محمد قوشچیان

تشخیص عیوب سامانه‌های فتوولتاییک

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 دوردست 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 مورداستفاده در تولید سلول های 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.

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 سیستم ها 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 می کند.

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

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

هر چه یک شیء داغ‌تر باشد، اشعه‌های مادون‌قرمز ساطع‌شده از آن نیز بیشتر است. دوربین‌های حرارتی می توانند این تابش‌ها را مشاهده کنند و آن‌ها را به تصاویری تبدیل کنند که برای چشمان ما نیز قابل‌دیدن 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 میکروبلومتر وجود دارد (به ازای هر پیکسل یک عدد). میکروبلومترها از داخل دوربین دما را ثبت کرده و به هر پیکسل یکرنگ 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 ۶۴۰×۴۸۰ 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 به‌صورت 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 صحراهای 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 ۳/۵ کیلووات ساعت در مترمربع (۳۵۰۰ وات/ساعت) باشد، استفاده از مدل‌های انرژی خورشیدی نظیر کلکتورهای خورشیدی یا سامانه‌های فتوولتاییک، اقتصادی و مقرون‌به‌صرفه است. در بسیاری از قسمت‌های ایران، انرژی تابشی خورشید بسیار بالاتر از این میانگین بین‌المللی است و در برخی از نقاط حتی بالاتر از ۷ تا ۸ کیلووات ساعت بر مترمربع اندازه‌گیری شده است اما به‌طور متوسط، انرژی تابشی خورشید بر سطح سرزمین ایران حدود ۴/۵ کیلووات ساعت بر مترمربع است.

پایش وضعیت قاعده‌مند و عیب‌یابی ماژول‌های فتوولتاییک به‌منظور 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 منحصربه‌فرد بر عملکرد الکتریکی ماژول‌های معیوب، مبهم و نامشخص است و درنتیجه در مقیاس یک رشته ماژول یا یک نیروگاه فتوولتاییک، به‌سختی قابل‌تشخیص است. علاوه بر این و مهم‌تر از همه اینکه هیچ اطلاعاتی از محل فیزیکی دقیق هرکدام از عیوب در دسترس نیست؛ مگر آنکه هر یک از ماژول‌ها به‌صورت جداگانه بررسی شود که در وسعت زیاد، این کار ازلحاظ فنی و اقتصادی امکان‌پذیر نیست.

تشخیص مبتنی بر تصویربرداری گرمایی فروسرخ برای ارائهٔ این اطلاعات کمّی ازدست‌رفته و همچنین رفع محدودیت‌های ذکرشده، مناسب‌تر به نظر می‌رسد. سنجش‌های گرمایی فروسرخ میدانی از ماژول‌های فتوولتاییک درحال 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 فتوولتاییک، انتظار می‌رود تا توزیع دمای یکنواخت بروی سطح تولید کند. ازآنجاکه اکثر عیوب، تأثیر قابل توجهی بر وضعیت (رفتار) گرمایی ماژل فتوولتاییک می گذارند، این عیوب از روی توزیع غیریکنواخت دما در سطح آن‌ها که در تصویر گرمایی ماژول معیوب مشخص می‌شود؛ تشخیص داده می‌شوند؛ به‌عبارت‌دیگر، تصویربرداری گرمایی فروسرخ می‌تواند اثر گرمایی و مکان فیزیکی دقیق نقص به‌وجود آمده را نشان دهد (نشان‌دهنده سلول، گروه سلول‌ها و یا ماژول معیوب) (تشخیص کیفی).

آنچه باعث می‌شود تصویربرداری گرمایی فروسرخ برای تشخیص خطای ماژول‌های فتوولتاییک 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 فتوولتاییک درحال کار، به‌دست آورد.

رشد تأسیسات و نیروگاه‌های فتوولتاییک، در دهه اخیر به نحو غیرقابل‌انکاری چشم‌گیر بوده و تقریباً نرخ رشد نمایی داشته است. درنتیجه فتوولتاییک به یک کاربرد اصلی انرژی‌های تجدید پذیر 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 فتوولتاییک‌ها 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 فتوولتاییک 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 فتوولتاییک متمرکز شده است. با توجه به تجربیات به‌دست‌آمده از کنترل کیفیت، مدل‌سازی و آزمون وضعیت؛ ماژول‌ها در حال حاضر دارای دوره‌های گارانتی تا ۲۵ یا ۳۰ سال هستند که باعث می‌شود بازده محدود آن‌ها به‌طور قابل‌توجهی جبران شود.