЖКГ 41.0035077234.010:2008	Системи централізованого господарсько-питного водопостачання та комунального теплопостачання. Захист протикорозійний. Загальні вимоги та методи контролювання
7.4.	Інструкція про порядок розробки та затвердження гранично допустимих скидів (ГДС) речовин у водні об'єкти із зворотними водами

					<i>МРМА 23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		79

Додаток Б

Фотоелектричний модуль потужністю 535 В

www.jinkosolar.com



72M HC

520-540 Watt

MONOCRYSTALLINE MODULE

Positive power tolerance of 0~+3%

ISO9001:2015, ISO14001:2015, ISO45001:2018 certified factory

IEC61215(2016), IEC61730(2016), certified products.

TIGER Pro

KEY FEATURES



Multi Busbar Solar Cell

Multi busbar solar cell adopts new technology to improve the efficiency of modules, offers a better aesthetic appearance, making it perfect for rooftop installation.



PID Resistance

Excellent Anti-PID performance guarantees limited power degradation for mass production.



Higher Lifetime Power Yield:

0.55% annual power degradation
25 year linear power warranty



Low-light Performance

Advanced glass and cell surface textured design ensure excellent performance in low-light environment.



Severe Weather Resilience

Certified to withstand wind load (2400 Pascal) and snow load (5400 Pascal).



Durability Against Extreme Environmental Conditions

High salt mist and ammonia resistance certified by TÜV NORD.



LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

12 Year Product Warranty • 25 Year Linear Power Warranty
0.55% Annual Degradation Over 25 years



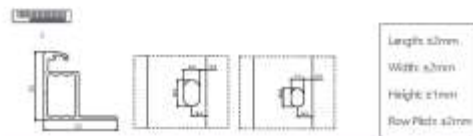
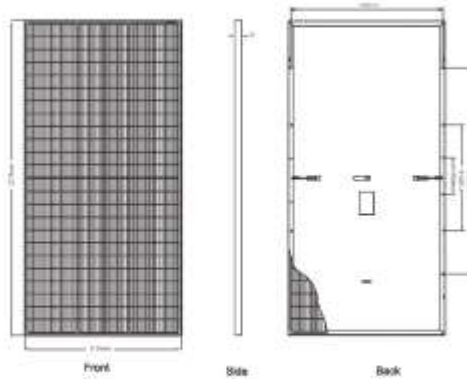
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата
-----	------	---------	--------	------

MPMA 23.00.00.000 ПЗ

Арк.

80

Engineering Drawings



Packaging Configuration

(Two pallets = One stack)

31 pcs/pallets, 62 pcs/stack, 620 pcs/ 40'HQ Container

Electrical Performance & Temperature Dependence



Mechanical Characteristics

Cell Type	P type Mono-crystalline
No. of cells	144 (6x24)
Dimensions	2274×1134×35mm (89.53×44.65×1.38 inch)
Weight	28.9 kg (63.7 lbs)
Front Glass	3.2mm Anti-Reflection Coating, High Transmission, Low Iron, Tempered Glass
Frame	Anodized Aluminium Alloy
Junction Box	IP68 Rated
Output Cables	TUV: 1×4.0mm ² (+/- 250mm), (-/- 150 mm or Customized Length)

SPECIFICATIONS

Module Type	MM520-72HLD-MBV		MM525-72HLD-MBV		MM530-72HLD-MBV		MM535-72HLD-MBV		MM540-72HLD-MBV	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	520Wp	387Wp	525Wp	391Wp	530Wp	394Wp	535Wp	398Wp	540Wp	402Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	40.41V	37.52V	40.49V	37.67V	40.56V	37.84V	40.63V	37.91V	40.70V	38.08V
Maximum Power Current (Imp)	12.87A	10.31A	12.97A	10.37A	13.07A	10.42A	13.17A	10.50A	13.27A	10.55A
Open-circuit Voltage (Voc)	48.10V	46.34V	48.18V	46.42V	48.26V	46.50V	48.34V	46.57V	48.42V	46.65V
Short-circuit Current (Isc)	13.57A	10.95A	13.64A	11.02A	13.71A	11.07A	13.78A	11.14A	13.85A	11.19A
Module Efficiency STC (%)	20.17%		20.30%		20.55%		20.75%		20.94%	
Operating Temperature(°C)	-40°C ~ +65°C									
Maximum system voltage	1500VDC (IEC)									
Maximum series fuse rating	25A									
Power tolerance	0 ~ +3%									
Temperature coefficients of Pmax	-0.35%/°C									
Temperature coefficients of Voc	-0.29%/°C									
Temperature coefficients of Isc	0.048%/°C									
Nominal operating cell temperature (NOCT)	45±2°C									

* STC: ☀ Irradiance 1000W/m² 📡 Cell Temperature 25°C ☁ AM=1.5
 NOCT: ☀ Irradiance 800W/m² 📡 Ambient Temperature 20°C ☁ AM=1.5 🌬 Wind Speed 1m/s
 • Power measurement tolerance: ± 3%

©2020 Jinko Solar Co., Ltd. All rights reserved.
 Specifications included in this datasheet are subject to change without notice.

MM520-540-72HLD-MDV-A2(2)-EN IEC2018

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата
-----	------	---------	--------	------

МРМА 23.00.00.000 ПЗ

Арк.
81

SUN2000-100KTL-M1
Technical Specification

Technical Specification

SUN2000-100KTL-M1

Efficiency

Max. efficiency	98.8% @480 V, 98.6% @380 V / 400 V
European efficiency	98.6% @480 V, 98.4% @380 V / 400 V

Input

Max. Input Voltage ¹	1,100 V
Max. Current per MPPT	26 A
Max. Short Circuit Current per MPPT	40 A
Start Voltage	200 V
MPPT Operating Voltage Range ²	200 V – 1,000 V
Nominal Input Voltage	720 V @480 Vac, 600 V @400 Vac, 570 V @380 Vac
Number of MPP trackers	10
Max. input number per MPP tracker	2

Output

Nominal AC Active Power	100,000 W
Max. AC Apparent Power	110,000 VA
Max. AC Active Power (cosφ=1)	110,000 W
Nominal Output Voltage	480 V / 400 V / 380 V, 3W+(N)+PE
Rated AC Grid Frequency	50 Hz / 60 Hz
Nominal Output Current	120.3 A @480 V, 144.4 A @400 V, 152.0 A @380 V
Max. Output Current	133.7 A @480 V, 160.4 A @400 V, 168.8 A @380 V
Adjustable Power Factor Range	0.8 leading – 0.8 lagging
Max. Total Harmonic Distortion	< 3%

Protection

Input-side Disconnection Device	Yes
Anti-islanding Protection	Yes
AC Overcurrent Protection	Yes
DC Reverse-polarity Protection	Yes
PV-array String Fault Monitoring	Yes
DC Surge Arrester	Type II
AC Surge Arrester	Type II
DC Insulation Resistance Detection	Yes
Residual Current Monitoring Unit	Yes
Arc Fault Protection	Optional

Communication

Display	LED Indicators; WLAN adaptor + FusionSolar APP
RS485	Yes
USB	Yes
Smart Dongle-4G	4G / 3G / 2G via Smart Dongle – 4G (Optional)
Monitoring BUS (MBUS)	Yes (Isolation transformer required)

General Data

Dimensions (W x H x D)	1,035 x 700 x 365 mm
Weight (with mounting plate)	90 kg
Operating Temperature Range	-25°C – 60°C
Cooling Method	Smart Air Cooling
Max. Operating Altitude	4,000 m (13,123 ft.)
Relative Humidity	0 – 100%
DC Connector	Staubli MC4
AC Connector	Waterproof Connector + OT/OT Terminal
Protection Degree	IP66
Topology	Transformerless
Nighttime Power Consumption	< 3.5 W

Standard Compliance (more available upon request)

Certificate	EN 62109-1/-2, IEC 62109-1/-2, EN 50530, IEC 62116, IEC 61727, IEC 60068, IEC 61683
Grid Connection Standards	VDE-AR-N4105, EN 50549-1, EN 50549-2, RD 661, RD 1699, C10/11

¹ The maximum input voltage is the upper limit of the DC voltage. Any higher input DC voltage would probably damage inverter.
² Any DC input voltage beyond the operating voltage range may result in inverter improper operating.

Version No. 04 (20201005)

SOLAR.HUAWEI.COM/EU/

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

MPMA 23.00.00.000 ПЗ

Арк.

83

