

УДК 621.316

Барсукова К.І.

Кафедра автоматизації електротехнічних та мехатронних комплексів

ОСОБЛИВОСТІ СИСТЕМИ ДІАГНОСТУВАННЯ СТАНУ ОБЛАДНАННЯ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ

Анотація: Стаття присвячена дослідженню діагностування стану системи сонячних панелей шляхом використання тепловізійних камер. Був виконаний підбір тепловізійного обладнання, наведені його особливості, переваги та недоліки.

Ключові слова: діагностування, сонячні панелі, тепловізор, сонячна енергетика.

Abstract: The article is devoted to the study of diagnosing the state of the solar panel system through the use of thermal imaging cameras. The selection of thermal imaging equipment was performed, its features, advantages and disadvantages were given.

Key words: diagnostics, solarpanels, thermalimager, solarenergy.

Вступ. Для ефективного використання сонячних електростанцій, які в даний час стають все більш популярними, та для отримання прибутку від інвестицій в сонячну енергетику є кілька необхідних умов, таких як тривалий час безвідмовної роботи панелей і обладнання та їх висока якість. Для забезпечення безаварійної роботи сонячної електростанції необхідно мати ефективну систему діагностування панелей вже після їх монтажу. Одним з оптимальних методів такої діагностики є використання тепловізорів, які можуть уловити локальні перегріву ділянок системи і не потребують демонтажу системи, що є значною перевагою.

Мета та завдання. Створити систему діагностування для сонячної електростанції з використанням тепловізорів, описати особливості, переваги та недоліки її використання.

Матеріал та результати досліджень. ККД сонячних панелей, а разом з ним і вихідна потужність сонячної електростанції, залежить від багатьох факторів, такі як погодні умови, місце розташування панелей, кут падіння сонячних променів і т.д. Одним з важливих параметрів, що впливають на ККД сонячних панелей являється їх температура.

При збільшенні температури сонячної панелі помітно знижується їх ефективність вироблення електроенергії. Це відбувається через те, що при підвищенні температури опір фотоелементу збільшується, а отже сила струму та напруга зменшуються. І, в результаті, знижується сумарна потужність. Підвищена температура окремих ділянок сонячної панелі може свідчити про дефект або потенційну проблему, тому є необхідність її контролю. Для діагностування стану сонячних панелей по температурі пропонується встановити тепловізори, що вловлюють випромінювання різної довжини хвиль і відображають це певним кольором у діапазоні від чорного до білого в вигляді термограм.

Сонячні панелі, в випадку неякісних фотомодулів можуть мати ефект локального перегріву окремих ділянок, за рахунок чого стає можливим оцінювати якість сонячної панелі за допомогою тепловізора. Вибір саме цього методу діагностики сонячної панелі є найоптимальнішим і має кілька переваг. На тепловізійному зображенні добре помітні дефекти фотомодулів і, на відміну від більшості інших методів, тепловізори можуть використовуватись для діагностування вже встановлених сонячних панелей прямо під час роботи сонячної електростанції. Таким чином, за допомогою цього методу дефекти панелей і їх потенційні проблеми можна виявити до відмови всієї системи.

Тепловізійне діагностування дозволить виявити дефекти не тільки в самих

сонячних панелях, а й в інших елементах системи. Так як елементи системи сонячної електростанції піддаються впливу зовнішніх чинників через те, що в більшості випадків розміщуються на відкритому просторі, в них з більшою імовірністю можуть виникнути несправності пов'язані з механічним зносом, ржавінням контактів, осипанням та випаровуванням матеріалу під час руху, часте перемикання контактів. Також, важливим чинником є те, що елементи цієї системи знаходяться віддалено від доступу людини, тому проводити фізичний огляд та планові ремонтні роботи незручно. Проте, відслідковуючи та використавши такі параметри як допустима температура нагріву, перевищення температурного діапазону, коефіцієнт дефектності, надлишкова тепловіддача дозволяють виявити дефекти порівнявши ці параметри з робочим зразком. Цей метод аналізу має відносно низьку вартість в порівнянні з альтернативними методами, а також його перевагами є висока оперативність, дистанційний аналіз та можливість проводити аналіз не зупиняючи обладнання і не демонтуючи його. [1]



Рисунок 1 – Приклад термограми тепловізійного обстеження електрообладнання

Обирати тепловізійні камери потрібно ретельно, адже не всі їх види підходять для даної діагностики. Також існують певні правила для ефективного проведення діагностики. Для точно виділення температурних градієнтів потрібно, щоб тепловізійна камера мала чутливість $\leq 0,08$ К, роздільну здатність не менше ніж 320×240 пікселів. Також є бажаною наявність ручних регулювань рівня і діапазону [2].

Як об'єкт діагностування була обрана сонячна електростанція (рис.2, рис.3), що складається з сонячних панелей TrinaSolar TSM-DE17M з номінальною потужністю $P_W = 450$ Вт [3], трекеру двохосового AS Sunflower 20, акумуляторних батарей типу Luxeon LiFePO₄, контролеру заряду-розряду акумуляторних батарей та трьохфазного інвертора MultiPlus 48/9 – 380.

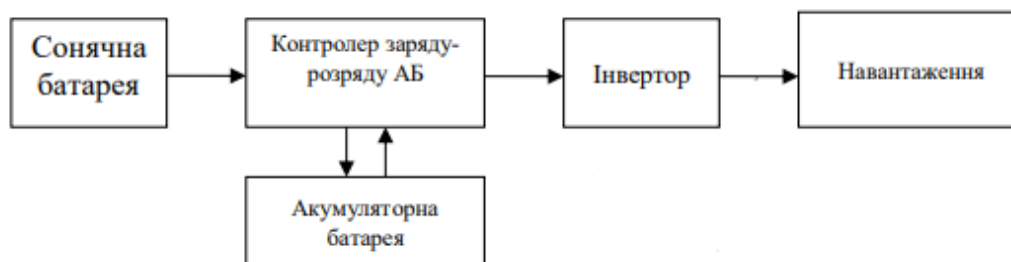


Рисунок 2 – Загальна функціональна схема сонячної електростанції

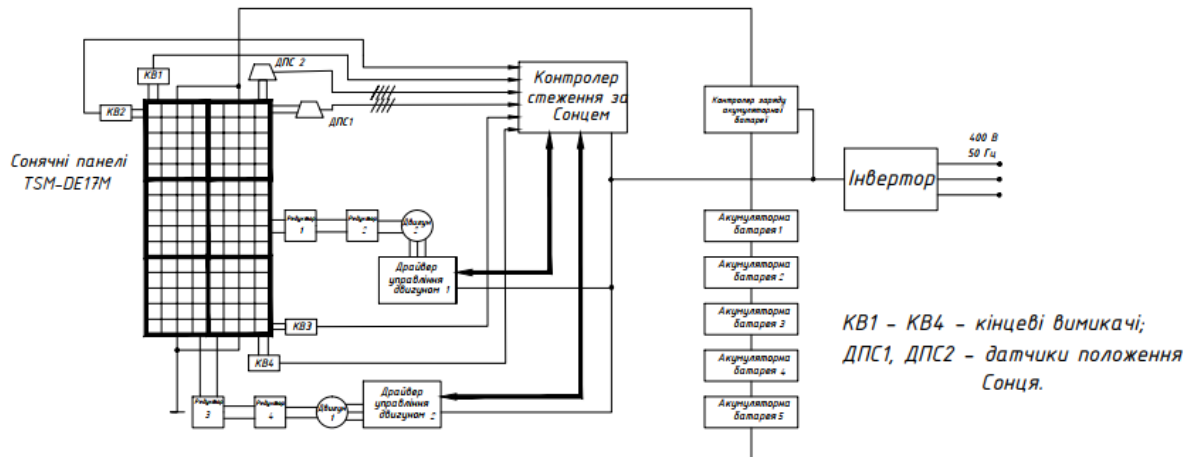


Рисунок 3 – Повна функціональна схема двокоординатної системи наведення сонячних панелей

Сонячна електростанція має шість великих сонячних панелей по 144 фотоелемента в кожній, пропонується встановити шість тепловізійних камер Hikvision DS-2TD2235D-50, по одній для кожної панелі. Інформація з тепловізійних камер будуть передаватись прямо до людини-оператора, що має слідкувати за параметрами та станом сонячної електростанції. У випадку виявлення підвищеної температури місцево або на всіх панелях одночасно, оператор має приймати рішення щодо перевірки та заміни окремих модулів у першому випадку, або, за необхідністю, охолодження панелей у другому випадку.

Процес діагностування необхідно проводити при рівні сонячної інсоляції не менше 500 Вт/м² для гарантії, що тепловий контраст буде достатнім для точних вимірювань. Важливим є кут огляду тепловізійної камери відносно площини сонячної панелі, рекомендований кут 5-60° (зелений сектор на рис. 4).



Рисунок 4 – Рекомендований кут огляду для тепловізійної камери

Якщо сонячні панелі були встановлені так, що наявний доступ до її зворотньої сторони, то рекомендується проводити термографію нижньої поверхні фотомодулів. В такому випадку мінімізуються помилкові відображення на склі від хмар і сонця, до того ж через те що, сонячний елемент буде контролюватись безпосередньо, а не через поверхню скла, контраст температур буде вищим. Також, розташування тепловізійного обладнання з зворотньої сторони панелей дозволяє проводити контроль не тільки панелей, а й модулів та приводних двигунів сонячного трекера.

Діагностика панелей може проводитись під навантаженням, але для отримання додаткової інформації про стан панелей практикується проведення перевірки без

навантаження або при короткому замиканні. Якщо буде виявлено, що певна частина сонячної панелі має вищу температуру ніж інші, це може вказувати на ряд певних несправностей, в залежності від того, яке розташування і форму мають «гарячі плями». У випадку, коли виявиться, що весь модуль більш нагрітий, ніж зазвичай, то це потребує перевірки правильності підключення, а коли ж гарячішими проявляються окремі клітинки або ряд клітинок, утворюючи так званий «гарячий клаптевий малюнок» це може свідчити, як правило, про дефектні діоди або про внутрішні короткі замикання (тріщини) фотокристалів.

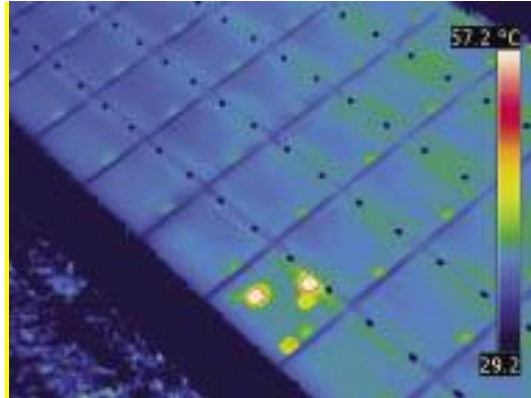


Рисунок 5 - Приклад «клаптикового» дефекту сонячної панелі

Висновки. Проведення діагностування стану обладнання сонячної електростанції методом використання тепловізійних камер дає можливість якомога швидше виявити дефекти на рівні окремих фотоелементів, електричних з'єднань або всієї панелі. Перевагами є те, що контроль температури може проводитись при різних умовах експлуатації в робочому стані сонячної електростанції. Перевірки систем сонячної електростанції за допомогою тепловізійних камер від контролю якості на етапі монтажу і до періодичних оглядів під час роботи дозволяють забезпечити повний і простий моніторинг стану системи, що дозволяє отримати максимальну ефективність від електростанції та її максимальний термін експлуатації.

Список використаних джерел.

1. Теплоаудит електричних установок. Електронний ресурс: <https://akvilonpro.ua/ua/energoberezhenie/teplovizionnoye-obsledovaniye-kiev/teploaudit-elektrostanovok.html>.

2. Тепловізійне обстеження сонячних панелей. Електронний ресурс: <https://doszt.gov.ua/uk/teploviziynе-obstezhennya-sonyachnih-paneley/>.

3. Каталог продукції фірми «ECO TECH UKRAINE». Електронний ресурс: [URL:https://eco-tech.com.ua/](https://eco-tech.com.ua/).

Науковий керівник ст. викладач Дубовик В.Г.