Міністерство освіти і науки України
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет енергетики, робототехніки
та комп'ютерних технологій

Кафедра електропостачання
та енергетичного менеджменту

КОНТРОЛЬ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ФОТОПАНЕЛЕЙ SHARP ND-RJ270

Методичні вказівки
до виконання лабораторної роботи
з дисципліни «Технічна експертиза та експлуатація
енергетичного обладнання і засобів автоматизації»

для студентів другого (магістерського) рівня вищої освіти
денної та заочної форми навчання, спеціальності
141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Харків
2024

Міністерство освіти і науки України

ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет енергетики, робототехніки
та комп'ютерних технологій
Кафедра електропостачання та енергетичного менеджменту

КОНТРОЛЬ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ФОТОПАНЕЛЕЙ SHARP ND-RJ270

Методичні вказівки
до виконання лабораторної роботи
з дисципліни «Технічна експертиза та експлуатація
енергетичного обладнання і засобів автоматизації»

для студентів другого (магістерського) рівня вищої освіти
денної та заочної форми навчання, спеціальності
141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Затверджено рішенням
Науково-методичної ради
факультету енергетики,
робототехніки та
комп'ютерних технологій
Протокол № 4
від 29.01.2024 р.

Харків
2024

УДК 621.3:658.58
Т77

Схвалено
на засіданні кафедри
електропостачання та енергетичного менеджменту
протокол № 7 від 26 січня 2024 р.

Рецензенти:
Н. Г. Косуліна, д-р техн. наук, проф. Державного біотехнологічного університету;
М. Л. Лисиченко, д-р техн. наук, проф. Державного біотехнологічного університету

Т77 Контроль технічного стану фотопанелей SHARP ND-RJ270: метод. вказівки до виконання лаб. роботи з дисц. «Технічна експертиза та експлуатація енергетичного обладнання і засобів автоматизації» для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти денної та заочн. форм навч., спец.: 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»; Держ. біотехнол. ун.-т; уклад.: І. М. Трунова., В. Г. Пазій. - Харків: [б. в.], 2024.- 23 с.

Методичні вказівки розроблено відповідно до програми навчальної дисципліни «Технічна експертиза та експлуатація енергетичного обладнання і засобів автоматизації». Видання включає теоретичну частину, алгоритм виконання лабораторної роботи, контрольні запитання та перелік рекомендованої літератури.

Методичні вказівки призначені здобувачам другого (магістерського) рівня вищої освіти денної форми навчання зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

УДК 372.862

Відповідальний за випуск: **О. О. Мірошник**, д-р техн. наук, проф.

© Трунова І. М., Пазій В. Г., 2024
© ДБТУ, 2024

КОНТРОЛЬ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ФОТОПАНЕЛЕЙ SHARP ND-RJ270

Мета роботи: вивчити методику контролю технічного стану фотопанелей.

ПОЯСНЕННЯ ДО РОБОТИ

Фотопанелі використовують у складі сонячних фотоелектричних систем - фотоелектричних станціях (ФЕС) як малої, так і великої потужності.

В ПТЕ [1] зазначається, що тривалу, надійну, безпечну та економічну експлуатацію ФЕС забезпечує технічне обслуговування (ТО) та ремонт обладнання електростанцій, що виконують у відповідності з планами, розробленими з урахуванням вимог виробників обладнання щодо періодичності та графіку проведення робіт з ТО, включаючи:

- діагностику встановленого на станції обладнання та його окремих частин;
- виконання періодичних регламентних та ремонтних робіт, передбачених специфікацією на обладнання;
- візуальний огляд устаткування;
- контроль кріплень устаткування і вузлів;
- контроль стану і міцності конструкцій;
- перевірку справності систем автоматики, захистів і діагностики (у тому числі тестування), стану засобів вимірювальної техніки (ЗВТ);
- проведення спеціальних вимірів, перевірок, регулювання і змащення вузлів, облік окремих деталей та устаткування, які вичерпали свій ресурс;
- аналіз і максимально швидкий пошук можливих причин зниження продуктивності електростанції;
- придбання необхідних комплектуючих і запасних частин, які буде потрібно для повного і максимально швидкого віднов-

лення працездатності станції (у разі наявності власної ремонтної служби або персоналу);

- перевірку системи пожежної безпеки;
- перевірку системи заземлення електростанції.

Крім **фотопанелей (модулів) для збору електричної енергії** до складу ФЕС належать такі **основні компоненти**:

- кабелі та контакти;
- контролери заряду і акумулятори для накопичення енергії;
- сонячні інвертори для перетворення акумульованої енергії в електричну;
- інтелектуальні лічильники, трансформатори і перемикачі заземлення.

Кожний з цих компонентів потребує періодичних ТО та перевірок технічного стану для ефективної та надійної подальшої роботи ФЕС. Наприклад, під час **ТО та перевірки фотопанелей** ФЕС виконуються такі основні завдання:

- виявлення несправних фотогальванічних елементів і панелей;
- діагностика пошкоджень фотогальванічних модулів;
- визначення робочих характеристик сонячних елементів і панелей.

1. Візуальний контроль

Контроль технічного стану фотопанелей починається із зовнішнього огляду, який має виявити **можливі дефекти**:

- тріщини, викривлення, зміщення, відколи та інші ушкодження зовнішніх поверхонь;
- зламані фотоелектричні елементи;
- тріснуті фотоелектричні елементи;
- пошкодження контактів і з'єднань;
- торкання фотоелектричних елементів один одного або рам;
- утворення бульбашками або розшаруваннями безперервного шляху між фотоелектричними елементами і рамою;
- видима корозія електричних підключень, з'єднань і виводів, в тому числі підключень заземлення;

- дефекти клейових з'єднань і герметиків;

- липкість пластикових матеріалів;

- пошкодження виводів, відкритих провідних частин, пошкодження ізоляції провідників і провідних частин, що знаходяться під напругою при роботі випробуваного зразка;

- порушення механічної цілісності до ступеня, що ускладнює монтажні або робочі характеристики випробуваного зразка тощо.

Описують або фотографують стан і положення всіх виявлених пошкоджень, в тому числі тріщин, бульбашок або відшарувань, які можуть погіршити або негативно вплинути на характеристики фотопанелі в наступних випробуваннях.

Описи виявлених пошкоджень повинні бути включені в протокол випробувань разом з відповідними рисунками і фотографіями, що характеризують їх стан і розташування.

2. ІЧ контроль

Одним з найбільш ефективних методів виявлення несправних фотогальванічних елементів і панелей є **термічний аналіз** (див. рисунки 1,2). В процесі експлуатації сонячної батареї може виникнути ситуація, коли один або кілька елементів будуть затінені. В цьому випадку при послідовному з'єднанні затінені елементи будуть розсіювати потужність, яку виробляють елементи, що отримують світлове випромінювання в повному обсязі. При цьому затінені елементи будуть швидко нагріватися і в кінцевому підсумку вийдуть з ладу. Це збільшує навантаження на справні кола, що призводить до несправності всієї сонячної батареї. Щоб це не відбувалося, паралельно кожному елементу (або групі послідовно з'єднаних елементів) підключається байпасний діод. Несправні фотогальванічні елементи відображаються у вигляді плям з підвищеною температурою, оскільки вони мають низький ККД, який, в свою чергу, призводить до накопичення теплової енергії, яка не була перероблена в електричну. Однією з причин цього може бути знос електронних компонентів, наприклад, шунтуючих діодів сонячних панелей. Це призводить до зниження вихідної потужності.

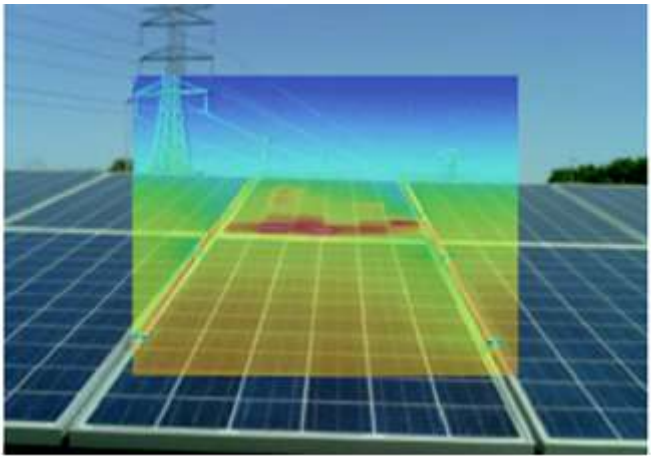

Рисунок 1 - Відображення сонячних елементів з підвищеною температурою в режимі «Картинка в картинці» (ІЧ-зображення поєднане з видимим зображенням)

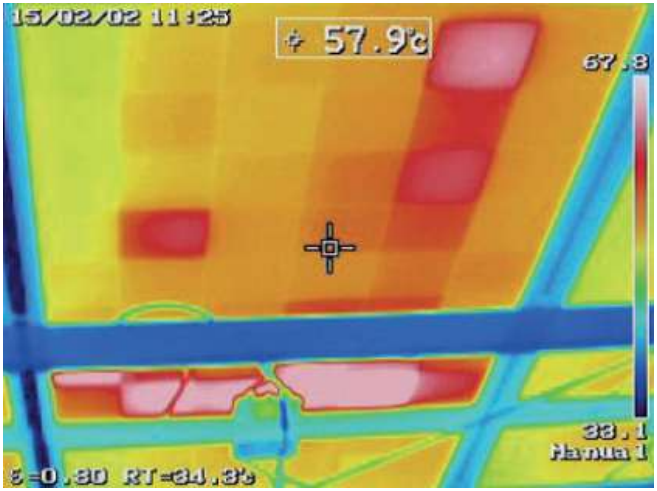

Рисунок 2 - Термографічне сканування показує гарячі точки, виявлені на сонячній панелі, позначені рожевим/червоним кольором

3. Визначення робочих характеристик.

Важливою складовою визначення робочих характеристик сонячних елементів та панелей є **побудова вольт-амперної характеристики (ВАХ).** Відповідно до міжнародних стандартів IEC 60904-1:2006 (Прилади фотоелектричні. Частина 1. Вимірювання вольт-амперних характеристик) [2] та IEC 61829-2013 (Вимірювання вольт-амперних характеристик в натурних умовах) [3] ВАХ вимірюють при енергетичної освітленості 1000 Вт/м^2, підтримуючи температуру випробуваного зразка на рівні 25 ° С (**стандартні умови**) або в натурних умовах з перерахунком даних вимірювання для стандартних умов випробувань. На графіку рис. 3 позначені найважливіші точки ВАХ напівпровідникового фотоперетворювача - Uxx і Iкз.

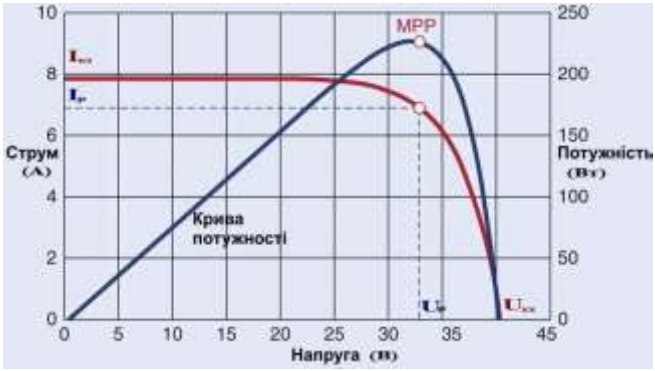

Рисунок 3 - ВАХ сонячного елемента

Для визначення робочих параметрів елементів на рис.3 показана крива, що характеризує потужність досліджуваного фотоелектричного елемента. Цей графік є функцією потужності елементу в залежності від навантаження. З графіка випливає, що номінальна потужність того чи іншого елемента визначена як максимально можлива потужність при стандартних вихідних параметрах. Напруга, при якій досягається максимальна потуж-

ність, є робочою напругою (Up). Відповідно струм, відповідний максимальної потужності, є робочим (Ip).

Як правило, модуль набирається з більшої кількості елементів, ніж це необхідно для отримання Up. Наприклад, для отримання значення Up=12 В набирається така кількість елементів, щоб на виході модуля отримати напругу в 16-17 В. Це робиться для того, щоб компенсувати падіння Up через нагрівання елемента під впливом сонячних променів. Справа в тому, що у кремнієвих напівпровідників напруга холостого ходу (Uxx) зменшується на 0,4% при збільшенні температури елемента на 1 ° С. У той же час значення струму короткого замикання (Ікз) збільшується на 0,07% при збільшенні температури на 1 ° С. Якщо освітленість елемента змінюється, то прямо пропорційно ступеню освітленості змінюється і значення Ікз. У той же час зміна освітленості практично не позначається на величині Uxx.

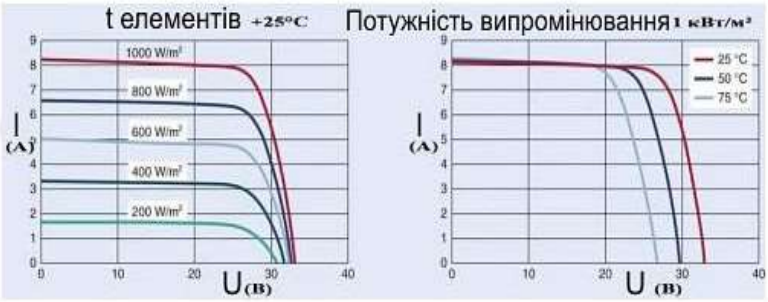

Рисунок 4 - Залежність потужності і напруги сонячної батареї від температури

Ефективність сонячного елемента обчислюється як відношення значення її максимальної потужності до значення загальної потужності випромінювання сонця, визначеної за міжнародними стандартами. Щоб отримати необхідну Up і необхідну потужність, фотоелектричні елементи з'єднуються в електричні кола. Ці кола можуть бути послідовними або паралельними. При

з'єднанні декількох елементів в єдине електричне коло і отримують сонячну батарею. При цьому вихідна потужність батареї завжди виявляється менше значення арифметичної суми потужностей елементів, з яких складена сама батарея. Це обумовлюється втратами, що виникають через неузгодженості характеристик однотипних елементів. Для кожної сонячної батареї підбираються елементи з максимально наближеними характеристиками, як фізичними (типорозміри), так і електричними (ВАХ). Чим суворіше контролюють і підбирають елементи для кожного сонячного модуля, тобто чим менше розкид характеристик, тим вище електричні показники всього модуля, тим вище його потужність. Проведені дослідження показали, що якщо послідовно з'єднати десять елементів, що мають розкид характеристик до 10%, то втрати потужності складуть близько 6%. Якщо посилити відбір і знизити розкид характеристик до 5%, то втрати потужності зменшаться до 2%.

Точка MPP на рисунку 3 це точка максимальної потужності. Потужність всіх сонячних модулів визначається завжди саме з цієї точки. І контролери MPPT заряду акумуляторів працюють в режимі відстеження точки MPP при всіх режимах зарядки акумуляторів, а не на останньому, що підвищує їх ефективність. У цій точці напруга вище номінальної, тому заряд акумуляторів відбувається швидше, ніж при використанні контролерів інших типів, наприклад таких, що працюють на принципі широтно-імпульсної модуляції (ШІМ). Тим самим при використанні контролера MPPT кількість електроенергії, отриманої від одного гелиевого модуля на 10% - 30% більше, ніж при використанні контролера ШІМ (при рівній кількості сонячного випромінювання).

ТО та контроль технічного стану кабелів та контактів ФЕС передбачає виконання таких завдань:

- виявлення пошкоджених кабелів і контактів
- виявлення погіршення робочих характеристик.

4. Виявлення пошкоджених кабелів і контактів

Починається ТО із зовнішнього огляду кабелів та контактів. Пошкоджені кабелі і контакти перегріваються, тому для діагностування доцільно використовувати тепловізори Перегрів кабелів і контактів може вказувати на ненадійне або пошкоджене з'єднання (див. рисунок 5).

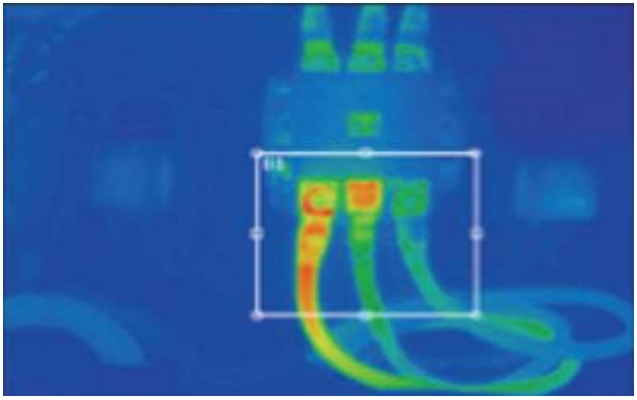

Рисунок 5 - ІЧ-зображення кабелів і контактів допомагають виявити ознаки перегріву.

5. Вимір опору ізоляції.

Опір ізоляції є однією з основних електричних характеристик. Періодичне тестування ізоляції допомагає виявити погіршення характеристик матеріалу з часом, як показано на рис. 6. На графіку відображено сценарій, при якому вимірювання проводяться через кожні шість місяців і зміни результатів вимірювань відповідають змінам в сонячної фотогальванічної системі.

Відповідно до міжнародних стандартів IEC 61215:2005 (Модулі фотоелектричні із кристалічного кремнію наземні. Методи випробувань) [4] та IEC 62446-2013 (Системи фотоелектричні. Системи, що підключаються до мереж електропостачання загального призначення. Вимоги до документації, приймання та обстеження) [5] **вимір опору ізоляції** має виконуватися протягом 1 хвилини з подачею відповідної напруги (див. таблицю 1).

Це призводить до протікання невеликого струму, який можливо виміряти та визначити опір ізоляції. Повний струм складається з трьох компонентів: струму заряду ємності, струму абсорбції і струму витоку. Струм витоку визначається матеріалом і є постійною величиною, що при випробуванні не залежить від часу. Метою випробування є визначення того, наскільки добре струмопровідні частини випробуваного зразка ізольовані від рами і навколишнього середовища.

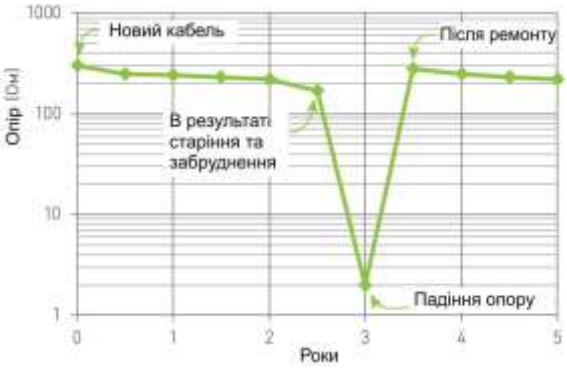

Рисунок 6

Таблиця 1 – Мімальний опір ізоляції [5]

Метод випробування	Напруга ФЕС ($1{,}25V_{OC}$), В*	Тестова напруга, В	Мінімальний опір ізоляції, МОм
Метод 1: окремі випробування «плюса» та «мінуса»	<120	250	0,5
	120-500	500	1
	>500	1000	1
Метод 2: «плюс» та «мінус» замкнуті	<120	250	0,5
	120-500	500	1
	>500	1000	1

*Примітка: V_{OC} – напруга при стандартних умовах вимірювань

Умови випробувань:

- робоча поверхня випробуваного зразка повинна бути захищена від попадання на неї освітлення, і випробовуваний зразок не повинен бути підключений до будь-якого джерела живлення, крім вимірювального приладу;

- у випробуваному зразку з декількома робочими поверхнями від освітлення повинні бути захищені всі робочі поверхні;

- підключення до заземлення допускається виконувати через будь-який відповідний контакт або через корпус ФЕС;

- там, де використовується корпус ФЕС, слід забезпечити надійний контакт і переконатися в цілісності контуру всього металевого корпусу;

- для ФЕС, де корпус не заземлений може проводитися випробування між кабелями ФЕС і корпусом;

- для ФЕС, які не мають доступних струмопровідних частин (наприклад, сонячні панелі для даху), випробування слід проводити між кабелями ФЕС і заземленням будівлі.

Рекомендований обсяг та періодичність ТО та випробувань ФЕС під час експлуатації приведений в ПТЕ [1]. Також слід враховувати рекомендації виробників обладнання, які базуються на вимогах міжнародних стандартів. Зокрема, в таблиці 2 приведені рекомендації **відповідно до міжнародного документа IEC/TS 62257-7-1:2010** (Рекомендації щодо застосування гібридних систем невеликих розмірів з відновлюваною енергією, призначених для електрифікації сільської місцевості. Рекомендації. Частина 7-1. Генератори. Фотоелектричні генератори) [6]

Таблиця 2

Підсистеми та компоненти	Технічне обслуговування	Частота	Примітка
Виводи сонячних фотоелектричних батарей	Перевірка чистоти (накопичення пилу або інших забруднюючих матеріалів)	Один раз на квартал	Виводи сонячних фотоелектричних батарей повинні бути очищені, якщо це необхідно

Продовження табл.2

Підсистеми та компоненти	Технічне обслуговування	Частота	Примітка
Фотоелектричні модулі	Перевірка наявності візуальних дефектів: - переломів; - потемніння; - попадання вологи; - цілісності ущільнень; - корозії конструкції	1 рік	Модулі з візуальними дефектами слід додатково перевірити на ефективність і безпеку, щоб визначити необхідність заміни
	Огляд розподільних пристроїв: - герметичність з'єднань; - наявність накопиченої води; - цілісність кришки ущільнення; - цілісність кабельного входу і/або ущільнення труб для електропроводки; - цілісність затискних пристроїв; - перевірка обхідних діодів	1 рік	Пошкоджені затискачі і обхідні діоди повинні бути замінені
Електропроводка	Механічна цілісність труб для електропроводки	5 років	Пошкоджена труба повинна бути замінена
	Ізоляційна цілісність кабелів, встановлених без трубопроводу	5 років	Пошкоджений провід повинен бути замінений
	Розподільні коробки: - герметичність з'єднань; - наявність накопиченої води; - цілісність кришки ущільнення; - цілісність кабельного входу і/або ущільнення труб для електропроводки; - цілісність затискних пристроїв; - перевірка блокувальних діодів; - перевірка обмежувачів перенапруги на деградацію	1 рік	Пошкоджені затискачі блокувальних діодів і обмежувачі перенапруги повинні бути замінені

Продовження табл.2

Підсистеми та компоненти	Технічне обслуговування	Частота	Примітка
Електропроводка	Заземлення: - герметичність з'єднань; - корозія	1 рік	
Електричні характеристики	Вимірювання опору ізоляції в сухих і вологих умовах	1 рік	Якщо отримані значення опору ізоляції значно знизилися (на 20% -30% і більше), особлива увага повинна бути приділена зміні значення. Якщо значення опору продовжує зменшуватися, необхідно перевірити проводку і установку
	Вимірювання напруги відкритого кола	1 рік	
	Вимірювання струмів короткого замикання	1 рік	
	Вимірювання вольт-амперних характеристик	5 років	
	Вимірювання опору заземлення	1 рік	
Захисні пристрої	Перевірка запобіжників	1 рік	
	Перевірка вимикачів і пристроїв захисного відключення	1 рік	
	Перевірка захисту від замикання на землю	1 рік	
Кріплення структур	Перевірка герметичності і цілісності болтів і інших кріпильних пристроїв	5 років	
	Перевірка на наявність корозії	5 років	

Зразок **звіту з випробувань ФЕС** [5] приведений нижче.

Звіт з випробувань ФЕС	Початкова верифікація Періодична верифікація
Адреса установки	Посилання
	Дата
Опис робіт, що виконувалися при випробуваннях	Інспектор
	Прилади для випробувань

Послідовно з'єднані модулі		1	2	3	…	n
ФЕС	Модуль					
	Кількість					
Параметри ФЕС (відповідно до специфікації)	Voc (СУВ), В					
	Isc (СУВ), А					
Пристрій, що захищає послідовно з'єднані модулі від значних струмів	Тип					
	I, А					
	V, В					
	С, мФ					
Проводка	Тип					
	Фаза, мм^2					
	Земля, мм^2					
Випробування послідовно з'єднаних модулів	Voc, В					
	Isc, А					
	E, Вт/м^2					
Визначення полярності						
Опір ізоляції ФЕС	Тестова напруга, В					
	«плюс»-земля, МОм					
	«мінус»-земля, МОм					
Цілісність заземлення (при наявності)						
Розподільні пристрої, що функціонують коректно						
Потужність, модель інвертора						
Серійний номер інвертора						
Інвертор функціонує правильно						
Випробування на втрату головної мережі						
Коментарі						

ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Занести до протоколу випробувань основні паспортні дані фотопанелей SHARP ND-RJ270 [7]

Паспортні дані фотопанелей SHARP ND-RJ270:

- номінальна потужність, Вт	***270***
- напруга неробочого ходу, В	***37,99***
- струм к.з., А	***9,15***
- напруга за максимальної потужності, В	***31,29***
- струм за максимальної потужності, А	***6,7***
- температурний коефіцієнт αVoc, %/°C	***-0,32***
- температурний коефіцієнт αIsc, %/°C	***0,044***

2. Провести зовнішній огляд фотопанелей SHARP ND-RJ270, кабелів та контактів

Візуальний контроль технічного стану фотопанелей SHARP ND-RJ270 , кабелів та контактів провести відповідно до пунктів 1, 4 та табл.2 розділу «Пояснення до роботи». Усі дефекти, що були виявлені під час візуального контролю занести до протоколу випробувань.

3. Провести ІЧ-діагностування фотопанелей SHARP ND-RJ270

Вивчити інструкцію з експлуатації тепловізора FLIR E40 [8]. Підключити фотопанелі до навантаження.

Провести контроль технічного стану елементів фотопанелей, контактних з'єднань. Визначити температуру нагріву фотопанелей.

Отримані ІЧ-зображення прикріпити до протоколу випробувань.

4. Визначення полярності

Використовуючи мультіметр визначити полярність фотом одулів.

5. Виміряти струм короткого замикання

Приєднати вимірювальний прилад (тестер, амперметр) до вивідних контактів фотопанелі та виміряти струм короткого замикання.

Енергетична освітленість згідно з [2] визначається за вимірюваним значенням $I_{кз}$ (Isc) еталонного приладу та його каліброваним значенням при стандартних умовах випробування (СУВ) $I_{кзСУВ}$ за виразом

$$E = \frac{E_{сув} \cdot I_{кз}}{I_{кзСУВ}} \cdot \left[1 - \alpha_{Isc} \cdot (T - T_{СУВ})\right], \qquad (1)$$

де T – температура під час вимірювань, °C;

$E_{СУВ}$ та $T_{СУВ}$ – енергетична освітленість та температура при СУВ (за [4] Есув = 1000 Вт/м^2 і Тсув = 25 °C);

α_{Isc} - температурний коефіцієнт по струму, 1/°C.

6. Виміряти напругу відкритого кола (неробочого ходу).

Приєднати вимірювальний прилад (тестер, вольтметр) до вивідних контактів фотопанелі та виміряти напругу відкритого кола. Визначити відповідність напруги неробочого ходу паспортним даним, використовуючи вираз (2).

Зв'язок між різними значеннями напруги неробочого ходу при різних значеннях освітленості та різних температурах визначає вираз зі стандарту [9]

$$U_{xx0} = U_{xx} \cdot \left[\alpha_{Voc} \cdot (T - T_0) + \alpha \cdot \ln\frac{E}{E_0}\right], \qquad (2)$$

де U_{xx0}- напруга неробочого ходу зразка при еталонних умовах: енергетичній освітленості E_0 ($E_{СУВ}$) і температурі зразка T_0 ($T_{СУВ}$), В та °C;

U_{xx} - напруга неробочого ходу при енергетичній освітленості E і температурі модуля T;

αVoc - температурний коефіцієнт напруги неробочого ходу, 1/°C;

α - коефіцієнт залежності напруги неробочого ходу від енергетичної освітленості, який за стандартом [9] визначається як

$$\alpha = \frac{U_{xx2} - U_{xx1}}{U_{xx1} \cdot \ln E_2 / E_1}, \qquad (3)$$

де U_{xx1} і U_{xx2} - напруги при однаковій температурі зразка, але при різних значеннях енергетичної освітленості E_1 і E_2, відповідно.

7. Виміряти опір ізоляції

Використовуючи цифровий мегомметр ЦС0202-1 виміряти опір ізоляції кабелів фото панелей SHARP ND-RJ270.

1) Затемнити випробувані зразки.

2) Підключити вимірювальні провідники і шнури мегомметра ЦС0202-1 як показано на рисунку 7

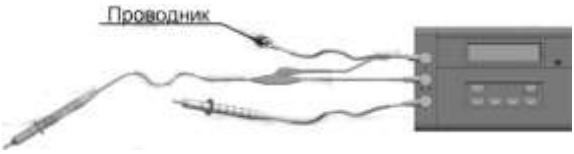

Рисунок 7

3) Встановити перемичку між виводами випробуваного зразка і з'єднайте їх екранованим шнуром мегомметра ЦС0202-1 з позитивним виходом вимірювального приладу, а відкриту металеву частину зразка з негативним виходом мегомметра.

4) Почекайте 1 хвилину або більше після виконання попереднього пункту.

5) Для вимірювання опору ізоляції треба увійти в режим установки верхнього значення напруги, натиснувши кнопку УСТ.U мегомметра ЦС0202-1 . На дисплеї висвітиться інформація УСТ.U: XXX V, де XXX V - значення встановленого верхнього значення напруги попереднього виміру, що зберігається у його пам'яті на вісь час до наступної установки значення верхнього значення напруги.

6) За допомогою кнопок «▲» (збільшення) або «▼» (зменшення) встановити необхідну вимірювальну напругу **500 В** (при одноразовому натисканні відбувається зміна значення напруги

на 50 В, а при утриманні - автоматична зміна значень з дискретністю 50 В).

7) Вийти з режиму установки напруги повторним натисканням кнопки УСТ.U.

8) Провести вимірювання опору ізоляції в автоматичному режимі, натиснувши і відпустивши кнопку ИЗМ. На дисплеї висвітиться інформація: ФОРМУВАННЯ НАПРЯЖЕНИЯ.

9) Після закінчення формування встановленого верхнього значення напруги на дисплеї висвітиться інформація: ИДЕТ ИЗМЕРЕНИЕ. Через 60 с висвітиться результат вимірювання, де R - виміряне значення опору (kΩ, MΩ, GΩ), Ur-вимірювальні напруга на опорі (V, kV)

10) Для індикації коефіцієнта абсорбції після виміру опору ізоляції в автоматичному режимі натиснути кнопку Rx/K. На дисплеї висвітиться інформація, де К – коефіцієнт абсорбції.

11) Для виходу з режиму індикації Кабс необхідно повторно натиснути кнопку Rx/K.

12) Занести отримані дані (R60” та К) в протокол випробувань.

13) Знов провести зовнішній огляд, визначаючи наявність слідів порушення ізоляції або поверхневого пробою.

14) Під час експлуатації мінімальні значення опору ізоляції приведені у таблиці 1, умови для більш ретельної перевірки – у таблиці 2.

8. За результатами випробувань скласти протокол.

ПРОТОКОЛ ВИПРОБУВАНЬ

Устрою _____
/зазначити тип, заводський номер, основні паспортні дані/
_____
_____
Бригада в складі
_____

провела контроль технічного стану випробуваного зразка за такою програмою:

1. Візуальний контроль
2. ІЧ-контроль
3. (див. наступні пункти програми роботи)

Прилади, що використовувалися

Назва	Система	Заводський номер	Номінальні величини	Клас точності	Прим.
Мегаомметр					
Вольтметр					
Амперметр					

Результати випробувань та дослідні характеристики:
1.Візуальний контроль:
2.ІЧ-контроль:
3...

Висновок_____
(вказати назву та тип енергетичного обладнання та констатувати,
_____
чи відповідає технічним вимогам чи ні це обладнання)
_____
Дата Підписи:_____ (П. І. Б.)

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Які дефекти можна виявити під час зовнішнього огляду фотопанелей?
2. Чому перегріваються окремі елементи фотопанелей і як цьому запобігти?
3. Як називається напруга та струм при максимальній потужності фотопанелі?
4. Які стандартні умови щодо освітленості та температури для випробувань та вимірювань електричних характеристик фотопанелей?
5. Як впливає температура та освітленість на напругу холостого ходу та струм короткого замикання?
6. Яка мета виміру опору ізоляції?
7. Які умови вимірювання опору ізоляції?
8. Як часто рекомендується контролювати опір ізоляції, фотоелектричних систем невеликих розмірів, призначених для електрифікації сільської місцевості?
9. Який рекомендований обсяг ТО та випробувань ФЕС під час експлуатації?

Список використаних джерел

1. ГКД 34.20.507-2003. Технічна експлуатація електричних станцій і мереж. Правила (в редакції наказу Міненерговугілля від 21.06.2019 № 271).

2. IEC 60904-1:2006 "Photovoltaic devices - Part 1: Measurement of photovoltaic current-voltage characteristics"

3. IEC 61829-2013 "Crystalline silicon photovoltaic batteries. On-site measurement of I-V characteristic"

4. IEC 61215:2005 "Crystalline silicon terrestrial photovoltaic (PV) modules - Design qualification and type approval"

5. IEC 62446-2013 "Grid connected photovoltaic systems - Minimum requirements for system documentation, commissioning tests and inspection"

6. IEC/TS 62257-7-1:2010 "Recommendations for small renewable energy and hybrid systems for rural electrification. Part 7-1. Generators. Photovoltaic generators"

7. Офіційний сайт компанії Sharp. URL: https://www.sharp.ua/cps/rde/xchg/ua/hs.xsl/-/html/product-details-solar-modules.htm?product=NDRJ270

8. Офіційний сайт компанії FLIR/ URL: http://www.flir.kiev.ua/pdf/flir-e40-e50-e60-manual.pdf

9. IEC 60904-5:2011 "Photovoltaic devices - Part 5: Determination of the equivalent cell temperature (ECT) of photovoltaic (PV) devices by the open-circuit voltage method"

Навчальне видання

КОНТРОЛЬ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ФОТОПАНЕЛЕЙ SHARP ND-RJ270

Методичні вказівки
до виконання лабораторної роботи

Автори-укладачі:
ТРУНОВА Ірина Михайлівна,
ПАЗІЙ Володимир Григорович

Формат 60x84/16. Гарнітура Times New Roman
Папір для цифрового друку. Друк ризографічний.
Ум. друк. арк. 1,34.
Наклад ___пр.
Державний біотехнологічний університет
61002, м. Харків, вул. Алчевських, 44