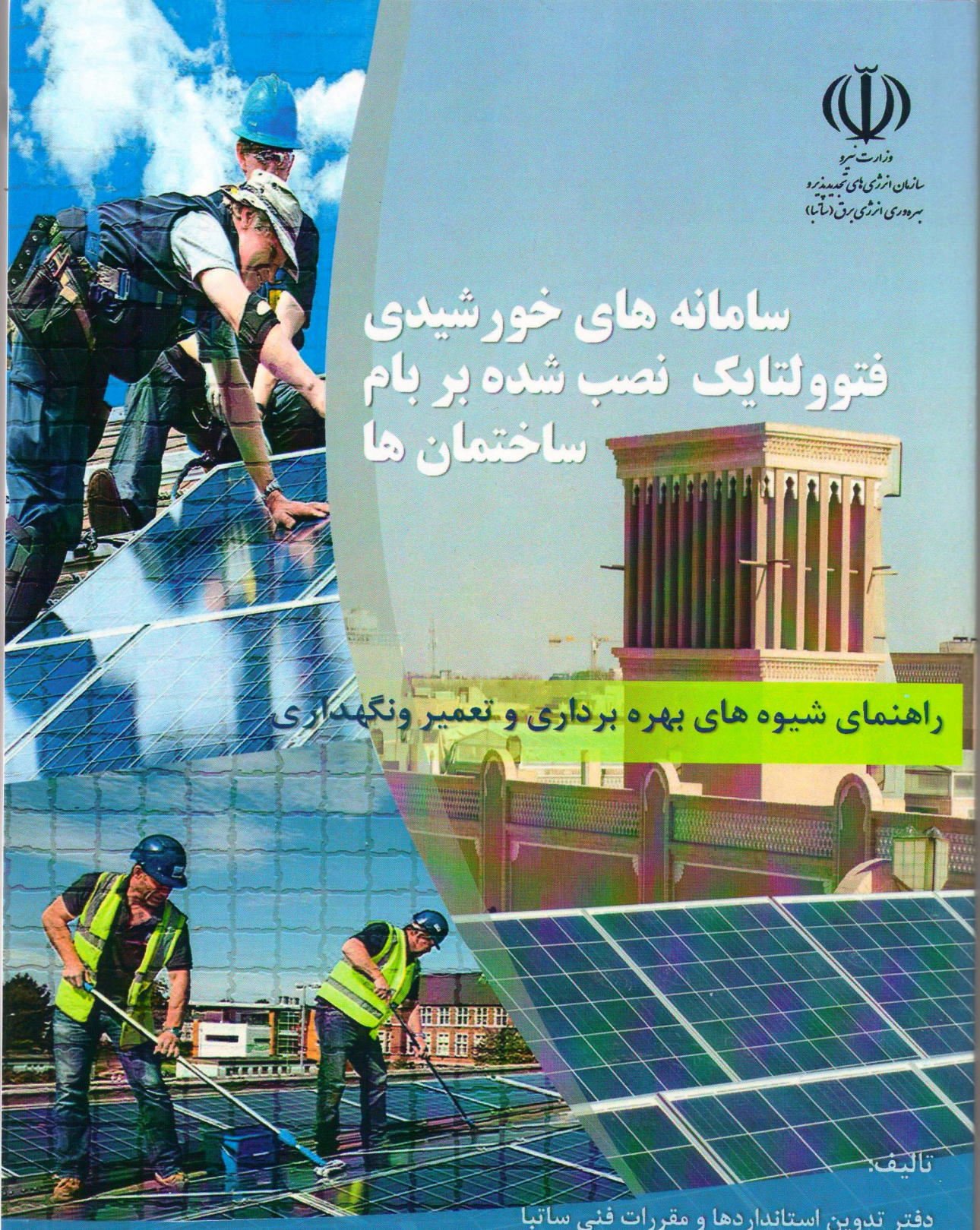
وزارت نیرو
سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و
بهره‌وری انرژی برق (ساتبا)

سامانه های خورشیدی فتوولتایک نصب شده بر بام ساختمان ها

راهنمای شیوه های بهره برداری و تعمیر ونگهداری



تالیف:
دفتر تدوین استانداردها و مقررات فنی ساتبا

وزارت نیرو
سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی برق (ساتبا)

عنوان کتاب:

راهنمای شیوه‌های بهره‌برداری، تعمیرونگهداری سامانه‌های خورشیدی فتوولتائیک نصب شده بربام ساختمان‌ها در کشور ایران

گروه مولفین:

دفتر تدوین استانداردها و مقررات فنی

شهریور ۱۳۹۸

بسم‌الله الرحمن الرحیم

عنوان و نام پدیدآور	:	راهنمای شیوه‌های بهره‌برداری، تعمیر و نگهداری سامانه‌های خورشیدی فتوولتائیک نصب شده بر بام ساختمان‌ها در کشور ایران/ گروه مولفین دفتر تدوین استانداردها و مقررات فنی [سازمان انرژیهای تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی ایران (سانا)]. پیمان تقی‌پور ... [و دیگران].
مشخصات نشر	:	تهران: فن برتر رویایی، ۱۳۹۹.
مشخصات ظاهری	:	۲۵۷ ص.: مصور (بخشی‌رنگی)، جدول (بخشی‌رنگی).
شابک	:	978-622-6141-37-6
وضعیت فهرست نویسی	:	فیپا
یادداشت	:	گروه مولفین دفتر تدوین استانداردها و مقررات فنی [سازمان انرژیهای تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی ایران (سانا)]: پیمان تقی‌پور، عباس محمدصالحیان‌پیرمرد، سمیرا منشی‌پور، محمد بنده‌ای، محمدرضا شاهنواز، یوسف فقیه، وحید ترکاشوند ... .
یادداشت	:	کتابنامه: ص. ۲۵۷.
موضوع	:	برق -- ایران -- سیستم‌های فتوولتایی -- طراحی و ساخت
موضوع	:	Photovoltaic power systems -- Design and construction -- Iran
موضوع	:	برق -- ایران -- سیستم‌های فتوولتایی -- نگهداری و تعمیر
موضوع	:	Photovoltaic power systems -- Maintenance -- Iran
موضوع	:	تولید برق از انرژی خورشیدی -- ایران
موضوع	:	Photovoltaic power generation -- Iran
شناسه افزوده	:	تقی‌پور، پیمان، ۱۳۵۸-
شناسه افزوده	:	سازمان انرژیهای تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی ایران (سانا). دفتر تدوین استانداردها و مقررات فنی
رده بندی کنگره	:	TK۱۰۸۷
رده بندی دیویی	:	۶۲۱/۳۱۲۴۴۰۹۵۵
شماره کتابشناسی ملی	:	۶۱۵۹۱۲۴

نام کتاب: راهنمای شیوه‌های بهره‌برداری، تعمیرونگهداری سامانه‌های خورشیدی فتوولتائیک نصب شده بربام ساختمان‌ها در کشور ایران

مولفین: پیمان تقی‌پور- عباس محمد صالحیان پیرمرد- سمیرا منشی پور - محمد بنده‌ای- محمد رضا شاهنواز- یوسف فقیه- وحید ترکاشوند - محمد حسین جمشیدی- سمیرا فاضلی- آیدا صیادجو - مونا وثوقی فرد

ناظر چاپ: محمد خوشحال

ناشر: فن‌برتر رویایی

نو

طراح جلد: محمد بنده ای

لیتوگرافی- چاپ وصحافی: حمزه ای

نوبت چاپ: اول

سال چاپ: ۱۳۹۹

تیراژ: ۱۰۰۰

قیمت :

شابک : ۶-۳۷-۶۱۴۱-۶۲۲-۹۷۸

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
مقدمه	۷
فصل یک: مقدمه‌ای بر تعمیر و نگهداری سامانه‌های خورشیدی فتوولتائیک	۹
۱- بخش اول : اهمیت بهره برداری و نگهداری	۱۰
۱-۱- خروجی مورد انتظار	۱۰
۱-۲- مزایای تعمیر و نگهداری	۱۱
۲- بخش دوم : مروری بر اجزای سامانه‌های خورشیدی فتوولتائیک نصب شده بر روی بام ساختمان‌ها	۱۲
۲-۱- انواع سامانه‌های خورشیدی فتوولتائیک نصب شده بر روی بام ساختمان‌ها	۱۲
۲-۲- اجزاء سیستم	۱۵
۳- بخش سوم : دسته بندی تعمیر و نگهداری	۳۶
۳-۱- تعمیرو نگهداری برنامه ریزی شده	۳۷
۳-۲- تعمیرو نگهداری برنامه ریزی نشده	۳۹
۴- بخش چهارم : ابزارها و تجهیزات مورد استفاده	۴۰
۴-۱- تکنیک ها و روش‌های تست	۴۴
فصل دوم : مدول‌های فتوولتائیک	۴۹
۱- بخش اول: شناسایی و تشخیص خطا	۴۹
۱-۱- تجمع گرد و غبار	۴۹
۱-۲- ایجاد سایه برروی مدول	۵۳
۱-۳- عدم تطابق مدول	۵۸
۱-۴- یکپارچگی ظاهری	۶۱
۲- بخش دوم : تعمیر و نگهداری و عیب یابی	۶۴
۲-۱- سطح مقدماتی	۶۴
۲-۲- سطح پیشرفته	۷۳

۲-۳- روش‌ها و تکنیک‌ها برای تحلیل سایه ۷۵
۲-۴- نکات کلیدی که باید به یاد داشته باشید ۹۲
فصل سوم : اینورترها ۹۴
۱- بخش اول : بازرسی و شناسایی خطا ۹۴
۱-۱- طبقه بندی اینورترهای خورشیدی ۹۴
۱-۲- بازرسی روتین ۱۰۲
۲- بخش دوم: تعمیر و نگهداری و عیب‌یابی ۱۱۶
۲-۱- سطح پایه ۱۱۶
۲-۲- سطح پیشرفته ۱۲۳
۲-۳- نکات کلیدی برای یادآوری ۱۳۰
فصل چهارم : تعادل سامانه‌ها ۱۳۱
۱- بخش اول : بازرسی و شناسایی خطاها ۱۳۱
۱-۱- کابل‌ها ۱۳۱
۱-۲- ابزارهای حفاظتی ۱۳۲
۱-۳- باتری‌ها ۱۳۸
۲- بخش دوم : تعمیر و نگهداری و عیب یابی ۱۳۹
۲-۱- سطح مقدماتی ۱۳۹
۲-۲- سطح پیشرفته ۱۷۲
۲-۳- نکات کلیدی برای یادآوری ۱۸۹
فصل پنجم : ایمنی در محل کار ۱۹۰
۱- بخش اول : دستورالعمل ایمنی عمومی ۱۹۰
۱-۱- ایمنی عمومی ۱۹۰
۱-۲- دستورالعمل‌های ایمنی اختصاصی ۱۹۲
۲- بخش دوم : دستوالعمل‌های ایمنی فردی ۱۹۳
۲-۱- اهمیت تجهیزات حفاظت فردی (PPE) ۱۹۳

۲-۲- خطرات اصلی ایمنی ۱۹۴
۲-۳- نکات کلیدی که باید به خاطر سپرده شود ۲۰۹
فصل ششم : قرائت قبض برق نیروگاه خورشیدی ۲۱۰
۱- بخش اول : محاسبه میزان تولید انرژی الکتریکی ۲۱۰
فصل هفتم: مستند سازی ۲۱۶
۱- بخش اول : ضرورت مستندسازی و اهمیت ارائه خدمات اطلاعات و فناوری(ITC) ۲۱۶
۱-۱- مستند سازی سامانه ۲۱۸
۱-۲- مستند سازی تعمیر و نگهداری ۲۱۸
۱-۳- مستند سازی اجزاء ۲۱۹
فصل هشتم: شیوه‌های بهره‌برداری و نگهداری سامانه‌های خورشیدی فتوولتائیک نصب شده بربام ساختمان‌ها در کشور ایران - (کاربرد عمومی- سطح مبتدی) ۲۲۱
پیوست ها ۲۳۵
پیوست شماره ۱ ۲۳۶
پیوست شماره ۲ ۲۳۷
پیوست شماره ۳ ۲۳۹
فهرست تصاویر ۲۴۸
فهرست جداول ۲۵۶
منابع ۲۵۷

مقدمه:

این کتاب حاصل مطالعه و اخذ مطالب از کتاب‌ها و مستندات و همچنین اخذ نظرات و مشاوره از خبرگان و ذی‌نفعان حوزه سامانه‌های خورشیدی فتوولتائیک نصب شده بر روی بام ساختمان‌ها می باشد. با عنایت به پتانسیل مناسب خورشیدی و همچنین در راستای اجرای مصوبه خرید تضمینی برق از منابع تجدیدپذیر و پاک و استقبال بی نظیر هموطنان جهت نصب و راه اندازی سامانه‌های خورشیدی فتوولتائیک مختص مشترکین محدود به ظرفیت انشعاب و همچنین در راستای صیانت از منابع و سرمایه‌های بخش خصوصی، بهره برداری و نگهداری صحیح و مدیریت راهبردی این سامانه ها در کشور، تهیه، تدوین و ابلاغ این کتاب در دستور کار دفتر تدوین استانداردها و مقررات فنی ساتبا قرار گرفت. برخلاف تصور عمومی که به اشتباه این سامانه‌ها را نیازمند به تعمیر و نگهداری نمی‌دانند، این سامانه ها به بهره برداری، نگهداری، تعمیر و بازدید های دوره ای حداقل، پس از نصب و راه‌اندازی نیاز دارند. ایمنی و نگهداری از تاسیسات این سامانه ها، غالبا نادیده گرفته می‌شود که این امر علاوه بر ایجاد خطرات جانی، موجب صدمات جبران ناپذیری در خصوص توسعه این فناوری در کشور می‌گردد.

این سازمان مطابق با اساسنامه و ماموریت های اصلی خود از طریق فراهم نمودن زیرساخت های لازم در کشور و افزایش بهره وری عرضه انرژی اقدام به تهیه، تدوین و ابلاغ دستورالعمل ها و مقررات فنی لازم برای نصب، راه‌اندازی و راهبری سامانه‌های تجدیدپذیر در کشور به صورت ساده و جامع برای همه مخاطبین و بازیگران این حوزه نموده است.

ازآنجائی که ارائه مطالب و شرح تفصیلی از یک سامانه نصب شده برای طیف وسیعی از مخاطبین مبتدی دشوار است، بنابراین، در این کتاب، بخش‌هایی را برای مخاطبین مبتدی و بخش های دیگر برای متخصص این حوزه تعریف و گردآوری شده است که از یکدیگر مجزا می‌باشند. در این کتاب بطور ویژه می‌توان به برخی از ابزارها و روش های تعمیر و نگهداری اشاره کرد که می بایست توسط کارشناسان متخصص با ابزار و تجهیزات ایمنی مورد استفاده قرار گیرند و عموم مردم نباید به

انجام آن اقدامات مبادرت نمایند. با این حال، قصد ما آموزش دادن به افراد مبتدی برای بهره‌برداری صحیح و شناسایی و حل مشکلات فنی از طریق متخصصین این حوزه می باشد. این کتاب به مباحث مرتبط با سامانه های خورشیدی نصب شده بر روی بام ساختمان ها پرداخته است. فصل های این کتاب بر اساس مدول های فتوولتائیک، اینورترها، سازه های نصب، کابل و غیره تقسیم بندی شده است. فصل ایمنی از جمله فصل های با اهمیت در این کتاب می‌باشد.

همچنین بخش دیگری در مورد چگونگی تهیه قبوض برق و کنتور خوانی وجود دارد که برای آندسته از مشتریان و مخاطبانی که اخیرا سامانه‌های خورشیدی نصب شده بر بام را اجرا کرده‌اند، مهم می‌باشد.

در پایان نیز یک فصل در مورد مستندات، شامل: چک لیست تعمیر و نگهداری و سایر اطلاعات ثبت شده از جمله دفترچه محاسباتی ارایه می‌گردد. امید است که با مطالعه این کتاب مطالب مفید و مناسبی را در جهت بهره‌برداری بهتر و ایمن‌تر از سامانه‌های خود دریافت نمایید.

اسامی تهیه کنندگان این سند که در تهیه و گردآوری این کتاب زحمات زیادی را متحمل شدند عبارتند از:

آقایان: پیمان تقی‌پور، عباس محمد صالحیان پیرمرد، محمد بنده‌ای، محمد رضا شاهنواز، یوسف فقیه، وحید ترکاشوند و محمد حسین جمشیدی

خانم‌ها: سمیرا منشی پور، سمیرا فاضلی، آیدا صیادجو و مونا وثوقی فرد

ضمنا یادآور می‌گردد که ترجمه این اثر خالی از عیب نیست. لذا از کلیه عزیزانی که این کتاب را مطالعه می‌کنند، استدعا دارد که در صورت مشاهده نکته یا موردی در خصوص اصلاح کتاب تذکر فرمایند تا در چاپ‌های بعد لحاظ گردد.

درخاتمه جا دارد از خبرگان این صنعت که در تهیه، بازبینی و اصلاح این کتاب نقش آفرین بودند تشکر نمائیم. اسامی خبرگانی که در انجام آن از زحمات ایشان قدردانی می‌گردد به شرح زیر است:

آقایان: محمد قهرودی محمدی- محمد نور محمدپور- سعید هاشمی- علی هاشمی (پژوهشگاه نیرو)

فصل یک: مقدمه‌ای بر تعمیر و نگهداری سامانه های خورشیدی فتوولتائیک:

مطالبی که در این فصل می‌خوانیم:

- **نیازمندی ها و مزایای تعمیر و نگهداری**
- **مروری بر این سامانه ها و اجزا تشکیل دهنده آن**
- **دسته‌بندی تعمیر و نگهداری**
- **ابزار و تجهیزات مورد استفاده**

۱- بخش اول: اهمیت بهره برداری و نگهداری

اگرچه سامانه خورشیدی فتوولتائیک نصب شده بر روی بام ساختمان‌ها نیاز به تعمیر و نگهداری روزانه ندارد، اما مهم است که اطمینان حاصل شود، این سیستم به خوبی نگهداری شده و در سطح مطلوب عمل خواهدکرد، لذا عملیات تعمیر و نگهداری (O&M) بخش جدایی ناپذیر ازاین نوع سامانه می‌باشد.

این فصل اهمیت تعمیر و نگهداری در نیروگاه خورشیدی فتوولتائیک نصب شده بر روی بام ساختمان ها را نشان می‌دهد. اهمیت این بخش از دیدگاه سرمایه گذار و دولت به شرح زیر بیان می‌شود:

- کیفیت سامانه خورشیدی فتوولتائیک نصب شده بر روی بام ساختمان‌ها در طول عمر مفید آن،
- تخصیص موثر منابع مالی از منظر دولت
- اطمینان از بازگشت سرمایه از منظر سرمایه گذار

به طور کلی، تصور عمومی بر این است که سامانه های خورشیدی فتوولتائیک، هیچگونه تعمیر و نگهداری نیاز ندارند. این موضوع تا حدی درست است اما، متأسفانه گمراه کننده نیز می‌باشد. بهره گیری از سامانه فتوولتائیک، سرمایه گذاری است که انتظار می‌رود برای مدت ۲۰ تا ۲۵ سال به طول انجامد. در نهایت وقتی که به این راهبرد در سرمایه گذاری می‌رسیم، باید مسائل مربوط به تعمیر و

نگهداری را نیز مدنظر قرار دهیم. لذا سرمایه گذار می‌بایست مسایل مربوط به عملکرد و احتساب هزینه ها در این بخش را مدنظر قراردهد.

هدف اصلی در این فرآیند افزایش طول عمر سامانه و حفظ کارکرد آن است. از آنجا که یک سامانه نصب شده بر روی بام از اجزای AC و DC تشکیل شده است، معمولا دارای ولتاژهای قابل ملاحظه ای نیز می‌باشند، لذا ایمنی نیز یک مسئله اصلی در این سامانه ها است که باید مورد توجه ویژه قرار گیرد.

با اطمینان از مباحث تعمیر و نگهداری از سامانه در فواصل زمانی مناسب، می توان تلفات را کاهش و تولید انرژی حاصل از منبع تامین کننده آن را افزایش داد. بخش‌های زیر بهترین شیوه‌های تعمیر و نگهداری را برای سامانه‌های فتوولتائیک نصب شده بر روی بام ساختمان ها مطرح می‌کنند، اما برخی از این موارد به همان اندازه برای نیروگاه‌های خورشیدی متداول نصب شده بر روی زمین نیز کاربرد دارند.

۱-۱- خروجی مورد انتظار:

تجربه تعمیر و نگهداری و چالش‌های آن برای جلوگیری از قطع تولید نیرو و برآورد تولید انرژی برای امنیت انرژی در آینده، بسیار مهم است. این کتاب به منظور ارائه مناسب‌ترین راهبردها و روش‌های نگهداری، تهیه و تدوین شده‌است. بنابراین این موارد می‌تواند از اتلاف تولید انرژی در این سامانه‌ها جلوگیری کند. کمبود آگاهی از طرف صاحبان و مالکان چنین سامانه‌هایی و حتی پیمانکاران نصب می‌تواند اهداف کشورمان را برای رسیدن به ظرفیت مورد نظر در برنامه‌ها و سیاست‌های کلان کشور به مخاطره اندازد.

این کتاب می‌تواند برای مخاطبین ذیل مورد استفاده قرار گیرد:

۱- به پیمانکاران و مهندسان کمک کند که از بهترین شیوه ها در عملیات نگهداری سامانه‌های فتوولتائیک نصب شده بر روی بام ساختمان‌ها استفاده نموده به طوری که تولید برق و طول عمر آنها حداکثر گردد.

۲- به مالکان و مشترکین این امکان را می‌دهد که با داشتن اطلاعات کافی در خصوص نگهداری این سامانه ها بتوانند پاسخگوی کار خویش باشند.
۳- به عنوان یک راهنما برای سرمایه گذاران و دولت ها به منظور اطمینان از اینکه سامانه های مورد حمایت خود را بهینه نگه می‌دارند، مناسب می‌باشد.

۱-۲- مزایای تعمیر و نگهداری:

به طور کلی مزایای تعمیر و نگهداری در جدول ذیل بیان شده است:

افزایش طول عمر نیروگاه	کاهش خرابی و معیوب شدن تجهیزات سامانه
افزایش تولید انرژی	افزایش درآمد
افزایش ایمنی	کاهش هزینه های تعمیر و نگهداری

- **برخی از سؤالاتی که مطرح می شود:**

۱- چند نوع روش نگهداری وجود دارد؟
۲- چه کسی سامانه فتوولتائیک نصب شده بر روی بام ساختمان ها را پشتیبانی خواهد کرد؟
۳- تشخیص سطوح عملیات تعمیر و نگهداری برای جلوگیری از صرف هزینه های اضافی.
۴- چه میزان بودجه برای فرآیند تعمیر و نگهداری مورد نیاز است؟
پاسخ به این سوالات به موقعیت و شرایط بستگی دارد. که این کتاب در پاسخ به این سوالات کمک موثری خواهد نمود.

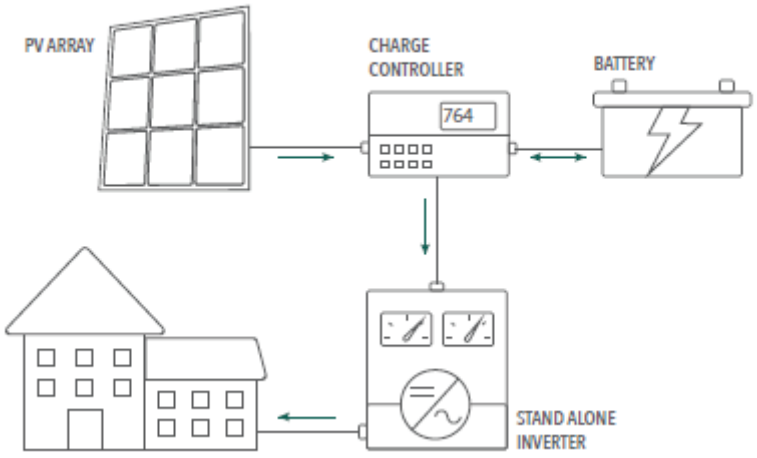
۲-بخش دوم: مروری بر اجزای سامانه‌های خورشیدی فتوولتائیک نصب شده بر روی بام ساختمان‌ها:

۲-۱- انواع سامانه‌های خورشیدی فتوولتائیک نصب شده بر روی بام ساختمان‌ها :

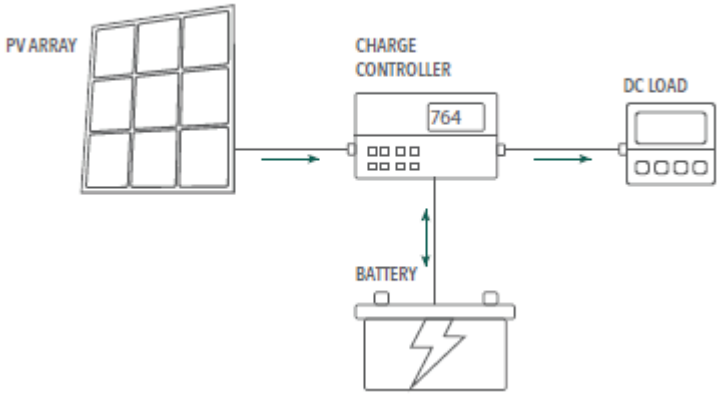
این بخش انواع سامانه‌های خورشیدی فتوولتائیک نصب شده بر روی بام ساختمان‌ها(Roof Top Photovoltaic) و اجزای مورد نیاز آن را توصیف می کند. این بخش عمدتاً به مالکان نیروگاه‌ها کمک می‌کند تا نگرش بهتری نسبت به سامانه‌ها و اجزای تشکیل دهنده آن ارائه نماید.

- **سامانه فتوولتائیک مستقل از شبکه:**

این نوع سامانه‌ها از شبکه برق جدا هستند، در این سامانه‌ها از اینورتر مستقل از شبکه و باتری استفاده می‌گردد. شکل ۱ یک سامانه مستقل از شبکه با هر دو بار DC و AC را نشان می دهد و شکل ۲ یک سامانه مستقل از شبکه با بارهای DC را نشان می دهد.



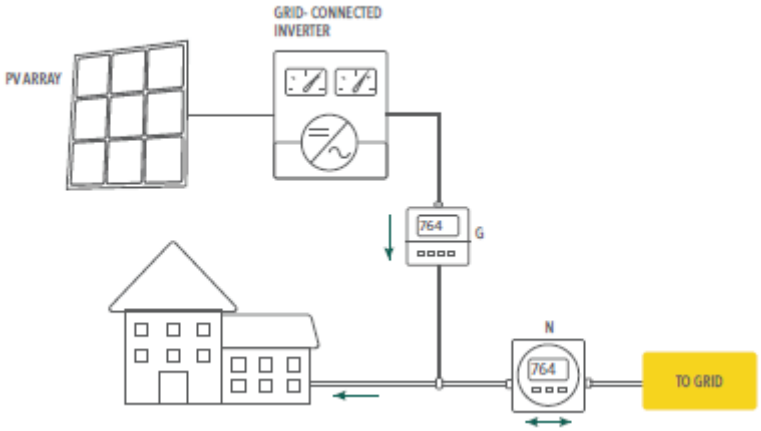
شکل ۱- سامانه مستقل از شبکه با بار AC و DC



شکل ۲- سامانه مستقل از شبکه با بار DC

- **سامانه های خورشیدی فتوولتائیک متصل به شبکه:**

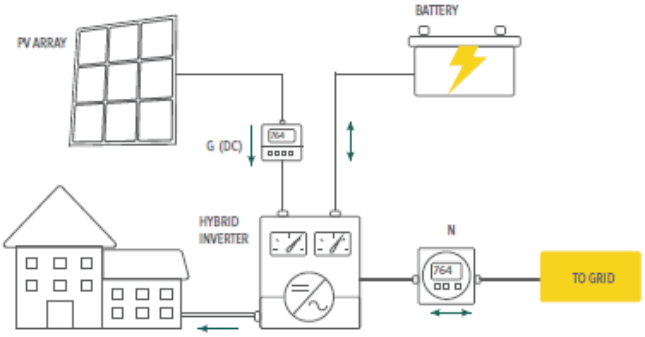
سامانه‌های خورشیدی فتوولتائیک متصل به شبکه مستقیما به شبکه توزیع متصل می‌شوند. در این سامانه‌ها غالبا از باتری استفاده نمی‌گردد. اینورتر مورد استفاده در این سامانه‌ها از نوع متصل به شبکه می‌باشد. چنانچه نحوه اتصال این سامانه ها از نوع NET METERING باشد مازاد توان مورد نیاز بار مصرفی به شبکه تزریق می‌گردد. در صورتی که مشکلی در شبکه اعم از نوسان ولتاژ، تغییر فرکانس، و غیره ایجاد گردد، این سامانه به طور خودکار از شبکه جدا می‌شود. لازم به ذکر است که در سامانه هایی که محل اتصال آن ها در سمت کابل سرویس به سمت شبکه می‌باشد و مطابق ضوابط مندرج در فرآیند خرید تضمینی در کشور کل برق تولیدی سامانه محاسبه و درآمد ناشی از آن به مالکین نیروگاه پرداخت می‌گردد. (این موضوع در پیوست شماره ۴ قرارداد حق العمل کاری ساتبا با مشترکین گنجانده شده است). شکل (۳) سامانه متصل به شبکه را نشان می دهد.



شکل ۳- سامانه فتوولتائیک متصل به شبکه

- **سامانه های ترکیبی فتوولتائیک :**

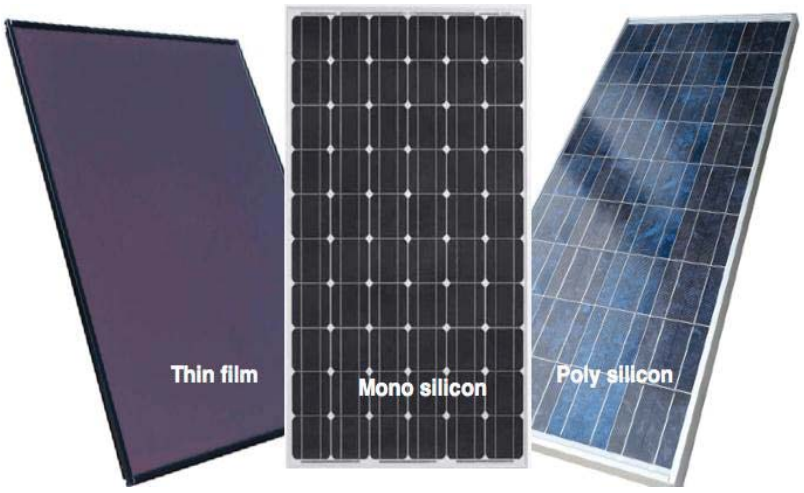
سامانه های ترکیبی فتوولتائیک به شبکه توزیع متصل می شوند و همچنین دارای سامانه باتری پشتیبان می‌باشند. اگر در یک سامانه فتوولتائیک هیبریدی، نا سازگاری در پارامترهای آن شبکه ایجاد شود، آن سیستم بگونه ای طراحی شده که به دلیل عامل ناسازگاری از شبکه جدا شده و انرژی بار مصرفی آن ساختمان از سامانه باتری طراحی شده در آن تامین می‌گردد. باتری های پشتیبان نیز می توانند از طریق شبکه یا انرژی خورشیدی در چنین سامانه هایی شارژ شوند.شکل (۴) یک سامانه هیبریدی را نشان می دهد.



شکل ۴- سامانه هیبریدی

۲-۲- اجزاء سیستم:

- مدول فتوولتائیک:



شکل۵- مدول‌های فتوولتائیک

مدول‌های فتوولتائیک نور خورشید را مستقیماً به برق DC تبدیل می‌کنند. مدول‌های فتوولتائیک برای یک ظرفیت توان خاص در شرایط آزمایش استاندارد (STC)، که بر روی برچسب آن نشان داده شده، رتبه بندی می‌شود. در بازار، مدول های مختلف براساس مشخصات فنی، قیمت و سایر ملاحظات فنی مورد استفاده قرار می‌گیرند. این موارد عمدتا با توجه به نوع سلول آن معرفی می‌شوند.

مشخصات یک مدول توسط سازنده در پشت مدول ارائه شده است. ایمنی و کیفیت مدول فتوولتائیک با صدور گواهینامه‌های گارانتی و وارانتی تضمین می‌شود. مدول های فتوولتائیک عمدتاً دارای یک ضمانت عملکرد ۹۰ درصد از توان اسمی خروجی برای ۱۰ سال اول و ۸۰ درصد برای ۱۵ سال بعدی را دارند.

وارانتی کار بر روی مدول فتوولتائیک عمدتاً برای حداقل ۱۰ الی ۱۵ سال است که هر گونه نقص در مواد یا ساخت را پوشش می دهد.

- سایر شرایط گارانتی و وارانتی برای مدول های فتوولتائیک از طرف سازنده و فروشنده آن اعلام می گردد.

اجزا تشکیل دهنده یک مدول فتوولتائیک

شکل (۶-۱) بخش های تشکیل دهنده یک مدول فتوولتائیک را نشان می دهد.

شکل (۶-۱)- بخش های تشکیل دهنده مدول فتوولتائیک

- شیشه محافظ

لایه رویی و محافظ سطح مدول را تشکیل می دهد.

- لایه نگهدارنده EVA[1]

مواد عایق کننده و شفاف که سلول ها و اتصالات داخلی مدول و سلول ها را احاطه می‌کند.

- سلول فتوولتائیک

کوچکترین واحد مدول فتوولتائیک، سلول فتوولتائیک می‌باشد. سلول‌های فتوولتاییک، با نام سلول‌های خورشیدی نیز شناخته می‌شود و هنگامی که در معرض تابش خورشید قرار می‌گیرد، الکتریسیته از نوع DC تولید می‌کند. سلول های خورشیدی معمولا از منوکریستال و یا پلی‌کریستال سیلیکونی یا کریستال آمورف یا سایر نیمه هادی‌های مرکب مانند کادمیوم تلوراید (Cadmium Telluride-CdTe) و ایندیم گالیم سلناید مس (Copper Indium Gallium Selenide-CIGS) ساخته شده اند و در یک مدول فتوولتائیک به هم متصل شده اند. در شکل (۶-۲) نمونه ای از سلول منو کریستال و پلی کریستال سیلیکونی را نشان می دهد.

شکل (۶-۲)- نمونه ای از سلول منوکریستال و پلی‌کریستال سیلیکونی

1 EVA (ethylene vinyl acetate)

- جدار محافظ و صفحه پشتی مدول

لایه زیرین و سطح بیرونی مدول را تشکیل می دهد.

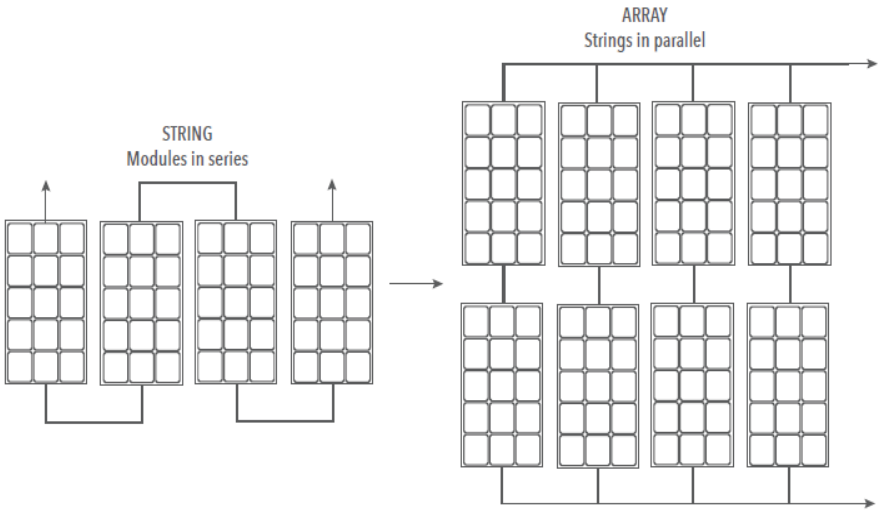
- جعبه اتصال

محفظه بسته یا محافظت شده که به پشت مدول متصل است و در آن اتصالات خروجی از مدول و و مدارات بصورت الکتریکی متصل شده اند.

- دیود بای پس یا دیود کنار گذر

دیود متصل شده به یک یا چند سلول و یا مدول است که برای فراهم کردن امکان عبور جریان از مسیر کنار گذر این سلول یا مدول ها، با هدف کاهش اثر منفی ناشی از سایه در جریان تولیدی مدول ها متصل می گردد.

- **ردیف‌ها و آرایه‌ها:**



شکل (۶-۳) - اتصال سری و موازی مدول‌های فتوولتائیک

- **ردیف:**

متشکل از تعدادی مدول‌های فتوولتائیک متصل شده به صورت سری به یکدیگر می باشند. یک ردیف به گونه‌ای طراحی شده است که ولتاژ خروجی را سازگار با محدوده ولتاژ ورودی اینورتر خورشیدی، نماید.

این ردیف‌ها سپس جهت تامین ظرفیت مورد نیاز این سامانه به صورت موازی با ردیف‌های بعدی به تعداد مناسب متصل می گردند.

- **آرایه:**

به مجموعه ای از مدول ها و ردیف ها که باهم بصورت سری و یا موازی، با یکدیگر اتصال الکتریکی دارند، آرایه نامیده می شود. آرایه می تواند از یک مدول و یا یک ردیف نیز تشکیل شود. مدول در یک ردیف (به عنوان مثال در سری) ولتاژ را اضافه می کند و مدول ها در یک آرایه به طور موازی جریان را اضافه می کند.

- **کابل های** DC :

کابل‌های DC برای انتقال جریان DC از مدول‌های فتوولتائیک تا اینورتر استفاده می‌شوند. کابل DC باید براساس جریان مجاز مورد نیاز (با رعایت ایمنی لازم) و همچنین افت ولتاژ مسیر کابل (به عنوان مثال تلفات اهمی)، طراحی و مطابق با استانداردهای کابل های DC، از نوع فتوولتائیک از جمله استاندارد ملی شماره ۲۰۷۲۹، و سایر استانداردهای اعلام شده در پیوست ۴ قرارداد حق العمل کاری (ساتبا)، دستور العمل خرید تضمینی برق برای سامانه های فتوولتائیک محدود به ظرفیت انشعاب، انتخاب گردد.

عموما کابل های تک رشته ای افشان با مقطع ۴ یا ۶ میلی متر مربع با تحمل عایق روکش آن برای ۱/۵ کیلو ولت DC برای اتصال مدول ها با یکدیگر و در نهایت اتصال ردیف ها به جعبه تقسیم مورد استفاده قرار می گیرند.

معمولا برای اتصال ترمینال های مثبت از کابل های قرمز رنگ و برای اتصال ترمینال های منفی از رنگ مشکی استفاده می گردد (در این خصوص باید مقررات ملی ساختمان را نیز رعایت کرد). از کانکتورهای ویژه برای اتصال کابل ها در ردیف‌های سامانه های خورشیدی استفاده می شود. ازآنجا که این اتصالات ویژه در محیط های بیرونی نصب می شوند، می بایست ضمن درنظر گرفتن شرایط اقلیمی و رعایت استاندارد های لازم، درجه حفاظتی حداقل IP65 و حفاظت در برابر اشعه UV و مقاوم در برابر حریق باشند و همچنین قابلیت تحمل دما در محدوده ۴۰- تا۹۰+ درجه سانتیگراد را داشته باشند.

شکل ۷ – کابل‌های DC

مقاومت موجود در این اتصالات باید حداقل باشد. (معمولا کمتر از ۰.۵ میلی اهم (mΩ) برای حداقل ۳۰ آمپر در جریان DC (اما نه کمتر از حد انتظار برای لحاظ نمودن فاکتورهای ایمنی در شرایط جریان اتصال کوتاه) و تحمل ولتاژ عایقی ۱۰۰۰ ولت DC را داشته باشد. درصورتیکه ولتاژ آرایه ها بیش از ۱۰۰۰ ولت باشد باید ولتاژ عایقی بیش ۳۰۰۰ ولت را مطابق با استاندارد DIN EN 50618 و یا متناظر آن دراستاندارد بین المللی IEC تحمل نماید. کابل‌های DC مابین جعبه تقسیم (به شکل پایین نگاه کنید) و اینورتر به طور معمول طولانی‌تر می‌باشند. این کابل ها براساس جریان مجاز و افت ولتاژ مسیر، طراحی و محاسبه می‌گردند. به طور معمول، در سامانه فتوولتائیک تلفات سیم کشی DC نباید بیش از ۲ درصد در محاسبات درنظر گرفته شود.

کلیه حفاظت ها اعم ازحفاظت DC و یا حفاظت AC ، حفاظت صاعقه گیر و سایر موارد باید مطابق با پیوست ۴ قرارداد حق العمل کاری (ساتبا)، دستور العمل خرید تضمینی برق برای سامانه های فتوولتائیک محدود به ظرفیت انشعاب، انجام شده باشد. در هنگان هر گونه تعمیر در تابلو باید نکات ایمنی اعم از قطع برق ورودی و خروجی، استفادهاز ابزار مناسب و سایر الزامات را نیز باید رعایت رعایت نمود.

یادآوری: در سامانه های مستقل از شبکه در بخش حفاظت DC می توان از دیود سد کننده جهت حفاظتا در برابر جریان برگشتی به مدول های فتوولتائیک، استفاده نمود.

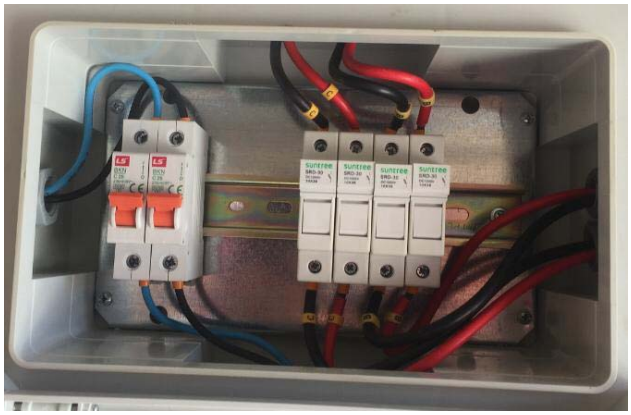
تابلو حفاظتDC [۱]:

جعبه تقسیم رشته [۲](SJB) چندین رشته DC را به صورت موازی ترکیب می‌کند. SJB ها همچنین به عنوان Combiner Box رشته (SCB)[۳] یا جعبه اتصال آرایه (AJB)[۴] یا جعبه اتصال سامانه فتوولتائیک شناخته می‌شوند. SJB ها باید در مقابل آب و هوای محیط مقاوم باشند زیرا آنها معمولا در فضای باز نصب می‌شوند. SJB ها باید حاوی فیوزها و دستگاه‌های حفاظتی (SPD)[۵] برای حفاظت از مدول های فتوولتائیک و همچنین اینورتر ها باشند. چنانچه اینورتر خود دارای تعداد کافی از ترمینال‌های ورودی DC همراه با قابلیت‌های حفاظتی در آن تعبیه شده باشد، می‌توان SJB را از سامانه فتوولتائیک حذف نمود. البته این موضوع باید با کاتالوگ و راهنمای نصب اینورتر نیز تطبیق داده شود.

یادآوری: درهنگام تعمیر و نگهداری مراحل و ترتیب قطع و وصل کلیدهای AC و DC را مطابق با دستورالعمل تعمیر ونگهداری اینورتر رعایت نمایید.

براین اساس در هنگام قطع ابتدا باید فیوزها و کلیدهای حفاظتیAC را قطع نمود سپس قطع کننده های DC را قطع کرده و در هنگام وصل مجدد ابتدا از بخش DC باید وصل نمود.

۲- Combiner box
۳– Serial junction box
۴– Serial Combiner Box
۵- Array Combiner Box
۶- Surge Protection Device



شکل ۸ – جعبه تقسیم

- **کلیدهای قطع** DC :

کلیدهای قطع در مواقع ایجاد خطا، حریق و یا تعمیر کردن سامانه برای قطع ارتباط الکتریکی ردیف‌ها و مدول‌ها ضروری می‌باشد. اغلب اینورترهای فتوولتائیک خود دارای کلید های قطع DC هستند که به تنهایی می‌توانند پاسخگوی نیاز سامانه باشند.

وجود کلیدهای قطع در سامانه ضروری است این کلیدها باید توسط برچسب زرد کاملا مشخص و در دسترس باشند.

شکل ۹ – کلیدهای قطع و جدا کننده DC

- **ترانسفورماتورهای ایزوله (اختیاری و عدم الزام):**

ترانسفورماتور ایزوله به طور معمول برای محافظت از اینورترها در مقابل شکل موج های شبکه و همچنین جلوگیری از تزریق جریان DC از طرف اینورتر به شبکه مورد استفاده قرار می‌گیرد. بسیاری از مدل‌های اینورتر دارای سامانه مشابه شکل ۱۰ در خود هستند. با این حال، ترانسفورماتورهای ایزوله هزینه را افزایش و همچنین راندمان سامانه را کاهش می‌دهند. امروزه اینورترهای موجود در بازار، بدون چنین ترانسفورماتورهایی و با اجزای محافظتی مناسب تری هستند. از این رو، استفاده از چنین ترانسفورماتورها در حال حاضر اختیاری است.

یادآوری: درصورت استفاده از مدول لایه نازک الزامات استفاده از ترانس ایزوله و نیز کاتالوک اینورتر رعایت شود.

شکل ۱۰- ترانسفورماتور ایزوله

با این حال، ترانسفورماتورهای ایزوله می‌توانند تامین کننده نیازهای دیگری از سامانه در شبکه های خاص یا مکان‌های دیگر باشند. اگر یک ولتاژ پایین (خصوصاً در انتهای شبکه) به طور منظم یا ولتاژ بالاتر (به خصوص در نزدیکی پست‌های برق)، ممکن است یک خطا نباشد ولی ممکن است اینورتر را خاموش کند.

استفاده از ترانسفورماتورهای ایزوله برای جلوگیری از تغییرات ناگهانی ولتاژ در شبکه مورد استفاده قرار می‌گیرد. در صورت استفاده از ترانسفورماتور اضافی مانند ترانسفورماتور پله‌ای که برای افزایش ولتاژ مورد استفاده قرار می‌گیرند، استفاده از ترانسفورماتورهای ایزوله ضروری نیست.

- **مبدل ها:**

اینورترها یکی از مهمترین اجزای سامانه خورشیدی فتوولتائیک هستند که نه تنها عملکرد مربوط به توان را انجام می‌دهند، بلکه مسئولیت مدیریت سامانه را نیز بر عهده دارند.

وظایف اصلی اینورتر سامانه خورشیدی فتوولتائیک متصل به شبکه عبارتند از:

- انتقال حداکثر توان خروجی از مدول‌های فتوولتائیک (از طریق بهینه نمودن امپدانس ورودی اینورتر)
- تبدیل توان DC به توان AC ؛

شکل ۱۱- اینورتر

سنکرون نمودن توان خروجی AC براساس توالی فاز، تساوی فرکانس و ولتاژ قابل دسترس برای تزریق توان فتوولتائیک به شبکه:

- اطمینان از قطع اینورتر در حفاظت در برابر جزیره‌ای شدن و در صورت مشکل دار بودن شبکه (این در حالی است که سامانه خورشیدی فتوولتائیک بدون مشکل در حال تولید می‌باشد)
- اطمینان از صحیح بودن پلاریته‌های مثبت و منفی و حفاظت جریان DC در ورودی اینورتر (جریان DC سمت سامانه خورشیدی فتوولتائیک) به منظور جلوگیری از جریان و ولتاژ بیش از حد
- اطمینان از حفاظت از سامانه فتوولتائیک در سمت AC (سمت شبکه) در مقابل خطای شبکه، اعم از اضافه ولتاژ، افت ولتاژ، نوسانات و تغییرات فرکانس، خطای زمین، پسماند جریان و سایر عیوب احتمالی
- اگر اینورتر دارایSPD، تیپ ۲ و یا ۱ بود، لزومی به استفاده از آن در تابلو برق AC نمی‌باشد. درصورت استفاده از چند اینورتر موازی در نیروگاه، کافی است که، یک AC SPD آنهم در نقطه اتصال به شبکه و قبل از فیوز نصب گردد.

اینورتر ها باید بر اساس IP مناسب طبقه بندی شوند.

اینورترهای خورشیدی براساس نوع کاربری به شرح ذیل طبقه بندی می گردند:

- اینورترهای متصل به شبکه
- اینورترهای مستقل از شبکه
- اینورترهای هیبریدی یا ترکیبی

اینورترهای خورشیدی متصل به شبکه براساس ظرفیت به شرح زیر طبقه بندی می شوند:

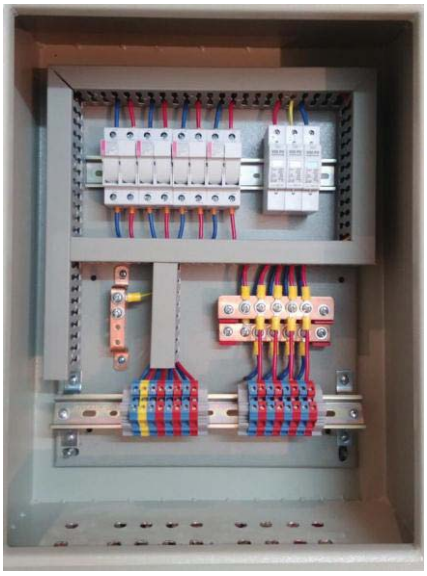
- اینورتر مرکزی

- اینورترهای استرینگ (رشته ای) String

- میکرو اینورتر

- بهینه سازی توان مبدل DC به DC بهینه ساز توان

- **تابلو برق** AC **(**ACDB**):**



شکل ۱۲- تابلو برق AC

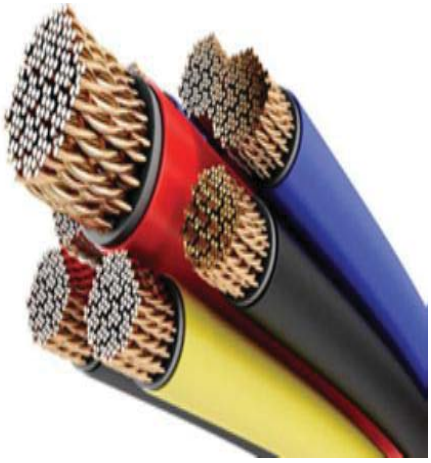
مکان نصب تابلو برق می بایست در نزدیک ترین محل به اینورتر یا ترانسفورماتور ایزوله باشد. کاربرد اولیه تابلو برق AC جدا نمودن سامانه فتوولتائیک از شبکه می باشد. این تابلو شامل فیوزهای مینیاتوری، کلیدهای قطع جریان بالا و SPD ، حفاظت جان وسایر تجهیزات حفاظتی جهت قطع مدارات متصل به آن ها در صورت لزوم می‌باشد.

نکته: چنانچه اینورتر خود دارای کلید RCCB[1] و SPD باشد، الزامی به استفاده از آنها در تابلو برق AC وجود ندارد.

- **کابل‌های** AC :

کابل‌های AC توان تولیدی سامانه فتوولتائیک را به دستگاه اندازه گیری منتقل می‌نماید. در انتخاب این کابل‌ها می‌بایست افت توان و ایمنی مرتبط با آن مدنظر قرار گیرد. از کابل‌های مس و آلومینیوم در این سامانه می‌توان استفاده نمود، توصیه می‌شود از کابل‌های زره دار استفاده گردد. کابل کشی‌های AC می‌بایست بر اساس استانداردها و دستورالعمل‌های مرتبط با این حوزه انجام شوند. در طراحی، تامین و اجرای فرآیند کابل کشی AC می بایست به گونه‌ای اقدام نمود که تلفات در آن کمتر از ۱ درصد توان سامانه خورشیدی فتوولتائیک باشد.

1 Residual Current Circuit Breakers (RCCB)



شکل ۱۳- کابل‌های AC

- **سازه های سامانه خورشیدی فتوولتائیک:**

شکل ۱۴- سازه نگهدارنده مدول‌های فتوولتائیک

سازه‌های سامانه فتوولتائیک (MMS)[1] برای حفاظت و نگهداری از مدول‌های فتوولتائیک به منظور جمع آوری حداکثر نور خورشید مورد استفاده قرار می‌گیرد. در ساخت این سازه‌ها موارد زیر می-بایست مدنظر قرار گیرد:

– تراس، پشت بام یا جایی که سامانه فتوولتائیک در آن نصب می‌شود، می بایست تحمل ظرفیت بار یا وزن سامانه فتوولتائیک را داشته باشد.

- در نظر گرفتن بارهای متعارف و حداکثر نیروی ناشی از باد به همراه (ضریب) ارتفاع در مکانی که سامانه فتوولتائیک نصب می‌شود.

- در نظر گرفتن ضریب اطمینان برای مناطق زلزله خیز.

- ملاحظات دیگر اعم از شرایط محیطی، رطوبت و شرایط خوردگی و زنگ زدگی و شرایط ظاهری در نظر گرفته شود. درصورت رویت خوردگی می‌بایست نسبت به رفع آن به شیوه مناسب از جمله استفاده از اسپری و دیگر روش‌های لازم، اقدام گردد.

در صورت تغییر شکل باید نسبت به تقویت سازه اقدام گردد. در صورت مشاهده تغییرات در فونداسیون باید اصلاح شود. برای احداث فونداسیون باید از بتن کرمو استفاده نماید.

سامانه های فتوولتائیک اغلب با زاویه ای پایین تر از زاویه بهینه برای حداکثر تولید انرژی نصب می-شوند. انتخاب این زاویه منجر به کاهش بارهای ناشی از وزش باد به روی سامانه فتوولتائیک و همچنین کاهش وزن سازه می‌گردد. این امر منجر به کاهش خطرات ناشی از افزایش وزن سامانه به روی سازه ساختمان می‌گردد. در انتخاب سازه نگهدارنده درنظر گرفتن ملاحظات فنی– اقتصادی (در مقایسه با نگرش صرفا فنی) از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد.

سامانه‌های فتوولتائیک بهتر است در یک زاویه و یا شیب مناسب برای تولید حداکثر انرژی نصب شوند. در صورتیکه زاویه شیب سازه‌ها از زاویه شیب بهینه کمتر باشد، این امر موجب کاهش نیروی ناشی از وزش باد و نتیجتا کاهش وزن سازه مورد نیاز نصب مدول ها می‌گردد و کاهش هزینه سازه را نیز بدنبال خواهد داشت، اما جمع شدن آب و برف ناشی از بارندگی ها و صدمه دیدن بخش های

1 Module Mounting Structures

دیگر می‌تواند از معایب این موضوع باشد. در هر حال در طراحی سازه می‌بایست بهترین شرایط را به لحاظ ملاحظات فنی و اقتصادی درنظر گرفت.

- **صاعقه گیر:**

شکل۱۵ – صاعقه گیر

اگرچه هدف نهایی این است که تمامی سامانه‌های فتوولتائیک در برابر صاعقه محافظت شوند. برای سامانه های فتوولتائیک توصیه اکید می‌گردد که به جای استفاده از میله‌های بلند و یا سازه‌های بلند خارجی در ساختمان ها، از صاعقه گیر اختصاصی استفاده شود.

یادآوری: مطابق با پیوست ۴ قرارداد حق العمل کاری (ساتبا)، دستور العمل خرید تضمینی برق برای سامانه های فتوولتائیک محدود به ظرفیت انشعاب، الزامات مربوط به صاعقه گیر، انجام شده باشد.

- **سامانه زمین کردن:**

سامانه زمین کردن، در این کتاب سامانه زمین[1] یا سامانه ارت نامیده می شود. سامانه ارت مورد استفاده در نیروگاه و یا سامانه فتوولتائیک مشابه چاه زمینی است که برای تاسیسات الکتریکی ساختمان مورد استفاده قرار می‌گیرد و دارای دستورالعمل‌ها و استانداردهای تدوین شده در این حوزه می‌باشد. سامانه حفاظتی زمین باید مقاومتی کمتر از ۲ اهم داشته باشد. به طوری که سبب کاهش مقاومت زمین شده و خطرات ناشی از قطع اتصالات را کاهش دهد. سامانه ارت باید به‌گونه ای اجرا شده باشد و یا در محلی اجرا شده باشد که بهره بردار به لحاظ نگهداری بتواند رطوبت آن را حفظ نماید. بنابراین، درصورت عدم وجود بارندگی و همچنین در فصول کم بارش، توصیه می‌گردد محیط اطراف سیستم زمین (چاه ارت) توسط آب، مرطوب نگه داشته شود.

شکل ۱۶- سامانه زمین

1- Earthing system

- **شارژ کنترلرها:**

معمولا برای تنظیم شارژ باتری ها در سامانه‌های هیبرید یا off-grid مورد استفاده قرار می‌گیرند. عملکرد شارژکنترلرها به شرح زیر می‌باشد:

شکل ۱۷- شارژ کنترلر

– دریافت حداکثر توان خروجی توان مدول‌های فتوولتائیک از طریق مکانیزم MPPT[1] برای سامانه‌های با ظرفیت بالا و از طریق مکانیزم (PWM)[2] برای سامانه‌های کوچکتر می‌باشد.

– تنظیم شارژ، باتری توسط کنترل نمودن ولتاژ یا جریان شارژ و همچنین محافظت در مقابل دشارژ بیش از حد باتری

– ارائه ولتاژ خروجی DC مطابق با مشخصات فنی دستگاه برای مثال ولتاژ۴۸/۲۴/۱۲ ولت

1 Maximum Power Point Tracker
2 Pulse Width Modulation

– خروجی DC یک شارژکنترلر می تواند به طور مستقیم برای تجهیزات DC استفاده شود و یا به ورودی یک اینورتر مستقل از شبکه متصل شود. اینورتر مستقل از شبکه ساده تر از اینورتر متصل به شبکه و یا اینورتر هیبریدی می‌باشد.

- **باتری‌ها:**

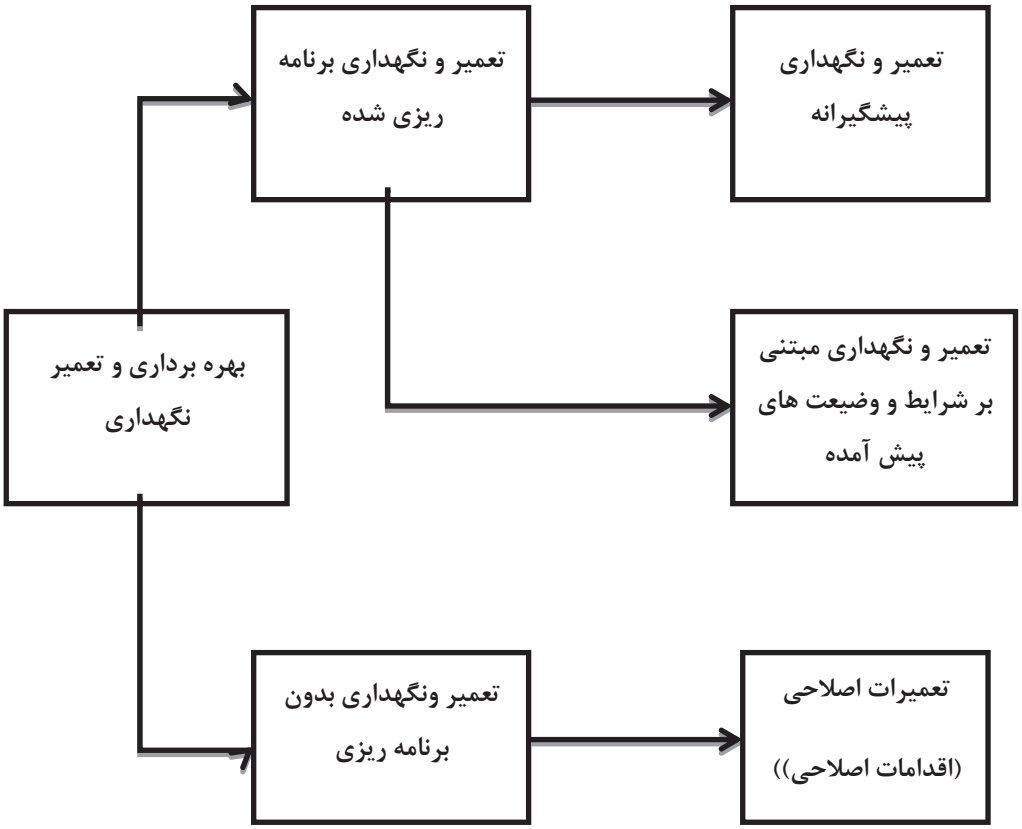
شکل۱۸– باتری‌ها

باتری عمدتا از سرب اسیدی مانند الکترولیت سیال، الکترولیت ژل و غیره به دلیل پائین بودن هزینه مورد استفاده قرار می گیرند. سایر باتری ها مانند لیتیوم از محبوبیت خاصی برخوردار هستند. باتری‌ها بر اساس نیاز و ظرفیت بار و در دسترس بودن مورد استفاده قرار می‌گیرند و غالبا بالاتر از ظرفیت موجود انتخاب می شوند تا بتوانند کارایی لازم را در طول روزهای ابری داشته باشند. باتری‌ها را نه تنها بر اساس ظرفیت بار انتخاب می‌کنیم، بلکه از لحاظ طول عمرباتری ، ویژگی‌های بار، الزامات تعمیر و نگهداری، دشارژ در حالت بی باری نیز مورد بررسی قرار می‌دهیم.

۳- بخش سوم: دسته بندی تعمیر و نگهداری

تعمیر و نگهداری به دو دسته کلی تقسیم بندی می شود: ۱- تعمیر و نگهداری برنامه ریزی شده ۲- تعمیر و نگهداری بدون برنامه ریزی.

توصیف هر دسته بندی در این بخش به طور دقیق بیان شده است.



شکل۱۹- رویکرد و شمای کلی تعمیر و نگهداری

۳-۱- تعمیر و نگهداری برنامه ریزی شده :

تعمییر و نگهداری برنامه‌ریزی شده همانطور که از نام آن برداشت می شود بر اساس تعمیر و نگهداری از پیش برنامه ریزی شده و مشتمل بر تعمیر و نگهداری روزانه بوده که از بروز خطا در سامانه جلوگیری کند.

این روش به صورت دوره ای انجام می شود. تعمیر و نگهداری توسط افراد متخصص و کار آزموده انجام گرفته و این افراد باید به اطلاعات جزیی که از سوی سازنده ارائه می شود توجه و دقت کافی داشته باشند.

در زیر دو روش کلی برای مدیریت تعمیر نگهداری ارایه شده است:

الف)تعمیر و نگهداری پیشگیرانه

ب) تعمیر و نگهداری مبتنی بر شرایط

ویژگی های کلیدی تعمیرات برنامه ریزی شده

- در فواصل منظم و مطابق با دستور العمل سازنده انجام گیرد.
- بین هزینه های تعمیر و نگهداری از پیش برنامه ریزی شده و افزایش عملکرد و راندمان و طول عمر سامانه تعادل بهینه ای وجود داشته باشد.
- تعمیر و نگهداری از پیش برنامه ریزی شده می‌بایست در زمان مناسب و هماهنگ انجام گردد.

الف) تعمیر و نگهداری پیشگیرانه

تعمیر و نگهداری پیشگیرانه (PM)[1] شامل بازرسی معمول، تعمیر و نگهداری و تمیز کردن مدول ها در یک دوره زمان بندی برنامه ریزی شده است. این کار به منظور به حداقل رساندن خرابی و آسیب-های پیش بینی نشده انجام می‌شود. این کار باعث بهبود عملکرد افزایش دسترسی وکاهش احتمال بروز خرابی در تجهیزات خواهد شد. در تعمیر و نگهداری پیشگیرانه، یک راهبرد نگهداری روزانه برای بازرسی نیروگاه در نظر گرفته شده که در ساعات غیر پیک انجام می شود، که تولید تحت تاثیر

1 Preventive Maintenance

قرار نگیرد. اما این بازدید ها ممکن است ضرورتی نداشته باشد ولی به هر حال باعث افزایش هزینه ها خواهد شد . برنامه ریزی (PM) توسط عواملی از قبیل شرایط محیطی و تکنولوژی انتخاب شده است و این تعمیرات و وارانتی ها سامانه را تضمین خواهد کرد. تعادل بهینه بین هزینه تعمیر و نگهداری برنامه ریزی شده و افزایش عملکرد در طول عمر سامانه می‌بایست وجود داشته باشد.

فعالیت های اصلی تحت تعمیر و نگهداری پیشگیرانه عبارتند از:

- سازه متصل شده یکپارچه
- تمیز کردن مدول
- تشخیص نقطه داغ (Hot Spot) در مدول ها
- بررسی و تعمیر جعبه تقسیم
- بررسی و تعمیر اینورتر
- اتصالات کابل کشی
- تجهیزات اتصال به شبکه سامانه
- تعمیر اینورتر
- حفاظت زمین
- کنترل پوشش گیاهی

- **توصیه ها:**
- زمان تمیز کردن قبل از۱۱صبح و بعد از ساعت۱۷ عصر باشد.
- تعمیر و نگهداری در ساعات شب
- **توجه:**

برنامه تعمیر و نگهداری پیشگیرانه، توصیه شده است که گزارش پیشگیرانه تعمیر و نگهداری و گزارش تولید به طور معمول برای تمامی شرکت ها وجود داشته و پیوسته ارائه گردد. علاوه بر این، جزئیات این گزارشات می بایست در فهرست داده شده در جداول(I، II و III) ارائه گردد.

ب) تعمیر و نگهداری مبتنی بر شرایط:

تعمیر و نگهداری مبتنی بر شرایط، شامل نظارت بر ویژگی تجهیزات و کارکرد نیروگاه‌ها بر اساس یک زمان واقعی است که از ایجاد یک مشکل بالقوه در ابتدای خرابی جلو گیری کند. این روش شامل اندازه گیری های دوره ای برای تشخیص شواهدی است که با هدف افزایش طول عمر و اجتناب از خرابی تجهیزات مورد استفاده قرار می گیرد هدف از این روش بهبود عملکرد و افزایش کارایی سامانه و تشخیص خرابی تجهیزات در مراحل اولیه کارکرد سامانه می باشد. این نوع روش تعمیر و نگهداری نیازمند تشخیص و تخصص تجهیزات و سامانه پایش عملکرد مطمئن بوده که منجر به افزایش عمر مفید نیروگاه خواهد شد.

۳-۲- تعمیرنگهداری برنامه ریزی نشده :

تعمیرات بدون برنامه ریزی، پس از وقوع حوادث و خطاهای موجود در سامانه انجام می‌شود. پارامترهای کلیدی عبارتند از عیب یابی، زمان و سرعت تعمیر با توجه به میزان آسیب، بسته به نوع خطا، زمان رفع آن زمان پاسخ پیش بینی کننده که ممکن است ۴۸ ساعت به طول انجامد. در این روش یک رویکرد کلی برای مدیریت تعمیر و نگهداری به شرح ذیل وجود دارد:

تعمیر و نگهداری اصلاحی

تعمیر و نگهداری اصلاحی شامل تعمیر تجهیزات معیوب و خارج از مدار می‌باشد. این روش در کوتاه مدت، باعث صرفه جویی در وقت و هزینه کارکنان شده ، اما در بلندمدت می‌تواند به صورت وارونه جلوه کرده و باعث افزایش هزینه ها و کاهش عمر مفید تجهیزات شود. تعمیر و نگهداری اصلاحی شامل:

- محکم کردن اتصالات شل شده
- تعویض مدول های آسیب دیده
- تعویض فیوزهای سوخته و از کار افتاده

- اصلاح خطاهای اینورتر
- تعمیر تجهیزات آسیب دیده
- تعویض اتصالات سوخته
- اصلاح خطاهایSCADA
- رفع عیب و اصلاح در سازه سامانه

۴- بخش چهارم : ابزارها و تجهیزات مورد استفاده

فردی که مسئول تعمیر و نگهداری سامانه های فتوولتائیک است باید آشنایی لازم را با ابزارها و تجهیزات داشته باشد. برای تعمیر و نگهداری از تجهیزات سامانه‌های فتوولتائیک نصب شده بر بام ساختمان ها (RTPV) معمولا نیاز به ابزار خاصی می‌باشد، و این ابزار ها باید در یک مکان امن نگهداری شوند. بنابراین، ضروری است که همه وسایل مورد نیاز، قطعات یدکی و مواد مصرفی در سایت نگهداری شوند و آماده به کار باشند. دقت و قابلیت عملکرد ابزار اندازه‌گیری باید به طور منظم و دوره ای مورد بازبینی و اندازه گیری قرار گیرند.

بطور نمونه فهرستی از برخی از ابزارها و تجهیزات در جدول زیر اشاره شده است:

ایمنی	جعبه کمک‌های اولیه	تجهیزات ایمنی شخصی
مستندات:	راهنمای O & M	برگه های اطلاعات
سامانه گزارش روزانه		کاغذ و قلم
تجهیزات	مولتی متر دیجیتال	مولتی متر گیره ای
	هیدرومتر (Hydrometer)	ردیاب خورشیدی
	دوربین ترموگرافی	IV- تستر
(Pyranometer) تابش سنج		
ابزارها	کیت نگهداری باتری	لرف مربوط به پرکردن آب باتری
	پیچ گوشتی ها	آچار مهره
	جعبه ابزار	زاویه یاب
	برس تمیز کننده	چراغ قوه
	چکش	سیم لخت کن
	سیم لخت کن	سیم چین
	و	

لازم به یاد آوری است که تجهیزات مناسب برای هر پروژه مطابق با مشخصات مورد نیاز آن، باید انتخاب گردد.

تجهیزات :

IV **تستر**

دوربین ترموگراف

مولتی متر کلمپی

تابش سنج

هیدرومتر

مولتی متر گیره‌ای

توجه:

قبل از شروع فرآیند تعمیر و نگهداری باید از موارد زیر اطمینان حاصل گردد.

- اجرای آزمون های الکتریکی می بایست در یک روز آفتابی انجام شود.
- خاموش کردن اینورتر.
- تمام کلیدها، فیوزها و جدا کننده ها باید در حالت خاموش باشند.

انبردستی

مگا اهم متر

متر نواری

چکش

ست پیچ گوشتی

آچار بکس

سیم بر

قطب نما

کیت‌نگهداری باتری

زاویه یاب

ظرف آب باتری

جاروی تمیزکاری

سیم لخت کن

سیم چین

چراغ‌قوه

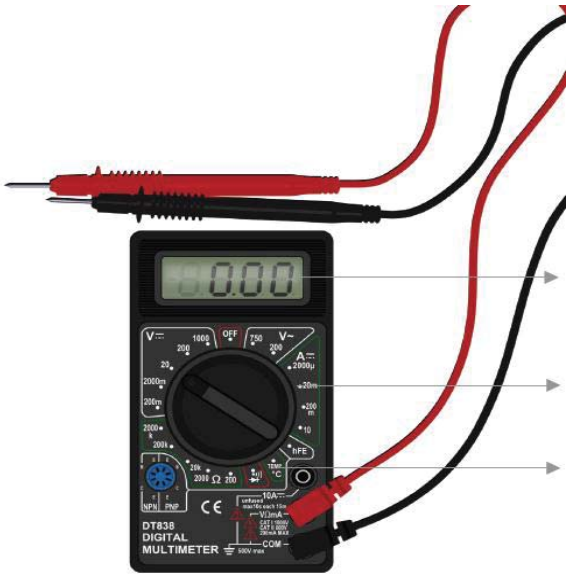
ابزار ایمنی

جعبه کمک های اولیه

لباس ایمنی شخصی

۴-۱- تکنیک ها و روش‌های تست:

- **روش تست با مولتی متر:**



شکل ۲۰- مولتی‌متر دیجیتالی

مولتی متر دیجیتال ابزار اندازه گیری است که می تواند پارامترهای مختلف یک مدار الکتریکی را با آن اندازه گیری نمود. اندازه گیری های استاندارد قابل انجام توسط این ابزار در این بخش شرح داده شده است.

قطعات مولتی متر عبارتند از:

نمایشگر:

نمایشگر مقدار عددی پارامتر اندازه گیری شده را نشان می‌دهد.

کلید تنظیم وضعیت:

مولتی متر قادر به اندازه گیری بسیاری از پارامترها مانند قرائت ولتاژ، جریان و مقاومت می باشد. این کلید به کاربر اجازه می دهد تا هدف مورد نظر را انتخاب کند.

درگاه ها:

در قسمت جلو دو درگاه وجود دارد. یکی از درگاه ها mAVΩ است که قابلیت اندازه گیری تمام سه پارامتر،شامل جریان تا ۲۰۰ میلی آمپر، ولتاژ و مقاومت را داراست.

انواع مختلفی از مولتی مترهای دیجیتال برای اندازه گیری خروجی مدول های فتوولتائیک و همچنین برای آزمایش تجهیزات الکتریکی مانند مبدل ها و مدارهای دیگر استفاده می شوند.

روش تست با مولتی متر گیره ای(کلمپی):

شکل ۲۱- مولتی‌متر گیره‌ای

مولتی متر گیره ای ابزار تست الکتریکی است که ترکیبی از سنسور جریان و مولتی متر دیجیتال می باشد. گیره‌ها جریان را اندازه گیری کرده و همچنین پروب ها میزان ولتاژ را اندازه گیری می نمایند. وجود یک گیره چسباننده لولایی که به کابل و سیم برق متصل می‌شود، به کاربر اجازه می دهد به راحتی در هر نقطه ای از سامانه الکتریکی بدون اینکه آن را از برق جدا کند، جریان را اندازه گیری نماید.

این ابزار همچنین قادر به اندازه گیری ولتاژ AC و DC، جریان AC، پیوستگی مدار و مقاومت می-باشد. در برخی از مدل ها این ابزار، جریان DC، درجه حرارت، ظرفیت، فرکانس و ... را اندازه گیری می‌نماید. به طور معمول دقت مناسب این ابزار، آن را به یک وسیله ای پرکاربرد در کارهای الکتریکی تبدیل نموده است.

- **روش تست با دوربین مادون قرمز:**

شکل ۲۲- دوربین ترموگرافی

تصویربرداری IR به منظور تعیین علل کمبود تولید توان در برخی از تجهیزات نیروگاه خورشیدی فتوولتائیک انجام می‌گردد. پرسنل واحد تعمیر و نگهداری می توانند از روش های تشخیصی گوناگون استفاده کنند. از تصویربرداری حرارتی از اجزای نیروگاه فتوولتاییک مانند مدول های فتوولتائیک، جعبه های اتصال آرایه، مبدل ها و کابل ها برای شناسایی نواقص مختلف سامانه که ممکن است به-لحاظ بصری قابل شناسایی نباشد، استفاده می‌شود.

* قبل از شروع اسکن IR ، از در مدار بودن آرایه فتوولتائیک مطمئن شوید زیرا تفاوت دما در مدول های غیرفعال، آشکار نمی‌شود.

* قبل از انجام آزمایش مطمئن شوید که اینورتر کار می‌کند.

تنظیمات دوربین مادون قرمز

- دوربین مادون‌قرمز را به جای تنظیم دستی بصورت اتوماتیک تنظیم کنید. این کار امکان تنظیم اتوماتیک میزان درجه‌حرارت را فراهم می‌آورد.
- مقدار ضریب emissivity[1](تابش) را به ۰.۹۵ که معمولا مقدار پیش‌فرض دوربین است تنظیم کنید.

- **توجه:**

دوربین IR سطوح براق از قبیل فلزات صیقل یافته را بدلیل ضریب انتشار پایین آن‌ها، ثبت نمی‌کند.

- واحد دما را به درجه سانتیگراد قرار دهید.
- پالت رنگ را بر روی آهن یا رنگین‌کمان تنظیم کنید. پالت رنگ نقاط داغ را با رنگ سفید سطوح خنک تر را از طریق رنگ‌های قرمز - نارنجی - زرد - سبز – آبی، بنفش و مشکی نشان می‌دهد.

[1] ضریب تابش- emissivity ،کمیت راندمان یک سطح برای تابش انرژی در یک طول موج مشخص در دمای مدنظر را توصیف می‌کند.

- رنگ قرمز نشان‌دهنده شرایط گرم و سیاه شرایط سرد می باشد.

بازرسی با دوربین مادون قرمز:

گام ۱ : وقتی مدول های خورشیدی در حال کار در نور روز هستند و تنظیمات دوربین به درستی انجام شده است، لنز را به سمت هدف مورد نظر نشانه‌گیری کنید.

گام ۲ : برای کسب بهترین نتیجه، دوربین را تا جایی که ممکن است بدون ایجاد سایه کردن یا ایجاد بازتاب روی سطح مورد نظر جانمایی کنید. باید برای جلوگیری از ایجاد سایه در هر بخش از مدول، هنگام ثبت تصاویر، مراقبت شود.

گام ۳ : اطمینان حاصل کنید که تصویر به صورت دستی و یا به صورت خودکار متمرکز شده است. در صورت امکان فاصله بین دوربین و سطحی که اندازه‌گیری می‌شود نباید از ۳ متر یا ۱۰ فوت تجاوز کند.

- **توجه:**

اگر فاصله دوربین از مدول خیلی دور باشد، برخی از تفاوت‌های دمایی قابل تشخیص نخواهند بود.

گام ۴ : اگر تصویر عمود بر سطح گرفته شود دیدن نقاط داغ (Hot Spot) آسان‌تر خواهد بود. برای بهترین نتیجه، تا جایی که ممکن است دوربین را عمود بر سطح نشانه‌گیری نمایید.

- **توجه:**

کیفیت تصویر در زاویه به غیر از زاویه عمودی تنزل خواهد نمود.

گام ۵ : اگر دما افزایش یابد، به این معنی است که نقص نقاط داغ (Hot Spot) رخ داده است.

گام۶ : شماره سریال، زمان، تاریخ، شماره تصویر را ثبت نمایید.

گام۷ : موقعیت مدول در آرایه را برای هرمورد بوجود آمده، ثبت نمایید.

فصل دوم: مدول‌های فتوولتائیک

مواردی که می‌آموزیم:

- شناسایی و تشخیص خطا
- تاثیر تجمع گرد و غبار، سایه، عدم انطباق مدول و ظاهر سالم آن بر عملکرد مدول خورشیدی فتوولتائیک
- روش تعمیر و نگهداری، شامل موارد : سطح پایه، سطح پیشرفته

۱- بخش اول: شناسایی و تشخیص خطا

در این بخش روش‌های آزمون، تعمیر ونگهداری و خطاهای رایجی که در مدول فتوولتائیک و تجهیزات مرتبط با آن‌ها که نیازمند فرایند تعمیر و نگهداری می‌باشند، مورد بررسی قرار می‌گیرند. این فصل همچنین شیوه‌های نگهداری صحیح و نادرست فرآیند تعمیر و نگهداری را شرح می‌دهد.
عملکرد سامانه خورشیدی فتوولتائیک به شدت به موارد زیر وابسته است:

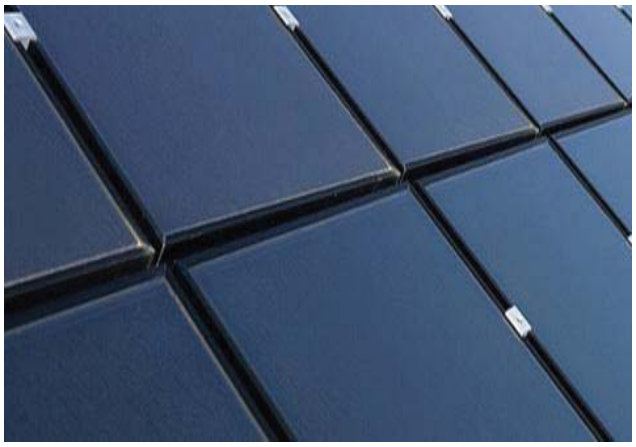
- تجمع گرد و غبار
- سایه روی مدول
- عدم انطباق مدول
- پیوستگی فیزیکی

۱-۱- تجمع گرد و غبار :

تمیز کردن مدول خورشیدی یک عمل ضروری به منظور حصول اطمینان از عدم کاهش عملکرد سامانه فتوولتائیک است. انباشته شدن گرد و خاک بر روی آرایه‌های خورشیدی، به طور قابل‌ملاحظه‌ای بر عملکرد سامانه تاثیر گذار می‌باشد، خروجی انرژی را کاهش داده، درآمد حاصل را کاهش می‌دهد، اما مهم‌تر از آن دوام و طول عمر پانل‌ها است که کاهش می‌یابد. تمیز کردن

مدول‌ها به طور منظم برای جلوگیری از افت انرژی تولیدی ضروری است. مدول‌های خورشیدی تمیزشده، برق را بصورت بهینه تولید می‌کنند. مناطقی که عموما پر ازگرد و خاک و آلوده هستند به بازرسی و تمیز کردن مکرر نیاز دارند.

الف- مشاهده گرد و غبار روی مدول ها:



شکل ۲۳- مدول تمیز شده

شکل ۲۴- مدول خاک گرفته به مقدارکم(عدم تحمیل بار مالی چشمگیر)

شکل ۲۵- مدول خاک گرفته به مقدار زیاد(تحمیل بار مالی چشمگیر)

با گذر زمان، کثیفی جمع شده بر روی سطح مدول خورشیدی فتوولتائیک ، خروجی برق را کاهش می‌دهد، روش‌های تمیز کردن نادرست، آب با کیفیت بد و استفاده از عامل تمیزکاری نامناسب ممکن است به مدول ها و دیگر اجزای آرایه آسیب رسانده و عملکرد سامانه را نیز کاهش دهد.
همچنین آموزش پرسنل تمیز کننده و استفاده از روش‌های تمیز کردن صحیح، اقدامات ایمنی و استفاده از ابزارهای تمیز کاری مناسب ضروری است.

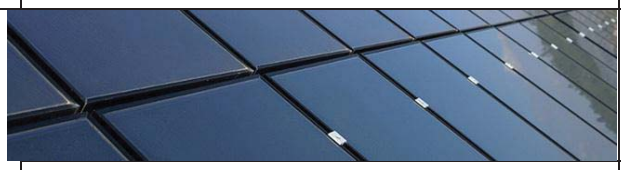
ب- تاثیر گردوخاک بر کارایی مدول

گرد و غبار می‌تواند به طور قابل‌توجه بر خروجی الکتریکی سامانه تاثیر گذار باشد. جدول زیر تاثیر گرد و غبار در آذر ماه به روی یک سامانه ۱۰ کیلوواتی را نشان می‌دهد.

- **توجه:**

این محاسبه با استفاده از مقادیر خروجی انرژی قبل و بعد از تمیز کاری برای نشان دادن تاثیر دقیق آن روی مدول‌های خورشیدی فتوولتائیک انجام می‌شود.

با فرض اینکه تعرفه خرید برق خورشیدی در سامانه های خانگی ۸۰۰ تومان به ازای هر کیلو وات ساعت می‌باشد.

مدول فتوولتاییک	میزان تولید برق مدول در آذر ماه
	۱۱۴۳ کیلو وات ساعت
مدول های تمیزنشده	
	۱۴۴۳ کیلو وات ساعت
مدول های تمیزشده	

جدول ۱- تاثیر خاک بر مدول‌های فتوولتائیک

میزان برق تولیدی در مدول	تمیزشده: ۱۴۴۳kWh	خاک گرفته: ۱۱۴۳kWh
تفاوت تولید در آذرماه	۳۰۰kWh	
سود حاصل شده در ماه	۸۰۰×۳۰۰=تومان۲۴۰, ۰۰۰	
سود حاصل شده در روز	۸۰۰۰ تومان =۳۰÷۲۴۰, ۰۰۰ تومان	
سود سالانه	۲,۹۲۰,۰۰۰ تومان =۳۶۵×۸۰۰۰ تومان	

جدول ۲- تحلیل مالی انباشتگی خاک به‌روی مدول‌های فتوولتاییک

۱-۲- ایجاد سایه بر روی مدول :

سامانه‌های فتوولتائیک، براساس مقدار نورخورشیدی که دریافت می‌کنند، الکتریسیته تولید می‌نمایند، بنابراین زمانی که سایه‌ای از ابرها، درختان، ساختمان‌ها، پوشش‌های گیاهی، سیم یا هر شی که مانع رسیدن نور خورشید بر روی مدول‌های فتوولتائیک است، ایجاد می‌شود، خروجی برق به طور قابل‌توجهی کاهش می‌یابد. به عنوان یک قاعده کلی، یک آرایه از ۹ صبح الی ۵ بعد از ظهر باید عاری از سایه باشد.

- **علل سایه‌ها:**
- موانع نور خورشید روی مدول(لباس یا چیزهایی جهت خشک کردن و...)
- موانع نور خورشید در اطراف مدول (درختان، ستون‌ها و ساختمان‌هاو...)
- سایه مدول‌های مجاور

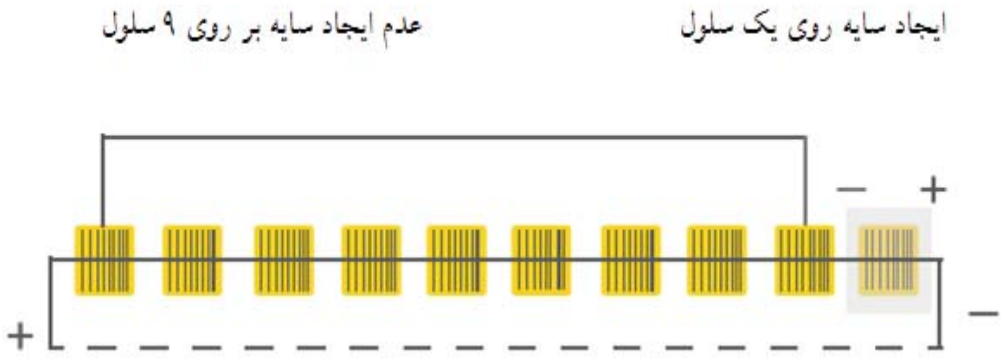
الف- سایه های مشاهده شده برروی مدول

شکل ۲۶- مدول مورد استفاده جهت خشک کردن فلفل

شکل ۲۷ – سایه روی مدول‌های فتوولتائیک با توجه به اشیا اطراف

ب) اثر سایه بر مدول فتوولتائیک

۱۰ سلول که بصورت سری متصل شده اند.



اگر ترمینالهای مدول متصل شده باشد، توان سلول‌های سایه دار نشده در سراسر سلول سایه‌دار از بین می‌رود.

شکل ۲۸– رشته‌ای از سلول‌های خورشیدی متصل شده که به صورت سری که دارای یک سلول سایه دار یا نامناسب می‌باشد.

سایه به طور قابل‌توجهی بر عملکرد آرایه‌های فتوولتائیک تاثیر می‌گذارد. حتی مقدار کمی سایه روی چند مدول می‌تواند عملکرد کل آرایه را به طور قابل‌توجهی کاهش دهد. وقتی یک مدول یا بخشی از آن سایه‌دار شده باشد، برخی از سلول‌ها بطور معکوس عمل می‌کنند و به جای تولید انرژی آن را به عنوان بار مصرف می کنند. چنانچه سامانه به درستی حفاظت نشده باشد، مشکل نقطه داغ (Hot spot) ایجاد می گردد و سامانه می‌تواند بطور جبران ناپذیری آسیب ببیند. ایجاد سایه، منجر به کاهش کارایی سامانه می‌شود.

بسته به نوع شیئ و سایه ایجاد شده از آن، بطور فصلی یا ساعاتی در هر روز توان خروجی دچار نوسان و کاهش می‌گردد. با توجه به سایه دار شدن جزئی (غیرکامل) بر روی مدول‌های فتوولتائیک، پیش‌بینی اتلاف تولید انرژی مشکل است چون اتلاف انرژی به چند پارامتر اعم از، اتصالات داخلی سل‌ها در مدول، جهت نصب مدول و چگونگی اتصال مدول ها در آرایه و نوع ساختار اینورتر بستگی دارد.

- **داغ شدن موضعی** (Hot Spots):

همانطور که می دانیم در سلول های سری جریان سلول ها با هم برابر است. هنگامی که یک سلول از یک مدول دچار سایه می‌گردد، جریان آن سلول کاهش می‌یابد و جریان کل مدار محدود به جریان سلول سایه دار می‌شود. جریان در این سلول بسیار کم بوده و به دلیل عکس شدن جهت ولتاژ در این سلول جریان سایر سلول ها را جذب و مصرف می نماید و این سلول تبدیل به یک بار الکتریکی می‌گردد. جریان تولید شده توسط سایر سلول ها که به این سمت حرکت می کند، در سلول سایه دار تبدیل به حرارت می شود. اگر این جریان، جریان بالایی باشد، پدیده داغ شدن موضعی رخ می‌دهد.

عوامل ایجاد پدیده داغ شدن موضعی(Hot Spot) به شرح ذیل می باشد:

۱- ایجاد سایه به روی سلول خورشیدی که این سایه می تواند ناشی از سایه درختان و اجسام، فضولات پرندگان و یا کثیفی باشد.
۲- تفاوت‌های ناشی از ساخت سلول‌ها در کارخانه سازنده.
۳- افت راندمان سلول بر اثر شوک های ریز.

- **تلفات توان ناشی از سایه‌دار شدن:**

مثال زیر تاثیر سایه‌دار شدن بر تلفات توان را نشان می‌دهد (رجوع به شکل ۲۹). داده‌ها مربوط به یک نیروگاه ۱/۵۶ کیلوواتی می‌باشد. آنچه که واضح است این است که از تلفات توان خروجی به طور مستقیم با ناحیه ای از مدول که سایه‌دار شده ، ارتباطی ندارد. حتی یک سایه کوچک می‌تواند تاثیر قابل‌توجهی بر خروجی مدول داشته باشد.

شکل ۲۹- شکل سایه جزیی بر روی سامانه نصب شده در یک ساختمان مسکونی

مدول فتوولتائیک	درصد سایه بر روی آرایه ها	تلفات توان ناشی از سایه
مدول های سایه دار	٪۱۳	٪۴۴
مدول های بدون سایه	–	–

شکل ۳۰ – تلفات توان براساس سایه ایجاد شده بر روی مدول‌ها

تولید روزانه	۴.۲ واحد (ایجاد سایه)	۷.۵ واحد (بدون سایه)
بهره واحدها= ۷.۵–۴.۲	۳.۳	
صرفه جویی روزانه= ۸۰۰*۳.۳	۲۶۴۰	
صرفه جویی ماهانه= ۳۰*۲۶۴۰	۷۹۲۰۰	
صرفه جویی سالانه= ۱۲*۷۹۲۰۰	۹۵۰۴۰۰	

جدول ۳– تحلیل اقتصادی ناشی از ایجاد سایه بر روی مدول‌ها

توجه:

نرخ تعرفه خرید برق یک مشترک مسکونی با ظرفیت (۱ تا ۲۰ کیلووات) برابر ۸۰۰۰ ریال به ازای هر کیلووات ساعت می‌باشد.

۱-۳- عدم تطابق مدول:

جهت دسترسی به خروجی توان بالا می بایست مطابق طراحی سامانه خورشیدی فتوولتائیک مدول ها را به صورت سری و موازی به هم متصل نمود. در چنین وضعیتی، نیاز است تا کلیه تجهیزات با یکدیگر منطبق باشند. عموما تفاوت‌های مهمی نیز به شرح ذیل وجود دارد:

- عدم تطابق ناشی از جهت، تفاوت‌های موجود در تولید، طول عمر، ساختار ردیف و یا آلودگی ناشی از گرد و غبار
- عدم تطابق تلفات، ناشی از مدول های ساخته شده با فن‌آوری های مختلف در تنوع فرآیند تولید سلول در کارخانجات مختلف
- سلول ها و یا مدول های با توان مختلف مربوط به یک سازنده
- وجود سایه های جزئی بر روی سلول ها یا مدول‌ها در شرایط مختلف محیطی شکستن پوشش شیشه‌ای مدول فتوولتائیک و غیره.

شکل ۳۱- دو مدول یکی با فن‌آوری منوکریستالی و دیگری با فن‌آوری پلی کریستالی که در یک سامانه نصب شده‌اند.

الف) عدم تطابق پنل‌ها:

خطاهای عدم تطابق در مدول های فتوولتائیک زمانی رخ می‌دهد که پارامترهای الکتریکی یک یا گروهی از سلول‌ها به طور قابل‌توجهی با یکدیگر متفاوت باشند. علاوه بر این، خطای عدم تطابق توسط اتصال داخلی سلول های خورشیدی و یا مدول هایی که محیطی متفاوت را تجربه می کنند ایجاد می‌شود.

ب) اثرات عدم تطابق در مدول‌ها:

خطاهای عدم تطابق در مدول های فتوولتائیک زمانی رخ می‌دهد که پارامترهای الکتریکی یک یا گروهی از سلول‌ها به طور قابل‌توجهی با یکدیگر متفاوت باشند. علاوه بر این، اتصال مدول هایی

که بر اثر شرایط محیطی مختلف اعم از دما و تابش طراحی شده اند، می‌تواند موجب عدم تطابق در سامانه شود.

خطاهای عدم تطابق منجر به خسارات جبران ناپذیر در مدول های فتوولتائیک و افزایش تلفات توان در آن ها خواهد شد. با این حال، بدلیل ناچیز بودن جریان های خطا در این حوزه، تشخیص آن با استفاده از ابزارهای حفاظتی مرسوم دشوار است.

چنانچه از دو مدول، یکی ۲۲۰ واتی و مدول دیگر ۲۴۰ واتی با جریان های اتصال کوتاه ۸/۰۷ آمپر و ۸/۴۴ آمپری در یک ردیف استفاده نمائیم، جریان خروجی ما در آن ردیف ۸/۰۷ آمپر خواهد بود (کوچکترین جریان مدول های متصل در آن ردیف). این امر به نوبه خود بر عملکرد و بازدهی کل واحد نصب شده تاثیر خواهد گذاشت. (به مشخصات فنی مدول فتوولتائیک مدل TITAN M6-60 مراجعه شود)

مشخصات الکتریکی					
نوع	TITAN M6-60				
ماکزیمم توان در شرایط استاندارد	P_{mp}(W)	۲۲۰	۲۲۵	۲۴۰	۲۴۵
تغییرات توانی	(W)	صفر تا ۴.۹ Wp یا ±۲.۵%			
ولتاژ بیشینه	V_{mp}(V)	۲۸.۸۰	۲۹.۱۹	۳۰.۲۳	۳۰.۴۰
جریان بیشینه	I_{mp}(A)	۷.۶۴	۷.۷۱	۷.۹۴	۸.۰۶
ولتاژ مدار باز	V_{oc}(V)	۳۶.۴۲	۳۶.۷۸	۳۷.۵۶	۳۷.۶۸
جریان اتصال کوتاه	I_{sc}(A)	۸.۰۷	۸.۱۵	۸.۴۴	۸.۵۶

شکل ۳۲ – مشخصات فنی مدول فتوولتائیک مدول TITAN M6-60

۱-۴- یکپارچگی ظاهری:

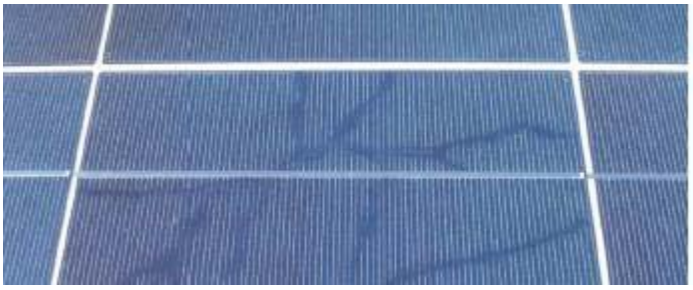
به منظور شناسایی یکپارچگی ظاهری مدول‌های فتوولتائیک، بازرسی چشمی ازآن ها الزامی است. مسئله اصلی این است که با بازدید ظاهری، چشمی می‌توان بدون استفاده از ابزارهای پیچیده مشکلاتی اعم از رطوبت در مدول‌ها، خوردگی در محل اتصالات، لایه لایه شدن سلول‌ها و زمان ایجاد ترک‌های ریز را در آن‌ها شناسایی نمود. اگر یکی از مشکلات فوق رخ داده باشد، مدول فتوولتائیک شما نیاز به جایگزین نمودن و یا تعویض دارد.

الف) آیا یکپارچگی ظاهری مشاهده شده است؟

شکل ۳۳ - ایجاد رطوبت در مدول

شکل ۳۴ – ترک‌های ریز و کوچک

شکل ۳۵ – خوردگی



شکل ۳۶ – لایه‌لایه شدن

ب) اثرات ناشی از یکپارچگی ظاهری:

در طول فرآیند تولید، سلول‌ها ممکن است ترک‌های مویی پیدا کرده باشند که در مرحله آزمون کارخانه ای قابل تشخیص نباشند. پس از نصب در شرایط بهره برداری، این ترک‌های جزئی گسترش یافته و از اهمیت بالایی برخوردار می گردند. گسترش یافتن ترک‌ها به دلیل نفوذ بخار آب در آن ها منجر به لایه لایه شدن یا ایجاد اشکال حبابی در آن‌ها خواهد شد. این امر به نوبه خود بر خروجی توان و طول عمر کلی مدول تاثیر می‌گذارد.

به علت چرخه تنش حرارتی پیوسته روی سلول‌های خورشیدی، تنش مکانیکی، رطوبت، نور ماوراء بنفش، تنش فیزیکی و شیمیایی چسبندگی بین اجزای مدول‌ها (شیشه، ماده چسپنده بین شیشه و مدول ، لایه‌های فعال و لایه‌های پشتی) تحت‌تاثیر قرار می‌گیرد که در نتیجه باعث ایجاد لایه لایه شدن اجزاء می‌شود.

به دلیل عدم استحکام سطحی پائین، لایه لایه شدن در سطوح بین سلول ها و EVA و همچنین بین EVA و شیشه اتفاق می‌افتد. پدیده لایه لایه شدن در نزدیکی جعبه تقسیم مدول منجر به ایجاد مشکل در محل اتصال دیود بای پس می‌گردد که این امر در ولتاژ کامل مدول ایجاد جرقه می‌نماید (خواهد کرد).

- کاهش اثر بازتابش حاصل از پوشش جاذب در مدول

۲- بخش دوم : تعمیر و نگهداری و عیب یابی

۲-۱- سطح مقدماتی

- **روش‌ها و فنون تمیز کردن مدول‌های فتوولتائیک**

روش الف – تمیز کردن با آب :

در این روش از آب برای از بین بردن کثیفی سطح مدول فتوولتائیک خورشیدی استفاده می‌شود. فرآیند تمیز کردن می‌تواند به صورت دستی یا اتوماتیک باشد. تمیز کردن دستی با استفاده از یک پارچه کهنه نرم، فرچه نرم، شوینده (غیر ساینده) و آب تمیز انجام می‌شود.

شکل ۳۷- تمیز کردن با آب (دستی)

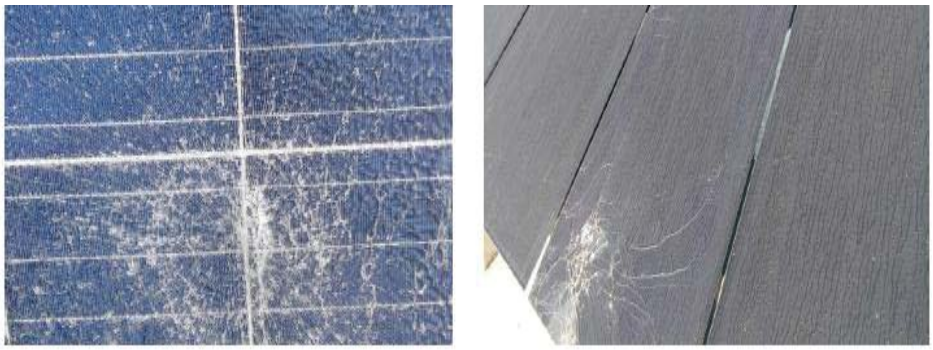
- **توجه:**

قبل از تمیز کردن:

پانل‌های آسیب‌دیده را تمیز نکنید. این کار می‌تواند منجر به یک شوک الکتریکی شود .به طور کلی مدول ها را برای رویت ترک ها، آسیب، و اتصالات شل بازرسی کنید.

زمان تمیز کردن:

در شرایط نور کم هنگامی که تولید حداقل مقدار خود می‌باشد (قبل از ساعت ۷:۳۰ صبح و بعد از ساعت ۶:۰۰ عصر)، بهترین زمان برای تمیز کردن مدول ها از غروب خورشید تا طلوع آفتاب است هنگامی که سامانه فتوولتائیک در حال بهره برداری نیست و خطر شوک الکتریکی حداقل مقدار ممکن را دارد.



شکل ۳۸ – مدول آسیب دیده

شکل ۳۹- هرگز روی مدول‌ها راه نروید

شکل ۴۰- هرگز روی مدول‌های فتوولتائیک ننشینید یا نایستید

- **کیفیت آب:**

مطلوب ترین آب برای تمیز کردن مدول ها آب مقطر است. اگر آب مقطر موجود نباشد، آب باران یا آب شیر می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. از آب تصفیه شده توسط واحد اسمز معکوس آب (RO) میتوان استفاده نمود. آب باید عاری از شن و آلاینده‌های فیزیکی باشد که از آسیب رساندن به سطح مدول جلوگیری نماید. آب شیر نیز باید حاوی مواد معدنی با سختی کل کمتر از ۲۰۰ ppm باشد.

- **مواد شوینده:**
- مواد شوینده ملایم با آب مقطر میتواند مورد استفاده قرار گیرد.
- از مواد شوینده قوی نباید استفاده کرد.
- از مواد شوینده اسیدی یا قلیایی نباید استفاده شود.

- **توجه:**

در هنگام تمیز کردن مطمئن شوید که آب مورد استفاده شما عاری از آلودگی و آلاینده های فیزیکی است. آب مقطر عالی ترین است. (آب دیونیزه قابل ترجیح است). آب با املاح معدنی بیشتر از ۲۰۰ ppm نباید استفاده شود. از مواد شوینده ملایم استفاده شود. پشت مدول ها به دلیل احتمال آسیب رساندن به جعبه تقسیم و سیم های ارتباطی نیاز به تمیزکاری ندارد.

- برای از بین بردن بقایای فضولات پرندگان، لکه ها و غیره از اسفنج نرم، پارچه الیافی و یا برس نرم استفاده کنید.
- از نشستن ایستادن یا پا گذاشتن بر روی مدول‌ها در هنگام تمیزکاری پرهیز نمائید.
- از برس فلزی برای تمیز کردن سطح پنل خورشیدی استفاده نکنید.

- **لکه های پاک نشدنی:**

برای از بین بردن لکه‌هایی مانند ریگ، افتادن پرندگان، حشرات مرده، قیر و غیره، از اسفنج نرم، پارچه الیافی و یا برس نرم استفاده کنید.

- شست و شوی مدول با آب کافی

- **خشک کردن:**

مدول‌ها باید پس از شستشو با استفاده از اسفنج نرم یا برف‌پاک‌کن دستی با قاب پلاستیکی خشک شوند.

- سطح مدول را از بالا به پایین پاک کنید به طوریکه قطرات آبی روی سطح آن باقی نماند.

- **فشار آب:**

استفاده از فشار آب زیاد برای تمیز کردن میتواند موجب بروز خسارت یا آسیب به مدول گردد.
فشار آب نباید در نازل از ۳/۵ بار بیشتر شود.

- **دمای آب:**

در زمان تمیز کردن، دمای آب مورد استفاده برای تمیز کاری باید هم دمای محیط باشد.
از تمیز کردن مدول¬ها در زمان‌هایی که حرارت زیادی را به خود جذب کرده به دلیل وجود شوک‌های حرارتی پرهیز نمائید.
شوک حرارتی که می‌تواند باعث ایجاد ترک در مدول¬ها شود. برای جلوگیری از شوک حرارتی، تمیز کردن باید زمانی انجام شود که، مدول‌ها خنک باشند.

- **توجه:**

بعد از تمیز کاری

بررسی تجمع هر گونه آلاینده در لبه‌های مدول‌ها

از مواد شیمیایی خورنده و یا بخار برای سرعت بخشیدن به تمیز کاری نمی توان استفاده کرد.

شکل ۴۱ – ایجاد لکه به دلیل درست تمیز نکردن و کیفیت آب

روش ب- تمیزکاری خشک یا با فرچه بدون آب :

در صورتیکه گرد و خاک زیادی بر روی سطح مدول‌ها وجود داشته باشد می‌توان از یک فرچه، اسفنج یا پارچه استفاده نمود. در این صورت امکان دارد خراش بر روی مدول ایجاد شود لذا لازم است با دقت و احتیاط کافی این عمل انجام شود. آشغال و گرد و خاک نباید با شدت و ناگهانی پاک شود چون در این صورت ممکن است خراش بر روی سطح مدول‌های فتوولتائیک ایجاد کند. فایده روشن و واضح روش تمیزکاری خشک این است که در مصرف آب صرفه‌جویی می‌کند.

شکل ۴۲- روش تمیزکاری خشک (به صورت دستی)

- **نیاز به آب برای یک سامانه خورشیدی فتوولتائیک:**

باتوجه به مشکل کمبود آب در کشور برآورد آب مورد نیاز برای نگهداری و تعمیر در هر بار شستشو به طور متوسط در کشور بین ۰/۵ الی۱ لیتر به ازای هرمتر مربع برآورد شده است که این مقدار به ازای وسعت و ظرفیت نیروگاه و نیز منطقه سایت مورد نظر متفاوت می‌باشد.

- **جمع آوری آب باران:**

در این روش آب باران از سقف ساختمان جمع‌آوری می‌شود و در یک مخزن ذخیره می‌شود و سپس با استفاده از روش‌های ساده فیلتراسیون که می‌تواند برای تمیزکاری مدول‌های فتوولتائیک استفاده شود، فیلتر می‌شود. به این ترتیب می‌توان آب را ذخیره کرد و هزینه‌های اضافی مربوط به تامین آب را کاهش داد.

- **توجه:**

بارش آب باران بر روی پنل‌ها می‌تواند در یک مخزن ذخیره شود و سپس برای تمیزکاری و شستشو مورد استفاده قرارگیرد. این روش هزینه‌های مربوط به تمیزکاری مدول‌های فتوولتائیک را به حداقل می‌رساند . ضمناً باید از فیلتر استفاده کرد تا آب ذخیره شده تمیز شود چون آب باران شامل قطعات ماسه و بسیاری ذرات آلوده کننده است که می‌تواند بر روی مدول‌ها اثر بگذارد و به آنها آسیب برساند.

شکل ۴۳- تجهیزات مورد استفاده برای تمیزکاری

۲-۲- سطح پیشرفته:

روش‌ها و تکنیک‌ها برای تمیزکاری مدول‌های فتوولتائیک:

روش الف: تمیزکاری با آب

شکل ۴۴- تمیزکاری با آب با استفاده از روش روباتیک

تمیزکاری اتوماتیک با استفاده از سامانه روباتیک و ابزارهای تمیزکاری موتوری انجام می‌شود که برای نیروگاه‌های تولید برق بزرگ بسیار مفید و کارا است. اما چنین سامانه‌هایی هزینه‌های کلی سامانه را افزایش می‌دهد. شکل‌های شماره ۴۴ و ۴۵ روش روباتیک تمیزکاری با آب اتوماتیک و روش خودکار را نشان می‌دهد.

شکل ۴۵- تمیزکاری با آب با استفاده از سامانه خودکار

روش ب: تمیزکاری بدون آب یا با فرچه خشک

شکل ۴۶- روش تمیزکاری خشک با استفاده از سامانه خودکار

تمیزکاری بدون آب یا با فرچه خشک می‌تواند با استفاده از روش روباتیک نیز انجام شود که در شکل ۴۶ نشان داده شده است. این روش میزان قابل توجهی از آب را ذخیره می‌نماید.

۲-۳- روش‌ها و تکنیک‌ها برای تحلیل سایه:

تحلیل سایه معمولا در زمان طراحی سایت‌های فتوولتائیک خورشیدی (پشت بامی) انجام می‌شود. اما به دلیل طراحی نادرست یا به دلیل رشد درختان یا ساخت و ساز در نواحی مجاور، امکان سایه در مجاورت سایت وجود دارد.

اندازه سایه ایجاد شده حاصل از اشیا به عوامل زیر بستگی دارد:

- اندازه شی
- موقعیت شی
- تاریخ و زمان
- **در هنگام مشاهده سایه چه باید کرد؟**

راه حل‌های ممکن:

- در زمان نصب سامانه، جایابی دقیق سامانه فتوولتائیک واضح‌ترین راهکار برای حل کردن مشکل ایجاد سایه است. در نظر گرفتن کلیه زمان‌های روز در کلیه فصول که یک شی مجاور می‌تواند بر روی سامانه ایجاد سایه کند، بسیار مهم است. لازم است قبل از نهایی کردن مکان سامانه فتوولتائیک، احتمال اینکه درخت‌های مجاور به اندازه‌ای رشد کنند که بر روی سامانه ایجاد سایه یا احتمال ساخت ساختمان‌های مجاور در آینده وجود داشته باشد، مورد توجه قرار گیرد.
- بازرسی‌چشمی‌مدول‌های‌فتوولتائیک.این نکته باید در نظرگرفته شود که هیچ سایه ای نباید روی مدول فتوولتائیک وجود داشته باشد. به عنوان یک قاعده کلی از ساعت ۹ صبح تا ۱۵ عصر (در بدترین حالت سایه اندازی، معادل اول دی ماه) سایه هیچ شی خارجی نباید بر روی مدول قرار گیرد.

- اجرای یک تحلیل سایه با استفاده از روش محاسبه دستی. این روش می‌تواند در تخمین تلفات ایجاد شده کمک نماید. (به سطح پیشرفته مراجعه شود)
- می‌توان با استفاده از ابزار تحلیل سایه از صبح تا عصر، داده‌های سالانه را تحلیل کرد. (به سطح پیشرفته مراجعه شود)
- می‌توان با استفاده از دیودهای بای پس، اثرات سایه‌ها را بر روی مدول کاهش داد. با استفاده از این تکنولوژی سلول‌های سایه گذاری شده[1] به سادگی بای پس شده و بدین ترتیب از اثرگذاری بر روی خروجی کل پنل جلوگیری می‌شود. ممکن است توان خروجی پنل کاهش یابد اما به طور مستقیم متناسب با توان خروجی کم بازده ترین سلول نمی‌باشد. (به سطح پیشرفته مراجعه شود)

- **استفاده از میکرو اینورترها**

هر مدول از طریق یک میکرو اینورتر یک نیروگاه مستقل محسوب شده، میکرو اینورتر بطور مستقل توان برق DC را به AC تبدیل نموده که در اینصورت تلفات توان ناشی از سایه اندازی روی مدول-ها کاسته شده یا از بین می رود. علیرغم مزایای میکرو اینورترها، این دستگاه ها مقرون به صرفه نمی‌باشند.

مطالعه موردی:

مورد ۱: فرض کنید درختی کنار سامانه فتوولتائیک شما رشد نموده و سایه آن بر روی مدول‌ها می افتد.

[1] Shaded cells

شکل ۴۷- درختی کنار سامانه فتوولتائیک شما رشد کند و سایه آن بر روی مدول‌ها می‌افتد.

راه حل‌های ممکن:

- بررسی مدول‌های فتوولتائیک به صورت چشمی
- قطع فقط قسمت‌هایی از درخت که ایجاد سایه می نماید.
- به دلیل مسائل محیط زیستی و خنثی سازی انتشار کربن، توصیه نمی‌شود که کل درخت به دلیل نصب یک سامانه فتوولتائیک قطع شود. قطع کردن درخت کلیه مزایای زیست محیطی که با نصب یک سامانه فتوولتائیک حاصل می‌شود را بی اثر می‌کند.

مورد ۲: فرض کنید سایه یک مدول مجاور بر روی مدول‌های کناری افتاده باشد.

شکل ۴۸- سایه یک مدول مجاور بر روی مدول‌های کناری افتاده باشد.

راه حل‌های ممکن:

- **بررسی ظاهری مدول‌های فتوولتائیک به صورت چشمی.**

اگر متوجه شدید که وقتی خورشید در بالای مدول‌ها قرار گرفت سایه ایجاد می‌شود، با نصاب سامانه تماس بگیرید تا این قضیه را به عنوان یک خطای نصب برطرف کند.

- بطور مکرر از نصاب بخواهید از دیود بای‌پس اضافی و دیود مسدود کننده داخل جعبه تقسیم برای محافظت در برابر سایه استفاده کند. (به سطح پیشرفته مراجعه شود)
- استفاده از میکروواینورترها (همچنانکه در قبل بیان شد استفاده از این دستگاه‌ها منجر به هزینه اضافی می‌شود.)

مورد ۳: فرض کنید یک ساختمان در مجاورت سامانه شما ساخته شود.

شکل ۴۹- یک ساختمان در مجاورت سامانه شما ساخته شود.

راه حل‌های ممکن:

- بررسی مدول‌های فتوولتائیک به صورت چشمی.
- اگر متوجه شدید که زمانی که خورشید در بالای سر مدولها است بر روی آنها سایه ایجاد می-شود، تلاش کنید تا مدولها را به منطقه ای دورتر از سایه انتقال دهید. (در صورت امکان)

- درصورتیکه امکان جابه جایی وجود نداشته باشد، با نصاب خود تماس بگیرید و از او بخواهید تا دیود بای‌پس اضافی و دیود مسدود کننده داخل جعبه تقسیم را برای محافظت در برابر سایه افزایش دهید. (به سطح پیشرفته مراجعه شود)
- استفاده از میکرو اینورترها
- با تامین کننده (شرکت تامین کننده ، طراح و نصب کننده)EPC تماس بگیرید تا سازه سامانه ساخته شده را به منطقه دیگری منتقل کند.

مورد ۴: ایجاد سایه به دلیل فعالیت‌های انسانی و سایر اشکال‌تراشی‌ها

شکل ۵۰- ایجاد سایه به دلیل خشک کردن محصولات کشاورزی

راه حل‌های ممکن:

- بررسی مدول‌های فتوولتائیک به صورت چشمی.

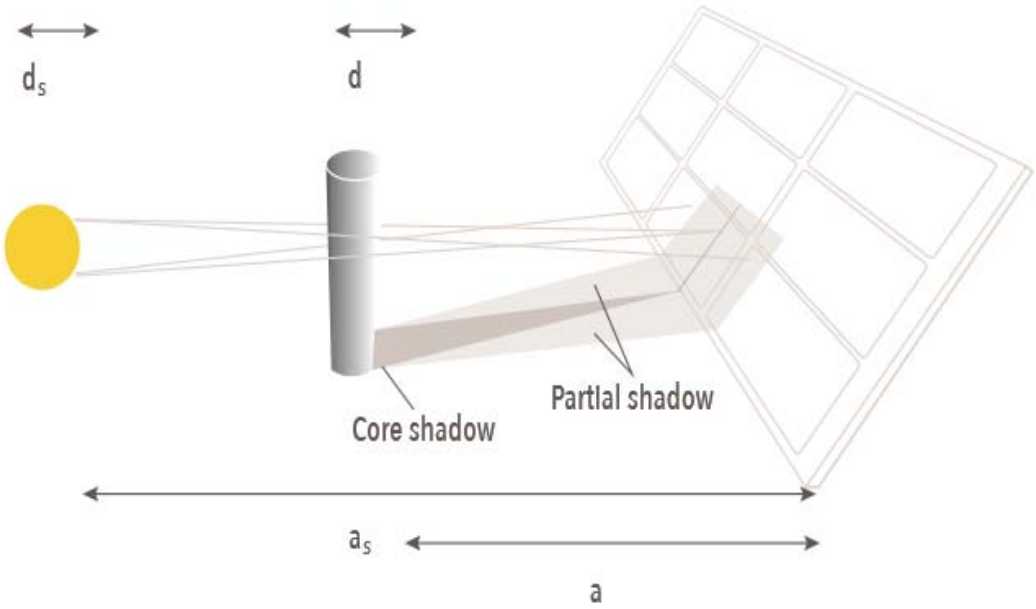
از قرار گرفتن چیزهای اضافی مانند فلفل قرمز یا لباس و ... به منظور خشک شدن بر روی مدول-های فتوولتائیک اطمینان حاصل کنید. این امر در کشور ایران به دلیل مسایل فرهنگی یک مشکل اساسی است چون مردم به سطوح صاف برای خشک کردن مواد غذایی یا لباس علاقه دارند.

شکل ۵۱- سایه به دلیل وجود ستون‌های نزدیک در تراس (بالکن)

شکل ۵۲- سایه به دلیل فعالیت‌های انسانی و سایر موانع

روش‌ها و تکنیک‌ها برای تحلیل سایه:

روش الف: روش محاسبه دستی



شکل ۵۳ – تاثیر سایه مرکزی (اصلی) و سایه جزئی (متمایل) بر روی مدول‌ها

شکل ۵۳ تاثیر سایه مرکزی (اصلی) (سایه‌ای که انعکاس آن به صورت کامل بر روی مدول می‌افتد.) و سایه جزئی (متمایل) (سایه ای که انعکاس آن به صورت جزئی بر روی مدول می‌افتد.) را نمایش می‌دهد. سایه مرکزی (اصلی) نسبت به سایه جزئی تاثیر بیشتری دارد. وجود سایه مرکزی (اصلی) سبب کاهش انرژی تولیدی از سلول ها به میزان ۶۰ الی ۸۰ درصد خواهد شد.

وجود سایه جزئی (متمایل) سبب کاهش انرژی تولیدی از سلول‌ها به میزان ۳۰ الی ۴۰ درصد خواهد شد.

a-opti = فاصله بهینه شی از مدول فتوولتائیک

d = قطر شی

روش خودکار:

a_opti= 108*d

روش ب : با استفاده از ابزار تحلیل سایه

وجود سایه در ماه‌های فصل زمستان که خورشید ملایم تر می‌تابد و سایه‌ها طولانی‌تر هستند یکی از مشکلات اساسی در سامانه‌های فتوولتائیک می‌باشد. برای نواحی واقع در نیمکره شمالی از تاریخ ۱۰ آذر به عنوان بدترین زمان برای محاسبات سایه مورد استفاده قرار می‌گیرد. مسیریاب خورشیدی[1] ابزاری برای تحلیل اثرات سایه از اشیا می‌باشد. برای چندین دهه این ابزار به عنوان وسیله استاندارد در صنعت خورشیدی برای تحلیل جایابی سامانه‌های خورشیدی مورد استفاده قرار می-گرفت. یک بازتاب پانورامیک از محل، به صورت فوری داده‌های دقیق خورشیدی و سایه را در طول سال تخمین می زند.

شکل ۵۴ – تنظیم‌کننده سطح مسیریاب خورشیدی

[1] Solar pathfinder

شکل۵۵ – مسیریاب خورشیدی نشان‌دهنده موقعیت عرض جغرافیایی

- **توجه:**

مسیریاب خورشیدی به طور کلی در زمان نصب نیروگاه خورشیدی فتوولتائیک مورد استفاده قرار می‌گیرد. اما اگر در اطراف سامانه خورشیدی نصب شده بر روی بام شما درختی در حال رشد یا سازه ای در حال ساخت است ممکن است لازم باشد اثر سایه ای این شی را در طول سال بر روی سامانه خود مجدداً شبیه سازی کنید. در این مواقع میتوان از مسیریاب خورشیدی برای تحلیل سایه استفاده کرد.

گام اول:

ابزار هم سطح‌کننده مسیریاب خورشیدی را در موقعیت میانی تنظیم کنید. براین اساس می‌توان از روش خودکار سطوح پایه استفاده نمود.

گام دوم:

نمودار متوسط مسیر آفتاب در هر ماه را با توجه به عرض جغرافیایی محل خود تنظیم نمائید.

گام سوم:

پوشش گنبدی شکل را بر روی مسیریاب خورشید قرار دهید تا بدین طریق تحلیل سایه انجام گردد. از یک قلم برای رسم قسمت سایه‌ای استفاده کنید. که این میزان درصد مساحت غیر سایه قابل استفاده در طول سال را نشان می‌دهد.

- **توجه:**

متوسط مسیر خورشید در هر ماه برای هر موقعیت مکانی قابل محاسبه می باشد. لذا می بایست در انتخاب موقعیت مکانی سامانه مورد نظر دقت و احتیاط لازم را به عمل آورد.

شکل ۵۶ – کمان‌های مسیریاب خورشیدی مشخص کننده زمان و ماه‌های سال

شکل ۵۷ – پوشش گنبدی شکل مسیریاب خورشیدی برای تحلیل سایه

روش ج : استفاده از دیود بای پس

شکل۵۸- محل قرارگیری دیود بای‌پس در یک مدول فتوولتائیک

شکل ۵۹ – دیود بای پس در جعبه تقسیم

دیودهای بای پس برای جلوگیری از آثار نامطلوب سایه ضروری هستند. دیود بای‌پس برای جلوگیری از اثر داغ شدن موضعی (Hot Spots) یا گرمایش نقطه ای در سلول های سری شده، استفاده می‌شوند.

- **عملکرد دیود بای‌پس:**

در حالت عادی (بدون سایه)، دیود بای‌پس در حالت بایاس (یک طرفه) معکوس عمل می‌کند. هر چند، اگر سلول‌های سری متصل شده سایه دار باشد، شرایط بایاس معکوس در آن ظاهر می‌شود. از وقتی که دیود بای‌پس به قطب مخالف متصل می شود. بایاس معکوس به عنوان بایاس مستقیم (Forward Bias) در دیود بای‌پس عمل می‌کند. بنابراین، جریان اضافی که توسط سلولهای غیر سایه دار تولید می شود، از طریق دیود بای‌پس عبور و از تخلیه قدرت در سلول های سایه دار و در نتیجه تولید گرما جلوگیری می‌نماید.

- **نظریه مدار:**

زمانی که سلول ها بدون سایه هستند:

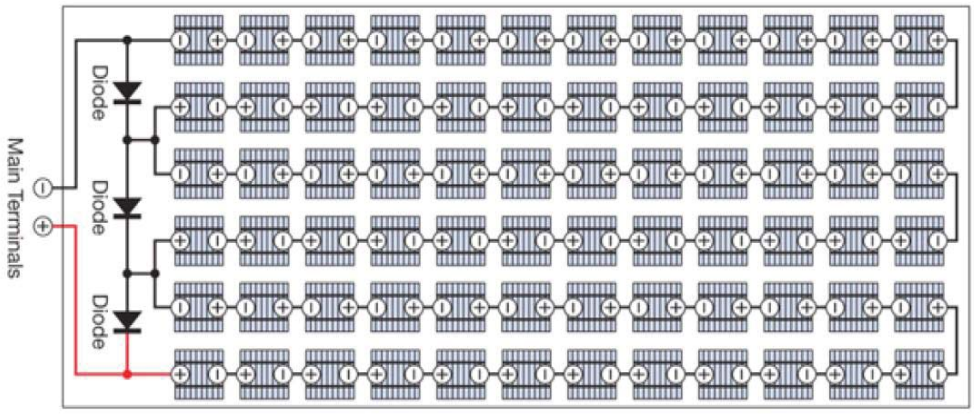
جریان از تمام سلول ها عبور می‌کند. هیچ جریانی از طریق دیودهای بای‌پس عبور نمی‌کند.

زمانی که یک سلول سایه دارد:

جریان از ۲۴ سلولی که به صورت سری متصل شده اند عبور ننموده و نهایتا جریان از طریق دیود بای‌پس که با این ۲۴ سلول موازی قرار گرفته است عبور می‌کند.

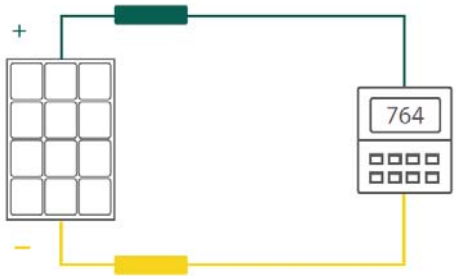
کل واحد سایه دارد:

جریان از هیچکدام از سلول‌ها عبورنکرده و از سه دیود موجود در شکل ۶۰ عبور می‌کند.



شکل ۶۰ – مدار ۷۲ سلولی فتوولتائیک – یک دیود بای‌پس به صورت موازی با هر ۲۴ سلول نصب شده است.

شکل بالا، تئوری مدار که عملکرد دیود بایپس را در برابر سایه نشان می دهد.



شکل ۶۱ – اندازه‌گیری ولتاژ

اندازه‌گیری جریان

جریان با مولتی متری که به صورت سری به مدول متصل است اندازه‌گیری می‌شود.

شکل ۶۲ – اندازه‌گیری جریان

داده‌های تحلیلی برای آزمون ولتاژ مدار باز و جریان اتصال کوتاه(Isc & Voc)

مدول فتوولتائیک	ولتاژ (ولت)	جریان (آمپر)
پنل ۱	۲۰	۱۵
پنل ۲	۲۰	۱۵
پنل ۳	۲۰	۱۵
اتصال سری	۶۰	۱۵
اتصال موازی	۲۰	۴۵

جدول ۴– ولتاژ و جریان قرائت شده مدوله

تاریخ	۲۰۱۷/۳/۲۵
زمان	3:00 pm
ولتاژ مدار باز	22.1 V (STC)
جریان اتصال کوتاه	1.74 A (STC)
دمای مدول	50.6 ˚C
تابش بر مدول فتوولتائیک	801 W/m² (STC 1000 W/m²)

جدول ۵ – داده‌های تحلیلی از یک مدول فتوولتائیک

مدول فتوولتائیک	ولتاژ (ولت)	جریان (آمپر)
تک مدوله	۲۰.۶	۱.۶۵
دو مدوله موازی	۲۰.۶	۳.۳۰
دو مدوله سری	۴۱.۲	۱.۶۵

جدول ۶ – ولتاژ و جریان قرائت شده از مدول‌های فتوولتائیک متصل شده به صورت سری و موازی

جدول ۶ داده‌های تحلیلی یک مدول را برای انجام آزمون یک ردیف مدول سری شده Voc و Isc نشان می‌دهد. می‌توان متوجه شد که با افزایش تعداد مدول‌ها با اتصال سری، جریان ثابت مانده است. هرچند، ولتاژ در مدول‌هایی که به صورت سری متصل شده‌اند افزایش می‌یابد. همانطور که با اتصال موازی تعدادی از مدول‌ها ، ولتاژ ثابت می‌ماند و جریان در آن ها که به طور موازی به هم متصل هستند، افزایش می‌یابد.

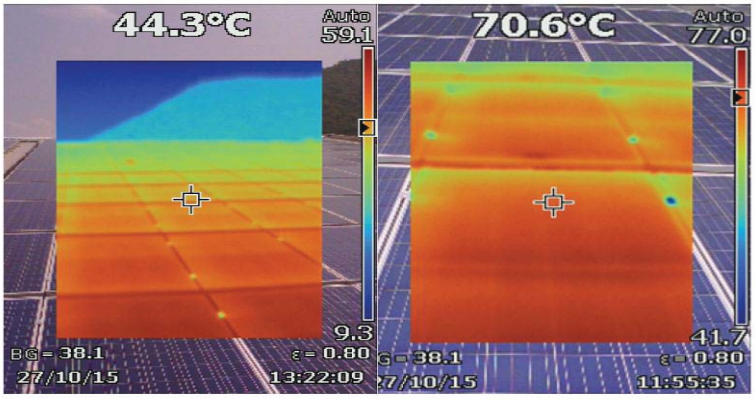
بنابراین، می‌توان خروجی مورد نظر را از طریق اتصالات مختلف از مدول‌های فتوولتائیک و همچنین از ردیف‌های مختلف دریافت نمود. می‌توان مشاهده کرد که با تابش رویت شده به میزان $801\ W/m^2$، مقادیر قرائت شده ولتاژ و جریان رضایت بخش است. به طور مشابه، می توانیم آزمون را در کل ردیف انجام دهیم و ولتاژ و جریان را به ترتیب اندازه گیری کنیم.

ب) با استفاده از دوربین ترموگرافی

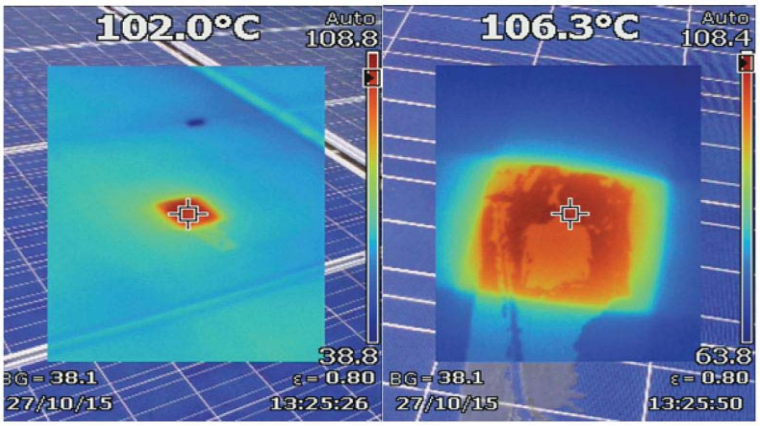
ترموگرافی با کمک یک تصویرگر حرارتی به شناسایی اثر نقطه داغ (hotspot) درون مدول ها و سایر اجزای سامانه فتوولتائیک کمک می‌کند.

شکل ۶۳ – بررسی پنل‌ها با دوربین

- وضعیت فیزیکی آرایه های فتوولتائیک را در مواجهه (از نظر آسیب های فیزیکی) با هر آسیب دیدگی فیزیکی بررسی کنید.
- اگر پدیده داغ شدن مو ضعی(Hot Spot) مشاهده شد، موضوع را با یک دوربین IR بررسی کنید.



شکل ۶۴ – تصاویر ترموگرافی در عملکرد عادی



شکل ۶۵ – تصاویر ترموگرافی با نمایش نقاط داغ

در مجموعه تصاویر نخست ترموگرافی، ما شاهد دمای مدول یکنواخت بین ۴۰ تا ۷۰ درجه هستیم. با این حال، در مجموعه دوم از تصاویر، ما می‌بینیم که یک سلول خاص به طور غیر معمول به دمای بالاتر از ۱۰۰ درجه رسیده است. این بیانگر این موضوع است که یک سلول در مدول آسیب دیده است و بنابر این کل مدول باید تعویض گردد

۲-۴- نکات کلیدی که باید به یاد داشته باشید:

- اطمینان حاصل کنید که تعمیر و نگهداری روزمره مدول‌های فتوولتائیک به درستی انجام می-شود. همچنین تک تک سلول‌ها به صورت دوره ای بررسی شوند.
- اطمینان حاصل کنید که مدول‌ها به طور مرتب تمیز شوند.
- اطمینان حاصل کنید که هیچ سایه ای بر روی مدول فتوولتائیک، به خصوص در ساعات اوج روشنایی وجود ندارد. هر درختی را که ممکن است بیش از حد رشد کرده باشد، هرس کنید. در صورتی که ساختمان‌های جدید در مجاورت ساختمان شما قرار می‌گیرند، تغییر موقعیت آرایه فتوولتائیک را بررسی کنید و یا در صورت امکان، سامانه خود را بر فراز یک استراکچر بلند تر نصب نمایید.
- چنانچه در طول فرآیند تعمیر و نگهداری متوجه عدم تطابق مدول‌ها شدید با نصاب خود تماس بگیرید تا آن‌ها را تعویض نماید. در زمان نصب، اطمینان حاصل کنید که نصاب سامانه شما از دو مدول با مشخصات مختلف و نامتناسب استفاده نکند.
- اگر عدم انطباقی مشاهده شد، از تامین کننده (شرکت پیمانکار) درخواست نمائید تا مدول‌ها را تعویض نماید.
- برنامه نگهداری را که در جدول زیر ذکر شده است دنبال کنید. توجه داشته باشید که برنامه ممکن است با توجه به مکان و شرایط آب و هوایی شما متفاوت باشد.

اقدامات نگهداری	دوره
اطمینان حاصل کنید که سامانه شما در مقابل سرقت، کودکان و حیوانات محافظت می‌شود.	روزانه
اطمینان از تولید برق.	روزانه
بررسی و تمیز نمودن مدول های فتوولتائیک از گرد و غبار و آلایندههای محیطی.	* هر ۱۵ روز
تمامی اتصالات برق را با رعایت ایمنی تمیز و از محکم بودن اتصالات اطمینان حاصل کنید.	هر۶ ماه
بررسی ولتاژ و جریان خروجی هر ردیف آرایه و مقایسه آن با خروجی مورد انتظار تحت شرایط موجود.	هر۶ ماه

جدول ۷ – بازه زمانی انجام اقدامات نگهداری مدول‌های فتوولتائیک

* تمیز نمودن مدول‌ها بستگی به گرد و خاک محیط شما دارد. ما پیشنهاد می کنیم که با اندازه‌گیری داده ها قبل و بعد از تمیز کردن به فرآیند تمیز کردن بهینه برسید.

فصل سوم : اینورترها

- **مواردی که در این فصل خواهیم آموخت**
- بازرسی و شناسایی خطا
- تعمیر و نگهداری و روش های عیب یابی شامل:

سطوح پایه و پیشرفته

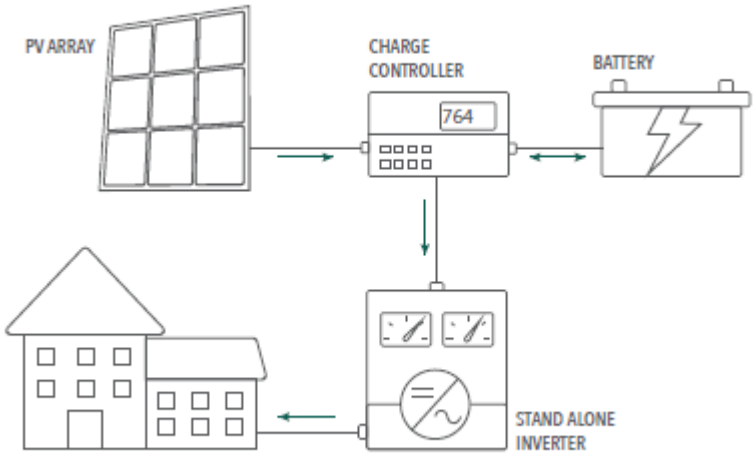
۱- بخش اول: بازرسی و شناسایی خطا :

۱-۱- طبقه بندی اینورترهای خورشیدی:

الف- اینورترهای خورشیدی بر اساس عملکردشان به شرح ذیل طبقه بندی می‌شوند:

- **اینورتر مستقل از شبکه:**

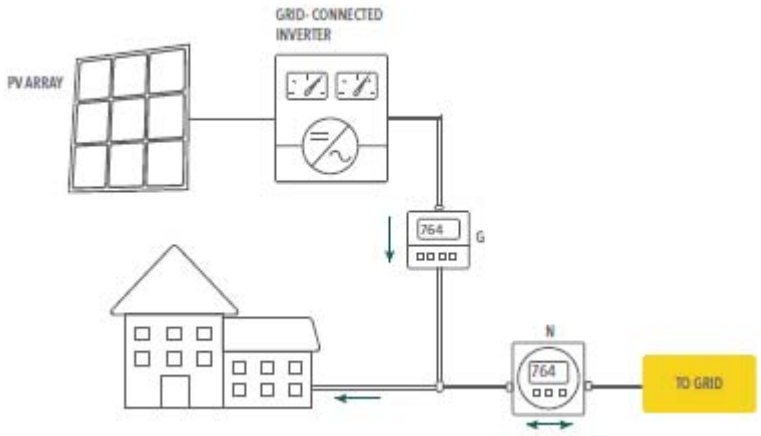
اینورتر مستقل یا اینورتر منفصل از شبکه برای بارهای مستقل و دور از دسترس شبکه برق طراحی شده است که با باتری پشتیبانی می‌گردد. این تجهیز، توان DC را از باتریهایی که به وسیله آرایه فتوولتائیک شارژ می‌شوند، گرفته و آن را به توان AC تبدیل می‌کند. استفاده از سامانه‌های خورشیدی فتوولتائیک خانگی درروستاها و دهکده‌هایی که در آنجا شبکه برق سراسری در دسترس نیست، بهترین روش می‌باشد.



شکل ۶۶ – اینورتر مستقل (منفصل از شبکه)

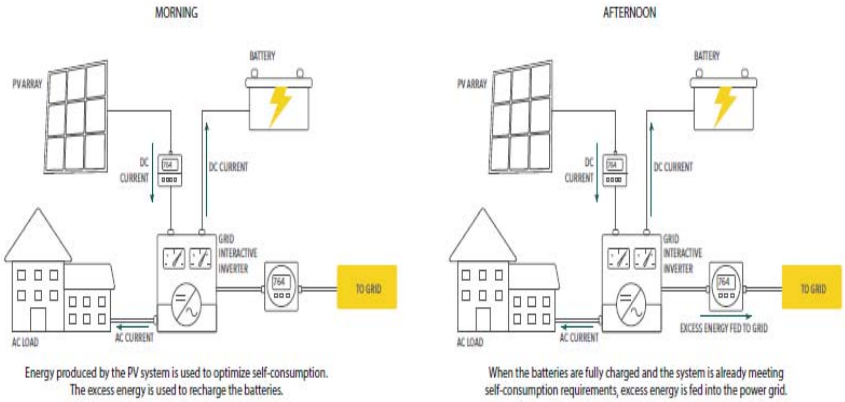
- **اینورتر متصل به شبکه:**

اینورتر متصل به شبکه به طور خاص برای کاربریهای متصل به شبکه طراحی شده است که نیازی به باتری به عنوان پشتیبان ندارند. این تجهیز، توان DC تولید شده توسط آرایه فتوولتائیک را برای عرضه به لوازم الکتریکی به توان AC تبدیل می‌کند و مازاد آن را به شبکه برق سراسری می‌فروشد (در صورت آرایش Net Metering سامانه). این تجهیزدر طیف وسیعی از ظرفیت ها و به تناسب نیازهای شما، از سامانه خورشیدی کوچک خانگی تا سامانه خورشیدی بزرگ تجاری وجود دارد.



شکل ۶۷ – اینورتر متصل به شبکه

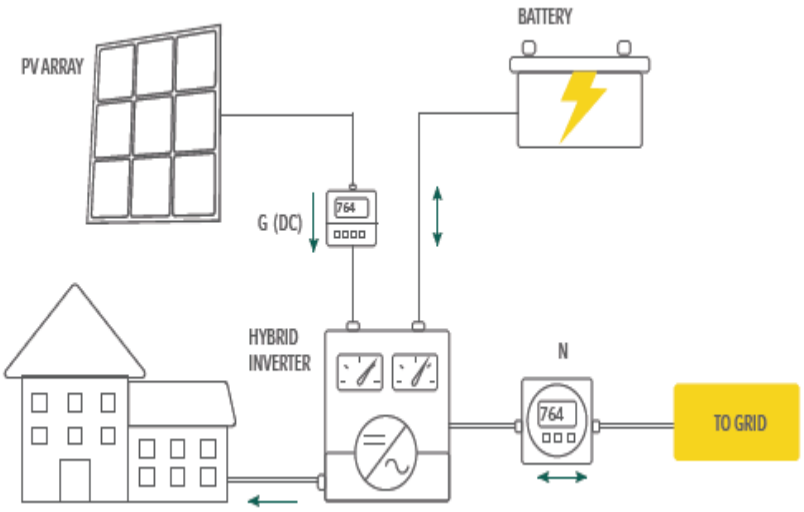
- **اینورتر پشتیبان شبکه:**



شکل ۶۸ – اینورتر پشتیبان شبکه

اینورتر پشتیبان شبکه، برای کاربری مسکونی، تجاری و صنعتی طراحی شده است. این تجهیز توان پشتیبانی قابل اعتمادی در صورت قطع برق شبکه را دارد. در شرایط عادی، اینورتر، باتری را در حالت شارژ کامل و آماده برای استفاده در هنگام قطع برق مهیا می‌سازد. هنگامی که برق شبکه وصل است، اینورتر به عنوان یک اینورتر متصل به شبکه عمل نموده و توان DC تولید شده توسط پانل های فتوولتائیک را برای تامین بار داخلی و تزریق انرژی اضافی آن به شبکه برق، به صورت ACتبدیل می کند. هنگامیکه برق شبکه در دسترس نیست، اینورتر مانند یک منبع تغذیه پشتیبان از باتری و پنلهای فتوولتائیک برق مورد نیاز را تامین می کند. اینورتر پشتیبان شبکه ، توان DC حاصل از منابع خورشیدی و باتری را به توان AC قابل استفاده برای بارهای مصرفی تبدیل می نماید.

- **اینورتر هیبریدی (ترکیبی):**



شکل ۶۹- اینورترهای ترکیبی

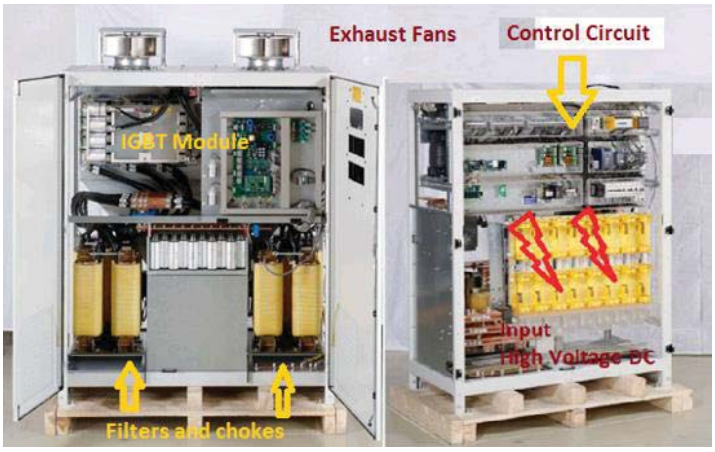
یک اینورتر هیبریدی می‌تواند همزمان به عنوان یک اینورتر مستقل یا یک اینورتر متصل شده به شبکه عمل نماید. اینورتر مذکور به سامانه ذخیره ساز باتری، خطوط شبکه برق، ژنراتور دیزل (در صورت وجود) و بار در داخل ساختمان متصل می‌شود. اینورتر ترکیبی به گونه ای طراحی می شود که می تواند از چند منبع تولید توان اعم از دیزل ژنراتور و سایر منابع انرژی های تجدیدپذیر از جمله توربین های بادی، نیروگاه های آبی کوچک و غیره برای سامانه خود استفاده نماید. آن ها عموما جهت تامین توان بدون وقفه پایدار برای نقاط دورافتاده و دور از دسترس شبکه اعم از برق رسانی روستاها و یا برق رسانی جزایر فاقد دسترسی به شبکه برق مورد استفاده قرار می‌گیرد.

ب: اینورترهای خورشیدی متصل به شبکه براساس میزان ظرفیت به شرح ذیل طبقه بندی می-شوند.

- **اینورتر مرکزی:**

وقتی که از یک اینورتر مرکزی استفاده می شود ، توان DC حاصل از کلیه ردیف مدول ها به تابلو برق اختصاص یافته، در سامانه با آرایش موازی ردیف ها متصل می گردند. سپس توان تجمیع شده تابلوی DC به اینورتر مرکزی جهت تبدیل آن به توان AC منتقل می‌گردد. استفاده از اینورترهای مرکزی برای سامانه هایی که دارای ظرفیت بالاتری هستند، اقتصادی تر می‌باشد. استفاده از اینورترهای مرکزی در این سامانه ها منجر به کاهش اتصالات می‌گردد.

شکل ۷۰ – اینورتر مرکزی

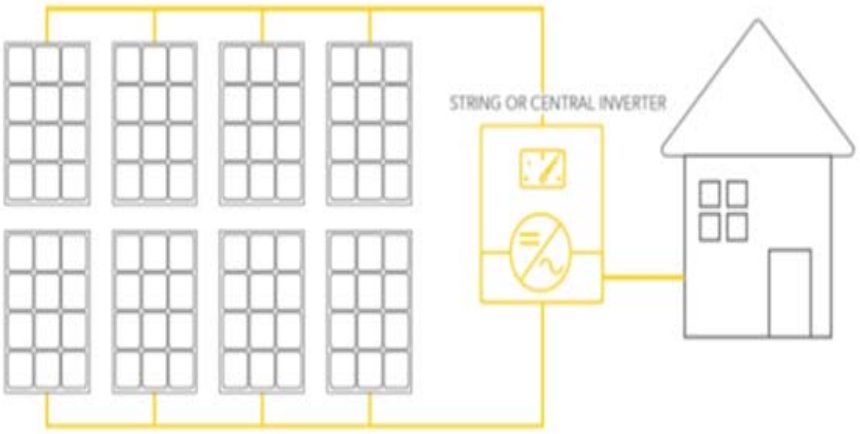


شکل ۷۱– ساختار اینورتر مرکزی

- **اینورتر استرینگ:**

اینورترهای استرینگ عمدتاً دارای کاربردهای تجاری و مسکونی می‌باشند. همانطور که در شکل ۷۱ نشان داده شده است، اینورتر استرینگ یک نسخه کوچک شده از اینورتر مرکزی است که دارای یک یا چند ردیف از مدول های خورشیدی به اینورتر متصل است. ولتاژ ورودی ممکن است برای

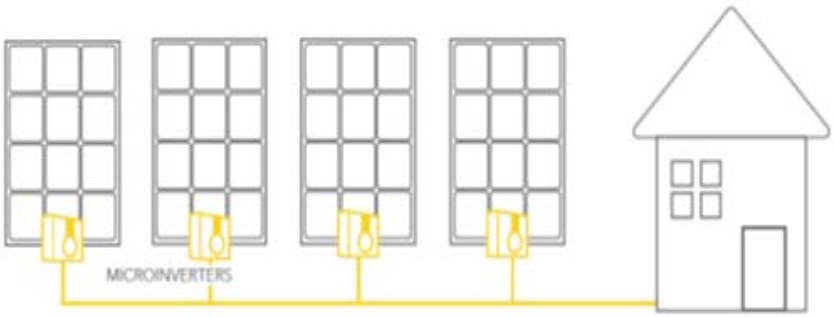
عدم نیاز به تقویت ولتاژ به اندازه کافی بالا باشد. اینورترهای استرینگ درصورت داشتن MPPT های متعدد، می توانند تلفات عدم تطابق بین ردیف ها را کاهش دهند و این اجازه را خواهند داد که هر ردیف در نقطه حداکثر توان آن بکار رفته شود و علاوه بر این دیودهای ردیفی نیز حذف می گردند. که خود باعث کاهش اتلاف انرژی می‌گردد.



شکل ۷۲ – اینورتر استرینگ

- **میکرو اینورتر:**

میکرو اینورتر جریان DC تولید شده هر مدول را مستقلاً به جریان AC قابل استفاده تبدیل می کند. به عبارتی هر مدول دارای یک اینورتر مستقل در سامانه فتوولتائیک می‌باشد.



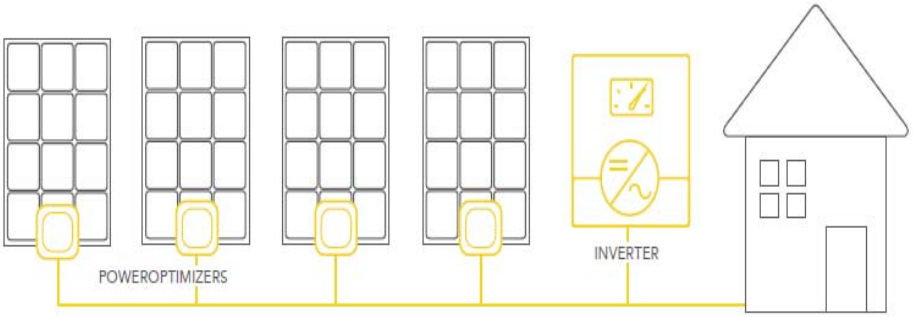
شکل۷۳ – نمایش قرار گیری میکرو اینورترها

خروجی هریک از میکرو اینورترها با هم تجمیع و سپس به شبکه تزریق می‌گردد. میکرو اینورترها نسبت به سایر اینورترهای مرسوم دارای مزایای متعددی می‌باشند. مزیت اصلی این اینورتر اینست که چنانچه سایه یا عیبی در یک مدول یا اینورتر ایجاد گردد، توان حاصل از آن مدول از دست خواهد رفت و سایر تجهیزات و عملکرد سامانه تحت تاثیر قرار نمی‌گیرد. این اینورتر اجازه بررسی عملکرد هر مدول را خواهد داد. ازمعایب اولیه این اینورترها می‌توان به هزینه‌های بالای تامین تجهیزات و همچنین هزینه‌های بالا تعمیر و نگهداری آن اشاره کرد.

- **بهینه ساز توان:**

بهینه سازهای قدرت بطور مستقل و مشابه میکرو اینورترها بر روی هر مدول نصب می گردند. این تجهیز به جای تبدیل برق DC به AC در هر پنل، برق مناسب DC را به سمت اینورتر استرینگ ارسال می نماید. بهینه ساز توان یک مبدل DC به DC است که جایگزین جعبه تقسیم های سنتی خورشیدی می گردند. این تجهیز یا توسط پیمانکاران بر روی هر مدول نصب شده و یا در کارخانه روی آن قرار می گیرد.این تجهیز این قابلیت را در طراحی سامانه ایجاد می‌نماید که بتوان از مدول های مختلف و با زوایای متغیر مدول در یک ردیف استفاده نمود. همچنین به دلیل لحاظ نمودن

MPPT برای هر مدول مستقل ابزارهای خروجی از سامانه فتوولتائیک افزایش خواهد یافت. این روش نتیجتاً باعث افزایش راندمان سامانه نسبت به سامانه‌ای که فقط دارای یک اینورتر استرینگ می‌باشد، خواهد بود.



شکل۷۴- بهینه‌ساز توان

بهینه ساز توان تاثیر سایه مدول بر عملکرد سامانه را کاهش داده و همچنین عملکرد صفحه نمایش را کنترل خواهد کرد. سامانه‌هایی که در آن از بهینه‌ساز توان استفاده شده، عمدتاً در طول عمر مفید یک سامانه مقرون به صرفه تر از سامانه هایی هستند که از میکرو اینورترها استفاده می نمایند.

۱-۲- بازرسی روتین:

اینورترهای موجود در حالت خاموش می‌توانند اثرات مالی قابل توجهی بر روی کل پروژه داشته باشند. نرخ خرابی اینورتر برای معیارهای مالی مانند بازگشت سرمایه گذاری (ROI) اهمیت دارد.
مهم است که اینورتر معیوب در اسرع وقت توسط خود مالک یا تعمیرکار سیستم مجدداً به کار گرفته شود.
اغلب نوع خطاهای ایجاد شده در اینورتر می‌تواند زمان تعمیر و یا بازگشت آن اینورتر یا تجهیز را به چرخه سامانه مشخص نماید.

چنانچه قطعه مهمی از تجهیز معیوب گردد و قطعه یدکی مشابهی برای تعمیر و یا تعویض در دسترس نباشد، زمان زیادی را برای به کارگیری مجدد سامانه از دست خواهیم داد. دراین بخش شناسایی و عیب یابی خطاهای اینورتر را تشریح می نماییم.

- **هشدار:**

• قبل از هر گونه تعمیر و نگهداری، لطفاً کلیدهای مربوط به AC و DC را خاموش کنید تا از خطر شوک الکتریکی جلوگیری شود.

• حداقل ۱۰ دقیقه صبر کنید تا تخلیه کامل خازن های داخلی انجام شود.

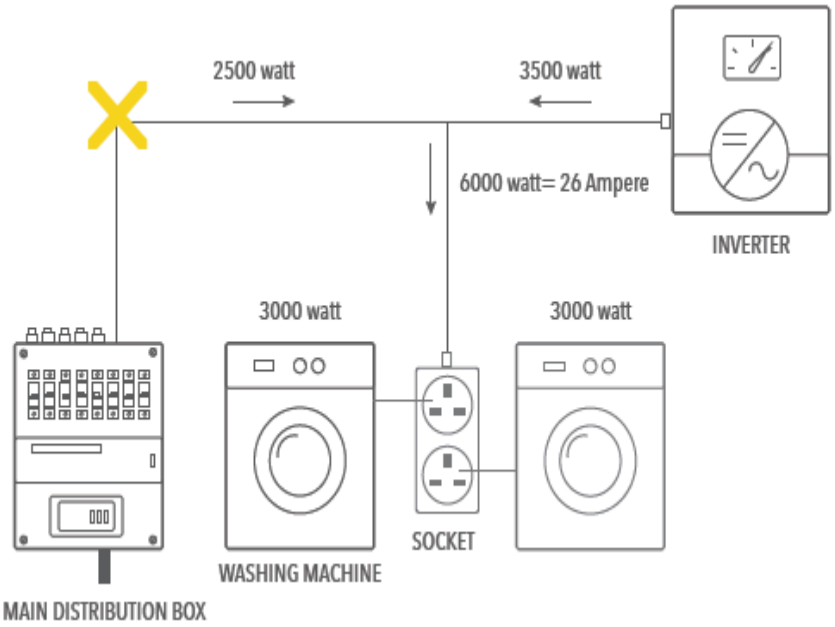
- **قبل ازکار:**

• اینورتر باید قبل از انجام هرگونه تعمیر و نگهداری خاموش شود.

شکل ۷۵- قبل از انجام تعمیرات، اینورتر را خاموش کنید

- **در حین کار:**

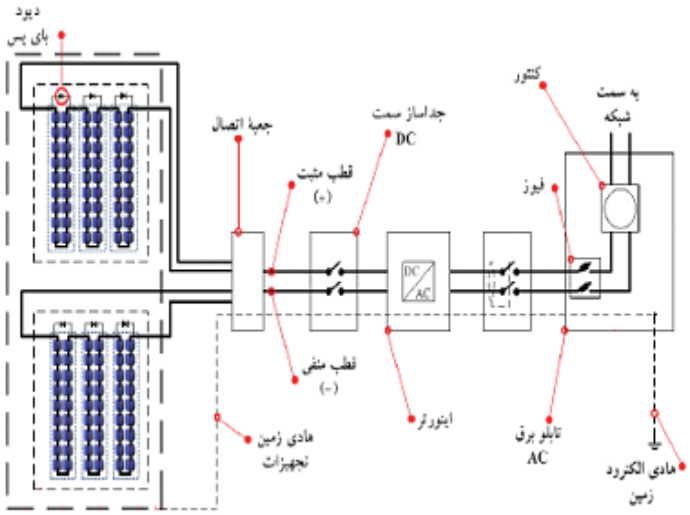
• اتصالات اینور تر را بررسی کنید تا مطمئن شوید که نصاب سامانه شما یک کار خوب انجام داده است.



شکل ۷۶ – اتصال نامناسب از جعبه توزیع اصلی برای بارهای مشترکین خانگی

- **اتصال نامناسب:**

خروجی AC اینورتر شبکه سامانه فتوولتائیک به طور مستقیم به نقطه بار متصل شده است. بسیاری از نصب کنندگان جهت کاهش هزینه‌های کابل خروجی اینورتر را به بار مصرفی وصل می‌نمایند. هرچند این کار می‌تواند علاوه بر مضر بودم سبب آسیب جدی به لوازم خانگی گردد.

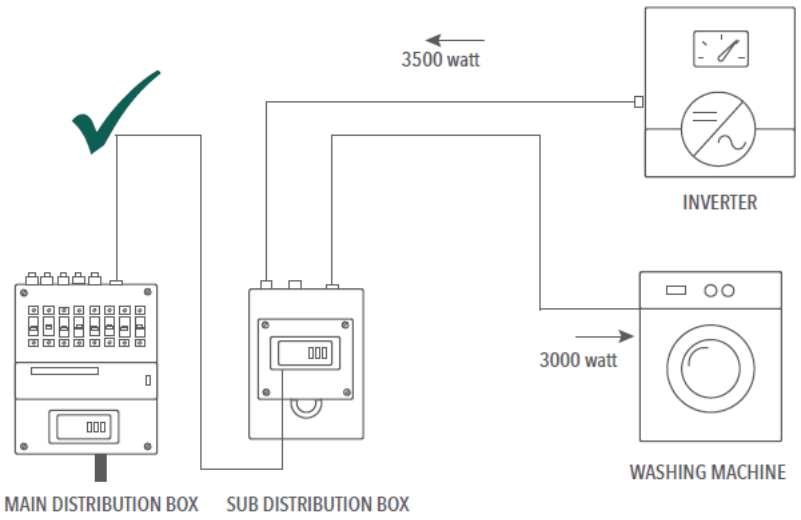


شکل ۷۷- اتصال صحیح از جعبه توزیع اصلی برای بارهای مشترکین خانگی [۱۶]

- **اتصال صحیح:**

خروجی AC اینورتر فتوولتائیک به یک تابلوی توزیع اختصاصی وصل و بارهای مصرفی به صورت جداگانه به ترمینال های خروجی آن متصل می‌گردند.

[۱۶] مرجع: پیوست چهارم از دستورالعمل "حق‌العمل کاری نصب سامانه‌های فتوولتائیک محدود به ظرفیت انشعاب"



شکل ۷۸- اتصال صحیح از جعبه توزیع اصلی به جعبه تقسیم فرعی برای بارهای مشترکین خانگی

- **اتصال صحیح:**

علاوه بر روش فوق می‌توان از جعبه تقسیم فرعی که به خروجی تابلوی توزیع اصلی متصل می-باشد، مطابق شکل ۷۷ استفاده کرد.

- قرائت و یادداشت مقادیر از صفحه نمایش اینورتر

شکل ۷۹- قرائت و یادداشت مقادیر از صفحه نمایش اینورتر

- با عنایت به تشخیص و نمایش خطاها و هشدارها در اینورتر، بازدید و بررسی صفحه نمایش آن در زمان وقوع خطا الزامی است.

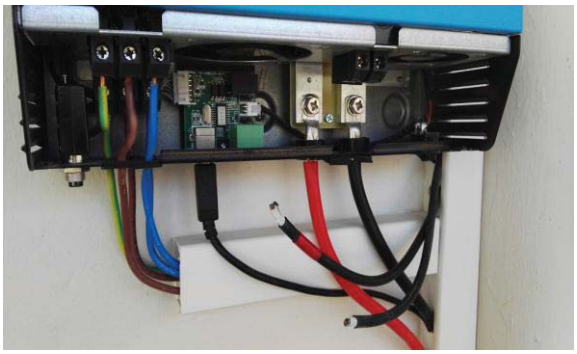
شکل ۸۰- چراغ سبز - نشانگر عملکرد صحیح اینورتر

شکل ۸۱- چراغ قرمز - نشانگر عملکرد نادرست اینورتر است

- آسیب‌های ایجاد شده بر روی بدنه اینورتر را به صورت چشمی مورد بازدید قرار گیرد.

شکل ۸۲- آسیب دیدگی اینورتر ناشی از سوختن (سوختگی خارجی)

- بررسی سیم‌های شل شده و یا جدا شده.



شکل ۸۳- سیم جدا شده از مبدل اینورتر

- ااینورتر را در معرض نور مستقیم خورشید قرار ندهید. برای نصب در فضای باز، از سایه بان برای آن استفاده کنید.

شکل ۸۴- اینورتر نصب شده بدون سایه‌بان

شکل ۸۵- اینورتر نصب شده زیر سایه‌بان

- از محکم بودن کابل‌ها درون ترمینال ها و کاندویت‌ها، عایق کابل‌ها و حرارت بیش از حد و خوردگی اطمینان حاصل شود.

شکل ۸۶- شل بودن کاندویت‌ها و کابل‌های اینورتر

- برای قرارگیری اینورتر در شرایط تهویه مناسب از عملکرد فن تهویه (درصورت وجود) اطمینان حاصل کنید.
- بررسی و کسب اطمینان از عملکرد صحیح فن ورودی و خروجی هوا در اینورتر. گرد و خاک اینورتر را توسط یک دمنده یا مکنده مناسب تخلیه نمائید (این کار می بایست توسط پرسنل آموزش دیده انجام شود).

شکل ۸۷ – اتاق تهویه اینورتر

- بررسی سطوح سر و صدای اینورتر توسط تجهیزات مرتبط

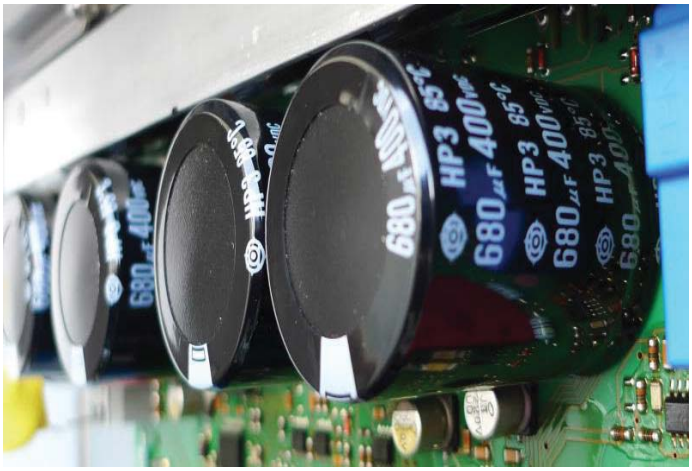
درصورت مشخص شدن صدای نامتعارف از دستگاه اینورتر، موضوع را به تامین کننده تجهیز یا تکنیسین آموزش دیده اطلاع دهید.

- بازرسی، تمیز کردن یا تعویض فیلترها (این کار می بایست توسط پرسنل آموزش دیده انجام شود).

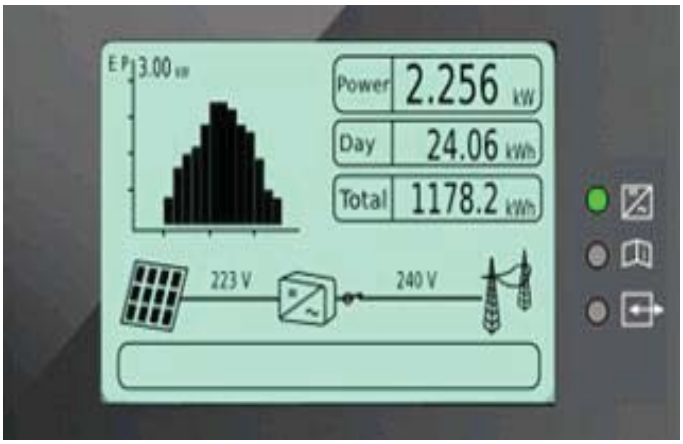
شکل ۸۸- انباشت گرد و غبار در اینورتر

شکل ۸۹- تمیز کردن اینورتر با استفاده از دمنده

- ورودی عایق ترانزیستورهای دو قطبی و تغییر رنگ بردهای الکترونیکی اینورتر را بررسی کنید. آسیب دیدگی ناشی از حرارت بالا خازن‌های AC , DC را بررسی نمائید. (این کار می‌بایست فقط توسط پرسنل آموزش دیده انجام شود) .
- بررسی صفحه نمایش اینورتر و قرائت و ثبت کلیه ولتاژهای ورودی و خروجی



شکل ۹۰- ورودی عایق ترانزیستورهای دوقطبی و تغییر رنگ بردهای الکترونیکی را بررسی کنید(اینکار توسط پرسنل آموزش دیده انجام گردد).



شکل ۹۱- صفحه نمایش اینورتر

واحد نمایش انرژی خروجی تولید شده در صفحه نمایش اینورتر برحسب کیلووات ساعت می‌باشد (kWh) شما می‌توانید این مقدار را یادداشت کرده و آن را با واحد ثبت‌شده در آخرین بازرسی مقایسه کنید. به شرطی که شرایط تابش تا حدی شبیه هم باشد، این به شما کمک می‌کند عملکرد اینورتر را در شرایط یکسان مقایسه کنید. اگر خروجی توان اینورتر با مشکلی مواجه گردد، ابتدا باید میزان ولتاژ و جریان ورودی DC را به اینورتر توسط مولتی متر کلمپی اندازه گیری نمود.

سپس از مولتی متر کلمپی برای اندازه گیری ولتاژ و جریان AC خروجی اینورتر استفاده نمود.

اگر توان خروجی اینورتر دچار مشکلی گردد، به راحتی می توان توسط مولتی متر کلمپی اشکالات رخ داده در این خصوص اعم از سوختن فیوز، قطع شدن بریکر پارگی سیم ها و غیره را شناسایی و رفع نمود.

- بررسی وضعیت فیوزهای دو طرف ورودی و خروجی اینورتر (این کار فقط می بایست توسط پرسنل آموزش دیده انجام شود).

شکل ۹۲- فیوزهای اینورتر را بررسی کنید.

- بررسی شرایط نصب اینورتر

از آنجائیکه ارتفاع نصب اینورتر از زمین در هر اینورتر متفاوت می‌باشد، برای بررسی ارتفاع نصب مناسب از زمین و کلیه وجوه آن، حتما به دستورالعمل نصب و راه اندازی اینورتر رجوع کنید چرا که براساس نحوه و سیستم تهویه هر اینورتر، این مقادیر می‌تواند متفاوت باشد. لذا باید شرایط محل نصب مطابق با دستورالعمل نصب اینورتر باشد.

شکل ۹۳- ارتفاع نصب اینورتر از زمین

- گزارش کامل از مراحل بازرسی.

شکل ۹۴- تهیه گزارش کامل از مراحل بازرسی

آخرین مرحله بازرسی:

اگر در بازرسی چشمی متوجه شرایط خطرناک و غیر ایمن اعم از عیوب مدارات داخلی (اتصال کوتاه)، خطای نرم افزاری و غیره شدید بلافاصله ادامه فرآیند عیب یابی را متوقف کرده و با متخصص این حوزه تماس بگیرید.(شرکت تامین کننده و نصاب)

۲- بخش دوم : تعمیر و نگهداری و عیب‌یابی

۲-۱- سطح پایه:

یاد آوری می‌گردد که در سامانه های مستقل از شبکه، باید ابتدا موارد دستورالعمل تعمیر و نگهداری سامانه‌های مستقل از شبکه منتشر شده از سوی شرکت توانیر، رعایت گردد.

حالت اول:

الف)اینورتر مستقل از شبکه: اینورتر، روشن نشود.

دلیل احتمالی	راه حل
کلید توان معیوب است.	به مرکز خدمات برای تعمیر مراجعه کنید. به متخصصین شرکت نصاب
اینورتر خاموش شده است.	دکمه تنظیم مجدد(reset) برروی اینورتر را فشار دهید مجدداً تنظیم گردد.

ترمینال های باتری شل شده است.	ترمینال‌های باتری را بررسی کنید.
رمینال‌های باتری دچار زنگ‌زدگی و خوردگی شده اند.	ترمینال‌های باتری را تمیز کنید.
باتری ضعیف است.	آن را شارژ کنید و چنانچه قدیمی است، آن را تعویض کنید.
باتری تخلیه شده است.	قبل از استفاده ،برای چند ساعت آن را شارژ کنید.
باتری معیوب است.	باتری را تعویض نمائید.
مینال‌های باتری معکوس (کج) شده ترمینال‌ها رابه درستی وصل کنید.	برای جزئیات بیشتر به دفترچه راهنما کاربر مراجعه کنید.

ب) اینورتر متصل به شبکه : اینورتر، روشن نشود.

کلیدهای ورودی و خروجی را یکبار خاموش و روشن کنیم. اگر مشکل برطرف نشد، به متخصص مربوطه یا شرکت نصاب برای تعمیر مراجعه کنید.

حالت دوم: توان خروجی اینورتر کمتر از توان اینورتر مشابه در آن منطقه می‌باشد.

دلایل احتمالی	راه حل
سیستم، بهینه طراحی نشده است.	عدم تطابق اینورتر و آرایه. **یا**
	تلفات بالا و افت ولتاژ در کابل‌ها. محاسبات را بررسی کنید، در صورت امکان کابل با سایز بزرگتر را انتخاب و نصب کنید. **یا**
نصب نادرست	ردیف ها به درستی سیم‌کشی نشده‌اند، اتصالات به طور صحیح متصل نشده‌اند، شل شدن اتصالات، عدم وجود ولتاژ در ترمینال‌ها متصل به آرایه های فتوولتائیک نیست. اشتباه بودن پلاریته های (مثبت و منفی) DC در مدار. تمام موارد را بررسی کنید. **یا**

چیدمان مدول ها مناسب نبوده و در یک ردیف قرار ندارند. مدول‌ها به طور یکنواخت(تراز یا جهت های متفاوت) هم تراز نشده‌اند.	اصلاح زوایا، جهت ها و همچنین تراز نمودن مدول ها و سازه نگهدارنده آنها تلفات عدم مطابقت بر اساس طراحی و یا نصب غیر صحیح و بهینه.(به بخش ۲ مراجعه کنید.)
سایه آرایه ها	در صورت امکان عامل سایه را حذف کنید.(به فصل ۲ مراجعه کنید.) **یا**
	مدول‌ها دارای عملکرد پایین‌تر از حد مشخص شده توسط سازنده می باشد. مدول ها می بایست با استفاده از دستگاه تست IV تحت آزمون قرار گیرند. اگر عملکرد مدول پایین بود با تولید کننده مدول برای جایگزینی وتعویض آن تماس بگیرید.
چنانچه چراغ یا هشدار دهنده ای روشن نباشد	اینورتر به دلیل مسدود شدن دریچه های هوا یا تهویه بد، دچار گرمای بیش از حد می‌شود. • هر گونه جمع شدن گرد و غبار مورد بررسی قرار گیرد.(به فصل ۲ مراجعه کنید.) • تمیز کردن اینورتر • بررسی صحیح سیم کشی و عایق ها.(به فصل ۴ مراجعه کنید.) • بررسی شرایط تهویه مناسب. یا
	مشکلات احتمالی ناشی از شبکه را بررسی کنید. با سازنده یا نصاب اینورتر تماس بگیرید.

حالت سوم: پایین بودن توان خروجی اینورتر در مقایسه با بازرسی قبلی.

دلایل احتمالی	راه حل
کاهش تولید کل انرژی (کیلووات ساعت) و یا پایین بودن جریان آرایه ها در بهترین شرایط تابش.	مقادیر را ثبت کنید. چنانچه اینورتر قابلیت نمایش کل انرژی تولید شده (کیلووات ساعت) از زمان شروع اولیه خود را دارد، از این مقدار انرژی برای مقایسه تولید سامانه فتوولتائیک از زمان آخرین بازرسی خود استفاده کنید. **یا**
گرد و خاک و یا سایه ایجاد شده بر رو مدول های فتوولتائیک	سایه ها و یا هر گونه آلودگی ی ایجاد شده بر روی آرایه ها را بررسی کنید. تمیز نمودن مدول ها و از میان برداشتن عوامل ایجاد سایه بر روی آنها را حذف کنید.(به فصل ۲ مراجعه کنید.) **یا**
نقص یا خطا در مدول ها، جعبه تقسیم، سیم‌کشی یا به دلیل ایجاد گرمای بیش از حد، طوفان ها یا رعد و برق	بررسی ردیف در آرایه های فتوولتائیک در تابلو برق. اندازه‌گیری ولتاژ مدار باز(VOC) و جریان اتصال کوتاه(ISC) (توسط مولتی‌متر دیجیتال)
	جدا کردن ترمینال هایی که ممکن است شل شده و یا اتصالاتی که ممکن است سوخته باشند. **یا**
	معیوب شدن دیودهای بای‌پس و یا دیودهای مسدودکننده در هر یک از مدول ها ناشی از رعد و برق، ولتاژ بالا یا جریان های شدید. کل ردیف ها را بررسی کنید. اگر خروجی کمتر از حد انتظار باشد، می بایست تک تک مدول ها را بررسی کنید. **یا**
فیوزسوخته، بریکرهای قطع کننده، و س های قطع شده (کلید چاقویی)	از ولت‌متر و مولتی‌متر برای بررسی و ثبت ولتاژ ورودی اینورتر و سطح جریان در سمت DC استفاده کنید. به طور

	مشابه ولتاژ و جریان را در قسمت AC نیز بررسی کنید. **یا**
اضافه بار AC بر روی اینورتر(برای اینورترهای مستقل از شبکه)	اتصال بارهای زیاد به اینورتر می تواند منجر به اضافه بار در آن گردد. در این مورد می توان تعداد بارها را کم و یا از اینورتر با توان بالاتر استفاده نمود.

یادآوری: برای اطلاعات بیشتر در سامانه های مستقل از شبکه بهتر است به دستورالعمل توانیر مراجعه شود.

- **توجه:**

اندازه‌گیری‌ها می‌بایست در شرایط و زمانی‌که نور خورشید ثابت است انجام گیرد، از اندازه گیری در شرایط ابری و یا موارد مشابه پرهیز کنید. اندازه گیری‌های فعلی را با موارد بازرسی قبلی مقایسه نمایید.

حالت چهارم: هیچ ولتاژ ورودی از آرایه فتوولتائیک وجود ندارد. هیچ تزریقی به شبکه انجام نمی‌شود. .

دلایل احتمالی	راه حل
وضیعت ۱: ولتاژ DC در ورودی اینورتر صفر است.	در زمان تاریکی و هنگامی که نور خورشید کافی نیست. برگشت به زمان مناسب هنگامی که نور خورشید به اندازه کافی وجود دارد. **یا**
	قطع کننده اصلی DC در وضعیت باز قرار گیرد. ولتاژ را در ورودی قطع کننده اصلی DC بررسی کنید. قطع‌کننده دارای نقص یا خطا می‌باشد. **یا**
	اتصال فیلتر اضافه ولتاژ (Voltage suppressor) به زمین. کاهنده ولتاژ اضافی آرایه را به زمین اتصال کوتاه می‌کند.

	دستگاه حفاظتی جریان شدید (surge) را بررسی کنید. **یا** مدار باز یا اتصال کوتاه در آرایه. آسیب دیدن کابل‌ها یا مدول‌ها. باز کردن تابلو برق و بررسی اتصالات مرتبط با ردیف ها.(به فصل ۲ مراجعه کنید.) **یا**
وضعیت ۲: وجود ولتاژ DC در ورودی اینورتر و عدم نمایش آن در صفحه نمایش اینورتر	وجود تابش مناسب برای امکان تولید توان و تزریق انرژی را بررسی کنید. (ابری بودن هوا، ابتدای صبح و یا انتهای روز می تواند از نمونه های بروز این مسئله باشند) در زمان تاریکی، هنگامی که نور خورشید کافی نیست. برگشت به زمان مناسب هنگامی که نور خورشید به اندازه کافی وجود دارد. یا
وضعیت ۳: اینورتر ولتاژ ورودی DC را در طول روز نشان می‌دهد، اما چیزی به شبکه تزریق نمی گردد.	شبکه برق قطع است. اینورتر باید دوباره در هنگام وصل برق شبکه مجدداً عمل نماید. **یا** سوختن فیوزها، عمل نمودن بریکرها، یا قطع شدن اینورتر به دلیل خطای زمین واقع شده در سمت خروجی اینورتر شبکه.(به فصل ۴.) **یا** تمام خطاهای موجود در صفحه نمایش را بررسی کنید. اینورتر یک خطا در آرایه را شناسایی کرده و خاموش شده است. سیم های مرتبط با ردیف ها را به صورت جداگانه در تابلو برق بررسی کنید.(به بخش پیشرفته فصل ۳ مراجعه کنید.) احتمالا با باز نمودن ردیفی از آرایه ها که دارای مشکل است، عیب مربوطه شناسایی گردد.

	چنانچه پارامترهای شبکه اعم از ولتاژ و فرکانس دچار نوسان شوند، از آنجا که این نوسانات در طراحی تعریف نشده است، لذا اینورتر از مدار خارج می‌گردد. خطاها یا نوسانات نشان داده شده در صفحه نمایش اینورتر می بایست مورد بررسی قرار گیرد. چنانچه این خطاها و نوسانات بر طرف شوند؛ اینورتر به صورت خودکار به شبکه متصل می‌گردد. **یا**
	اینورتر خطای شبکه را دریافت نموده یا خارج از پارامترها، طراحی شده قرار گرفته که منجر به خاموشی اینورتر می-گردد، در صورتی که مجدداً این مشکل تکرار شود، با شرکت نصاب تماس بگیرید.

یادآوری: هر اینورتری دستورالعمل تعمیر و نگهداری خاص خود را دارد که در آن کد خطاها را به وضوح بیان کرده است. در صورتیکه روی نمایشگر اینورتر کد خطا نوشته شده باشد، حتما به دستورالعمل مربوطه مراجعه و دلیل خطا و نحوه بررسی و حل مشکل را مطابق با دستورالعمل آن مطالعه و به آن عمل کنید.

۲-۲- سطح پیشرفته :

زنگ هشدار یا زنگ خطر

شرح خطا (نقص)	دلایل احتمالی	راه حل
زنگ هشدار یکسره بوق می‌زند.	خطای اضافه بار	بار اضافی را جدا کنید.
کد QR را اسکن کنید.	عدم عملکرد فن خنک کننده	تماس بگیرید یا اینورتر را به مرکز خدمات ببرید.
اینورتر ایجاد سرو صدا می نماید.	صدای باد	این عادی است. نیاز به هیچ اقدامی نیست.
کد QR را اسکن کنید.	سر و صدای بیش از حد فن	فن را تمیز کنید. با جاروبرقی اینورتر را تمیز کنید. خطای فن را بررسی کنید. اگر مشکل ادامه داشت، آن را تعویض کنید یا موضوع را از طریق متخصص پیگیری نمایید.

- **توان خروجی**
- **هشدارها و عیوب نمایش داده شده بر روی صفحه نمایش اینورتر:**

اگر هشداری داده شود که نیاز به خاموش کردن اینورتر نباشد، در این حالت باید به هشدار مربوطه توجه نمود. صفحه زیر نمونه‌ای از یک پیام هشدار دهنده است. این پیام‌ها در هر اینورتر متفاوت می‌باشد. دفترچه راهنمای سامانه را در خصوص این خطا، به دقت مطالعه فرمایید.

	هشدار فن

- **اخطار سامانه**

برای اخطارهای اینورتر مطابق با دستورالعمل تعمیر و نگهداری اینورتر مراجعه شود.

- **خطاهای نشان داده شده مربوط به عیب یابی در صفحه نمایش اینورتر:**

اگر یک وضعیت خطا رخ داده باشد، اینورتر تولید برق را متوقف خواهد نمود تا زمانی که خطا از بین برود. یک خطا ممکن است ثابت یا گذرا باشد.

- **خطاهای گذرا:**

در این حالت خطا به طور خودکار از بین رفته و اینورتر پس از طی نمودن مراحل توالی راه‌اندازی، مجدداً دوباره راه‌اندازی می‌شود.

- **خطاهای ثابت (ماندگار):**

نیاز به مداخله دستی برای راه‌اندازی مجدد اینورتر دارد. اگر خطایی در اینورتر ایجاد گردد خطاهای مورد نظر در صفحه نمایش اینورتر نشان داده خواهد شد.

صفحه نمایش قابلیت اعلام خطا به سه روش ذیل را دارد:

- نمایش دسته بندی خطاها با استفاده از کدهای هگزا دسیمال به شرح ذیل می باشد.
- نمایش، توضیح خطاها به روش کد بندی.

خطا: افت ولتاژ سریع AC یک خطای GFDI است.

- اطلاعات تماس پشتیبانی ارائه کننده خدمات فنی را نمایش می‌دهد.

کدهای خطا	SYS 0020 GRD 0000

نام شرکت

تلفن: ۱۲۳۴۷۵۹۷۸

Email: inverter@support.com

وضعیت نشانگرهای LED روی پانل و همچنین کدهای مربوط به خطای اینورتر را از روی دفترچه راهنما مطالعه نمایید:

- افت ولتاژ در شبکه
- اضافه ولتاژ در شبکه
- خطای توالی فاز
- اضافه بار
- اتصال کوتاه
- افت ولتاژ باتری
- اضافه ولتاژ باتری
- خطای زمین
- **مسئله: آیا اینورتر خطای زمین را نشان می‌دهد؟**

راه حل: عیب یابی خطای زمین معمولاپیچیده است. برای تشخیص خطای زمین مراحل زیر را می توان انجام داد:

دلایل احتمالی	راه حل	ملاحظات
سوختن فیوز	• اینورتر را خاموش کنید. • اتصالات AC , DC را قطع کنید. جعبه کنترل الکترونیک و فیوزهای GFDI	**اخطار:** قبل از تعویض فیوز از

	را باز کنید. اگر فیوز عمل کرده بود خطای زمین مربوط به اینورتر نمی باشد. یا:	خطر ایجاد شوک حاصل از ولتاژ بین ترمینال فیوز و سیستم زمین اطمینان حاصل نمائید.
	• فیوز GDFI را تعویض کنید.	
اختلاف ولتاژ	• با اهم‌متر سلامت فیوز فوق را بررسی کنید. اگر اهم متر خرابی فیوز را نشان داد بنابراین احتمال خطای زمین وجود دارد.	
	• اختلاف ولتاژ DC بین زمین وترمینال زمین وسیم کشی‌ها بازبینی شود. برای نتیجه بهتر، می بایست کلید قطع DC را در هر دوحالت on/off کنترل کرد. **توجه:** پایه اتصال زمین آرایه‌های خورشیدی در سمت تابلوی قطع DC نباید قطع باشد.	
	• اطمینان حاصل کنید که کلید قطع DC خاموش است، سپس فیوز GFDI را نصب و راه اندازی کنید	
	• اینورتر را مجددا روشن نمائید.	
اگر اینورتر قطع گردد.	• با خاموش کردن آن، قبل از روشن کردن مجدد اینورتر، خطای زمین را چک کنید.	
	• ولتاژ و فرکانس شبکه توسط اینورتر مورد بررسی قرار می‌گیرد.	
	• ولتاژ و فرکانس تولید شده سامانه فتوولتائیک توسط اینورتر باید با همان	

	میزان قرائت شده از شبکه برابر باشد.- نوسانات جریان AC خروجی اینورتر با سطح ورودی آرایه خورشیدی چک شود.	
	• افزایش یا کاهش ولتاژ شبکه (نوسانات ولتاژ)، منجر به خاموش شدن اینورتر توسط کلیدهای قطع داخلی می-شود.	
	• جریان AC خروجی اینورتر متناسب با سطح جریان ورودی DC به آن نوسان می‌کند.	
خاموشی های اینورتر	• اگر این مشکل بوجود آید،برای رفع مشکل با تکنیسین نیروگاه تماس بگیرید.	
	• مشکلات اینورتر می تواند ناشی از هر مشکلی در سمت آرایه ها و یا قطع کننده های داخل نیروگاه باشد.	

مسئله: آیا اینورتر خطای بار را نشان میدهد؟

راه حل: برای تشخیص خطای بار مراحل زیر را انجام دهید:

دلایل احتمالی	راه حل
خاموشی اینورتر	ابتدا کلیه کلیدهای مربوط به بار را بازبینی کنید. آیا کلیدها قطع یا در موقعیت اشتباهی قرارداده شده است؟

	از وصل موردی بار به پریز اطمینان حاصل نمایید. در غیر اینصورت ⇩
سوختن فیوزها یا قطع شدن بریکرها	فیوزها و بریکرها را بررسی کنید.
	اگر فیوز ها و یا بریکرها قطع کرده اند، قطعه خراب را تعویض کنید. درغیر اینصورت ⇩
بار موتوری (القایی)	یک بریکر حرارتی داخلی (داخل موتور) ممکن است عمل کرده و یا قطع شده باشد.
	دراین صورت، با بار دیگری سامانه را بررسی و کنترل کنید

مسئله: آیا اینورتر خطای ولتاژ پایین یا اضافه ولتاژ سمت AC را نشان می دهد؟

راه حل: برای تشخیص خطای افت ولتاژ مراحل زیر را انجام دهید:

دلایل احتمالی	راه حل
خطای افت ولتاژ (AC)	متصل بودن تمامی بریکرهای موجود در مدارهای اصلی circuit breakers کنترل شوند. ولتاژ مدار با ولتمتر کنترل شود. اگر در بازه مجاز نبود با تکنسین نصاب تماس گرفته شود. در غیر اینصورت ⇩
خطای اضافه ولتاژ	مجدداً راه اندازی شود. به صورت دستی کلید روشن و خاموش منبع تغذیه کنترل شود.

مسئله: آیا اینورتر خطای نرم افزاری را نمایش می دهد؟

راه حل: با تکنسین نصاب و یا سرویس کار اینورتر تماس حاصل شود؛ بعد از انجام تمامی مراحل و عدم رفع نقص و در صورت لزوم اینورتر تعویض گردد.

ج) تجهیزات مورد نیاز برای عیب یابی وتعمیر اینورتر

ردیف	ابزارها/ تجهیزات / وسایل
۱	جعبه پیچ گوشتی با بدنه عایق
۲	اهم متر
۳	فیوزهای جایگزین
۴	مگر Megohmmeter
۵	تجهیزات ایمنی شخصی (PPE)
۶	جعبه آچار با دسته های عایقی
۷	تستر ولتاژ شبکه
۸	مولتی متر (تست ولتاژ – تست پیوستگی) با ظرفیت تا ۱۰۰۰ ولت DC
۹	آمپر متر کلمپی
۱۰	سیم چین
۱۱	انبردست
۱۲	چکش
۱۳	سیم لخت کن
۱۴	چراغ قوه کوچک و متناسب با کار
۱۵	هیدرو متر (برای باتری)
۱۶	دستمال گردگیری
۱۷	دستکش های عایق برقی- دستکش کار

۲-۳- نکات کلیدی برای یادآوری:

۱. اینورتر را در محلی قرار دهید که دارای تهویه مناسب (در معرض و جابه جایی هوای بیرون) باشد.

۲. اطمینان حاصل کنید که اینورتر در معرض تابش مستقیم نور خورشید، قرار نمی‌گیرد.

۳. در صورت لزوم فیلترها را بازرسی ، تمیز یا جایگزین کنید.

۴- شل بودن سیم ها در محل اتصال و قطع بودن آنها را را بازرسی کنید.

۵- بررسی کنید که آیا فن ورودی و خروجی اینورتر به درستی کار می کند یا خیر.

۶. ورودی های عایق ترانزیستورهای دوقطبی و همچنین تغییر رنگ بردهای اینورتر را بازرسی نمایید.

۷. خازن های ورودی DC و خروجی AC را از نظر علائم آسیب دیدگی حرارتی بررسی کنید.

۸- سامانه زمین را بررسی کنید. (بررسی مقاومت سامانه زمین)

۹- یک گزارش بازرسی کتبی کامل تهیه کنید.

۱۰- کلید فیوزها اعم از فیوزهای AC و فیوز خطای زمین می‌بایست دارای قطعه یدکی مشابه باشند.

- **توجه:**

• استفاده از نیروی انسانی متخصص و واجد شرایط و همچنین مجهز بودن به قطعات یدکی مورد نیاز، برای حفظ سامانه و به حداکثر رساندن میزان تولید سامانه کمک کرده و تولید سامانه را افزایش می‌دهد.

• برای جلوگیری از کاهش تولید لازم است که عملیات تعمیر و نگهداری مذکور قبل از ساعت ۹:۰۰ صبح و یا پس از ساعت ۷:۰۰ شب که سامانه خورشیدی حداقل تولید را دارد، انجام شود.

فصل چهار: تعادل سامانه‌ها (BALANCE OF SYSTEMS)

- **آنچه در این فصل می‌آموزیم:**

• بازرسی و شناسایی خطاها

• روشهای تعمیر و نگهداری و عیب یابی که شامل: سطح پایه و سطح پیشرفته

۱- **بخش اول:** بازرسی و شناسایی خطاها

۱-۱- کابل‌ها:

کابل‌ها نقش بسیار مهمی در طراحی سامانه، ارتباطات و دیگر تنظیمات آرایه یک نیروگاه خورشیدی دارند. کابل‌ها باید به گونه‌ای طراحی شوند که حداقل تا ۲۵ سال دوام بیاورند. کابل ها معمولاً بصورت دفنی و یا از طریق داکت ها توزیع می‌گردند. عمدتا خطای ویژه‌ای در کابل‌های زیرزمینی وجود ندارد. هرچند عدم قابلیت دسترسی و رویت ناپذیر بودن این کابل‌ها منجر به دشواری در تعمیر و تشخیص خطای موجود در آن‌ها می‌گردد. با این وجود، به احتمال زیاد خطای زیر در کابل‌ها رخ می‌دهد:

• خطای مدار باز

• خطای اتصال کوتاه

- خطای زمین
- **خطای مدار باز:**

خطای مدار باز هنگامی اتفاق می‌افتد که هادی درون کابل قطع شده باشد. با استفاده از دستگاه مگر(megger) می توان خطای مدار باز را بررسی کرد. برای این مورد، در هادی های کابل ۳ رشته ای بلند، انتهای کابل‌ها از مدار باز و زمین می گردند. سپس مقاومت بین هر هادی و زمین اندازه گیری می شود. اگر هادی سالم بود، دستگاه مگر مقاومت صفر در مدار را نشان می دهد. اما اگر هادی صدمه دیده بود، دستگاه مگر به دلیل خرابی در مدار، مقاومت بی نهایت را نشان می‌دهد.

- **خطای اتصال کوتاه:**

خطای اتصال کوتاه زمانی رخ می‌دهد که دو یا چند هادی یک کابل چند رشته ای به دلیل خرابی عایق‌ها به یکدیگر متصل گردند. برای این حالت، دو ترمینال دستگاه مگر به هر دو هادی منتخب در کابل وصل می شود. اگر خطای اتصال کوتاه بین هادی‌ها وجود داشته باشد ، دستگاه مگر مقاومت صفر را نشان می‌دهد. به همین ترتیب برای سایر کابل ها این روش تکرار می‌شود تا کابل معیوب شناسایی گردد.

- **خطای زمین:**

خطای زمین هنگامی رخ می‌دهد که هادی کابل با زمین در تماس باشد. برای شناسایی این خطا، یک ترمینال دستگاه مگر به هادی و دیگری به ترمینال متصل به زمین سامانه وصل می شود. اگر هادی زمین شده باشد ، دستگاه مگر مقاومت صفر را نشان می دهد. روشی مشابه برای سایر رساناهای کابل تکرار می‌شود.

۱-۲- ابزارهای حفاظتی:

• الزامات حفاظتی در برابر اضافه جریان (OCPD'S) در سامانه های فتوولتائیک می تواند پیچیده باشد. دانستن اینکه سامانه دارای تجهیز حفاظت از اضافه جریان می‌باشد یا خیر، از نظر ایمنی و عملکردی حیاتی است.

درمواردی اعم از تعمیر و نگهداری که قطع سامانه ضروری می باشد، می بایست کلیه کلیدهای مرتبط با کابل های حامل جریان، قطع و در حالت مدار باز قرار گیرند.

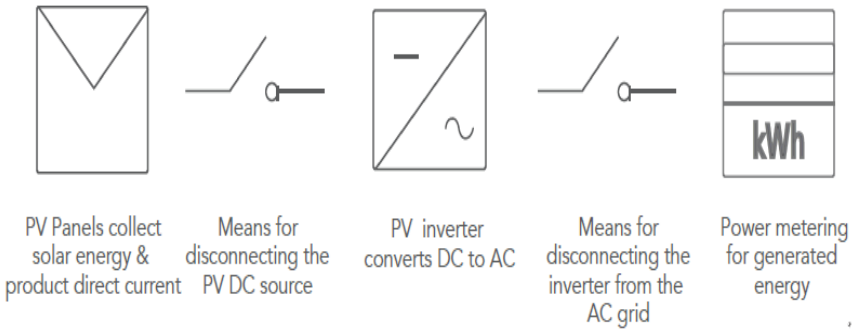
• کلید اجزای سامانه فتوولتائیک جهت حفظ ایمنی در زمان تعمیر و نگهداری می‌بایست از لحاظ الکتریکی در منبع تغذیه منفصل گردند.

منفصل نمودن یک تجهیز یا قطعه الکتریکی به معنی قطع کردن جریان عبوری و ولتاژ در آن تجهیز می‌باشد.

شکل ۹۵ – نمونه‌ای از وسایل حفاظت جریان بالا

• تجهیزات حفاظت در برابر اضافه جریان (OCPDs)، با جلوگیری از عبور جریان بیش از حد از آسیب دیدن هادی‌ها و سایر تجهیزات جلوگیری کرده و از آن‌ها محافظت می‌کنند. فیوزها و بریکرها (قطع کننده‌های مدار)، نمونه‌ای از تجهیزات اضافه جریان هستند. این تجهیزات حفاظتی دارای محدوده مجاز جریانی می‌باشند، اگر میزان جریان غیر مجاز بیش از زمان تعریف شده باشد، فیوز یا بریکر عمل کرده و جریان را قطع می‌کند.

• در واقع قبل از اینکه آسیبی به آن تجهیز وارد شود، فیوز یا بریکر جریان عبوری از آن را قطع و مدار را باز می‌نماید.



شکل ۹۶- بلوک دیاگرام موقعیت قطع کننده‌های سامانه فتوولتائیک نشان داده شده است.

شکل ۹۷- نمونه‌ای از فیوزها را نشان می‌دهد.

• یکی از مهمترین موارد در سیم کشی برق سامانه‌های فتوولتائیک استفاده از فیوز مناسب است. فیوزها از تجهیزات ارزشمند فتوولتائیک در برابر عبور بیش از حد جریان بصورت پیوسته حفاظت می‌کنند. فیوزها از مقاومت‌های کوچکی ساخته شده‌اند. سوختن این مقاومت مانع عبور جریان بیش از حد انتظار می‌گردد.

• **" دلایل قطع کردن یا سوختن فیوز "**

هرگاه فیوز عمل کرد (جریان قطع شد)، دلایل آن را با جدیت بررسی کنید. مؤلفه اساسی در فیوز سیم فلزی است که با عبور اضافه جریان، ذوب می‌شود. دلایل متداولی که منجر به این اتفاق می-شود به شرح زیر بیان می‌گردد:

۱. اتصال کوتاه

۲. اضافه بار سامانه

۳. خرابی سایر تجهیزات (مدول‌ها و غیره)

۴- صاعقه

۵- الکتریسیته ساکن

• قطع شدن فیوز در دمای محیط در تحت شرایط زیر اتفاق می افتد:

زمان عملکرد فیوز	درصد جریان
4 hours minimum	110%
1 hour maximum	135%
5 minutes maximum	200%

در هنگام تعویض فیوزها، درنظر گرفتن اندازه ، نوع و ظرفیت مناسب ضروری است. عدم استفاده از فیوز مناسب می‌تواند دلیلی برای سوختن فیوز باشد.

• برای انتخاب فیوز مناسب از راهنمای محصول استفاده نمایید.

مقطع سیم تعبیه شده در فیوز در شرایط اتصال کوتاه به سرعت می‌سوزد.

چنانچه اضافه بار پایداری در مدار وجود داشته باشد، آنگاه سیم تعبیه شده در فیوز شروع به گرم شدن می‌نماید تا حدی که اگر این شرایط ادامه یابد منجر به سوختن سیم فیوز و قطع مدار می‌گردد.

- **اثر فیوز سوخته:**

شکل ۹۸ – فیوز سوخته

- **مثال:**

شرایطی را در نظر بگیرید، که فیوز تعبیه شده برای حفاظت ردیف‌ها در جعبه تقسیم مربوطه سوخته و خروجی آن ردیف از مدول‌ها صفر می‌باشد. فرآیند فوق می‌تواند توسط سامانه SCADA قابل رویت و تشخیص باشد. اگرچه تشخیص خروجی صفر (سوختن فیوز) ردیف‌ها توسط SCADA امکان پذیر است ولی به دلیل کوچک بودن مقادیر موجود به یک ردیف در مقایسه با نمودار کلی نمایش داده شده در رایانه، تشخیص خروج آن ردیف از مدار را برای کاربر مشکل

خواهد کرد. در نتیجه، خروجی کل آرایه برای چند روز از بین رفته که می توانست با تعویض فیوز سوخته شده، از این کار جلوگیری کرد.

مثالی از بررسی تاثیر مالی ناشی از سوختن یک فیوز در سامانه فتوولتائیک به ظرفیت ۵ کیلووات

پارامتر	مشخصات فنی
ظرفیت نیروگاه	۵ کیلووات
حداکثر توان مدول در شرایط استاندارد STC	250 Wp
تعداد کل مدول‌ها	۲۰ مدول
تعداد کل ردیف‌ها	۲
تعداد کل مدول‌ها در هر ردیف	۱۰
نسبت عملکرد	٪۸۰
ساعت آفتابی	۵.۵ ساعت
فرض کنید فیوز یک ردیف سوخته است.	
بدون فیوز سوخته	۲۲kWh/day
چنانچه یک فیوز بسوزد.	۱۱kWh/day
مقادیر به دست آمده =۱۱–۲۲	انرژی از دست رفته در روز ۱۱ kWh/day
زیان مالی روزانه (ریال) =۱۱ * ۱۰۴۰۰	۱۱۴۴۰۰ ریال در روز
زیان مالی ماهانه =۳۰ * ۱۱۴۴۰۰	۳٫۴۳۲٫۰۰۰ ریال در ماه
زیان مالی سالانه =۱۲ * ۳٫۴۳۲٫۰۰۰	۴۱٫۱۸۴٫۰۰۰ریال در سال

ساعت آفتابی × PR× توان هر مدول × تعداد مدول‌های موجود در یک ردیف =	تلفات انرژی روزانه
ساعت آفتابی× توان هر مدول × PR × تعداد کل مدول‌ها =	تولید روزانه
*مفروضات: ۸۰٪ PR نسبت عملکرد سامانه فتوولتائیک را نشان می‌دهد.	
**تعرفه خرید تضمینی برق از نیروگاه های محدود به ظرفیت انشعابی مختص به مشترکین به ظرفیت ۵ کیلووات معادل ۱۰۴۰۰ ریال به ازای هر کیلووات ساعت می باشد.	

جدول ۸- تحلیل مالی فیوز سوخته

۱-۳- باتری‌ها:

شکل ۹۹- باتری سولفاته شده

هدف از محافظت و نگهداری باتری، بهبود عملکرد و طول عمر باتری است. عمر باتری یک شاخص بسیار متغیری است که به عوامل متعددی نظیر دمای ذخیره سازی و عمق تخلیه (DOD) بستگی دارد.

در طی بازرسی باتری موارد زیر باید مشاهده شود:

- پوسیدگی ترمینال ها مشکل اصلی همه باتری‌ها است. پوسیدگی در ترمینال ها جریان را در باتری کاهش می‌دهد. این امر به طور قابل توجهی بر عمر باتری و راندمان اینورتر تاثیر خواهد گذاشت. باتری‌هایی که نیاز به تعمیر و نگهداری ندارند نیز در معرض خطر پوسیدگی هستند و نیاز به نگهداری دارند. اتصالاتی که در معرض پوسیدگی هستند، جریان شارژ را محدود کرده و سرعت شارژ را کاهش می‌دهند.که به نوبه خود عمر باتری را بصورت جبران ناپذیری کاهش خواهد داد.
- ترمینال‌های باتری را حداقل یکبار در ماه تمیز کنید. تقریبا ۸۰٪ از خطاها، ناشی از سولفاته شدن است (فرآیندی که کریستال‌های سولفور روی صفحات سرب باتری قرار می‌گیرند و از واکنش‌های شیمیایی جلوگیری می‌کنند). هنگامی که باتری دارای سطح شارژ یا سطح الکترولیت پایین است، سولفاته شدن اتفاق می افتد. بنابراین، بازدید تعمیر و نگهداری و کنترل سولفاته در باتری‌ها بسیار مهم است. برای انجام این کار، شما نیاز به آب مقطر، ولتمتر دیجیتال، هیدرومتر جبران کننده دما و ابزار ایمنی مناسب خواهید داشت.

۲- بخش دوم : تعمیر و نگهداری و عیب یابی

۲-۱- سطح مقدماتی:

- **کابل‌ها**

بیشتر خاموشی ها در نیروگاه ناشی از خرابی کابل‌ها می باشد. مشکلات، در کابل‌ها به دلایل زیر می‌باشد:

- **اندازه متراژ و مقطع بهینه کابل**
- **مسیر کابل**
- **افت ولتاژ**

شکل ۱۰۰- مسیر کابل اشتباه

بررسی‌های ذیل می بایست هنگام بازرسی و تعمیر و نگهداری انجام شود.

مسیر کابل را بررسی کنید. مسیر کابل‌ها باید به درستی انتخاب شود و برای جلوگیری از آسیب دیدگی باید توسط بست‌هایی به یکدیگر متصل شوند. بسیاری از مواقع متوجه می‌شویم که کابل‌ها در مسیر مناسب خود قرار دارند و سیم‌های کابل آویزان مانده است. این کار باعث صدمه زدن به کابل توسط جوندگان یا سنجاب‌ها شده و همچنین برای مردمی که در اطراف آن محدوده زندگی می‌کنند ایجاد خطر می‌کند.

شکل ۱۰۱- مسیر مناسب نصب کابل

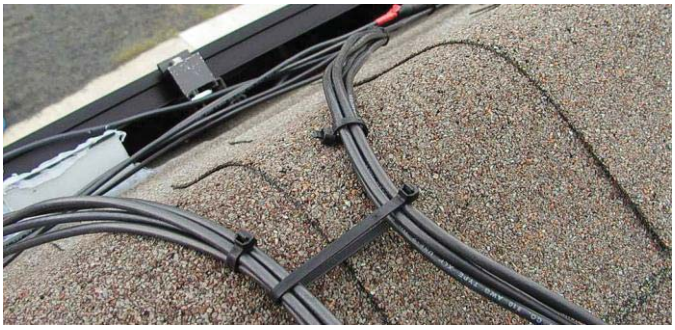
شکل ۱۰۲- فرم بندی نادرست کابل‌ها در روش حلقه بسته

- **حلقه‌های بسته و حلقه‌های باز:**

خیلی وقت‌ها متوجه می‌شویم که کابل‌ها به طور صحیح جانمایی نشده‌اند. گاهی اوقات کابل‌ها بصورت فشرده و گاهی نیز بصورت باز و پراکنده فرم بندی شده‌اند. اتصال شل ممکن است منجر به آتش سوزی و اتصالات سفت نیز منجر به پارگی کابل می گردد. حلقه بندی سیم‌ها باید دارای قطر مناسب باشند.

شکل ۱۰۳- فرم بندی نادرست کابل‌ها در روش حلقه باز

شکل ۱۰۴- فرم بندی صحیح کابل‌ها



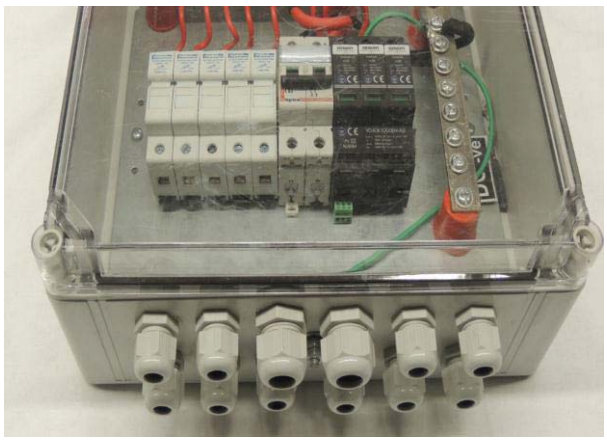
شکل ۱۰۵- عایق بندی مناسب

- بررسی کنید که از کابل تک رشته جداگانه، برای هادی های مثبت و منفی مدارهای DC استفاده شود.

شکل ۱۰۶- عایق بندی نادرست

شکل ۱۰۷- نحوه اشتباه عبور کابل به تابلوها یا جعبه تقسیم ها (ورودی کابل به درون تابلوها یا جعبه تقسیم‌ها باز است)

- بررسی کنید که ورودی‌های کابل استفاده نشده، بسته شده باشند. کلیه کانال‌های کابل‌های استفاده نشده باید با استفاده از درپوش مسدود گردد تا از ورود گرد و غبار، حشرات، جوندگان اعم از سنجاب‌ها، موش‌ها و سایر آفات جلوگیری شود.



شکل – ۱۰۸– الف – اجرای صحیح گلند در تابلو برق

یادآوری: در مواردی که کابل از داخل لوله عبور کرده برای محل اتصال لوله به تابلو باید از بست مناسب مطابق با شکل ۱۰۸–ب استفاده شود.

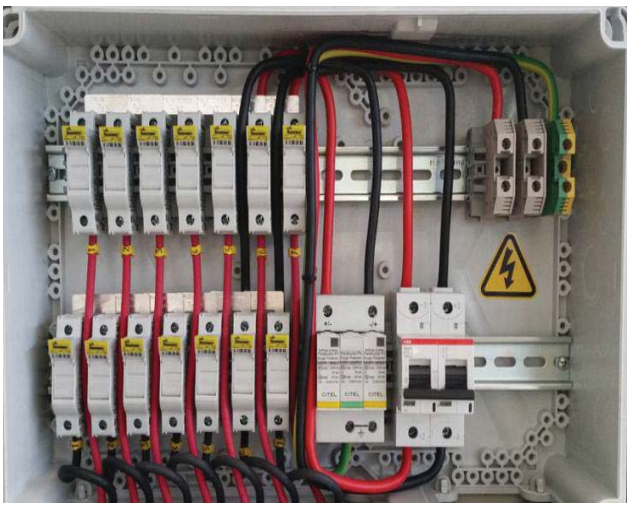
شکل ۱۰۸–ب – بست مناسب برای محل اتصال لوله به تابلو

شکل ۱۰۹- نحوه اشتباه عبور کاندویت و آسیب دیدگی آن

بررسی کیفیت کاندویت ها (قطر، ضخامت دیواره)

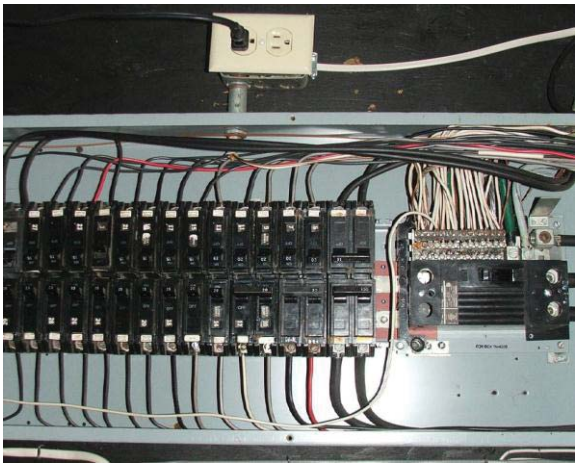
شکل ۱۱۰- نحوه صحیح عبور کاندویت

یادآوری: قطر کاندویت های نصب شده، باید مطابق با نشریه ۱۱۰ سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور باشد و الزامات آن رعایت شده باشد.



شکل ۱۱۱- کابل ها به درستی برچسب گذاری شده‌اند

- اتاق‌های برق، سوله، تابلوهای کلید زنی و تابلوهای توزیع باید تمیز و مرتب نگهداری شوند. محیط اطراف همه سیستم‌های الکتریکی باید هر زمان که نیاز به دسترسی است، تمیز و عاری از گرد و غبار باشد.
- بررسی برچسب گذاری مناسب کابل‌ها.



شکل ۱۱۲- کابل‌ها به درستی برچسب گذاری نشده‌اند

شکل ۱۱۳- کابل‌ها بسته شده توسط بست کمربندی

کابل‌مربوط به مدول های فتوولتائیک عموما می بایست توسط بست کمربندی محکم گردند. بررسی کنید آنها توسط یک بسط کمربندی مناسب بدرستی به هم بسته شده و شل آویزان نباشند. اگر کابل‌ها درون لوله نیستند از بست کمربندی فلزی نمی توانید استفاده کنید و با توجه به شرایط محیطی از بست کمربندی Anti UV استفاده کنید. در صورتیکه از لوله فلکسیبل برای عبور کابل استفاده کردید توصیه می شود از بست کمربندی بندی فلزی استفاده کنید.

فیوزهای MCB، عایق‌ها، اتصالات، سوئیچ ها، فیوزها و اجزای دیگر باید دارای رتبه بندی مناسب با کابل‌ها، سیم ها و تجهیزات باشند تا بتوانند از آنها حفاظت کنند.

بررسی کنید که تمام کابل ها و سیم ها باید قابلیت تحمل عبور جریان مورد نظر را داشته باشند.

کابلها و سیمها نباید بدون تجهیزات حفاظتی، انتقال جریان به بار را انجام دهد.

- تجهیزات و دستگاه‌هایی که در محوطه‌های فضای داخلی مورد استفاده قرار می‌گیرند، بایستی دارای کلاس حفاظتی IP54 یا رتبه بالاتر از آن باشد.
- تجهیزات و دستگاه‌هایی که در محوطه‌های فضای باز مورد استفاده قرار می‌گیرند بایستی دارای کلاس حفاظتی IP 65 یا رتبه بالاتر از آن باشد.
- اشتباه بسیار شایعی که مشاهده می‌شود این است که از یک فیوز که برای ولتاژ VAC ۱۰۰۰ استفاده می‌شود از همان فیوز به عنوان فیوز DC با ولتاژ VDC ۱۰۰۰ استفاده می‌گردد. در نگاه اول،

اندازه کابل، براساس جریان مورد استفاده ممکن است درست به نظر برسد. با این حال، باید توجه کنیم که مقدار ولتاژ، در برخی موارد دارای اهمیت بالاتری از مقدار جریان می‌باشد.

علی‌رغم توضیحاتی که از طرف سازنده فیوز ارائه شده است، به هیچ عنوان از فیوزهای AC در مدارهای ولتاژ DC استفاده نشود.

شکل ۱۱۴– انتخاب مناسب فیوزها – توجه به رده‌بندی فیوزهای AC و DC

- **توجه:**

کد گذاری رنگی سیم ها و کابل ها می‌بایست مطابق با مبحث ۱۳ مقررات ملی ساختمان انجام گردد.

System	Item		Color
Supply AC system	Phase 1	L1	Red
	Phase 2	L2	Yellow
	Phase 3	L3	Blue
	Neutral	N	Black
Apparatus AC system	Phase 1	U	Red
	Phase 2	V	Yellow
	Phase 3	W	Blue
	Neutral	N	Black
Supply DC system	Positive	L+	Red
	Negative	L–	Blue
	Mid wire	M	Black
Supply DC system (single phase)	Phase	L	Red
	Neutral	N	Black
Protective conductor		PE	Green and Yellow
Earth		E	No color other than the color of the bare conductor. If insulated, the color for insulation so chosen to avoid those listed above for designation of other conductors

- **سازه های نگهدارنده:**

شکل ۱۱۵- نصب مناسب

شکل ۱۱۶- نصب نامناسب

بازرسی نصب سازه ها باید شامل موارد زیر باشد:

-بازرسی چشمی تمام اجزا انجام شود. این بازرسی شامل روئیت شماره مدل، و رعایت استانداردهای مربوطه می‌باشد.

– سازه‌های نصب شده بر روی بام باید ایمن و متناسب با اقلیم آن منطقه باشد.

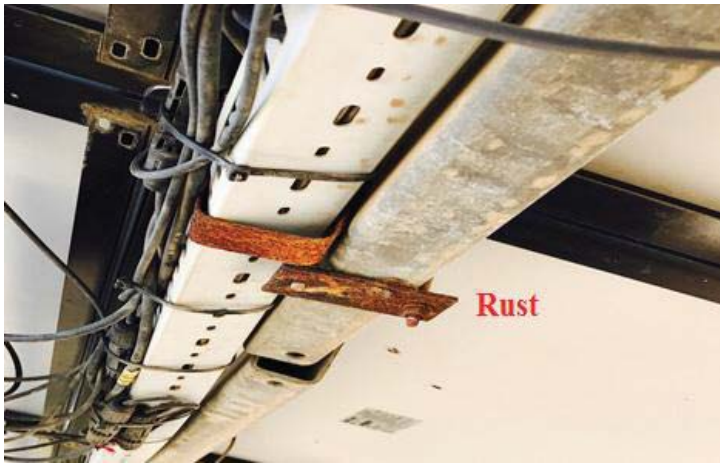
– اگر سازه نگهدارنده روی بام نصب شود، اطمینان حاصل شود که این سقف قادر است وزن سامانه فتوولتائیک را تحمل کند.

– بررسی تهویه مناسب به گونه ای که از ایجاد حرارت بیش از حد در پشت آرایه ها جلوگیری کند.

– ورودی کابل باید ضد آب باشد.

– سیستم زمین(ارت) را به طور صحیح نصب کنید تا خطر تهدید ناشی از شوک الکتریکی و القای الکتریکی کاهش یابد.

- آلومینیوم نباید در تماس مستقیم با بتن قرار گیرد.
- اطمینان حاصل کنید که طراحی مطابق با الزامات استاندارد ملی است.
- کنترل سازه های نگهدارنده در مقابل زنگ زدگی و خوردگی.

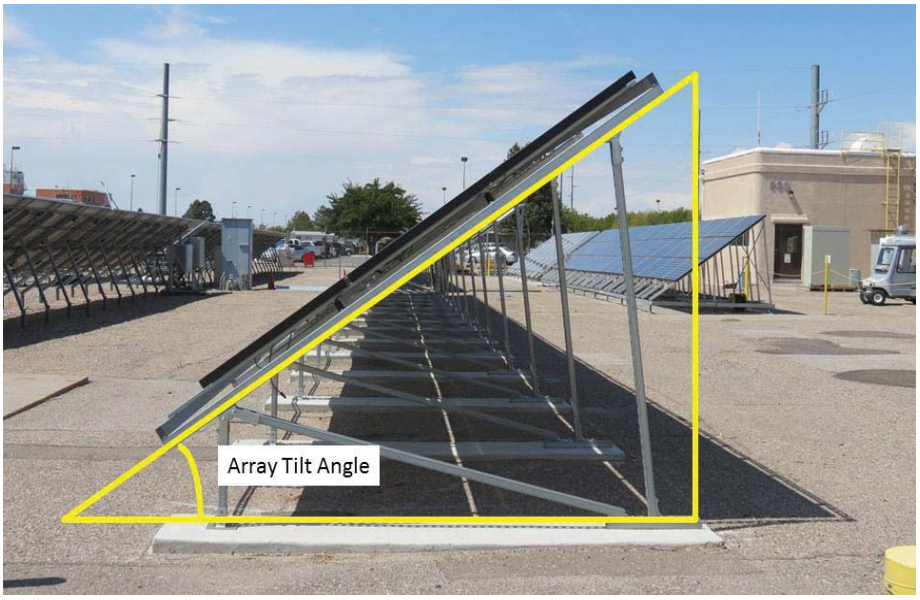


شکل ۱۱۷- زنگ زدگی سازه‌های نگهدارنده

شکل ۱۱۸- کلمپ‌های شل شده

- چارچوب آرایه باید به درستی محکم و مواد تشکیل دهنده آن می بایست ضد خوردگی باشد.

- چک کنید همه گیره ها به درستی سفت شده باشند.
- بررسی فاصله بین ردیف های مربوط به مدول های فتوولتائیک جهت عبور برای تمیز کردن و تعمیر و نگهداری.



شکل ۱۱۹- زاویه شیب مدول‌های فتوولتائیک

زاویه شیب بهینه نصب مدول سامانه های فتوولتائیک در هر محل جغرافیایی تقریبا معادل عرض جغرافیایی آن محل (روی مدول به سمت جنوب باشد) انتخاب و اجرا شده باشد.

توجه:

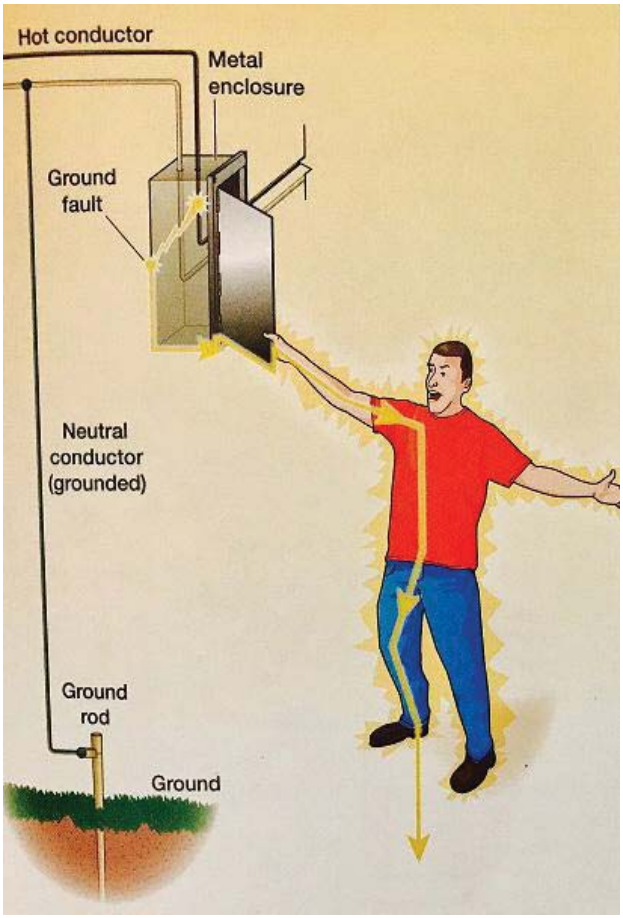
اگر یک مشتری متوجه شود که ساختمان مجاور که مشابه ظرفیت سامانه ایشان را دارد دارای زاویه شیب متفاوت باشد. میزان خروجی دو نیروگاهی که دارای ظرفیت یکسان و شیب متفاوت هستند متفاوت خواهد بود.

- **دستگاه های حفاظت**

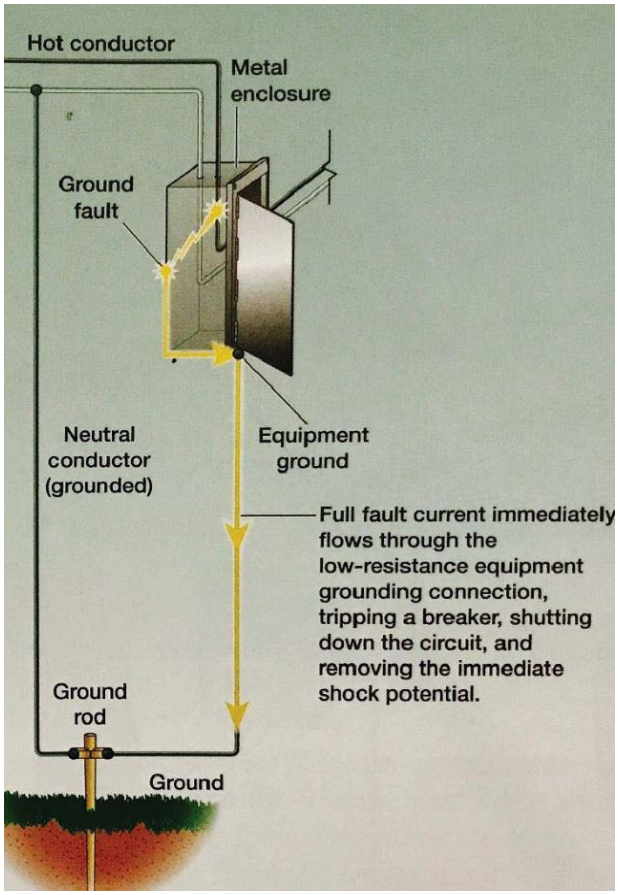
بازرسی چشمی فیوزها

جریان های بالا می تواند بلافاصله دستگاه ها را معیوب و موجب ذوب شدن هادی ها گردد.
محل اصلی قرارگیری تجهیزات حفاظت در برابر جریان های بالا در خروجی AC و ورودی DC، ورودی اینورتر، و تابلوهای برق می‌باشد.
برای داشتن یک حفاظ جریان خوب باید سامانه بطور مناسب زمین گردد؛ تجهیزات حفاظت در برابر جریان بالا SPDs به صورت موازی با مدارهایی که احتمال ایجاد خطا در آن ها بواسطه عبور جریان بالا وجود دارد و فاقد تجهیزات حفاظتی مناسب می باشند، قرار می گیرند.

- **دلایل زمین کردن سامانه**
- برای تخلیه الکتریسیته ساکن ایجاد شده روی سطوح فلزی تجهیزات و جلوگیری از شوک الکتریکی و خطرات ناشی از آتش سوزی
- سامانه زمین مسیری جهت تخلیه جریان خطا ایجاد می نماید که منجر به حصول اطمینان در عملکرد صحیح از اضافه جریان اعم از بریکرها و فیوزها می‌گردد.
- محدود کردن جریان لحظه ای صاعقه و یا سایر شرایط ایجاد ولتاژ بالا
- برای تثبیت ولتاژها و تأمین یک نقطه مرجعی که زمین شده.



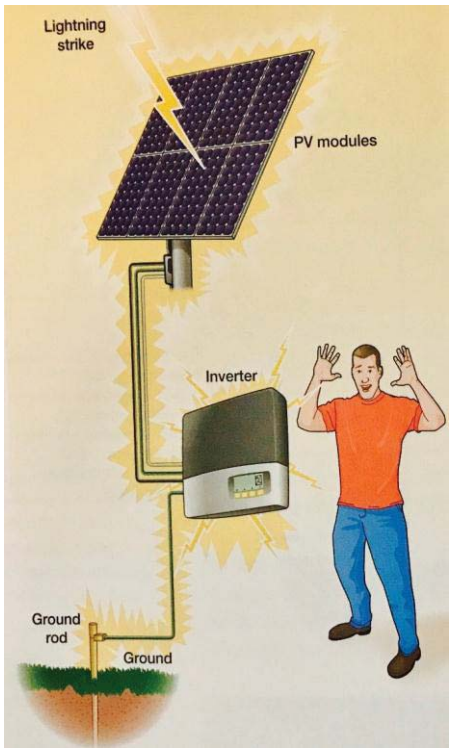
شکل ۱۲۰- تجهیزات فاقد اتصال زمین



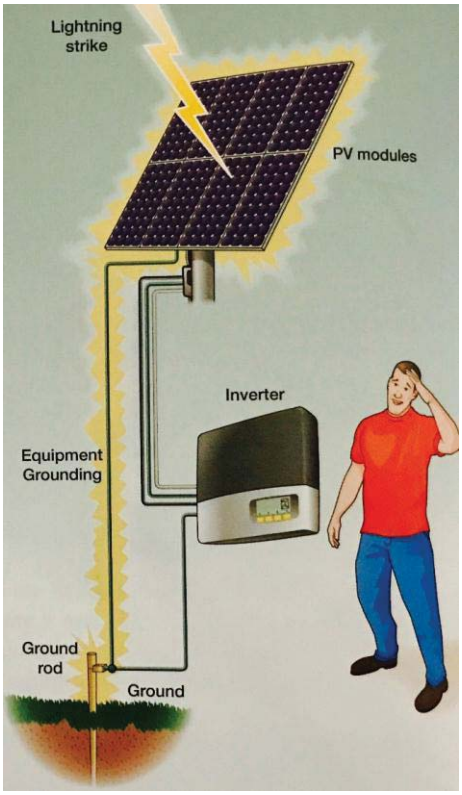
شکل ۱۲۱- تجهیزات دارای اتصال به زمین مناسب

شکل ۱۲۰ نشان دهنده شوک الکتریکی ناشی از بدنه فلزی نامناسب است. در این تصویر خطای سیستم زمین اتفاق افتاده است، بنابراین زمانی که شخص به طور ناخواسته تابلو برق را لمس می کند جریان از طریق بدن وی به زمین منتقل شده و این امر منجر به ایجاد شوک یا مرگ می شود.

شکل ۱۲۱ سامانه زمین شده مناسب را نشان می دهد. بطوری که بدنه فلزی تابلو به میله زمین متصل شده است.



شکل ۱۲۲- حفاظت ضعیف در مقابل صاعقه



شکل ۱۲۳- حفاظت مناسب در برابر صاعقه

شکل ۱۲۲ نشان دهنده اتصال نامناسب زمین است که خطر آسیب ناشی از صاعقه را افزایش می دهد. در این روش، تنها راه تخلیه صاعقه از طریق سیم کشی از آرایه به اینورتر و سپس به سیستم زمین است. در این مورد احتمال صدمه به اینورتر وجود دارد. شکل ۱۲۳ نشان دهنده حفاظت مناسب در برابر صاعقه می باشد که در این روش آرایه های فتوولتائیک توسط سیم زمین به میله و یا راد متصل می گردد. با این روش، خطر ناشی از صاعقه به میزان قابل توجهی کاهش می یابد.

- **باتری‌ها:**

بازرسی چشمی باتری‌ها

تنظیم آب باتری و پرکردن آن. (درصورت استفاده از باطری‌های الکترولیتی و یا سرب اسیدی (FLA)

شکل ۱۲۴- شرایط مناسب باتری‌ها

- **سرریز آب داخل باتری (در صورت استفاده از باتری های سرب اسیدی یا الکترولیتی):**

امروزه بیشتر باتری‌های سرب اسیدی و یا الکترولیتی دارای نشانگر آب باتری در درون خود می-باشند. عمدتا مردم از آب شیر برای پر کردن آب باتری استفاده می‌کنند. بعضی از تکنسین‌ها پیشنهاد پر کردن آب باتری با آب قبلا جوشیده شده را می‌دهند.

به خاطر داشته باشید که اینها جایگزین مناسب برای آب مقطر نمی‌باشد. آب مقطر به طور کلی فقط برای باتری‌های سرب اسیدی (FLA) مورد استفاده قرار می‌گیرد. به طور معمول آب شیر حاوی مواد معدنی و ناخالصی‌هایی می‌باشد که با تماس با الکترودهای باتری منجر به واکنش های شیمیایی شده که نتیجتا باعث کاهش عمر مفید باتری می‌گردد. برخی از افراد از آب خروجی کولرهای گازی

یا همان درین آن ها برای پر نمودن باتری‌ها استفاده می‌کنند، که این امر نسبت به استفاده از آب شیر مناسب ولی ترجیحاً بهترین روش نمی‌باشد. در طول کار کرد باتری سطح الکترولیت‌ها می‌بایست به طور منظم مورد بازرسی قرار گیرد. لذا جهت پرکردن آب باتری‌ها باید از آب مقطر استفاده شود.

شکل ۱۲۵- شرایط نامناسب باتری‌ها

- **چگونه می توان سطح مایع را بررسی کرد؟**

این کار را فقط برای باتری‌های سرب اسیدی (FLA) انجام دهید. اکثر باتری‌ها دارای یک نشانگر **"خط پر شدن"** هستند که نشان دهنده سطح حداکثری الکترولیت است. درپوش باتری را باز و داخل آن را بازدید نمائید. از آب مقطر برای پر کردن آن استفاده نمائید.

شکل ۱۲۶- پرکردن مجدد آب باتری

- **چگونه ترمینال‌های باتری را تمیز کنیم؟**

ماهانه ترمینال‌های باتری و سطح آن را تمیز نمایید. قبل از این کار ابتدا اینورتر را خاموش و منابع توان متصل به آن را قطع کنید. کابل‌های متصل به ترمینال را از روی آن بردارید. در هنگام جدا نمودن کابل‌ها باید اقدامات ایمنی لازم را لحاظ و مراقب اتصال کوتاه شدن دو قطب باتری و جرقه-های احتمالی باشید.

شکل ۱۲۷- ترمینال‌های مناسب و نامناسب

- **نحوه قرائت هیدرومتر:**

یک هیدرومتر به شما کمک می کند تا تعیین کنید که آیا باتری به طور کامل شارژ می‌شود یا خیر، آیا سلول ها در حال ازبین رفتن هستند یا خیر. لازم به ذکر است که یک هیدرومتر در شرایط زیر دچار خطای اندازه گیری می شود:

۱- پس از اضافه کردن آب

آب مقطر برای مخلوط شدن درون سلول، به زمان نیاز داشته و تا شارژکامل تشکیل حباب می‌دهد. دراین حالت هیدرومتر عدد بسیار کوچکی را نشان می‌دهد و این فرآیند تا مخلوط شدن کامل سیال ادامه خواهد یافت.

۲- دمای پایین

هنگام افت دمای باتری، سیال موجود چگال‌تر می‌شود. در این حالت هیدرومتر جبران کننده دما بهترین گزینه است. در غیر اینصورت به ازای کاهش ۱۰ درجه فارنهایت زیر ۷۰ درجه فارنهایت ۳/۵ درجه از آنچه قرائت می‌کنیم را کم نمایید.

۳- تاخیر زمان طول شارژ

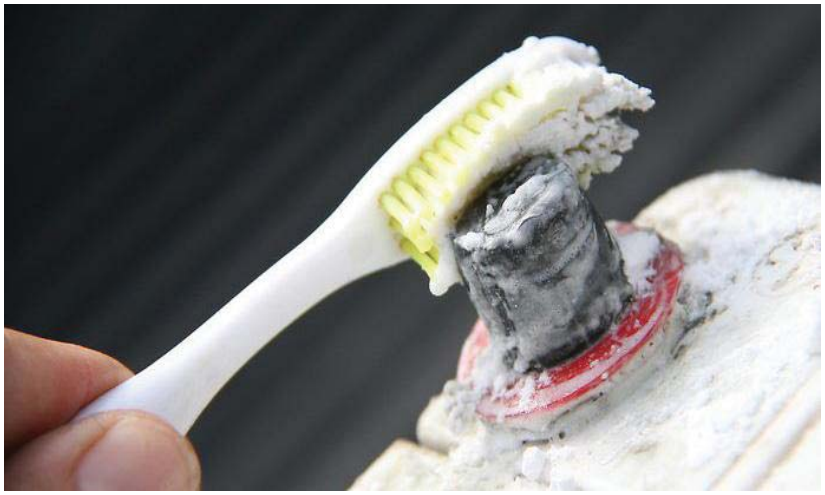
هنگامی که باتری شارژ می شود، مایع مابین انتهای صفحات چگالتر می‌شود. شما در هنگام خواندن تاخیری را دریافت خواهید کرد تا زمانی که مایع با حرکت حباب در انتهای شارژ باتری مخلوط شود. تاخیری در خواندن هیدرومتر بوجود می‌آید. ولتاژ به طور پیوسته افزایش یافته که نشان دهنده اینست که تغییراتی اتفاق افتاده است.

۴- در هنگام فرآیند تخلیه باتری

به دلیل کاهش چگالی سیال و گردش آن به سمت بالا اندازه گیری توسط هیدرومتر به بهترین نحو انجام می‌شود.

- **اگر باتری سرب اسیدی مورد استفاده قرارگیرد.** بررسی سطح الکترولیت و سرریز نمودن آب باتری آن الزامی است. قسمت بالای باتری را پاک کنید. در مواردی که خوردگی بیش از حد اتفاق

افتاده امکان تمیز نمودن ترمینال ها به راحتی میسر نمی‌شود. در چنین مواردی از فشار آوردن بیش از حد توسط ضربات که موجب شکستگی احتمالی می‌گردد خودداری نمایید. در یک فنجان آب جوش چند قاشق غذا خوری جوش شیرین ریخته و محلول مورد نظر را روی ترمینال‌های باتری بریزید پس از سپری شدن زمان، به مدت یک دقیقه ترمینال‌ها را تمیز کنید. ضمنا برای تمیز کردن باتری می‌توان از اسپری WD-40 نیز برای نظافت و تمیز کردن آن استفاده نمود.



شکل ۱۲۸ - تمیز کردن باتری با جوش شیرین

شکل ۱۲۹ – محکم کردن ترمینال‌های باتری

- **خوردگی اتصالات و شل شدن آنها را بازرسی نمایید.** در صورت لزوم آن‌ها را تمیز و محکم کنید. اگر متوجه شدید که پیچ‌ها و مهره‌ها زنگ‌زده‌اند، آن را با استفاده از نفت یا بنزین تمیز و یا در صورت لزوم آن‌ها را تعویض نمایید. کمی جوش‌شیرین را روی ترمینال‌های باتری ریخته و با مسواک خیس آنها را تمیز کنید. سپس با دستمال خشک و نرم سطوح را پاک کنید و اتصالات بازشده را مجدداً محکم ببندید. پس اتمام تمیز کاری، به اتصالات بدون پوشش اعم از سیم‌ها و ترمینال‌ها ضد زنگ (ضد اکسیداسیون) بزنید.

وضعیت شارژ باتری(SOC) را بوسیله هیدرومتر بررسی و مشاهده نمایید. در باتری نوع VRLA به‌کمک ولت‌متر ولتاژ و نرخ SOC را اندازه گیری نمایید.

پارامتر	علت احتمالی	اقدام‌های پیشگیرانه
سطح الکترولیت کم، نشتی الکترولیت	– بررسی کنید که آیا باتری بیش از حد شارژ شده است (over charged) – بررسی کنید که آیا ظرف باتری شکسته و مایع درون آن چکه می‌کند یا خیر. – دقت کنید که آیا بار باتری خیلی بزرگ است.	– آب مقطر را اضافه کنید. – به فروشنده و یا سازنده گزارش دهید. – باتری را تعویض نمایید.
باتری در حالت ولتاژ پایین قرار دارد. (باقی ماندن باتری در ولتاژ پایین)	- بررسی کنید آیا مدت زمان اعمال بار خیلی طولانی است. - بررسی کنید که آیا سایه‌ای وجود دارد. - بررسی کنید که آیا هوا طی چند روز ابری بوده است. – بررسی کنید که بار معیوب است. – بررسی کنید آیا ظرفیت شارژکنترلر برای آرایه ها خیلی کوچک است.	– تعمیر و یا تعویض بار مصرفی. – کاهش زمان عملکرد یا استفاده از باتری. – حذف سایه. – صبر کنید تا هوا آفتابی گردد و اعمال بار را محدود کنید. – تعمیر و یا تعویض بار مصرفی.
ولتاژ باتری به طور پیوسته بالا است	– بررسی کنید آیا شارژکنترلر معیوب است یا خیر. – بررسی کنید که آیا ظرفیت باتری برای آرایه بسیار کوچک است یا خیر. – بررسی کنید آیا شارژکنترلر تنظیم است یا خیر.	– افزایش ظرفیت باتری – تعویض شارژکنترلر – افزایش ظرفیت باتری – تنظیم شارژ کنترلر

باتری شارژ قبول نمی‌کند (عدم شارژ باتری)	– بررسی اضافه بار، بر روی باتری. – بررسی کنید که آیا زمان اعمال بار خیلی طولانی است. – بررسی کنید که آیا سایه‌ای وجود دارد – بررسی کنید که آیا هوا طی چند روز گذشته ابری بوده است.	– تعمیر و یا تعویض بار. – کاهش زمان اعمال بار. – حذف سایه. – صبر کنید تا هوا آفتابی باشد و اعمال بار را محدود کنید.
هدر رفتن زیاد آب باتری به علت شارژ بیش از حد.	– بررسی کنید که آیا باتری بیش از حد شارژ شده است	– تعمیر یا تعویض شارژ کنترلر
افت ولتاژ در طول شب، حتی زمانی که هیچ باری وجود نداشته باشد.	– بررسی کنید که آیا دیود مسدود کننده (blocking diode) معیوب است یا خیر	– تعویض دیود

- **شارژ کنترلرها:**

شکل ۱۳۰- شارژ کنترلر

۱- در صورت دسترسی، برای اخذ مشخصات فنی شارژ کنترلر، به دستورالعمل تولید کننده مراجعه کنید.

۲- تمام ترمینال‌ها و سیم‌های اتصال، اتصالات شل شده، خورده شده و یا سوخته را بررسی نمایید.

۳- تمام صفحات نمایش، نمایشگرهای LED و سامانه پایش وضعیت درحال کار را بررسی کنید.

۴- بررسی صحت عملکرد تجهیزات حفاظت در برابر شارژ اضافی و شارژ کم در سامانه شارژ کنترلر.

- **مانیتورینگ سامانه های فتوولتائیک نصب شده بر روی بام :**

نصب دستگاه مانیتورینگ و ثبت داده‌ها برای یک سامانه خورشیدی فتوولتائیک، مفید است. بسیاری از اینورترهای متصل به شبکه فتوولتائیک دارای سیستم پایش و مانیتورینگ داخلی هستند که با اتصال به اینترنت امکان پایش از راه دور نیز در آنها میسر می‌گردد. همچنین بخش سومی جهت

پایش و ثبت داده‌ها نیز در آنها موجود دارد. به طور کلی یک سامانه فتوولتائیک می‌تواند در سطوح مختلف بر مبنای ظرفیت سامانه، و نوع مشارکت سهامداران، به شرح ذیل نظارت شود:

- **برای هر مدول فتوولتائیک**

این کار با استفاده از میکرو اینورتر یا مبدل DC / DC بهینه‌سازهای توان در هر مدول انجام می‌شود، که در آن پایش به عنوان یک قابلیت اضافه ارائه شده است.

با این حال، هر میکرو اینورتر/ مبدل ها / بهینه‌سازهای توان، هزینه اولیه سرمایه‌گذاری سامانه را افزایش داده و لذا به همین دلیل عموماً این تجهیزات مورد استفاده قرار نمی‌گیرند.

- **برای هر ردیف مدول فتوولتائیک**

این کار عمدتا با استفاده از قرار دادن سنسورهای جریان بر روی هر ردیف مدول، در جعبه تقسیم انجام می‌شود که آنها نیز به سیستم کنترل نظارتی و ثبت داده (SCADA[17]) متصل هستند. در سامانه‌های مانیتورینگ برای هر ردیف پنل، خروجی الکتریکی آن ردیف با سایر ردیف ها مقایسه می‌گردد و همچنین به عنوان تابعی از پارامترهای آب و هوایی و شرایط محیطی تحلیل و مقایسه می‌شود.

از این رو، هر ردیف مدول معیوب را می‌توان به راحتی شناسایی کرده و عملکرد ضعیف یک یا چند مدول فتوولتائیک معیوب، در آن را مشخص نمود. لازم به ذکر است که هزینه چنین سامانه‌هایی در نیروگاه‌های بزرگ توجیه‌پذیر است.

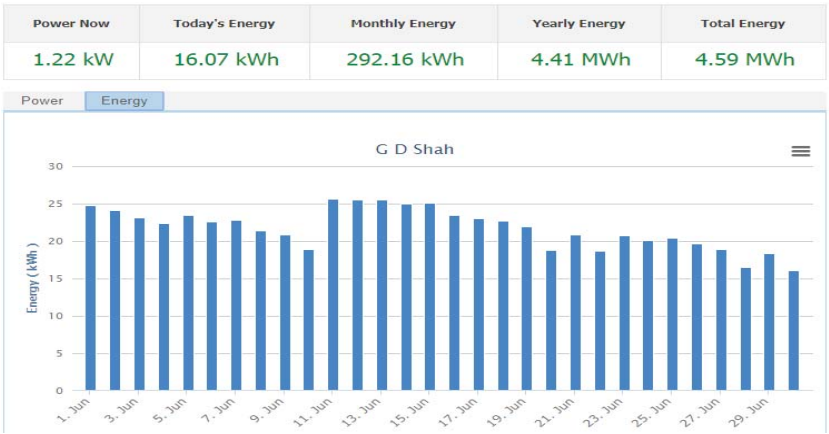
پارامترهایی که معمولا پایش و ثبت می شوند شامل موارد ذیل می گردد:

- تولید انرژی خورشیدی در طی روز بر حسب (kWh)

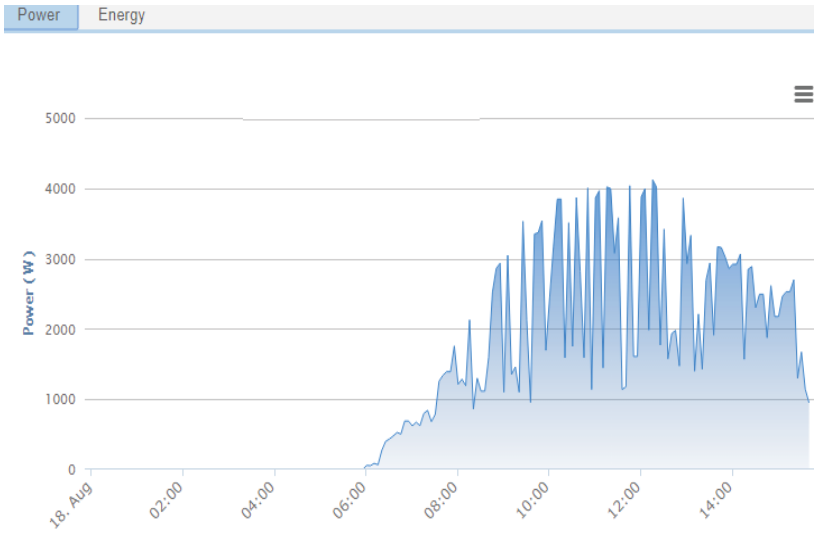
[17] Supervisory Control and Data Acquisition(SCADA)

- تولید تجمعی انرژی خورشیدی بر حسب (kWh)
- حداکثر ولتاژ DC بر حسب (V)
- حداکثر جریان DC بر حسب (A)
- مجموع ساعت عملکرد بر حسب (h)
- حداکثر ولتاژ AC بر حسب (V)
- حداکثر جریان AC بر حسب (A)
- حداکثر فرکانس AC بر حسب (Hz)
- حداقل فرکانس AC بر حسب (Hz)
- خطاها

شکل زیر نشان‌دهنده انرژی خورشیدی تولید شده سامانه فتوولتائیک ۵ کیلووات نصب شده بر روی بام توسط SCADA می‌باشد.



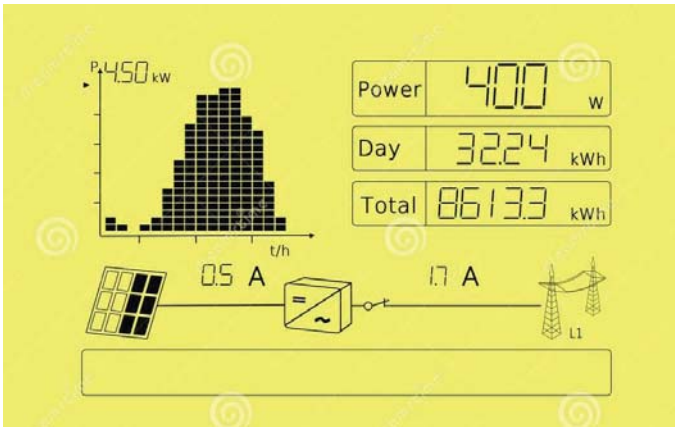
شکل ۱۳۱- نمایش تولید انرژی روزانه، سامانه فتوولتائیک توسط SCADA



شکل ۱۳۲- نمایش تولید انرژی سامانه فتوولتائیک، طی ساعات مختلف در یک روز توسط SCADA

شکل ۱۳۳- نمایش مقدار انرژی مصرف داخلی و مقدار انرژی تزریق شده به شبکه برق توسط SCADA

- در سطح اینورتر:



شکل۱۳۴- نمایش‌گر اینورتر که انرژی تولید شده توسط سامانه فتوولتائیک را نشان می‌دهد.

اکثر اینورترهای خورشیدی خود دارای قابلیت پایش عملکرد هستند، که نشان‌دهنده پارامترهای حساس اعم از جریان‌ها، ولتاژهای لحظه‌ای، توان ورودی DC ، توان خروجی AC ، انرژی تولید شده در طول روز و یا در یک بازه زمانی مشخص قابل تنظیم می‌باشند.

علاوه بر این، اغلب اینورترها قابلیت اتصال به تجهیزات مانیتورینگ آب و هوایی اختصاصی و یا سامانه مانیتورینگ ثالث آب و هوایی را دارند. صفحه نمایش اینورتر خورشیدی از نوع متصل به شبکه نیز می‌تواند تولید انرژی تجمعی را نشان دهد.

اما اگر اینورتر معیوب باشد یا با یک اینورتر جدید از یک کارخانه دیگر جایگزین گردد، داده‌های تولید انرژی از دست می‌رود. بنابراین نصب کنتور تولید انرژی خورشیدی مجزا ضروری است.

داده‌های اینورتر را می‌توان از نمایشگر آن‌ها با اتصال کابل USB و یا RJ45 و یا بصورت بی‌سیم با استفاده از Wi - Fi ، با فرکانس رادیویی (RF) یا بلوتوث استخراج کرد.

دسترسی به داده‌ها ممکن است از طریق کنترل از راه دور با استفاده از تجهیزات اختصاصی یا ثالث با استفاده از GSM / GPRS و یا حتی با Wi – Fi محلی امکان پذیر باشد.

- **در سطح کنتور:**

شکل ۱۳۵- صفحه نمایش کنتور که انرژی تولید شده توسط سامانه فتوولتائیک را نشان می‌دهد

پایش سامانه‌های خورشیدی نصب شده بر روی بام توسط کنتور یکی از شاخص‌های مهم واحدهای تولیدی برای سرمایه گذاران می باشد، زیرا عملکرد کنتور به طور مستقیم با درآمد هر سرمایه‌گذار مرتبط است.

پایش توسط کنتور می‌تواند به طور کامل در طی یک چرخه صدور قبض بصورت دستی انجام شده و یا بصورت پیشرفته‌تر در یک زمان مشخص با استفاده از ارتباطات بی‌سیم یا کنترل از راه دور امکان پذیر باشد.

۲-۲- سطح پیشرفته :

روش ها و تکنیک‌های تست کابل

اقدامات اولیه

۱- تمام منابع تغذیه و مدارهای در حال کار می بایست از دو طرف کابل جدا شوند.

۲- زمانی که هادی ها و قطعات عایق مانند ترمینال تمیز و خشک هستند، کار با مگر انجام شود.

۳- قبل از شروع کار با مگر بعد از پایان آن ، کابل‌ها باید به طور موقت با اتصال به زمین ، تخلیه بار شوند.

فرآیند تست کابل توسط مگر

این آزمون‌ها مربوط به کابل‌های کنترلی و کابل‌های سیگنال می‌باشد :

تست پیوستگی

ابزارها و تجهیزات مورد نیاز:

- مولتی متر
- سیم چین
- آچار بکس
- پیچ گوشتی

پیوستگی کابل‌ها با استفاده از تست مگر مورد بررسی قرار می گیرد. این تست برای تایید اینکه، آیا هسته و عایق بندی کابل مربوطه، به لحاظ الکتریکی از ابتدا تا انتهای کابل یکنواخت بوده و یا دچار

شکستگی و قطع شدگی باشد، انجام می‌شود. جهت نگهداری از کابل‌ها، این تست باید به صورت دوره‌ای هرساله انجام شود. تست مگر می‌بایست قبل و بعد از مرحله نصب کابل انجام شود. عایق ضعیف کابل منجر به نشت جریان یا القاء میدان الکتریکی و یا تخلیه بار ناخواسته در مدار می‌شود. این تست برای بررسی پیوستگی و یا قطع شدن سیم هادی کابل در سراسر آن انجام می‌شود.

این تست را می‌توان براساس دستورالعمل زیر انجام داد:

الف- کلید سلکتوری مولتی‌متر را چرخانده و در محل A قرار دهید تا مقاومت در محدوده ۲۰۰ اهم قابل بررسی باشد.

ب- مطابق شکل زیر یکی از سیم‌های (پراب) مولتی متر را به زمین متصل کرده و سیم (پراب) دیگر را به انتهای هادی کابل مورد نظر خود متصل نمایید.

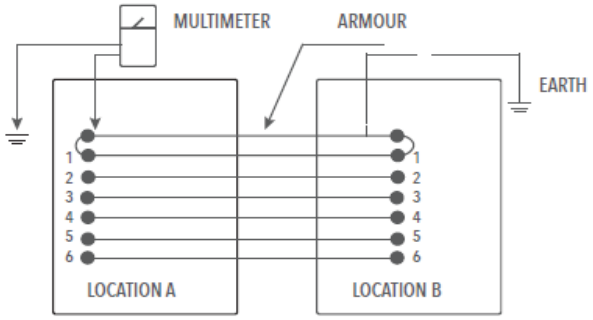
ج- در انتهای دیگر کابل در محل B ، سیم کابل را به زمین متصل کنید.

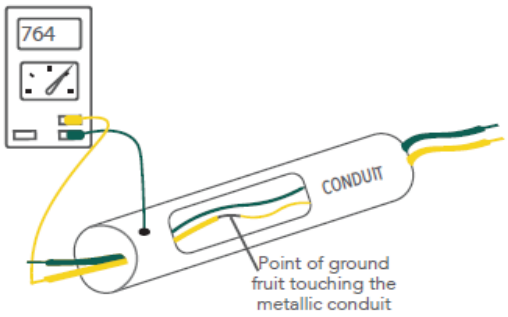
د- اگر امکان اتصال به زمین در هر دو طرف کابل میسر نبود، اتصال دو سر کابل از طریق تماس با بدنه فلزی محافظ کابل صورت پذیرد.

ه- انحراف (حرکت) عقربه مولتی متر نشان دهنده پیوستگی هادی تحت آزمون بوده؛ در غیر این صورت قطع شدگی در سیم کابل وجود دارد.

و- سپس پیوستگی سیم هادی سایر کابل ها را مطابق این آزمایش، بررسی نمایید. برای مثال، برای آزمایش سیم هادی ۲، یکی از اتصالات پراب مولتی متر را به سیم هادی ۲ متصل کرده و پراب دیگر مولتی متر را روی هادی در نقطه A قراردهید. سپس در انتهای دیگر (در محل B)، سیم هادی ۲ را به هادی تست شده، اتصال دهید.

آزمون پیوستگی تمام هادی‌ها را بصورت فوق ادامه دهید.





شکل ۱۳۶ – آزمون پیوستگی

برای اطمینان از یکپارچگی مدارها، همواره مقادیر عایق‌بندی را چک کنید. اگر یک افت ناگهانی در مقدار عایق‌بندی در مدت زمان آزمون مشاهده کردید، علت می‌بایست بررسی و اقدام فوری برای تعمیر یا تعویض کابل معیوب صورت گیرد.

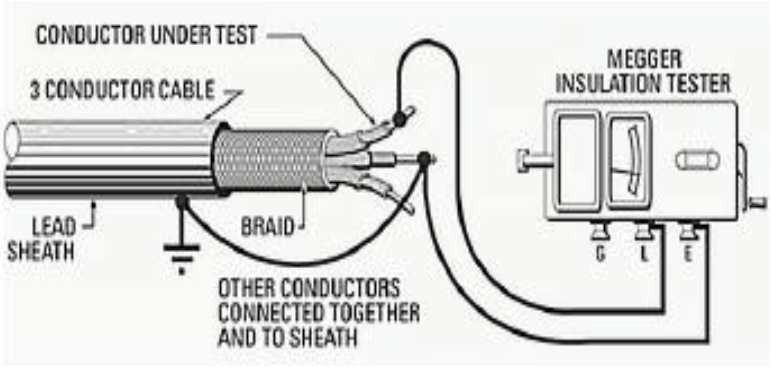
آزمون عایقی:

ابزار و وسایل اندازه‌گیری مورد نیاز:

- تستر عایقی (megger) 500V DC2

- سیم چین
- مجموعه پیچ گوشتی
- جعبه آچار
- گیره سوسماری ، که باید برابر با حداکثر تعداد سیم‌های کابل مورد آزمون باشد.

این آزمون برای اندازه‌گیری مقاومت عایق کابل مورد استفاده قرار می‌گیرد. دستورالعمل این آزمون به شرح ذیل می‌باشد.



شکل ۱۳۷ – آزمون عایقی

- با انجام این آزمون خاصیت عایقی تک تک هادی‌ها را نسبت به زمین اندازه گیری می‌نماییم.
- هادی تحت آزمون را به ترمینال خط تستر عایقی (megger) متصل کنید.
- ترمینال زمین دستگاه مگر را به زمین متصل نمایید. دسته مگر را بچرخانید و یا دکمه آن را فشار دهید. قرائت مقاومت عایقی می‌بایست حداقل یک دقیقه پس از اعمال ولتاژ آزمون انجام شود. حال با همین روش سایر هادی ها را نیز تحت آزمون قرار دهید.

- **روش‌ها و تکنیک‌های آزمون تجهیزات حفاظتی:**

فیوزها می‌توانند تحت هر شرایط آزمونی چک شوند. بازرسی صحت فیوز بصورت چشمی، بسیار آسان است. اغلب فیوزها دارای بدنه غیرشفاف و محکم هستند به طوری که عنصر عمل کننده آنها با چشم قابل مشاهده نمی‌باشد.

شکل ۱۳۸ – انجام آزمون توسط مولتی‌متر کلمپی

شکل ۱۳۹ – نحوه اتصال کابل‌های تحت آزمون به مولتی‌متر

برای شناسایی فیوزهای سوخته می‌بایست از یک مولتی‌متر استفاده نمود. یکی از قابلیت‌های مولتی-متر توانایی اندازه‌گیری مقاومت عنصر عمل کننده فیوز می‌باشد. مقاومت بر حسب اهم "Ohms" "Ω" اندازه‌گیری می‌شود.

روش آزمون فیوز به شرح زیر می باشد:

۱- با یک ولت‌متر اطمینان حاصل کنید که برق سیستم قطع شده باشد.

۲- سیم‌های آزمون را وصل کنید.

سیم قرمز باید به سوکت Ω یا Ohms متصل شود. سیم سیاه باید به سوکت مشترک (COM) متصل شود.

۳- قراردادن صحیح کلید سلکتوری مولتی‌متر در وضعیت مناسب.

اگر کلید جداگانه‌ای برای روشن کردن مولتی‌متر وجود داشته باشد، لطفا مولتی‌متر را روشن کنید. شما می‌توانید در تصویر ببینید که محدوده اهم ها توسط یک نوار سبز روشن در قسمت چپ پایین نشان‌داده شده‌است.

تنظیمات ۵ محدوده متفاوت روی مولتی‌متر عبارتند از:

2000k = 2,000,000 ohms or 2 Mega ohms (تنظیم برای بالاترین مقاومت)

200k = 200,000 ohms
20k = 20,000 ohms
2k = 2,000 ohms

200 = 200 ohms (تنظیم برای کمترین مقاومت)

شکل ۱۴۰ – انتخاب صحیح محدوده اهم در مولتی‌متر

۴- اندازه‌گیری فیوز

فیوزی که می‌خواهد تحت آزمون قرار گیرد را از پایه فیوز جدا کنید مگر اینکه مشخص باشد که هیچ مسیر دیگری وجود ندارد که باعث قرائت اشتباه شود.

- **توجه:**

بمنظور جلوگیری از امکان شوک الکتریکی در هنگام آزمون یک فیوز که هنوز در مدار قرار دارد، مطمئن شوید که برق ورودی به آن قطع شده است.

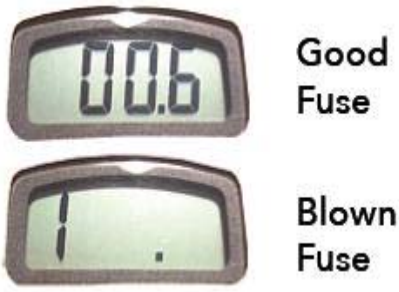
شکل ۱۴۱ – آزمون فیوز با استفاده از مولتی‌متر

فیوز را روی سطح غیر رسانا مانند پلاستیک، کفپوش یا چوب قرار دهید.

* سرهای فلزی سیم‌های مولتی‌متر را به دو سر فلزی فیوز متصل کنید.

فیوزها دارای سر مثبت و منفی نمی‌باشند، بنابراین در قراردادن سر فلزی سیم‌های مولتی متر بر روی فیوز محدودیتی وجود ندارد. از تمیز بودن و اتصال مناسب دوسر فیوز با سیم های مولتی‌متر اطمینان حاصل نمایید‌حال مقدار نمایش داده شده بر روی صفحه نمایش را قرائت کنید.

۵- استنتاج مقدار قرائت شده



شکل ۱۴۲ – مقدار نمایش داده شده نشان دهنده سالم بودن فیوز یا معیوب بودن آن است.

فیوز سالم: اگر مولتی متر نرخ قرائت مقاومت پائینی را نشان دهـد (مشـابه مقاومـت در زمانیکـه دو سیم مولتی متر به یکدیگر متصل هستند).

فیوز سوخته : اگر قرائت اندازه گیری تغییری نکند و نمایشگر مولتی‌متر هنوز حالـت مقاومـت ۱۰۰ % اولیه را نشان دهد.

۶- وارسی فیوز به منظور مشخص نمودن اندازه، نوع و میزان جریان مورد نظر

۷- چنانچه فیوز در آزمون معیوب شناخته شود و یا اندازه یا نوع مناسبی نداشته باشد، می‌بایست آن را با فیوز مناسب جایگزین نمود.

توجه:

همیشه فیوزهای جایگزین را قبل از نصب چک کنید تا مطمئن شوید که فیوز جایگزین سالم است.

۱. فیوزها در سایزهای استاندارد (۶، ۸، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰ آمپر و غیره) قابل دسترس مـی‌باشـند. فیوزها براساس ضوابط و استانداردهای ملی و بین المللی ساخته شده و قابل دسترس می باشند.

۲. برای نمونه جهت انتخاب فیوز برای یک بار مصرفی با جریان ۱۳/۴۲ آمپر باید از یک فیـوز ۱۵ آمپری استفاده نمود.

پنج مرحله برای تعیین سایز فیوزها در سامانه‌های فتوولتائیک

برای طراحی و انتخاب فیوزهای مرتبط با رشته ها و آرایه‌های فتوولتائیک می بایست از کدهای بـین المللی الکتریکی ۲۰۱۱ و یا استاندارهای ملی در این حوزه ، مطابق مراحل زیر استفاده نمود.

مرحله ۱ : محاسبه حداکثر جریان مدار

مرحله ۲ : محاسبه جریان نامی آمپر فیوز

مرحله ۳ : استفاده از فیوز با آمپراژ پائین تر به دلیل دمای غیرعادی محیط در صورت لزوم

مرحله ۴ : مطابقت جریان محاسبه شده با مقدار جریان درج شده بر روی برچسب اطلاعاتی فیوز

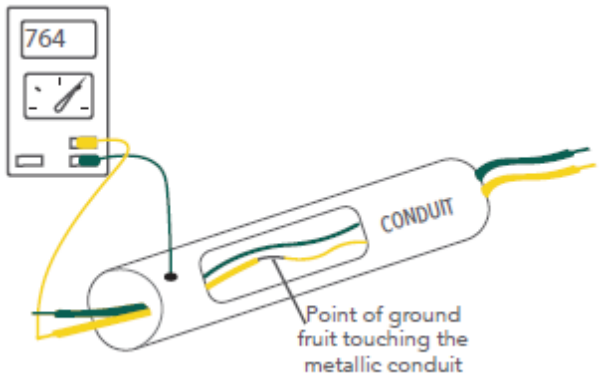
مرحله ۵ : حصول اطمینان از محافظت سیم‌ها یا هادی‌ها توسط فیوز

روش‌های آزمون و تکنیک‌های حفاظت در برابر صاعقه و زمین کردن:

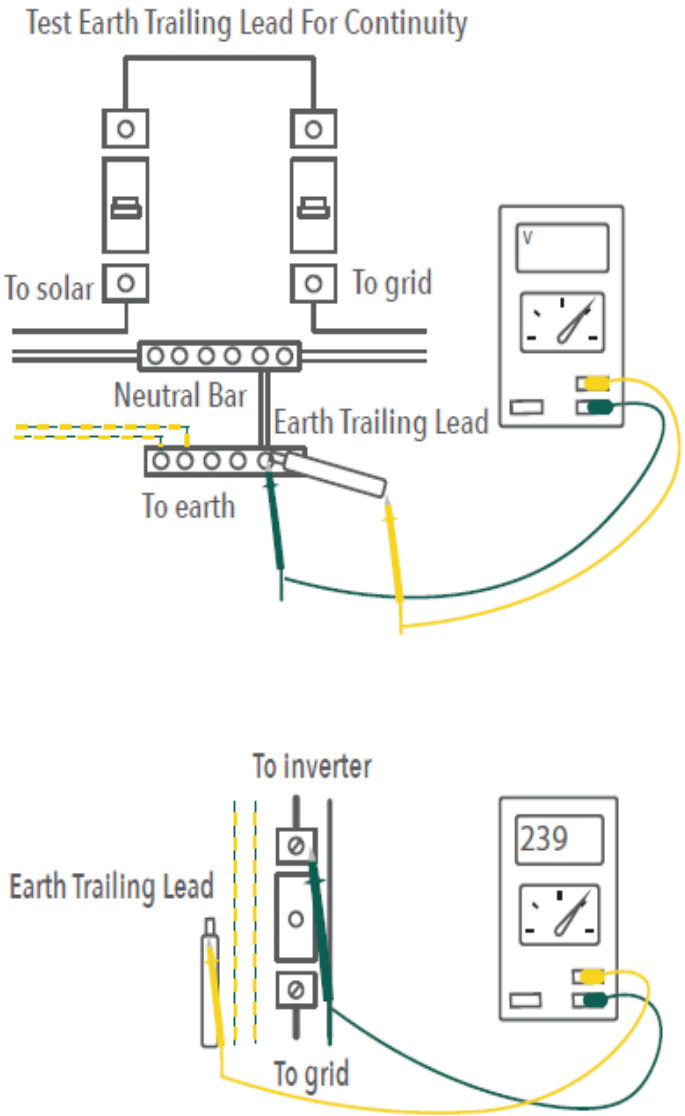
ابتدا کلیه کلیدها را قطع نمائید. از یک اهم متر برای بررسی پیوستگی کل سیستم زمین استفاده کنید. اطمینان حاصل کنید که تمامی قاب های مدول ها، کاندویت‌های فلزی، اتصالات، جعبه تقسیم‌ها و اجزای الکتریکی زمین شده‌اند.

با استفاده از یک ولت‌متر DC ، پلاریته‌های مثبت و منفی همه اجزاء سامانه و سیم‌کشی‌ها را بررسی نمایید.

چنانچه از کاندویت پلاستیکی استفاده شده بود، اطمینان حاصل کنید که یک سیم زمین از میان آن عبور کرده باشد. اگر از کاندوین فلزی استفاده گردد، چنانچه ضوابط مندرج در NEC محدودیتی در این حوزه مطرح ننماید، می توان از بنده فلزی کاندوئیت به عنوان هادی اتصال زمین استفاده نمود درغیر اینصورت می بایست از سیم مجزا استفاده نمود.

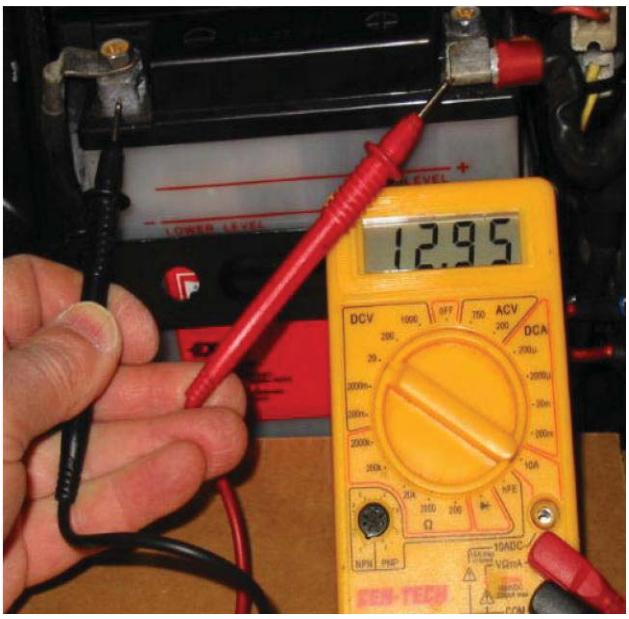


شکل ۱۴۳- آزمون پیوستگی کابل



شکل ۱۴۴- روش‌ها و تکنیک‌های آزمون حفاظت در برابر صاعقه و زمین کردن

- **باتری‌ها:**



شکل ۱۴۵ – آزمون بار باتری با استفاده از مولتی‌متر

- **چک کردن حالت شارژ:**

یک هیدرومتر حالت شارژ باتری را با استفاده از تعیین وزن مخصوص الکترولیت آن مشخص می‌نماید. معمولا وزن مخصوص الکترولیت بین ۱/۱۲۰ و ۱/۲۶۵ است. در الکترولیت ۱/۱۲۰ باتری به طور کامل تخلیه شده است. در الکترولیت ۱/۲۶۵ باتری به طور کامل شارژ شده است. حالت شارژ باتری را می توان از طریق آزمون بار واقعی تعیین نمود:

۱. از یک مولتی‌متر استفاده کنید.

۲. سامانه بار را برای مدت پنج دقیق به باتری متصل نمائید. بارها را قطع کنید و سامانه بار را از باتری جدا نمایید.

۳. ولتاژ دوسر ترمینال‌های هر باتری را اندازه‌گیری کنید.

ولتاژ باتری		وزن مخصوص الکترولیت (Specific Gravity)	حالت عملکرد شارژ (SOC)
۲۴ ولت	۱۲ولت		
۲۵.۳۵	۱۲.۶۸	۱.۲۶۵	٪۱۰۰
۲۵.۲۰	۱۲.۶	۱.۲۵۰	٪۹۰
۲۵.۰۵	۱۲.۵۲	۱.۲۳۵	٪۸۰
۲۴.۸۸	۱۲.۴۴	۱.۲۲۵	٪۷۰
۲۴.۷۲	۱۲.۳۶	۱.۲۱۰	٪۶۰
۲۴.۵۶	۱۲.۲۸	۱.۱۹۰	٪۵۰
۲۴.۴۰	۱۲.۲۰	۱.۱۷۵	٪۴۰
۲۴.۲۰	۱۲.۱۰	۱.۱۶۰	٪۳۰
۲۴.۰۰	۱۲	۱.۱۴۵	٪۲۰
۲۳.۷۰	۱۱.۸۵	۱.۱۳۰	٪۱۰
۲۳.۴۰	۱۱.۷۰	۱.۱۲۰	٪۰

جدول ۹- ولتاژ باتری در حالت عملکرد شارژ

حالت عملکرد شارژ (SOC)		ولتاژ مدار باز (Voc)	
		باتری ۶ ولت	باتری ۲ ولت
٪۱۰۰	۱۲.۷۲یا بیشتر	۶.۳۶ یا بیشتر	۲.۱۲ یا بیشتر
۷۵–۱۰۰٪	۱۲.۷۲ الی ۱۲.۶۰	۶.۳۶ الی ۶.۳۰	۲.۱۲ الی ۲.۱۰
۵۰–۷۵٪	۱۲.۶۰ الی ۱۲.۴۸	۶.۳۰ الی ۶.۲۴	۲.۱۰ الی۲.۰۸
۲۵–۵۰٪	۱۲.۴۸ الی ۱۲.۱۲	۶.۲۴ الی ۶.۹۰	۲.۰۸ الی ۲.۰۳
۰–۲۵٪	۱۲.۱۲ الی ۱۱.۷۰	۶.۹۰ الی ۵.۸۵	۲.۰۳ الی ۱.۹۵
٪۰	۱۱.۷ یا کمتر	۵.۸۵ یا کمتر	۱.۹۵ یا کمتر

جدول ۱۰- ولتاژ مدار باز و پاسخ حالت شارژ و تخلیه کامل باتری‌های سرب اسیدی در زمان آزمون بار

- **شارژ کنترلرها:**

رویه آزمون کردن برای شارژ کنترلرهای موازی (سامانه ۱۲ ولتی)

۱. تنظیم مناسب میزان ولتاژ DC در مولتی‌متر جهت اندازه گیری ولتاژ ترمینال‌های مثبت و منفی آرایه‌ها

۲. ولتاژ DC بین ترمینالهای مثبت و منفی باتری روی کنترلر را اندازه‌گیری کنید.

۳ . اگر کنترلر به طور مناسبی عمل کند. ولتاژ آن باید محدوده ۱۴.۵ الی ۱۳.۵ ولت در هر مدول واقع شده در یک رشته را نمایش دهد.

فرآیند آزمون برای شارژ کنترلر های سری

۱. تمام سیم‌ها را به غیر از سیم جبران کننده دما جدا نمائید. ولتاژ منبع تغذیه را روی عدد صفر تنظیم نمائید.

۲. تنظیم مناسب میزان ولتاژ DC در مولتی متر جهت اندازه‌گیری ولتاژ ترمینال های مثبت و منفی آرایه ها.

۳. به مولتی‌متر نگاه کنید، که ولتاژ منبع تغذیه به تدریج افزایش یافته تا زمانی که برابر با توان نامی شارژ کنترلر گردد.

۴. افزایش ولتاژ را ادامه دهید تا حدی که صفحه نمایش شارژ کنترلر به اندازه ۵۰٪ بیش از میزان تنظیم شده شارژ کنترلر را نمایش دهد. دراین نقطه LED مربوط به شارژ کنترلر باید خاموش شود.

۵. خاتمه شارژ را ثبت کرده و با مشخصات ارائه شده توسط سازنده ارائه نمائید.

۶. مجددا منبع تغذیه را صفر کنید. سپس مولتی متر و منبع تغذیه را به ترمینالهای مثبت و منفی باتری روی شارژ کنترلر انتقال دهید.

۷ . ولتاژی که در آن LED روشن می‌شود، ولتاژ پایین اتصال مجدد باتری است و باید ثبت‌شود و با مشخصات ارائه شده توسط تولید کننده مقایسه شود.

توجه:

از آنجا که بسیاری از شارژ کنترلرها تاخیر زمانی بر روی اتصال مجدد بار دارند، ممکن است لازم باشد تا اتصال منبع تغذیه برای چند دقیقه رها شود. زمان لازم بسته به مدل شارژ کنترلر فرق می‌کند.

پارامتر	دلالیل احتمالی	اقدامات پیشگیرانه
کارکرد نامنظم کنترلر و یا قطع نامناسب بارها	عدم همزمانی تایمر با ساعت واقعی روز	برای راه اندازی مجدد خودکار صبر کنید. اگر آرایه قطع نشد مجدداً ۱۰ ثانیه صبر نموده و آرایه را دوباره وصل نمایید.
فیوز سمت آرایه سوخته است	ولتاژ کم باتری جریان شدید از سمت بار	باتری را تعمیر یا تعویض کنید. باتری ها را به صورت موازی اضافه کنید و از سیم با مقطع بالاتر استفاده کنید.
	کلید بار در موقعیت اشتباهی از کنترلر قرار دارد.	تنظیم مجدد کلید جهت قرارگیری در موقعیت صحیح
	آرایه باتری هایی که هنوز در مدار قرار دارند اتصال کوتاه شده اند.	هنگام آزمون جریان اتصال کوتاه در آرایه ها، باتری‌ها را قطع کنید.
فیوز سمت بار سوخته است	جریان خروجی آرایه ها به سمت شارژکنترلر خیلی زیاد است. جریان کشیده شده بار از شارژ کنترلر بسیار بالا است. نوسانات جریان کشیده شده از بار برای شارژ کنترلر بسیار بالا است	اندازه بار را کاهش دهید یا از شارژ کنترلر با همان ولتاژ و جریان بالاتر بالاتر استفاده کنید.

۲-۳- نکات کلیدی برای یادآوری:

۱- کابل‌های مربوط به مدول فتوولتائیک عموماً با بست‌های کمربندی بسته می‌شوند.

۲- طول عمر بست کمربندی عموماً بسیار کوتاه است و ممکن است سریعا آسیب ببینند. کلیه بست‌های کمربندی آسیب‌دیده را بازرسی و تعویض کنید تا کابل‌ها در وضعیت آویزان و نامناسب قرار نگیرند.

۳- از باز نمودن و دست زدن به داخل تابلوهای برق، به خصوص در شرایط مرطوب بپرهیزید.

۴- پیشنهاد می‌شود که یک برنامه زمان‌بندی دوره ای برای تعمیر و نگهداری داشته باشید. (مراجعه به پیوست)

بررسی بصری وضعیت و شرایط کلیه اتصالات آرایه‌ها و فیوزهای مرتبط با آرایه‌ها در داخل جعبه تقسیم و همچنین نظارت بر خروجی هر ردیف پنل توسط SCADA الزامی است. در برنامه زمان-بندی دوره‌ای تعمیر و نگهداری کلیه عیوب در سامانه مورد بازبینی مجدد قرار گرفته و از تلفات تولید انرژی توسط هر کدام از ردیف پنل‌ها جلوگیری می‌گردد.

همچنین در صورت امکان، تسهیلات هشداردهنده یا نشانگرتشخیص خطای بصری باید در سامانه SCADA گنجانده شود تا به راحتی خطاهای موجود در سامانه قابل شناسایی باشد.

۵- فیوزهای AC نباید در مدارهای ولتاژ DC مورد استفاده قرار گیرند، مگردر صورتیکه کارخانه سازنده فیوز موردی در این خصوص را مشخص کرده باشد.

۶- زمانیکه مدار برق دار است فیوزها نباید تعویض و یا تحت آزمایش قرار گیرند. قبل از تعویض و یا تعمیر فیوز، سامانه را خاموش کنید.

۷- با تجهیزاتی که از منابع تغذیه AC و DC جدا نشده اند، کار نکنید.

فصل پنجم: ایمنی در محل کار

- **مواردی را که باید در این بخش آموخت:**
- **دستوالعمل های ایمنی عمومی**
- **دستوالعمل‌های ایمنی فردی**
- **مخاطرات اصلی ایمنی**

۱- بخش اول: دستورالعمل ایمنی عمومی

- ایمنی در درجه اول اهمیت است. با توسعه صنعت خورشیدی، تعداد تلفات و مرگ و میر ناشی از این حوزه نیز افزایش یافته است. هر سایت شرایط منحصر به فرد خود را داشته و نیازمند به تجزیه و تحلیل دقیق خطرات محتمل و ارائه برنامه‌هایی برای کاهش هرگونه آسیب احتمالی می باشد . الزامات عمومی ایمنی محیط کار ایمن به شرح ذیل می باشند:

۱-۱- ایمنی عمومی

- چیدمان دسترسی به تجهیزات و راه خروج در محیط کار باید ایمن و خالی از موانع باشد.
- راه های ارتباطی باید امن و بدون موانع سد راه باشد.
- ابزارهای عملیاتی را تمیز نگه دارید.

- هنگام حمل یک ابزار متصل شده به پریز برق، دست خود را روی دکمه روشن شدن آن نگذارید.
- در نظر بگیرید که چه لباسی می‌پوشید. لباس‌های شل و جواهرات امکان دارد در قسمت‌های متحرک دستگاه‌ها گیر کنند.
- قبل از تعمیر و تمیز کردن تجهیزات، تعویض لوازم جانبی و در هنگامی که سیستم بلا استفاده است، تجهیزات را از برق جدا کنید.
- افرادی را که مشغول به کار نیستند را از فضای کاری دور نگه دارید.
- دسترسی به یک جعبه کمک‌های اولیه برای کاهش حوادث مربوط به کارکنان و یا هر فرد دیگری که در مجاورت تجهیزات قرارگیرد.

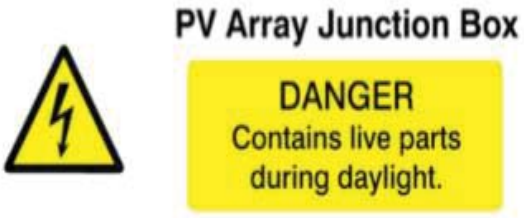
شکل ۱۴۶- جعبه ابزار عایق

- از یک جعبه ابزار عایق استفاده کنید.

- از آنجا که سامانه‌های فتوولتائیک نصب شده بر روی بام در محیط باز قرار دارند باید تمهیدات لازم برای اجتناب از آفتاب سوختگی، خستگی و کم شدن آب بدن (گرمازدگی) درنظر گرفته شود. از کرم ضد آفتاب و در صورت لزوم از کلاه استفاده کنید، لباس‌های رنگ روشن بپوشید و آب زیادی بنوشید.
- همیشه اطلاعیه ایمنی سایت را بخوانید و به آن عمل کنید.

شکل ۱۴۷- اطلاعات ایمنی سایت

۱-۲- دستورالعمل‌های ایمنی اختصاصی:



- انتظار می‌رود که سامانه های فتوولتائیک متصل به شبکه، دارای طول عمری حدود چند دهه داشته باشند، در حالی که ممکن است در برخی موارد در طول این دوره تعمیرات یا اصلاحاتی هم نیاز باشد. به همین دلیل سامانه‌های فتوولتائیک نیاز به محافظت و تعمیر و نگهداری دارند.

- تابلوهای برق باید با عبارت " **خطر برق گرفتگی – حاوی قطعات برق دار** " در طول روز " **برچسب گذاری** " شوند.
- اطمینان حاصل کنید که کلید ایزولاسیون خورشیدی قطع است و سامانه فاقد برق می‌باشد. این کلید ممکن است بر روی صفحه فیوز یا نزدیک اینورتر قرار داشته باشد. در این حالت مدول-های خورشیدی و سیم کشی آنها همچنان به اینورتر / جعبه فیوز متصل باقی خواهند ماند.
- اگر تجهیزات کنترلی یا کابلها به هم ریخته هستند یا به آتش نزدیک بودند، بر گسترش آتش نظارت کرده و با شرکت نصب کننده تماس بگیرید.
- به تجهیزات تولیدکننده برق نزدیک نشوید و با قسمتهایی از تجهیزات که اتصال زمین ندارند تماسی برقرار نکنید.
- قبل از استفاده از اینورتر، اطمینان حاصل کنید که محافظ کابل برق و دیواره پریز برق به درستی زمین شده‌اند.
- تعمیرات و یا آزمایش اینورتری که برقدار است فقط باید توسط تکنسین‌های واجد شرایط انجام شود.

بخش دوم: دستوالعمل‌های ایمنی فردی

۲-۱- اهمیت تجهیزات حفاظت فردی (PPE) :

تجهیزات حفاظت فردی Personal Protective equipment (PPE) آخرین مرحله ایمنی برای حفاظت از کارگران در مقابل خطرات محل کار است. کارفرما باید پیش از مرحله پوشاندن لباسها و

تجهیزات حفاظت فردی به کارگران، تمهیدات لازم را جهت کاهش خطرات محل کار و ایمنی محل انجام دهد.

۲-۲- خطرات اصلی ایمنی :

انواع خطرات

خطرات فیزیکی
خطرات الکتریکی
خطرات شیمیایی

خطر فیزیکی- حفاظت فردی

اعضاء بدن	**تجهیزات ایمنی**
سر	کلاه ایمنی
چشم	عینک ایمنی
صورت	ماسک محافظ صورت
دست و بازو	دستکش
تنه بدن	جلیقه
پاها	کفش‌های ایمنی

توجه:

اگر تجهیزات حفاظت فردی (PPE) به درستی استفاده نشوند یا زمانی که لازم است در دسترس نباشند و یا عملکردشان دچار اختلال شود، (مثلا دستکش کارگر سوراخ باشد) احتمال آسیب وجود دارد؛ بنابر این کارگر محافظت نشده است. استفاده از تجهیزات حفاظت فردی (PPE) به تنهایی کافی نیست و مؤثرترین اقدام ایمنی محسوب نمی‌گردد. خطرات محیط کار می توانند باعث آسیب دیدگی به شرح ذیل گردند :

- گرمای شدید
- ضربه‌های ناشی از ابزار، ماشین آلات و مواد
- مواد شیمیایی خطرناک
- شوک الکتریکی
- خطرات آتش سوزی

کلاه ایمنی:

حفاظت از سر بسیار مهم است، زیرا آسیب به سر بسیار جدی است. کلاه سخت نوعی کلاه ایمنی

است که عمدتا در محیط‌های کاری ، محل‌های صنعتی یا ساختمانی برای محافظت از آسیب‌های ناشی از سقوط اجسام، جلوگیری از ضربه با اشیاء دیگر، آوار، باران و شوک الکتریکی استفاده می-شود.

نوارهای تعلیق درون کلاه ایمنی وزن کلاهک و نیروی هرگونه ضربه را در بالای سر گرفته و خنثی می نماید. این فضا ی خالی حدودا ۳۰ میلیمتر (۱.۲ اینچ) بین پوسته کلاه و سر را فراهم می‌کند، به طوریکه اگر یک جسم با ضربه شدید به پوسته کلاه برخورد کند، ضربه با شدت بسیار کمتری به جمجمه وارد می‌شود.

انواع کلاه ایمنی:

کلاه ایمنی سخت کلاس A :

- این کلاه‌ها افراد را از ضربات ناشی از افتادن اشیا محافظت می‌کنند.
- این کلاه‌ها افراد را از شوک الکتریکی تا ۲۲۰۰ ولت محافظت می‌کنند.

کلاه ایمنی سخت کلاس B :

- این کلاه‌ها افراد را از ضربات ناشی از افتادن اشیا محیط کار محافظت می‌کنند.
- این کلاه‌ها افراد را از شوک الکتریکی تا ۲۰۰۰۰ ولت محافظت می‌کنند.

کلاه ایمنی سخت کلاس C :

- این کلاه ها افراد را از ضربات ناشی از افتادن اشیا محیط کار محافظت می‌کنند.

کلاه لبه دار کلاس D :

کلاه‌های لبه دار به منظور حفاظت از افراد در برابر اجسام بیرون آمده طراحی شده‌اند. این کلاه‌ها عموما از پلاستیک ساخته شده‌اند.

شکل ۱۴۸- عملکرد نادرست، عدم استفاده از کلاه ایمنی

شکل ۱۴۹- عملکرد صحیح، استفاده از کلاه ایمنی

- **عینک ایمنی:**

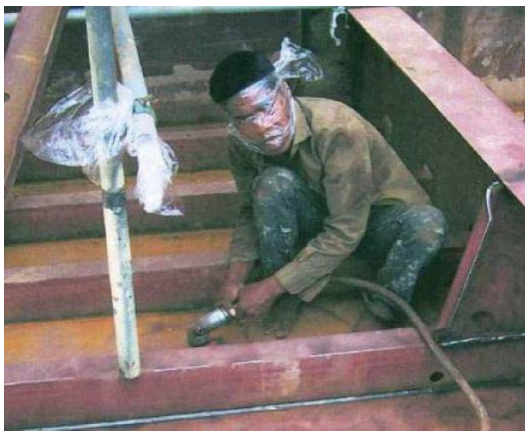
شکل ۱۵۰- روش نادرست- عینک معمولی

شکل ۱۵۱- روش درست- عینک ایمنی

عینک ایمنی تجهیزی برای پوشش و محافظت چشم است که معمولا چشم را از آسیب های محیط اطراف محافظت می کند تا از ورود اشیاع ومواد شیمیایی به چشم ها جلوگیری نماید. هنگام استفاده از ابزارهای قدرتمند مانند دریل و یا اره برقی برای جلوگیری از آسیب دیدن چشم ها، اغلب از چنین عینک‌هایی استفاده می شود.

- استفاده از عینک آفتابی و یا عینک های معمولی بعنوان عینک ایمنی مناسب نمی‌باشد.
- کارکنانی که عینک طبی دارند، باید از عینک‌های ایمنی که به راحتی بر روی عینک‌های طبی مستقر می شود، استفاده نمایند.

ماسک صورت:



شکل ۱۵۲- روش نادرست – بدون ماسک صورت

شکل ۱۵۳- روش درست – با استفاده از ماسک صورت

- **دستکش:**

- ابزار و ماشین‌آلات با لبه تیز می تواند دستان شما را بریده به آن آسیب دارد نمایند. برای کارهای الکتریکی، استفاده از دستکش‌های عایق الکتریکی از مهم‌ترین مقررات حفاظت فردی می‌باشد. برای

موثر بودن، دستکش ایمنی الکتریکی باید دارای قدرت دی‌الکتریک و مقاومت فیزیکی، همراه با انعطاف پذیری و دوام بالا باشد.

- دو نوع دستکش معمولا استفاده می شود: دستکش‌های PVC و دستکش‌های پنبه‌ای یا نخی

شکل ۱۵۴- دستکش PVC

شکل ۱۵۵- دستکش پنبه‌ای یا نخی

شکل ۱۵۶- روش نادرست – بدون استفاده از دستکش ایمنی

شکل ۱۵۷- روش درست – با استفاده از دستکش ایمنی

- **کمربند ایمنی/ مهار کننده بدن**

کمربند ایمنی و یا مهارکننده بدن دارای مزایای زیر است:

- حفاظت فردی در برابر سقوط از سازه‌های بلند.
- فراهم کردن موقعیت کار راحت با حفاظت در برابر عدم تعادل و لغزش
- بالا رفتن با استفاده از یک لنگرگاه و خط تعلیق و رسیدن به مکانی که از داخل ساختمان قابل دسترسی نیست.

جلیقه‌هایی که پوشش خارجی آنها از PVC پوشیده شده و از بدن در برابر شرایط بد آب و هوایی، آسیب دیدن ناشی از ابزارهای تیز و مواد شیمیایی یا مایعاتی که نباید در تماس با بدن قرار گیرند، محافظت می‌کنند.

شکل ۱۵۸- روش نادرست – بدون استفاده از کمربند ایمنی

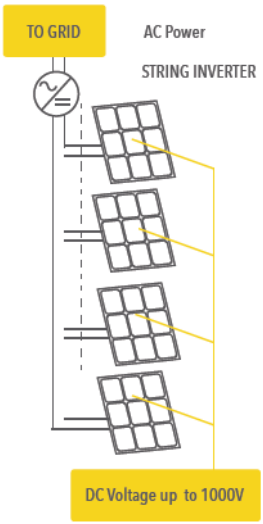
شکل ۱۵۹- روش درست – با استفاده از کمربند ایمنی

- کفش ایمنی:

شکل ۱۶۰- روش نادرست – بدون استفاده از کفش ایمنی

شکل ۱۶۱- روش درست – با استفاده از کفش ایمنی

- کفش‌های ایمنی، افراد را از شوک الکتریکی و سوختگی، گرمای شدید، رطوبت شدید (می‌تواند به عفونت های قارچی منجر شود) و لغزش (روغن، آب، صابون، موم و دیگر مواد شیمیایی که می‌تواند باعث لغزش و سقوط شود) محافظت می‌کند.
- در حین کار، اشیاء سنگین می‌توانند بر روی پای شما بیفتند. اگر در اطراف شما اجسام تیز وجود دارد، ممکن است گام های شما بر روی اشیاء تیز رفته و منجر به آسیب رساندن به پای شما گردد.
- سه الی چهار مدول فعال می‌توانند ولتاژی خطرناک برای دست زدن به سیم های مربوطه ایجاد نمایند. بنابراین، احتیاط های ایمنی باید مد نظر قرار گیرد.
- اگر اینورتر از سمت مدول‌ها یا از طرف خروجی AC قطع شود، احتمال ولتاژ بالا و خطرناک در اینورتر وجود دارد.



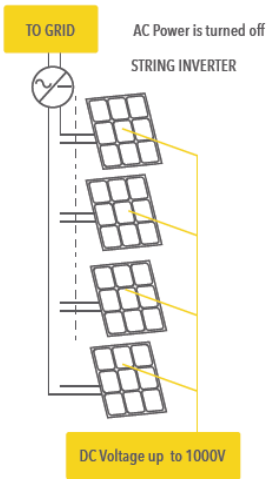
شکل ۱۶۲- برق AC روشن است

- **خطرات برق گرفتگی:**

خطرات موجود برای پرسنل نگهداری و نصب کننده سامانه

- خطرات برق گرفتگی به خصوص در فعالیت‌های نگهداری در بخش‌های برقی نیروگاه فتوولتائیک وجود دارد. به ویژه، هنگام اتصال آرایه‌ها، در طول فرآیند نصب، راه اندازی و تعویض مدول‌های فتوولتائیک خطرات برق گرفتگی وجود دارد.

شایع ترین خطرات برق گرفتگی که متوجه پرسنل نصب و تعمیر و نگهداری هستند، خطر شوک الکتریکی و سوختگی، انقباض عضلات و سایر صدمات شدید می‌باشند. هر زمان که اقدامات ایمنی مناسب انجام نشود، احتمال وقوع آنها وجود دارد. تخمین شدت آسیب الکتریکی دشوار است، زیرا اگر بدن انسان در معرض ولتاژ قرار گیرد مانند یک مقاومت عمل نموده و اجازه عبور جریان را می‌دهد.



شکل ۱۶۳– برق AC خاموش است

- **خطرات پیش روی آتش نشانان یا اطفاء کنندگان حریق :**

- مفروضات اشتباه می‌تواند به فاجعه منجر شود. آتش نشانان معمولا به عنوان یک روش احتیاطی، شبکه برق ساختمان‌ها را قبل از خاموش نمودن آتش قطع می‌نمایند. آن‌ها بر این باورند که هنگامی که شبکه برق قطع شده‌است هیچ خطر برق گرفتگی به واسطه پاشیدن و اسپری نمودن آب وجود نخواهد داشت.
- متاسفانه این فرض در مورد سامانه های فتوولتائیک نصب شده بر روی بام ساختمان درست نمی‌باشد. سامانه‌های فتوولتائیک همیشه با قرار گرفتن در معرض نور خورشید دارای انرژی (برقدار) هستند. سامانه‌های فتوولتائیک قدیمی تر در پشت بام‌ها با ولتاژ بیش از ۱۰۰۰ ولت DC کار میکنند. در سامانه‌های مدرن‌تر این ولتاژ تا ۱۵۰۰ ولت نیز افزایش می یابد. با قطع کردن برق جریان قطع می‌گردد، این در حالی است که ولتاژ برق حتی با قطع جریان نیز باقی می‌ماند.
- همیشه ولتاژ بین هادی و هر سیم دیگر را با زمین بررسی کنید.
- همیشه دستکش بپوشید و از دست زدن به قطعات هادی (به عنوان مثال ترمینال باتری، فلز و قاب های نصب شده) با دست ها لخت (بدون دستکش) جلوگیری کنید.
- جرقه الکتریکی و اتصالات شل شده می‌توانند منجر به آتش‌سوزی شوند، معیارهای درست پیشگیری ذیل را به کار ببرید:
  - از ابزارهای عایق استفاده کنید. (به عنوان مثال، آچار های عایق دار)
  - اطمینان حاصل کنید که ترمینال‌های باتری پوشیده هستند.
  - اتصالات و افت ولتاژ را بررسی کنید.
  - تمام پیچ ها را محکم کنید.
  - کابل‌ها و ترمینال‌ها را به صورت دوره ای بررسی کنید.

مقدار مقاومت با شرایط تغییر می‌کند. (در شرایط مرطوب :۱۰۰۰ اهم – در شرایط خشک: ۱۰۰/۰۰۰ اهم) حتی یک جریان ناچیز (درحدود mA) نیز برای ایجاد صدمه کافی است. لیستی از جریان DC و AC بر حسب (mA) و خطرات الکتریکی مربوط به آنها در زیر آمده است:

واکنش و عکس‌العمل بعد از شوک الکتریکی	جریان	
	DC	AC
احساس : سوزش یا خارش	6 mA	1 mA
شوک : حفظ کنترل ماهیچه، ممکن است منجر به سوختگی و صدمه گردد.	9 mA	2 mA
شوک شدید: از دست دادن کنترل عضلانی، سوختگی و خفگی شدید.	90 mA	100mA
انقباض درونی که ممکن است منجر به مرگ شود.	500 mA	100mA
ایست قلبی : دمای بدن انسان افزایش می یابد، مرگ در عرض چند دقیقه اتفاق می‌افتد.	>1 A	>1 A

جدول ۱۱ – جریان‌های DC و AC برحسب (میلی آمپر) و خطرات شوک الکتریکی ناشی از آن

- **خطرات شیمیایی:**

زمانی که باتری (لید اسید) شارژ می‌شود، هیدروژن تولید می‌گردد. بنابراین، باتری را در محیطی با تهویه مناسب و دور از شعله و تجهیزاتی که باعث ایجاد جرقه می‌شوند نصب نمایید.

از یک خاموش کننده چند منظوره در محیط استفاده کنید. از به کار بردن خاموش کننده حاوی CO2 اجتناب کنید زیرا آنها آتش را با از بین بردن اکسیژن خاموش می‌کنند.

طبقه بندی خاموش کننده‌های آتش:

کلاس A : برای آتش سوزی شامل مواد قابل احتراق مانند کاغذ و چوب.

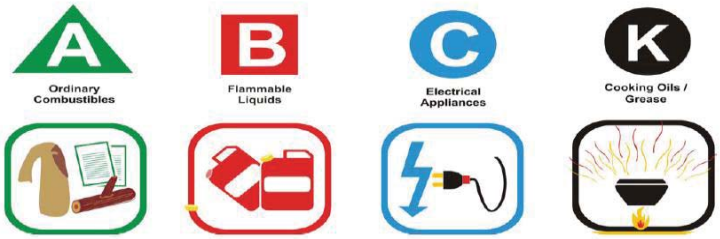
کلاس B : برای آتش سوزی شامل مایعات قابل احتراق یا گاز، گریس و مواد مشابه.

کلاس C : برای آتش سوزی شامل تجهیزات الکتریکی که برق دار هستند.

کلاس K : برای آتش سوزی شامل فلزات قابل احتراق.

- **توجه:**

برای آتش سوزی تجهیزات الکتریکی از پودر و CO2 استفاده می‌شود.



شکل ۱۶۴- خاموش کننده‌های آتش

۲-۳- نکات کلیدی که باید به خاطر سپرده شود:

اکثر مشاغل ساختمانی به مراکز پزشکی و امکانات درمانی دسترسی آسان دارند. این در حالی است که برخی از این مشاغل در مناطق دور افتاده قراردارند و به دور از هرگونه امکانات پزشکی و درمانی می باشند. هنگامی که دستورالعمل را برای مواقع اضطراری تدوین می نمایید می‌بایست موارد زیر را درنظر بگیرید:(موارد ذیل می بایست مورد توجه افرادی که در سایت مشغول به کار نمی باشند نیز مورد توجه قرارگیرد.

۱- چند نفر در سایت مشغول به کار هستند.

۲- آیا انتظار می‌رود، افراد مشغول به کار در سایت در زمان مشخص دست از کار کشیده و از محل کار باز می‌گردند؟

۳- آیا افراد به خدمات تلفنی دسترسی دارند؟

۴- آیا کارکنان، آموزش ایمنی مناسب برای کارهایی که انجام می دهند را دیده‌اند؟

۵- آیا جعبه کمک های اولیه قابل دسترسی برای کارکنان می‌باشد؟

۶- آیا بیمارستان یا درمانگاهی در مجاورت محل کار وجود دارد؟

۷- آیا کارکنان از تجهیزات ایمنی مناسب در محل کار استفاده می نمایند؟ (تجهیزات حفاظت در برابر سقوط و سایر تجهیزات ایمنی)

۸- آیا آخرین اطلاعات فردی کارکنان مانند شماره تلفن و اطلاعات پزشکی در دسترس می‌باشد؟

۹- آیا طرحی برای مواجهه با شرایط اضطراری وجود دارد؟

فصل ششم: قرائت قبض برق نیروگاه های خورشیدی

درآمد حاصل از نصب سامانه فتوولتائیک بر روی بام ساختمان‌ها

مواردی که می آموزیم

۱- بخش اول : محاسبه میزان تولید انرژی الکتریکی

- برآورد ریالی **انرژی تولید شده حاصل از سامانه های فتوولتائیک نصب شده بر روی بام**

مطابق با قانون خرید تضمینی برق ابلاغیه از سوی وزیر محترم نیرو مطابق با شکل ۱۶۷ (که در زمان تهیه این کتابچه معتبر می باشد)، هر کیلووات ساعت انرژی الکتریکی حاصل از سامانه های فتوولتائیک در مقیاس محدود به ظرفیت انشعاب برای سامانه های پشت بامی تا ۲۰ کیلووات معادل ۱۰۴۰۰ریال به ازای هر کیلووات ساعت و برای سامانه های پشت بامی مابین ۲۰ تا ۱۰۰ کیلووات معادل ۹۱۰۰ ریال به ازای هر کیلووات ساعت می باشد این موضوع در جدول ۱۲ ارائه شده است.

جمهوری اسلامی ایران
وزارت نیرو

شماره: ۹۸/۳۳۵۶۰/۲۰/۱۰۰
تاریخ: ۱۳۹۸/۰۷/۲۰
پیوست:

وزیر

بسمه‌تعالی

مصوبه وزیر

موضوع مصوبه: تعیین ضوابط تضمین خرید انرژی برق تولیدی نیروگاه‌های تجدیدپذیر و پاک
مستندات قانونی: ماده ۶۱ قانون اصلاح الگوی مصرف انرژی و تصویب‌نامه شماره ۱۵۳۴۴۰/ت۵۲۳۷۵هـ مورخ ۱۳۹۴/۱۱/۲۱ هیأت وزیران، ماده ۶۲ قانون تنظیم بخشی از مقررات مالی دولت، بندهای (الف)، (د)، (هـ) و (ز) ماده ۱ قانون تأسیس وزارت نیرو و مواد ۷ و ۱۲ قانون سازمان برق ایران

شکل ۱۶۵ – مصوبه خرید تضمینی برق ابلاغی از سوی وزیر نیرو

ردیف	مولدهای مختص مشترکین برق تا سقف ظرفیت انشعاب		نرخ پایه خرید تضمینی برق (ریال بر کیلووات‌ساعت)
۱	بادی با ظرفیت یک مگاوات و کمتر		۷۴۱۰
۲	خورشیدی	با ظرفیت ۱۰۰ کیلووات و کمتر	۹۱۰۰
		با ظرفیت ۲۰ کیلووات و کمتر	۱۰۴۰۰

جدول ۱-۱۲- تعرفه خرید تضمینی برق برای سامانه‌های فتوولتائیک نصب شده بر بام ساختمان‌ها

در مصوبه فوق، سامانه‌های نصب شده با ظرفیت پائین و قابل احداث بر پشت بام ساختمان‌ها با عنوان سامانه های فتوولتائیک تا سقف ۱۰۰ کیلووات سامانه های محدود به ظرفیت انشعاب نامیده می شود. کلیه قوانین و مراحل کاری برای اجرای این سامانه ها در وب سایت اینترنتی ساتبا به آدرس: www.satba.org.ir بطور کامل و شفاف اعلام شده است و متقاضیان محترم جهت احداث این سامانه ها می توانند با مراجعه به این وبسایت اقدام نمایند. در وبسایت مذکور فرآیند انجام کار، موارد فنی، قانونی وحقوقی در قالب کتابچه راهنما توضیح داده شده است.

جهت برآورد مالی میزان تولید انرژی از طریق سامانه های محدود به ظرفیت انشعاب، لازم است ابتدا برآوردی جهت میزان تولید انرژی الکتریکی حاصل از هرکیلووات سامانه فتوولتائیک در چند نقطه مختلف از کشور داشته باشیم و سپس متوسط میزان درآمد حاصل از احداث هرکیلووات سامانه نصب شده بر بام ساختمانه (محدود به ظرفیت انشعاب) را برمبنای قیمت پایه خرید تضمینی برق، محاسبه نماییم.

متوسط میزان انرژی الکتریکی تولیدی ماهانه برای چند استان مختلف در کشور به شرح زیر است.

ردیف	نام استان	۱۵ بهمن الی ۱۵فروردین	۱۵ فروردین تا ۱۵ خرداد	۱۵خردا تا ۱۵ مرداد	۱۵مرداد تا ۱۵ مهر	۱۵مهر تا ۱۵آذر	۱۵آذر تا ۱۵ بهمن
۱	اصفهان	218.21	236.01	372.27	333.36	234.04	237.14
۲	بوشهر	268.05	293.36	353.525	329.8	202.175	184.05
۳	خراسان- شهر مشهد	168.91	272.8	327.56	321.38	219.89	188.07

جدول۲-۱۲ - متوسط میزان انرژی الکتریکی تولیدی ماهانه برای چند استان مختلف

در این برآورد متوسط میزان تولید انرژی الکتریکی سالانه به ازای هر کیلووات بر اساس متوسط تولید سامانه های نصب شده در چند استان مختلف بعنوان نمایمده مناطق مختلف کشور در جدول زیر ارائه می گردد.

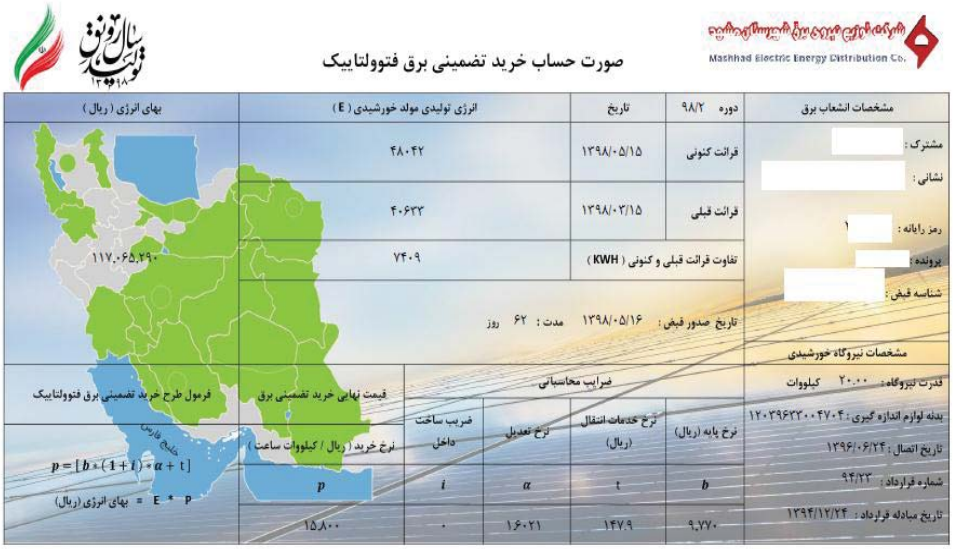
ردیف	نام استان	میزان تولید به ازای هر کیلووات در سال	ضریب ظرفیت
۱	اصفهان	۱۶۳۱	٪۱۸.۶
۲	بوشهر	۱۶۳۰	٪۱۸.۶
۳	خراسان	۱۴۹۸	٪۱۷

جدول۱۳ - برآورد متوسط میزان تولید انرژی الکتریکی سالانه برای چند استان مختلف

بنابراین درآمد حاصل از هر کیلووات سامانه فتوولتائیک محدود به ظرفیت انشعاب تا سقف ۱۰۰ کیلووات برای دوبازه قیمتی تا ۲۰ کیلووات وتا ۱۰۰ کیلووات به شرح زیر می‌باشد.

ردیف	نام استان	میزان تولید به ازای هر کیلووات در سال	درآمد سالانه برای سامانه های کمتر از ۲۰ کیلووات (ریال)	درآمد سالانه برای سامانه های بیشتر از ۲۰ کیلووات(ریال)
۱	اصفهان	۱۶۳۱	۱۶٫۹۶۲٫۴۰۰	۱۴٫۸۴۲٫۱۰۰
۲	بوشهر	۱۶۳۰	۱۶٫۹۵۲٫۰۰۰	۱۴٫۸۳۳٫۰۰۰
۳	خراسان– شهر مشهد	۱۴۹۸	۱۵٫۵۷۹٫۲۰۰	۱۳٫۶۳۱٫۸۰۰

بدیهی است میزان مبلغ ودرآمد اعلام شده بر مبنای نرخ پایه مطابق با مصوبه شماره ۹۸/۳۳۵۶۰/۲۰/۱۰۰ مورخ ۱۳۹۸/۰۷/۲۰بوده ومطابق قانون خرید تضمینی برق پس از احداث سامانه و بهره برداری، به مبالغ نرخ خرید پایه مطابق فرمول اعلام شده در قانون نرخ تعدیل اعمال خواهد شد و مبالغ هر ماه مطابق با آن تغییر خواهد نمود. در شکل ۱۶۸، نمونه‌ای از یک قبض برق برای سامانه‌های محدود به ظرفیت انشعاب نشان داده شده است.



صورت حساب خرید تضمینی برق فتوولتاییک

مشخصات انشعاب برق	دوره ۹۸/۲	تاریخ	انرژی تولیدی مولد خورشیدی (E)	بهای انرژی (ریال)
مشترک :	قرائت کنونی	۱۳۹۸/۰۵/۱۵	۴۸۰۴۲	
نشانی :	قرائت قبلی	۱۳۹۸/۰۳/۱۵	۴۰۶۳۲	
رمز رایانه : ۱	تفاوت قرائت قبلی و کنونی (KWH)		۷۴۰۹	۱۱۷،۰۶۵،۲۹۰
پرونده :	تاریخ صدور قبض : ۱۳۹۸/۰۵/۱۶ مدت : ۶۲ روز			
شناسه قبض :				

مشخصات نیروگاه خورشیدی	ضرایب محاسباتی				قیمت نهایی خرید تضمینی برق	فرمول طرح خرید تضمینی برق فتوولتاییک
قدرت نیروگاه : ۲۰،۰۰ کیلووات	نرخ پایه (ریال)	نرخ خدمات انتقال (ریال)	نرخ تعدیل	ضریب ساخت داخل	نرخ خرید (ریال / کیلووات ساعت)	
بدنه لوازم اندازه گیری : ۱۲۰۲۹۶۴۲۰۰۴۷۰۴						$p=[b*(1+i)]*\alpha+t$
تاریخ اتصال : ۱۳۹۶/۰۶/۲۴	b	t	α	i	p	بهای انرژی (ریال) = E * P
شماره قرارداد : ۹۴/۲۲						
تاریخ مبادله قرارداد : ۱۳۹۴/۱۲/۲۴	۹،۷۷۰	۱۴۷۹	۱۶۰۲۱	۰	۱۵،۸۰۰	

شکل ۱۶۶- قبض برق نمونه برای سامانه‌های مختص مشترکین

فصل هفتم : مستندسازی

مستندسازی نقش مهمی در درک اجزای سیستم ایفا می‌کند (شماره مدل، وارانتی، کتابچه راهنمای کاربر، شماره تماس، ایمنی و غیره).

در سامانه‌های فتوولتاییک نصب شده بر روی بام RTPV شخص واجد شرایط همیشه در سایت وجود ندارد، بنابراین دسترسی به اطلاعات به خصوص در طول زمان تعمیر و نگهداری مفید است.

به عنوان مثال، اگر اینورتر نیاز به تعویض داشته باشد یکی از نیازها داشتن اطلاعات مربوط به وارانتی، شماره مدل، اطلاعات ارائه شده توسط کارخانه سازنده و غیره باشد.

همه اطلاعات در یک محل موجود است،در صورت بروز وضعیت اضطراری، مشتری باید یک مرجع برای دسترسی آسان به کلیه اطلاعات در خصوص سامانه را داشته باشد.

۱- بخش اول : ضرورت مستندسازی و اهمیت ارائه خدمات اطلاعات و فناوری(ITC):

- مستندات سازی سامانه

ردیف	سند	اهداف و دامنه کاربرد
۱	نمودار توصیف سامانه	• این مستندات دید کلی از سامانه و یک فهم کلی از چارچوب آن را ارائه می-کند. • ارائه جانمایی از محل استقرار سامانه فتوولتاییک اعم از ابعاد بام یا بالکن و ارائه محل استقرار هر یک از تجهیزات سامانه شامل: مدول‌ها، اینورترها، جعبه تقسیم‌های AC و DC ، ترانسفورماتورها(در صورت نیاز) و غیره. • هریک از تجهیزات می‌بایست برچسب گذاری شده و قابل شناسایی باشند. این نقشه‌ها می‌توانند وضعیت استقرار سامانه نصب شده را نمایش دهند. • مدول‌ها و آرایه‌ها می‌بایست مطابق با نقشه‌ها برچسب‌گذاری گردند، تا درصورت لزوم دسترسی به آن‌ها آسان گردد.
۲	نقشه جانمایی تجهیزات/ اتصالات داخلی	• این روش می‌تواند برای هر مهندس یا تکنسینی در فرآیند عیب‌یابی مطلوب باشد. • روش برچسب گذاری، نحوه چیدمان تجهیزات و همچنین اتصالات داخلی مدول‌های فتوولتاییک، جعبه تقسیم‌ها، اینورترها، ترانسفورماتورها(در صورت نیاز) و اتصالات مربوط به کنتور را به وضوح مشخص می‌نماید. • علاوه بر این، این نقشه ها نشان دهنده طرح اتصالات داخلی سامانه زمینی برای تجهیزات مختلف AC وDC، صاعقه گیر و همچنین مشخص نمودن چاهک ارت می‌باشند. • این روش می‌تواند برای هر مهندس یا تکنسینی در فرآیند عیب‌یابی مطلوب باشد.
۳	نقشه جانمایی سامانه ارت و سیم کشی‌ها	
۴	دیاگرام تک خطی	• این دیاگرام ساختار الکتریکی سامانه فتوولتاییک را به همراه مشخصات اصلی تشکیل دهنده آن نشان می‌دهد. • این روش می‌تواند برای هر مهندس یا تکنسینی در فرآیند عیب یابی مطلوب باشد.
۵	گزارش برآورد تولید برق	• برآورد میزان انرژی نیروگاه را می‌توان براساس شاخص های عملکردی نیروگاه و تلفات مورد انتظار آن و با در دسترس بودن داده‌های هواشناسی به صورت دستی و یا با نرم‌افزارهایPVSyst یا PVSOL محاسبه نمود.

- مستندات سازی اجزا
- مستندات سازی تعمیر و نگهداری

اسناد فنی و نقشه‌های در مراحل مختلف اعم از تعمیر و نگهداری و بازرسی سامانه های فتوولتاییک مورد نیاز خواهد بود.

۱-۱- مستند سازی سامانه :

تمام مستنداتی که بیانگر نمای کلی یک سامانه فتوولتاییک نصب شده بر بام می‌باشد را پوشش می‌دهد.

لطفا به پیوست یک مراجعه کنید.

۱-۲- مستندسازی تعمیر و نگهداری:

این مستندات تمامی اطلاعات مربوط به شرکت ارائه دهنده خدمات را پوشش می‌دهد. وجود آن در فرآیند تعویض و تعمیر قطعات معیوب الزامی می‌باشد.

ردیف	سند	اهداف و دامنه کاربرد
۱	مستندسازی خدمات	• فاکتور شرکت ارائه دهنده خدمات تعمیر و نگهداری. • قرارداد خدمات تعمیر و نگداری می‌بایست به شرح ذیل باشد: ۱- آیا برنامه زمان‌بندی خدمات پشتیبانی ارائه شده است؟ ۲- چه نوع خدماتی در قرارداد خدمات پشتیبانی ارائه شده است؟ ۳- زمان مراجعه شرکت خدمات پشتیبانی دهنده پس از تماس کارفرما چقدر می‌باشد؟ ۴- چه مشکلاتی در سامانه منجر به تحمیل هزینه به کارفرما می‌گردد؟ • حصول اطمینان از دریافت سطح صحیح خدمات بسیار ضروری است.
۲	اطلاعات تماس	• دسترسی به آدرس شرکت‌هایی اعم از: شرکت نصاب، توسعه دهندگان پروژه، پیمانکاران EPC، طراحان و شرکت‌های سرمایه‌گذاری و غیره. • شرکت‌های خدمات پشتیبانی و تعمیر و نگهداری.

۱-۳- مستند سازی اجزاء :

در این مستندات جزییات اطلاعات مربوط به تمام تجهیزات و اجزای ارائه شده وجود آن در فرآیند تعویض و تعمیر و نگهداری قطعات معیوب الزامی می‌باشد.

ردیف	سند	اهداف و دامنه کاربرد
۱	اطلاعات مربوط به اجزاء (داده برگ‌ها)	• شامل(داده برگ‌ها) اعم از مدول‌های فتوولتاییک، اینورترها، ترانسفورماتورها (در صورت وجود)، جعبه تقسیم‌های DC و AC،کابل‌های DC وAC، اتصالات مربوط به کابل DC، کابل های اتصال زمین، صاعقه‌گیر، ابزارهای حفاظتی جریان‌های بالا و غیرعادی، قطع کننده ها/عایق‌ها، چاله زمین، سامانه مانیتورینگ(درصورت وجود) و کنتور برق. • داده برگ‌ها می‌توانند شامل کلیه اطلاعات مربوط به جزییات میزان تولید سامانه باشند. • این اطلاعات برای مهندسان و تکنیسین‌هایی که جهت عیب یابی و تعمیر و نگهداری به سامانه مرجعه می‌نمایند، مفید می‌باشد.
۲	گواهینامه‌های وارانتی	• ارائه گواهینامه‌های وارانتی مدول‌های فتوولتاییک، اینورترها، ترانسفورماتورها(در صورت وجود)، صاعقه‌گیر (در صورت وجود) و غیره توسط سازنده اصلی تجهیزات (OEM). • وجود این گواهینامه‌ها در فرآیند تعویض و تعمیر و نگهداری قطعات معیوب الزامی می‌باشد.
۳	سایر گواهینامه‌ها	• استانداردهای IEC و سایر گواهینامه‌های مربوط به مدول‌های فتوولتاییک و اینورترها • حاوی گواهینامه‌های آزمون مدول‌های فتوولتاییک بطوریکه کیفیت فتوولتاییک مدول‌ها و اینورترها بخاطر این که کیفیت هر یک از ماژول ها حفظ شود. • همچنین برای اهداف ایمنی هم این موارد ضروری است.
۴	صورتحساب (فاکتور) تمام محصولات	• شامل صورتحساب تمام محصولات خریداری شده • وجود این مستندات در فرآیند تعویض و تعمیر و نگهداری قطعات معیوب الزامی می‌باشد.

فصل هشتم: شیوه‌های بهره‌برداری و نگهداری سامانه‌های خورشیدی فتوولتائیک نصب شده بربام ساختمان‌ها در کشور ایران – (کاربرد عمومی- سطح مبتدی)

مقدمه‌ای بر بهره برداری و نگهداری سامانه های خورشیدی فتوولتائیک

در راستای صیانت از منابع و سرمایه‌های بخش خصوصی، بهره برداری و نگهداری صحیح و مدیریت راهبردی این سامانه های مذکور در کشور، این فصل از کتاب برای کاربری عموم (سطح مبتدی) و مصرف کنندگان نهایی که مشترکین شبکه سراسری می باشند، ارائه گردیده است.

برخلاف تصور عمومی که به اشتباه این سامانه‌ها را نیازمند به تعمیر و نگهداری نمی‌دانند، این سامانه ها به بهره برداری، نگهداری، تعمیر و بازدید های دوره ای حداقل، پس از نصب و راه‌اندازی نیاز دارند. ایمنی و نگهداری از تاسیسات این سامانه‌ها، توسط برخی از ساکنین نیروگاه نادیده گرفته می‌شود. که این امر علاوه بر ایجاد خطرات جانی، می‌تواند منجر به صدمات جبران ناپذیری در این حوزه گردد.

• اهمیت و مزایای تعمیر و نگهداری

اگرچه سامانه خورشیدی فتوولتائیک نصب شده بر روی بام ساختمان‌ها نیاز به تعمیر و نگهداری روزانه ندارد، اما مهم است که اطمینان حاصل شود که این سامانه به خوبی نگهداری شده و در سطح مطلوب عمل خواهد کرد، لذا، عملیات تعمیر و نگهداری (O&M) بخش جدایی ناپذیر ازاین نوع سامانه می‌باشد.

کیفیت سامانه خورشیدی فتوولتائیک نصب شده بر روی بام ساختمان‌ها در طول عمر آن سامانه، و همچنین اطمینان از بازگشت سرمایه از منظر سرمایه گذار از اهمیت ویژه ای برخوردار است.

به طور کلی، تصور عمومی بر این است که سامانه های خورشیدی فتوولتائیک، هیچگونه تعمیر و نگهداری نیاز ندارند. این موضوع تا حدی درست است اما، متأسفانه گمراه کننده نیز می‌باشد. بهره گیری از سامانه فتوولتائیک، سرمایه گذاری است که انتظار می‌رود برای مدت ۲۰ تا ۲۵ سال به طول انجامد. در نهایت وقتی که به این راهبرد در سرمایه گذاری می رسیم، باید مسائل مربوط به بهره برداری و نگهداری را نیز مد نظر قرار دهیم. لذا سرمایه گذار می‌بایست مسایل مربوط به عملکرد و احتساب هزینه ها در این بخش را مدنظر قراردهد.

از آنجا که یک سامانه نصب شده بر روی بام از اجزای AC و DC تشکیل شده است معمولا دارای ولتاژهای قابل ملاحظه ای نیز هستند، لذا ایمنی نیز یک مسئله اصلی در این سامانه ها است که باید مورد توجه ویژه قرار گیرد.

با اطمینان از اجرای صحیح ضوابط و مقررات فنی در فرآیند مباحث بهره‌برداری و نگهداری از سامانه در فواصل زمانی مناسب، می توان تلفات را کاهش و تولید انرژی حاصل از منبع تامین کننده آن را افزایش داد. بخش های زیر بهترین شیوه های تعمیر ونگهداری را برای سامانه‌های فتوولتائیک نصب شده بر روی بام ساختمان ها مطرح می کنند، اما برخی از این موارد به همان اندازه برای سامانه متداول زمینی نیز کاربرد دارند

.

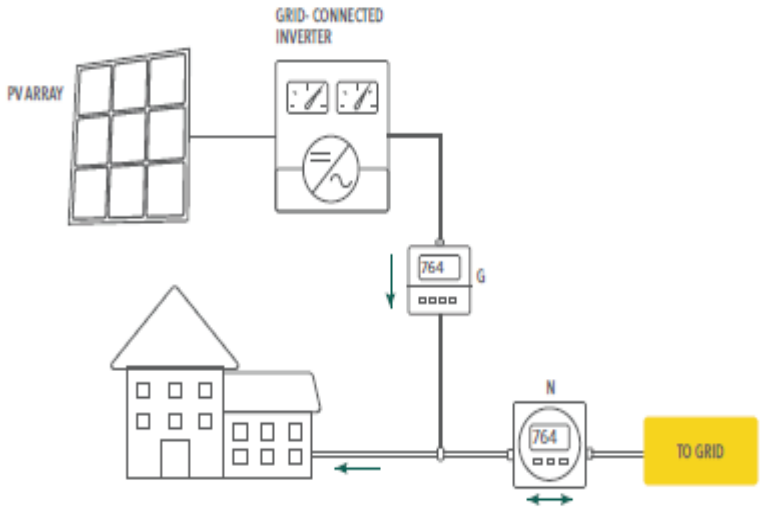
خروجی مورد انتظار

تجربه بهره برداری و نگهداری و چالش های آن برای جلوگیری از قطع تولید نیرو و برآورد تولید انرژی برای امنیت انرژی در آینده، بسیار مهم است.

• مروری بر سامانه های نصب شده بر بام ساختمان ها و اجزا تشکیل دهنده آن

سامانه‌های خورشیدی فتوولتائیک متصل به شبکه مستقیما به شبکه توزیع متصل می‌شوند. در این سامانه‌ها غالبا از باتری استفاده نمی‌گردد. اینورتر مورد استفاده در این سامانه‌ها از نوع متصل به شبکه می باشد. انرژی الکتریکی حاصل از این سامانه ها به شبکه سراسری برق تزریق می شود.

براساس انرژی تزریقی به شبکه هزینه انرژی حاصل مطابق با ضوابط مندرج در فرایند خرید تضمینی در کشور برق آن محاسبه و درآمد ناشی از آن به مالکین نیروگاه پرداخت می گردد. شکل زیر سامانه متصل به شبکه را نشان می دهد.



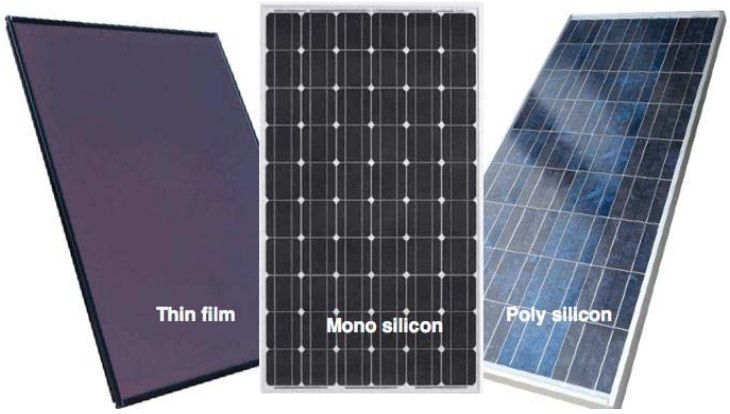
شکل ۱- سامانه فتوولتائیک متصل به شبکه

اجزا تشکیل دهنده

- **مدول‌ها:**

مدول‌های فتوولتائیک نور خورشید را مستقیماً به برق DC تبدیل می‌کنند. سلول های خورشیدی که معمولا از کریستال ، پلی کریستال یا کریستال آمورف یا سایر نیمه هادی‌های مرکب مانند کادمیوم تلوراید (Cadmium Telluride-CdTe) و ایندیم گالیم سلناید مس (Indium Gallium Selenide-CIGS Copper) ساخته شده اند و در یک مدول فتوولتائیک به هم متصل شده اند. در بازار، مدول های مختلف براساس مشخصات فنی، قیمت و سایر ملاحظات فنی مورد استفاده قرار می‌گیرند. این موارد عمدتا با توجه به نوع سلول آن به شرح زیر معرفی می‌شوند:

- منوکریستال
- پلی کریستال
- فیلم نازک (آمورف، میکرو کریستالی، CdTe یا مدول های CIS)



شکل ۲- مدول های فتوولتائیک

– سازه های سامانه خورشیدی فتوولتائیک:

سازه های سامانه فتوولتائیک (MMS) برای حفاظت و نگهداری از مدول های فتوولتائیک به منظور جمع آوری حداکثر نور خورشید مورد استفاده قرار می‌گیرد. در ساخت این سازه ها موارد زیر می بایست مد نظر قرار گیرد:

– تراس، پشت بام یا جایی که سامانه فتوولتائیک در آن نصب می شود، می بایست تحمل ظرفیت بار یا وزن سامانه فتوولتائیک را داشته باشد.

- در نظر گرفتن بارهای متعارف و حداکثر نیروی ناشی از باد به همراه (ضریب) ارتفاع در مکانی که سامانه فتوولتائیک نصب می شود.

- در نظر گرفتن ضریب اطمینان برای مناطق زلزله خیز.

- ملاحظات دیگر اعم از شرایط محیطی، رطوبت و شرایط خوردگی و زنگ زدگی و شرایط ظاهری در نظر گرفته شود.

شکل ۳ – سازه نگهدارنده و مدول های فتوولتائیک

- **اینورتر:**

اینورترها یکی از مهمترین اجزای سامانه خورشیدی فتوولتائیک هستند که نه تنها عملکرد مربوط به توان را انجام می دهند، بلکه مسئولیت مدیریت سامانه را نیز بر عهده دارند.

شکل ۴- تصویری از اینورتر فتوولتائیک متصل به شبکه

- **کابل ها:**

کابل ها نقش بسیار مهمی در طراحی سامانه، ارتباطات و دیگر تنظیمات آرایه یک نیروگاه خورشیدی دارند. کابل ها باید به گونه ای طراحی شوند که حداقل تا ۲۵ سال دوام بیاورند. کابل ها معمولاً بصورت دفنی در زمین یا کانال ها و یا از طریق داکت ها توزیع می گردند. هرچند عدم قابلیت دسترسی و رویت ناپذیر بودن این کابل ها منجر به دشواری در تعمیر و تشخیص خطای موجود در آن ها می گردد.

شکل۵- کابل ها

- **سایر تجهیزات:**

سایر تجهیزات شامل:

تجهیزات حفاظتی، کانکتورها (MC4)، جعبه تقسیم، کنتور طرح فهام، اتصال زمین و غیره

بهره برداری و نگهداری

بهره برداری و نگهداری ازسامانه های فتوولتائیک بسیار ساده و بسیار با اهمیت می باشد. نگهداری این سامانه شامل بازدید و بازرسی معمولی، نگهداری و تمیز کردن مدول ها در یک دوره زمان بندی برنامه ریزی شده است. این کار به منظور به حداقل رساندن خرابی و آسیب‌های پیش بینی نشده انجام می‌شود و باعث بهبود عملکرد افزایش دسترسی وکاهش احتمال بروز خرابی در تجهیزات خواهد شد. برای نگهداری سامانه یک رویه برای بازدید و بازرسی باید درنظر گرفته شود که در زمان و ساعت های مناسبی انجام شود که تولید تحت تاثیر قرار نگیرد.

فعالیت های اصلی تحت بازدید و نگهداری عبارتند از:

- استحکام و یکپارچگی سازه متصل شده
- تمیز کردن مدول (متناسب با آلودگی محیط و گرد و غبار هوای منطقه مربوطه)
- بررسی و بازدید چشمی مدول‌های فتوولتائیک
- بررسی و بازدید چشمی جعبه تقسیم
- بررسی و بازدید چشمی اینورتر
- بررسی و بازدید چشمی اتصالات کابل کشی
- کنترل پوشش گیاهی (جهت جلوگیری از ایجاد سایه بر روی مدول‌ها)

توصیه ها:

۱- به علت حرارت زیاد مدول در طول روز و جهت جلوگیری از وارد شدن تنش حرارتی به مدول‌ها و همچنین عدم اختلال در تولید توان بهتر است انجام عملیات نگهداری مانند تمیز کردن مدول ها در زمان ابتدای روز و یا بعد از ظهر (عصر) و پیش از تاریکی هوا باشد.

۲- تنظیمات اینورتر به هیچ عنوان تغییر داده نشود و در صورت نیاز به انجام هر گونه تغییر در تنظیمات با پیمانکار مجری و یا واحد تعمیر و نگهداری تماس حاصل شود.

۳- در هنگام قطع برق شبکه، اینورتر به منظور رعایت مسایل ایمنی بر اساس استاندارد در مدت زمان بسیار کوتاهی عمل تزریق توان به شبکه را متوقف می‌نماید. لذا عدم تزریق انرژی نیروگاه در شرایط قطع برق شبکه به معنای وجود ایراد در سامانه نمی باشد. پس از بازگشت برق به شبکه اینورتر به صورت خودکار و پس از گذشت زمانی در حدود یک دقیقه در صورتیکه پارامترهای الکتریکی شبکه برق در محدوده مناسب خود باشند، مجدداً عمل تزریق توان را شروع خواهد کرد.

۴- استفاده از هر گونه مایع شوینده جهت نظافت مدول های خورشیدی ممنوع می‌باشد.

۵- در صورت شکستن مدول، به هیچ عنوان سطح شیشه ای مدول را لمس نکنید چرا که امکان نفوذ ذرات ریز شیشه‌ها به داخل پوست دست وجود دارد. در این مواقع با پیمانکار مجری و یا واحد تعمیر و نگهداری تماس حاصل شود.

۶- حتی الامکان از رفت و آمد در مسیر کابل کشی شده اجتناب کرد تا احتمال آسیب دیدگی به افراد و کابل‌ها به حداقل برسد.

۷- پس از وزش طوفان و بادهای شدید حتماً وضعیت استحکام سازه، بخصوص مهاربندهای کل سازه و مدول‌ها کنترل و بررسی شود.

سرفصل‌های نگهداری به شرح جدول زیر است.

اقدامات نگهداری	دوره
بازدید مدول ها و بررسی و تمیز نمودن مدول های فتوولتائیک از گرد و غبار و آلاینده های محیطی	هفتگی
بازدید سازه و محل نصب سازه	ماهانه
بازدید اینورترها	هفتگی
بازدید کابل ها و اتصالات برق را با رعایت ایمنی	ماهانه

اقدامات لازم برای نگهداری سامانه توسط مالک سامانه

	موارد بازدید		نحوه رفع عیب	
مدول*	تجمع گرد و غبار بر مدول فتوولتائیک		اگر کثیف بود نسبت به تمیز کردن مدول ها اقدام گردد.	با استفاده از تنظیف و یا با آب مقطر
	وجود سایه	سایه ناشی از عامل موقتی	زدودن سایه	برداشتن عامل موقت
		سایه ناشی از اشیا اطراف	تماس با پیمانکار مجری و یا واحد تعمیر و نگهداری جهت جابجایی سامانه	
	تغییر رنگ و یا شکل غیرعادی در مدول		تماس با پیمانکار مجری و یا واحد تعمیر و نگهداری	
	شکستگی در مدول		تماس با پیمانکار مجری و یا واحد تعمیر و نگهداری	
سازه نگهدارنده	تغییر حالت در پایه نگهدارنده و سازه		تماس با پیمانکار مجری و یا واحد تعمیر و نگهداری	
	محل نصب سازه صدمه دیده		تماس با پیمانکار مجری و یا واحد تعمیر و نگهداری	
اینورتر**	اگر هیچ چراغ و یا نشانه ای از کارکردن وتزریق برق وجود ندارد		کلید اتوماتیکACتابلو را قطع کنید سپس کلید DC زیر اینورتر را در وضعیت قطع قراردهید ودر نهایت	

		فیوزهای DC را قطع نمائید و با پیمانکار مجری و یا واحد تعمیر و نگهداری تماس بگیرید.
	سر و صدای غیر عادی	قطع سامانه و تماس با پیمانکار مجری و یا واحد تعمیر و نگهداری
	خروجی ندارد (درهوای آفتابی)	تماس با پیمانکار مجری و یا واحد تعمیر و نگهداری
	حرارت زیاد و غیرعادی	قطع سامانه و تماس با پیمانکار مجری و یا واحد تعمیر و نگهداری
	ورودی قطع است (درهوای آفتابی)	تماس با پیمانکار مجری و یا واحد تعمیر و نگهداری
کابل ها	روکش کابل صدمه دیده است	تماس با پیمانکار مجری و یا واحد تعمیر و نگهداری
	اتصالات کابل ها به اینورتر و یا تابلو شل است	تماس با پیمانکار مجری و یا واحد تعمیر و نگهداری
	کابل تغییر رنگ داده است	تماس با واحد تعمیر و نگهداری
	بست پلاستیکی کابل به سازه شل شده و یا بست آن پاره است	سفت کردن و یا تعویض بست طبق آموزش های داده شده توسط نصاب سامانه

*** یادآوری می گردد که در بازدید از مدول ها ، تمیز کاری و رفع سایه موقت هرگز بر روی مدول ها راه نروید.**

**** یادآوری برای اینورتر:**

۱. اینورتر را در محلی قرار دهید که دارای تهویه مناسب (در معرض و جابه جایی هوای بیرون) باشد. در صورتی که تهویه آن مناسب نباشد برای رفع آن اقدام نمایید.

۲. اطمینان حاصل کنید که اینورتر در معرض تابش مستقیم نور خورشید، قرار نمی گیرد.

۳. کلید اتوماتیک AC تابلو را قطع کنید. سپس کلید DC زیر اینورتر را در وضعیت قطع قرار دهیدو در نهایت فیوزهای DC را قطع نمایید.

****کلید اتوماتیکACتابلو را قطع کنید سپس کلید DCزیر اینورتر را در وضعیت قطع قراردهید ودر نهایت فیوزهای DC را قطع نمائید.

– توجه:

برای روشن نمودن نیروگاه نیز ابتدا فیوزهای DC مربوط به تابلو DC را وصل نموده و سپس کلید DC زیر اینورتر را در وضعیت وصل قرار داده و در نهایت کلید اتوماتیک تابلو AC را وصل نمایید.

الزامات فنی، گارانتی و خدمات پس از فروش:

۱. پیشنهاد می گردد، مالک نیروگاه جهت بررسی های دوره ای با پیمانکار مجری با یکی از پیمانکاران صاحب صلاحیت قرارداد نگهداری سالیانه منعقد نماید.

۲. بازده مدول ها در طول زمان ۱۰ سال اول بیش از ۹۰ درصد و ۲۵ سال بیش از ۸۰ درصد باشد.

۳. بازده اینورتر بیش از ۹۵ درصد باشد.

۴. مدول ها باید ضمانت نامه تعویض برای ۵ سال را داشته باشند.

۵. اینورتر باید ضمانت نامه ۵ ساله و خدمات پس از فروش برای ۱۵ سال را دارا باشد.

۶. در دوره گارانتی، تعمیرات نیروگاه باید توسط نماینده مجاز پیمانکار انجام شود.

سایر موارد ایمنی:

۱. با توجه به جریان‌های بالای DC و امکان برق گرفتگی از تماس مستقیم با تجهیزات شامل پنل ها ، اینورتر ، سازه و کابل های نیروگاه خورشیدی اجتناب گردد .

۲. نیروگاه خورشیدی بایستی به گونه‌ای نصب گردد که امکان دسترسی به تمامی نقاط نیروگاه در صورت آتش سوزی (فاصله حداقل ۶۰ سانتیمتر از لبه پشت بام) وجود داشته باشد .

۳. ولتاژ تولیدی مجموعه پنل ها در مولد خورشیدی علی رغم جدا بودن مولد از شبکه برق می تواند تا ۱۰۰۰ ولت برسد. لذا در صورت آسیب دیدگی روکش عایقی کابل ها یا اتصالات از تماس مستقیم با قسمتهای بدون عایق جدا خودداری شود.

۴. در صورت خاموش بودن نیروگاه، کابل های متصل به پنل های خورشیدی کماکان برق دار هستند. بنابراین حتی در هنگام شب و موقع خاموش بودن نیروگاه از تماس با کابل ها اجتناب گردد.

۵. هنگام آفتاب شدید دمای سطح پنل ها به طور قابل ملاحظه ای بالا می رود به طوریکه تماس با آن می تواند منجر به سوختگی سطحی پوست گردد.

۶. به منظور جلوگیری از خطر برق گرفتگی و ایجاد جراحت در صورت شکسته شدن شیشه یا تغییر شکل فریم پانل از تماس با آن خودداری گردد.

۷. از جابجا نمودن وضعیت پنلها حتی الامکان پرهیز شود. در صورت اضطرار، شیب نصب پنلها حفظ و جهت آنها رو به جنوب باشد.

۸. این مولد برای اتصال به شبکه توزیع برق شهر طراحی شده است، از اتصال خروجی مولد به دیزل ژنراتور و یا UPS خودداری گردد.

۹. اینورتر به صورت طبیعی توسط هوای محیط خنک می گردد. از پوشاندن اینورتر با پلاستیک یا قراردادن اجسام درمجاورت اینورتر مخصوصا بر روی آن که باعث کند شدن جریان هوای اطراف اینورتر می گردد ، پرهیز شود.

۱۰.از پاشیدن آب بر روی اینورتر یا شستن تابلوی برق و اینورتر جداً خودداری نموده و برای نظافت می توان از یک پارچه مرطوب استفاده نمود.

پیوست ها

پیوست شماره ۱

چک لیست اطلاعات مربوط به وارانتی تجهیزات و نصب سامانه	
الف) اطلاعات اصلی شرکت	
نام شرکت	
نام فرد رابط در شرکت	
محل استقرار فرد رابط	
شماره تماس همراه فرد رابط	
شماره تلفن ثابت فرد رابط	
آدرس ایمیل فرد رابط	
آدرس وبسایت شرکت	
آدرس شعب شرکت	
آیا شرکت ضمانت تجهیزات و نصب را با اسناد مناسب ارایه داده است؟ لطفاً موارد قابل اجرا را بررسی و جزییات آن را در فرم تکمیل نمایید.	[ ] عملکرد مدول فتوولتاییک .....سال [ ] سال ساخت مدول .....سال [ ] اینورتر .....سال [ ] باتری .....سال [ ] نصب کامل سامانه .....سال [ ] سایر، لطفاً مشخص شود .....سال
شرکت خدمات تعمیر و نگهداری را ارایه می‌دهد؟	[ ] خیر [ ] بله، برای .....سال [ ] چنانچه خدمات ارائه می‌گردد لطفاً مشخصات و موارد مربوط به خدمات را مشخص فرمایید.
ب) مستند سازی مربوط به مالکین	
☐ کتابچه راهنمای مالکین ☐ نقشه های پایه مربوط به عملکرد سامانه ☐ وارانتی سازنده های تجهیزات ☐ انطباق با گواهی‌نامه های استاندارد ☐ اخذ مجوز از مالک ساختمان و همچنین مجوز اتصال به شبکه	

□ رویه های مربوط به ایمنی و توالی قطع سامانه
□ دستورالعمل تعمیر و نگهداری و بهره برداری
□ اطلاعات مربوط به تماس های ضروری برای تعمیر و نگهداری

پیوست شماره ۲

ت) تابلو برق حفاظتی DC و Combiner Box
○ **جریان را در هر رشته اندازه گیری کنید ، اگر جریان صفر بود، فیوز را بررسی کنید (در صورت لزوم جایگزین کنید)**
○ **کابینت یا تابلو ها را از نظر هر نوع خسارت یا آسیب دیدگی بررسی کنید.**
○ **وجود ویا عدم وجود رسوب یا گرد و غبار را بررسی کنید.**
○ **پیچ های فرسوده یا گیره های (دستگیره های) تابلوها و سازه های نگهدارنده را بررسی کنید.**
○ **تمامی ترمینال ها و اتصالات را از نظر اتصالی شل یا تحت فشار بودن آن بررسی کنید.**
○ **اثرات حرارت (تغییر رنگ ناشی از حرارت)، سخت شدن کابل ها و تغییر رنگ قطعات اجزاء در تابلو را بررسی کنید.**
○ **شرایط مناسب سیم ، اندازه و شرایط عایق آنها بررسی کنید.**
○ **برچسب زدن مناسب بررسی کنید.**
○ **عملکرد صحیح فیوزها،** دستگاه‌های حفاظتی (SPD) **، سوئیچ ها و قطع کننده ها و دیودهای احتمالی (برای سامانه های مستقل از شبکه) را بررسی کنید.**

ث) شارژ کنترلرها (فقط سیستم های دارای باتری پشتیبان)- مستقل از شبکه ○ کابینت یا تابلو ها را از نظر هر نوع خسارت یا آسیب دیدگی بررسی کنید. ○ وجود ویا عدم وجود رسوب یا گرد و غبار را بررسی کنید. ○ پیچ های فرسوده یا گیره های (دستگیره های) تابلوها و سازه های نگهدارنده را بررسی کنید. ○ تمامی ترمینال ها و اتصالات را از نظر اتصالی شل یا تحت فشار بودن آن بررسی کنید. ○ اثرات حرارت (تغییر رنگ ناشی از حرارت)، سخت شدن کابل ها و تغییر رنگ قطعات اجزاء در تابلو را بررسی کنید. ○ شرایط مناسب سیم ، اندازه و شرایط عایق آنها بررسی کنید. ○ برچسب زدن مناسب بررسی کنید. ○ قطع کننده های ورودی و خروجی برچسب مجزا داشته باشند. ○ سیستم زمین مناسب را بررسی کنید.
ج) باتری (فقط برای سیستم های دارای باتری پشتیبان)- مستقل از شبکه ○ تهویه هوای مناسب برای سرمایش. ○ بررسی کنید پایانه های باتری از اتصال کوتاه شدن محافظت شده باشند. ○ در صورت وجود شرایط مناسب سیم، اندازه و عایق و علائم حرارت زیاد را بررسی کنید. ○ اثرات وجود رسوب و یا گرد و غبار بررسی کنید. ○ نشت الکترولیت و ترک های سلول را بررسی کنید. ○ خوردگی در پایانه ها ، اتصالات ، قفسه ها و تابلو و یا کابینت ها را بررسی کنید. ○ دمای محیط را بررسی کنید (همه سلول ها باید در دمای محیط یکسان باشند). ○ کنترل کنید برچسب زدن ها مناسب باشد. (شرایط برچسب ها را کنترل کنید). ○ شرایط کابل ها را به لحاظ سایز و عایق بررسی کنید.

پیوست شماره۳

الف. مدول

☐ شرایط مدول:

مدول تمیز است [ ] مدول آسیب دیده است [ ] تجمع گرد و خاک [ ]

☐ بررسی ایجاد سایه بر روی مدول ها

☐ لکه‌ها، محل ااتصال قاب به شیشه و تغییر رنگ آرایه‌ها را بازرسی نمایید.

☐ لکه‌های نقطه‌ای، برآمدگی ناشی از سوختگی و تغییررنگ صفحه پشت مدول را بررسی نمایید.

☐ بررسی عایق سیم‌کشی مدول‌های فتوولتاییک.

☐ انتخاب سایز سیم مناسب.

☐ بررسی اتصال دهنده‌های سیم‌ها در آرایه ها.

☐ بررسی عایق بندی(درزگیرها) و نحوه صحیح قرار گرفتن سیم در جعبه تقسیم‌های مربوط به مدول‌ها.

☐ بررسی اتصال صحیح آرایه‌ها و سازه‌های نگهدارنده آن به سامانه زمین.

☐ بررسی نحوه صحیح نصب مدول‌ها ائم از بست‌های شل شده عایق بندی صحیح(درزگیرها) و ایمن بودن آن‌ها

☐ انجام اسکن حرارتی مدول‌ها و ثبت مشکلات مشاهده شده.

☐ بررسی چسب گذاری مناسب

☐ بازرسی چشمی آرایه‌ها جهت تشخیص شکستگی، آسیب دیدگی، شل شدن مدول‌ها، شل شدن رک‌ها، سیم‌کشی و اتصالات MC9 .

☐ درصورت مشاهده خوردگی و زنگ زدگی سازه‌ها و سایر تجهیزات فلزی نصب شده در سامانه از اسپری رنگ گالوانیزه برای ترمیم آن استفاده نمایید.

☐ شرایط مدول:

مدول تمیز است [ ] مدول آسیب دیده است [ ] تجمع گرد و خاک [ ]

☐ بررسی ایجاد سایه بر روی مدول ها.

☐ لکه‌ها، محل اتصال قاب به شیشه و تغییر رنگ آرایه‌ها را بازرسی نمایید.

☐ لکه‌های نقطه‌ای، برآمدگی ناشی از سوختگی و تغییررنگ صفحه پشت مدول را بررسی نمایید.

☐ بررسی عایق سیم‌کشی مدول‌های فتوولتاییک.

☐ انتخاب سایز سیم مناسب.

☐ بررسی اتصال دهنده‌های سیم‌ها در آرایه ها.

☐ بررسی عایق بندی(درزگیرها) و نحوه صحیح قرارگرفتن سیم در جعبه تقسیم‌های مربوط به مدول‌ها.

☐ بررسی اتصال صحیح آرایه‌ها و سازه‌های نگهدارنده آن به سامانه زمین.

☐ بررسی نحوه صحیح نصب مدول‌ها ائم از بست‌های شل شده عایق بندی صحیح(درزگیرها) و ایمن بودن آن‌ها.

☐ انجام اسکن حرارتی مدول‌ها و ثبت مشکلات مشاهده شده.

☐ جریان خروجی هر ردیف را در محل تابلو اتصال مربوط به آن اندازه‌گیری نمایید و این کار را برای تک تک رشته‌های سامانه تکرار نمایید.

ب. اینورتر

☐ بازرسی چشمی اینورتر از لحاظ آسیب های ظاهری قابل رویت

☐ بررسی عملکرد صحیح اینورتر

☐ بررسی اینکه نصب اینورتر بطور کامل و دائم انجام شده باشد.

☐ بررسی صفحه نمایش اینورتر و ثبت ورودی و خروجی ولتاژ

☐ تمیز کردن فضای اطراف اینورتر و آب بندی پایه ها

☐ خاموش کردن کلید AC به DC و خاموش کردن اینورتر

☐ صبر کنید تا اینورتر تخلیه شود (تقریبا ۵ دقیقه)

☐ قفل ایمنی را نصب کنید

- ☐ بررسی کنید که اندازه سیم و کانال ها بدرستی نصب شه اند و همچنین محیط اطراف اینورتر تمیز بوده و پایه ها بدرستی آب بندی شده باشند.
- ☐ خالی کردن اینورتر از هوای (بوجود آوردن خلادر اینورتر)
- ☐ بازرسی چشمی از نفوذ رطوبت
- ☐ تمیز کردن یا جایگزینی فیلتر هوا برای بازگشت دوباره هوای پاک
- ☐ بررسی کنید کابل های ترمینال محکم بسته شده باشند.
- ☐ بررسی کنید شرایط سیم از لحاظ سایز و مقدار و همچنین عایق بندی بدرستی انجام شده است.
- ☐ بررسی کنید که برچسب های کابل ها به درستی انجام شده است.
- ☐ بازرسی فیلتر هوا
- ☐ بررسی دمای غیر معمول اینورتر در حین فعالیت
- ☐ بررسی سالم بودن و عملکرد صحیح واشرها و آب بندی داکت‌ها، در صورت لزوم واشرها و درزبندها را تعمیر یا تعویض نمایید
- ☐ بازرسی سیم و کابل‌ها، کاندوئیت‌ها، لوله‌کشی‌ها، محکم بودن کلیه اتصالات الکتریکی سامانه و سایر مسائلی که قابل رویت باشد
- ☐ پیوستگی سامانه زمین مابین چارچوب مدول‌ها و سازه‌های نگهدارنده کابل را بررسی نمایید
- ☐ خوردگی سیم‌های مسی، چارچوب مدول‌ها فتوولتاییک و گالوانیزه بودن سازه‌های نگهدارنده کابل رابررسی نمایید
- ☐ بازرسی و تایید عدم خرابی وزنه‌های نگهدارنده سازه‌ها
- ☐ بازرسی و تایید محکم بودن سازه‌های نگهدارنده کابل(رک‌های تاشو)
- ☐ ممانعت از ریختن نخاله‌های ساختمانی در زیر آرایه‌ها و تمیز کردن آن‌ها در صورت وجود نخاله
- ☐ بازرسی صحیح برچسب‌گذاری

ج. نصب سامانه

- الکتریکی(برقی)

☐ تجهیزات می‌بایست بطور صحیح(بدون آسیب دیدگی) انتخاب شوند و مطابق استانداردها باشند.

☐ تمام اجزاء می‌بایست به طور صحیح به یکدیگر متصل گردند.

☐ محل استقرار تجهیزات می‌بایست به طور صحیح انتخاب گردد، به طوریکه دسترسی به آن‌ها جهت انجام بازرسی و تعمیر و نگهداری آسان باشد.

☐ دراقدامات حفاظتی می‌بایست شرایط خاص محیطی اعم از نور شدید خورشید و ابری بودن هوا مدنظر قرار گیرد.

☐ کابل‌ها می‌بایست به گونه‌ای انتخاب شوند که پوشش خارجی آن‌ها در برابر تشعشعات نور خورشید و نفوذ رطوبت و آب به داخل کابل‌ها مقاوم باشند.

☐ کابل‌کشی می‌بایست بطور منظم و ایمن انجام شود.

☐ انتخاب صحیح مقطع و عایق سیم‌های اتصال دهنده مدول‌ها

-مکانیکی

☐ هر یک از تجهیزات می‌بایست مطابق نقشه‌ها و استانداردهای مربوطه نصب گردند.

☐ در صورت نصب سامانه در پشت بام، اطمینان حاصل کنید که سقف مورد نظر توانایی تحمل وزن ناشی از سامانه فتوولتاییک را دارد.

☐ سامانه تهویه هوا می‌بایست صحیح انتخاب شود به گونه‌ای که از بالا رفتن بیش از حد حرارت در پشت آرایه‌ها جلوگیری گردد.

☐ چارچوب آرایه ها می‌بایست از مواد ضد زنگ و خوردگی استفاده شده و بطور صحیح در سامانه بسته و محکم گردد.

☐ نصب سامانه‌های فتوولتاییک برروی پشت بام می‌بایست ایمن و مقاوم در شرایط بد آب و هوایی باشند.

☐ ورودی کابل‌ها می‌بایست ضد آب باشند.

☐ قطعات سامانهخ فتوولتاییک را جهت جلوگیری از خطر شوک الکتریکی و جریان‌های بالا و غیرعادی به درستی به اتصال زمین متصل نمایید.

☐ آلومینیوم در تماس مستقیم با سازه بتنی نباشد.(در صورت استفاده از سازه آلمینیومی).

☐ جهت جلوگیری از خوردگی گالوانیک، برای اتصال فلزات غیر مشابه می‌بایست محل اتصال آن را عایق نمود.

مطابق نقشه‌های طراحی، از محکم بودن اتصالات داخلی سامانه و همچنین اتصال آن با سازه ساختمان اطمینان حاصل نمایید.

د) نصب اجزاء

☐ نصب آرایه ها می‌بایست منظم و دائمی باشد.

☐ تجهیزات حفاظت در برابر خطرات ناشی از شوک الکتریکی و همچنین جریان‌های بالای غیرعادی می-بایست با دقت بالا نصب گردند.

☐ هر مدول یا آرایه می‌بایست مجهز به ابزار حفاظت در برابر جریان‌های بالا باشد.

☐ چارچوب آرایه‌ها می‌بایست بطور صحیح به یکدیگر متصل باشند.(هم پتانسیل باشند).

☐ سامانه زمینی و همچنین اتصال زمین تجهیزات می‌بایست به درستی اجرا گردد.

☐ سیم‌کشی بین پنل‌های فتوولتاییک و اینورتر می‌بایست از کوتاهترین مسیر انجام شود.

☐ فیوزها می‌بایست قابلیت عملکرد اتوماتیک را داشته باشند.

☐ کابل‌های ACوDC را از یکدیگر جدا نمایید.

☐ هادی‌ها نباید با سطح بام تماسی داشته باشند.

☐ کاندوئیت‌ها می‌بایست به درستی و محکم نصب شوند.

☐ نرخ عملکرد تمام اجزاء می‌بایست براساس حداکثر ولتاژ DC سامانه تعیین گردد.

☐ باتری‌ها می‌بایست در محلی که تهویه هوای مناسبی دارد نصب گردند.

☐ برچسب گذاری اجزاء، مدول‌ها، تجهیزات حفاظتی، کابل‌ها و کلیدها می‌بایست صحیح و به درستی انجام پذیرد.

☐ جزییات نصب باید در ساختگاه در دسترس و قابل نمایش باشدو همچنین برچسب‌ها می‌بایست به درستی قابل مشاهده و با دوام باشند

☐ مستندات مربوط به تنظیم‌های حفاظتی باید قابل مشاهده در ساختگاه باشد.

☐ دستورالعمل خاموش نمودن سامانه در شرایط اضطراری می‌بایست قابل دسترسی و مشاهده در ساختگاه باشد..

ه) اتصالات کابل کشی AC وDC

☐ بررسی کنید که کابل از AC وDC در کاندوئیت‌های جداگانه نصب و به درستی برچسب گذاری شوند.
☐ ترمینال‌های کابل را برای علائم سوختگی، عایق‌کاری، جوش نقطه‌ای و اتصالات شل شده بررسی نمایید.
☐ خوردگی را بررسی کنید.
☐ شعاع خم شدن کابل را بررسی کنید.
☐ کابل‌ها باید به دور از هادی صاعقه نصب گردد.
☐ در تمام خروجی کابل‌هاف می‌بایست از ترمینال‌های مناسب استفاده نمود. از اتصال کابل‌ها به یکدیگر بپرهیزید.
☐ کابل‌ها، بست‌های کمربندی و سایر اتصالات کابل می‌بایست در شرایط آب و هوایی مقاوم باشند.
☐ کابل‌ها می‌بایست در محل سایه نصب گردد و مانع جاری شدن روان آب‌ها نگردند.

و. ملاحضات مربوط به سامانه زمین

داشتن سامانه زمین و تجهیزات مناسب آن ضروری است.

• فراهم نمودن سامانه زمین به عنوان مرجع مشترک برای ولتاژهای مختلف جهت محدود کردن ولتاژهای ناشی از صاعقه
• خط مربوط به جریان‌های بالا و غیرعادی
• تماس تصادفی با خطوط ولتاژ بالا
• فراهم کردن مسیر جریان برای عملکرد تجهیزات حفاظتی جریان بالا

☐ سازه نگهدارنده آرایه‌ها می‌بایست قابلیت تخلیه جریان‌ها و بارهای اعمال شده به سیستم زمین را داشته باشد.

ز. تابلو برق

☐ جریان هر ردیف مدول را اندازه‌گیری نمایید. چنانچه عدد اندازه‌گیری شده صفر بود، فیوز را بررسی نمایید.(تعویض فیوز در صورت لزوم)

☐ بازدید و بررسی هرگونه آسیب‌دیدگی تابلو برق

☐ بازرسی و بازدید تابلو برق به لحاظ تمیز بودن وعاری از گردوخاک

☐ پیچ هاو دسته‌های فرسوده تابلو برق را بررسی نمایید

☐ بررسی اتصالات شل تابلو و محکم نمودن آن

☐ حرارت تابلو، خشک شدن کابل‌ها و تغییر رنگ اجزای آن رابررسی نمایید

☐ کابل‌ها را به لحاظ عایقی، مقطع صحیح و قرارگیری در شرایط مناسب بررسی نمایید

☐ بازرسی عملکرد صحیح فیوزهای MCBوMCCB و کلیدهای قطع کننده و دیودها

ح. شارژکنترلرها(سامانه‌های باتری پشتیبان)

☐ بازدید و بررسی هرگونه آسیب‌دیدگی تابلو برق

☐ کابل‌ها را به لحاظ عایقی، مقطع صحیح و قرارگیری در شرایط مناسب بررسی نمایید

☐ بازرسی و بازدید تابلو برق به لحاظ تمیز بودن وعاری از گردوخاک

☐ بازرسی صحیح برچسب‌گذاری

☐ تفکیک کابل‌های ورودی و خروجی توسط برچسب‌گذاری

☐ بررسی اتصال ارت مناسب

ط. باتری‌ها(سامانه‌های باتری پشتیبان)

- ☐ تعبیه سامانه تهویه مناسب برای خنک کاری
- ☐ بررسی حفاظت ترمینال‌ها در برابر اتصال کوتاه
- ☐ کابل‌ها را به لحاظ عایقی، مقطع صحیح و قرارگیری در شرایط مناسب و علایم ناشی ازسوختگی بررسی نمایید
- ☐ بازرسی و بازدید تابلو برق به لحاظ تمیز بودن وعاری از گردوخاک
- ☐ نشت الکترولیت و ترک‌های سلول را بررسی کنید
- ☐ خوردگی ترمینال‌ها، اتصالات، رک‌ها و همچنین بدنه تابلوها را بررسی نمایید
- ☐ دمای محیط را بررسی نمایید (تمام سلول ها باید با محیط هم دما باشند)
- ☐ بررسی تخلیه هوا خروجی سامانه
- ☐ بازرسی صحیح برچسب گذاری

ی. ردیاب

- ☐ امکان حرکت و انعطاف پذیربودن سیم‌ها در فرایند حرکت مدول‌ها را بررسی نمایید.
- ☐ بررسی عدم نشت روغن و گریس در گیربکس
- ☐ بررسی مسیر حرکت ردیاب خورشیدی و عاری بودن نخاله‌ها و موانع خارجی جهت حرکت صحیح آن
- ☐ برای ردیاب‌های چند موتوره می‌بایست مسیر حرکت صحیح هر یک مورد بررسی قرار گیرد به طوریکه کلیه آرایه‌ها در مسیر صحیح حرکت نمایند
- ☐ بررسی کنید در انتهای لوله‌ها هیچ ترکی وجود نداشته باشد
- ☐ بررسی عملکرد صحیح و محل نصب سنسور باد
- ☐ زمان و تاریخ عملکرد(PLC) مربوط به ردیاب را ثبت نمایید
- ☐ گریس کاری صحیح محل اتصال مفصل‌ها را بررسی نمایید

☐ کابل‌ها را به لحاظ عایقی، مقطع صحیح و قرارگیری در شرایط مناسب بررسی نمایید

☐ از چفت و بست بودن درزها اطمینان حاصل کنید

☐ شل شدن لوله‌ها و شفت‌های متحرک در طول گذر زمان را بررسی واز محکم بودن آن اطمینان حاصل نمایید

☐ سایه‌اندازی ناشی از ردیاب‌ها بروی آرایه‌های پشتی را بررسی نمایید

☐ نفوذ هرگونه گردوخاک و آلاینده‌ها را به سامانه ردیاب بررسی نمایید

☐ برچسب‌گذاری صحیح ردیاب‌ها را بررسی نمایید

☐ عملکرد صحیح سنسورها و کنترل کننده‌های کوچک را بررسی نمایید

☐ بررسی کلیه فیوزهای مربوط به مسیر کنترلر اصلی

ک. نظارت، کنترل و اخذ داده‌ها(اسکادا)

☐ کابل‌ها را به لحاظ عایقی، مقطع صحیح و قرارگیری در شرایط مناسب بررسی نمایید

☐ سیم‌های مربوط به تجهیزات ایستگاه‌های هواشناسی اعم از سنسورهای دما، سنسور دمای هوای محیط، تابش سنج(پیرانومتر) و غیره... می بایست به طور صحیح انتخاب و نصب گردند

☐ بررسی کنید که هیچگونه رطوبتی در محفظه‌ها و تابلوها وجود نداشته باشد. در صورت لزوم مجددا آب بندی نمایید

☐ از عملکرد صحیح لوله‌ها وچفت و بست تابلوی مربوط به تجهیزات اطمینان حاصل نمایید

☐ از نحوه ایمن و صحیح سیم کشی اسکادا اطمینان حاصل نمایید

☐ تمیز کردن تابلو تجهیزات از گرد و خاک وبقایای حشرات و غیره توسط جاروبرقی ضد اکتریسیته ساکن

☐ بررسی تهویه مناسب به جهت عملکرد صحیح فن‌ها

☐ نفوذ هرگونه گرد و خاک و آلاینده‌ها را بررسی نمایید

☐ از نحوه ایمن بودن و نصب صحیح تابش سنج‌ها(پیرانومترها) اطمینان حاصل کنید

فهرست تصاویر

شکل ۱ – سامانه مستقل از شبکه با بار AC و DC
شکل ۲ – سامانه مستقل از شبکه با بار DC
شکل ۳ – سامانه فتوولتائیک متصل به شبکه
شکل ۴ – سامانه هیبریدی
شکل ۵ – مدول‌های فتوولتائیک
شکل (۶–۱) – بخش‌های تشکیل دهنده مدول فتوولتائیک
شکل (۶–۲) – نمونه‌ای از سلول منوکریستال و پلی‌کریستال سیلیکونی
شکل (۶–۳) – اتصال سری و موازی مدول‌های فتوولتائیک
شکل ۷ – کابل‌های DC
شکل ۸ – جعبه تقسیم
شکل ۹ – کلیدهای قطع و جدا کننده DC
شکل ۱۰ – ترانسفورماتور ایزوله
شکل ۱۱ – اینورتر
شکل ۱۲ – تابلو برق AC
شکل ۱۳ – کابل‌هایAC
شکل ۱۴ – سازه نگهدارنده مدول‌های فتوولتائیک
شکل ۱۵ – صاعقه گیر
شکل ۱۶ – سامانه زمین
شکل ۱۷ – شارژ کنترلر
شکل۱۸ – باتری‌ها
شکل ۱۹ – رویکرد و شمای کلی تعمیر و نگهداری

شکل ۲۰ – مولتی‌متر دیجیتالی
شکل ۲۱ – مولتی‌متر گیره‌ای
شکل ۲۲ – دوربین ترموگرافی
شکل ۲۳ – مدول تمیز شده
شکل ۲۴ – مدول خاک گرفته به مقدارکم(عدم تحمیل بار مالی چشمگیر)
شکل ۲۵ – مدول خاک گرفته به مقدار زیاد(تحمیل بار مالی چشمگیر)
شکل ۲۶ – مدول مورد استفاده جهت خشک کردن فلفل
شکل ۲۷ – سایه روی مدول‌های فتوولتائیک با توجه به اشیا اطراف
شکل ۲۸ – رشته‌ای از سلول‌های خورشیدی متصل شده که به صورت سری که دارای یک سلول سایه دار یا نامناسب می‌باشد.
کل ۲۹ – شکل سایه جزیی بر روی سامانه نصب شده در یک ساختمان مسکونی
شکل ۳۰ – تلفات توان براساس سایه ایجاد شده بر روی مدول‌ها
شکل ۳۱ – دو مدول یکی با فن‌آوری منوکریستالی و دیگری با فن‌آوری پلی‌کریستالی که در یک سامانه نصب شده‌اند
شکل ۳۲ – مشخصات فنی مدول فتوولتائیک مدول TITAN M6-60
شکل ۳۳ – ایجاد رطوبت در مدول
شکل ۳۴ – ترکهای ریز و کوچک
شکل ۳۵ – خوردگی
شکل ۳۶ – لایه‌لایه شدن
شکل ۳۷ – تمیز کردن با آب (دستی)
شکل ۳۸ – مدول آسیب دیده.
شکل ۳۹ – هرگز روی مدول‌ها راه نروید
شکل ۴۰ – هرگز روی مدول‌های فتوولتائیک ننشینید یا نایستید

شکل ۴۱ – ایجاد لکه به دلیل درست تمیز نکردن و کیفیت آب
شکل ۴۲ – روش تمیزکاری خشک (به صورت دستی)
شکل ۴۳ – تجهیزات مورد استفاده برای تمیزکاری
شکل ۴۴ – تمیزکاری با آب با استفاده از روش روباتیک
شکل ۴۵ – تمیزکاری با آب با استفاده از سامانه خودکار
شکل ۴۶ – روش تمیزکاری خشک با استفاده از سامانه خودکار
شکل ۴۷ – درختی کنار سامانه فتوولتائیک شما رشد کند و سایه آن بر روی مدول‌ها می‌افتد.
شکل ۴۸ – سایه یک مدول مجاور بر روی مدول‌های کناری افتاده باشد.
شکل ۴۹ – یک ساختمان در مجاورت سامانه شما ساخته شود.
شکل ۵۰ – ایجاد سایه به دلیل خشک کردن محصولات کشاورزی
شکل ۵۱ – سایه به دلیل وجود ستون‌های نزدیک در تراس (بالکن)
شکل ۵۲ – سایه به دلیل فعالیت‌های انسانی و سایر موانع
شکل ۵۳ – تاثیر سایه مرکزی (اصلی) و سایه جزئی (متمایل) بر روی مدول‌ها
شکل ۵۴ – تنظیم‌کننده سطح مسیریاب خورشیدی
شکل۵۵ – مسیریاب خورشیدی نشان‌دهنده موقعیت عرض جغرافیایی
شکل ۵۶ – کمان‌های مسیریاب خورشیدی مشخص کننده زمان و ماه‌های سال
شکل ۵۷ – پوشش گنبدی شکل مسیریاب خورشیدی برای تحلیل سایه
شکل ۵۸ – محل قرارگیری دیود بای پس در یک مدول فتوولتائیک
شکل ۵۹ – دیود بای پس در جعبه تقسیم
شکل ۶۰ – مدار ۷۲ سلولی فتوولتائیک – یک دیود بای‌پس به صورت موازی با هر ۲۴ سلول نصب شده است
شکل ۶۱ – اندازه‌گیری ولتاژ
شکل ۶۲ – اندازه‌گیری جریان

شکل ۶۳ – بررسی پنل‌ها با دوربین
شکل ۶۴ – تصاویر ترموگرافی در عملکرد عادی
شکل ۶۵ – تصاویر ترموگرافی با نمایش نقاط داغ
شکل ۶۶ – اینورتر مستقل (منفصل از شبکه)
شکل ۶۷ – اینورتر متصل به شبکه
شکل ۶۸ – اینورتر پشتیبان شبکه
شکل ۶۹ – اینورترهای ترکیبی
شکل ۷۰ – اینورتر مرکزی
شکل ۷۱ – ساختار اینورتر مرکزی
شکل ۷۲ – اینورتر استرینگ
شکل ۷۳ – نمایش قرار گیری میکرو اینورترها
شکل: ۷۴ – بهینه‌ساز توان
شکل ۷۵ – قبل از انجام تعمیرات، اینورتر را خاموش کنید
شکل ۷۶ – اتصال نامناسب از جعبه توزیع اصلی برای بارهای مشترکین خانگی
شکل ۷۷ – اتصال صحیح از جعبه توزیع اصلی برای بارهای مشترکین خانگی
شکل ۷۸ – اتصال صحیح از جعبه توزیع اصلی به جعبه تقسیم فرعی برای بارهای مشترکین خانگی
شکل ۷۹ – قرائت و یادداشت مقادیر از صفحه نمایش اینورتر
شکل ۸۰ – چراغ سبز – نشانگر عملکرد صحیح اینورتر
شکل ۸۱ – چراغ قرمز – نشانگر عملکرد نادرست اینورتر است
شکل ۸۲ – آسیب دیدگی اینورتر ناشی از سوختن(سوختگی خارجی)
شکل ۸۳ – سیم جدا شده از مبدل اینورتر
شکل ۸۴ – اینورتر نصب شده بدون سایه‌بان
شکل ۸۵ – اینورتر نصب شده زیر سایه‌بان

شکل ۸۶ – شل بودن کاندویت‌ها و کابل‌های اینورتر
شکل ۸۷ – اتاق تهویه اینورتر
شکل ۸۸ – انباشت گرد و غبار در اینورتر
شکل ۸۹ – تمیز کردن اینورتر با استفاده از دمنده
شکل ۹۰ – ورودی عایق ترانزیستورهای دوقطبی و تغییر رنگ بردهای الکترونیکی را بررسی کنید(اینکار توسط پرسنل آموزش دیده انجام گردد)
شکل ۹۱ – صفحه نمایش اینورتر
شکل ۹۲ – فیوزهای اینورتر را بررسی کنید
شکل ۹۳ – ارتفاع نصب اینورتر از زمین
شکل ۹۴ – تهیه گزارش کامل از مراحل بازرسی
شکل ۹۵ – نمونه‌ای از وسایل حفاظت جریان بالا
شکل ۹۶ – بلوک دیاگرام موقعیت قطع کننده‌های سامانه فتوولتائیک نشان داده شده است
شکل ۹۷ – نمونه‌ای از فیوزها را نشان می‌دهد
شکل ۹۸ – فیوز سوخته
شکل ۹۹ – باتری سولفاته شده
شکل ۱۰۰– مسیر کابل اشتباه
شکل ۱۰۱– مسیر مناسب نصب کابل
شکل ۱۰۲– فرم بندی نادرست کابل‌ها در روش حلقه بسته
شکل ۱۰۳– فرم بندی نادرست کابل‌ها در روش حلقه باز
شکل ۱۰۴– فرم بندی صحیح کابل‌ها
شکل ۱۰۵– عایق بندی مناسب
شکل ۱۰۶– عایق بندی نادرست

شکل ۱۰۷– نحوه اشتباه عبور کابل به تابلوها یا جعبه تقسیم‌ها (ورودی کابل به درون تابلوها یا جعبه تقسیم‌ها باز است)
شکل ۱۰۸– الف – اجرای صحیح گلند در تابلو برق
شکل ۱۰۸– ب – بست مناسب برای محل اتصال لوله به تابلو
شکل ۱۰۹– نحوه اشتباه عبور کاندویت و آسیب دیدگی آن
شکل ۱۱۰– نحوه صحیح عبور کاندویت
شکل ۱۱۱– کابل‌ها به درستی برچسب گذاری شده‌اند
شکل ۱۱۲– کابل‌ها به درستی برچسب گذاری نشده‌اند
شکل ۱۱۳– کابل‌ها بسته شده توسط بست کمربندی
شکل ۱۱۴– انتخاب مناسب فیوزها – توجه به رده‌بندی فیوزهای AC و DC
شکل ۱۱۵– نصب مناسب
شکل ۱۱۶– نصب نامناسب
شکل ۱۱۷– زنگ زدگی سازه‌های نگهدارنده
شکل ۱۱۸– کلمپ‌های شل شده
شکل ۱۱۹– زاویه شیب مدول‌های فتوولتائیک
شکل ۱۲۰– تجهیزات فاقد اتصال زمین
شکل ۱۲۱– تجهیزات دارای اتصال به زمین مناسب
شکل ۱۲۲– حفاظت ضعیف در مقابل صاعقه
شکل ۱۲۳– حفاظت مناسب در برابر صاعقه
شکل ۱۲۴– شرایط مناسب باتری‌ها
شکل ۱۲۵– شرایط نامناسب باتری‌ها
شکل ۱۲۶– پرکردن مجدد آب باتری
شکل ۱۲۷– ترمینال‌های مناسب و نامناسب

شکل ۱۲۸ - تمیز کردن باتری با جوش شیرین
شکل ۱۲۹– محکم کردن ترمینال‌های باتری
شکل ۱۳۰– شارژ کنترلر
شکل ۱۳۱– نمایش تولید انرژی روزانه، سامانه فتوولتائیک توسط SCADA
شکل ۱۳۲– نمایش تولید انرژی سامانه فتوولتائیک، طی ساعات مختلف در یک روز توسط SCADA
شکل ۱۳۳– نمایش مقدار انرژی مصرف داخلی و مقدار انرژی تزریق شده به شبکه برق توسط SCADA
شکل ۱۳۴– نمایش‌گر اینورتر که انرژی تولید شده توسط سامانه فتوولتائیک را نشان می‌دهد
شکل ۱۳۵– صفحه نمایش کنتور که انرژی تولید شده توسط سامانه فتوولتائیک را نشان می‌دهد
شکل ۱۳۶ – آزمون پیوستگی
شکل ۱۳۷ – آزمون عایقی
شکل ۱۳۸ – انجام آزمون توسط مولتی‌متر کلمپی
شکل ۱۳۹ – اتصال کابل‌های تحت آزمون به مولتی‌متر
شکل ۱۴۰ – انتخاب صحیح محدوده اهم در مولتی‌متر
شکل ۱۴۱ – آزمون فیوز با استفاده از مولتی‌متر
شکل ۱۴۲ – مقدار نمایش داده شده نشان دهنده سالم بودن فیوز یا معیوب بودن آن است
شکل ۱۴۳– آزمون پیوستگی کابل
شکل ۱۴۴– روش‌ها و تکنیک‌های آزمون حفاظت در برابر صاعقه و زمین کردن
شکل ۱۴۵ – آزمون بار باتری با استفاده از مولتی‌متر
شکل ۱۴۶ – جعبه ابزار عایق
شکل ۱۴۷ – اطلاعات ایمنی سایت
شکل ۱۴۸ – عملکرد نادرست، عدم استفاده از کلاه ایمنی

شکل ۱۴۹ – عملکرد صحیح، استفاده از کلاه ایمنی
شکل ۱۵۰ – روش نادرست– عینک معمولی
شکل ۱۵۱ – روش درست– عینک ایمنی
شکل ۱۵۲– روش نادرست – بدون ماسک صورت
شکل ۱۵۳– روش درست – با استفاده از ماسک صورت
شکل ۱۵۴– دستکش PVC
شکل ۱۵۵– دستکش پنبه‌ای یا نخی
شکل ۱۵۶– روش نادرست – بدون استفاده از دستکش ایمنی
شکل ۱۵۷– روش درست – با استفاده از دستکش ایمنی
شکل ۱۵۸– روش نادرست – بدون استفاده از کمربند ایمنی
شکل ۱۵۹– روش درست – با استفاده از کمربند ایمنی
شکل ۱۶۰– روش نادرست – بدون استفاده از کفش ایمنی
شکل ۱۶۱– روش درست – با استفاده از کفش ایمنی
شکل ۱۶۲– برق AC روشن است
شکل ۱۶۳– برق AC خاموش است
شکل ۱۶۴– خاموش کننده‌های آتش
شکل ۱۶۵– مصوبه خرید تضمینی برق ابلاغی از سوی وزیر نیرو
شکل ۱۶۶– قبض برق نمونه برای سامانه‌های مختص مشترکین

فهرست جداول

جدول ۱ – تاثیر خاک بر مدول‌های فتوولتائیک
جدول ۲ – تحلیل مالی انباشتگی خاک به‌روی مدول‌های فتوولتاییک
جدول ۳ – تحلیل اقتصادی ناشی از ایجاد سایه بر روی مدول‌ها
جدول ۴ – ولتاژ و جریان قرائت شده مدول‌ها
جدول ۵ – داده‌های تحلیلی از یک مدول فتوولتائیک
جدول ۶ – ولتاژ و جریان قرائت شده از مدول‌های فتوولتائیک متصل شده به صورت سری و موازی
جدول ۷ – بازه زمانی انجام اقدامات نگهداری مدول‌های فتوولتائیک
جدول ۸ – تحلیل مالی فیوز سوخته
جدول ۹ – ولتاژ باتری در حالت عملکرد شارژ
جدول ۱۰– ولتاژ مدار باز و پاسخ حالت شارژ و تخلیه کامل باتری‌های سرب اسیدی در زمان آزمون بار
جدول ۱۱ – جریان‌های DC و AC برحسب (میلی آمپر) و خطرات شوک الکتریکی ناشی از آن
جدول ۱–۱۲– تعرفه خرید تضمینی برق برای سامانه‌های فتوولتائیک نصب شده بر بام ساختمان‌ها
جدول۲–۱۲– متوسط میزان انرژی الکتریکی تولیدی ماهانه برای چند استان مختلف
جدول ۱۳– برآورد متوسط میزان تولید انرژی الکتریکی سالانه برای چند استان مختلف

منابع

1- Best Practices in OPERATION AND MAINTENANCE of Rooftop Solar PV Systems in India, JAYA VASITA, AKHILESH MAGAL. Copyright © 2018

2- Installation and Operation Manual –PRI M50A-120, PRI M50A-122 “DELTA”

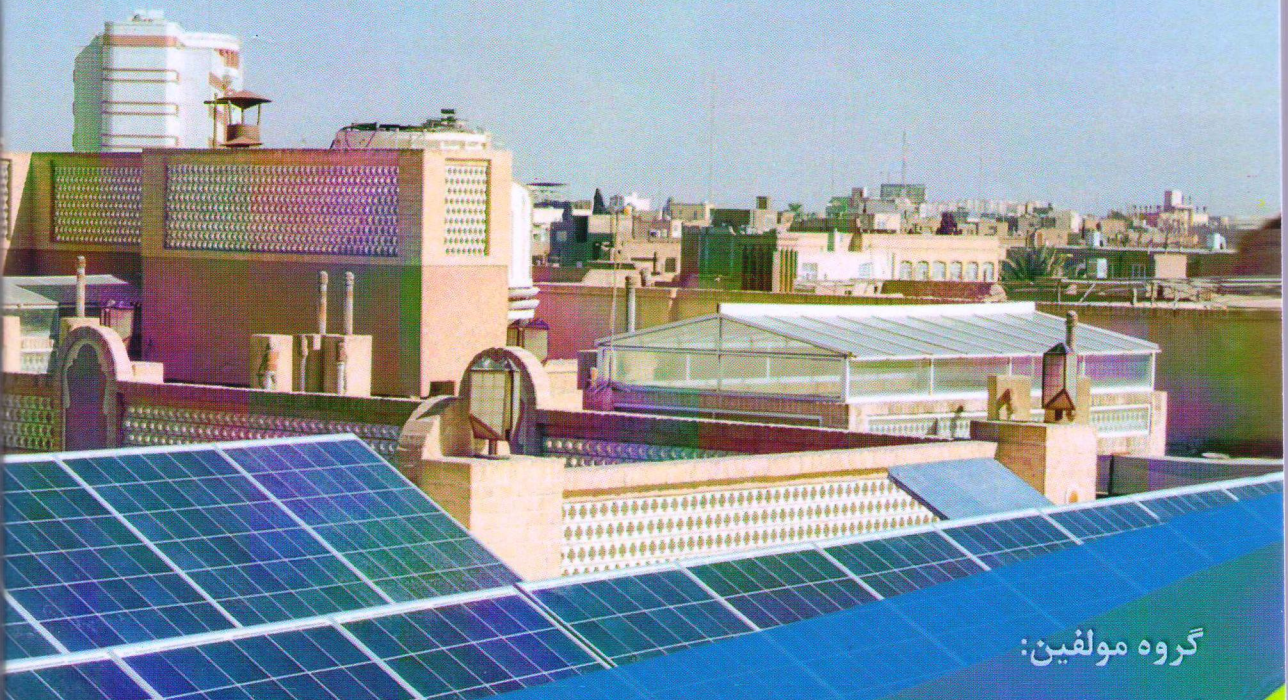
3- Review of Failures of Photovoltaic Modules- Report IEA-PVPS T13-01:2014

۴- مقررات ملی ساختمان- مبحث سیزدهم "تاسیسات الکتریکی و سیم کشی"

۵- استاندارد ملی شماره ۲۰۷۲۹ با عنوان" الزامات برای کابل های مورد استفاده در سامانه‌های فتوولتائیک"

۶- پیوست چهارم دستورالعمل "اتصال به شبکه سامانه‌های فتوولتائیک محدود به ظرفیت انشعاب"

هدف اصلی از تهیه کتاب بیان بسیار ساده از مفاهیم بهره برداری و تعمیر و نگهداری از سامانه های خورشیدی فتوولتاییک نصب شده بر روی بام ساختمان ها بوده تا سرمایه گذاران را نسبت به اهمیت مقوله بهره برداری و نگهداری آگاه سازد. هرچند از دیدگاه کلی این سامانه ها نیاز به تعمیر و نگهداری ندارند؛ اما مهم است که اطمینان حاصل شود این سیستم ها بخوبی نگهداری شده و در سطح مطلوب عمل خواهد کرد. آگاهی از طرف صاحبان و مالکان چنین سامانه هایی و حتی پیمانکاران نصب، می تواند اهداف کشورمان را برای رسیدن به ظرفیت مورد نظر در برنامه ها و سیاست های کلان کشور تسریع نماید. درآخر جا دارد ار مالکان و صاحبان چنین نیروگاه هایی که در رسیدن به اهداف و برنامه های کلان کشور پیش قدم شدند، تشکر و قدردانی گردد.



گروه مولفین:

آقایان: پیمان تقی پور، عباس محمد صالحیان پیرمرد، محمد بنده ای، محمد رضا شاهنواز، یوسف فقیه، وحید ترکاشوند و محمد حسین جمشیدی

خانم ها: سمیرا منشی پور، سمیرا فاضلی، آیدا صیادجو و مونا وثوقی فرد