دستورالعمل فنی نصب سامانه های خورشیدی مشترکین

1- هدف:

حصول اطمینان از طراحی مناسب، نصب، راه اندازی و عملکرد صحیح سامانه های خورشیدی مشترکین و رعایت ضوابط فنی و ایمنی لازم.

۲- دامنه عملکرد:

معاونت بهره برداری و دیسپاچینگ- معاونت مهندسی و برنامه ریزی- معاونت فروش و خدمات مشترکین-دفتر بازار برق- دفتر مهندسی و مطالعات شبکه-مدیریت برق شهرستان-مشترکین متقاضی نصب سامانه خورشیدی.

۳- تعاریف:

مشترک متقاضی احداث سامانه خورشیدی: هر مشترک که دارای انشعاب دائم برق باشد، می تواند تا دوبرابر ظرفیت انشعاب منصوبه خود و حداکثر تا۱۰۰کیلووات، تقاضای نصب سامانه خورشیدی در محل نصب انشعاب خود را نماید. مشترک می تواند پس از انعقاد قرارداد خرید تضمینی برق، نسبت به نصب پنل (توان تجمعی پنلها) تا ۵٪ ± ظرفیت قرارداد، اقدام نماید.

ساختگاه: محل احداث سامانه خورشیدی مشترک با طول و عرض جغرافیایی مشخص می باشد.

فتوولتاییک (PV) : فناوری تبدیل انرژی فوتون های نور به الکتریسیته را فتوولتاییک می‌نامند. در این دستورالعمل هرگاه از واژه «سامانه خورشیدی مشترک » نام برده شود، منظور همان نیروگاه فتوولتاییک منصوبه در انشعاب برق مشترک می باشد.

سلول خورشیدی: قطعه ای الکترونیکی که با بهره گیری از اثر فتوولتاییک، انرژی نور خورشید را بدون واسطه به انرژی الکتریکی تبدیل می کند.

ماژول خورشیدی: مجموعه‌ای شامل دو یا تعداد بیشتری سلول خورشیدی که به صورت الکتریکی به هم متصل شده‌اند.

پنل خورشیدی: مجموعه ای از ماژولهای خورشیدی که به لحاظ الکتریکی و مکانیکی روی یک سازه نصب شده‌اند. اغلب در یک پنل خورشیدی جهت رسیدن به سطوح ولتاژ استاندارد تعداد ۳۶، ۶۰، ۷۲ و... سلولهای خورشیدی به صورت سری متصل می‌شوند.

رشته پنل (String): ترکیب سری چند پنل جهت رسیدن به سطوح ولتاژ و توان بالاتر، تشکیل یک رشته می‌دهد.

آرایه: به مجموعه‌ی تمام پنل‌ها یا ماژول‌های خورشیدی، به همراه سازه فلزی و تجهیزات رابط، آرایه گفته می‌شود.

ولتاژ مدار باز (V_{oc}): عبارت است از بیشترین میزان ولتاژ در منحنی V-I درشرایط مدار باز بودن رشته یا پنل. این ولتاژ با کاهش دما افزایش می یابد و از مقدار بیشینه آن، جهت انتخاب عایق مناسب استفاده می‌شود.

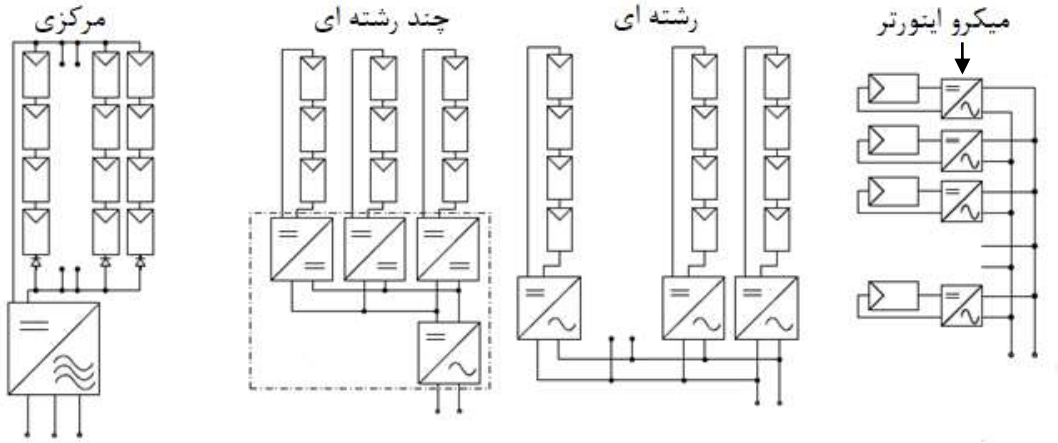
جریان اتصال کوتاه (I_{sc}): بیشترین مقدار جریان بر روی منحنی V-I پنل که در شرایط اتصال کوتاه و ولتاژ صفر اتفاق می افتد. مقدار آن ارتباط مستقیم با میزان تابش خورشید داشته و از آن برای محاسبه مقطع هادی و تجهیزات حفاظتی استفاده می‌شود.

نقطه بیشینه توان (MPP- Maximum Power Point): به ازای مقدار تابش ثابت و دمای معین، نقطه کاری که در آن توان حداکثر میزان خود را داشته باشد. اندازه ولتاژ در شرایط توان بیشینه (V_{MPP}) بر اساس داده برگ پنل حدود ۷۰-۸۰ درصد ولتاژ مدار باز است و میزان جریان در شرایط توان بیشینه (I_{MPP}) حدود ۹۰ درصد جریان اتصال کوتاه آن پنل است.

اینورتر: در یک سامانه خورشیدی متصل به شبکه، اینورتر دارای سه وظیفه اصلی به شرح زیر می باشد:

- تبدیل توان DC به AC.
- ردیابی ولتاژ و جریان جهت رسیدن به توان بیشینه بر روی منحنی V-I (اجرای الگوریتم MPPT).
- حفاظت و جدا سازی سیستم از شبکه در شرایط جزیره‌ای شدن.
- نمایش کمیت‌های سامانه خورشیدی.

نوع اینورتر سامانه خورشیدی، تعیین کننده ساختار و نحوه اتصال پنل ها و رشته ها در آن خواهد بود. در حالت کلی اینورترها به چهار دسته مرکزی، رشته‌ای، چند رشته‌ای و ساختار میکرواینورتر تقسیم بندی می‌شوند(شکل۱).



شکل (۱): انواع اینورترهای خورشیدی متصل به شبکه

سازه: ساختاری جهت نصب و نگهداری پنل‌های خورشیدی است. سازه علاوه بر نگهداری و ایجاد استقامت مکانیکی، امکان نصب پنل در زاویه مناسب را فراهم می‌سازد.

زاویه شیب (Tilt Angle): برای یک نیروگاه با سازه ثابت (غیر تِرکر)، زاویه Tilt عبارت است از زاویه پنل‌های خورشیدی نسبت به سطح افق.

زاویه آزیموث (Azimuth Angle): زاویه پنل‌های خورشیدی نسبت به جهت جنوب را زاویه آزیموث می‌گویند. اگر پنل‌ها دقیقا رو به جنوب باشند زاویه آزیموث آن‌ها برابر صفر درجه، اگر رو به شرق باشند، ۹۰- بوده و برای پنل‌هایی ک رو به غرب باشند، این زاویه برابر ۹۰+ درجه می‌باشد.

زاویه ارتفاع خورشید: زاویه برخورد پرتو خورشید نسبت به سطح افق را زاویه ارتفاع خورشید می‌گویند. این زاویه تعیین کننده زاویه نصب پنل می‌باشد.

توان نامی سامانه خورشیدی (W): عبارتست از توان تولیدی در قسمت DC سامانه خورشیدی تحت شرایط بهره برداری استاندارد STC (Standard Test Condition).

سایه اندازی : به فرآیند ایجاد سایه روی سطح پنل ، سایه اندازی گفته می شود.

آنالیز سایه: تخمین و بررسی اثرات سایه روی سامانه خورشیدی می‌باشد.

داغ شدن موضعی (Hot-Spot): داغ شدن موضعی سلول خورشیدی زمانی رخ می دهد که تعداد زیادی سلول خورشیدی با هم سری شده باشد و یک سلول به دلایل زیر جریان کمتری داشته باشد.

- تفاوت های ناشی از ساخت سلول در کارخانه.
- افت کیفیت (مثلا ترک خوردگی های مویرگی).
- سایه افتادن (سایه ناشی از ساختمان ها، پوشش گیاهی اطراف یا غیره، افتادن برگ درختان روی پنل، آثار پرندگان، تیره شدن رنگ محفظه پنل و ...).
- درجه حرارت بالاتر.

در این حالت جریان کل مدار، محدود به جریان حاصله از سلول معیوب است. قابلیت تولید جریان اضافی توسط سلول‌های سالم، باعث سوگیری (Bias) مستقیم سلول‌های سالم شده و چون در حالت اتصال کوتاه، ولتاژ دو سر مدار برابر صفر است، سلول معیوب بایاس معکوس می‌شود. بایاس معکوس شدن سلول معیوب موجب می‌شود این سلول از حالت تولید کننده خارج شده و به یک مصرف کننده تبدیل شود که انرژی مصرفی در آن بصورت گرما تلف می‌شود.

دیود کنارگذر (Bypass Diode): این دیود برای گروهی از سلول‌ها با پلاریته مخالف روی پنل نصب می شود و اگر سلول به خاطر وجود عدم تطابق در جریان اتصال کوتاه، بایاس معکوس شود، دیود، تحت بایاس مستقیم قرار گرفته و جریان را هدایت می‌کند.

نرم افزار: در این دستورالعمل منظور از نرم افزار، نرم افزارهای طراحی و تحلیل سیستم‌های خورشیدی شامل PVSOL، PV SYST،SUNNY DESIGN و.... که امکان ارزیابی و ارائه طرح های متنوع را دارند، می‌باشد.

نقطه اتصال مشترک ((Point of Common Connection (PCC): نقطه‌ای که در آن شبکه داخلی مربوط به سامانه، به شبکه شرکت توزیع نیروی برق متصل می‌شود. به عبارت دیگر نقطه‌ای که مالکیت شبکه تغییر کرده و تجهیزات اندازه‌گیری در آن نصب می‌شود (نقطه اندازه‌گیری).

جزیره: شرایطی که در آن قسمتی از شبکه توزیع از منبع اصلی ولتاژ خود جدا شده و توسط سامانه خورشیدی از طریق نقطه اتصال مشترک برقدار گردیده باشد.

کلید قطع جریان نشتی ((Residual Current Device (RCD):کلیدی است که با مقایسه جریان های رفت و برگشتی، اختلاف جریان فاز و نول را محاسبه و در صورتی که اختلاف جریان وجود داشته باشد، مدار را قطع می‌کند.

تابلو اندازه‌گیری: در این تابلو لوازم اندازه گیری توان تولیدی سامانه نصب می‌شود. همچنین با نصب کلید اصلی مشخص کننده نقطه (PCC) این تابلو به عنوان نقطه اتصال سامانه با شبکه شناخته می‌شود.

تابلو AC: تابلویی که بین اینورتر و شبکه برق نصب شده و در آن تجهیزات حفاظتی از قبیل SPD و کلید فیوز نصب می‌شود.

تابلو DC و جعبه اتصال ترکیبی (Combiner Box): چنانچه ولتاژ مجموع رشته ها بیشتر از حداکثر ولتاژ مجموع MPPT اینورتر باشد، بهره بردار یا نصاب می تواند جعبه اتصال ترکیبی را با اخذ تائیدیه از شرکت توزیع نصب نماید. در این صورت ابتدا خروجی رشته ها در جعبه اتصال ترکیبی جمع آوری و برای هر رشته، تجهیزات حفاظتی مانند فیوز ذوب شونده نصب می‌گردد. سپس خروجی این مجموعه وارد تابلو اصلی DC می‌شود.

طرح تفصیلی سامانه : عبارت است از خروجی طرح شبیه‌سازی شده در نرم افزار به همراه مشخصات فنی تجهیزات، نقشه‌های اجرایی، طرح سازه، محاسبات و مقاطع هادی‌ها، تجهیزات حفاظتی و مشخصات فیوزها و قطع کننده‌ها، تابلوها و مکان قرارگیری تجهیزات، مشخصات سیستم ارت به همراه تجهیزات لازم جهت اتصال به شبکه که توسط پیمانکار قبل از شروع عملیات اجرایی تهیه شده و به تائید ناظر شرکت توزیع نیروی برق رسیده است.

جعبه اتصال دیواری : این جعبه شامل کلید قطع و وصل مشترک به شبکه توزیع است. هدف از نصب این جعبه آن است که در مواقع اضطراری (مانند زمان انجام مانور روی شبکه) که نیاز است سامانه از شبکه قطع گردد و مشترک در محل ساختگاه حضور ندارد، کارکنان شرکت توزیع برق امکان قطع/ وصل سامانه را از/ به شبکه توزیع داشته باشند. لذا دسترسی به این جعبه تنها باید برای کارکنان شرکت توزیع نیروی برق امکان‌پذیر بوده و محل نصب باید به گونه‌ای باشد که در صورت عدم حضور مشترک در محل سامانه، امکان دسترسی به آن وجود داشته باشد.

۴- مراجع :

- دستور العمل فنی نصب سامانه های فتوولتائیک (مختص مشترکین محدود به دو برابر ظرفیت انشعاب تا سقف ظرفیت ۱۰۰ کیلووات)، شهریور ۹۹- سازمان انرژی های تجدید پذیر و بهره وری برق.
- سامانه های فتوولتائیک متصل به شبکه-حداقل الزامات برای مستند سازی،آزمون های راه اندازی و بازرسی سامانه -INSO16478.
- طراحی سازه و نصب آرایه فتوولتاییک برای اماکن مسکونی(نوع پشت بامی)-INSO21550.
- دستورالعمل محیط زیست ،بهداشت و ایمنی نیروگاه های خورشیدی – فتوولتائیک.
- راهنمای طراحی سیستم های خورشیدی به منظور تأمین انرژی الکتریکی به تفکیک اقلیم و کاربری.
- پیوست HSE نصب سامانه‌های خورشیدی متصل به شبکه

۵- ضمائم :

چک لیست بازدید اولیه از ساختگاه درخواستی نصب سامانه خورشیدی مشترکین	35C08
چک لیست طراحی سامانه خورشیدی مشترکین	35C05
چک لیست نظارت بر سامانه خورشیدی مشترکین	35C09

۶- مدارک وابسته:

کتابچه مشخصات فنی تابلوهای لوازم اندازه‌گیری (تک‌فاز و سه‌فاز)	12B16
کتابچه مشخصات فنی تابلوهای لوازم اندازه‌گیری (دیماندی و هوشمند)	12B17

۷- شرح :

در این دستورالعمل به نکات فنی و اجرایی نصب سامانه های خورشیدی پرداخته شده و جهت بررسی و کنترل کیفیت ساخت

تجهیزات مورد استفاده می بایست براساس کتابچه فنی مشخصات تجهیزات و آخرین دستورالعمل های ابلاغی اقدام گردد. همچنین در تهیه طرح تفصیلی سامانه خورشیدی، می‌بایست طراحی با موضوعات مطروحه در مقررات ملی ساختمان و تأسیسات الکتریکی مطابقت داشته باشد. لذا لازم است نکات فنی-اجرایی عنوان شده در این دستور العمل جهت نصب سامانه به شرح زیر رعایت شود.

ساختگاه :

با توجه به ماهیت سامانه های خورشیدی و نیاز به تابش مستقیم، بدون سایه اندازی و همچنین نیاز آن به نظافت دوره‌ای بایستی موارد زیر در خصوص شرایط ساختگاه رعایت گردد.

- در انتخاب ساختگاه لازم است اطمینان حاصل شود که محل نصب تجهیزات خورشیدی اعم از پشت بام و ... تحمل نیروهای مکانیکی (استاتیکی و دینامیکی) ناشی از وزن سامانه، برف ، یخ و باد را داشته باشد.
- قبل از نصب سامانه می بایست اقدامات لازم جهت پاکسازی ساختگاه از موانع احتمالی و آماده سازی آن برای نصب ایمن سازه و سایر تجهیزات صورت پذیرد.
- سامانه باید دارای مسیر دسترسی ایمن باشد. همچنین باید حداقل ۱۰۰ سانتیمتر فاصله از طرفین سازه به منظور عبور افراد برای شستشو، تعمیر، تعویض و بازدید دوره‌ای وجود داشته باشد.
- در جانمایی محل نصب پنل‌های سامانه، بایستی دقت لازم صورت پذیرد تا سایه اندازی در طول فصول مختلف سال وجود نداشته باشد.
- وجود لوله بخاری و سایر تجهیزات حرارت زا، زیر پنل‌ها مجاز نمی باشد.
- در تعیین ظرفیت سامانه در هر ساختگاه می بایست مساحت مفید قابل استفاده، محاسبه شده و با توجه به مشخصات فنی پنل‌ها مورد استفاده، حداکثر قدرت قابل نصب برای ساختگاه را محاسبه نمود.

توضیح: منظور از مساحت مفید سطحی است که شرایط گفته شده بالا و ایمنی سامانه را فراهم کرده و حداقل ۵ ساعت از شبانه روز بدون سایه اندازی باشد. همچنین امکان نصب سازه و تجهیزات به صورت ایمن وجود داشته باشد.

تذکر: موارد فوق بایستی قبل از نصب نیروگاه و در اولین بازدید توسط ناظر شرکت توزیع نیروی برق بررسی شود.

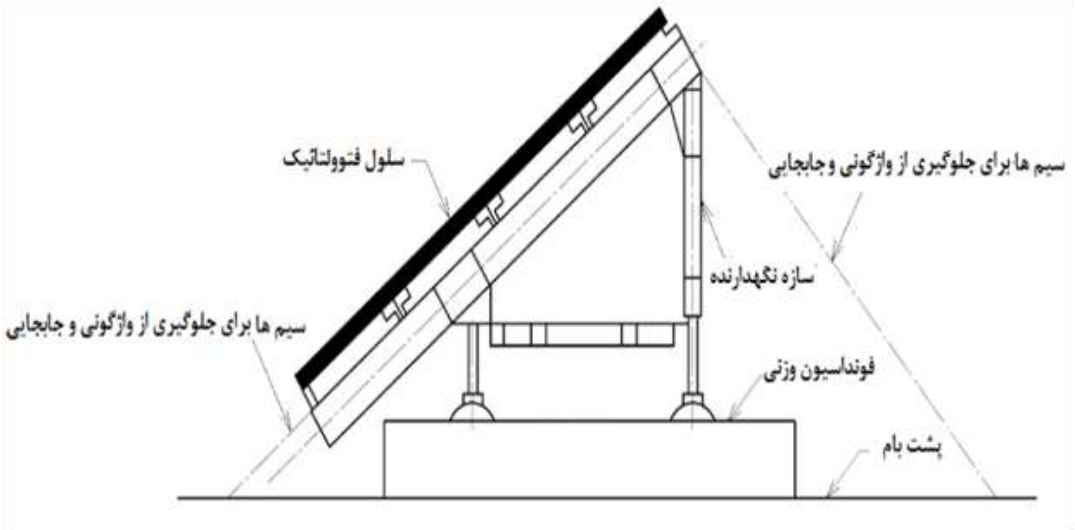
سازه:

سازه، بسته به محل نصب دارای طرح‌های مختلفی نظیر پشت بامی، زمینی و ... می‌باشد. سازه‌های پشت بامی بسته به نوع سیستم نگهدارنده با چهار روش زیر طراحی و اجرا می گردند.

ردیف	نوع سازه	معیار انتخاب
۱	سازه با ملحقات نگهدارنده	با توجه به تنوع مواد مورد استفاده در پشت بام، چنانچه امکان اتصال متعلقات نگهدارنده به آنها وجود داشته باشد می توان از این نوع سازه استفاده نمود. مانند اتصال محکم سازه به سر ستون های بنا.
۲	سازه با سیم مهار کننده	این نوع سازه ارتباطی به مواد مورد استفاده در پشت بام ندارد.لیکن بعد از نصب نیاز به بازدید های دوره ای خواهد داشت.

ردیف	نوع سازه	معیار انتخاب
۳	به صورت یکپارچه با پشت بام	اغلب در سقف های شیروانی استفاده می شود و نیاز به بررسی و اطمینان از استحکام مصالح مورد استفاده در ساخت پشت بام در قسمت اتصال سازه دارد.
۴	سازه وزنی	متداولترین سازه برای بام های مسطح است. در شرایطی استفاده از این سازه مجاز می باشد که تحمل ساختمان به اندازه نیروهای اضافه وارد بر آن باشد.

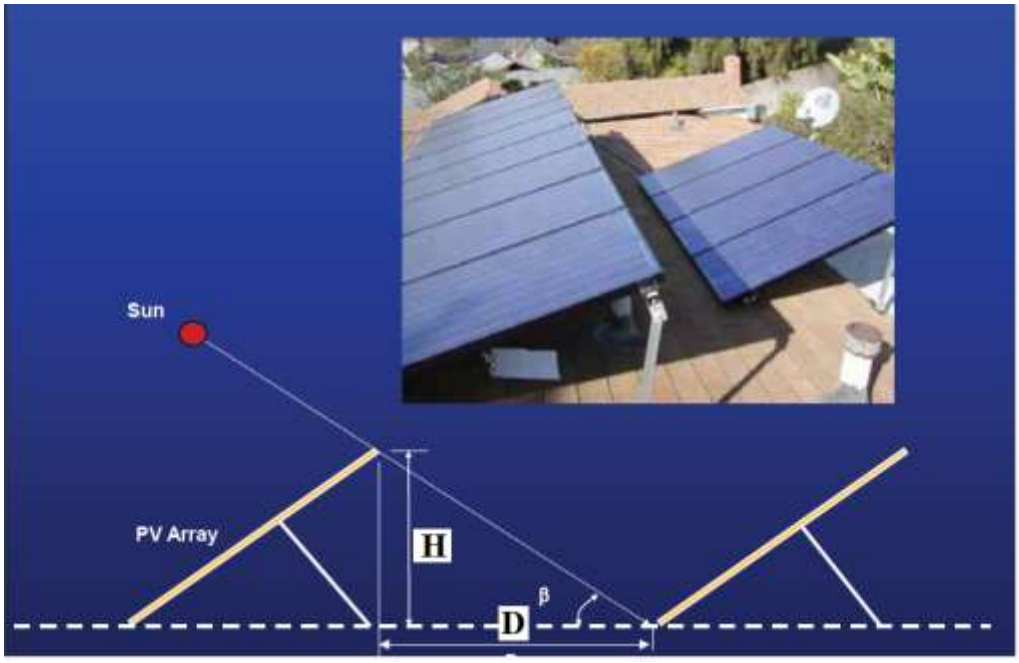
- برای استفاده از هر طرح جدید برای سازه لازم است محاسبات سازه و شبیه‌سازی‌های لازم جهت تحلیل باد، بارگذاری، تنش، کرنش و ... در محیط نرم‌افزارهای متداول نظیر SolidWorks، ABAQUS و ... انجام شود و به تأیید ناظر شرکت توزیع نیروی برق برسد.
- در طراحی سازه لازم است علاوه بر محاسبه نیروی وارده از سمت آرایه، پیش بینی سایر نیروهای وارده (مانند باد، زلزله و وزن برف و یخ) بعمل آید. لذا بایستی اطلاعات هواشناسی محل ساختگاه در نرم افزارهای تحلیل سازه، لحاظ گردد.
- در سازه های دارای فندانسیون وزنی لازم است بار وزنه ها به صورت یکنواخت در قسمت های تماس سازه با پشت بام توزیع شده و از تمرکز بار و وزنه به صورت نقطه ای پرهیز شود.
- در طراحی سازه های وزنی می بایست بار وزنه ها ، روی ستون ها یا دیوارهای حایل ساختمان قرار گیرد.
- در سازه های گالوانیزه می بایست تمامی مقاطع از جنس فولاد با گرید ST37 یا ST52 با پوشش گالوانیزه گرم حداقل ۸۰ میکرون و در سازه های آلومنیومی از جنس آلومنیوم رده ۶۰۶۱ یا ۶۰۶۳ با درجه سختی T6 باشد. جهت بررسی درجه گالوانیزه، می‌بایست از دستگاه ضخامت سنج پوشش گالوانیزه استفاده نمود.
- در سازه های فولادی می بایست قبل از انجام عملیات گالوانیزه، گل جوش از روی تمام قسمت های جوش خورده، زدوده شده باشد.
- لازم است در انتخاب پیچ و مهره‌های سازه از ایجاد تنوع پرهیز شده و از یک سایز پیچ و مهره استفاده گردد.



شکل (۲) نمونه ای از سازه با روش‌های ترکیبی.

- پیچ و مهره های مورد استفاده در سازه می بایست از جنس استیل و یا فولاد با پوشش گالوانیزه گرم یا داکرومات شده باشد.
- طول پیچ ها می بایست به اندازه ای باشد که پس از محکم کردن آن حداقل سه دندانه کامل پیچ از مهره خارج شود. پیچ‌های مورد استفاده نباید باعث سایه‌اندازی جزئی روی پنل‌ها شوند.
- در پیچ های عمودی، نصب پیچ ها به گونه ای باشد که گل پیچ سمت بالا قرار گیرد.
- در تمام اتصالات پیچ و مهره ای می بایست با توجه به ماهیت دینامیکی باد و سوراخ های لوبیایی، از یک واشر فنری و دو واشر تخت استفاده نمود.
- لازم است مواد ضربه گیر (دارای خاصیت عایقی) به صورت عایق مضاعف در محل های تماس سازه با پشت بام نصب شود.
- قرارگیری سازه در پشت بام می بایست به نحوی باشد که حداقل فاصله ایمن (۱۰۰ سانتیمتر) از لبه پرتگاهی پشت بام، رعایت گردیده و امکان تمیزکاری و تعمیرات پنل‌ها برای تمام افراد به صورت ایمن وجود داشته باشد.
- لازم است ارتفاع سازه از سطح زمین به نحوی باشد که احتمال پاشیده شدن گل و لای ناشی از شستشو یا بارش باران بر روی پنل ها وجود نداشته باشد .همچنین در شرایط نصب سازه روی زمین بایستی ارتفاع به حدی باشد که رویش علف‌های هرز باعث سایه اندازی روی پنل نشوند (حداقل ۳۰ سانتیمتر).
- سطوح تماس بین سازه و پشت بام (مانند پایه سازه) بایستی به نحوی باشد که مانع جاری شدن آب های سطحی نگردد.
- در قرار گیری ردیفی سازه می بایست به مسائل سایه اندازی آنها دقت شود.
- هرگونه جوشکاری، سوراخ کاری و برشکاری پس از گالوانیزه نمودن سازه مجاز نیست. چنانچه در حین نصب، نیاز به اتصال سازه به بخشی از اسکلت ساختمان وجود داشته باشد، بایستی پس از انجام اتصال، اسپری زینک به طور کامل روی محل اتصال پاشیده شود.

توضیح: حداقل فاصله جهت رعایت سایه اندازی برای موانع مقابل پنل به عرض جغرافیایی محل نصب وابسته بوده و مطابق شکل (۳) تعیین می‌شود. مطابق این شکل، H ارتفاع پشت پنل بوده و D فاصله تا ردیف بعدی پنل‌ها را نشان می‌دهد. (نسبت D به H در استان خراسان رضوی با توجه به عرض جغرافیایی ۲/۵ پیشنهاد می‌گردد).



شکل (۳) حداقل فاصله جهت رعایت سایه اندازی پنلها

پنل:

- معیار انتخاب نوع پنل در یک سامانه، ارزیابی اقتصادی انجام شده و شرایط ساختگاه می باشد. در ساختگاه‌های با مساحت کم جهت دست یابی به توان بالاتر لازم است از پنل با راندمان بیشتر استفاده شود.

- لازم است توان تجمعی پنل های خورشیدی در شرایط آزمایش استاندارد (STC) متناسب با ظرفیت قرارداد خرید تضمینی باشد. به نحوی که اختلاف آن با توان نامی سامانه ۵٪ ± باشد.

- هر پنل بایستی دارای برچسب شناسایی با حداقل اطلاعات زیر باشد:

- نام شرکت و کشور سازنده.
- درج مقادیر توان نامی (W_n)، جریان اتصال کوتاه (I_{SC}) و ولتاژ مدار باز (V_{OC}) .
- شماره سریال منحصر به فرد برای هر پنل.

- تمامی پنل های مورد استفاده برای یک سامانه می‌بایست از یک سازنده و با مشخصات یکسان باشد.
- اتصال پنل ها به سازه تنها از طریق کلمپ و پیچ مخصوص و یا سوراخ های موجود روی قاب پنل ها و طبق دستورالعمل سازنده پنل، مجاز می‌باشد. پیچ‌های مورد استفاده نباید باعث سایه‌اندازی جزئی روی پنل‌ها شوند.
- استفاده از واشر فنری و واشر تخت در اتصال پنل به سازه الزامی است.
- اتصالات الکتریکی پنل ها تنها از طریق کلمپ های اتصال DC مخصوص آن (مانند MC4) مجاز بوده و ایجاد هر گونه تغییری روی این اتصالات ممنوع می‌باشد.
- در زمان نصب پنل‌ها می بایست تمهیدات لازم جهت تهویه هوای زیر پنل اندیشیده شود و در سطوح شیبدار مانند سقف‌های شیروانی رعایت حداقل فاصله ۱۰ سانتیمتر جهت گردش هوای زیر پنل الزامی می باشد.
- جهت نصب پنل می بایست به سمت جنوب بوده (حداکثر زاویه Azimuth مجاز ۲۰± درجه)، زاویه پنل‌ها نسبت به افق (زاویه Tilt) نیز با توجه به عرض جغرافیایی استان خراسان رضوی باید بین ۳۰ تا ۳۵ درجه باشد.

کابل ها و اتصالات :

- در انتخاب مقاطع هادی ها دو عامل مهم « ظرفیت انتقال جریان» و«حداکثر افت ولتاژ مجاز» تاثیر گذار است. لذا در انتخاب مقاطع کابل ها در سامانه های خورشیدی می‌بایست موارد زیر مدنظر قرار گیرد.

- مقاطع هادی در قسمت AC سامانه بایستی به نحوی انتخاب شود که حداکثر افت ولتاژ ۱٪ باشد.
- در قسمت DC سامانه، هادی ها می‌بایست از نظر ظرفیت انتقال جریان، تحمل ۱۵۶٪ جریان اتصال کوتاه را برای مدت طولانی داشته باشند.
- مقاطع هادی در قسمت DC سامانه می بایست به نحوی انتخاب شود که حداکثر افت ولتاژ سامانه در قسمت DC در توان نامی تولیدی، بیش از ۲٪ نباشد. این مقدار از فرمول زیر محاسبه می شود.

$$A(mm^2) = \frac{(\rho \times P \times L) \times 200}{V^2}$$

P : توان سامانه (W) ، L: طول مسیر کابل (m) ، ρ : ضریب رسانندگی(مس ۰/۰۱۷ و آلومینیوم ۰/۰۲۸)

V: ولتاژ رشته (v)

تبصره ۱ : عدد محاسبه شده چنانچه بین دومقدار از مقادیر جدول شماره (۱) باشد، بایستی یک مقطع بالاتر در نظر گرفته شود.

تبصره ۲: چنانچه سطح مقطع محاسبه شده از فرمول بالا برای کابلDC کمتر از سطح مقطع کابل متصل به پنل‌ها (کابلی که توسط سازنده پنل نصب گردیده است) باشد، بایستی سطح مقطع کابل متصل به پنل ملاک انتخاب قرار گیرد.

جدول شماره (۱) مقادیر سطح مقطع هادی های آلومینیوم و مس

آلومینیوم	۲/۵	۴	۶	۱۰	۱۶	۲۵	۵۰	۷۰	۹۵	۱۲۰	۱۵۰	۱۸۵	۲۴۰	۳۰۰
مس	۱/۵	۲/۵	۴	۶	۱۰	۱۶	۲۵	۳۵	۵۰	۷۰	۹۵	۱۲۰	۱۵۰	۱۸۵

-مقادیر ولتاژ کابل ها برای قسمت DC (۱۰۰۰ تا V_{DC} ۱۵۰۰) و برای قسمت AC (۴۰۰ تا V_{AC} ۶۹۰) می‌باشد.

-رنگ بندی کابل های مورد استفاده در سامانه به شرح زیر می باشدکه رعایت آن الزامی است.

- قطب مثبت کابل DC: رنگ قرمز (روکش خارجی می تواند مشکی با خطوط قرمز باشد)
- قطب منفی کابل DC: رنگ آبی (روکش خارجی می تواند مشکی با خطوط آبی باشد)
- کابل سه فاز AC: فازها به سه رنگ متفاوت قرمز ، زرد و مشکی و سیم نول به رنگ آبی
- کابل ارت : رنگ سبز ویا زرد با خطوط سبز

-جنس هادی کابل در قسمت DC می بایست از مس قلع اندود، افشان و به صورت تک رشته باشد.

-در قسمت AC، کابل‌ها می توانند از جنس مس یا آلومنیوم یک یا چند رشته بوده و می‌بایست دارای قابلیت انعطاف باشد و عایق آن نیز مقاوم در برابر اشعه خورشید باشد.

-عبور کابل های مربوط به سامانه، از مسیر مشترک با کابل های دیگر مجاز نبوده و لازم است از طریق کانال های جداگانه از کنار

یا گوشه دیوار و از مناطق امن و ایمن عبور داده شود.

-لازم است کابل های سامانه خورشیدی با برچسب های رنگی به شکل مشخص علامت گذاری شوند. به نحوی که قابل تشخیص توسط افراد غیر حرفه ای باشد(مانند شماره گذاری کابل).

-لازم است کابل ها تا حد ممکن کوتاه انتخاب شده و از ایجاد لوپ در مسیر کابلکشی اجتناب گردد.

-کابل های خارج شده از پنل و سایر مسیرهای کابل کشی در پشت پنل ها می بایست از داخل سینی گالوانیزه و به شکل مرتب فرم دهی شود.

اینورتر:

-اینورتر لازم است متناسب با ظرفیت قرارداد خرید تضمینی و قدرت پنلهای نصب شده، انتخاب گردد. به نحوی که در هیچ شرایطی، توان تولیدی آرایه از حداکثر توان DC ورودی اینورتر بیشتر نشود.

-بر اساس استاندارد، به منظور حفظ بالانس شبکه، حد مجاز عدم تعادل تزریق توان در انشعاب تکفاز، حداکثر برابر ۴/۶ کیلووات می باشد. لذا لازم است در سامانه‌های با ظرفیت بیش از 5 kW حتماً از اینورتر سه فاز استفاده شود.

-نحوه اتصال رشته ها به اینورتر می بایست به نحوی باشد که پس از سری یا موازی نمودن پنل ها تحت بدترین شرایط، ولتاژ و جریان ورودی به اینورتر از محدوده مجاز آن خارج نگردد(محدوده مجاز، مقادیر نامی تجهیزات بوده که در پلاک مشخصات فنی هر تجهیز قید شده است).

-در نصب اینورتر می بایست به تهویه هوای اطراف آن مطابق دستورالعمل سازنده دقت نمود. به طور کلی فاصله اینورتر از موانع اطراف و سقف باید حداقل ۳۰ سانتیمتر باشد.

-در صورتی که شرکت سازنده اینورتر نصب کلید محافظت از جان (RCD) را لازم بداند، بایستی یک کلید محافظت از جان با جریان خطای نامی حداقل برابر ۱۰۰ میلی‌آمپر ضربدر تعداد اینورترهای سامانه از نوع A یا B در تابلو AC و بعد از کلید قطع AC نصب گردد. (نوع RCD مورد استفاده بر مبنای پیشنهاد شرکت سازنده اینورتر انتخاب گردد).

-تابلو DC:

-خروجی آرایه های خورشیدی قبل از ورود به اینورتر، جهت نصب تجهیزات حفاظتی و انجام اتصالات می‌بایست وارد تابلو DC شود.

-جنس تابلو DC می بایست از نوع کامپوزیت بوده و از سازندگان مجاز تهیه گردد.

- ابعاد تابلوها می بایست به اندازه ای انتخاب گردد که فضای کافی جهت نصب ریل، فیوز، برقگیر، ترمینال و ... را داشته باشد.

-در صورتی که رشته‌ها از تعداد ورودی MPPT اینورتر بیشتر باشد، مطابق پیوست شماره(۱) لازم است جهت همخوانی تعداد ورودی‌های اینورتر با تعداد رشته‌ها، علاوه بر تابلو اصلی DC ، جعبه اتصال ترکیبی (Combiner Box) در محل سامانه نصب گردد. جعبه اتصال ترکیبی شامل تعدادی کلیدفیوز DC است که قابلیت قطع زیر بار را دارد و این کلیدها بگونه ای قرار می گیرد که رشته ها را بصورت موازی به اینورتر متصل نماید.

تبصره ۱: جریان خروجی از جعبه اتصال ترکیبی، نباید بیشتر از جریان نامی اینورتر باشد.

تبصره ۲: چنانچه تعداد رشته ها با تعداد (MPPT) اینورتر مساوی یا کمتر باشد، جعبه اتصال ترکیبی را می‌توان بعنوان تابلو اصلی

DC نیز استفاده نمود.

-لازم است برای هررشته دو دستگاه فیوز حفاظتی اضافه جریان (یکی برای مثبت یکی برای منفی) از نوع ذوب شونده DC و مخصوص حفاظت رشته (gpv) نصب گردد.

-برقگیر (SPD) :

-SPD (Surge Protection Device) به منظور حفاظت تجهیزات در برابر اضافه ولتاژهای ناگهانی نصب می‌گردد.

-این تجهیز در تابلوDC ، بایستی پیش از تجهیز قطع کننده با قابلیت قطع زیر بار(کلیدفیوز DC یا کلید قطع زیراینورتر) نصب شود، تا به هنگام باز بودن تجهیز قطع کننده، آسیبی به تجهیزات وارد نشود (مطابق شکل ۴).

-در ورودی های DC اینورتر لازم است به ازای هر MPPT ،یک دستگاه SPD در تابلو DC نصب گردد.

-کلاس SPDهای مورد استفاده در بخش DC می بایست (B+C) و یا (۲+۱) باشد.

- حداقل ولتاژ نامی SPD می‌بایست۲۰ درصد بیشتر از ولتاژ مدار باز رشته در شرایط استاندارد باشد.

-چنانچه طول کابل بین آرایه تا تابلو DC بیش از ۱۰ متر باشد، لازم است علاوه بر SPD های نصب شده در تابلو اصلی DC، در خروجی آرایه نیز به ازای هر MPPT، دو دستگاه SPD دیگر نیز برای کابل مثبت و منفی نصب گردد. بنابراین در این سامانه‌ها به دو تابلو DC نیاز است.

-چنانچه طول کابل اتصال تابلو DC به اینورتر بیش از ۱۰ متر باشد، لازم است در تابلو DC علاوه بر فیوز ذوب شونده، کلیدفیوز DC (قابل قطع زیر بار) نیز نصب گردد. همچنین چنانچه اینورتر فاقد کلید DC باشد نصب کلید، تحت هر شرایطی الزامی خواهد بود.

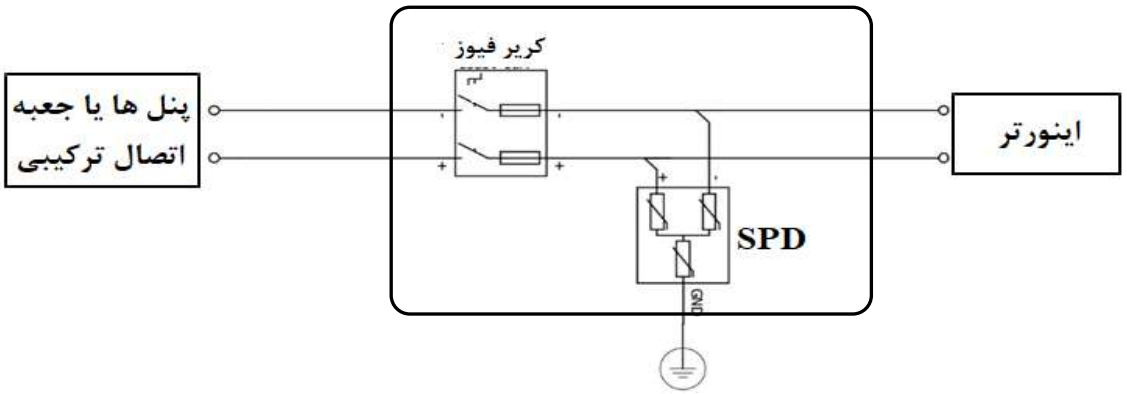
-نحوه انتخاب فیوز ذوب شونده جهت حفاظت جریانی رشته به صورت زیر می باشد:

(ماکزیمم جریان مجاز در دیتا شیت پنل) ≤I ≤ (جریان اتصال کوتاه رشته)*1.4

-با توجه به سطوح ولتاژ بالا در قسمت DC لازم است ولتاژ عایقی ترمینال ها ، پایه فیوز، کلید و کابل ها با ولتاژ کاری سامانه مطابقت داشته باشد.

-لازم است در محل تابلو و قطع کننده های موجود علامت هشدار و راهنمای سامانه به نحوی نصب گردد که برای افراد غیر حرفه ای قابل تشخیص باشد.

-برچسب‌زنی تمام کابل های ورودی و خروجی از تابلو الزامی می باشد.



شکل (۴): شمای تک خطی یک تابلو DC

- تابلو AC و تابلو اندازه گیری:

-کابل‌های AC خروجی از اینورتر به صورت تکفاز و یا سه فاز می بایست جهت نصب تجهیزات حفاظتی وارد تابلو AC و سپس وارد تابلو اندازه گیری شود.

-جنس تابلو AC باید ازکامپوزیت انتخاب شود و ابعاد آن بایستی مطابق کتابچه مشخصات فنی تابلوها (کد 12B16-12B17) بوده به نحوی که فضای کافی جهت نصب کنتور هوشمند، ریل، فیوز، برقگیر، ترمینال، شینه ارت و ... را داشته باشد.

-جریان کلید فیوزهای تابلو AC و تابلو اندازه‌گیری می بایست ۲۵ درصد بیش از جریان نامی AC اینورتر انتخاب گردد.

-در تابلو AC برای اینورترهای تکفاز لازم است از کلید فیوز ۲ پل (1P+N) تیپ B و برای اینورترهای سه فاز از کلید فیوز ۴ پل (3P+N) تیپ B استفاده نمود.

-لازم است کلید فیوز منصوبه در تابلو اندازه گیری برای سامانه تکفاز از نوع تک پل (1P) تیپ C و برای سامانه سه فاز از نوع ۳ پل (3P) تیپ C باشد.

-کلید فیوز نصب شده در تابلو اندازه گیری به عنوان نقطه اتصال مشترک سامانه(PCC) با شبکه توزیع بوده و تمام قوانین مربوط به این نقطه بر آن حاکم است.

-چنانچه شرایط نصب به نحوی باشد که اینورتر در مجاورت تابلو اندازه گیری نصب گردد امکان حذف کلید فیوز تابلو AC وجود دارد و در این صورت لازم است برای اینورترهای تکفاز از کلید فیوز ۲ پل (1P+N) تیپ B و برای اینورترهای سه فاز از کلید فیوز ۴ پل (3P+N) تیپ B در تابلو اندازه گیری استفاده نمود.

-در مونتاژ تابلوهای اندازه گیری و AC می بایست کلید فیوزهای AC به نحوی نصب گردند که تأسیسات سامانه به سمت (بار) و تغذیه عمومی به سمت شبکه مشخص شده باشد.

-نصب برقگیر AC در تابلو AC خروجی اینورتر برای فازها و نول الزامی می باشد.

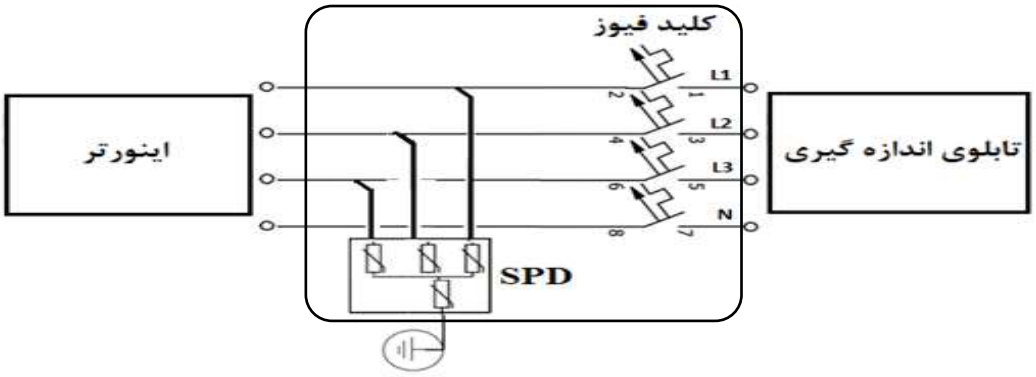
-ولتاژ کاری برقگیرهای AC می بایست حداکثر ۲۸۰ ولت باشد.

-کلاس برقگیرهای مورد استفاده در بخش AC می بایست (B+C)و یا (۱+۲) باشد.

-لازم است در محل تابلو AC و اندازه گیری علائم هشداردهنده و نقشه‌های تک خطی سامانه به نحوی نصب گردد.

-برچسب‌زنی تمام کابل های ورودی و خروجی از تابلوها الزامی می باشد.

-شمای تک خطی یک تابلوی AC در شکل شماره(۵) نشان داده شده است.



شکل شماره(۵)- شمای تک خطی یک تابلو AC

- مشخصات کنتورهای نصب شده در تابلو اندازه گیری:

-کنتور مربوط به سامانه خورشیدی تا ظرفیت ۵ کیلووات از نوع کنتور تکفاز قابل قرائت از راه دور می‌باشد.

-کنتور مربوط به سامانه‌های خورشیدی از ظرفیت ۶ تا ۲۹ کیلووات، کنتور سه فاز جریان مستقیم و قابل قرائت از راه دور می‌باشد.

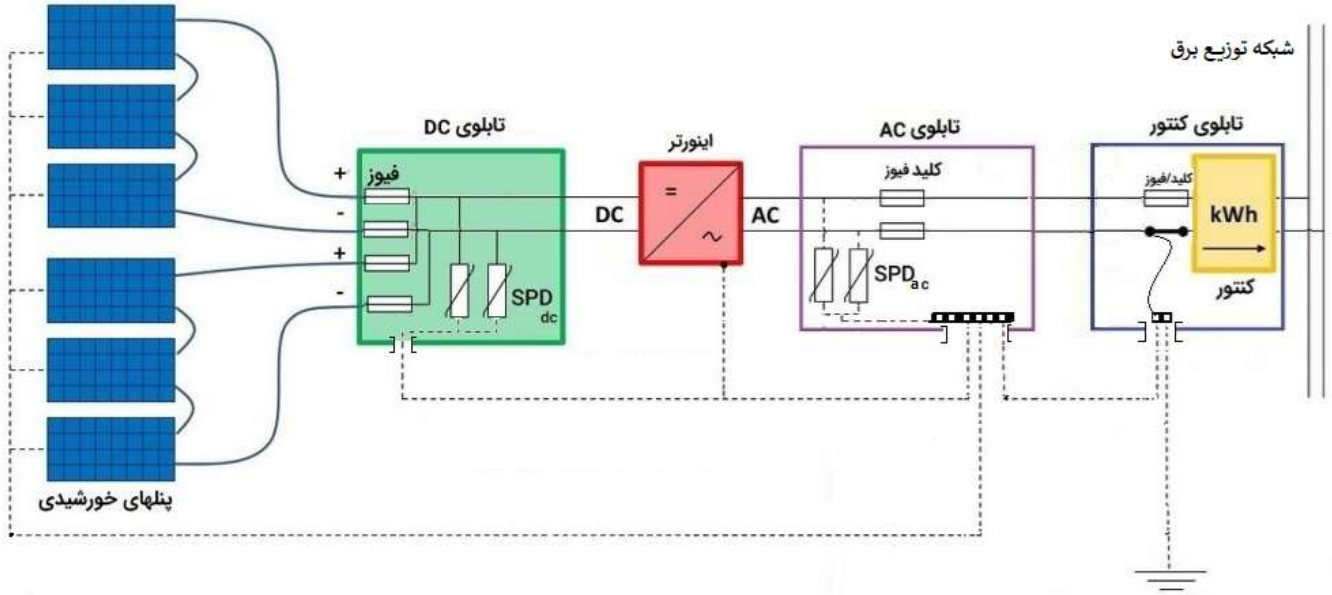
-کنتور مربوط به سامانه های خورشیدی از ظرفیت ۳۰ تا ۱۰۰ کیلووات، کنتور دیماندی ولتاژ ثانویه و قابل قرائت از راه دور بوده و بایستی در تابلو هوایی نصب گردد.

- همبندی و اتصال زمین:

- برای هر سامانه خورشیدی لازم است حداقل یک الکترود اساسی اتصال زمین احداث گردد. در این رابطه، مقاومت قابل قبول، برمبنای ولتاژ تماس زیر پنجاه ولت و توسط ناظر شرکت توزیع نیروی برق محاسبه می شود . در اکثر نقاط استان خراسان رضوی، حداکثر مقاومت قابل قبول پنج اهم می‌باشد. در زمان احداث بایستی این موضوع به تأیید ناظر شرکت توزیع نیروی برق برسد.
- در صورت استفاده از دو الکترود زمین مجزا برای بخش های AC و DC لازم است دو الکترود توسط یک رشته هادی ارت با مقطع حداقل $16mm^2$ به یکدیگر متصل گردد.
- لازم است بدنه فلزی تمام تجهیزات از جمله قاب پنل‌ها، سازه، تابلوها، سینی کابل‌ها و اینورتر به نحو موثری از طریق هادی حفاظتی (PE) همبند و زمین گردد.
- در نصب سامانه‌های پشت بامی، همبندی ارت سامانه و سازه با اسکلت فلزی پشت بام ساختمان الزامی است یا لازم است تمام قسمت هایی که نیاز به زمین کردن دارند تنها از طریق یک مسیر مستقل به الکترود زمین یا شینه ارت متصل گردد.
- در خصوص اتصال به زمین هادی‌های DC لازم است، طبق دستور العمل سازنده اینورتر و پنل اقدام گردد. اغلب در اینورترهای بدون ترانسفورماتور (TL) نباید هیچ یک از هادی‌های DC زمین شوند.
- هادی اصلی اتصال الکترود زمین به شینه ارت و هادی ارت به تابلو AC و تابلو AC به سازه، می بایست از جنس مس با مقطع حداقل ۱۶ میلیمتر مربع یا آلومینیوم با سطح مقطع حداقل ۲۵ میلیمتر مربع باشد. هادی های همبندی پنل ها و

سایر قسمت ها مشروط به اینکه تحمل دو برابر ماکزیمم جریان اتصال کوتاه آن بخش را داشته باشد، حداقل سطح مقطع برای سیم مس شش میلیمتر مربع (و سیم آلومینیوم ۱۶ میلیمتر مربع نوع نیمه افشان) می‌باشد.

- در صورت نیاز به عبور کابل ارت از داخل لوله‌های محافظ، استفاده از لوله های فلزی برای آن مجاز نمی باشد.
- لازم است سازه، از حداقل دو نقطه به هادی زمین متصل گردد.
- لازم است نول شبکه و سیستم اتصال به زمین تنها در یک نقطه که بین کلید فیوز اصلی سامانه و RCD در تابلو اندازه‌گیری قرار دارد، به هم متصل شود.
- در شکل شماره (۶) نمای سیستم ارت برای یک سامانه خورشیدی متصل به شبکه به عنوان نمونه ترسیم شده است.



شکل شماره(۶)- نمای یک سامانه خورشیدی مشترک متصل به شبکه (بدون نمایش سازه)

- اتصال به شبکه:

-سامانه های خورشیدی تا قدرت ۳۰ کیلووات امکان اتصال به شبکه فشار ضعیف عمومی از طریق نصب لوازم اندازه گیری جریان مستقیم را دارد. مشروط به تأیید شرکت توزیع نیروی برق و این که شبکه فشار ضعیف محلی، توان جذب انرژی تولیدی را داشته باشد.

-اتصال سامانه‌های خورشیدی با قدرت ۳۰ تا ۱۰۰ کیلووات به شبکه فشار ضعیف عمومی می‌بایست از طریق نصب لوازم اندازه‌گیری جریان غیرمستقیم صورت پذیرد. اتصال این سامانه‌ها نیز مشروط به تأیید شرکت توزیع نیروی برق و وجود ظرفیت برای جذب توان تولیدی درشبکه فشار ضعیف محلی است.

-در اتصال به شبکه سامانه‌های خورشیدی، کابل دستک‌ها در قسمت اتصال به شبکه بایستی از سایر کابل ها متمایز شود لذا بایستی توسط ترموفیت قرمز رنگ به طول ۵۰ سانتیمتر کاور شود.

-**تبصره ۱:** در صورتی که مشترک، دیماندی ولتاژ اولیه باشد، تزریق توان بایستی از طریق یک ترانس به شبکه فشار متوسط انجام شود. در سایر موارد با توجه به تقاضای مشترک بایستی طرح اتصال تهیه و با نظر ناظر شرکت توزیع نیروی برق در این رابطه

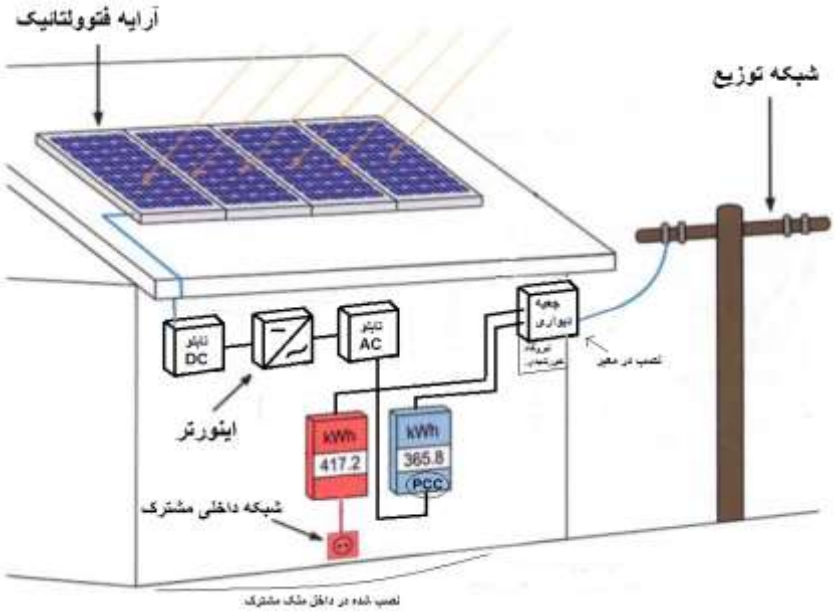
تصمیم‌گیری شود.

-محدوده مجاز ولتاژ شبکه جهت اتصال سامانه های خورشیدی ۸۵٪-۱۱۰٪ ولتاژ نامی می باشد. جهت اندازه گیری این موضوع می بایست با استفاده از مولتی متر در تابلوی اندازه گیری اقدام گردد.

-سامانه های خورشیدی در اتصال به شبکه بصورت منبع جریانی مورد بهره‌برداری قرار گرفته و اجازه تنظیم ولتاژ را ندارد.

تبصره ۲: چنانچه تابلو لوازم اندازه گیری در مکانی نصب گردد که امکان دسترسی تمام وقت بهره بردار شبکه به آن وجود نداشته باشد(در داخل ملک مشترک) پیشنهاد می شود "جعبه اتصال دیواری"، مطابق شکل (۷) در معبر عمومی نصب شود و از طریق این جعبه و با نصب کلید مینیاتوری برای سامانه و کنتور انشعاب مشترک، هر دو کنتور برقدار یا قطع شوند.

- کابل اتصال به شبکه جعبه اتصال دیواری، جایگزین کابل کنتورهای مشترک تا محل جعبه انشعاب خواهد گردید.
- لازم است در محل نصب جعبه دیواری، تابلو هشدار وجود سامانه خورشیدی با ذکر قدرت سامانه نصب گردد.
- نصب جعبه اتصال دیواری جزء عملیات اصلاح و سرویس کابل دستک مشترک بوده و پیمانکار یا مجری سامانه موظف است کابل ارتباط با سامانه را تا محل اتصال جعبه دیواری بست کوبی نموده و برقدار کردن سامانه با اتصال به جعبه دیواری، فقط توسط بهره بردار شبکه توزیع، صورت خواهد پذیرفت.



شکل شماره (۷) – جانمایی جعبه اتصال دیواری سامانه خورشیدی مشترک

(در این شکل جهت جلوگیری از پراکندگی ، همبندی لحاظ نشده است)

- مستندسازی:

- فهرست کردن حداقل مستنداتی که پس از نصب سامانه خورشیدی و اتصال آن به شبکه انجام می شود ، کاملاً الزامی است. این مستندات، علاوه بر آنکه شرایط استفاده ایمن از سامانه را مهیا کرده، تضمین می‌کند که داده‌های اصلی سیستم به سهولت در دسترس مشترک، بازرس یا مهندس تعمیر و نگهداری قرار می‌گیرد.
- حداقل مستندات مورد نیاز که برای یک سامانه خورشیدی باید فراهم گردد، شامل اطلاعات اساسی سیستم (توان نامی، تاریخ نصب و راه اندازی، تعداد و مدل پنل‌ها و اینورترها) ، اطلاعات طراح، نصاب و مجری سامانه است.
- باید یک نقشه تک خطی برای سامانه خورشیدی تهیه شود، که شامل مشخصات کامل رشته‌ها (نوع و تعداد پنل‌ها، تعداد رشته‌ها و تعداد پنل در هر رشته)، مشخصات کابل‌ها، تجهیز حفاظت اضافه جریان و دیود کنارگذر(در صورت وجود)، جزئیات الکتریکی آرایه (مشخصات کابل اصلی آرایه، محل جعبه اتصال، نوع، موقعیت و مقدار نامی تجهیز جداکنندهٔ DC و تجهیزات حفاظت اضافه جریان آرایه)، مشخصات سیستم زمین و حفاظت صاعقه(جزئیات هادی ها و جامپرهای اتصال زمین و نحوهٔ همبندی قاب و تجهیزات سیستم، جزئیات اتصالات سیستم حفاظت صاعقه و برقگیر در صورت وجود) و نقشهٔ سیم کشی قسمتA (شامل نوع، موقعیت و مقدار نامی تجهیزات جداساز، حفاظت اضافه جریان و RCD در صورت وجود) باشد.

-کاتالوگ پنل‌ها و اینورترها، اطلاعات طراحی مکانیکی، اطلاعات بهره‌برداری، تعمیر و نگهداری، نتایج آزمون‌ها و اطلاعات راه-اندازی نیز باید برای سامانه‌های خورشیدی فراهم گردد.

- نشانه گذاری و شناسایی

-شناسایی باید با کدگذاری رنگی، نشانه‌گذاری، برچسب ضمیمه شده یا سایر وسایل مجاز انجام شود.

- تمام برچسب‌ها باید خوانا و با طول عمر بالا بوده و به گونه‌ای نصب شود که به راحتی قابل خواندن باشد.

تبصره ۱: فاصله بین برچسب ها یا نشانه‌گذاری‌ها یا بین یک برچسب و یک نشانه‌گذاری، نباید بیش از ۳ متر باشد. برچسب‌های مورد استفاده باید برای محیط‌هایی که در آن نصب می‌شود، مناسب باشد.

تبصره ۲: در سامانه‌هایی که شناسایی هادی‌ها با انجام فاصله‌گذاری یا آرایش‌دهی صورت گرفته باشد، انجام نشانه‌گذاری بیشتر مورد نیاز نیست.

-هر تجهیزی مانند جعبهٔ اتصال، جعبهٔ ترکیب کننده، جداکننده و سایر تجهیزاتی که ممکن است در حین انجام تعمیرات، برقدار و در دسترس باشند، باید دارای برچسب هشدار زیر باشد.

«هشدار! خطر برق گرفتگی. هادیهای سامانه خورشیدی زمین نشده است و ممکن است برقدار باشند»

-نقطهٔ اتصال داخلی تمام سیستم‌های متصل به شبکه با سامانه خورشیدی، باید در یک نقطهٔ قابل دسترس در محل وسایل قطع، به عنوان منبع توان و با جریان نامی خروجی AC و ولتاژ کاری نامی AC نشانه‌گذاری شود.

-در ساختمان‌هایی که دارای شبکه داخلی و سامانه خورشیدی باشند، سازه‌ها باید دارای یک پلاک یا راهنمای دائمی بوده، که موقعیت وسایل قطع سامانه خورشیدی را بیان نماید.

-روی برچسب هر پنل باید ولتاژ مدار باز، ولتاژ کاری، حداکثر ولتاژ مجاز سامانه، جریان کاری، جریان اتصال کوتاه و حداکثر توان مشخص باشند.

-برچسب دائمی برای بخش DC سامانه خورشیدی شامل جریان نامی نقطه حداکثر توان، ولتاژ نامی نقطه حداکثر توان، حداکثر ولتاژ سامانه و جریان اتصال کوتاه بوده که باید توسط مجری سامانه در محل وسیلهٔ جداسازی فراهم گردد.

تبصره۳: برچسب‌های بخشDC سامانه خورشیدی باید بر روی هر بخش از سیم کشی که توسط محفظه‌ها، دیوارها، جداکننده‌ها، سقف‌ها یا کف‌ها جدا شده‌اند، نصب شوند.

-عبارت زیر می‌بایست در مجاورت اتصال دهنده‌ها قرار داده شود، مگر در مواردی که امکان دسترسی و جداسازی سوکتها وجود نداشته باشد:

«در زمان روشن بودن سامانه، سوکتها و کانکتورهای DC را جدا ننمائید. ابتدا قسمتAC خاموش گردد»

-جعبه اتصال DC باید دارای برچسب‌های زیر باشد:

«جعبه اتصال DC سامانه خورشیدی»

«خطر! در طول روز برقدار می‌باشد»

- جداساز DC باید دارای برچسب با متن‌های زیر باشد و در آن باید برچسب ONوOFF کاملاً خوانا باشد.

« جداسازDC سامانه خورشیدی»

«خطر! در طول روز برقدار می‌باشد»

- هادی‌های مدارهای خروجی تابلو AC و مدارهای ورودی و خروجی اینورتر باید در تمام نقاط انتهایی، اتصال و جداسازی شناسایی شده باشند.

- در محلی که هادی‌های بیش از یک سامانه خورشیدی، در یک جعبهٔ تقسیم، سیمرو یا تجهیز مشترک قرار گرفته باشند، هادی‌های هر سیستم باید در تمام نقاط انتهایی، اتصال و جداسازی شناسایی شده باشند.

تبصره۴: محفظه‌ها، سیمروها و سینی کابل‌های در معرض تماس که حامل هادی‌های منبع توان خورشیدی باشند باید با عبارت **«منبع توان خورشیدی»** به وسیلهٔ علائم هشدار دائمی مجاز نشانه‌گذاری شوند.

تبصره۵: برای اینورترها، که دارای جامپر اتصال دهنده بین هادی زمین DC و نقطهٔ اتصال سیستم زمین هستند، آن نقطه باید به عنوان نقطهٔ هادی الکترود زمین نشانه گذاری شود.

- در اینورترها، که ترمینال‌های هادی زمین تجهیزات DC و AC عموماً به یک شینهٔ زمین مشترک متصل می‌شوند، باید دارای یک ترمینال هادی الکترود زمین DC نشانه گذاری شده باشد.

تبصره۶: به منظور کاهش خطا درتشخیص کابل‌ها، همواره سعی شود، طول کابل‌ها کوچک در نظر گرفته شود .در جاهایی که کابلهای طولانی مورد نیاز باشد، باید در طول کابل برچسب به صورت زیر نصب شود.

«خطر! کابل سامانه خورشیدی با ولتاژ DC فشار قوی که در طول روز برقدار می‌باشد»

- یک برچسب هشدار باید روی اینورتر متصل به شبکه قرار گیرد و یا نزدیک نمایشگر در موقعیتی که قابل مشاهده باشد، نصب و

شامل عبارت زیر باشد:

«هشدار! خطر برق گرفتگی- اگر خطای زمین نشان داده شود، هادی‌هایی که به طور معمول زمین شده‌اند، ممکن است زمین نشده و برق دار باشند»

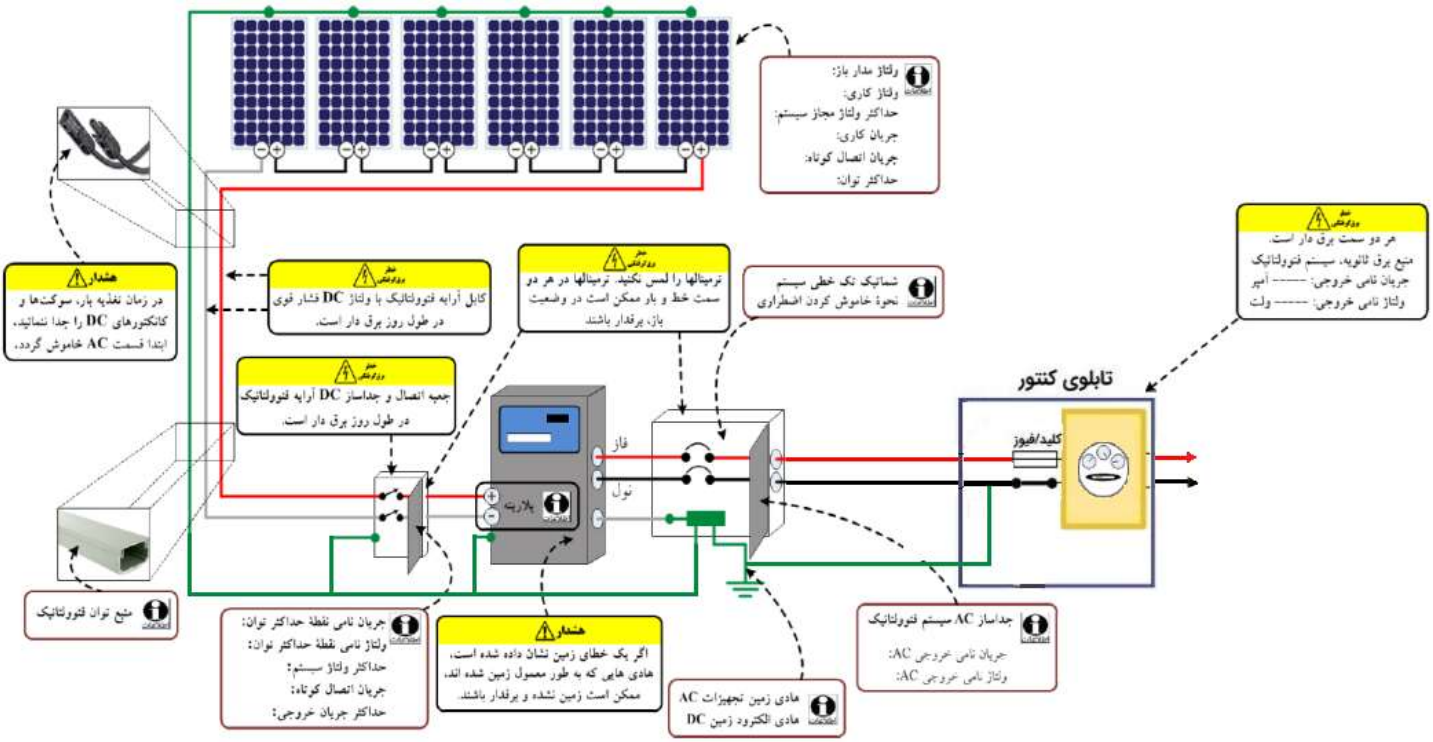
- محفظهٔ جداساز AC اصلی نیز باید دارای برچسب جداساز بوده و به طور واضح نشانه گذاری شده باشد.
- مقادیر جریان و ولتاژ عملکرد نامی خروجی (AC) اینورتر باید روی جداساز AC نشانه‌گذاری شود.
- در محلی که تمام ترمینال‌های تجهیزات جداساز، در موقعیت باز، برق دار باشد، یک علامت هشدار باید بر روی یا در نزدیکی تجهیزات جداساز مطابق عبارت زیر نصب گردد:

«هشدار! خطر برق گرفتگی؛ ترمینال ها را لمس نکنید. ترمینال ها در هر دو سمت خط و بار ممکن است در وضعیت باز، برق دار باشد»

تبصره۷: علاوه بر موارد فوق، شناسایی موارد زیر نیز باید انجام گردد:

- تنظیمات حفاظتی اینورتر و مشخصات مجری سامانه و اطلاعات تماس وی باید در محل نصب اعلام شده باشد.
- رویه‌های خاموش کردن اضطراری سامانه ، نصب شده باشد.

- نمونه‌ای از نشانه‌گذاری در شکل شماره(۸) نشان داده شده است.



شکل شماره(۸)- نمونه‌ای از نشانه‌گذاری سامانه خورشیدی.

۸- مهارت مورد نیاز:

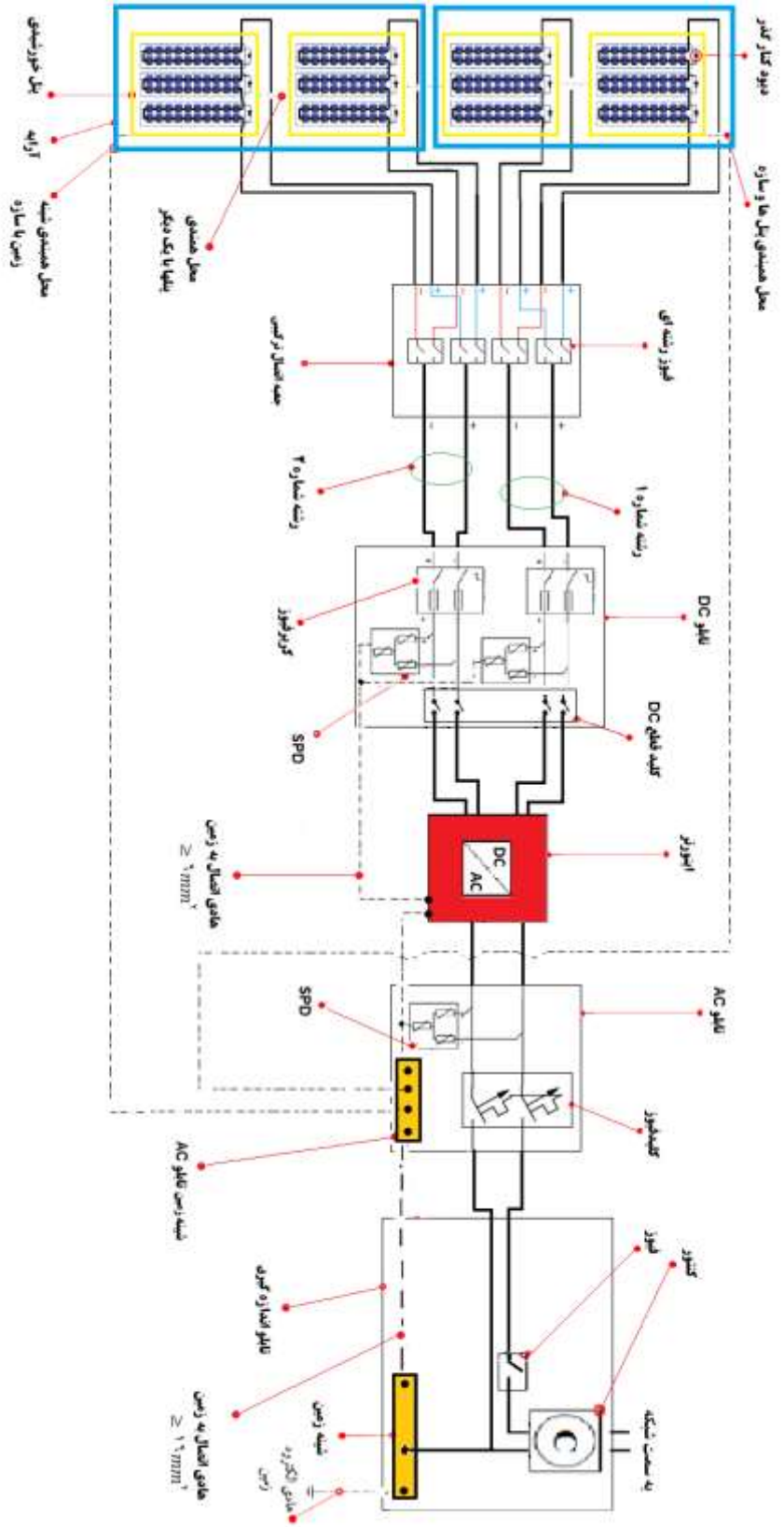
- آشنایی با سیستم‌های خورشیدی متصل به شبکه
- آشنایی با مباحث کیفیت توان

۹- تجهیزات مورد استفاده:

- آوومتر
- پاور آنالایزر
- دستگاه Solar 02 و سلول مرجع
- مولتی‌متر دیجیتال

۱۰- پیوست‌ها:

شماره ۱ : نقشه تک خطی یک سامانه خورشیدی متصل به شبکه



جدول شناسایی مخاطرات و جنبه‌های HSE

ردیف	نوع عامل			عوامل شناسایی شده	خطر شناسایی شده	پیامد	اقدام کنترلی		
							آموزش	تجهیزات مورد نیاز	سایر اقدامات
۱	H	بهداشت	**فیزیکی**	برخورد افراد با همدیگر حین حمل تجهیزات سامانه	آسیب جسمی	خسارت مالی ، عدم تمرکز، عدم پیشرفت ، از کار افتادگی و استرس	آموزش همکاری صحیح افراد جهت استقرار تجهیزات مورد نیاز در ساختگاه	استفاده از دستکش مناسب و کلاه ایمنی و طناب استفاده شود	استفاده از بالابر برای حمل (در صورت وجود) استفاده از جرثقیل
			مکانیکی و ارگونومی	وزن زیاد پنل ها، سازه، فندانسیون، اینورتر، کابل ها و تابلو برق ها	ضایعه اسکلتی – ضایعات حرکتی	از کار افتادگی – خسارت مالی – عدم پیشرفت کار	آموزش حمل صحیح تجهیزات	استفاده از دستکش کار چرخ دستی و بالابر	استفاده از چرخ دستی یا بالابر
			روانی	کار اضافی و زیاد	درگیری فیزیکی و ذهنی	افزایش استرس و فشار روانی - بیماری های قلبی و عصبی- خسارت مالی وآسیب جسمی	آموزش و کلاس های مشاوره کاری	تامین تجهیزات و ایجاد زیر ساخت های استاندارد	برنامه ریزی و تعیین متناسب با حجم نفرات و مطابق استاندارد - حذف ماموریت ها و شیفت های مازاد
				ماموریت ها و شیفت های خارج از ساعت کاری					
				فشار روحی و استرس مالی- عدم تناسب حجم کار با نفرات- بروکراسی اداری- تاخیر در ارائه کارها					

ردیف	نوع عامل			عوامل شناسایی شده	خطر شناسایی شده	پیامد	اقدام کنترلی		
							آموزش	تجهیزات مورد نیاز	سایر اقدامات
۲	S	ایمنی	فیزیکی	استفاده از کفش نامناسب استفاده از ابزار نامناسب برق گرفتگی سقوط اجسام	سر خوردگی گرفتگی عضلات سقوط فرد و تجهیزات	ضایعات جسمی و عضلانی (شکستگی – خونریزی) خسارت مالی از کار افتادگی	آموزش تردد صحیح در محیط کار آموزش مخاطرات کار با تاسیسات برقی آموزش ایمنی عمومی در ساختگاه	ابزار استاندارد و مناسب کفش مناسب دستکش عایق تجهیزات کار در ارتفاع	همراهی کارشناسان فنی در زمان اجرا پروژه(حضور سر پرست ناظر در هنگام نصب نیروگاه)
۳	E	محیط زیست	خاک	پسماندهای تجهیزات مورد استفاده در نصب سامانه	آلودگی خاک و محیط	عدم آراستگی محیط و عدم حاصلخیزی خاک	آموزش دفع صحیح پسماندها در مبدا	سطل های زباله مناسب	
			محیط	عدم رعایت حریم مناطق محیط زیست	از بین بردن محل زندگی حیوانات	تصرف حریم گونه های حیوانی و گیاهی	آموزش و شناسایی گونه های جانوری منطقه		بررسی نقشه های محیط زیست و همکاری با اداره محیط زیست
			جانوری	تماس حیوانات اهلی و وحشی با سامانه خورشیدی	برق گرفتگی	مرگ گونه های حیوانی	آموزش مخاطرات نیروگاه به مشترک		ایجاد حصار و فنس کشی