

Бакалаврська дипломна робота на тему:

«ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТОВАРИСТВА З
ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «НЕСС ПВ» ЗІ ВСТАНОВЛЕННЯМ
ДАХОВОЇ ФОТОЕЛЕКТРИЧНОЇ СТАНЦІЇ»

Виконала: студентка 4 курсу, групи ЗЕЕ-206
спеціальності 141 – «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»
за ОП «Електроенергетика та електротехніка»,
Шкуран А. В.

Керівник: д.т.н., професор Бурбело М. Й.
« 11 » 06 2024 р.

Рецензент: к.т.н., ст. викл. каф. ЕСС
(наук.ступінь, вч.звання, назва кафедри)
Сікорська О.В.
« 17 » 06 2024 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ЕСЕМ

д.т.н., професор Бурбело М. Й.

« 17 » 06 2024 р.

Вінницький національний технічний університет
Факультет електроенергетики та електромеханіки
Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту
Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)
Галузь знань – 14 «Електрична інженерія»
Спеціальність – 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
Освітньо-професійна програма – Електроенергетика та електротехніка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕСЕМ

д.т.н., професор Бурбело М. Й.

« 11 » 03 20__ р.

ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Шкуран Анна Володимирівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи : Підвищення ефективності електропостачання товариства з обмеженою відповідальністю «НЕСС ПВ» зі встановленням дахової фотоелектричної станції

Керівник роботи: Бурбело Михайло Йосипович,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджена наказом вищого навчального закладу від

« 11 » 03 2024 року № 80

2. Термін подання студентом роботи « 11 » 06 2024 року

3. Вихідні дані до роботи: дах будівлі площею 1518 м² за адресою м. Вінниця вул. Енергетична, 5-Б; пікова та номінальні потужності ФЕС; тип фотоелектричних модулів; тип інверторів; супутниковий знімок даху, де розміщатиметься ФЕС.

4. Зміст текстової частини:

Вступ.

1. Аналітичний розділ.

2. Розрахунковий розділ.

3. Проектно-конструкторський розділ.

4. Охорона праці.

Висновки.

Список використаних джерел.

5. Перелік ілюстративного матеріалу: Супутниковий знімок місцевості. Структурний план електричних з'єднань.

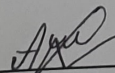
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спеціальна частина	д.т.н., професор Бурбело М. Й.	«11» 03 2024	«11» 03 2024
Охорона праці	д. пед. Н., проф. Кобилянський О. В.	« » 2024	« » 2024

7. Дата видачі завдання « 11 » 03 2024 р.

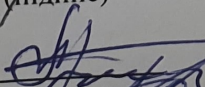
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів бакалаврської роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Формування та затвердження теми бакалаврської дипломної роботи (БДР)	До 11.03.2024	викон
2	Вступ. Огляд літературних джерел	До 29.03.2024	викон
3	Виконання теоритичної частини БДР (розділ 1 БДР)	До 15.04.2024	викон
4	Виконання практичної частини БДР (розділ 2 БДР)	До 30.04.2024	викон
5	Виконання рекомендаційної частини БДР (розділ 3 БДР)	До 15.05.2024	викон
6	Виконання розділу про охорону праці (розділ 4 БДР)	До 30.05.2024	викон
7	Формування висновків по роботі	До 05.06.2024	викон
8	Виконання графічної частини та оформлення презентації	До 10.06.2024	викон
9	Перевірка БДР на плагіат. Попередній захист БДР	До 11.06.2024	викон

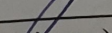
Студентка


(підпис)

Керівник роботи


(підпис)

Нормоконтроль


(підпис)

Шкуран А. В.

(прізвище та ініціали)

Бурбело М. Й.

(прізвище та ініціали)

Войтюк Ю. П.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

УДК 621.316.3

Шкуран Анна Володимирівна «Підвищення ефективності електропостачання товариства з обмеженою відповідальністю «НЕСС ПВ» зі встановленням дахової фотоелектричної станції». Бакалаврська дипломна робота. – Вінниця: ВНТУ. – 2024. – 68 с. Бібліогр.: 30. Рис. : 9. Табл. : 12.

Дипломна робота присвячена дослідженню та впровадженню механізмів підвищення ефективності електропостачання товариства з обмеженою відповідальністю «НЕСС ПВ» через встановлення дахової фотоелектричної станції.

В роботі досліджується сучасний стан електропостачання, а також аналізуються проблеми, пов'язані з його нестабільністю та високими витратами на енергію. На основі теоретичних досліджень і практичних розрахунків розробляються рекомендації щодо оптимального вибору технологій та параметрів фотоелектричної станції для досягнення максимальної ефективності.

Результатом роботи є розробка реалізаційної стратегії та практичних рекомендацій для впровадження фотоелектричної станції з метою підвищення ефективності електропостачання товариства «НЕСС ПВ» та забезпечення його сталого розвитку.

Ключові слова: сонячна генерація; фотоелектричний модуль; інвертор; стрінг; автоматизована система збору, передачі інформації та управління .

ABSTRACT

UDC 621.316.3

Shkuran Anna Volodymyrivna "Increasing the efficiency of the electricity supply of the limited liability company "KNESS PV" with the installation of a rooftop photovoltaic plant". Bachelor graduate work. – Vinnytsia: VNTU. - 2024. - 68 p. Bibliography: 30. Fig. : 9. Table. : 12.

The Bachelor graduate work is devoted to the research and implementation of mechanisms for increasing the efficiency of the electricity supply of the limited liability company "KNESS PV" through the installation of a rooftop photovoltaic plant.

The work examines the current state of electricity supply, and also analyzes the problems associated with its instability and high energy costs. On the basis of theoretical studies and practical calculations, recommendations are developed for the optimal choice of technologies and parameters of the photovoltaic plant to achieve maximum efficiency.

The result of the work is the development of an implementation strategy and practical recommendations for the implementation of a photovoltaic plant in order to increase the efficiency of the electricity supply of the company "KNESS PV" and ensure its sustainable development.

Keywords: solar generation; photovoltaic module; inverter; thong; automated system of information collection, transmission and management.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
1. АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ.....	11
1.1 Загальні відомості про використання сонячної енергії.....	11
1.2 Принцип роботи фотоелектричних систем.....	11
1.2.1 Фотоелектричні модулі.....	14
1.2.2 Інвертори	16
1.2.3 Розподільчі щити РЩ.....	18
1.2.4 Догляд за сонячними панелями	19
2. РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ	20
2.1 Вихідні дані.....	20
2.2 Завдання для проєктування	21
2.3 Розстановка блоків фотоелектричних модулів на даху будівлі	22
2.4 Кабельні зв'язки до 1000 В.....	25
2.5 Розрахунок струмів КЗ існуючої системи 0,4 кВ.....	27
2.6 Вибір ввідного автоматичного вимикача 0,4 кВ.....	29
2.7 Вибір номінальної напруги автоматичного вимикача.....	30
2.8 Вибір кількості полюсів автоматичного вимикача	30
2.9 Перевірка граничної вимикаючої здатності	30
2.10 Вибір струму розчеплювача захисту від перенавантаження	30
2.11 Перевірка чутливості захистів	31
2.12 Швидкодіючий захист від КЗ.....	31
2.13 Принцип роботи уставок захистів ввідних автоматичних вимикачів ..	32
2.14 Вибір трансформаторів струму 0,4 кВ	35
3. ПРОЄКТУВАЛЬНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	38
3.1 Ізоляція, заземлення, грозозахист.....	38
3.2 Паралельна робота ФЕС з мережею загального користування.....	40
3.3 Релейний захист та автоматика.....	41
3.4 Засоби обліку електроенергії	41
3.5 Структура АСУ ТП	42
3.5.1 Функції АСУ ТП.....	43

3.6 Розрахунок приблизної вартості ФЕС.....	47
3.7 Розрахунок класу наслідків	49
4. ОХОРОНА ПРАЦІ	52
4.1. Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта	52
4.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць під час оперативного обслуговування електроустановок	52
4.1.2 Електробезпека	55
4.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії	57
4.2.1 Мікроклімат	57
4.2.2 Склад повітря робочої зони.....	57
4.2.3 Виробниче освітлення.....	58
4.2.4 Виробничий шум	59
4.2.5 Виробнича вібрація	60
4.3. Пожежна безпека	61
Висновки	65
Список використаної літератури та посилань.....	67
ДОДАТКИ.....	69

Перелік умовних скорочень

ФЕС – фотоелектрична станція;

ФЕМ – фотоелектричний модуль;

ЛЕП – лінія електропередачі;

РЩ – розподільчий щит;

КЛ – кабельна лінія;

ЩВ – щит ввідний;

КЗ – коротке замикання;

АСУ ТП – автоматизована система управління технологічним процесом;

ПС – підстанція;

ТС – трансформатор струму;

КТП – комплексна трансформаторна підстанція.

Вступ

Актуальність теми. Застосування сонячної енергії для поліпшення електропостачання на сьогодні є актуальним і стратегічно важливим кроком для суспільства. Зелена енергія, така як сонячна, стає ключовим елементом у боротьбі з глобальним потеплінням та забрудненням навколишнього середовища. Сонячна генерація дозволяє зменшити викиди парникових газів, що допомагає зберегти екосистему та здоров'я людей.

Окрім екологічних переваг, перехід до сонячної енергії також сприяє енергетичній безпеці. Залежність від імпортованих вуглеводнів ставить під загрозу економічну та політичну стабільність багатьох країн. Використання сонячної енергії може зменшити цю залежність, забезпечуючи стійке енергопостачання внутрішнього ринку.

Крім того, сонячна енергія приносить економічну користь. Хоча встановлення сонячних систем може вимагати досить великих вкладень, вони швидко окупаються завдяки зниженню витрат на електроенергію у майбутньому. Це особливо важливо для секторів з великими витратами на енергію, таких як промисловість та комерційна нерухомість.

Технологічний прогрес у сфері сонячної генерації також відкриває нові можливості. Зростання ефективності сонячних панелей та систем зберігання енергії робить їх більш доступними та конкурентоспроможними на ринку енергетики.

Загалом, розвиток сонячної енергетики сприяє розвитку місцевих галузей промисловості та створенню нових робочих місць. Виробництво, встановлення та обслуговування сонячних систем створює можливості для розвитку місцевих економік та підтримки спільнот.

Сонячна генерація - це процес перетворення сонячної енергії, що випромінюється Сонцем, на електричну енергію за допомогою сонячних панелей. Сонячні панелі, також відомі як сонячні фотоелектричні модулі, складаються з напівпровідникових матеріалів, які абсорбують фотони світла і створюють електричний струм за явищем фотоефекту. Отриманий електричний струм потім може бути використаний для живлення різноманітних пристроїв та систем електропостачання.

Мета дослідження. дослідження та розробка стратегій та практичних заходів щодо підвищення ефективності електропостачання товариства з обмеженою

відповідальністю «НЕСС ПВ» за допомогою встановлення дахової фотоелектричної станції. Основні цілі включають аналіз поточного стану електропостачання, визначення проблем та викликів, пов'язаних з нестабільністю енергозабезпечення та зростаючими витратами на електроенергію. Далі метою є вивчення технологічних можливостей та економічної доцільності встановлення фотоелектричної станції, а також розробка конкретних рекомендацій щодо оптимального вибору технічних параметрів та режимів експлуатації станції з метою досягнення максимального підвищення ефективності електропостачання. У результаті дослідження та аналізу планується розробка реалізаційної стратегії, яка дозволить забезпечити стабільне, ефективне та стале електропостачання товариства «НЕСС ПВ», що сприятиме його конкурентоспроможності та сталому розвитку.

Об'єкт дослідження. Електропостачання товариства з обмеженою відповідальністю «НЕСС ПВ».

Предмет дослідження. Підвищення ефективності електропостачання товариства з обмеженою відповідальністю «НЕСС ПВ» через встановлення дахової фотоелектричної станції.

1. АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Загальні відомості про використання сонячної енергії

Сонячна енергія - це світло і тепло, яке нам присилає наша найближча зірка. Історія використання сонячної енергії має глибокі коріння, починаючи зі стародавніх цивілізацій, які використовували сонячне тепло для обігріву приміщень і приготування їжі. Але справжній переворот відбувся в 20-му столітті, коли вчені розробили способи конвертації сонячної енергії в електричну енергію [1].

Сучасні сонячні панелі виглядають як чорні скляні плити, що розташовані на даху будівель або на великих масштабних полях. Вони вловлюють фотони світла і перетворюють їх на електричний струм. Цей процес відбувається завдяки фотоелектричному ефекту, що відкрив його Ейнштейн у 1905 році. Коли світло падає на напівпровідникову поверхню сонячної панелі, він викликає рух електронів, що генерує електричний струм.

Ще один спосіб використання сонячної енергії - сонячні теплові системи. Вони використовуються для нагріву води або повітря, зазвичай для опалення приміщень або для виробництва гарячої води. Ці системи використовують сонячні колектори, щоб збирати і концентрувати сонячне тепло, а потім передають його до системи нагріву.

Існують переваги та обмеження використання сонячної енергії. Одна з головних переваг - це її природність та відновлюваність. Вона не викидає парникових газів і не забруднює довкілля, що робить її одним з найчистіших джерел енергії. Однак її ефективність залежить від доступності сонячного світла, тому що вона не ефективна вночі або в хмарну погоду. Також, вартість встановлення сонячних панелей може бути високою, хоча ця ціна постійно зменшується через технологічний прогрес.

Сонячна енергія - це ключ до майбутнього сталого енергетичного виробництва. І з кожним роком вона стає все доступнішою і ефективнішою, допомагаючи зменшити нашу залежність від традиційних джерел енергії та зберегти навколишнє середовище.

1.2 Принцип роботи фотоелектричних систем

Світло від Сонця, яке складається з фотонів енергії, потрапляє на сонячні панелі і, за допомогою фотоелектричного ефекту, перетворюється на електричний струм. Так

як кожна панель генерує обмежену кількість енергії, їх можна об'єднати в сонячну батарею для більш ефективного виробництва електроенергії.

Однак енергія, що виробляється, має форму постійного струму [2], тоді як більшість електронних пристроїв працюють на змінний струм, який надає електрична мережа. Отже, перш ніж використовувати сонячну енергію, її потрібно перетворити на змінний струм за допомогою інвертора. Цей змінний струм може бути використаний для живлення електроніки або подано в електричну мережу для використання в інших місцях.

Розглянемо детальніше про те, які бувають сонячні станції.

Загалом, є три основні схеми будови сонячних станцій: автономна, мережева та гібридна.

Принцип дії сонячної електростанції для автономного енергозабезпечення полягає у використанні акумуляторних батарей. Протягом дня сонячна енергія через зарядний пристрій (контролер) заряджає акумуляторні батареї до повної ємності. За допомогою інвертора, постійний струм з акумуляторних батарей перетворюється на змінний, що дозволяє користуватися електрикою цілодобово. Цей змінений струм потім подається в мережу підприємства.

Автономна сонячна електростанція особливо корисна в тих регіонах, де відсутній доступ до електромережі або часто відбуваються відключення. Варто відзначити, що така система може виявитися дорожчою у встановленні та експлуатації порівняно з мережевими аналогами.

Принцип роботи мережових сонячних систем полягає у використанні інверторів, які перетворюють постійний струм, отриманий від сонячних панелей, в змінний, що дозволяє використовувати електроенергію в мережі підприємства.

Однак, якщо сонячна система генерує більше енергії, ніж споживає підприємство, надлишки електрики можуть бути направлені в зовнішню мережу і продані за "зеленим" тарифом.

Важливою перевагою мережевої системи є можливість компенсувати недостатність сонячної енергії під час зимового періоду, тривалої хмарності або в інших умовах, коли виробництво сонячної енергії обмежене. У таких випадках підприємство може отримати електроенергію зовнішньої мережі.

Цей тип сонячних електростанцій став надзвичайно популярним в Україні, зокрема через сприятливі умови для виробництва сонячної енергії, а також через ініціативи держави щодо стимулювання використання відновлювальних джерел енергії. Такі системи сприяють зниженню витрат на електроенергію та зменшенню викидів вуглекислого газу, сприяючи екологічному сталому розвитку.

Гібридні електростанції поєднують у собі використання акумуляторних батарей та підключення до мережі. Тобто, коли мережа працює безперебійно, станцію використовують як мережеву, а, коли наявні перебої, станція переходить на автономне живлення, використовуючи енергію, накопичену в акумуляторах.

1.2.1 Фотоелектричні модулі

Фотоелектричний модуль – це пристрій, який перетворює сонячну енергію в електричну.

Для даної дахової фотоелектричної станції на 230 кВт будемо використовувати монокристалічні модулі RSM132-8-645M від фірми Risen потужністю 645 Вт кожен.

Згідно паспортних даних [3], характеристика обраних ФЕМ подана у таблиці 1.2.1.



Рисунок 1.2.1 – Сонячна панель виробництва фірми Risen

Обираючи монокристалічні сонячні модулі від Risen, я спиралась на гарні відгуки про їх використання та на доволі приємні ціни. Ці модулі відомі своєю здатністю максимально використовувати сонячну енергію завдяки своїй високій ефективності перетворення. Завдяки їх довговічності, можна бути впевненими, що дана сонячна система прослужить тривалий час, допомагаючи економити кошти на електроенергії. Крім того, їхня естетична привабливість робить їх ідеальним вибором для будь-якого типу будівлі. З відомою надійністю виробника Risen ви можемо мати повну впевненість у якості та надійності майбутньої сонячної енергетичної системи.

Таблиця 1.2.1 - Основні параметри ФЕМ типу RSM132-8-645M

№	Найменування показника	RSM132-8-645M
1	Максимальна потужність, P_m	645 Вт
2	Струм короткого замикання, I_k	14,91 А
3	Напруга холостого ходу, U_{xx}	45,15 В
4	Напруга в режимі видачі максимальної потужності, $U_{мп}$	37,58 В
5	Струм в режимі видачі максимальної потужності, $I_{мп}$	17,17 А
6	Габаритні розміри (Д, Ш, Т)	2384x1303x35 мм
7	Вага	35,5 кг
8	Відносне значення ефективності	20,8 %

1.2.2 Інвертори

Інвертор – це пристрій, який перетворює постійний струм в змінний.

Для проєктування даної ФЕС з номінальною потужністю 230 кВт пропонується використання трьох інверторів виробництва фірми Huawei - SUN2000-30KTL-M3 (потужністю 30 кВт) та два інвертора SUN2000-100KTL-M2 (потужністю по 100 кВт кожен).



Рисунок 1.2.2 – Інвертор Huawei SUN2000-30KTL-M3



Рисунок 1.2.3 – Інвертор Huawei SUN2000-100KTL-M2

Основні характеристики інверторів Huawei SUN2000-30KTL-M3 та SUN2000-100KTL-M2 подані у таблиці 1.2.2.

Таблиця 1.2.2 - Основні характеристики інверторів

№	Найменування показника	SUN2000-30KTL-M3	SUN2000-100KTL-M2
Вхідні параметри інвертора (DC)			
1	Максимальне значення напруги при постійному струмі, В	1100	1100
2	Максимальний струм на кожний MPPT, А	26	30
3	Максимальний струм КЗ на кожний MPPT, А	40	40
4	Стартова напруга, В	200	200
5	Робочий діапазон MPPT, В	200-1000	200-1000
6	Номінальна напруга, В	600	720
7	Максимальна кількість входів	8	2
8	Кількість MPP трекерів	4	10
Вихідні параметри інвертора (AC)			
1	Номінальна активна потужність, кВт	30	100
2	Максимальна повна потужність, кВА	33	110
3	Максимальна активна потужність, кВт	33	110
4	Номінальна напруга, В	400	400
5	Номінальна частота, Гц	50	50
6	Максимальний струм, А	47,9	160,4
7	Максимальний коефіцієнт нелінійних спотворень, %	3	3

Продовження таблиці 1.2.2

Загальні параметри інверторів			
1	Діапазон робочих температур, °C	-25 ÷ 60	-25 ÷ 60
2	Відносна вологість, %	0 ÷ 100	0 ÷ 100
3	Клас захисту оболонки	IP 66	IP 66
4	Рівень шуму	< 46 дБ	< 46 дБ
5	Висота установки, м	0 ÷ 4000	0 ÷ 4000
6	Габаритні розміри (ДхВхШ), мм	640 x 530 x 270	1 035 x 700 x 365
7	Вага, кг	43	93

MPPT (Maximum power point tracker - спостереження за точкою максимальної потужності) – це технологія, яка дозволяє відслідковувати максимальну точку потужності для кожного окремого елемента [4]. Це означає, що навіть якщо умови освітлення або інші фактори змінюються, система може максимізувати вироблену потужність. Це досягається шляхом постійного контролю і регулювання напруги чи струму, що подається з сонячних панелей, для досягнення найбільш ефективної роботи системи в будь-який момент часу. Такий підхід дозволяє максимізувати вироблення електроенергії навіть при змінних умовах довкілля.

1.2.3 Розподільчі щити РЩ

Розподільчий щит – це електроапаратура, що призначена для прийому та розподілу електричної енергії між споживачами.

Потужність від інверторів збирається у розподільчий щит (РЩ-0,4 кВ) змінного струму на 3 інвертора.

Для даної ФЕС використовуватиметься розподільчий щит типу EMITER UMO OS 80x80+K. Цей РЩ призначений для зовнішньої установки. Він є пластиковим та замикається на ключ.

Вибір даного РЩ аргументується його надійністю та якістю.

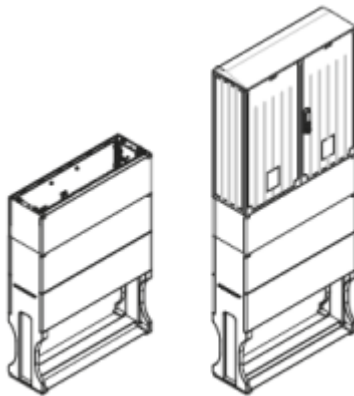


Рисунок 1.2.4 – Вигляд розподільчого щита типу EMITER UMO OS 80x80+K

1.2.4 Догляд за сонячними панелями

Непотрібно забувати, що будь-яке забруднення, таке як пил, бруд, опале листя або пташиний послід, має негативний вплив на продуктивність сонячних панелей. Регулярна очистка є важливою процедурою для забезпечення максимального виробництва енергії від сонячних панелей. Частота цієї очистки може залежати від регіону та середовища, де вони встановлені, але загалом рекомендується проводити її щонайменше двічі на рік [5].

Глибока очистка поверхні панелей є необхідною для видалення накопичених забруднень, які можуть блокувати сонячне світло і зменшувати ефективність панелей. Незалежно від того, чи є це пил, сміття або інші забруднення, вони можуть створювати тіні, які перешкоджають панелям збирати сонячну енергію [6]. Без вчасного та регулярного прибирання ефективність сонячних панелей може зменшитися на 20% або навіть більше, що може призвести до втрати потенційних виробничих можливостей та енергозбереження.

Також, не варто забувати про обрізку гілок дерев та великих кущів, що має на меті уникнення механічних пошкоджень для забезпечення оптимального освітлення сонячних панелей за відсутності тіні.

Таким чином, виробники сонячних енергетичних систем та власники мають бути уважними до необхідності регулярного догляду та очищення панелей, щоб забезпечити максимальну продуктивність та тривалість їх служби.

2. РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ

2.1 Вихідні дані

Виконуватиметься проєкт з реконструкції даху та системи електропостачання виробничої будівлі, виконаний за титулом "Реконструкція даху будівлі з влаштуванням фотоелектричної дахової електростанції за адресою: м. Вінниця вул. Енергетична, 5-Б".

Проектowana ФЕС призначена для виробництва електроенергії, шляхом безпосереднього перетворення енергії сонячного випромінювання в електричну енергію, за допомогою фотоелектричних напівпровідникових монокристалічних модулів. Встановлення фотоелектричних модулів передбачається на дахові будівлі Замовника на східному та західному скатах. Кріплення до опорної металоконструкції запроєктовано за допомогою спеціального клею (безрамкові модулі) та з використанням монтажних прижимів. Кріплення металоконструкції під фотоелектричні модулі до профнастилу покриття, також передбачено з використанням клею. Кут нахилу фотоелектричних модулів відповідає куту нахилу даху будівлі.

Електрична потужність постійної напруги, отримана з фотоелектричних модулів одиничною потужністю 645 Вт, збирається по радіальній мережі до 1000 В. Відповідно до проєктних рішень підключення блоків ФЕМ виконати до стрінгових інверторів, які в свою чергу приєднуються до РЩ-0,4 кВ. В інверторах відбувається перетворення потужності з постійної напруги в змінну. Вся згенерована потужність ФЕС передається з РЩ-0,4 кВ до існуючого ЩВ-0,4 кВ виробничої будівлі та розподіляється по внутрішній мережі.

Відповідно до Технічних умов точка приєднання проєктної фотоелектричної станції знаходиться на кінцях кабелю живлення, приєднаних до ввідних клем до облікового комутаційного апарата, встановленого на ввідному щиті обліку Замовника.

Номинальна потужність станції – 230 кВт.

Пікова потужність станції – 300,57 кВт.

Клас наслідків (відповідальності) об'єкта – СС1. Розрахунком потрібно підтвердити клас наслідків.

Кількість фотоелектричних модулів – 466 шт.

Потужність одного фотоелектричного модуля – 645 Вт.

Інвертори – 3 шт.

Потужність інверторів – 2 шт. по 100 кВт, 1 шт. – 30 кВт.

Категорія надійності електропостачання – III.

Площа поверхні даху для встановлення фотоелектричних модулів – 1518 м².

У складі інженерних вишукувань Замовником наданий топографо-геодезичний план існуючих міських комунікацій, призначений під будівництво проєктованої фотогальванічної електростанції. Обстежений майданчик вишукувань знаходиться за адресою: Вінницька обл., м. Вінниця, вул. Енергетична 5-Б. Ділянка, на території якої передбачається реконструкція даху, відноситься до I кліматичного підрайону. Розрахункова зимова температура зовнішнього повітря -21° С. Рельєф ділянки спокійний, без вираженого перепаду висот.

2.2 Завдання для проєктування

Відповідно до завдання на проєктування потрібно розробити такі рішення з будівництва ФЕС:

- розстановка блоків фотоелектричних модулів на даху будівлі Замовника на опорних металоконструкціях ;
- розстановка стрінгових інверторів та розподільчого щита 0,4 кВ;
- улаштування заземлення та захисту від грозових перенапруг;
- організація кабельних зв'язків між різними ланками технологічного процесу генерації електроенергії.

Супутниковий знімок даху та місцевості знаходиться на рисунку 2.3.1.

2.3 Розстановка блоків фотоелектричних модулів на даху будівлі

Поділивши пікову потужність станції на потужність одного модуля, знаходимо загальну кількість модулів. Для даної ФЕС загальна кількість модулів становитиме 466 штук.

Далі потрібно визначити кількість модулів, які приєднуються до кожного інвертора.

Для отримання потрібної напруги для запуску інвертора та для збору потужності із сонячних панелей, модулі об'єднують в блоки (стрінги).

Стрінг – це електричний контур, що складається з послідовно з'єднаних фотоелектричних модулів [7].

Перед розбиттям модулів на стрінги потрібно визначити кількість модулів, що під'єднані до кожного інвертора окремо. Для цього необхідно скористатись формулою:

$$n = \frac{P_{\text{переван}}}{P_{\text{модуля}}}, \quad (2.3.1)$$

де, $P_{\text{переван}}$ - потужність перенавантаження інвертора;

$P_{\text{модуля}}$ – номінальна потужність одного модуля.

Потужність перенавантаження інвертора визначається за формулою:

$$P_{\text{переван}} = P_{\text{інв}} + 30\% \cdot P_{\text{інв}}, \quad (2.3.2)$$

де, $P_{\text{інв}}$ – номінальна потужність інвертора.

Нам потрібно перенавантажити інвертор для того, щоб він вмикався раніше, а вимикався пізніше. Перенавантаження становитиме 30 % від його номінальної потужності.

Структурний план електричних з'єднань знаходиться на рисунку 2.3.2.



Рисунок 2.3.1 – Супутниковий знімок місцевості

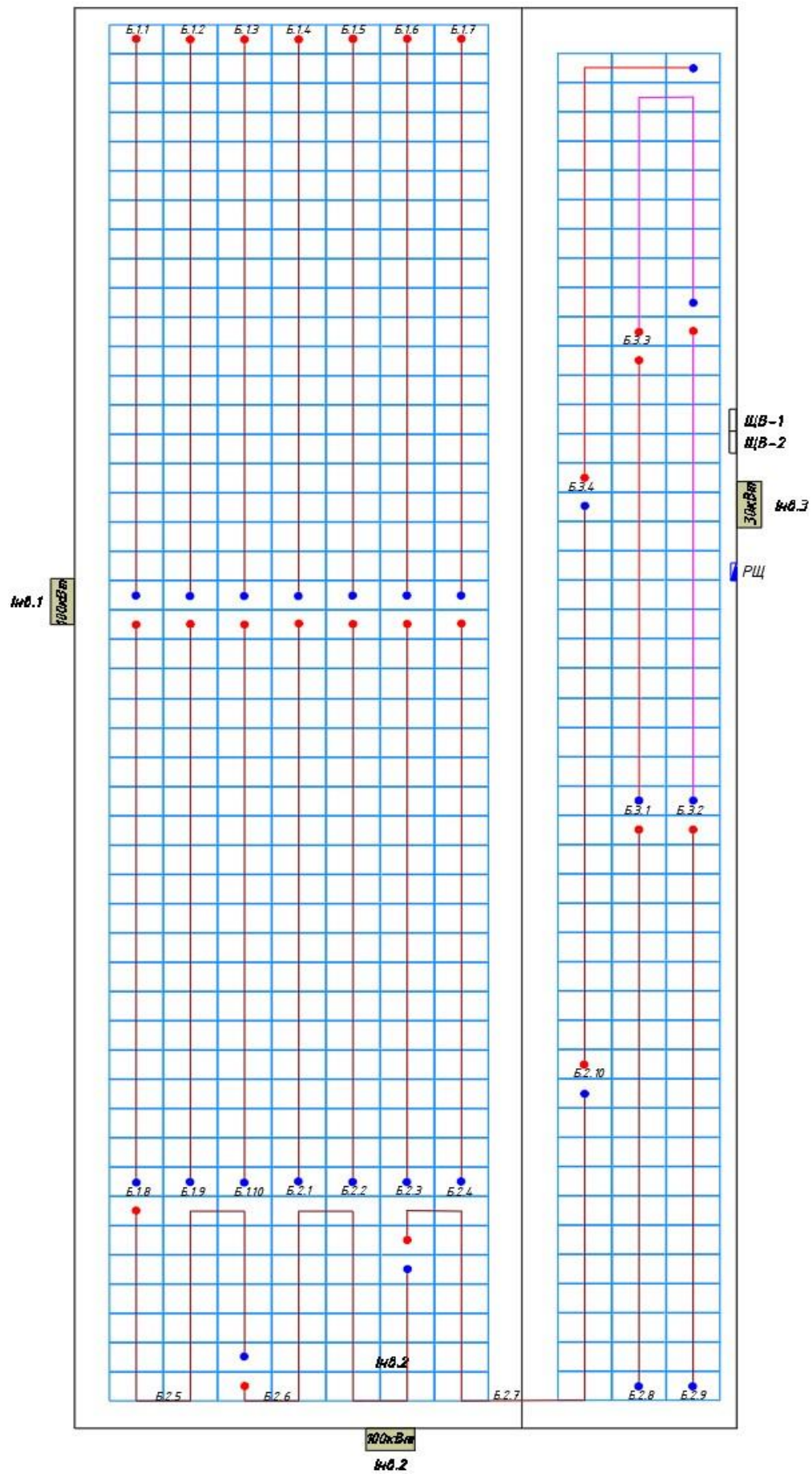


Рисунок 2.3.2 – Структурний план електричних з'єднань

2.4 Кабельні зв'язки до 1000 В

Кабельна лінія – це лінія, призначена для передавання електроенергії одним або кількома паралельно прокладеними кабелями зі з'єднувальними, стопорними і кінцевими муфтами [8].

Відповідно до запроєктованої ієрархічної структури електростанції, проектом передбачено організацію наступних кабельних зв'язків:

- між фотоелектричними модулями при їх послідовному з'єднанні у блоки;
- між блоками та інверторами;
- між інверторами та розподільчим щитом;
- між розподільчим щитом ФЕС та ЩВ-2;

Послідовне з'єднання фотоелектричних модулів в блоки виконати кабелем, який постачається комплектно з фотоелектричними модулями.

Приєднання блоків фотоелектричних модулів до інверторів виконується мідними кабелями перетином 6 мм² в зовнішній ізоляції, що не розповсюджує горіння марки H1Z2Z2 K 1x6 BLACK виробництва компанії Ecorosso line (або аналог). Прокладання кабелю на даху виконується по металоконструкціях із закріпленням до неї через кожен 1 м хомутом, стійким до дії ультрафіолетового випромінювання.

Зв'язок від інверторів до РЩ виконується алюмінієвими кабелями АВВГ. КЛ прокладається в гофрованій трубі, яка кріпиться по опорі кріплення РЩ та інверторів. Приєднання від РЩ до ЩВ-2 виконати алюмінієвими кабелями марки АВВГ. Прокладання КЛ передбачено в гофрованій трубі, яка кріпиться по внутрішній стіні будівлі.

З метою забезпечення рівня втрат в кабелях змінного струму (від інверторів до межі балансової належності) в межах, які визначені в чинних нормативних документах, переріз струмопровідної жили кабелів вибирається в залежності від довжини лінії.

Кабельні зв'язки до 1000 В прокладаються вздовж металоконструкцій, на яких встановлюються фотоелектричні модулі, та в гофрованій трубі на спуску з даху будівлі.

2.5 Розрахунок струмів КЗ існуючої системи 0,4 кВ

Вихідні дані:

Видача потужності дахової станції відбувається до трансформатора ТМГ-400 10/0,4 кВ: $S_{ном} = 400$ кВА, схема та група з'єднань У/УН – 12, $U_{ВН} = 10$ кВ, $U_{НН} = 0,4$ кВ, $\Delta P_{КЗ} = 5,9$ кВт, $u_k = 4,5$ %.

Розрахунок

Для виконання розрахунку струмів КЗ визначимо опори елементів схеми заміщення. Реактивний опір трансформатора приведений до напруги НН:

$$X_T = \sqrt{u_k^2 - \left(\frac{100P_{КЗ}}{S_{ном}}\right)^2} \cdot \frac{U_{НН}^2}{S_{ном}} \cdot 10^4 = 0,017006 \text{ (Ом)}.$$

де u_k - напруга КЗ, %;

$U_{НН}$ - номінальна напруга трансформатора, кВ;

$S_{НОМ}$ - номінальна потужність трансформатора, кВА.

Активний опір трансформатора приведений до напруги НН:

$$R_T = \frac{P_{КЗ} U_{ВН}^2}{S_{ном}^2} \cdot 10^6 = 0,0059 \text{ (Ом)}.$$

де $P_{КЗ}$ - втрати КЗ, кВт;

$U_{НОМ}$ - номінальна напруга трансформатора, кВ;

$S_{НОМ}$ - номінальна потужність трансформатора, кВА.

Опори ділянок КЛ-0,4 кВ визначаємо через довжини вказаних ділянок та довідкові значення питомих опорів.

При розрахунку максимальних струмів КЗ використовується активний опір провідників при 20° С, а для розрахунку мінімальних струмів КЗ враховується зростання активного опору провідників до 70° С (для кабелів з ПХВ ізоляцією та ПХВ оболонкою).

Опір ділянки КЛ-0,4 кВ від КТП до ЩВ-2 довжиною 240 м виконаної кабелем АВББШВ-4х240:

$$R_{Л1} = r_{пит} \cdot L_{Л1} = 0,0297 \text{ (Ом)} \text{ (при } 20^\circ \text{ С)};$$

$$R_{Л1} = r_{пит}(1 + \alpha(t - 20^\circ)) \cdot L_{Л1} = 0,03609 \text{ (Ом)} \text{ (при } 70^\circ \text{ С)};$$

$$X_{Л1} = x_{пит} \cdot L_{Л1} = 0,01321 \text{ (Ом)}.$$

де α – температурний коефіцієнт опору алюмінію $4,3 \cdot 10^{-3}$ (для мідних провідників $3,8 \cdot 10^{-3}$).

При розрахунку максимальних значень струмів КЗ враховуємо підживлення від ФЕС, в наслідок якого значення усталеної величини струму КЗ зростає приблизно на 8 %. Максимальний струм трифазного КЗ на шинах 0,4 кВ ТВП складає:

$$I_{\text{КЗ-Т}}^{(3)} = \frac{1,08 \cdot U_{\text{НН}}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{X_{\text{Т}}^2 + R_{\text{Т}}^2}} = 13\,856 \text{ (А)}.$$

Максимальний струм трифазного КЗ у точці приєднання ЩВ-2 складає:

$$I_{\text{КЗ-ЩВ-2}}^{(3)} = \frac{1,08 \cdot U_{\text{НН}}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(X_{\text{Т}} + X_{\text{Л1}})^2 + (R_{\text{Т}} + R_{\text{Л1}})^2}} = 5\,274 \text{ (А)}.$$

Для перевірки обладнання за динамічною стійкістю визначимо значення ударного струму КЗ на виводах 0,4 кВ ТВП.

Час затухання аперіодичної складової на виводах НН ТВП:

$$T_a = \frac{X_{\text{пр}}}{\omega \cdot R_{\text{пр}}} = 0,009179$$

Ударний струм на виводах НН ТВП:

$$i_{\text{уд}} = \sqrt{2} \cdot I_{\text{КЗ-Т}}^{(3)} \cdot \left[1 + e^{\frac{-0,01}{T_a}} \right] = 26\,188 \text{ (А)}.$$

Час затухання аперіодичної складової на шинах 0,4 ЩВ-2:

$$T_{a2} = \frac{X_{\text{пр}}}{\omega \cdot R_{\text{пр}}} = 0,00229$$

Ударний струм на шинах 0,4 ЩВ-2:

$$i_{\text{уд-2}} = \sqrt{2} \cdot I_{\text{КЗ ЩВ-2}}^{(3)} \cdot \left[1 + e^{\frac{-0,01}{T_a}} \right] = 7\,554 \text{ (А)}.$$

Мінімальним струмом КЗ на ввіді 0,4 кВ ТП буде струм двофазного КЗ при живленні в мінімальному режимі енергосистеми. При розрахунках мінімальних струмів КЗ враховується можливість роботи живлячих трансформаторів на мінімальній відпайці та зростання активних опорів у наслідок нагрівання провідників до 70° С:

$$I_{\min T}^{(1)} = \frac{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ср.нн}}}{\sqrt{(2X_T + X_{t0})^2 + (2R_T + R_{t0})^2}} = 1\,998 \text{ (А)}.$$

Мінімальний струм двофазного КЗ на шинах 0,4 ЩВП складає:

$$I_{\min \text{ЩВ-2}}^{(1)} = \frac{U_{\Phi}}{\sqrt{(X_T + X_{t0})^2 + (R_T + R_{t0})^2}} = 1\,548 \text{ (А)}.$$

Розрахунок струмів КЗ в точках приєднання РЩ та точках приєднання інверторів виконуємо аналогічно і зводимо в таблиці 2.5.1 та 2.5.2.

Таблиця 2.5.1 - Струми КЗ в точці приєднання ЩВ-2

Приєднання	I _{нав} , А	L, м	Кабель		I _{доп} , А	I _{КЗ_max} , А	I _{КЗ_min1} , А
			Марка	Q, мм ²			
ЩВ-2	330	225	АВБВ ШВ	4х240	337	5 274,88	1 543,1 2

Таблиця 2.5.2 - Струми КЗ в точках приєднання інверторів

Приєднання	I _{нав} , А	L, м	Кабель		I _{доп} , А	I _{КЗ_max} , А	I _{КЗ_min1} , А
			Марка	Q, мм ²			
Інв 1.1	180	10	АВВГ	3х35+1х16	200	4585,63	1466,6
Інв 2.1	180	10	АВВГ	3х35+1х16	200	4941,09	1507,2
Інв 3.1	56,7	5	АВВГ	3х35+1х16	93	4910,09	1507,2

2.6 Вибір ввідного автоматичного вимикача 0,4 кВ

При виборі автоматичного вимикача будемо керуватись вимогами щодо виконання наступних пунктів:

- номінальна напруга;
- кількість полюсів;
- номінальний струм навантаження;
- координата струму автоматичного вимикача та тривало допустимого струму кабелю;
- виконання захисту від перевантажень та забезпечення його чутливості;
- перевірка за граничною відключаючою здатністю при максимальних струмах КЗ;
- виконання захисту від КЗ та забезпечення його чутливості;
- перевірка селективності роботи автомата відповідно автоматичних вимикачів нижчого рівня.

Для захисту усіх приєднань 0,4 кВ застосовуються триполюсні автоматичні вимикачі оснащені захистом від перевантажень та швидкодіючим захистом від КЗ.

Виконаємо вибір уставок та перевірку допустимості застосування наступних автоматичних вимикачів.

Ввідний автомат на шинах КТП 400 кВА – EB2 800/3S 630 A 3p $I_{nom}=630A$ $I_{cu}=50$ кА.

Для живлення РЩ – EB2 400/3SF 400 A $I_{nom}=400A$ $I_{cu}=50$ кА.

Для живлення інверторів – ETI 004671082 EB2 250/3S 3p $I_{nom}=200$ A $I_{cu}=36$ кА, ETI 4671807 EB2S 160/3LF 3p $I_{nom}=63$ A $I_{cu}=16$ кА,

2.7 Вибір номінальної напруги автоматичного вимикача

Номінальна напруга автоматичного вимикача має бути більшою, або рівною номінальній напрузі мережі. Автоматичні вимикачі що будуть розглядатись мають номінальну паспортну напругу вищу ніж напруга проєктованих мереж.

2.8 Вибір кількості полюсів автоматичного вимикача

Для трифазної мережі, як правило застосовуються триполюсні, або чотириполюсні автоматичні автомати, оскільки в даному випадку немає особливих вимог - вибираємо триполюсні вимикачі.

2.9 Вибір струму розчеплювача захисту від перевантаження

Для вибору струму розчеплювача захисту від перевантаження за максимальним тривалим струмом навантаження та допустимим струмом кабелю необхідне забезпечення двох наступних умов:

$$I_b \leq I_n \leq I_z \quad (2.9.1)$$

$$I_2 \leq 1,45 \cdot I_z \quad (2.9.2)$$

де:

- I_b - струм навантаження;
- I_z - тривала навантажувальна здатність кабелю;
- I_n - номінальний струм захисного пристрою; для пристроїв захисту з можливістю настройки, номінальним струмом I_n є струм уставки;
- I_2 - струм, що забезпечує ефективну роботу захисного пристрою за визначений час.

Відповідно до умови (2.9.1) для правильного вибору захисного пристрою необхідно перевірити, щоб автоматичний вимикач мав номінальний (чи виставлений) струм, який:

- вище струму навантаження, щоб не допустити хибного спрацювання;
- нижче навантажувальної здатності кабелю, щоб не допустити перевантаження кабелю. (оскільки більша частина згенерованої потужності дахової ФЕС буде віддаватись безпосередньо на шини ЩВ-2, залишкова потужність значно менше допустимих струмових навантажень кабелю.)

Перевірка умови (2.9.2) не є необхідною у випадку застосування автоматичних вимикачів, так як розчеплювач захисту спрацьовує автоматично, якщо:

- $I_2 = 1,3 \cdot I_n$ для автоматичних вимикачів;
- $I_2 = 1,45 \cdot I_n$ для автоматичних вимикачів.

Таким чином, для автоматичних вимикачів, якщо $I_n < I_z$, формула $I_2 < 1,45 \cdot I_z$ буде теж підтверджена.

Отже уставки захисту від перевантажень складають:

- для ввідного автоматичного вимикача в КТП – $I_n=630$ А;
- для автоматичного вимикача ЩВ-2 – 400 А;
- для автоматичного вимикача інвертора – 200 А та 63 А;

При цьому виробник гарантує початок роботи захисту від перевантаження в діапазоні струмів $(1,05 - 1,2) I_1$.

2.10 Перевірка чутливості захистів

Для перевірки чутливості розчеплювачів автоматичних вимикачів будемо використовувати менший з струмів одно та двофазного замикань в мінімальному режимі енергосистеми

Визначення коефіцієнтів чутливості виконується за формулою:

$$k_{\text{чут}} = \frac{I_{\text{КЗmin}}}{I_{\text{роз}}} \quad (2.10.1)$$

де I_p - струм спрацювання розчеплювача автоматичного вимикача.

Коефіцієнт чутливості для швидкодіючого захисту від КЗ має складати близько 1,5 в основній зоні захисту та близько 1,2 в зоні резервування.

Коефіцієнт чутливості для захисту від перевантажень має складати не менше 3.

Розрахункові величини коефіцієнтів чутливості для усіх приєднань наведені нижче по тексту у відповідних таблицях.

2.11 Швидкодіючий захист від КЗ

Уставки струму спрацювання вибираємо за 2-ма умовами:

- 1 Забезпечення коефіцієнта чутливості близько 1,5 при мінімальному усталеному струмі одно чи двофазного дугового КЗ в кінці зони, що захищається.
- 2 Забезпечення селективної роботи з автоматами нижчого рівня (розташованими далі від вводу трансформатора).

Уставки швидкодіючого захисту від КЗ складають:

- для ввідного автоматичного вимикача трансформатора 400 кВА – $I_n=400$ А, $I_{\text{INST}} = 10 * I_{\text{ном}}=4000$ А (10 крат);
- для автоматичного вимикача, КЛ між ТП та ЩВ-2 – $I_n=400$ А, $I_{\text{INST}} = 8 * I_{\text{ном}}=3200$ А (8 крат);
- для автоматичного вимикача, КЛ між РЩ та інвертором – $I_{\text{sd3}} = 10 * I_{\text{ном}} = 2000$ А (10 крат).

2.12 Принципи вибору уставок захистів ввідних автоматичних вимикачів

Захист від перевантаження.

Уставка струму спрацювання захисту від перевантаження для вибирається найближчою більшою від розрахункового струму навантаження трансформатора.

Миттєвий захист від КЗ.

Уставку струму спрацювання вибираємо за умовою забезпечення чутливості близько 1,5 при мінімальному струмі КЗ на шинах 0,4 кВ ТП.

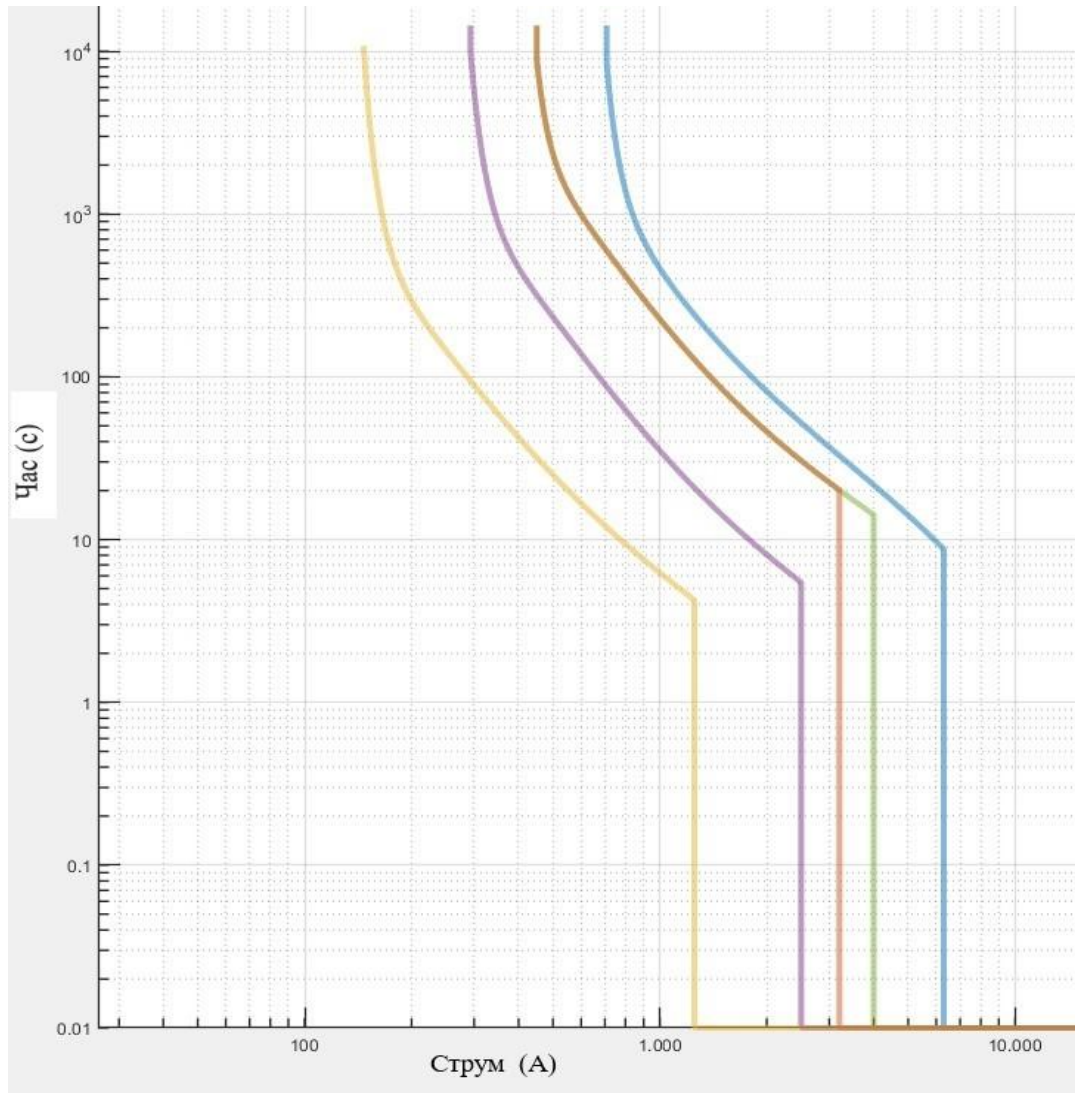


Рисунок 2.12.1 - Перевірка селективності роботи автоматичних вимикачів

Відповідно до рис. 2.12.1 характеристика ввідного автоматичного вимикача [8] КТП - EB2 800/3S 630A зображена блакитним кольором, автомат від шин КТП EB2 400/3SF 400 А- зеленим кольором, автомат в ЩВ-2 EB2 400/3SF 400A 3р,— помаранчевим кольором, автомат EB2 250/3S 200A 3р – фіолетовим кольором, автомат EB2S 160/3LF 63A 3р – жовтим кольором.

Автоматичні вимикачі характеристики яких не перетинаються в жодній точці площини селективні при усіх можливих значеннях струмів КЗ.

Автоматичний вимикач КТП - зеленим кольором, може працювати неселективно з ввідним автоматичним вимикачем ЩВ-2 – помаранчевим кольором, при миттєвому струмі КЗ. Метою встановлення ввідного вимикача ЩВ-2 є обмеження по видачі потужності згідно з ТУ.

Відповідно до рис. 2.12.1 характеристики автоматичних вимикачів 630 А, 400 А, 200 А та 63 А не перетинаються в жодній точці площини тобто вибрані автомати селективні при усіх можливих значеннях струмів КЗ. Характеристики автоматичних вимикачів 400

А перетинаються у місці, що характеризує неповну селективність між собою при миттєвих струмах КЗ.

Результати перевірки чутливості розчеплювачів автоматичних вимикачів наведено в наступних таблицях.

Таблиця 2.12.1 - Уставки та коефіцієнти чутливості автоматичного вимикача КТП

Приєднання	$I_{\text{нав}}, \text{A}$	$I_{\text{тепл}}, \text{A}$	$k_{\text{чут}}$	$I_{\text{відс}}, \text{A}$	$k_{\text{чут}}$
КТП	360	$1 \cdot I_{\text{ном}}=400$	4,99	$10 \cdot I_{\text{ном}}=4000$	0,499

Умовний струм спрацювання теплового розчеплювача складає $1,3I_{\text{ном}}=520\text{A}$.

Таблиця 2.12.2 - Уставки та коефіцієнти чутливості автоматичного вимикача ЩВ-2

Приєднання	$I_{\text{нав}}, \text{A}$	$I_{\text{тепл}}, \text{A}$	$k_{\text{чут}}$	$I_{\text{відс}}, \text{A}$	$k_{\text{чут}}$
ЩВ-2	360	$1 \cdot I_{\text{ном}}=400$	3,87	$8 \cdot I_{\text{ном}}=3200$	0,483

Має фіксований захист спрацювання теплового розчеплювача $1,3I_{\text{ном}}=520\text{A}$.

Таблиця 2.12.3 - Уставки та коефіцієнти чутливості автоматичних вимикачів інверторів

Приєднання	$I_{\text{нав}}, \text{A}$	$I_{\text{тепл}}, \text{A}$	$k_{\text{чут}}$	$I_{\text{відс}}, \text{A}$	$k_{\text{чут}}$
Інв 1.1	180	$1 \cdot I_{\text{ном}}=200$	12,38	$10I_{\text{ном}}=2000$	1,238
Інв 2.1	180	$1 \cdot I_{\text{ном}}=200$	12,38	$10I_{\text{ном}}=2000$	1,238
Інв 3.1	56,7	$1 \cdot I_{\text{ном}}=63$	12,38	$10I_{\text{ном}}=630$	1,238

Умовний струм спрацювання теплового розчеплювача складає $1,3 \cdot I_{\text{ном}}=260 \text{ A}$ та 81,9A.

Типи вибраних автоматичних вимикачів та уставки захисту наведено в таблиці 2.12.4.

Таблиця 2.12.4 - Уставки силових автоматів

Автоматичний вимикач ETI 004671082 EB2 250/3S 200A 3p		
Номинальний струм	$I_n=200 \text{ A}$	
Захист від перевантаження	$I_L= 1 \cdot I_{\text{ном}}= 200 \text{ A}$	**
Миттєва струмова відсічка	$I_I= 10 \cdot I_{\text{ном}}=2000 \text{ A}$	0 c
Автоматичний вимикач ETI 004671106 EB2 400/3SF 400A 3p		
Номинальний струм	$I_{\text{ном}}=400 \text{ A}$	
Захист від перевантаження	$I_L= 1 \cdot I_{\text{ном}}=400 \text{ A}$	**
Миттєва струмова відсічка	$I_I= 10 \cdot I_{\text{ном}}=4000 \text{ A}$	0 c

Автоматичний вимикач ETI 4671807 EB2S 160/3LF 63A 3p		
Номинальний струм	$I_{nom}=63 \text{ A}$	
Захист від перевантаження	$I_L = 1 * I_{nom}=63 \text{ A}$	**
Миттєва струмова відсічка	$I_I = 10 * I_{nom}=630 \text{ A (10 крат)}$	0 с

** Час спрацювання захисту від перевантаження автоматичних вимикачів залежить від струму КЗ і визначається за паспортними кривими вимкнення.

2.13 Вибір трансформаторів струму 0,4 кВ

Проектом передбачається встановлення трансформаторів струму типу ТАТ061 К_{ТС} - 400/5 А. кл.точн. 0,5/0,5s.

Таблиця 2.14.1 – Технічні характеристики трансформатора струму

Облік та виміри		
Назва параметра	Величина	Одиниця виміру
Найбільша робоча напруга $U_{\max TC}$	0,72	кВ
Номінальний первинний струм $I_{1\text{ном } TC}$, (захист)	400	А
Номінальний вторинний струм $I_{2\text{ном } TC}$	5	А
Струм термічної стійкості $I_{\text{терм} TC}$	60	кА
Час протікання струму термічної стійкості, с	3	с
Струм електродинамічної стійкості $I_{\text{дин } TC}$	150	кА

Перевірка обраного трансформатора струму виконується:

1. По номінальній напрузі:

$$U_{\text{ном.ТС}} \geq U_{\text{ном.р}} \quad (2.14.1)$$

$$0,72 \text{ кВ} \geq 0,4 \text{ кВ}$$

Умова виконується.

2. За робочим струмом у нормальному режимі роботи:

$$I_{1\text{ном.ТС}} \geq I_{\max.p} \quad (2.14.2)$$

де $I_{\max.p}$ – максимальний струм, який розраховується за наступним виразом:

$$I_{\max.p} = \frac{S_{\max}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot \cos \varphi} \quad (2.14.3)$$

де: $S_{\max}$ – номінальна потужність інверторів;

$U_{\text{ном}}$ – номінальна напруга обмотки НН силового трансформатора ТП;

$$I_{\max.p} = \frac{240}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 0,9} = 385 \text{ А}$$

$$400 \text{ А} \geq 385 \text{ А}$$

Умова виконується.

3. По електродинамічній стійкості:

$$I_{\text{дин.тс}} \geq i_{\text{уд}} \quad (2.14.4)$$

де $i_{\text{уд}}$ – ударний струм КЗ, який розраховується за наступним виразом:

$$i_{\text{уд}} = \sqrt{2} \cdot I_{\text{по}} \cdot \left(1 + e^{-\frac{0,01}{T_a}} \right),$$

де $I_{\text{по}}$ – початкове значення періодичної складової струму КЗ, з урахуванням підживлення від СЕС;

$I_{\text{дин.тс}}$ – електродинамічний струм, який може витримати трансформатор струму.

T_a – постійна часу затухання аперіодичної складової струму КЗ для розрахункової точки, $T_a = 0,03$ с.

$$i_{\text{уд-2}} = \sqrt{2} \cdot 5,274 \cdot \left[1 + e^{-\frac{0,01}{0,03}} \right] = 7,554 \text{ кА.}$$
$$150 \geq 7,55 \text{ кА}$$

Умова виконується.

Перевірка коефіцієнта трансформації вторинної обмотки трансформатора струму до якої підключаються кола обліку

Оскільки на даній ФЕС для живлення приладів обліку приєднань 0,4 кВ застосовуються вторинні обмотки класу 0,5S з коефіцієнтом трансформації 400/5, відповідно вимог п 1.5.17 ПУЕ 2017р. за максимального навантаження в точці обліку струм у вторинній обмотці трансформатора струму складатиме не менше ніж 40%, у даному випадку – 400 А первинних/ 5А вторинний, а за мінімального навантаження - не менше ніж 5% номінального струму лічильника – 20/0,25 А.

Максимальне навантаження в точці обліку складатиме для максимальної потужності 240 кВт складає:

$$I_{\text{max}} = \frac{S_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = 346,5 \text{ А}$$

Максимальний вторинний струм навантаження 8,663 А при коефіцієнті трансформації 400/5 буде перевищувати встановлену п 1.5.17 ПУЕ 2017р. величину 5А, що забезпечує правильну роботу приладів обліку у заданому класі точності.

Узагальнені результати розрахунків наведені у таблиці 2.9.

Таблиця 2.14.2 – Узагальнені результати перевірки трансформаторів струму

Розрахункові параметри		Каталожні дані	
U _{ном.р} , кВ	0,4	U _{ном.тс} , кВ	0,72
I _{мах.р} , А	385	I _{I ном.тс} , А	400
i _{уд} , кА	7,55	I _{дин тс} , кА	150

3. ПРОЄКТУВАЛЬНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Ізоляція, заземлення, грозозахист

Заземлюючий пристрій електростанції улаштовується з урахуванням наявності на території електростанції:

- електричних мереж до 1 кВ з глухозаземленою нейтраллю;
- електричних мереж до 1 кВ з ізолюованою нейтраллю;
- електричних мереж понад 1 кВ з ізолюованою нейтраллю.

Відповідно до вимог глави 1.7 ПУЕ:2017 [9], заземлюючий пристрій електростанції виконується за вимогою до його опору для електроустановок напругою до 1 кВ в електричних мережах з глухозаземленою та ізолюованою нейтраллю, до заземлюючих пристроїв яких ставляться більш жорсткі вимоги, ніж до заземлюючих пристроїв електричних мереж понад 1 кВ з ізолюованою нейтраллю. Відповідно до п. 1.7.92 та 1.7.96 ПУЕ:2017 [9] опір заземлюючого пристрою повинен складати не більше 4 Ом.

Для мереж до та вище 1 кВ з ізолюованою нейтраллю приймається тип системи заземлення IT.

Для системи заземлення типу IT захист від непрямого дотику, в разі першого замикання на землю, здійснюється захисним заземленням у поєднанні з безперервним контролем стану ізоляції мережі з дією на сигнал. У разі подвійного замикання на землю захист від непрямого дотику здійснюється шляхом застосування автоматичного вимкнення живлення запобіжниками з часом не більше 0,1 с.

Сітка захисного заземлення прокладається по поверхні даху провідником (пруток-катанка $d=8$ мм), який закріплюється на універсальних металевих тримачах. Також передбачині блискавко-приймачі, які будуть захищати ФЕС від прямого попадання блискавки. Приєднання рядів опорних металоконструкцій, стійок під інвертора та РЩ і стержнів блискавкозахисту до загального контуру заземлення, виконуватиметься шляхом з'єднання кабельних наконечників та провідника. Фотоелектричні модулі з'єднуються з контуром заземлення за допомогою прижиму металевої рамки модуля до опорних металоконструкцій (поздовжних профілів). Приєднання безрамкового фотоелектричного модуля та рядів металоконструкцій даних модулів до контуру заземлення не передбачається.

Для захисту електрообладнання та кабельної продукції від грозових перенапруг в РЩ збору потужності від інверторів, а також для захисту КЛ-0,4 кВ встановуюються нелінійні обмежувачі перенапруги.

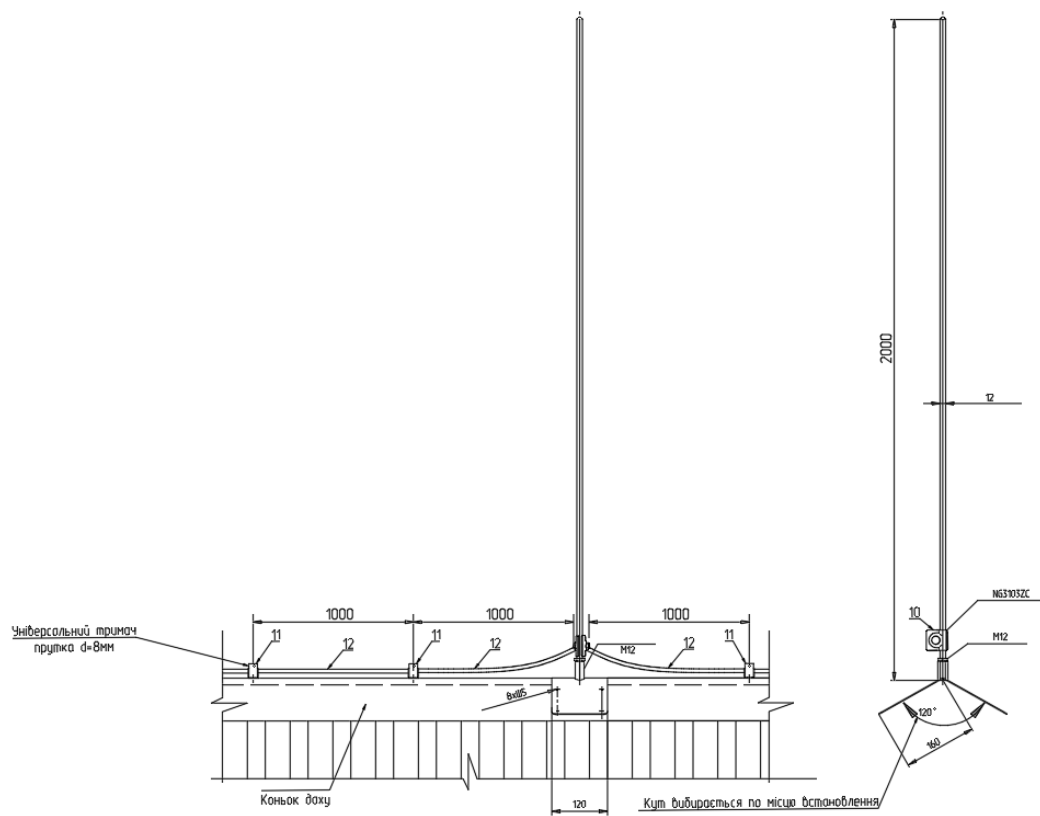


Рисунок 3.1 – Блискавкоприймач

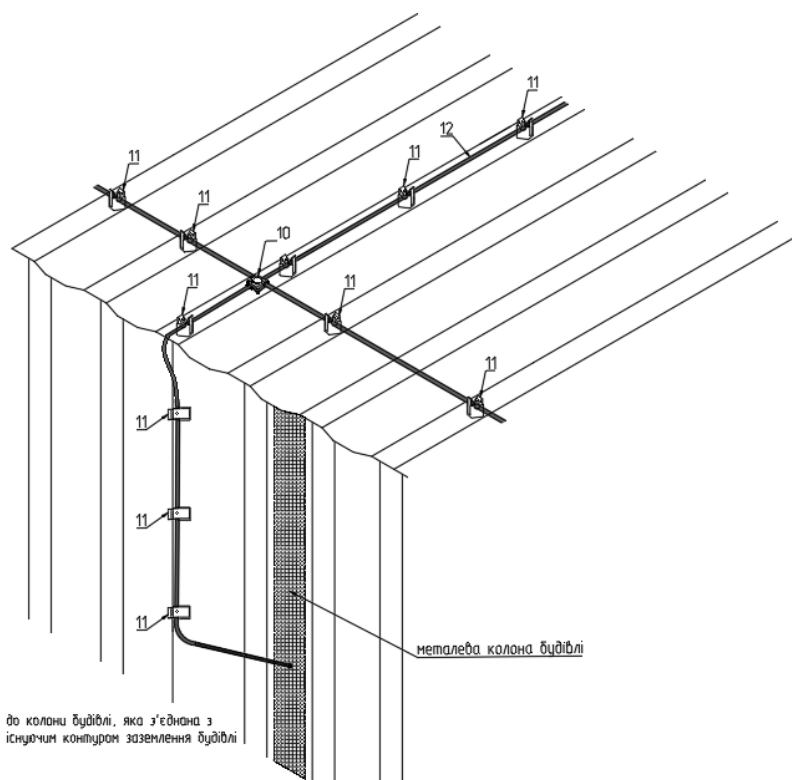


Рисунок 3.2 – Спуск заземлення по зовнішній стіні будівлі

3.2 Паралельна робота ФЕС з мережею загального користування

Проектована станція є мережевою електростанцією інверторного типу, що означає, що вона не може працювати в автономному режимі або на ізольованому острові навантаження. Генерація електроенергії цією станцією є можливою лише при наявності напруги у точці приєднання до мережі загального користування. У випадку відсутності електричної енергії змінного струму в мережі або випадкових відхилень її параметрів, станція автоматично вимикається за допомогою технологічних захистів інвертора. Ця станція вважається зв'язаною з енергосистемою і автоматично підключається до мережі за допомогою автоматики інвертора. Не можливо ввімкнути цю електростанцію в електричну мережу несинхронно.

3.3 Релейний захист та автоматика

Проектом розроблено комплекс РЗА, за допомогою якого виконано захист приєднань 0,4 кВ, який виконано за допомогою автоматичного вимикача ЕТІ BREAK.

3.4 Засоби обліку електроенергії

Проектом передбачається організація системи комерційного обліку в існуючому РЩ-0,4 кВ «ЩВ-2» виробничої будівлі на балансі ТОВ «НЕСС ПВ». В якості засобів обліку використовуватиметься багатофункціональний лічильник типу ACE6000, 0,5S (клас точності 0,5S). Лічильники підключаються по струмовим колам через трансформатори струму (розрахунок вибору ТС наведений в пункті 5). Схема включення лічильників по колах напруги 3-ох провідна, прямого включення.

Передбачається закритий доступ до вторинних кіл обліку ТС, та всіх дооблікових кіл, приладів обліку.

3.5 Структура АСУ ТП

Для віддаленого управління та моніторингу елементів фотогальванічної станції проектом передбачено управління та збір технологічної інформації з інверторів [10]. При цьому використовується рекомендована виробником (Huawei) схема улаштування мережі управління та моніторингу з підключенням інверторів за допомогою кабелів зв'язку RS485 по протоколу Modbus-RTU.

Для забезпечення вимог надійності інформаційної мережі, проектом визначено три рівня зв'язку між елементами ФЕС станцій:

- локальна мережа Modbus-TCP;
- мережа Ethernet 10/100base TX та 100base FX;
- мережа Internet.

Локальна мережа улаштовується згідно вимог заводу-виробника для збору інформації та управління групи інверторів:

- довжина лінії зв'язку для порту RS485 - до 1000 м, для Ethernet – менше 100 м;
- максимальна кількість інверторів в одній лінії RS485 – до 30 шт;
- зв'язок із наступним рівнем мережі – через TCP/IP;
- проектом передбачено виключення проходження паралельних трас силових кабелів із кабелями мережі RS485, а також їх екранування для зменшення рівня електромагнітних завад.

Передбачається збір технологічної інформації від інверторів. Також реалізовано отримання даних про поточний стан активної та реактивної потужності, значень напруги і струму на інверторах, фактичних виставлених уставок та значень інших показників із дистанційним моніторингом.

Інформаційний зв'язок для передачі технологічної інформації та сигналів управління реалізований по каналу передачі телеметричних даних. Телеметрична інформація із ФЕС передається до хмарної системи по протоколу

ІЕС 60870-5-104 за допомогою захищеної технології (VPN-тунель) із використанням стійких алгоритмів для обміну технологічною інформацією.

В якості промислового сервера збору інформації передбачається віддалений сервер для фотогальванічних станцій з функціями реєстрації подій.

3.5.1 Функції АСУ ТП

Функції системи АСУ ТП [10] виконуються на базі локального програмного забезпечення, що дає доступ до дистанційного керування системою за допомогою мережі Internet, забезпечує інтерактивний доступ у реальному часі до основних даних станції.

Зазначене програмне забезпечення:

- забезпечує користувачу якомога ширший доступ до показників продуктивності та операційних вимірювань, відображення яких можна налаштувати під власні потреби Замовника;
- модульний та гнучкий дизайн системи дозволяє легку інтеграцію та розширення системи при роботі з інверторами Huawei та іншими елементами цього виробника;
- швидкий та легкий спосіб нагляду за електростанцією по місцю розташування незалежно від її та розміру. Допомагає виставити пріоритети вирішення питань на основі відносної важливості кожної електростанції або її частини;
- допомагає оптимізувати роботи з обслуговування конкретної станції;
- розширенні можливості нагляду за роботою інвертора дозволяють швидко ідентифікацію та вирішення виникаючих проблем;
- можливість аналізу електричних та екологічних характеристик складових частин електростанції;

- можливість аналізу максимального видобутку, подій, попереджень, аварій відповідно до типу обладнання, виробника, розміщення, типу події та багатьох інших факторів. Ця унікальна можливість дозволяє поглиблено оцінювати фотоелектричну станцію, у тому числі забезпечуючи можливість порівняння обладнання та постачальників;
- можливість відстежувати хід подій та розподіляти пріоритети для збільшення експлуатаційного ресурсу;
- створення звітів користувачів з різними налаштуваннями, як для однієї фотоелектричної станції так і для групи станцій. Експорт звітів в форматах Excel або PDF;
- дозволяє порівняти ефективність різних фотоелектричних станцій, або частин однієї. Для цього слід обрати кілька станцій або пристроїв, порівняти їх графіки потужності, енергії або струми (щоб побачити наскільки прилади оптимально працюють, порівняно з фактично отриманим сонячним випромінюванням).

Доступ до мережі Інтернет впроваджується за окремим договором з місцевим Інтернет-провайдером.

Підсистема управління роботою станції здійснюватиме:

- 1) контроль активної і реактивної потужності;
- 2) регулювання коефіцієнту потужності ($\cos \varphi$) в межах 0,9-1,0;
- 3) компенсація реактивної потужності за допомогою пасивних елементів;
- 4) стабілізація напруги;
- 5) стабілізація частоти;
- 6) постійний контроль і керування електричних параметрів точки підключення;

- 7) обмеження максимальної швидкості з якою активна потужність ФЕС може бути змінена у випадку зміни інтенсивності сонячного випромінювання або зміни вставки обмеження потужності;
- 8) автоматичне низхідне регулювання активної потужності ФЕС у разі підвищення частоти понад встановлене значення;
- 9) обмеження генерації до номінального рівня.

Відключення ФЕС від мережі при зниженні або підвищенні частоти до заданої уставки з заборотою автоматичного відновленням генерації при відновленні частоти та автоматичне низхідне регулювання активної потужності електростанції у разі підвищення частоти понад встановлене значення (системний захід).

Таким чином, зрозуміло, що при знеструмленні зовнішньої мережі і фіксації на інверторі буде відключатися від даної мережі з часом меншим, ніж час автоматичного відновлення живлення без виділення на "острів навантаження", що відповідає вимозі п. 2.2.1 Технічних умов на приєднання.

Характеристика регулюючої потужності визначається наступними показниками:

- Вид регулювання – розвантаження при підвищенні частоти;
- Регулююча потужність електростанції;
- Функція обмеження градієнту зміни потужності – активна;
- Уставки відключення електростанції по частоті:

$$f_{\min 1} \leq 48,0 \text{ Гц, } t=20 \text{ с; } f_{\min 2} \leq 47,0 \text{ Гц, } t=0,2 \text{ с; } f_{\max} = 50,4 \text{ Гц, } t=0,2 \text{ с.}$$

Налаштування технологічних захистів із вказаними уставками по частоті виконано у відповідності до «Правил застосування системної протиаварійної автоматики запобігання та ліквідації небезпечного зниження або підвищення частоти в енергосистемах» [11], встановлено відповідно рекомендацій заводу.

- Робочий діапазон частоти (в якому дозволяється автоматичне увімкнення інвертора в роботу):

$$48 \text{ Гц} \leq f_{\text{роб}} \leq 50,05 \text{ Гц}$$

Також, варто зазначити, що при падінні рівня напруги в тоці приєднання ФЕС до нуля інвертор не відключатиметься від мережі протягом 0,15-0,2 с.; при падінні рівня напруги в тоці приєднання ФЕС до значення 20% від номінальної напруги, інвертор не відключатиметься від мережі протягом 0,5 с, при умові подальшого відновлення напруги до рівня не меншого за 90% від номінального не довше ніж за 2 с з моменту падіння напруги; при більш тривалому зниженні напруги або меншій швидкості її відновлення інвертори будуть відключатись від мережі.

Окремо потрібно виділити функції програмного забезпечення віддаленого серверу:

- забезпечує користувачу якомога ширший доступ до показників продуктивності та операційних вимірювань, відображення яких можна налаштувати під власні потреби Замовника;
- допомагає оптимізувати роботи з обслуговування конкретної станції;
- розширенні можливості нагляду за роботою інвертора дозволяють швидко ідентифікацію та вирішення виникаючих проблем;
- можливість аналізу максимального виробітку, подій, попереджень, аварій відповідно до типу обладнання, виробника, розміщення, типу події та багатьох інших факторів;
- створення звітів користувачів з різними налаштуваннями, як для однієї фотоелектричної станції так і для групи станцій;
- система дає можливість давати доступ до неї своїм партнерам та колективно вирішувати наявні проблеми для швидкого їх усунення.

3.6 Розрахунок приблизної вартості ФЕС

Таблиця 3.6 – Розрахунок приблизної вартості електричної станції

Обладнання та система кріплення панелей				
Обладнання та матеріали	Тип	Кількість	Ціна за од., грн з ПДВ	Всього, грн
ФЕМ виробництва компанії Risen	RSM132-8-645M	466 шт.	6 663	3 104 958
Металоконструкції під ФЕМ				
Профіль повздовжній під прижими (40x40x1,5 мм), l=5595	KM 27.00.001-08	1230 м.	363	446 490
Z-профіль	KM 27.00.007	116 шт.	8,5	986
D-профіль	KM 19.00.00.003	872 шт.	12,1	10 551,2
Гвинт	M8x25	1188 шт.	3,06	3 635,28
Шайба пружинна	M8	1204 шт.	0,2	240,4
Гайка	M8	116 шт.	0,6	69,6
Вкладка	KM 27.00.007	990 шт.	18,5	18 315
Болт	M8x20	116 шт.	2,7	313,2
Шайба плоска	M8	232 шт.	0,6	139,2
Стрінгові інвертори				
Інвертор виробництва компанії Huawei	SUN2000-30KTL-M3	1 шт.	106 000	106 000
Інвертор виробництва компанії Huawei	SUN2000-100KTL-M2	2 шт.	236 000	472 000
Кабелі				
Сонячний кабель 6 мм ²	H1Z2Z2-K 1x6 BLACK	1229 м.	100,33	123 305,57

Продовження таблиці 3.6

Пара (+ та -) конекторів сонячного кабелю 6 мм ²	MC4	62 шт.	32,48	2 013,76
Заземлення				
Блискавкоприймач висотою 2 м		8 шт.	356	2 848
Бетонна основа для блискавкоприймача		8 шт.	80	640
Універсальний тримач прутка	ND2336ZC	240 шт.	267	64 080
Встановлення обладнання в існуючі РЩ, ЩВ та інші				
Трансформатор струму	TAC040, 400/5, 0,5S	3 шт.	2 500	7 500
Лічильник електроенергії (клас точності 0.5S, номінальна напруга 3х230/400В, номінальний струм 5А, номінальна частота 50Гц)	ACE 6000	1 шт.	12 600	12 600
Автоматичний вимикач	ETI 004671082 EB2 250/3S 200A 3p (36кА)	2 шт.	10 050	20 100
Автоматичний вимикач	ETI 4671807 EB2S 160/3LF 63A 3p (16кА)	1 шт.	3 357	3 357
Автоматичний вимикач	ETI 004671106 EB2 400/3SF 400A 3p (36кА)	1 шт.	15 664	15 664
Цифровий прилад вимірювання (U _ж =220 VAC)	Nemo 96 HD+	1 шт.	7 300	7 300

Отже, орієнтовна вартість проєктованої фотоелектричної станції – 4 423 106,51 грн.

3.7 Розрахунок класу наслідків

Клас наслідків (відповідальності) об'єкту будівництва визначається згідно ДСТУ 8855:2019 "Визначення класу наслідків (відповідальності)" [12], ДБН А 2.2-3-2014 "Склад та зміст проектної документації на будівництво" [13] та ДБН В.1.2-14:2018 "Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд" [14].

Клас наслідків (відповідальності) та категорії складності об'єкта будівництва визначено за такими критеріями:

- кількість осіб, які перебувають постійно на об'єкті (знаходяться на об'єкті не менше 8 годин на добу та 150 днів на рік);
- кількість осіб, які періодично перебувають на об'єкті (перебувають на об'єкті не більше 3 годин на добу);
- кількість осіб, які перебувають поза об'єктом;
- обсяг можливо економічного збитку;
- втрата об'єктів культурної спадщини;
- припинення функціонування комунікацій транспорту, зв'язку, енергетики, інших інженерних мереж.

Спершу визначаємо можливу небезпеку для здоров'я і життя людей, які постійно перебувають на об'єкті.

Постійно обслуговуючий персонал представлений двома особами - чергові диспетчера, тобто кількість становить від 0 до 50.

Постійним перебуванням вважається перебуванням 8 годин та більше і не менше 150 днів на рік.

Відповідно, за цим показником об'єкт будівництва відноситься до класу наслідків СС1.

Наступним кроком визначаємо можливу небезпеку для здоров'я і життя людей, які періодично перебувають на об'єкті. Періодично – це не більше 8 годин на добу протягом не більше 150 днів на рік.

Зазвичай обслуговування обладнання ФЕС виконує черговий диспетчер. За його відсутності, при необхідності ремонту обладнання, кількість працівників ремонтної бригади не перевищуватиме 4 осіб, тобто кількість людей, які періодично перебувають на об'єкті і для життя та здоров'я яких можлива небезпека приймається 4 чоловік (до 100 людей).

Відповідно, за цим показником об'єкт будівництва відноситься до класу наслідків СС1.

Визначаємо можливу небезпеку для життєдіяльності людей, які перебувають поза об'єктом:

Враховуючи, що ФЕС є постачальником електричної енергії виробничої будівлі ТОВ "НЕСС ПВ", загальна кількість працюючих не перевищує 50 осіб (тобто становить від 0 до 100), а також наявність резервного джерела електропостачання від мережі загального користування, то відключення проєктного об'єкту не призведе до негативного впливу для здоров'я та життя людей, які перебувають ззовні об'єкта. Зазначена небезпека відсутня.

Відповідно, за цим показником об'єкт будівництва відноситься до класу наслідків СС1.

Обсяг можливого економічного збитку.

Відповідно до Закону України 2517-VIII від 04.09.2018 "Про внесення змін до деяких законів України щодо інвестиційної привабливості будівництва об'єктів відновлюваної енергетики" [15] до розрахунку збитків не включаються збитки замовників будівництва, які будують об'єкти без залучення коштів державного або місцевого бюджетів, кредитних коштів, наданих під державні гарантії, коштів державних та комунальних підприємств, бюджетних установ.

Відповідно, за цим показником об'єкт будівництва відноситься до класу наслідків СС1.

Втрата об'єктів культурної спадщини.

Оскільки в межах об'єкта реконструкції даху будівель для улаштування фотоелектричної станції немає об'єктів культурної спадщини, то за цим показником об'єкт будівництва відноситься до класу наслідків СС1.

Припинення функціонування комунікацій транспорту, зв'язку, енергетики, інших інженерних мереж.

Припинення функціонування об'єктів комунікацій, транспорту, зв'язку, енергетики, інших інженерних мереж на будь-якому рівні неможливе, оскільки живлення струмоспоживачів забезпечується з двох взаєморезервованих джерел енергії – проєктної ФЕС (основне джерело) та мережі загального користування (резервне джерело).

В даному районі електропостачання споживачів в точки транспорту, зв'язку здійснюється від ПС 110/10 кВ "ВЗТА", та ПС 110/10 кВ "Північна". Знеструмлення ФЕС ТОВ "НЕСС ПВ" не призводить до знеструмлення ПС 110/10 кВ "ВЗТА", та ПС 110/10 кВ "Північна". Таким чином, за цим показником об'єкт будівництва відноситься до класу наслідків (відповідальності) СС1.

Таким чином, проєктними розрахунками прийнято для даного об'єкта реконструкції перший клас наслідків (відповідальності) СС1.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

У цьому розділі бакалаврської дипломної роботи розглянуті питання з охорони праці, що були враховані під час організації оперативного обслуговування обладнання ТОВ «НЕСС ПВ» зі встановленням дахової ФЕС. Шкідливі виробничі фактори, які впливають на електротехнічний оперативний персонал електростанції [16, 17]:

Фізичні фактори: мікроклімат (температура, вологість, швидкість руху повітря, інфрачервоне випромінювання); виробничий шум, ультразвук, інфразвук; вібрація (локальна, загальна); освітлення: природне (недостатність), штучне (недостатня освітленість, прямий і відбитий сліпучий відблиск тощо);

Хімічні фактори: речовини хімічного походження, аерозолі фіброгенної дії (пил);

Фактори трудового процесу: важкість (тяжкість) праці; напруженість праці. Важкість праці характеризується рівнем загальних енергозатрат організму або фізичним динамічним навантаженням, масою вантажу, що піднімається і переміщується, загальною кількістю стереотипних робочих рухів, величиною статичного навантаження, робочою позою, переміщенням у просторі. Напруженість праці характеризують: інтелектуальні, сенсорні, емоційні навантаження, ступінь монотонності навантажень, режим роботи.

4.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта

4.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць під час оперативного обслуговування електроустановок

Оперативне обслуговування електроустановок може здійснюватися як місцевими оперативними чи оперативно-ремонтними працівниками, за якими закріплена ця електроустановка, так і виїзними, за якими закріплена група електроустановок. Вид оперативного обслуговування, кількість оперативних працівників в зміну чи на електроустановці визначаються особою, відповідальною за електрогосподарство, за узгодженням з керівництвом

підприємства (організації) і зазначається в місцевих інструкціях. До оперативного обслуговування електроустановок допускаються працівники, які знають оперативні схеми, посадові і експлуатаційні інструкції, інструкції з охорони праці, особливості обладнання і пройшли навчання, дублювання та перевірку знань ПБЕ ЕЕС та ПТЕ ЕЕС.

Оперативні працівники, які обслуговують електроустановки одноосібно, та ті старші в зміні чи бригаді оперативні працівники, за якими закріплені електроустановки, повинні мати групу з електробезпеки IV в електроустановках напругою понад 1000 В і III – в електроустановках напругою до 1000 В. Оперативні працівники повинні працювати за графіком, затвердженим особою, відповідальною за електрогосподарство підприємства чи структурного підрозділу.

Оперативні працівники, які заступають на чергування, мають прийняти зміну від попереднього чергового, здати зміну наступному черговому у відповідності з графіком. Припинення чергування без здачі зміни забороняється. У виняткових випадках залишення робочого місця є припустимим з дозволу оперативного працівника вищої посади. Під час приймання зміни оперативний працівник зобов'язаний:

- ознайомитися зі схемою і станом та режимом роботи устаткування на своїй ділянці особистим оглядом в обсязі, встановленому інструкцією;

- одержати від чергового, який здає зміну, інформацію про стан устаткування, за яким необхідно вести ретельний нагляд для запобігання аваріям та неполадкам, а також про стан устаткування, що перебуває в ремонті або резерві;

- перевірити і прийняти інструмент, матеріали, ключі від приміщень, засоби захисту, оперативну документацію та інструкції;

- ознайомитися з усіма записами та розпорядженнями за час, що минув з його останнього чергування;

- оформити приймання зміни записом у журналі, відомості, а також в оперативній схемі власним підписом та підписом працівника, який її здає;
- доповісти старшому зміни про початок чергування та про неполадки, виявлені під час прийняття зміни.

Забороняється прийняття та здача зміни у випадках, коли на ділянці, яка обслуговується, робочі місця не прибрані, устаткування забруднене. Прийняття зміни, коли устаткування несправне чи є відхилення від нормального режиму його роботи, допускається тільки з дозволу особи, відповідальної за електрогосподарство підприємства, або оперативного працівника вищого рівня, про що робиться запис в оперативному журналі. Оперативні працівники під час свого чергування є відповідальними за правильне обслуговування та безаварійну роботу всього устаткування на закріплених за ними ділянках.

В разі порушення режиму роботи, пошкодженні чи аварії електроустаткування оперативний працівник зобов'язаний негайно вжити заходів з відновлення схеми нормального режиму роботи і повідомити про те, що сталося, безпосередньо старшому у зміні працівнику або особі, відповідальній за електрогосподарство. У випадку неправильних дій оперативних працівників під час ліквідації аварії старший в зміні оперативний працівник зобов'язаний прийняти на себе керівництво і відповідальність за подальший перебіг ліквідації аварії.

Оперативні працівники повинні проводити обходи та огляди устаткування і виробничих приміщень на закріплених за ним ділянках. Огляд електроустановок може виконуватись одноосібно:

- адміністративно-технічним працівником з групою V в електроустановках понад 1000 В і з групою IV — в електроустановках до 1000 В;
- оперативним працівником, який обслуговує цю електроустановку.

Список адміністративно-технічних працівників, яким дозволяється одноосібний огляд, встановлюється особою, відповідальною за електрогосподарство і затверджується керівником підприємства.

Забороняється під час огляду електроустановок виконувати будь-яку роботу. Огляди, виявлення та ліквідація несправностей в електроустановках без місцевих чергових працівників виконуються централізовано виїзними працівниками, що здійснюють нагляд і роботи на об'єкті (чи групі об'єктів). Періодичність цих робіт встановлюється особою, відповідальною за електрогосподарство, залежно від місцевих умов. Результати оглядів фіксуються в оперативному журналі.

Двері приміщень електроустановок (щитів, збірок тощо) мають бути постійно замкнені. Для кожного приміщення має бути не менше двох комплектів ключів, один з яких є запасним. Ключі від приміщень РУ не повинні пасувати до дверей комірок і камер.

Ключі підлягають поверненню щоденно після закінчення роботи.

4.1.2 Електробезпека

Живлення силового обладнання з переробки фруктів і овочів та системи освітлення здійснюється від мережі з заземленою нейтраллю напругою 380 x 220 В з частотою 50 Гц. Проектування та експлуатація електричних мереж і установок повинна здійснюватися за умови дотримання вимог з їхньої електробезпеки [18, 19]. Технічні рішення щодо запобігання електротравмам під час виконання робіт:

1) Для запобігання електротравм від контакту зі струмопровідними елементами електроустаткування потрібно: розміщувати неізольовані струмопровідні елементи в окремих приміщеннях з обмеженим доступом, у металевих шафах; використовувати засоби орієнтації в електроустаткуванні –

написи, таблички, попереджувальні знаки; підвід кабелів до споживачів здійснювати в закритих конструкціях підлоги.

2) При живленні однофазних споживачів струму при напрузі до 1000 В використовується нульовий захисний провідник. При його використанні пробій на корпус призводить до КЗ. Спрацьовує захист від КЗ і пошкоджений споживач відключається від мережі.

3) Електрозахисні засоби захисту

Персонал, який обслуговує електроустановки, повинен бути забезпечений випробуваними засобами захисту. Перед застосуванням засобів захисту персонал зобов'язаний перевірити їх справність, відсутність зовнішніх пошкоджень, очистити і протерти від пилу, перевірити за штампом дату наступної перевірки. Користуватися засобами захисту, термін придатності яких вийшов, забороняється.

Використовуються основні та допоміжні електрозахисні засоби. Основними електрозахисними засобами називаються засоби, ізоляція яких тривалий час витримує робочу напругу, що дозволяє дотикатися до струмопровідних частин, які знаходяться під напругою. До них відносяться (до 1000В): ізолювальні штанги; ізолювальні та струмовимірювальні кліщі; покажчики напруги; діелектричні рукавиці; слюсарно-монтажний інструмент з ізольованими ручками.

Додатковими електрозахисними засобами називаються засоби, які захищають персонал від напруги дотику, напруги кроку та попереджають персонал про можливість помилкових дій. До них відносяться (до 1000 В): діелектричні калоші; діелектричні килимки; переносні заземлення; ізолювальні накладки і підставки; захисні пристрої; плакати і знаки безпеки.

4.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

4.2.1 Мікроклімат

Умови праці визначаються поєднанням температури, відносної вологості та швидкості руху повітря, температури поверхонь, які оточують людину, та інтенсивністю теплового (інфрачервоного) опромінювання [20]. Категорія робіт, що виконується оперативним персоналом – Па – пов'язано з постійною ходьбою і перенесенням невеликих вантажів масою до 1 кг. За ступенем впливу на тепловий стан людини мікрокліматичні умови визначаємо як допустимі (таблиця 4.1). В умовах роботи назовні приміщень допустима температура не повинна перевищувати такі межі: 22,0-25,1 °С; шкідлива: 1 ступеня – 25,2-25,5; 2 ступеня – 25,6-26,3; 3 ступеня – 26,3-27,3; 4 ступеня – 27,4-29,9 °С [16].

Таблиця 4.1 – Допустимі параметри мікроклімату

Період року	Категорія робіт	Температура, °С	Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря, м/с
Холодний	Середньої важкості: Іб	17-23	75	не > 0,3
Теплий	Середньої важкості: Іб	18-27	65 при 26 °С	0,2-0,4

Необхідно, щоб в приміщеннях для оперативного персоналу була постійна циркуляція повітря або встановлений кондиціонер [21]. Влітку при значних вологовтратах і значному часі опромінення інфрачервоною радіацією споживають охолоджену до 15-20°С підсолону (0,5 % HCl) газовану воду. Вживання підсоленої води запобігає згущенню крові, сприяє утриманню її в організмі, покращує самопочуття й підвищує працездатність. Із заходів особистої профілактики після теплових навантажень рекомендуються гідропроцедури.

4.2.2 Склад повітря робочої зони

Забруднення повітря робочої зони регламентується граничнодопустимими концентраціями (ГДК) в мг/м³ [20]. Для нормалізації складу повітря робочої зони

потрібно здійснювати щоденне прибирання робочого місця. Чим дрібніше пил (зернистість), тим вище небезпека.

Таблиця 4.2 – Можливі забруднювачі повітря можуть і їх ГДК

Найменування речовини	ГДК, мг/куб. м		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньодобова	
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4
Вуглецю оксид (CO)	3	1	4

Тому необхідно здійснювати наступні заходи: очищувати пил якнайчастіше, щодня протирати запилені поверхні обладнання з використанням продувки або пилососа. Потрібно планувати прибирання так, щоб воно приходилось на час коли устаткування вимкнене, зокрема в другу половину дня п'ятниці або на вихідні.

4.2.3 Виробниче освітлення

Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 [22], роботи з обслуговування сонячного трекера, потребують освітлення, яке характеризується розрядом зорової роботи III, підрозряд «в». Нормовані значення штучного, природного та суміщеного освітлення наведені в таблиці 4.3.

Для забезпечення достатнього освітлення здійснюють систематичне очищення скла та світильників від пилу (не рідше двох разів на рік), використовують жалюзі. В разі нестачі природного освітлення, використовують загальне штучне освітленням, що створюється за допомогою світлодіодних ламп [E27 LED 15W NW A60 "SG"](#). Висота підвісу світильників над робочою поверхнею 2,5 метра.

Таблиця 4.3 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

Харак- ка зорової роботи	Найменший або еквівалент- ний розмір об'єкта розрізнення , мм	Розряд зорової роботи	Під- розряд зорової роботи	Контраст об'єкта з фоном	Характе- ристика фону	Штучне при- системі комбінованого освітлення		Природне Ен пр	Сумісне Е сум
						всього	у т. ч. від загального		
Висо- кої точн- ості	Від 0,3 до 0,5 включно	III	в	малий середній великий	світлий середній темний	600	200	-	3,0

4.2.4 Виробничий шум

Шум у приміщенні широкосмуговий. Нормуємо шум на робочому місці. Рівні звукового тиску в октавних смугах частот, рівні звуку та еквівалентні рівні звуку на робочих місцях мають відповідати вимогам СН 3223-85, ГОСТ 12.1.003-85, ГР 2411-81 [23] і наведені в табл. 4.4.

Таблиця 4.4 – Допустимі рівні звуку, еквівалентні рівні звуку і рівні звукового тиску в октавних смугах частот

Вид трудової діяльності, робочі місця	Рівні звукового тиску в дБ в октавних смугах із середньгеометричними частотами, Гц								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Виконання усіх видів робіт на постійних робочих місцях в виробничих приміщеннях та на території підприємства	107	95	87	82	78	75	73	71	69

Устаткування, що є джерелом шуму (вентилятори, електроінструмент, технологічне обладнання), слід використовувати поза межами приміщень.

Для забезпечення допустимих рівнів шуму на робочих місцях слід застосовувати засоби звукопоглинання, вибір яких має обґрунтовуватись

спеціальними інженерно-акустичними розрахунками.

Акустична обробка приміщень – це облицювання частини внутрішніх поверхонь огорожень звукопоглинаючими матеріалами, а також розміщення в приміщенні штучних звукопоглиначів, які представляють собою вільно підвішені об’ємні поглинаючі тіла довільної форми. Найбільший ефект при акустичній обробці можливо отримати в точках, які розташовані в зоні відбитого звуку; в зоні прямого звуку акустичний ефект від застосування облицювання набагато менший. Звукопоглинаючі облицювання розміщують на стелі і в верхніх частинах стін при висоті приміщення не більше 6-8 м таким чином, щоб акустично оброблена поверхня складала не менше 60 % від загальної площі обмежуючих приміщення поверхонь. У вузьких і дуже високих приміщеннях доцільно облицювання розмішувати на стінах, залишаючи нижні частини стін (до 2 м висотою) не облицьованими, або проектувати конструкцію звукопоглинаючої підвісної стелі.

4.2.5 Виробнича вібрація

Джерелами вібрацій на енергетичних об’єктах є технологічне устаткування, електроінструмент і вентилятори. Норми виробничої вібрації на постійних робочих місцях в приміщеннях об’єктів будівництва, визначені за [24], наведено в таблиці 4.5. Для зменшення дії вібрацій на працюючих проектом передбачено: створення амортизаторів в яких використовують пружини, гуму та інші пружні матеріали; розміщення будівельних конструкцій на масивних фундаментах; встановлення додаткових реактивних опорів.

Таблиця 4.5 – Допустимі рівні вібрації на постійних робочих місцях

Вид вібрації	Октавні полоси з середньгеометричними частотами, Гц									
	2	4	8	16	32	63	125	250	500	1000
Загальна вібрація: на постійних робочих місцях в виробничих приміщеннях	1,3* 108	0,45 99	0,22 93	0,2 92	0,2 92	0,2 92	-	-	-	-

В чисельнику середньоквадратичне значення вібрації, $\text{м/с}^* 10''$, в знаменнику – логарифмічні рівні вібрації, дБ.

Також серед технічних заходів уникнення шкідливого впливу вібрації – створення нових конструкцій інструментів і машин, вібрація яких не може виходити за безпечні для людини межі, а зусилля не повинні перевищувати 15-20 кг. Усі деталі машин та агрегатів, що рухаються, повинні ретельно врівноважуватися, а для зменшення динамічних сил, які спричиняють вібрації, слід застосовувати змащування та ін.

4.3 Пожежна безпека

Пожежну безпеку промислових і інших об'єктів регламентують «Правила пожежної безпеки в Україні» та інші правила пожежної безпеки для промислових підприємств і окремих об'єктів [25, 26]. Визначення пожежо-вибухонебезпечності речовин і матеріалів здійснюється за рекомендаціями [27], а, відповідно, категорії приміщень, будинків та зовнішніх установок, де вони використовуються, зберігаються тощо, за [28].

Отже, приміщення ТОВ «НЕСС ПВ» з встановленою даховою ФЕС за вибухонебезпекою та пожежонебезпекою відносяться до категорії Д – речовини і/або матеріали, що зазначені вище для категорій приміщень В (крім горючих газів, горючих пилу і/або волокон), а також негорючі речовини і/або матеріали в холодному стані (за температури навколишнього середовища), за умов, що

приміщення, в яких знаходяться зазначені вище речовини і/або матеріали, не відносяться до категорій А, Б або В; а також, частково, категорії В, в яких знаходяться та будуть знаходитися (зберігатися) легкозаймисті, горючі і/або важко горючі рідини, а також речовини і/або матеріали, як здатні вибухати та горіти або тільки горіти під час взаємодії з водою, киснем повітря і/або один з одним; тверді горючі і/або важко горючі речовини та матеріали (включно горючий пи́л і/або волокна), за умови, що питома пожежна навантага для твердих і рідких легко-займистих, горючих та важко горючих речовин і/або матеріалів на окремих ділянках площею не менше 10 м^2 кожна може перевищити $180 \text{ МДж} \cdot \text{м}^2$.

Будівля, в якій розташовані ці приміщення, характеризується ІІІ ступенем вогнестійкості. До ІІІ ступеня вогнестійкості відносяться будинки з несучими та огорожувальними конструкціями з природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону, залізобетону. Для перекриттів дозволяється застосовувати дерев'яні конструкції, захищені штукатуркою або негорючими листовими, плитними матеріалами, або матеріалами груп горючості Г1 (низької горючості), Г2 (помірної горючості). До елементів покриттів не висуваються вимоги щодо межі вогнестійкості, поширення вогню, при цьому елементи горищного покриття з деревини повинні мати вогнезахисну обробку. Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвилинах) та максимальні межі поширення вогню по них (см) за ДБН В.1.1.7-2016 [29] наведено в таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 – Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій та максимальні межі поширення вогню по них

Ступінь вогнестійкості будинків	Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвиликах) і максимальні межі поширення вогню по них (см)								
	стіни				коло-ни	сходові площадки, костури, сходи, балки, марші сходових кліток	пере-криття між поверхів (у т.ч. горищні та над підвалами)	елементи суміщених покриттів	
	несучі та сходових кліток	самоне-сучі	зовнішні не-несучі	внутрішні не-несучі (перегородки)				плити, насти-ли, прого-ни	балки, ферми, арки, рами
III	REI 120 M0	REI 60 M0	E 15 M0	E1 15 M1	R 120 M0	R 60 M0	REI 45 M1	Не нормуються	

Протипожежні перешкоди і мінімальні межі їх вогнестійкості за ДБН В.1.1.7-2016 [29] наведено в таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 – Протипожежні перешкоди та мінімальні межі їх вогнестійкості

Протипожежні перешкоди	Типи протипожежних перешкод або їх елементів	Мінімальна межа вогнестійкості протипожежної перешкоди (у хвиликах)	Тип заповнення прорізів, не нижче	Тип протипожежного тамбуршлюзу, не нижче
Стіни	2	REI 60	2	1
Перегородки	2	EI 15	3	2
Перекриття	2	REI 60	2	1

Протипожежні відстані між житловими, громадськими, адміністративно-побутовими будинками промислових підприємств, гаражами слід приймати за таблицею 4.8 (чисельник). В умовах забудови, що склалася, протипожежні

відстані між житловими будинками та від житлових будинків до будівель і споруд іншого призначення слід визначати згідно з протипожежними вимогами даних норм, наведеними у таблиці 4.8. Протипожежні відстані від житлових, громадських, адміністративно-побутових будинків промислових підприємств, гаражів до виробничих, складських будинків і споруд слід приймати за таблицею 4.8 (знаменник).

Таблиця 4.8 – Протипожежні відстані між житловими, громадськими, адміністративно-побутовими будинками промислових підприємств, гаражами, а також до виробничих будинків і споруд

Ступінь вогнестійкості будинку	Відстані при ступені вогнестійкості будинків, м		
	I, II	III	IV, V
III	8/9	8/12	10/15

На території ТОВ «НЕСС ПВ» встановлено 34 порошкових (ВП) та водопінних (ВВП) вогнегасників ємністю 5 та 9 л.

Висновки

У бакалаврській роботі розглянуто побудову фотоелектричної станції та досліджено важливі аспекти інтеграції даної ФЕС з потужністю 230 кВт у загальну електричну мережу. Підкреслено значення контролю та регулювання реактивної потужності, яка є одним із ключових елементів ефективної експлуатації станції. Обговорено різноманітні аспекти планування та розробки інфраструктури, включаючи прокладання ліній електропередачі та кабельних відгалужень, що мають велике значення для забезпечення стабільності та ефективності електропостачання.

Детально проаналізовано плани та схеми мереж електропостачання, включаючи прокладання магістральних та розподільчих ліній, встановлення трансформаторів та інших необхідних елементів інфраструктури. Також висвітлено питання заземлення, захисту та контролю якості електроенергії, що є важливими аспектами ефективної електроенергетичної системи.

Підкреслено значення впровадження автоматизованих систем управління та моніторингу для забезпечення надійності та ефективності електропостачання. Висвітлено важливість розробки та впровадження систем енергозбереження та оптимізації енергоефективності, що сприяє зниженню витрат та підвищенню економічної ефективності електростанції.

Загалом, у дослідженні розглянуто широкий спектр аспектів, пов'язаних з інтеграцією сонячної електростанції у електричну мережу, що дозволяє отримати глибоке розуміння проблеми та розробити ефективні стратегії для її вирішення.

Крім того, необхідно зазначити, що існують величезні перспективи подальшого розвитку та впровадження фотоелектричних систем у різноманітні сфери економіки та промисловості, що сприятиме створенню стійкої та екологічно чистої енергетичної системи у майбутньому. Використання сонячної енергії є важливим чинником сталого розвитку.

Список використаних джерел та посилань

1. <https://greendeal.org.ua/istoriya-sonyachnoyi-energetyky-hto-yiyi-vynajshov-ta-yak-vona-zminyuye-nashe-zhyttya/>
2. <http://m.ua.cnqixinggroup.com/info/1-72082639.html>
3. Посібник з монтажу «Фотоелектричні модулі», с. 3, https://logicfox.info/manuals/LP/Solar_Panel/19825/LP_Solar_Module_Installation_Manual.pdf
4. Електронна книга. Сонячна енергія для початківців. С. 19-21, <https://vipmart.com.ua/ua/a486669-elektronnaya-kniga-solnechnaya.html>
5. <https://solarsystem.com.ua/p-yat-mifiv-pro-nepotribnist-servisnogo-obslugovuvannya-sonyachnyh-elektrostantsij-sonyachnyh-batarej/>
6. <https://www.solargarden.com.ua/pravy-la-doglyadu-za-sonyachnymy-batareyamy/>
7. Пундєв В. О., Шевчук В. І., Шейко І. О. Шляхи підвищення ефективності й терміну експлуатації фотоелектричних модулів і фотоелектричних станцій / Інститут відновлюваної енергетики НАН України – Київ, 2021. – с. 39-41, <https://ve.org.ua/index.php/journal/article/download/298/219/>
8. <https://energokvant.com/yak-vibrati-avtomatichnij-vimikach>
9. Правила улаштування електроустановок – Видавництво «ФОРТ», 2017
10. <https://learn.ztu.edu.ua/mod/resource/view.php?id=187421>
11. Правила застосування системної протиаварійної автоматики запобігання та ліквідації небезпечного зниження або підвищення частоти в енергосистемах, <https://zakon.rada.gov.ua/go/z1177-03>
12. ДСТУ 8855:2019 "Визначення класу наслідків (відповідальності), http://www.utsks.com/images/My_pdf/8855_2019.pdf
13. ДБН А 2.2-3-2014 "Склад та зміст проектної документації на будівництво", <http://dreamdim.ua/wp-content/uploads/2018/08/DBN-A.2.2-3-2014.pdf?fbclid=IwAR3Y4wb2WdmHTTSLHjvUjZxwIhYschH54j6thT5aQqTDHfTZgVMI5pGlvYIU>
14. ДБН В.1.2-14:2018 "Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд", <http://dreamdim.ua/wp-content/uploads/2018/12/DBN-V1214-2018.pdf>
15. Закону України 2517-VIII від 04.09.2018 "Про внесення змін до деяких законів України щодо інвестиційної привабливості будівництва об'єктів відновлюваної енергетики", <https://zakon.rada.gov.ua/go/2517-19>
16. ДСНіП «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». Наказ МОЗ № 248 від 08.04.2014.

17. ДСТУ-Н Б А 3.2-1: 2007 Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використання в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва. <https://profidom.com.ua/a-3/a-3-2/824-dstu-n-b-a-3-2-12007-nastanova-shhodo-viznachenna-nebezpechnih-i-shkidlivih-faktoriv->.
18. НПАОП 40.1-1.21-98 (ДНАОП 0.00-1.21-98) Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=48644.
19. ДСТУ Б В.2.5-82:2016. Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 109
20. НПАОП 40.1-1.32-01 (ДНАОП 0.00-1.32-01) Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0272203-01#Text>.
21. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>.
22. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. К. : Мінрегіонбуд України, 2013. 149 с.
23. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885
24. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. URL: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>.
25. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99>.
26. НАПБ А.01.001-14. Правила пожежної безпеки в Україні. К. : МВС України, 2014. 47 с.
27. ДСТУ 8828:2019 Пожежна безпека. Загальні положення. <https://dwg.ru/dnl/15125>.
28. ДСТУ 8829:2019 Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів. Номенклатура показників і методи їхнього визначення. Класифікація. <https://www.alutal.com.ua/wp-content/uploads/2021/02/dstu-8829-2019-1.pdf>.
29. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпек. https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_v_1_1_36/5-1-0-1759.
30. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. URL: http://www.poliplast.ua/doc/dbn_v.1.1-7-2002.pdf.
31. Наказ Міністерства внутрішніх справ України «Про затвердження Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників». <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0225-18#Text>.

Додаток А – Вихідні дані



Рисунок 1.1 – Супутниковий знімок місцевості

Таблиця 1.1 – Необхідне обладнання

Обладнання	Марка
Фотоелектричні модулі виробництва компанії Risen потужністю 645 Вт	RSM132-8-645M
Інвертор виробництва компанії Huawei потужністю 30 кВт	SUN2000-30KTL-M3
Інвертор виробництва компанії Huawei потужністю 100 кВт	SUN2000-100KTL-M2

Додаток Б – Протокол перевірки роботи на наявність текстових запозичень

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Підвищення ефективності електропостачання товариства з обмеженою відповідальністю «НЕСС ПВ» зі встановленням дахової фотоелектричної станції

Тип роботи: бакалаврська кваліфікаційна робота
(БДР, МКР)

Підрозділ: кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту
факультет електроенергетики, електротехніки та електромеханіки
 (кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Unichesk

Оригінальність	92,94	Схожість	7,06
----------------	-------	----------	------

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

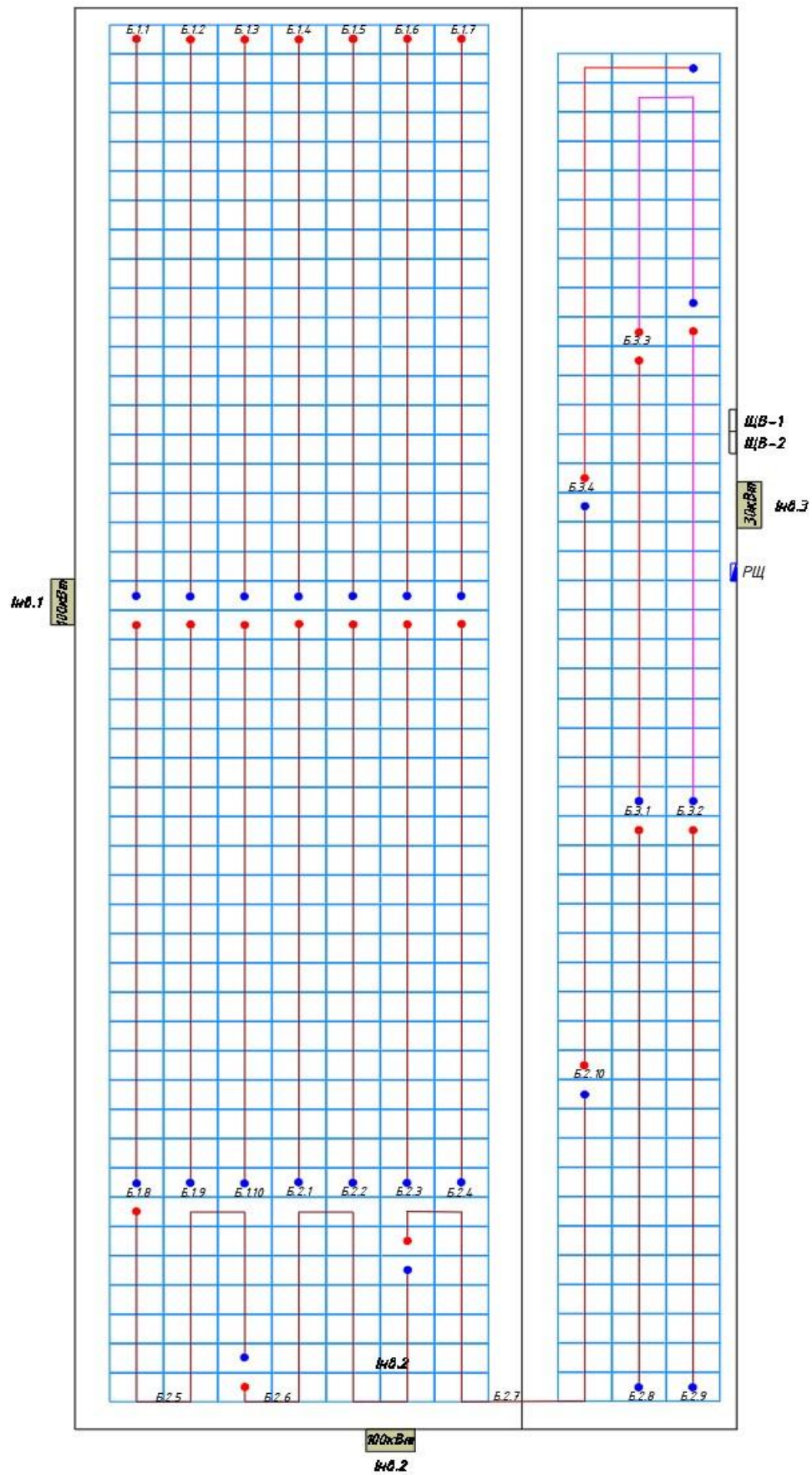
- ☐ 1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
- ☐ 2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.
- ☐ 3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку _____ Лобода Ю.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

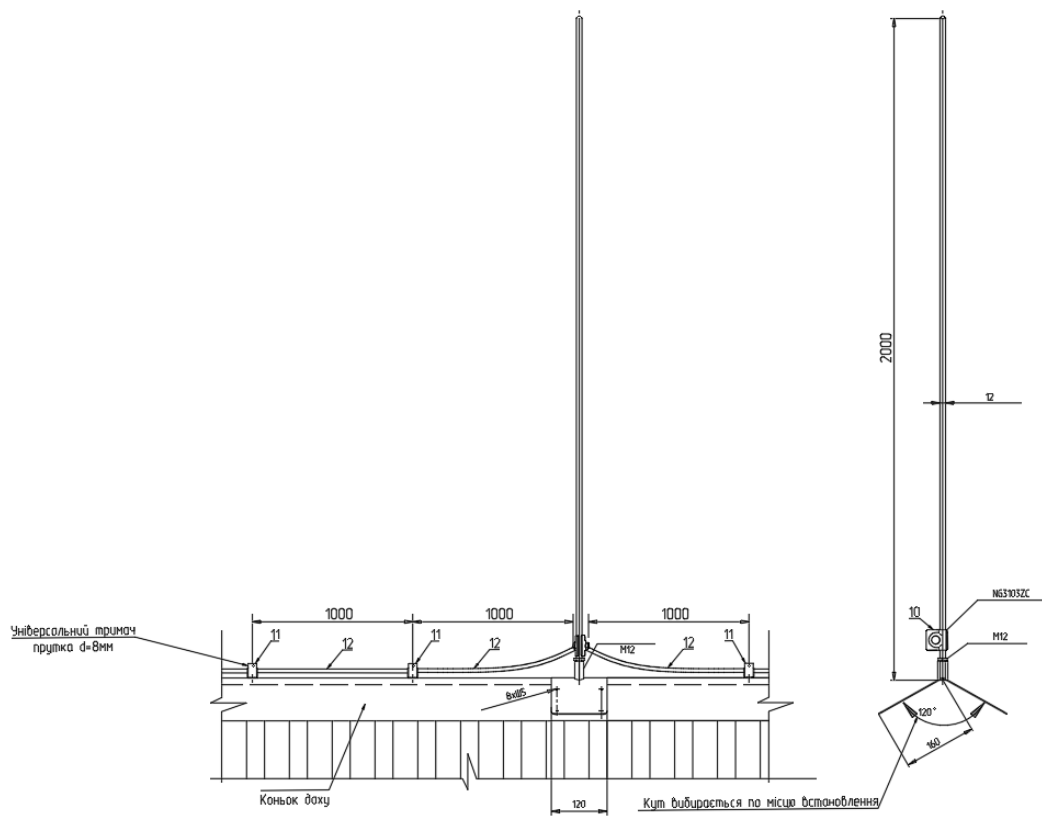
Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unichack щодо роботи.

Автор роботи	<u> </u>	<u>Шкуран А. В.</u>
	(підпис)	(прізвище, ініціали)
Керівник роботи	<u> </u>	<u>Бурбело М. Й.</u>
	(підпис)	(прізвище, ініціали)

Структурний план електричних з'єднань



Креслення блискавкоприймача



Спуск заземлення по зовнішній стіні будівлі

