

# راهنمای نگهداری و شست و شوی پنل‌های خورشیدی مانا انرژی

۱۴۰۵

پنل‌های خورشیدی به‌گونه‌ای طراحی و تولید می‌شوند که سال‌ها با عملکردی پایدار و قابل‌اعتماد به تولید انرژی ادامه دهند. به همین دلیل، شرکت‌های معتبر فعال در زمینه تولید پنل خورشیدی مانند مانا انرژی، معمولاً ضمانت‌نامه‌هایی با مدت‌زمان ۲۵ تا ۳۰ سال ارائه می‌کنند تا کیفیت و عملکرد پنل‌ها در طول عمر مفید آن‌ها تضمین شود.

با این حال، بهره‌مندی از حداکثر کارایی و طول عمر پنل‌های خورشیدی، تنها به کیفیت تجهیزات و نصب اصولی آن‌ها محدود نمی‌شود؛ بلکه نگهداری صحیح و منظم نیز نقش مهمی در حفظ عملکرد سیستم دارد.

یکی از مهم‌ترین اقدامات در نگهداری پنل‌های خورشیدی، نظافت دوره‌ای سطح پنل‌ها است. تجمع گردوغبار، آلودگی و سایر ذرات روی سطح پنل می‌تواند میزان نور خورشید دریافتی را کاهش داده و در نتیجه، توان تولید برق سیستم را تحت تأثیر قرار دهد. در برخی شرایط، تداوم و انباشت آلودگی روی سطح پنل‌ها می‌تواند علاوه بر کاهش بازدهی، به ایجاد آسیب‌های جدی و کاهش عمر مفید پنل‌های خورشیدی نیز منجر شود. بنابراین، نظافت و مراقبت اصولی از پنل‌ها، اقدامی ساده اما مؤثر برای حفظ بازدهی، سلامت تجهیزات و عملکرد مطلوب سیستم خورشیدی در بلندمدت است.

## ۱- بازرسی و نگهداری دوره‌ای پنل‌های خورشیدی

بازرسی منظم و دوره‌ای پنل‌های خورشیدی، یکی از مهم‌ترین اقدامات برای حفظ عملکرد، ایمنی و افزایش طول عمر تجهیزات است. در هر مرحله از بازرسی، موارد زیر را با دقت بررسی و در صورت مشاهده هرگونه ایراد، نسبت به رفع آن اقدام کنید:

۱. وضعیت ظاهری پنل‌ها را بررسی کنید. وجود هرگونه شکستگی، ترک، تغییر رنگ، سوختگی یا آسیب دیدگی در پنل‌ها را بررسی کرده و در صورت مشاهده آسیب، در اسرع وقت نسبت به تعویض پنل اقدام کنید.

۲. اتصالات الکتریکی و سیستم اتصال زمین را بررسی کنید. از استحکام و سلامت اتصالات سیم‌های پنل و سیم اتصال زمین اطمینان حاصل کنید و مطمئن شوید هیچ‌یک از کابل‌ها، کانکتورها یا اتصالات از محل خود خارج یا شل نشده باشند.

۳. اتصالات کامباینر باکس را از نظر افزایش دما بررسی کنید. وجود گرمای غیرعادی در محل اتصالات می‌تواند نشانه بروز مشکل در اتصال یا تجهیزات باشد و باید مورد بررسی تخصصی قرار گیرد.

۴. بست‌ها و تجهیزات نگهدارنده پنل‌ها را بررسی کنید. از محکم بودن بست‌ها اطمینان حاصل کرده و هرگونه شل‌شدگی، شکستگی یا تغییر شکل در آن‌ها را برطرف کنید.



۵. پوشش گیاهی اطراف پنل‌ها را کنترل کنید. علف‌های هرز، درختچه‌ها و سایر پوشش‌های گیاهی که موجب ایجاد سایه روی پنل‌ها می‌شوند را حذف کنید.
۶. سطح پنل‌ها را از نظر وجود موانع بررسی کنید. اطمینان حاصل کنید هیچ‌گونه شیء، پوشش یا جسم خارجی روی سطح پنل‌ها قرار نگرفته باشد.
۷. سطح پنل‌ها را از نظر وجود فضولات پرندگان بررسی کنید. در صورت مشاهده فضولات یا آلودگی‌های مشابه، سطح پنل‌ها را با روش مناسب و مطابق دستورالعمل‌های نظافت تمیز کنید.
۸. میزان تمیزی پنل‌ها را ارزیابی کنید. تجمع گردوغبار، آلودگی و سایر ذرات روی سطح پنل‌ها می‌تواند میزان تابش دریافتی و در نتیجه بازدهی سیستم را کاهش دهد؛ بنابراین، در صورت نیاز پنل‌ها را به‌صورت دوره‌ای تمیز کنید.
۹. پس از وزش باد شدید، پنل‌ها و تجهیزات نگهدارنده را به‌دقت بازرسی کنید. استحکام بست‌ها، وضعیت کابل‌ها و سلامت ظاهری پنل‌ها را بررسی کرده و هرگونه جابه‌جایی یا آسیب احتمالی را شناسایی کنید.
۱۰. در روزهای برفی، پنل‌ها را به‌موقع بررسی و در صورت نیاز تمیز کنید. از تجمع بیش از حد برف و یخ روی سطح پنل‌ها جلوگیری کنید و عملیات پاک‌سازی را با روش ایمن و مناسب انجام دهید.
۱۱. پس از بارش شدید باران، وضعیت آب‌بندی‌ها را بررسی کنید. اطمینان حاصل کنید تمامی نقاط آب‌بندی در شرایط مناسب قرار دارند و هیچ‌گونه نشتی یا نفوذ آب به تجهیزات مشاهده نمی‌شود.
۱۲. نیروگاه را از نظر حضور حیوانات بررسی کنید. ورود حیوانات به محدوده نیروگاه می‌تواند موجب آسیب به کابل‌ها، پنل‌ها و سایر تجهیزات شود؛ بنابراین، در صورت مشاهده آثار حضور یا آسیب، اقدامات لازم را انجام دهید.
۱۳. پس از بارش تگرگ، سطح پنل‌ها را به‌دقت بازرسی کنید. وجود ترک، شکستگی یا هرگونه آسیب ناشی از برخورد تگرگ را بررسی کرده و در صورت مشاهده موارد غیرعادی، موضوع را برای بررسی تخصصی گزارش کنید.
۱۴. دمای پنل‌ها را اندازه‌گیری و بررسی کنید. دمای سطح پنل‌ها را با دمای محیط مقایسه کرده و در صورت مشاهده اختلاف دمای غیرعادی یا نقاطی با افزایش دمای محسوس، بررسی‌های لازم را انجام دهید.

## موارد نیازمند بررسی و اقدام فوری

چنانچه در جریان بازرسی هر یک از موارد زیر مشاهده شد، در اسرع وقت با متخصصان مجرب یا واحد خدمات پس از فروش مانا انرژی تماس بگیرید. در صورت تأیید کارشناسی، ممکن است تنظیم، تعمیر یا تعویض پنل ضروری باشد:

### الف) آسیب‌های ظاهری پنل:

شکستگی یا ترک خوردگی شیشه، سوختگی یا آسیب دیدگی لایه پشتی، تغییر رنگ محسوس و سایر آسیب‌های مشابه.

### ب) آسیب‌های مربوط به جانکشن باکس و اتصالات:

تغییر شکل، ترک خوردگی، آثار سوختگی، ذوب شدگی یا هرگونه ایراد در محل اتصال ترمینال‌ها و جانکشن باکس که می‌تواند بر عملکرد یا ایمنی پنل تأثیر بگذارد.

## ۲- نظافت پنل‌های خورشیدی

نظافت منظم پنل‌های خورشیدی یکی از مهم‌ترین اقدامات برای حفظ بازدهی و عملکرد مطلوب سیستم است. میزان دفعات نظافت پنل‌ها به شرایط محیطی، آب‌وهوا و میزان آلودگی محل نصب بستگی دارد. در شرایط عادی، بسیاری از تولیدکنندگان و شرکت‌های تخصصی نصب سیستم‌های خورشیدی، **بازرسی و نظافت دوره‌ای پنل‌ها را حداقل دو بار در ماه** توصیه می‌کنند. با این حال، در مناطق دارای گردوغبار، آلودگی یا فعالیت‌های عمرانی، ممکن است نیاز به نظافت در فواصل کوتاه‌تر باشد. برای مثال، وجود پروژه‌های ساختمانی بزرگ در نزدیکی محل نصب می‌تواند باعث تجمع سریع‌تر گردوغبار و ذرات آلاینده روی سطح پنل‌ها شود.

یکی از شاخص‌های مناسب برای تعیین زمان شست‌وشوی پنل‌ها، بررسی میزان تولید انرژی است. چنانچه در شرایط عادی و بدون وجود مشکل در سایر اجزای سیستم، خروجی انرژی به‌طور مستمر حدود ۵ تا ۱۰ درصد کمتر از مقدار عملکرد پایه باشد، لازم است وضعیت سطح پنل‌ها بررسی و در صورت نیاز، عملیات شست‌وشو انجام شود.

### فواصل پیشنهادی بازرسی بر اساس شرایط محیطی

با توجه به شرایط محل نصب، پنل‌ها را در فواصل زمانی زیر مورد بازرسی قرار دهید:

- **مناطق خشک و گردوغبارخیز:** هر ۲ تا ۴ هفته یکبار
- **مناطق مرطوب و پر بارش:** هر ۶ تا ۸ هفته یکبار؛ بارش باران می‌تواند بخشی از آلودگی‌های سطحی را به‌صورت طبیعی پاک کند.
- **مناطق با آلودگی بالا:** به‌صورت هفتگی

بارش باران می تواند تا حدی به پاک شدن گردوغبار و آلودگی های سطحی، از جمله برخی آثار فصولات پرندگان، کمک کند؛ با این حال، باران همیشه جایگزین نظافت اصولی نیست. پس از بارش های شدید یا شرایط نامساعد جوی، بازرسی بصری پنل های خورشیدی ضروری است تا از سلامت، تمیزی و عملکرد مناسب آن ها اطمینان حاصل شود.

### نکات ایمنی هنگام نظافت پنل ها

برای جلوگیری از آسیب به پنل ها و کاهش خطر برق گرفتگی یا صدمات فیزیکی، هنگام نظافت نکات زیر را رعایت کنید:

- هرگز روی سطح پنل ها قدم نگذارید. همچنین از پاشیدن آب به پشت پنل ها، کابل ها و تجهیزات الکتریکی خودداری کنید. پشت پنل ها را تمیز نکنید و اتصالات الکتریکی را همواره تمیز و خشک نگه دارید.
- برای شست و شوی پنل ها از بخارشوی استفاده نکنید. استفاده از حرارت و فشار نامناسب می تواند به اجزای پنل آسیب وارد کند.
- پنل های خورشیدی دارای شیشه شکسته، ترک های عمیق یا سیم های لخت را تمیز نکنید. وجود چنین آسیب هایی می تواند خطر برق گرفتگی ایجاد کند. در این شرایط، ابتدا با متخصصان مجرب یا خدمات پس از فروش تماس بگیرید.
- برای لمس یا جابه جایی پنل ها از دستکش تمیز استفاده کنید. تماس مستقیم دست با سطح شیشه می تواند موجب ایجاد اثر انگشت و انتقال چربی و آلودگی به سطح پنل شود.
- هنگام نظافت، تجهیزات ایمنی مناسب استفاده کنید. فریم های آلومینیومی پنل ها و برخی اجزای سازه نصب ممکن است دارای لبه ها و زوایای تیز باشند. استفاده از لباس کار مناسب، دستکش و کلاه ایمنی می تواند خطر خراشیدگی، بریدگی و سایر آسیب های احتمالی را کاهش دهد.
- ایمنی الکتریکی را در اولویت قرار دهید. پیش از انجام هرگونه عملیات نظافت یا دستکاری تجهیزات، دستورالعمل های ایمنی و الزامات سازنده و سیستم نصب را رعایت کنید و از انجام هرگونه اقدام روی اتصالات الکتریکی بدون حضور متخصص خودداری کنید.

### ۲-۱- انتخاب زمان مناسب برای نظافت پنل های خورشیدی

انتخاب زمان مناسب برای نظافت پنل های خورشیدی، علاوه بر افزایش کیفیت شست و شو، از وارد شدن آسیب احتمالی به سطح پنل ها جلوگیری می کند. بهترین زمان برای تمیز کردن شیشه پنل ها، ساعات ابتدایی صبح، اواخر عصر یا

شب است؛ زمانی که شدت تابش خورشید و دمای سطح پنل‌ها پایین باشد. در صورت فراهم بودن شرایط ایمن، نظافت در روزهای بارانی نیز می‌تواند انجام شود.

شست‌وشوی پنل‌ها با استفاده از شلنگ آب امکان‌پذیر است؛ با این حال، هرگز پنل‌های داغ را در روزهای گرم و آفتابی با آب سرد نشویید. پنل‌ها در اثر تابش مستقیم خورشید به دمای بالایی می‌رسند و تماس ناگهانی سطح داغ با آب سرد می‌تواند موجب شوک حرارتی و در شرایط نامناسب، ترک‌خوردگی یا آسیب به شیشه پنل شود.

همچنین، از نظافت پنل‌ها در ساعات اوج تابش و زمانی که سطح آن‌ها به‌شدت گرم است خودداری کنید. در این شرایط، آب به‌سرعت تبخیر شده و ممکن است لکه‌های آب و رسوبات معدنی روی سطح شیشه باقی بماند. به همین دلیل، انجام نظافت در ساعات خنک‌تر روز، علاوه بر کاهش احتمال آسیب، نتیجه تمیزتر و مطلوب‌تری به همراه خواهد داشت.

## ۲-۲- فرآیند نظافت پنل‌های خورشیدی

فرآیند نظافت پنل‌های خورشیدی را می‌توان به‌طور کلی در سه مرحله اصلی: گردگیری، زدودن آلودگی‌های چسبیده و شست‌وشو انجام داد. انتخاب روش مناسب در هر مرحله، به نوع و میزان آلودگی سطح پنل بستگی دارد. برای جلوگیری از ایجاد خط و خش یا آسیب به پوشش سطحی پنل، همواره باید از ابزار و روش‌های مناسب استفاده شود.

### • مرحله اول: گردگیری و حذف ذرات سطحی

در این مرحله، گردوغبار، ماسه و سایر ذرات سست و سطحی را با استفاده از گردگیر نرم، برس بسیار نرم یا تی مناسب و خشک از روی پنل‌ها پاک کنید. هنگام گردگیری، دقت کنید ذرات و آلودگی‌ها در گوشه‌ها و لبه‌های پنل تجمع نکنند.

تجمع موضعی گردوغبار و آلودگی می‌تواند باعث ایجاد نقاط داغ (Hot Spot) شود که در صورت تداوم، احتمال آسیب به سلول‌ها و کاهش عملکرد پنل را افزایش می‌دهد.

در مناطق خشک و کویری که میزان گردوغبار و ماسه زیاد و دسترسی به آب محدود است، می‌توان برای زدودن ذرات خشک و ماسه‌ای از دمنده هوای مناسب استفاده کرد. در این روش، فشار و فاصله دمنده باید به‌گونه‌ای تنظیم شود که از آسیب به سطح پنل یا جابه‌جایی و برخورد ذرات با شیشه جلوگیری شود.

### • مرحله دوم: زدودن آلودگی‌های چسبیده

در صورتی که آلودگی‌هایی مانند فضولات پرندگان، برگ‌ها، شاخه‌های گیاهان، شیر گیاهان یا سایر مواد خارجی به سطح پنل چسبیده باشند، ابتدا باید با روش مناسب و با استفاده از پارچه بدون پرز، غیربافته و نرم پاک شوند.

از به‌کارگیری اشیای سخت، ابزارهای فلزی، اسکاج زبر یا هر وسیله‌ای که احتمال ایجاد خط و خش روی شیشه یا پوشش سطح پنل را دارد، خودداری کنید.

#### • مرحله سوم: شست‌وشو

چنانچه آلودگی‌هایی مانند فضولات پرندگان، شیر گیاهان یا گردوغبار فشرده‌شده در اثر رطوبت روی سطح پنل باقی مانده باشد و با گردگیری یا پاک‌سازی اولیه برطرف نشود، باید پنل با آب تمیز شست‌وشو شود.

ابتدا آب را به آرامی روی قسمت آلوده اسپری کنید تا آلودگی نرم و جدا شدن آن آسان‌تر شود. سپس با استفاده از برس نرم، پارچه غیربافته یا تی مخصوص شیشه و پنل خورشیدی، سطح را به آرامی تمیز کنید. از اعمال فشار زیاد یا کشیدن ابزارهای زبر روی سطح شیشه خودداری کنید.

برای آلودگی‌های چرب، مواد روغنی باید با آب مخلوط با الکل پوشانده شوند و پس از اینکه محلول به خوبی در آلودگی‌ها نفوذ کرد، با برس نرم پاک شوند. در صورت نیاز، می‌توان پنل را با استفاده از شیشه پاک‌کن همراه با پارچه‌های غیربافته یا تیغه‌های پاک‌کننده شیشه، تمیز کرد. دقت کنید که تیغه باید کاملاً مناسب سطح پنل باشد و بدون اعمال فشار و با دقت استفاده شود تا از ایجاد خط و خش جلوگیری شود.

**نکته مهم:** پس از شست‌وشو، اجازه ندهید آب آلوده یا مواد شوینده روی سطح پنل باقی بماند. در صورت وجود املاح در آب، استفاده از آب با کیفیت مناسب و در صورت نیاز آب کم‌املاح یا تصفیه‌شده، می‌تواند از باقی ماندن لکه و رسوبات روی شیشه جلوگیری کند.

#### ۲-۳- ابزارهای نظافت و مواد شوینده

انتخاب ابزار و مواد مناسب برای نظافت پنل‌های خورشیدی، نقش مهمی در جلوگیری از ایجاد خط‌وخش، آسیب به پوشش سطحی و کاهش عمر مفید پنل‌ها دارد. برای نظافت سطح پنل، از برس‌های نرم، پارچه‌های بدون پرز، تی‌های مخصوص شیشه و پنل خورشیدی، دمنده هوا یا شلنگ با جریان ملایم آب استفاده کنید.

هرگز از ابزارهای سخت یا زبر، مانند جاروی سقفی، برس‌های زبر، اسکاج، سیم یا ابزارهایی که ممکن است سطح شیشه را خراش دهند، استفاده نکنید. همچنین از اعمال فشار زیاد هنگام پاک‌سازی خودداری کنید.

## مواد شوینده و شیمیایی

در حالت عادی، آب تمیز برای نظافت پنل‌های خورشیدی کافی است. در صورت وجود آلودگی‌های چرب، روغنی یا لکه‌هایی که به سادگی با آب پاک نمی‌شوند، می‌توان از شوینده‌های مایع خنثی و غیرساینده استفاده کرد؛ مشروط بر اینکه استفاده از آن‌ها توسط سازنده پنل مجاز اعلام شده باشد.

از به کارگیری پودرهای ساینده، پاک‌کننده‌های ساینده یا مالشی، مواد جلادهنده، مواد اسیدی یا قلیایی، هیدروکسید سدیم، بنزن، رقیق‌کننده‌های نیترو و حلال‌های آلی حاوی اسید یا قلیا و سایر مواد شیمیایی خودداری کنید. این مواد ممکن است به شیشه، پوشش ضدانعکاس، لایه‌های محافظ یا سایر اجزای پنل آسیب وارد کنند.

استفاده از موادی مانند الکل، اتانول یا متانول و همچنین انواع پاک‌کننده‌های شیشه تجاری برای تمیز کردن سطح پنل‌های خورشیدی مانا انرژی مجاز است.

## ۴-۲- الزامات کیفیت آب

کیفیت آب مورد استفاده برای شست‌وشوی پنل‌های خورشیدی اهمیت زیادی دارد. استفاده از آب نامناسب، به‌ویژه آب با میزان بالای املاح و سختی، می‌تواند موجب ایجاد لکه، رسوب و کاهش کیفیت سطح شیشه پنل‌ها شود. بنابراین، توصیه می‌شود آب مورد استفاده برای نظافت، حتی‌الامکان مطابق مشخصات زیر باشد:

- PH: بین ۶ تا ۸
- کلراید و نمک‌ها: حداکثر ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر
- کدورت: ۰ تا ۳۰ NTU
- هدایت الکتریکی: حداکثر ۳۰۰۰  $\mu\text{S}/\text{cm}$
- کل مواد جامد محلول کل (TDS): حداکثر ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر
- سختی آب، یون‌های کلسیم و منیزیم: کمتر از ۴۵۰ میلی‌گرم در لیتر

برای شست‌وشوی پنل‌های خورشیدی مانا انرژی، از آب غیرقلیایی استفاده کنید. در صورت امکان، استفاده از آب دی‌مینرالیزه یا آب کم‌املاح توصیه می‌شود؛ زیرا احتمال باقی ماندن رسوبات و لکه‌های ناشی از املاح روی سطح شیشه را کاهش می‌دهد.

همچنین، فشار آب مورد استفاده برای نظافت نباید از ۳۵ بار بیشتر باشد. فشار بیش از حد می‌تواند به آب‌بندی‌ها، اتصالات یا سایر اجزای پنل آسیب وارد کند.

## ۲-۵- نظافت پنل‌ها در فصل زمستان

در فصل زمستان، تجمع برف و یخ روی سطح پنل‌های خورشیدی می‌تواند میزان تابش دریافتی و در نتیجه تولید انرژی را کاهش دهد. با این حال، به دلیل شیب نصب پنل‌ها در ایران، در بسیاری از موارد برف و یخ به‌صورت طبیعی ذوب شده و از سطح پنل‌ها جدا می‌شود. بنابراین، پیش از اقدام به پاک‌سازی، ابتدا بررسی کنید که آیا برف و یخ به‌طور طبیعی از سطح پنل‌ها خارج می‌شوند یا خیر.

در صورتی که برف یا یخ روی سطح پنل باقی مانده باشد، می‌توان با استفاده از مقدار مناسبی آب ولرم به نرم شدن و جدا شدن آن کمک کرد. همچنین، برای برداشتن برف می‌توان از برس‌های نرم و غیرساینده استفاده کرد و برف را بدون اعمال فشار زیاد و به آرامی از سطح پنل کنار زد.

هرگز از آب داغ یا بسیار گرم برای ذوب کردن برف و یخ استفاده نکنید. اختلاف دمای ناگهانی میان سطح سرد پنل و آب داغ می‌تواند موجب ایجاد شوک حرارتی و ترک‌خوردگی شیشه پنل شود.

هنگام پاک‌سازی برف و یخ، از ابزارهای فلزی، اجسام سخت و روش‌هایی که ممکن است سطح شیشه را خراش دهند یا به پوشش پنل آسیب برسانند، استفاده نکنید. همچنین از اعمال ضربه یا فشار مستقیم به سطح پنل خودداری کنید.

**نکته ایمنی:** در شرایط یخبندان، بارش سنگین برف یا دسترسی دشوار به پنل‌ها، عملیات پاک‌سازی باید تنها با رعایت کامل الزامات ایمنی انجام شود. از ورود به سطح یا سازه پنل‌ها برای پاک‌سازی برف خودداری کنید و در صورت وجود خطر سقوط یا آسیب به تجهیزات، انجام عملیات را به افراد متخصص واگذار کنید.

## ۲-۶- بازرسی پنل‌ها پس از تمیزکاری

پس از پایان عملیات نظافت، لازم است پنل‌های خورشیدی و تجهیزات مرتبط به‌دقت بازرسی شوند تا از تمیزی مناسب سطح، سلامت ظاهری پنل و عدم ایجاد آسیب در فرآیند شست‌وشو اطمینان حاصل شود. در بازرسی چشمی، سطح پنل باید تمیز، یکنواخت و عاری از لکه، رسوب و آلودگی قابل مشاهده باشد.

موارد زیر را پس از تمیزکاری پنل‌های خورشیدی بررسی کنید:

- سطح پنل را از نظر وجود دوده و آلودگی بررسی کنید. اطمینان حاصل کنید هیچ گونه دوده، ذرات آلاینده یا آلودگی باقی مانده روی سطح پنل وجود نداشته باشد.
  - سطح شیشه پنل را از نظر وجود خراش بررسی کنید. هرگونه خراش یا آسیب قابل مشاهده را شناسایی و در صورت مشاهده، ثبت و گزارش کنید.
  - سطح پنل را از نظر وجود ترک بررسی کنید. شیشه و سایر بخش های قابل مشاهده پنل را جهت اطمینان از عدم ایجاد ترک یا شکستگی بررسی کنید.
  - وضعیت سازه و استراکچر نگهدارنده پنل را بررسی کنید. اطمینان حاصل کنید سازه، فریم ها و تجهیزات نگهدارنده در حین عملیات تمیزکاری دچار خم شدگی، کجی، جابه جایی یا تغییر شکل نشده باشند.
  - ترمینال ها و اتصالات پنل را بررسی کنید. اطمینان حاصل کنید ترمینال ها، کانکتورها و سایر اتصالات الکتریکی از محل خود جدا نشده، شل نشده یا دچار آسیب نشده باشند.
  - نتایج عملیات تمیزکاری را ثبت کنید. پس از پایان نظافت و انجام بازرسی، صورتجلسه ای از فرآیند اجرا شده تهیه و موارد مشاهده شده، اقدامات انجام شده و ایرادات احتمالی را ثبت نمایید.
- در صورت مشاهده هرگونه ترک، شکستگی، آسیب به اتصالات، تغییر شکل سازه یا سایر ایرادات غیرعادی پس از تمیزکاری، از دستکاری یا تعمیر خودسرانه تجهیزات خودداری کرده و موضوع را برای بررسی و رفع عیب به فرد متخصص یا واحد خدمات پس از فروش گزارش کنید.

### ۳- سایه زنی پنل های خورشیدی

سایه زنی یکی از عوامل مؤثر در کاهش توان تولیدی پنل های خورشیدی است. قرار گرفتن تمام یا بخشی از سطح پنل در سایه باعث کاهش میزان تابش خورشیدی دریافتی و در نتیجه کاهش تولید انرژی می شود. به همین دلیل، در زمان طراحی و نصب سیستم خورشیدی باید محل قرارگیری پنل ها به گونه ای انتخاب شود که حتی الامکان در معرض سایه ساختمان ها، درختان و سایر موانع قرار نگیرد.

با گذشت زمان، ممکن است شرایط محیط اطراف محل نصب تغییر کند. رشد درختان و پوشش گیاهی، نصب تجهیزات جدید روی بام و ایجاد سازه ها یا موانع دیگر می توانند موجب ایجاد سایه های جدید روی پنل ها شوند. بنابراین، وضعیت سایه زنی باید به صورت دوره ای بررسی شود.

بسیاری از پنل‌های خورشیدی خانگی به صورت رشته‌ای (String) به هم متصل هستند، به این معنا که تمام پنل‌های رشته، تحت تأثیر یک پنل ناکارآمد قرار می‌گیرند. سایه‌زنی متمرکز که تنها یکی از پنل‌های شما را پوشش می‌دهد، می‌تواند تولید انرژی کل آرایه را کاهش دهد.

### عوامل ایجاد سایه و روش‌های پیشگیری

- پوشش گیاهی و درختان:

شاخه‌ها و شاخ‌وبرگ درختانی که در نزدیکی پنل‌ها قرار دارند، ممکن است با رشد تدریجی روی سطح پنل‌ها سایه ایجاد کنند. در صورت مشاهده چنین شرایطی، هرس و کنترل منظم پوشش گیاهی باید با رعایت الزامات ایمنی و بدون آسیب رساندن به پنل‌ها و تجهیزات انجام شود.

- تجهیزات و موانع موجود روی بام:

تجهیزاتی مانند کلکتورهای خورشیدی آب گرم، کولرها، دودکش‌ها، مخازن و سایر سازه‌های بام می‌توانند در ساعات مختلف روز روی پنل‌ها سایه ایجاد کنند. این تجهیزات باید در مرحله طراحی و نصب به‌گونه‌ای جانمایی شوند که کمترین میزان سایه را بر روی پنل‌ها ایجاد کنند.

- تأثیر گردوغبار و آلودگی سطح پنل:

گردوغبار، دوده، فضولات پرندگان و سایر آلودگی‌های سطحی نیز می‌توانند با کاهش میزان نور ورودی به سلول‌های خورشیدی، عملکرد پنل را کاهش دهند. تجمع آلودگی در یک بخش از سطح پنل ممکن است باعث ایجاد سایه‌زنی موضعی شود و در صورت تداوم، بر عملکرد الکتریکی و حرارتی پنل تأثیر منفی بگذارد. به همین دلیل، علاوه بر کنترل موانع و پوشش گیاهی اطراف پنل‌ها، نظافت منظم و اصولی سطح پنل‌ها نیز باید در برنامه نگهداری سیستم قرار گیرد. همچنین، پس از ایجاد تغییر در محیط اطراف یا نصب تجهیزات جدید، وضعیت سایه‌زنی پنل‌ها بررسی شود تا از کاهش غیرضروری تولید انرژی جلوگیری شود.

### ۴- نگهداری و بازرسی اینورترهای خورشیدی

نگهداری منظم اینورترهای خورشیدی نقش مهمی در حفظ عملکرد، افزایش قابلیت اطمینان و پیشگیری از خرابی‌های احتمالی سیستم دارد. برنامه نگهداری اینورتر باید مطابق دستورالعمل سازنده و شرایط محل نصب انجام شود. موارد زیر به‌عنوان اقدامات دوره‌ای نگهداری و بازرسی توصیه می‌شوند:



- **تمیزکاری و جلوگیری از تجمع گردوغبار:**  
بدنه و سطوح قابل دسترس اینورتر را تمیز نگه دارید و از تجمع گردوغبار در اطراف دریچه‌های تهویه و محل‌های ورود هوا جلوگیری کنید. این عملیات هر شش ماه یکبار انجام شود و در محیط‌های پرگردوغبار، در صورت نیاز، با فواصل کوتاه‌تر تکرار شود.
- **بررسی وجود حشرات و حیوانات:**  
اینورتر و اطراف آن را از نظر وجود حشرات، لانه‌سازی یا ورود حیوانات بررسی کنید. وجود این موارد می‌تواند موجب انسداد مسیرهای تهویه، آسیب به کابل‌ها یا ایجاد اختلال در عملکرد تجهیزات شود. این بررسی هر فصل یکبار انجام شود.
- **بازرسی اتصالات الکتریکی:**  
وضعیت اتصالات الکتریکی را از نظر تمیزی، استحکام و سلامت بررسی کنید و اطمینان حاصل کنید که هیچ‌گونه شل‌شدگی، خوردگی، آلودگی یا آسیب در اتصالات وجود ندارد. این بازرسی هر شش ماه یکبار انجام شود. عملیات مربوط به باز کردن یا سفت کردن اتصالات الکتریکی باید توسط فرد دارای صلاحیت و مطابق دستورالعمل سازنده انجام شود.
- **ثبت و ذخیره داده‌های عملکردی:**  
داده‌های نرم‌افزاری و اطلاعات عملکردی اینورتر، از جمله اطلاعات تولید انرژی، خطاها و هشدارهای ثبت‌شده را به‌صورت منظم ذخیره و بایگانی کنید. این اقدام به‌صورت ماهانه انجام شود تا امکان پایش عملکرد و بررسی سوابق سیستم فراهم باشد.
- **بازرسی و نگهداری فن خنک‌کننده:**  
عملکرد فن‌های خنک‌کننده و وضعیت سیستم تهویه اینورتر را بررسی کنید. در صورت خرابی یا کاهش عملکرد، تعمیر یا تعویض فن انجام شود. بازرسی و سرویس دوره‌ای فن‌ها حداقل سالی یکبار انجام شود و در محیط‌های دارای گردوغبار، با توجه به شرایط کاری و توصیه سازنده، با فواصل کوتاه‌تر انجام گیرد.
- **بررسی عملکرد سیستم‌های حفاظتی و نمایشگر:**  
عملکرد تجهیزات و قابلیت‌های ایمنی اینورتر، وضعیت صفحه‌نمایش LCD کدهای خطا و هشدارها و همچنین عملکرد سیستم خاموشی را بررسی کنید. این بررسی هر شش ماه یکبار انجام شود.
- **به‌روزرسانی و بهینه‌سازی نرم‌افزار:**  
نسخه نرم‌افزار و تنظیمات اینورتر را بررسی کرده و در صورت ارائه نسخه جدید یا توصیه سازنده، نسبت به به‌روزرسانی و بهینه‌سازی نرم‌افزاری اقدام کنید. این بررسی هر شش ماه تا یک سال انجام شود.

**نکته مهم:** دوره‌های زمانی فوق باید با دستورالعمل شرکت سازنده، شرایط محیطی محل نصب و ساعات کارکرد اینورتر تطبیق داده شوند. هرگونه عملیات تعمیر، باز کردن محفظه یا دستکاری بخش‌های الکتریکی اینورتر باید توسط افراد متخصص و با رعایت کامل الزامات ایمنی انجام شود.

## ۵- نگهداری و بازرسی استراکچر پنل‌های خورشیدی

سازه نگهدارنده پنل‌های خورشیدی وظیفه تحمل وزن پنل‌ها، حفظ موقعیت صحیح آن‌ها و انتقال مناسب بارهای واردشده به سازه را بر عهده دارد. بنابراین، بازرسی و نگهداری دوره‌ای استراکچرها برای حفظ پایداری، ایمنی و عملکرد صحیح سیستم ضروری است. موارد زیر باید به صورت منظم بررسی و در صورت مشاهده هرگونه ایراد، نسبت به رفع آن اقدام شود:

- **وضعیت پایه‌ها و محل نصب استراکچر را بررسی کنید.**

در صورت استفاده از پایه‌های پیش‌ساخته، اطمینان حاصل کنید که پایه‌ها به صورت پایدار و منظم در محل خود قرار گرفته‌اند و در اثر عوامل محیطی مانند باد، بارندگی یا نشست زمین، جابه‌جا یا دچار تغییر وضعیت نشده باشند.

- **اتصالات استراکچر را بررسی کنید.**

تمامی اتصالات سازه، پیچ‌ها، مهره‌ها و بست‌ها را از نظر استحکام و سلامت بررسی کنید. اطمینان حاصل کنید که هیچ‌یک از پیچ‌ها، مهره‌ها یا قطعات اتصال مفقود، شل، شکسته یا آسیب‌دیده نباشند.

- **وضعیت پوشش ضد خوردگی و ضد زنگ را بررسی کنید.**

سطوح فلزی استراکچر را از نظر ایجاد زنگ‌زدگی، خوردگی، ترک خوردگی، پوسته‌شدن یا ریزش پوشش محافظ بررسی کنید. در صورت آسیب‌دیدگی پوشش ضد خوردگی و ضد زنگ، بخش آسیب‌دیده باید در اسرع وقت آماده‌سازی و مطابق مشخصات سازنده یا الزامات فنی، مجدداً پوشش‌دهی یا رنگ‌آمیزی شود.

- **وضعیت استراکچر از نظر تغییر شکل و آسیب‌دیدگی بررسی شود.**

تیرها، پروفیل‌ها، پایه‌ها و سایر اجزای سازه را از نظر خم‌شدگی، تاب‌برداشتگی، ترک، شکستگی یا جابه‌جایی بررسی کنید. همچنین پس از وزش باد شدید، بارش سنگین یا سایر شرایط جوی نامساعد، بازرسی مجدد استراکچر توصیه می‌شود.

- **سیستم اتصال زمین استراکچر را بررسی کنید.**



اطمینان حاصل کنید که استراکچر به سیستم اتصال زمین متصل بوده و اتصالات مربوطه از استحکام و پیوستگی الکتریکی مناسب برخوردار باشند. وضعیت سیم‌ها، کابل‌ها، بست‌ها و نقاط اتصال زمین را از نظر شل‌شدگی، خوردگی یا آسیب دیدگی بررسی کنید.

#### • سیستم اتصال زمین را پیش از فصل رعدوبرق بازرسی کنید.

پیش از آغاز فصل رعدوبرق، عملکرد و وضعیت سیستم اتصال زمین باید به صورت دقیق بررسی شود تا از وجود اتصال مناسب و پیوستگی الکتریکی اطمینان حاصل شود. اندازه‌گیری و تأیید پارامترهای سیستم زمین باید مطابق الزامات طراحی، استانداردهای مربوطه و دستورالعمل سازنده انجام شود.

**نکته مهم:** هرگونه تعمیر، تعویض قطعات سازه، عملیات رنگ‌آمیزی در ارتفاع و همچنین بررسی یا اصلاح سیستم اتصال زمین باید توسط افراد دارای صلاحیت و با رعایت الزامات ایمنی انجام شود. در صورت مشاهده خوردگی شدید، تغییر شکل سازه، شل‌شدگی قابل توجه اتصالات یا نقص در سیستم اتصال زمین، موضوع باید پیش از ادامه بهره‌برداری مورد بررسی تخصصی قرار گیرد.

### ۶- نکات ایمنی

رعایت الزامات ایمنی هنگام نصب، بازرسی، نظافت، تعمیر و نگهداری سیستم‌های خورشیدی ضروری است. از آنجا که پنل‌ها در هنگام تابش خورشید می‌توانند برق تولید کنند، حتی در شرایطی که بخشی از سیستم خاموش است، احتمال وجود ولتاژ در برخی مدارها وجود دارد. بنابراین، تمامی عملیات باید توسط افراد دارای صلاحیت و مطابق دستورالعمل سازنده و الزامات ایمنی انجام شود.

#### ۶-۱- حفاظت در برابر برق‌گرفتگی

هنگام کار با سیستم خورشیدی، از تجهیزات حفاظت فردی مناسب، از جمله دستکش‌های عایق استاندارد استفاده کنید و از تماس مستقیم با کابل‌ها، کانکتورها و سایر بخش‌های برق‌دار خودداری کنید.

#### ۶-۲- حفاظت در برابر آتش‌سوزی

سیستم‌های خورشیدی شامل تجهیزات و مدارهای الکتریکی با ولتاژ و جریان قابل توجه هستند و در صورت وجود اتصال معیوب، اضافه‌بار، آسیب کابل یا نقص تجهیزات می‌توانند خطر ایجاد جرقه و آتش‌سوزی داشته باشند. بنابراین، از قرار دادن مواد قابل اشتعال در نزدیکی پنل‌ها، اینورتر، تابلوهای برق، کامباینر باکس و سایر تجهیزات الکتریکی خودداری کنید. همچنین، مسیرهای دسترسی و تهویه تجهیزات را همواره باز و عاری از مواد زائد نگه دارید.

### ۶-۳- بررسی تجهیزات حفاظتی

اطمینان حاصل کنید تجهیزات حفاظتی سیستم، از جمله فیوزها، کلیدها و قطع کننده‌ها، تجهیزات حفاظت در برابر اضافه‌ولتاژ و سیستم اتصال زمین مطابق طراحی سیستم و دستورالعمل سازنده نصب و تنظیم شده باشند. وضعیت این تجهیزات باید به‌صورت دوره‌ای بررسی شود و در صورت مشاهده هرگونه خرابی یا عملکرد غیرعادی، موضوع توسط فرد متخصص بررسی و رفع شود.

### ۶-۴- خاموش کردن و ایزوله‌سازی سیستم

پیش از انجام هرگونه تعمیر، سرویس، نظافت یا عملیات نگهداری که نیازمند دسترسی به تجهیزات الکتریکی است، سیستم باید مطابق دستورالعمل سازنده خاموش و از منابع انرژی مربوطه ایزوله شود. قطع برق ورودی و خروجی به‌تنهایی لزوماً به معنای بی‌برق شدن کامل تمامی بخش‌های سیستم نیست؛ زیرا پنل‌های خورشیدی در حضور نور می‌توانند همچنان برق تولید کنند. بنابراین، پیش از شروع کار، از بی‌برق و ایمن بودن بخش موردنظر اطمینان حاصل کنید و در صورت نیاز، از روش قفل و برچسب‌گذاری (Lockout/Tagout – LOTO) مطابق رویه ایمنی محل استفاده کنید.

**هشدار ایمنی:** هرگز برای انجام تعمیرات یا رفع عیب، درپوش تجهیزات الکتریکی را بدون داشتن صلاحیت تخصصی و آموزش لازم باز نکنید. در صورت مشاهده کابل آسیب‌دیده، آثار سوختگی، بوی غیرعادی، جرقه، افزایش دمای غیرمعمول یا هرگونه نقص الکتریکی، کار را متوقف کرده و موضوع را به فرد متخصص گزارش دهید.

### ۷- نگهداری و بازرسی کابل‌ها و اتصالات

کابل‌ها و اتصالات الکتریکی از اجزای مهم سیستم خورشیدی هستند و سلامت آن‌ها تأثیر مستقیمی بر ایمنی، قابلیت اطمینان و عملکرد سیستم دارد. کابل‌ها باید به‌صورت منظم از نظر سلامت روکش، استحکام اتصالات و شرایط نصب بازرسی شوند. در صورت مشاهده هرگونه آسیب یا نقص، اقدامات اصلاحی لازم باید در اسرع وقت انجام شود.

#### • اتصالات کابل‌ها را به‌صورت دوره‌ای بررسی کنید.

تمامی اتصالات، کانکتورها، ترمینال‌ها و محل‌های اتصال کابل‌ها را از نظر شل‌شدگی، خوردگی، داغ‌شدگی، تغییر رنگ، سوختگی یا سایر آسیب‌های ظاهری بررسی کنید. اتصالات باید محکم، سالم و مطابق الزامات فنی سیستم باشند.

- کابل‌ها را در برابر آسیب‌های فیزیکی محافظت کنید.

کابل‌ها باید به‌گونه‌ای نصب و مسیرگذاری شوند که در معرض کشیدگی، فشار، ضربه، ساییدگی یا برخورد با تجهیزات و سازه قرار نگیرند. برای تثبیت کابل‌ها از بست‌ها، نگهدارنده‌ها و محافظ‌های مناسب و مقاوم در برابر شرایط محیطی استفاده کنید و از آویزان ماندن یا رها بودن کابل‌ها جلوگیری شود.

- وضعیت روکش کابل‌ها را بررسی کنید.

کابل‌ها را از نظر وجود ترک‌خوردگی، پارگی، بریدگی، فرسودگی، تغییر رنگ یا خوردگی روکش بررسی کنید. در صورت مشاهده آسیب جدی یا نمایان شدن هادی، کابل آسیب‌دیده باید در اسرع وقت توسط فرد متخصص تعویض شود. از تعمیر موقت کابل‌های آسیب‌دیده با روش‌های غیراستاندارد خودداری کنید.

- اتصالات را در برابر رطوبت و نفوذ آب محافظت کنید.

محل اتصالات و کانکتورها باید در برابر رطوبت، بارندگی و نفوذ آب محافظت شوند. از کانکتورها، گلندها، بست‌ها و تجهیزات آب‌بندی مناسب و مقاوم در برابر شرایط محیطی استفاده کنید و اطمینان حاصل کنید که محل‌های موردنیاز به‌درستی آب‌بندی شده‌اند.

- کابل‌ها را از تابش مستقیم خورشید و اشیای تیز محافظت کنید.

اطمینان حاصل کنید که هیچ بخشی از کابل‌ها در معرض نور مستقیم خورشید قرار نگرفته و یا با اشیاء تیز در تماس نباشد.

- مسیر و وضعیت کابل‌ها را پس از شرایط جوی نامساعد بررسی کنید.

پس از وزش باد شدید، بارش سنگین، طوفان یا سایر شرایط نامساعد جوی، مسیر کابل‌ها، بست‌ها و اتصالات را مجدداً بررسی کنید تا از جابه‌جایی، کشیدگی، ساییدگی یا آسیب احتمالی اطمینان حاصل شود.

**نکته مهم:** هرگونه تعمیر، تعویض یا دستکاری کابل‌ها و اتصالات الکتریکی باید توسط فرد دارای صلاحیت و پس از ایزوله‌سازی ایمن مدار انجام شود.