



تشخیص عیوب سامانه‌های فتوولتاییک

در سراسر جهان تعداد بسیار زیادی از تأسیسات فتوولتاییک نصب شده است و تقاضا برای روش‌های ارزیابی کیفیت ماژول‌های فتوولتاییک نصب شده در حال افزایش است. تکنیک‌های تصویربرداری، مانند تصویربرداری فروسرخ، بسیار محبوب هستند. مزایای بسیاری برای ارائه تصاویر دوبعدی وجود دارد که از آن جمله می‌توان به این موارد اشاره کرد: اندازه‌گیری در شرایط عملیاتی (بدون وقفه در کار نیروگاه)، سریع و بدون تماس بودن و همچنین غیر مخرب بودن این روش.

دوربین حرارتی یا ترموویژن ابزاری است جهت شناسایی عیوب در نگهداری و تعمیرات مبتنی برپایش وضعیت، درواقع هر عیبی که خود را با اختلاف دما آشکار کند به وسیله دوربین‌های حرارتی قابل‌شناسایی است. نحوه کار دوربین‌های حرارتی به این صورت است که این سیستم‌ها از تابشی که از خود اجسام ساطع می‌گردد برای تصویربرداری استفاده می‌کنند. همان‌طور که می‌دانیم اجسام از خود امواج الکترومغناطیسی ساطع می‌کنند که طیف پیوسته‌ای را می‌پوشاند و طول‌موج پیک و میزان توان گسیلندگی آن به دمای جسم بستگی دارد و طبق قانون پلانک هر جسمی که دمایش بالاتر از صفر مطلق باشد (۲۷۳- درجه سانتی‌گراد)، انرژی از خود ساطع می‌کند.

همه اشیاء به‌نوعی از خود اشعه‌های مادون‌قرمز منتشر می‌کنند و این یکی از راه‌های انتقال حرارت است. مثلاً

با توجه به تقاضای رو به رشد مصرف‌کنندگان در سطح جهانی، نیاز به تولید برق افزایش یافته است. درعین‌حال، افزایش بهای گاز طبیعی و تأکید مقررات بر محدود کردن انتشار گازهای گلخانه‌ای، هزینه تولید برق با استفاده از سوخت‌های فسیلی را افزایش داده است. به همین دلیل، استفاده از سایر منابع انرژی برای تولید برق، ازجمله تولید برق خورشیدی با استفاده از سامانه‌های فتوولتاییک، افزایش یافته است. سامانه‌های فتوولتاییک به علت مزایای زیاد، کاربرد فراوان دارند. اولین نوع آن‌ها در ماهواره‌ها، آزمایش و کارایی خود را به‌خوبی انجام داده‌است. عمر طولانی (حدود ۲۰ سال)، قابلیت نصب و راه‌اندازی در شرایط جغرافیایی ویژه مانند مناطق صعب‌العبور و کوهستانی، قابلیت استفاده در سامانه‌های متحرک، نگهداری آسان، عدم وابستگی به شبکه در نقاط دور دست و قابلیت استفاده به‌صورت متصل به شبکه، مزایایی هستند که آینده درخشانی را برای استفاده از سامانه‌های فتوولتاییک ترسیم می‌کنند. میزان تولید برق از طریق سامانه‌های فتوولتاییک در جهان در هر پنج سال دو برابر می‌شود. پیشرفت‌های صنعتی و تکامل فناوری‌های مورد استفاده در تولید سلول‌های فتوولتاییک، بهره‌وری بالاتر و استفاده وسیع‌تر از این سامانه‌ها را در پی دارد. به‌طوری‌که در طول دو دهه گذشته، هزینه ساخت و نصب یک سامانه فتوولتاییک بسیار کاهش یافته و توان تولیدی هر واحد نصب‌شده، چند برابر شده است.

یک ذغال برافروخته در حال انتشار هزاران اشعه مادون قرمز است و به این صورت حرارت آن به دست ما منتقل می‌شود. به علاوه، فقط نزدیک نیمی از انرژی خورشید به صورت نورهای مرئی به ما می‌رسد و مابقی ترکیبی از انوار مادون قرمز و فرابنفش است.

هر چه یک شیء داغ‌تر باشد، اشعه‌های مادون قرمز ساطع شده از آن نیز بیشتر است. دوربین‌های حرارتی می‌توانند این تابش‌ها را مشاهده کنند و آن‌ها را به تصاویری تبدیل کنند که برای چشمان ما نیز قابل دیدن باشد؛ درست مثل دوربین‌های دید در شب که نورهای مادون قرمز نامرئی را دریافت کرده و آن‌ها را به تصاویر قابل مشاهده مبدل می‌کنند.

درون دوربین‌های حرارتی تعدادی دستگاه اندازه‌گیری کوچک به نام میکروبولومتر وجود دارد (به ازای هر پیکسل یک عدد). میکروبولومترها از داخل دوربین دما را ثبت کرده و به هر پیکسل یک رنگ مناسب اختصاص می‌دهند، به همین خاطر است که اکثر دوربین‌های حرارتی نسبت به تلویزیون‌ها و صفحه‌نمایش‌های مدرن دارای رزولوشن بسیار اندکی هستند. در حقیقت، بهترین رزولوشن دوربین‌های حرارتی فعلی چیزی در حدود 40×40 است.

در سال‌های اخیر، به دلیل محدودیت و گرانی سوخت‌های فسیلی و نیز مسائل زیست‌محیطی، استفاده از انرژی‌های نو، رشد بسیاری داشته است. انرژی خورشید به صورت مستقیم و غیرمستقیم، در دسترس‌ترین منبع انرژی تجدیدپذیر است و تابش خورشید بزرگترین منبع تجدیدپذیر انرژی روی کره زمین است که اگر فقط یک درصد از صحرای جهان با نیروگاه‌های خورشیدی به کار گرفته شوند، همین مقدار برای تولید برق سالانه جهان کافی خواهد بود.

کشور ایران در منطقه‌ای با میزان بالایی از جذب انرژی خورشیدی قرار گرفته است؛ اگر میانگین انرژی تابشی خورشید در روز بالاتر از $\frac{3}{5}$ کیلووات ساعت در مترمربع (3500 وات/ساعت) باشد، استفاده از مدل‌های انرژی خورشیدی نظیر کلکتورهای خورشیدی یا سامانه‌های فتوولتائیک، اقتصادی و مقرون به صرفه است. در بسیاری از قسمت‌های ایران، انرژی تابشی خورشید بسیار بالاتر از این میانگین بین‌المللی است و در برخی از نقاط حتی بالاتر از 7 تا 8 کیلووات ساعت بر مترمربع اندازه‌گیری شده است اما به طور متوسط، انرژی تابشی خورشید بر سطح سرزمین ایران حدود $\frac{4}{5}$ کیلووات ساعت بر مترمربع است.

پایش وضعیت قاعده‌مند و عیب‌یابی ماژول‌های فتوولتائیک به منظور اندازه‌گیری بازدهی الکتریکی آن‌ها، یک روش معتبر است که می‌تواند اطلاعات ارزشمندی در مورد اثر الکتریکی و یا کاهش عملکرد احتمالی ماژول‌های معیوب ارائه دهد. در حقیقت تأثیر عیوب منحصر به فرد بر عملکرد الکتریکی ماژول‌های معیوب، مبهم و نامشخص است و در نتیجه در مقیاس یک رشته ماژول یا یک نیروگاه فتوولتائیک، به سختی قابل تشخیص است. علاوه بر این و

مهم‌تر از همه اینکه هیچ اطلاعاتی از محل فیزیکی دقیق هر کدام از عیوب در دسترس نیست؛ مگر آنکه هر یک از ماژول‌ها به صورت جداگانه بررسی شود که در وسعت زیاد، این کار از لحاظ فنی و اقتصادی امکان‌پذیر نیست.

تشخیص مبتنی بر تصویربرداری گرمایی فروسرخ برای ارائه این اطلاعات کمی از دست‌رفته و همچنین رفع محدودیت‌های ذکر شده، مناسب‌تر به نظر می‌رسد. سنجش‌های گرمایی فروسرخ میدانی از ماژول‌های فتوولتائیک در حال کار انجام می‌شود و در حالت عملیاتی کار ماژول‌ها در نقطه حداکثر توان و در شرایط پایدار روشنایی صورت می‌پذیرد. بدیهی است در این شرایط، گرما و برق از طریق تابش تصادفی تولید می‌شود که در یک ماژول سالم فتوولتائیک، انتظار می‌رود تا توزیع دمای یکنواخت بروی سطح تولید کند. از آنجاکه اکثر عیوب، تأثیر قابل توجهی بر وضعیت (رفتار) گرمایی ماژول فتوولتائیک می‌گذارند، این عیوب از روی توزیع غیر یکنواخت دما در سطح آن‌ها که در تصویر گرمایی ماژول معیوب مشخص می‌شود؛ تشخیص داده می‌شوند؛ به عبارت دیگر، تصویربرداری گرمایی فروسرخ می‌تواند اثر گرمایی و مکان فیزیکی دقیق نقص به وجود آمده را نشان دهد (نشان‌دهنده سلول، گروه سلول‌ها و یا ماژول معیوب) (تشخیص کیفی).

آنچه باعث می‌شود تصویربرداری گرمایی فروسرخ برای تشخیص خطای ماژول‌های فتوولتائیک جذاب‌تر شود، این واقعیت است که تصاویر گرمایی را می‌توان با روش سریع، با حداقل ابزار، بدون استفاده از هیچ حسگری و بدون قطع کردن سامانه فتوولتائیک در حال کار، به دست آورد.

رشد تأسیسات و نیروگاه‌های فتوولتائیک، در دهه اخیر به نحو غیر قابل انکاری چشم‌گیر بوده و تقریباً نرخ رشد نمایی داشته است. در نتیجه فتوولتائیک به یک کاربرد اصلی انرژی‌های تجدیدپذیر تبدیل شده و نقش بسیار رقابتی در بازار جهانی انرژی دارد. علاوه بر این، با توجه به مطالعات بلندمدت انتظار می‌رود با توجه به رویکرد به سمت جایگزین‌هایی که انتشار آلاینده‌های کربن کمتری دارند؛ سرمایه‌گذاری در فتوولتائیک‌ها روند رو به رشد خود را حفظ کند.

در اصل، این عیوب که باعث عملکرد غیرطبیعی می‌شوند، معمولاً با کاهش توان الکتریکی خروجی، پروفیل‌های غیرطبیعی دما در سطح ماژول‌ها، تنش‌های گرمایی/مکانیکی بیش‌ازحد و حتی خطر ایمنی برای تأسیسات فتوولتائیک مشخص (توصیف) می‌شوند. با توجه به این مشکلات، امروزه بخشی مهمی از تحقیق و توسعه بر روی استراتژی‌های بهینه‌سازی نگهداری و تشخیص کارآمد عیوب برای نیروگاه‌های عملیاتی فتوولتائیک متمرکز شده است. با توجه به تجربیات به دست آمده از کنترل کیفیت، مدل‌سازی و آزمون وضعیت؛ ماژول‌ها در حال حاضر دارای دوره‌های گارانتی تا 25 یا 30 سال هستند که باعث می‌شود بازده محدود آن‌ها به طور قابل توجهی جبران شود.

