

ЗВІТ ОБСТЕЖЕННЯ ФОТОЕЛЕКТРИЧНОЇ СТАНЦІЇ

**СОНЯЧНА ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯ
(ДАХОВА) ПОЛТАВСЬКА ОБЛ.,**

Звіт підготовлено 15 березня 2019 року

Версія 1.01

м. Київ

ЗМІСТ

1. ПАСПОРТ ФОТОЕЛЕКТРИЧНОЇ СТАНЦІЇ	3
2. ЕЛЕКТРОГЕНЕРУЮЧЕ ОБЛАДНАННЯ	4
2.1. Фотоелектричні модулі	4
2.2. Інвертори	7
3. ЕЛЕКТРИЧНЕ ГОСПОДАРСТВО	8
3.1. Кабельні мережі постійного струму	8
3.2. Щити збору потужності постійного струму	9
3.3. Кабельні мережі змінного струму	10
4. ЗАГАЛЬНІ ЗАУВАЖЕННЯ	11
4.1. Проектно-технічна документація	11
4.2. Технічне обслуговування та експлуатація	11
4.3. Генерування електричної енергії	11
5. РЕКОМЕНДАЦІЇ	13
ДОДАТКИ	14
Додаток 1. Зведена таблиця виміряних електричних характеристик масивів фотомодулів	15
Додаток 2.1. Інвертор #1. Форми ВА та ВтВ характеристик	16
Додаток 2.2. Інвертор #2. Форми ВА та ВтВ характеристик	17
Додаток 2.3. Інвертор #3. Форми ВА та ВтВ характеристик	18
Додаток 2.4. Інвертор #4. Форми ВА та ВтВ характеристик	19
Додаток 3. Фотомодулі із дефектами (Hot Spot та PID ефект)	20
Додаток 4. Специфікація обладнання та матеріалів для організації моніторингу сонячної електростанції	21
Додаток 5. Щити захисту інверторів за постійним струмом	22
Додаток 6. Недоліки прокладання кабельних ліній	23
Додаток 7. Щит збору потужності змінного струму	25
Додаток 8. Недоліки експлуатації	28

1. ПАСПОРТ ФОТОЕЛЕКТРИЧНОЇ СТАНЦІЇ

Назва

Сонячна електростанція

Тип

Дахова

Суб'єкт господарювання

ТОВ "

Місцезнаходження

Полтавська область., Лубенський район,

Встановлена потужність постійного струму

120.00 кВт

Встановлена потужність змінного струму

110 кВт

Тип фотоелектричних модулів

Altek ALM-250P

Тип інверторного обладнання

ABB TRIO-27.6-TL-OUTD-S2X

Місце підключення

КТП-699 10/0.4 кВ

Уведено в експлуатацію

6 квітня 2017 року

Дата проведення обстеження

3 березня 2019 року

2. ЕЛЕКТРОГЕНЕРУЮЧЕ ОБЛАДНАННЯ

Електрогенеруючим обладнанням сонячної електростанції є фотоелектричні модулі та інвертори. У цьому розділі розглянуто стан основного обладнання фотоелектричної станції в розрізі якості монтажних робіт, їх відповідності нормативним документам та вимогам виробників, експлуатаційних умов та ефективності роботи.

2.1. Фотоелектричні модулі

Електрогенеруючими установками сонячної електростанції є фотоелектричні модулі. На об'єкті використані фотоелектричні модулі із полікристалічного кремнію Altek ALM-250P одиничною потужністю 250 Вт.

Схема підключення фотоелектричних модулів

Фотомодулі сонячної електростанції з'єднані у стрінги по 20 шт., три стрінги під'єднуються до одного МРР трекера інвертора (6 стрінгів до одного інвертора).

*Таблиця 1. Електричні параметри постійного струму
відповідно до паспорту фотомодулів (STC)*

Фотомодуль	
Напруга холостого ходу	37.58 В
Струм короткого замикання	8.49 А
Потужність МРР	250 Вт
Стрінг	
Напруга холостого ходу, В	751,6 В
Струм короткого замикання, А	8,49 А
Потужність МРР, Вт	5000 Вт
Один вхід інвертора	
Напруга холостого ходу, В	751,6 В
Струм короткого замикання, А	25,47 А
Потужність МРР, Вт	15000 Вт

Електричні характеристики

Основним методом оцінки якості роботи масивів фотоелектричних модулів є воль-амперні характеристики (ВАХ).

Під час аудиту знято ВАХ кожного з 24 стрінгів за допомогою аналізатора фотоелектричних масивів METREL M2108. Вимірювання проводились за стабільних умов інтенсивності сонячної радіації (600-800 Вт/м²), температури повітря +2⁰ в період з 12 до 13 години за місцевим часом. Значення характеристичних параметрів зведено у таблиці додатку 1. Форми вольт-амперних та ват-вольтних кривих наведено у додатку 2.1-2.4.

Із аналізу форми ВА та ВтВ кривих, а також електричних параметрів вимірювання визначено наступне:

1. На деяких стрінгах присутні дефекти зв'язані з перегрівом кристалів фотомодулів.
2. Деякі стрінги суттєво затінені, чітко присутній вплив бруду та/або снігу на ВАХ.

Стрінг 2.3 (Додаток 2.2.). На ділянці ВАХ близькій до холостого ходу чітко проявляється викривлення характеристики разом із низьким значенням напруги MPPT. Ця ситуація пов'язана з дефектом кристалів фотомодулів включених у цей стрінг. Це призводить до зниження вихідної потужності стрігу. Потужність стрінгу менша на 6 % від інших стрінгів інвертора 2, на яких дефектів не виявлено.

Стрінги зі схожими дефектами: 2.6, 3.1, 3.2.

Стрінг 4.5 (Додаток 2.4). Один фотомодуль демонструє вихід із ладу частини селів одного обвідного діода. Цей модуль необхідно визначити та терміново її замінити. Стрінг супроводжується втратами потужності у розмірі 10%.

На частині фотоелектричних модулів лежав сніг та наявні сліди суттєвого забруднення (фотофіксація у Додатку 8). Характеристики цих стрінгів не дозволяють провести аналіз їх форми та значень. Необхідно провести очищення панелей від снігу та бруду та провести повторні вимірювання. Забруднені стрінги втрачають до 60 % потужності. Виробники сонячних панелей рекомендують проводити очищення від снігу та бруду для забезпечення кращого виходу енергії та стабільної і довгострокової роботи ФЕС.

Стрінги в яких не виявлено дефектів мають різницю параметрів 1-3%, що є допустимим відхиленням нормального режиму роботи фотомодулів.

Тепловізійний аналіз

Тепловізійна зйомка виконана за допомогою тепловізора IRISYS 4000 Series та направлена на визначення дефектів фотоелектричних модулів пов'язаних із температурним проявом.

В разі дефекту кристалу селу ФЕМ, його температура зростає на фоні інших селів. Наявність локальних зон із підвищеною температурою сигналізує про присутність дефекту сонячної панелі.

Матеріали отримані під час аудиту демонструють наявність фотомодулів із локальним перегріванням селів фотомодулів (рис. 1 та 2). Наявні випадки існування "Hot Spot" та/або PID деградації у 48 (10%) фотоелектричних модулів (додаток 3).

"Hot Spot" в кінцевому результаті призводить до вигорання кристалу та виходу з ладу всього модуля. Причинами появи цього дефекту можуть бути: заводський брак кристалу, пошкодження при монтажі/транспортуванні, довгострокове часткове затінення. За результатами візуального обстеження панелей дахової сонячної електростанції, вплив часткового затінення відсутній.

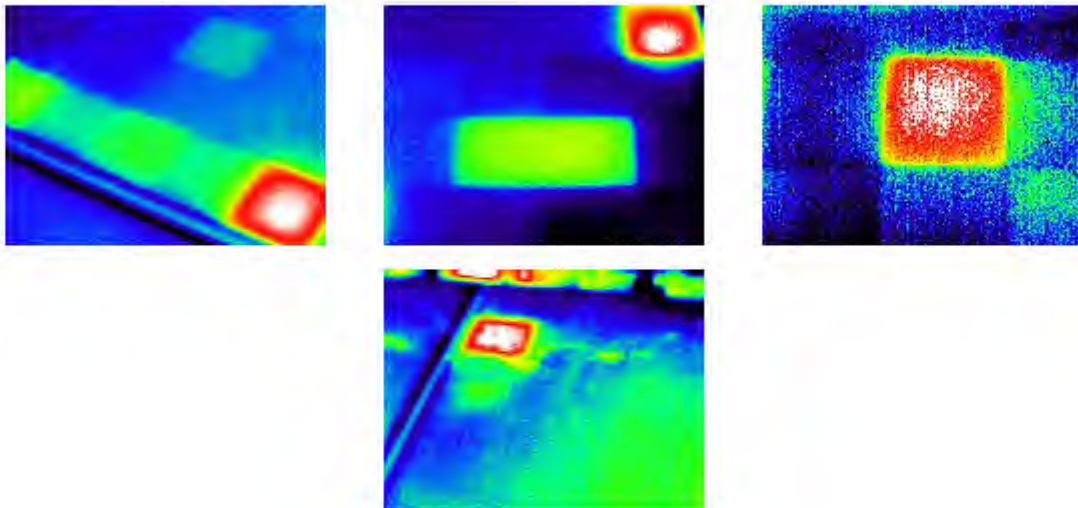


Рисунок 1. Матеріали аудиту. Локальні “Hot Spots” на сонячних панелях

Фотомодулі мають бути найближчим часом піддані лабораторному дослідженню на предмет наявності пошкоджень селів (мікротріщин) та відповідності електричних характеристик гарантійним зобов'язанням виробника та/або компанії, яка виконувала роботи з їх встановлення.

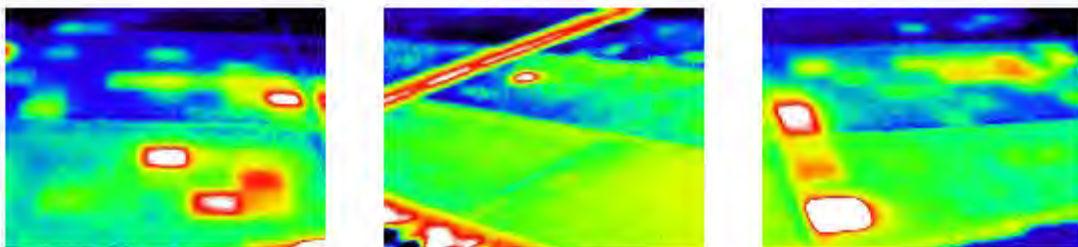


Рис.2. Перегрів в наслідок PID деградації та .

PID деградація проявляється у випадку існування потенціалу між рамою сонячної панелі і кристалом. Як що не усунути причини прояву PID ефекту та продовжувати експлуатацію фотомодулів більша їх частина суттєво зменшить термін служби без можливості відновлення своїх характеристик.

Серед шляхів уникнення негативного впливу PID ефекту необхідно виконати надійне з'єднання рам фотоелектричних модулів із заземлюючим пристроєм, та, за можливості, застосувати компенсатори PID ефекту від виробника інверторного обладнання.

Описані вище дефекти чинять вплив на вихідну потужність масиву фотоелектричних модулів, а продовження експлуатації зменшує їх термін служби. За наявності перегрітого кристалу(ів) сонячний модуль може експлуатуватися від 1 до 2 років. По завершенню цього періоду його подальша експлуатація буде неможливою. PID ефект зменшує строк служби сонячних панелей з 25 років до 10-15 років.

Резюме

Рекомендуємо провести повторне тепловізійне дослідження масиву фотомодулів повторно у період високої сонячної радіації та стабільно додатної температури повітря (травень-червень) для верифікації наявності дефектів із тепловими проявами на відповідних фотомодулях.

Після повторного аудиту фотоелектричні модулі із проявами із “Hot Spot” та/або PID ефекту мають бути піддані лабораторному дослідженню на предмет наявності пошкоджень селів (мікротріщин) та відповідності електричних характеристик гарантійним зобов’язанням виробника та/або генпідрядної організації.

2.2. Інвертори

Сонячна електростанція складається з чотирьох інверторів виробництва компанії ABB, модель TRIO-27.6-TL-OUTD-S2X, які розміщені під навісом з північного боку будівлі, на якій розташовані масиви фотомодулів.

Монтаж

Монтаж виконаний відповідно до вимог виробника, суттєвих зауважень немає.

Герметичність оболонки інверторів

Під час огляду було виявлено послаблення гвинтів кріплення кришки корпусу, яка закриває доступ до плат комунікації та підключень фотоелектричних модулів. Проте це не призвело до розгерметизації частини інвертора та зниження захисту оболонки від впливу навколишнього середовища. Сліди проникнення води та бруду відсутні.

Генерування електричної енергії та аварійні ситуації

Аналіз генерування електричної енергії та наявності/відсутності аварійних режимів роботи виконується на підставі інформації, яка збирається вбудованим у інвертор логером.

В процесі обстеження було виявлено недотримання регламенту обслуговування інверторів (Технічної інструкції на інвертори ABB TRIO-27.6-TL-OUTD). А саме: джерела живлення модуля пам’яті інверторів (елемент живлення +3В) вичерпали свій ресурс та не були вчасно замінені. Що, в свою чергу, призвело до втрати живлення модулів пам’яті та втрати інформації щодо генерування електричної енергії та логів сервісних повідомлень без можливості її відновлення.

На підставі вище зазначеного відсутня можливість проведення оцінки ефективності та рівномірності роботи інверторів.

Резюме

Для усунення недоліку із втратою живлення модулів пам’яті інверторів необхідно провести заміну елементів живлення, та забезпечити виконання регламенту технічного обслуговування інверторів відповідно до вимог виробника.

Організація системи моніторингу на об’єкті та її підключення до віддаленого сервісу моніторингу ABB Aurora Vision® дозволить уникнути проблем із втратою даних в подальшому та дозволить оперативно визначати та реагувати на позаштатні режими роботи сонячної електростанції.

Додатково, рекомендуємо влаштувати метеостанцію, яка дозволить організувати виявлення дефектів роботи сонячної електростанції на ранньому етапі та розробки системи прогнозування.

Специфікацію обладнання та матеріалів для організації системи моніторингу та метеостанції наведено у додатку до цього звіту.

3. ЕЛЕКТРИЧНЕ ГОСПОДАРСТВО

Електричне господарство об'єднує комплекс електричних мереж та організацію захисту електроустановок. Якість виконання кабельних мереж та надійність захисту є базовим критерієм довговічності та безпеки експлуатації електричного господарства. У цьому розділі розглянуто кабельні мережі постійного та змінного струму з огляду на вимоги нормативних документів та умови довговічності та безпеки.

3.1. Кабельні мережі постійного струму

За даними аудиту визначено недоліки прокладання кабельних трас, зокрема не виконані вимоги ПУЕ та інших нормативно технічних документів:

1. Кабельні канали не забезпечують надійний захист від механічних пошкоджень;
2. В процесі монтажу не забезпечено ступінь захисту оболонки щитів захисту (IP 65);
3. Низька якість виконання з'єднань за допомогою конекторів MC4 (рис. 5 та інші в додатку 6);

Кабельні мережі постійного струму прокладено в вузькому металевому лотку, який не забезпечує надійного захисту від механічних пошкоджень. Більше того, в деяких місцях кромки лотка врізаються в ізоляцію кабелю, що, окрім незабезпечення захисту від механічних пошкоджень, підвищує його виникнення.

При проектуванні та монтажі не враховано кількість кабелю, та зниження допустимого струму у зв'язку із прокладанням кабелів у пучках..



Рис.3.Не належна прокладка кабельних трас постійного струму (додаткові фотографії наведені у додатку 6)

На рис.3 та у додатку 6 зображено елементи прокладку кабельних трас. Продовження експлуатації без усунення цих недоліків призведуть то передчасного пошкодження кабелів. Для усунення цих недоліків потрібно замінити як металевий так і пластиковий лотки, та усунути перегинання кабелів.

Під час огляду кабельних трас на даху було виявлено розірване з'єднання стрінгу №4.1. Швидше за все роз'єднання відбулося в період снігопаду, оскільки один із кінців було занурено у сніг, що свідчить про неналежну механічну міцність з'єднання. Номінальна потужність стрінгу складає 5 кВт, які не працювали. Дану проблему було усунуто.



Рисунок 5. Відключений стрінг 4.1 інвертора 4.

Під час огляду кабельних трас на даху було виявлено, що один зі стрінгів не підключений. Дану проблему було усунуто.

Окрім цього, з'єднання кабелів постійного струму конекторами MC4 не закріплено до металоконструкцій (додаток 6), а залишено незакріпленими на даху. Такий підхід може призвести до збільшення струмів витоку (потрапляння води на струмоведучі частини) та руйнування конекторів (під час замерзання наповнених водою конекторів).

3.2. Щити збору потужності постійного струму

Відповідно до рекомендацій виробників сонячного кабелю та вимог чинних норм в Україні, кінці кабельних трас мають окінцьовані кабельними наконечниками.

Частина кабельних трас із гнучкого кабелю не мають наконечників на кінцях, які заходять в щити збору захисту постійного струму (рис. 4 та додаток 6)

Варто відмітити, частина кабелів має кабельні наконечники. Експлуатація електроустановки із не окінцьованими кабелями призводить до підвищення перехідного опору з'єднань, що в свою чергу спричиняє локальний перегрів та втрату енергії на з'єднанні та виникнення пожежонебезпечних ситуацій.

Щитки, які встановлюються на відкритому повітрі повинні забезпечувати ступінь захисту оболонки IP 65. Модель щитів передбачає виконання цієї вимоги. Однак, під час монтажу, було порушено герметичність корпусу в місцях уведення кабелів. Це призвело до зниження ступеню захисту

оболонки, та, як результат, забрудненню струмоведучих частин пилом та продуктами життєдіяльності комах (рис. 4 та додаток 6). Подальша експлуатація щитів в такому стані може призвести до виходу пристроїв з ладу. Рекомендуємо замінити дані щити на відповідні.

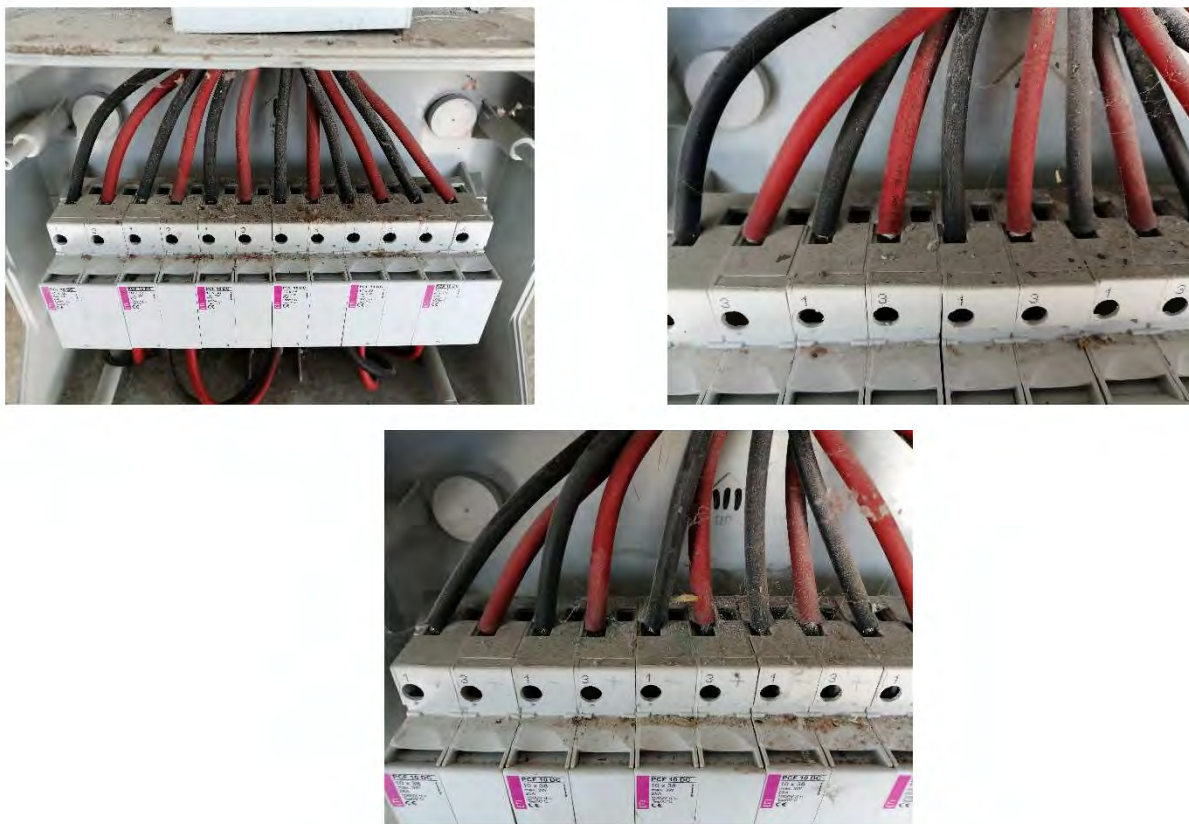


Рис.4 Необжиті кінці кабельних трас постійного струму.

Додатково хочемо зазначити, комплектація інверторів включає в себе блок запобіжників безпосередньо в корпусі інверторів. Тому використання додаткових блоків запобіжників є недоцільним.

3.3. Кабельні мережі змінного струму

Частина кабелів змінного струму має подібні до кабелів постійного струму недоліки. Зокрема, частина кабелів не окінцьована за допомогою кабельних наконечників.

В шафі збору потужності використані для під'єднання кабелю, який йде від РП-0.4 кВ КТП використані клемні колодки які не відповідають за розмірами кабельним наконечникам. Разом із слабким затягуванням місця під'єднання фази «А» виникає сильне перегрівання місця з'єднання. На розподільчих автоматичних вимикачах відсутні кабельні наконечники, а також використовуються кабелі різного перетину (силові кабелі, та лінії підключення приладу обліку). Окрім цього, наявні місця в яких існує ймовірність дотику до струмоведучих частин. Перегрівання з'єднань чинить небезпеку перегрівання та виникнення пожежі за подальшої експлуатації.

В РП-0.4 кВ КТП, деякі кабелі мають пошкоджену ізоляцію, розірвані термоусадки. Робота обладнання в такому стані є небезпечною та суперечить нормам ПУЕ.

Фото- та тепловізійна фіксація викладених недоліків наведена у додатку 7.

4. ЗАГАЛЬНІ ЗАУВАЖЕННЯ

Цей розділ включає зауваження, що були виявлені під час обстеження та підготовки звіту, та, які з різних причин не було включено у попередні розділи.

4.1. Проектно-технічна документація

Під час проведення аудиторських робіт окрім фіксації фактичного стану електротехнічного господарства, зазвичай проводиться аналіз проектної документації на ефективність прийнятих технічних рішень та відповідність виконання монтажу проектним рішенням. В процесі роботи виявлено відсутність проектної документації сонячної електростанції. Зокрема відсутні креслення із організації масивів фотоелектричних модулів, трас прокладання кабельних ліній, розрахунків електричних параметрів кабелів та режиму короткого замикання.

Існування цього факту ускладнює проведення аудиту, та в певних аспектах унеможливлює детальний аналіз роботи сонячної електростанції.

Рекомендуємо запросити в генерального підрядника проектну документацію або, у випадку відсутності, виконати її у достатньому обсязі.

4.2. Технічне обслуговування та експлуатація

Сонячна електростанція як об'єкт електроенергетики вимагає періодичного виконання технічного обслуговування відповідно до вимог ПУЕ, ПТЕ, ПБЕЕ та інших нормативних документів.

Окрім цього, особливістю умов встановлення електростанції є високий рівень запилення під час сезонних сільсько-господарських робіт на оточуючих полях, що вимагає очищення поверхні фотомодулів від бруду частіше ніж на аналогічних об'єктах без такого фактору.

Відсутність служби технічного обслуговування є причиною існування деяких недоліків, зазначених вище.

Рекомендуємо забезпечити виконання регламентів технічного обслуговування електричних установок сонячної станції та організувати періодичне очищення поверхні фотомодулів від бруду. Додатково, доцільним буде очищення фотомодулів від снігу після періодів інтенсивного його випадання.

4.3. Генерування електричної енергії

Відповідно до наданої інформації (Комерційна пропозиція на послуги генерального підряду із будівництва сонячної електростанції), генерування електроенергії сонячною електростанцією має складати 140.00 МВт*год в рік за річної варіації 10 %.

Відповідно до даних фактичної генерації системи АСКОЕ, сонячною електростанцією було згенеровано 124,65 МВт*год енергії за 2018 рік. Відхилення від прогнозованого значення склало 15.35 МВт*год (11.0%).

Варто зазначити, що наданий розрахунок не є моделлю сонячної електростанції. Цей факт, в свою чергу, не дозволяє із задовільною точністю говорити про обсяги генерування електричної енергії, її варіативність та загальну ефективність сонячної електростанції, та в подальшому унеможливорює розробку системи прогнозування.

Рекомендуємо розробити точну модель сонячної електростанції, зокрема у спеціалізованій інженерній системі PVsyst.

Додатково рекомендуємо влаштувати метеостанцію для вимірювання фактичних параметрів сонячного випромінювання та умов навколишнього середовища, для можливості постійної оцінки ефективності роботи сонячної електростанції та розробки системи прогнозування.

5. РЕКОМЕНДАЦІЇ

У цьому розділі закумульовано рекомендації попередніх розділів із зазначенням направлення на один або кілька із чотирьох аспектів роботи сонячної електростанції: ефективність, надійність, безпека та довговічність. Всі рекомендації проградуйовані за важливістю, про що зроблені відповідні відмітки.

#	РЕКОМЕНДАЦІЯ	НАПРАВЛЕННЯ	ПРИМІТКИ
1.	Улаштувати систему моніторингу	Ефективність	Див. Розділ 2.2, Додаток 4
2.	Встановити метеостанцію	Ефективність	Див. Розділ 2.2, Додаток 4
3.	Провести повторне тепловізійне дослідження масиву фотомодулів	Ефективність	Див. Розділ 2.1, Додаток 3
4.	Направити фотомодулі із дефектами до лабораторії	Ефективність	Див. Розділ 2.1, Додаток 3
5.	Виконати заземлення рам фотомодулів	Надійність, безпека	Див. Розділ 2.1
6.	Замінити елементи живлення пам'яті інверторів	Надійність	Див. Розділ 2.2
7.	Замінити кабельні канали постійного струму	Надійність, довговічність	Див. Розділ 3.1, Додаток 6
8.	Закріпити конектори та кабелі на даху будівлі	Надійність, довговічність	Див. Розділ 3.1, Додаток 6
9.	Замінити клеми включення кабелю до РП-0.4 кВ в щиті збору потужності змінного струму	Надійність, безпека	Див. Розділ 3.3, Додаток 7
10.	Окінцювати кабелі постійного та змінного струму	Надійність	Див. Розділ 3.1 та 3.3, Додаток 6 та 7
11.	Замінити щити захисту постійного струму	Надійність, довговічність	Див. Розділ 3.2, Додаток 5
12.	Розробити проектну документації	Ефективність, надійність	Див. Розділ 4.1
13.	Організувати технічне обслуговування	Надійність, безпека	Див. Розділ 4.2
14.	Організувати періодичне очищення фотомодулів від снігу та бруду	Ефективність	Див. Розділ 4.2
15.	Розробити модель сонячної електростанції	Ефективність	Див. Розділ 2.1 та 4.3

ДОДАТКИ

Додаток 1. Зведена таблиця вимірюваних електричних характеристик масивів фотомодулів

Інвертор	Стрінг	Напруга, В		Струм, А		Потужність МРР, кВт
		Холостого ходу	МРР	Коротке замикання	МРР	
1	1.1	748	656	5.16	4.31	2.83
	1.2	744	620	5.15	4.77	2.96
	1.3	751	640	5.28	4.65	2.98
	1.4	747	618	5.27	4.88	3.02
	1.5	741	615	5.19	4.81	2.95
	1.6*	742	638	15.03	15.03	9.59
2	2.1	746	614	5.94	5.49	3.37
	2.2	742	608	5.90	5.49	3.34
	2.3	744	585	5.99	5.41	3.17
	2.4	746	613	5.91	5.49	3.36
	2.5**	Вимірювання відсутнє				
	2.6	740	573	5.93	5.47	3.14
3	3.1	738	533	5.94	5.27	2.80
	3.2	733	505	5.79	5.15	2.60
	3.3	743	587	5.90	5.46	3.20
	3.4	731	503	5.86	4.70	2.37
	3.5	697	373	5.81	4.42	1.65
	3.6	743	618	5.91	5.20	3.21
4	4.1***	748	583	6.00	5.56	3.24
	4.2	742	630	5.82	5.12	3.22
	4.3	737	618	5.89	5.23	3.24
	4.4	748	623	5.99	5.45	3.40
	4.5	742	630	5.81	4.50	2.84
	4.6	738	605	5.94	5.50	3.33

* Неправдиві значення вимірювань, виключено з аналізу.

** Данні вимірювання втрачено, виключено з аналізу.

*** Вимірювання проведене після відновлення електричного з'єднання стрінгу 4.1

Додаток 2.1. Інвертор #1. Форми ВА та ВтВ характеристик

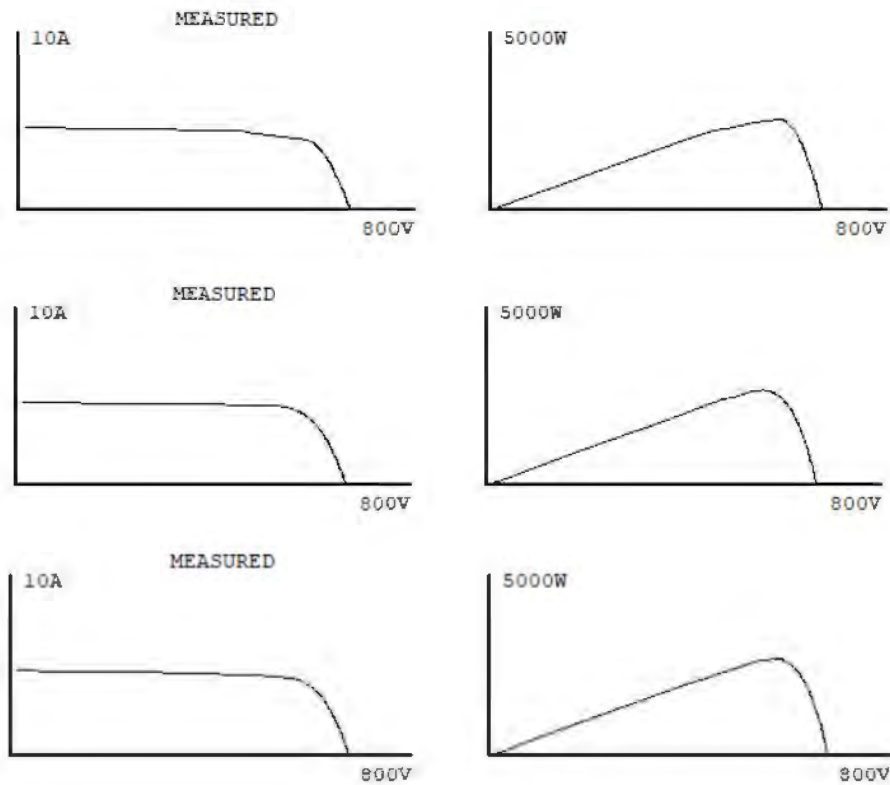


Рисунок 2.1.1. ВА та ВтВ характеристики стрінгів 1.1 -1.3 (зверху – вниз) інвертора 1

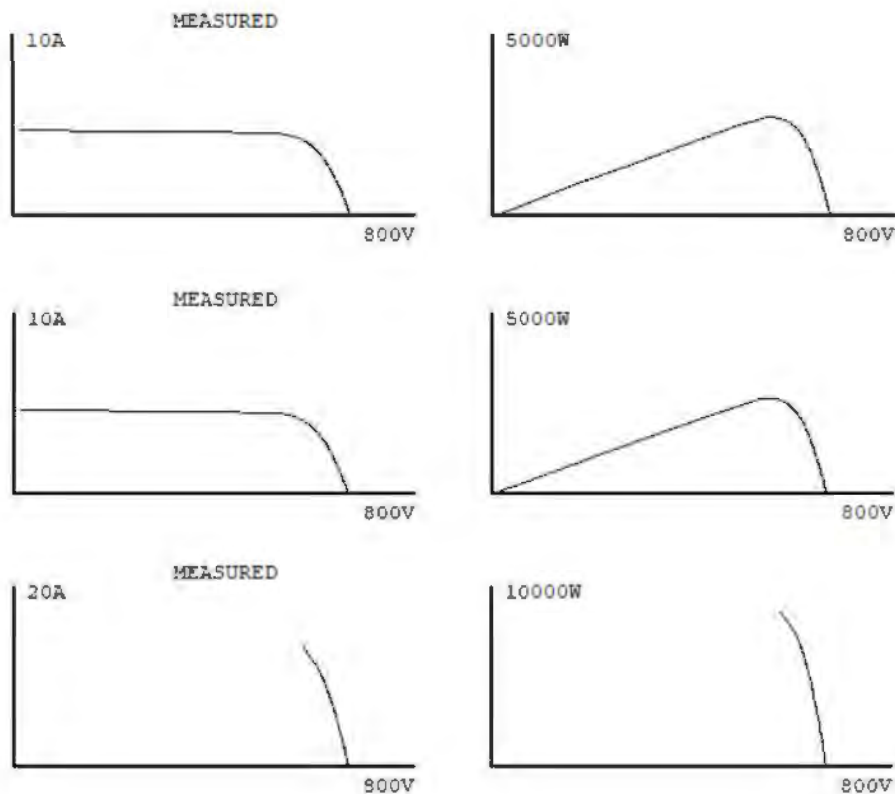


Рисунок 2.1.2. ВА та ВтВ характеристики стрінгів 1.4 -1.6 (зверху – вниз) інвертора 1

Додаток 2.2. Інвертор #2. Форми ВА та ВтВ характеристик

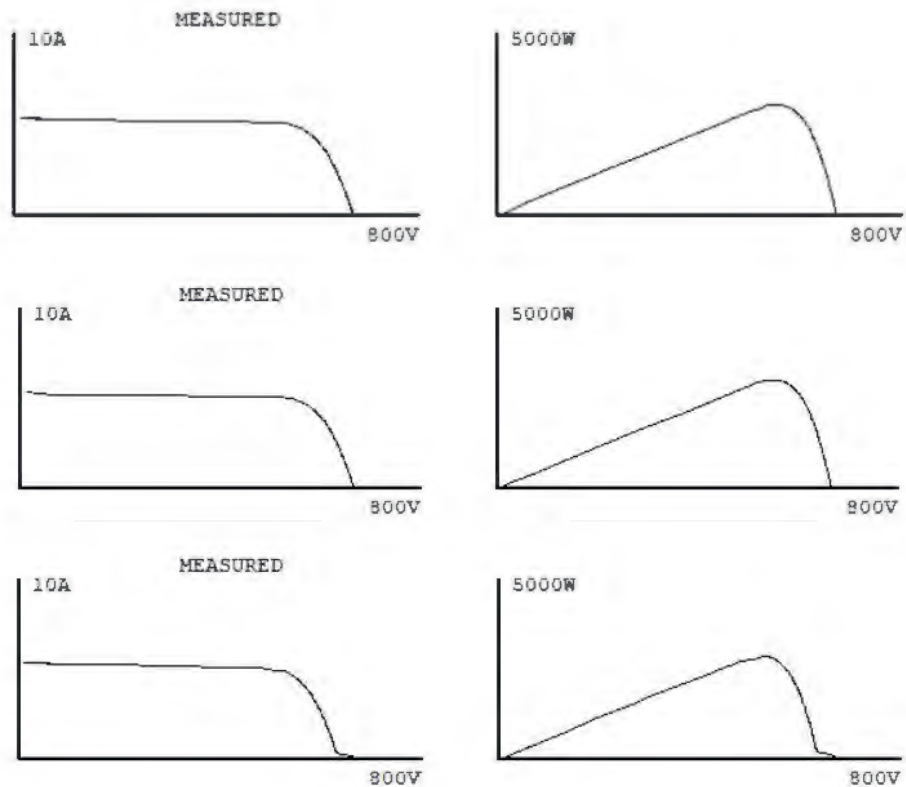
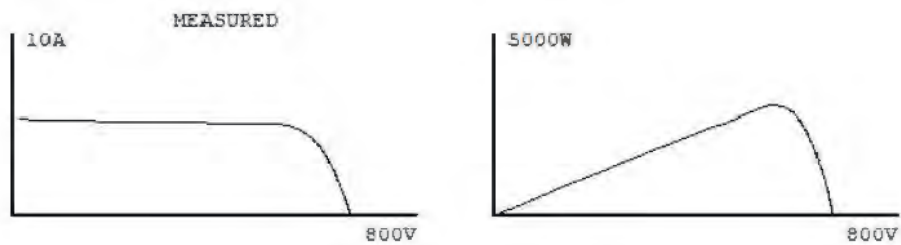


Рисунок 2.2.1. ВА та ВтВ характеристики стрінгів 2.1 -2.3 (зверху – вниз) інвертора 2



ВА та ВтА характеристики стрінгу 2.5 відсутні

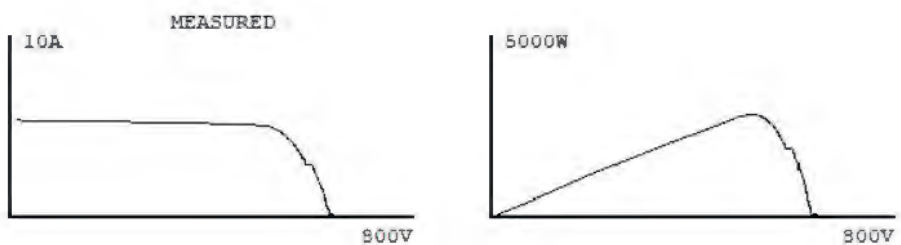


Рисунок 2.2.2. ВА та ВтВ характеристики стрінгів 2.4 -2.6 (зверху – вниз) інвертора 2

Додаток 2.3. Інвертор #3. Форми ВА та ВтВ характеристик

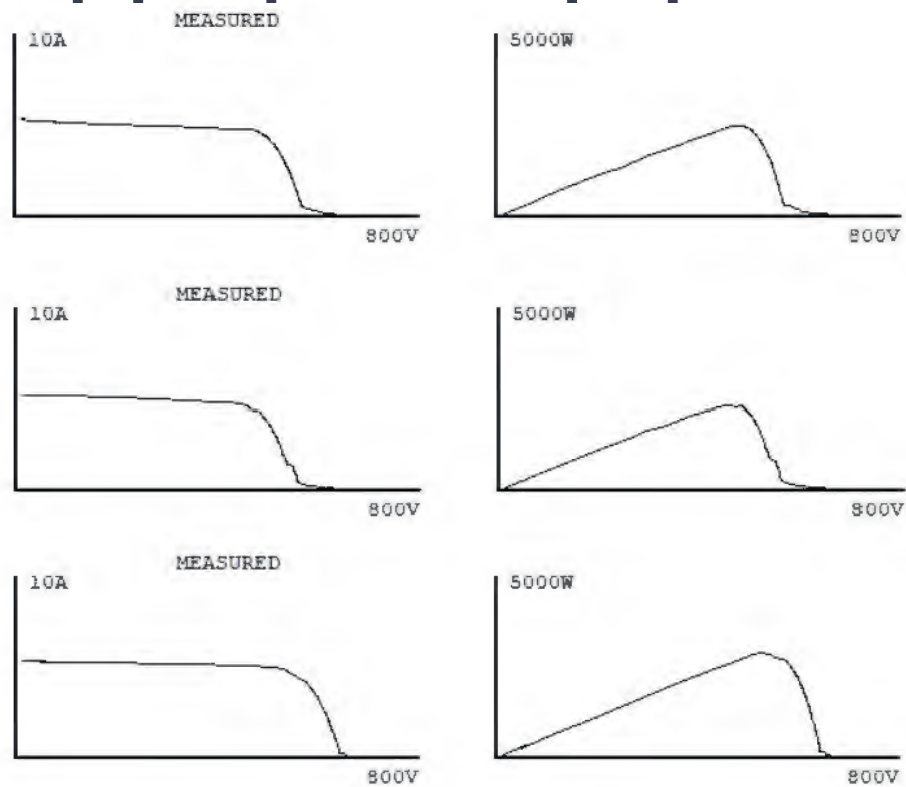


Рисунок 2.3.1. ВА та ВтВ характеристики стрінгів 3.1 -3.3 (зверху – вниз) інвертора 3

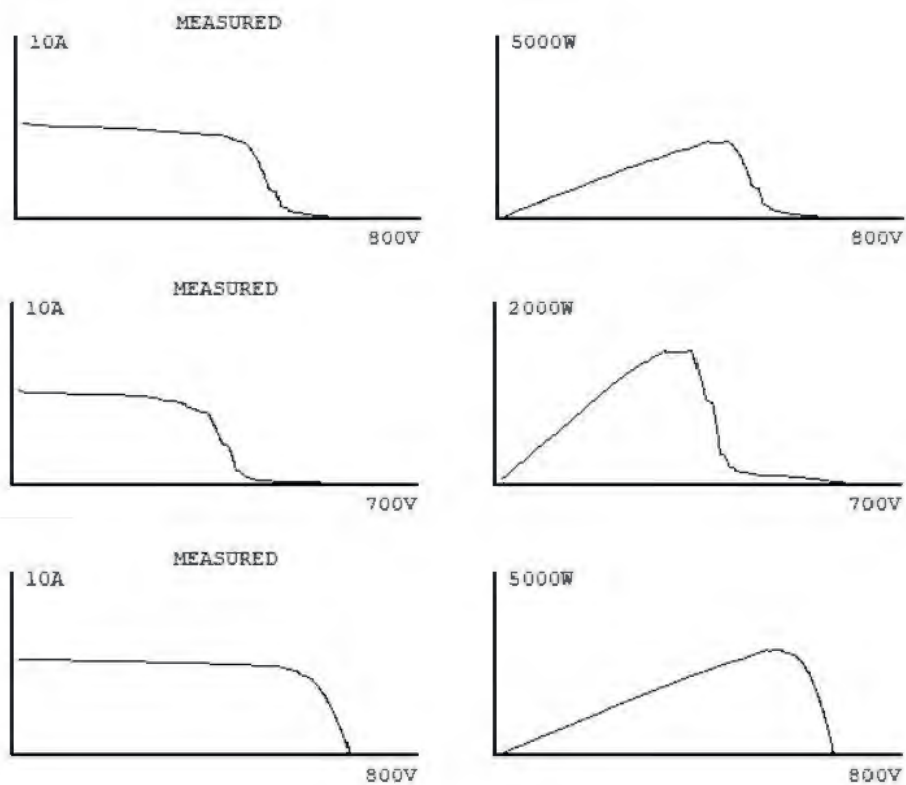


Рисунок 2.3.2. ВА та ВтВ характеристики стрінгів 3.4 -3.6 (зверху – вниз) інвертора 3

Додаток 2.4. Інвертор #4. Форми ВА та ВтВ характеристик

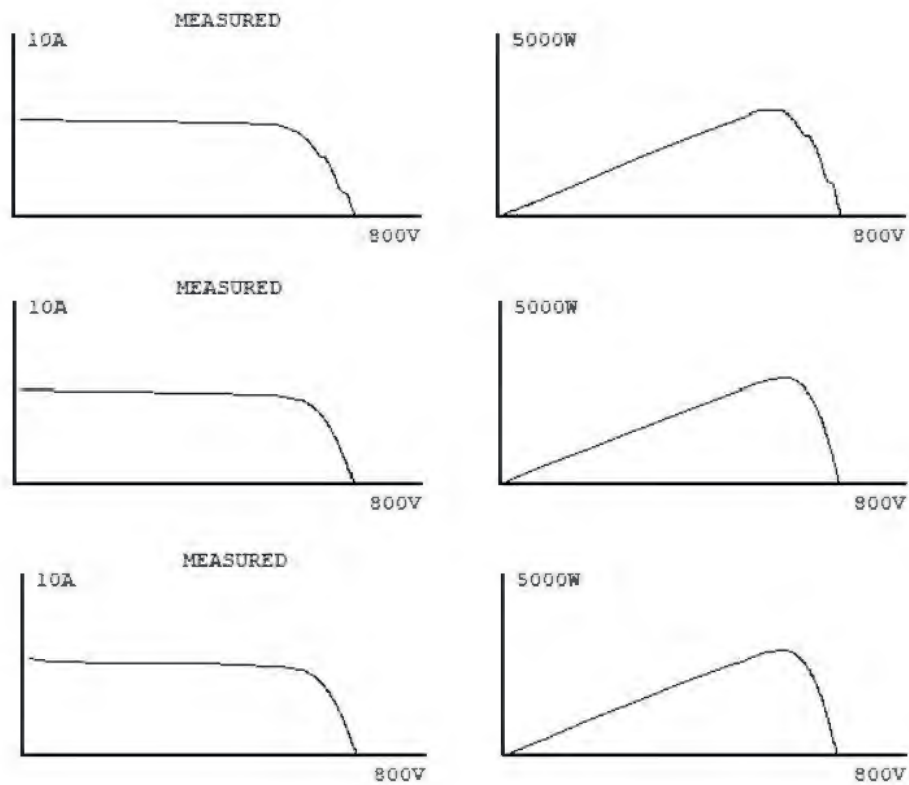


Рисунок 2.4.1. ВА та ВтВ характеристики стрінгів 4.1 -4.3 (зверху – вниз) інвертора 4

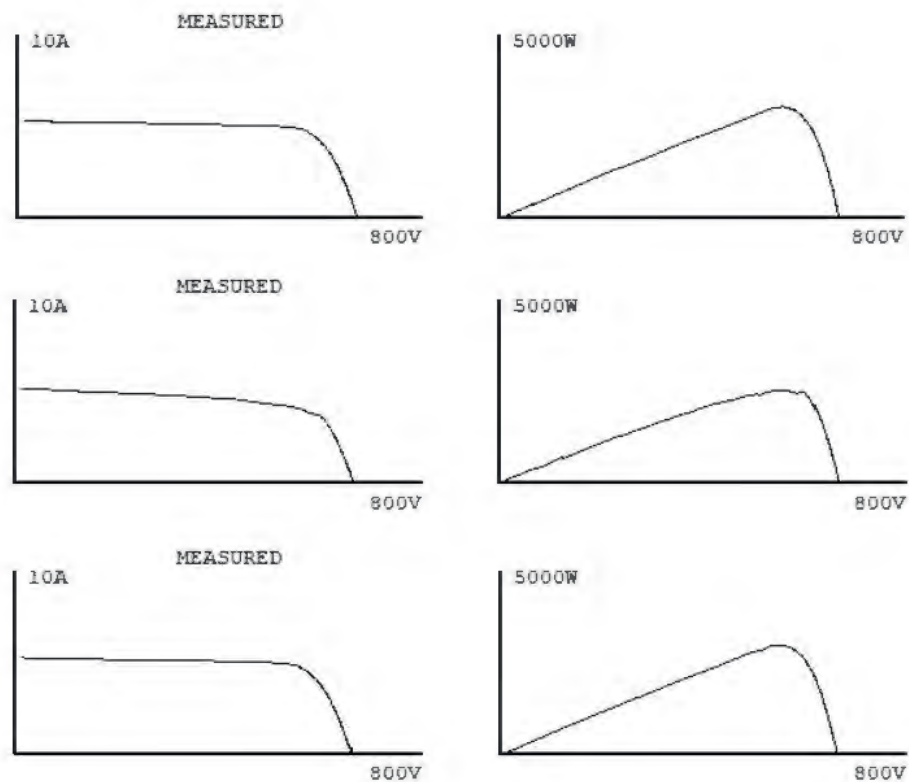
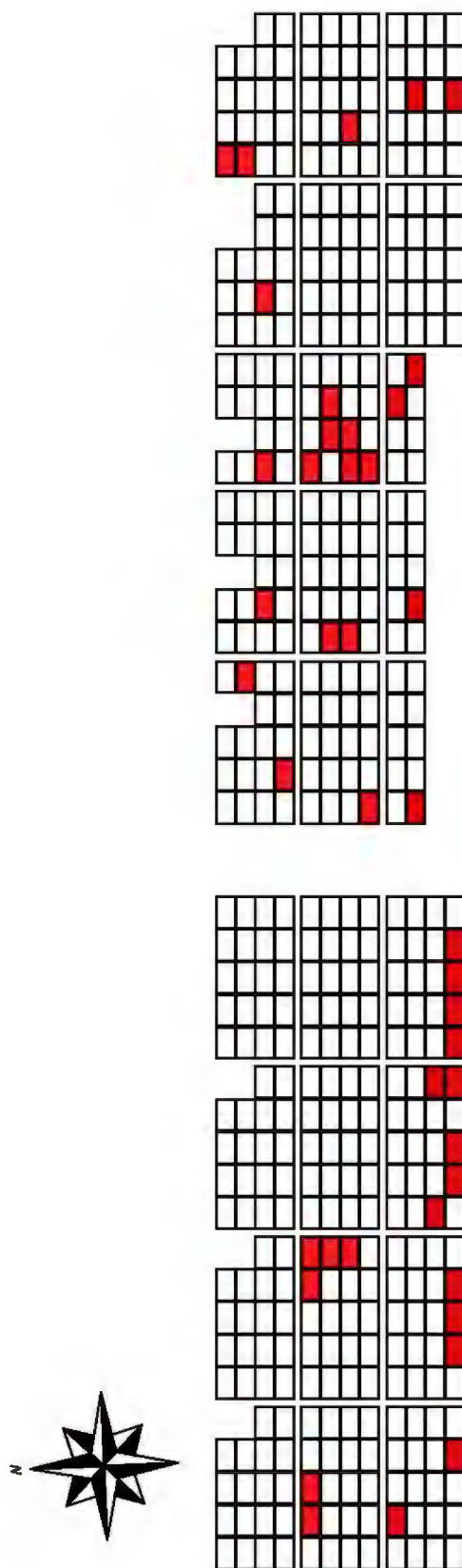


Рисунок 2.4.2. ВА та ВтВ характеристики стрінгів 4.4 -4.6 (зверху – вниз) інвертора 4

Додаток 3. Фотомодулі із дефектами (Hot Spot та PID ефект)



Всього виявлено 48 фотомодулів із тепловими дефектами

Додаток 4. Специфікація обладнання та матеріалів для організації моніторингу сонячної електростанції

№	Назва пристрою	Модель та виробник	Кількість	Призначення
1.	Логер збору даних	ABB VSN 700 -03	1	Пристрій призначений для збору даних з інверторів та їх ретрансляції
2.	Метеостанція	ABB VSN 800	1	Пристрій збору і передачі метеоданих
3.	Щит моніторингу	ETI\ABB або аналог	1	Щит в якому змонтовано пристрої збору даних та захисне обладнання
4.	Обмежувач пренапруги в інформаційних мережах	Phoenix contact	2	Пристрої призначені для захисту інформаційних мереж від перенапруг
5.	Розетки на дін рейку	ETI\ABB або аналог	2	Для живлення пристроїв моніторингу
6.	Роутер з вбудованим LTE/3G/GPRS модемом	Huawei	1	Забезпечення доступу в інтернет
7.	Сім карта мобільного оператора	Будь-який оператор	1	
8.	Інформаційний кабель	F/UTP cat.5e		Для організації інформаційної мережі
9.	Конектори RJ-45	-	20	Для окінцювання кабельних входів
10.	Автоматичні вимикачі	ETI\ABB або аналог	2	Захист щита моніторингу.

Додаток 5. Щити захисту інверторів за постійним струмом

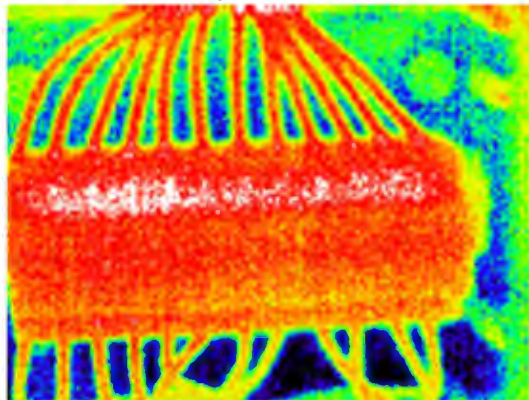


Рисунок 5.1. Фото- та тепловізійна фіксація щита захисту інвертора 1.

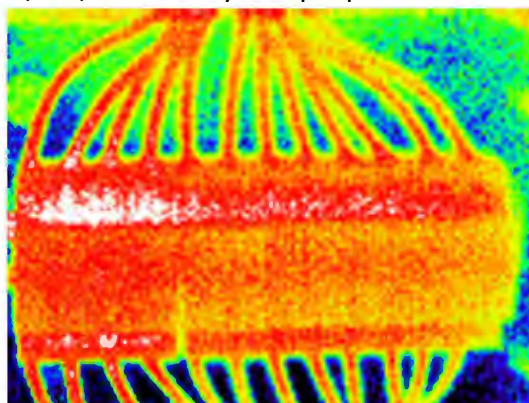


Рисунок 5.2. Фото- та тепловізійна фіксація щита захисту інвертора 2.

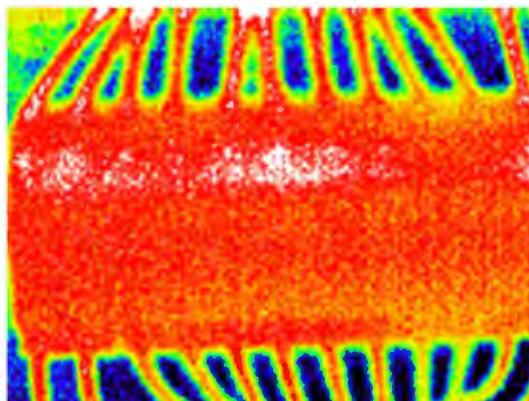


Рисунок 5.3. Фото- та тепловізійна фіксація щита захисту інвертора 3.

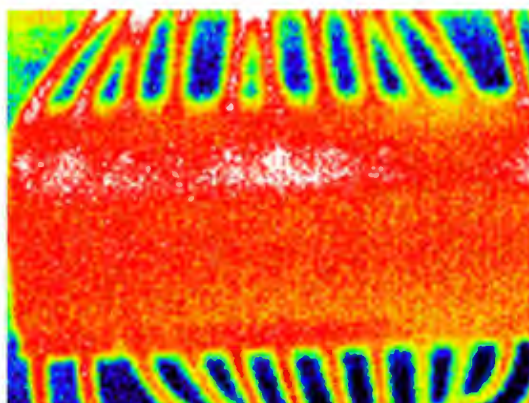


Рисунок 5.4. Фото- та тепловізійна фіксація щита захисту інвертора 4.

Додаток 6. Недоліки прокладання кабельних ліній

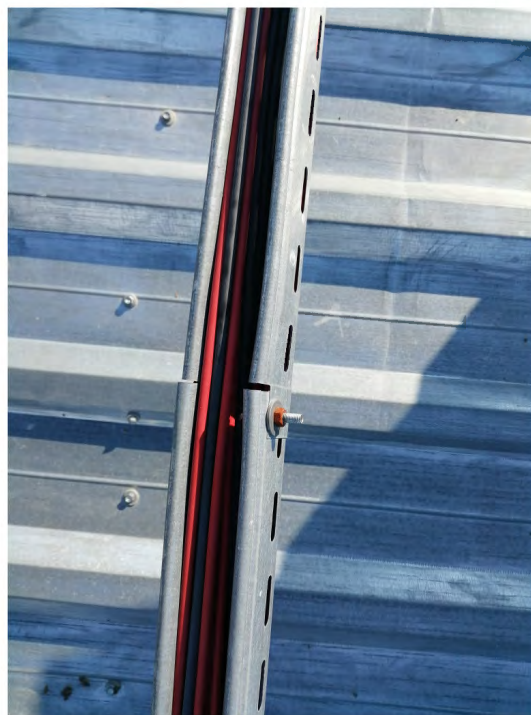


Рисунок 6.1. Неякісне виконання кабельних каналів постійного струму.



Рисунок 6.2. Ризик пошкодження ізоляції кабелів.



Рисунок 6.3. Відсутність фіксації кабелів та конекторів.

Додаток 7. Щит збору потужності змінного струму



Рисунок 7.1. Загальний вигляд щита збору потужності змінного струму.

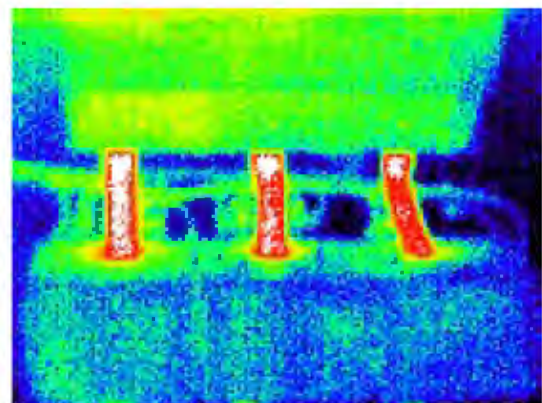


Рисунок 7.2. Фото- та тепловізійна фіксація трансформаторів струму.

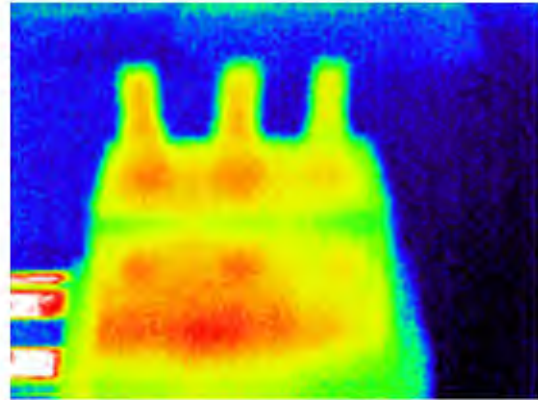


Рисунок 7.3. Фото- та тепловізійна фіксація розподільчого АВ (QF8).

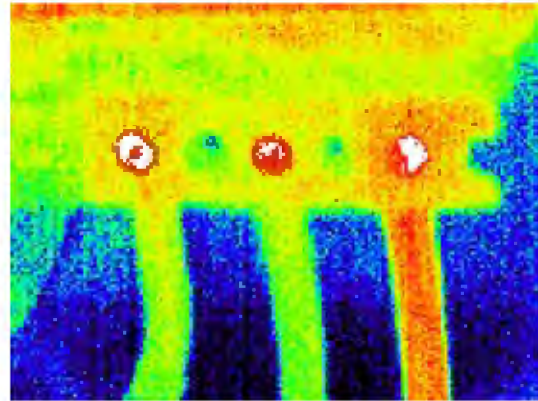


Рисунок 7.4. Фото- та тепловізійна фіксація розподільчого АВ (QF7).

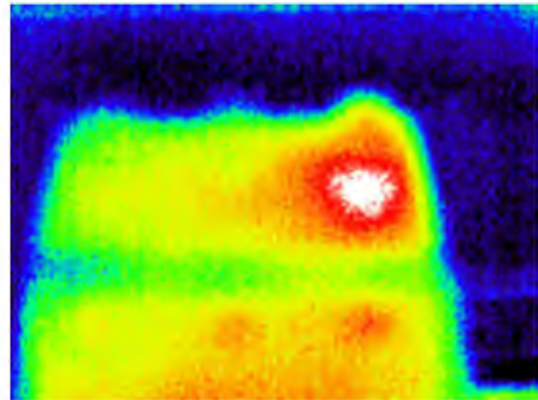


Рисунок 7.5. Фото- та тепловізійна фіксація розподільчого АВ (QF6).

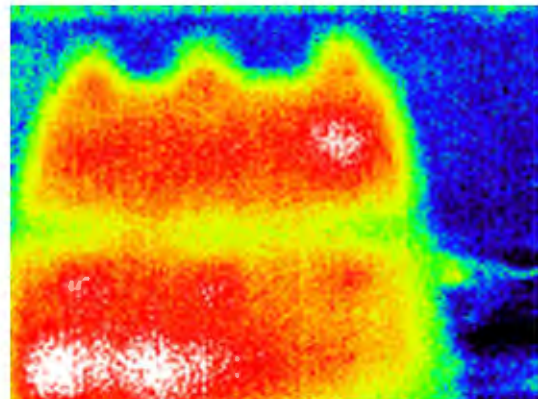


Рисунок 7.6. Фото- та тепловізійна фіксація розподільчого АВ (QF5).

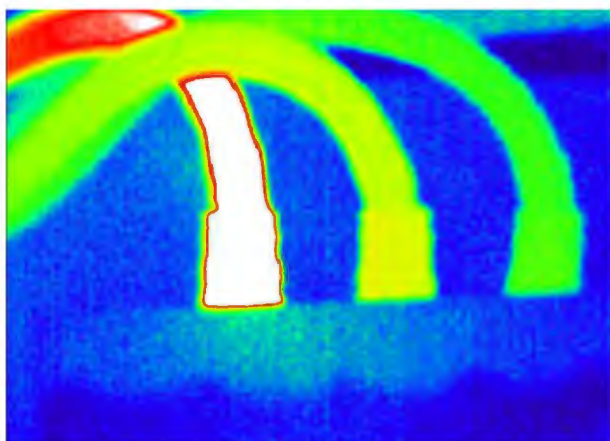


Рисунок 7.7. Фото- та тепловізійна фіксація під'єднання кабелю від РП-0.4 кВ КТП.



Рисунок 7.8. Неналежне окінцювання кабелів та доступність струмоведучих частин для дотику.

Додаток 8. Недоліки експлуатації



Рисунок 8.1. Фіксація снігу та бруду на фотоелектричних модулях.