

Дмитро ПИЛИПОВ

магістрант

Наукові керівники:

канд. техн. наук, доцент Ігор ГАРАСИМЧУК

асистент Микола ВУСАТИЙ

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

м. Кам'янець-Подільський

ОГЛЯД МЕТОДІВ ТЕРМОГРАФІЇ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ДЕФЕКТІВ У МАСИВАХ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ МОДУЛІЙ

Термографія або інфрачервоне (ІЧ) зображення [Tscharner85] – це неруйнівна методика вимірювань, яка забезпечує швидкий, у реальному часі та двовимірний розподіл характерних особливостей фотоелектричних модулів. Він може бути використаний як безконтактний метод діагностики деяких теплових та електричних несправностей у фотоелектричних модулях. Вимірювання можна проводити під час нормальної роботи як окремих фотоелектричних модулів, так і як сканування великомасштабних систем. Слід бути впевненим, що вимірювання проводиться в стаціонарних умовах PV-модуля.

Термографічні вимірювання показують різницю температур, викликану зовнішнім струмом або подачею світла на фотомодуль. Під час вимірювань у темряві до модуля відсутнє світло, але зовнішній струм (зазвичай порівняний із струмом короткого замикання I_{sc}) подається у прямому напрямку [Hoeyer09].

Щоб уникнути термічного пошкодження тонкоплівкових модулів, слід переконатись, що I_{sc} модулів не перевищується більш ніж на 30%. Під час освітлення тепло і струм генеруються падаючим світлом (наприклад, сонцем), яке може спричинити неоднорідну температуру фотомодуля. Для більш точного виявлення дефектів термографічне зображення виконується під освітленням фотоелектричного модуля, і потрібно порівнювати розподіл температури різних умов навантаження: коротке замикання, розімкнений ланцюг та при максимальній потужності.

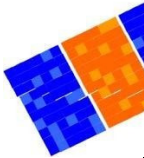
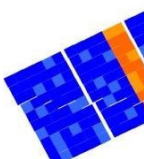
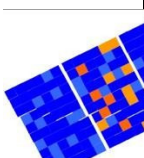

За допомогою відповідної ІЧ-камери можна виміряти розподіл температури. Термографічне зображення виконується здебільшого за допомогою портативної, не охолоджуваної ІЧ-камери. Довжина хвилі використовуваного ІЧ-детектора зазвичай становить від 8 до 14 μm [Zamini12].

Вимірювання термографії з підсвічуванням (на відкритому повітрі) слід проводити в сонячний безхмарний день, хв. 700 Вт / м² опромінення на масиві модулів. В ідеалі температура навколишнього середовища, а також швидкість вітру є низькою. Кут огляду слід встановлювати якомога ближче до 90 °, але не менше 60 ° до площини скляного модуля. Оператору слід пам'ятати про відбиття, наприклад, будинки в околицях, хмари або самовипромінювання оператора чи камери [Buerhop07]. Для правильного вимірювання температури камера повинна бути налаштована на правильну температуру навколишнього середовища та

значення випромінювання для перевіреної поверхні, див. [Buerhop11a]. Типові значення коефіцієнта випромінювання складають 0,85 для скла та 0,95 для полімерної підкладки відповідно, якщо кут зору знаходиться в межах 90° – 60° (скло) та 90° – 45° (полімер). Вимірювання з боку зворотного аркуша, коли це можливо.

Коли освітлення є рівномірним і розглядається з робочим ухилом, температура комірок може відрізнятись лише на кілька градусів. Якщо модуль закорочений або є дефекти, коливання температури можуть бути набагато більшими. Різні температурні перепади в 10°C можуть бути досягнуті між гарячими точками порівняно зі звичайними робочими частинами поблизу. Крім того, слід враховувати, що в PV-установці є градієнт температури (наприклад, до 13°C в ~ 8 м модулів на даху) або навіть в модулі (3 – 5°C), що обумовлено конвекцією теплообмін [Buerhop11b]. В таблиці 1.1 перераховані можливі збої, які може розпізнати ІЧ- камера.

Короткий огляд моделей ІЧ-зображень ПВ-модуля, що спостерігаються при вимірах на відкритому повітрі, їх опис, можливі режими відмов та їх вплив на електричну потужність. Таблиця походить від [Buerhop07] і модифікована та розширена.

Візерунок	Опис	Можлива причина несправності	Електричні вимірювання	Примітка	Безпека	Потужність
	Один модуль тепліший за інші	Модуль розімкнутий – не підключений до системи	Модуль, як правило, повністю функціональний	Перевірте проводку	A	Несправність системи
	Один рядок (підрядок) тепліший за інші рядки в модулі	Коротке замикання (SC) – Обхідний діод SC, або – Внутрішня СК	Втрачена потужність підрядків, зменшення Voc	Можливо, згоріло місце на модулі або один діод шунтований	B (f)	E
	Поодинокі клітини тепліші	Весь модуль замикається - Всі обхідні діоди SC або - Неправильний зв'язок	Потужність модуля різко зменшилась, (майже нульова), сильне зменшення Voc	Перевірте проводку або усі діоди шунтовані	A, B	E
	Поодинокі комірки тепліші, нижні частини і ближче до рамки гарячіші, ніж верхня та середня частини	Масивні шунти, спричинені потенційно індукованою деградацією або поляризацією	Потужність модуля зменшені. Потужність при слабкому освітленні більше постраждала, ніж при STC	Змінити умови заземлення масиву Відновлення за допомогою зворотної напруги	A	

	Частина клітини тепліша	Розбита клітина Відключено рядкове взаємозв'язку	Різке зменшення потужності, зменшення частоти напруги	Тріщини клітин, міжмережіві з'єднання	B (f)	C
	Одна клітина тепліша за інші	Ефект затінення Дефект клітини Деламінівання клітини	Зниження потужності не обов'язково постійне, наприклад, затінення листя або лишайника	Потрібен візуальний огляд, чистка (невідповідність клітини) або шунтована камера	B (f)	C
	Частина під струни надзвичайно гарячіша за інші, коли однаково затінена	Підрядка з відсутнім або розімкненим обвідним діодом	Зменшення потужності, коли частина цієї підрядки затінена	Може викликати серйозну пожежу, коли гаряча точка знаходиться в цій підрядці	A B	A C

Список використаних джерел

1. MC Balas. Modelling and Linear Control of a Quadrotor. – 2007. – 150 p.
2. T. Luukkonen. Modeling and control of quadcopter. – School of Science. – 2011. – 26 p.
3. A. Gibiansky. Quadcopter dynamics, simulation and control. – 2012. – 18 p.

Михайло ПИРІГ

магістрант

Наукові керівники:

канд. техн. наук, доцент Віктор ДУБІК

канд. с-г. наук Дарія ВІЛЬЧИНСЬКА

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

м. Кам'янець-Подільський

АНАЛІЗ СХЕМИ КОМБІНОВАНИХ СИСТЕМ З ПОНОВЛЮВАНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ЕНЕРГІЇ

Проводячи огляд різних систем з поновлювальними джерелами енергії [3, 4, 5] розглянемо теплові носії на базі повітря.

Теплові насоси на базі повітря, як джерела теплоти, набули широкої популярності у світі завдяки значному потенціалу енергозбереження. Хоча за низьких температур зовнішнього середовища теплообмінник, який знаходиться ззовні (випарник), може бути підвладний обмороженню, що призводить до зниження коефіцієнту теплопередачі, а отже до зменшення загального ККД. Над цим активно працюють науковці, особливо в Китаї. Одним із варіантів вирішення цієї проблеми є застосування двостадійної сполученої системи (англ Double stage coupled system) [1, 2].