



پایان نامه دوره کارشناسی برق
گرایش قدرت

موضوع:

تولید برق SOLAR PV

استاد راهنما:

دکتر خورشیدی

نام دانشجو:

پوریا معماری

بهمن ماه 1392





پایان نامه دوره کارشناسی برق

گرایش قدرت

موضوع:

تولید برق PV SOLAR

استاد راهنما:

دکتر خورشیدی

استاد داور:

نام دانشجو:

پوریا معماری

بهمن ماه 1392

فهرست مطالب

8.....	مقدمه
10.....	منشأ توان خورشیدی
11.....	مبانی برق خورشیدی
13.....	معقول کردن انتظارات از برق خورشیدی
13.....	توجیه اقتصادی برق خورشیدی
14.....	راندمان بالا در گرو باد و خورشید
15.....	پیکربندی سیستم PV
15.....	سیستم خود اتکا
15.....	سیستم متصل به شبکه
17.....	سیستم متصل به شبکه باتری دار
18.....	سیستم متصل و متکی به شبکه
20.....	اجزاء و متعلقات
20.....	پنل های خورشیدی
22.....	اینورتر و باتری
24.....	کنترل کننده
25.....	نحوه ی محاسبه ی انرژی خورشیدی
25.....	پارامتر تابش
25.....	شدت تابش خورشید و پنل خورشیدی
26.....	محاسبه ی شدت تابش خورشید
27.....	جذب میزان بیشتری از انرژی خورشیدی

- 28..... تأثیر شیب پنل بر شدت تابش نور خورشید
- 29..... محاسبه‌ی شیب بهینه پنل
- 30..... محاسبه‌ی توان تولیدی پنل خورشیدی
- 30..... کاربرد زاویه‌ی چینش آرایه‌ها
- 31..... راندمان آرایه خورشیدی
- 33..... تأثیر دما پنل خورشیدی
- 35..... محاسبه تقریبی هزینه
- 37..... بررسی محل نصب آرایه
- 37..... ترسیم یک کروکی
- 37..... نصب بر روی دیرک
- 38..... نگهداری دوره‌ای
- 38..... نصب پنل بر روی زمین
- 39..... بررسی موانع
- 40..... ابزارهای حرفه‌ای و خودکار تحلیل موانع
- 42..... آینده نگری در سیستم‌های برق خورشیدی
- 43..... ولتاژ مناسب کدام است؟
- 44..... نحوه‌ی گزینش ولتاژ مناسب سلول ؟
- 44..... محاسبه‌ی قطر کابل
- 45..... استفاده از جدول تبدیل اندازه‌ی کابل‌ها
- 47..... پنل خورشیدی بی‌شکل
- 48..... پنل خورشیدی پر بلوری
- 49..... پنل‌های خورشیدی تک بلوری
- 50..... کدام فناوری پنل‌های خورشیدی، بهترین است؟
- 50..... مارک‌های تجاری

50.....	آرایه‌های خورشیدی گوناگون
51.....	آینه و عدسی فرنل
52.....	ردیاب‌های خورشیدی
52.....	باتری‌ها
53.....	انواع باتری‌ها
55.....	عمر چرخه‌ای
56.....	عقب افتادگی
56.....	نحوه‌ی محاسبه‌ی طول عمر یک مجموعه باتری
57.....	کنترل کننده‌ها
59.....	چند نقشه‌ی سیم کشی نمونه
62.....	ضمیمه A (وات مورد نیاز دستگاه ها و مصرف کننده های گوناگون).....
67.....	ضمیمه B (میزان انرژی روزانه در فصول و زاویه تابش خورشید در مشهد).....
73.....	منابع

مقدمه

فتوولتانیکی یا فتوولتانی به مفهوم تولید مستقیم الکتریسیته از نور می‌باشد. نخستین پایه‌گذار و مبتکر این پدیده، «ادموند بکرل» فرانسوی است که در سال ۱۸۳۹، با چاپ یک مقاله، کشف آن را نوید داد. در ادامه‌ی راه وی، در سال ۱۸۷۷، دو پژوهشگر دیگر به نام‌های «آدامز» و «دی»، تحقیقات او را پی گرفته و چند سال بعد یک مهندس آمریکایی به نام «فريتس»، یافته‌های جدیدی را به اندوخته‌های محققان قبلی افزود و سرانجام در سال ۱۹۴۸ و با ظهور نیمه هادی‌ها و به خصوص ابداع ترانزیستور، فصل نوینی در علم الکترونیک پا به عرصه‌ی وجود گذاشت. کمی بعدتر در اوایل سال ۱۹۵۳، یک تیم تحقیقاتی متشکل از سه اندیشمند به نام‌های «پیرسون»، «چاپین» و «فولر»، داشته‌های محققان پیشین را تکمیل کرده و تولد نخستین سلول‌های خورشیدی را به جامعه‌ی علمی و صنعتی جهان بشارت دادند. پنج سال پس از ساخت این سلول‌ها، یعنی در سال ۱۹۵۸، آن‌ها بر روی یک ماهواره‌ی فضایی آمریکا به نام «وِنگارد ۱» نصب شده و عملاً از برق تولیدی‌شان استفاده کردند.

سلول‌های فتوولتانی یا خورشیدی، کریستال‌های ظریفی هستند که از لایه‌های بسیار نازکی از مواد نیمه هادی خاص ساخته شده‌اند. خوشبختانه مهم‌ترین عنصری که در ساخت این سلول‌ها به کار می‌رود. دومین عنصر فراوان پوسته‌ی زمین، یعنی سیلیکون است. سلول‌های اشاره شده، برای تولید برق، به تابش نور خورشید نیاز دارند و به این لحاظ، کارایی و بازدهی آن‌ها در مناطقی از دنیا که با تابش‌های شدیدتر و طولانی مدت‌تری مواجهند، بیشتر است. لازم به ذکر است که انرژی رایگان و لایزال دریافتی از خورشید در کره‌ی زمین، بالغ بر ۱۰,۰۰۰ برابر مصرف سوخت‌های هسته‌ای و فسیلی فعلی بوده و از این لحاظ هیچ‌گونه کمبودی احساس نمی‌شود.

به سه دلیل عمده، بهره‌گیری از انرژی خورشید در تولید برق، در هزاره‌ی سوم، به صورت جدی‌تری در دستور کار بسیاری از کشورهای پیشرفته‌ی صنعتی قرار گرفته است. پیش از همه، این فناوری، فاقد هرگونه آلودگی بوده و هیچ پیامد زیست محیطی خاصی را به دنبال ندارد. دوم، سلول‌های خورشیدی فاقد قطعات و ساز و کارهای مکانیکی‌اند و به این لحاظ، عملکرد آن‌ها با حداقل فرسایش و استهلاک

همراه بوده و نیازی به تعویض و سرویس‌های منظم و دوره‌ای ندارند و بالاخره، ذخایر سوخت‌های فسیلی جهان به سرعت رو به اتمام است و براساس گزارش‌های مختلف، در یک قرن آینده و به تدریج به اتمام می‌رسند.

البته برق تولیدی یک سلول خورشیدی واحد، جزئی و مختصر بوده و در نگاه اول به نظر می‌رسد که توان مزبور، فاقد کارایی و تأثیر قابل ملاحظه است و نهایتاً از آن می‌توان برای فعال‌سازی وسایل کم مصرفی همچون یک ماشین حساب بهره گرفت. هر چند که این فکر، تصور نادرستی بوده و با اتصال تعدادی از این سلول‌ها به یکدیگر به راحتی می‌توان به انرژی مورد نظر دست یافت و تنها محدودیت پیش‌رو، بعد از بالا رفتن قیمت، سنگینی وزن و افزایش فضای مورد نیاز برای جا دادن آن‌ها می‌باشد. با اصلاح فناوری ساخت و ابداع روش‌های جدیدتر و سیر صعودی میزان تولید و همه‌گیر شدن استفاده از پنل‌های خورشیدی در کارهای خانگی، تجاری و صنعتی، طبیعتاً قیمت آن‌ها هم کاهش یافته و این روند نزولی دنبال خواهد شد.

خورشید که جرم آن ۳۳۳۰۰۰ برابر جرم زمین می‌باشد، در فاصله‌ی ۱۵۰,۰۰۰,۰۰۰ کیلومتری سیاره‌ی ما واقع شده است. برای این که به عظمت خورشید پی ببرید بد نیست بدانید که قط آن در حدود ۱,۳۹۲,۰۰۰ کیلومتر، یعنی ۱۰۹ برابر قطر زمین، دمای پوسته‌ی بیرونی آن ۶۰۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد و دمای هسته‌ی مرکزی‌اش چیزی حدود ۱۵,۰۰۰,۰۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد می‌باشد! در واقع، خورشید توده‌ی عظیمی است که فعالیت‌ها و فعل و انفعالات هسته‌ای ثابت و مستمری را دنبال می‌کند.

فصل اول

منشأ توان خورشیدی

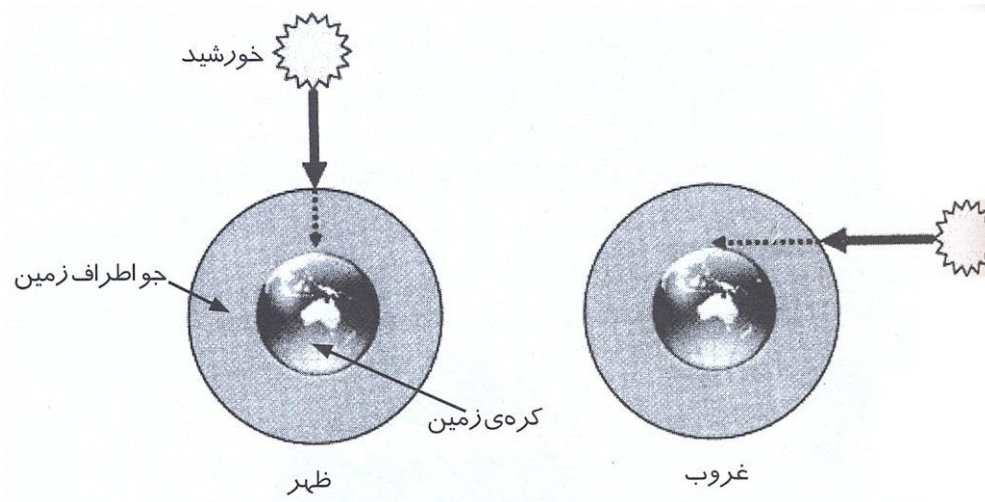
در اعماق خورشید و قسمت مرکزی این کره‌ی سوزان، واکنش‌های هسته‌ای عظیمی رخ می‌دهند که موجب انتشار تابش‌های شدیدی از آن می‌گردد. این تابش‌ها به نوبه‌ی خود باعث ایجاد فوتون‌ها یعنی حامل‌های انرژی نوری می‌گردند. فوتون‌ها فاقد جرم فیزیکی بوده ولی مقادیر قابل توجهی از انرژی را با خود حمل کرده و بالطبع، از تکانه یا اندازه‌ی حرکت بالایی برخوردارند. فوتون‌های مختلف، حامل انرژی‌های نوری با طول موج‌های گوناگونی می‌باشند. برخی از آن‌ها حامل نور نامرئی (مادون قرمز و ماوراء بنفش) بوده و گروهی دیگر نورهای مرئی (سفید) را انتقال می‌دهند.

فوتون‌ها به تدریج و از مرکز خورشید، راهی سطح خارجی آن می‌شوند. گاهی اوقات این نقل و انتقال و جابجایی ممکن است چیزی در حدود یک میلیون سال به طول بیانجامد! ذرات یاد شده پس از رسیدن به سطح خارجی خورشید با سرعتی در حدود یک میلیارد کیلومتر بر ساعت در فضا منتشر می‌شوند. با همه‌ی این‌ها، هر فوتونی که از سطح خورشید در فضا پراکنده می‌شود، در حدود هشت دقیقه بعد به سطح سیاره‌ی ما، یعنی زمین می‌رسد.

در این مسیر طولانی، یعنی فاصله خورشید تا زمین، پاره‌ای از فوتون‌ها به سایر ذرات موجود در فضا برخورد کرده و از مسیر خود منحرف می‌شوند و در تصادم با هر چیزی که جاذب تابش‌های خورشیدی باشد، گرما تولید می‌کنند. علت این که در یک روز آفتابی گرم‌تان می‌شود این است که بدن شما فوتون‌های ساطع شده از خورشید را جذب می‌نماید. آتمسفر یا جو زمین، بسیاری از این فوتون‌ها را قبل از رسیدن به سطح خود، جذب می‌نماید. این، یکی از دو علتی است که باعث می‌شود در اواسط روز، خورشید را گرم‌تر احساس کنیم. در این ساعات، خورشید تقریباً در بالای سرمان واقع شده و فوتون‌ها برای رسیدن به سطح زمین، مسیر کوتاه‌تر یا به عبارت دیگر، لایه‌ی نازک‌تر و رقیق‌تری از جو اطراف سیاره‌ی ما را می‌پیمایند. در حالی که در حوالی غروب و ساعات پایانی روز، چون خورشید در حال غروب

کردن بوده و اشعه‌ی آن به صورت مایل به زمین می‌تابد، فوتون‌ها مسیر طولانی‌تر، غلیظ‌تر و متراکم‌تری را طی می‌کنند (شکل ۱-۱).

برهان مزبور درباره‌ی سرد بودن نسبی یک روز آفتابی زمستانی در قیاس با یک روز آفتابی تابستانی نیز صادق است. در این حالت و با توجه به آن که در فصل زمستان، به خاطر انحراف محور گردش زمین از وضعیت عمودی، از خورشید دور می‌شود. فوتون‌ها ناچارند مسیر طولانی‌تر و به تبع آن، غلیظ‌تری را طی نمایند (شکل ۱-۱).

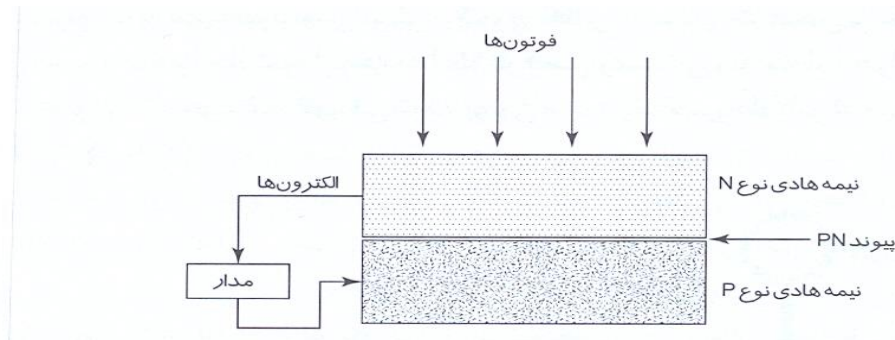


شکل 1-1 تاثیر زاویه تابش خورشید در میزان گرمایش زمین

مبانی برق خورشیدی

یک پنل خورشیدی برای تولید برق، از پدیده‌ای که اثر فتوولتانی نامیده می‌شود، استفاده می‌کند. این پدیده در اوایل قرن نوزدهم و به توسط دانشمندانی کشف گردید که با تحقیقات مستمر و گوناگون متوجه شدند که مواد خاصی وجود دارند که وقتی در معرض تابش نور قرار می‌گیرند، باعث جاری شدن یک جریان الکتریکی در مدار خود می‌گردند. برای خلق این پدیده، دو لایه از مواد نیمه هادی خاص را باید با یکدیگر تلفیق نمود (شکل ۱-۲).

یکی از این لایه‌ها باید با کمبود الکترون‌ها مواجه باشد. لایه‌های مزبور در مواجهه با نور خورشید، فوتون‌ها را جذب می‌کنند. با این عمل، الکترون‌ها تحریک شده و برخی از آن‌ها از یک لایه به لایه بعدی جهیده و با این کار خود، باعث ایجاد یک جریان الکتریکی می‌گردند.



شکل 1-2 یک سلول خورشیدی که با استفاده از یک پیوند PN ایجاد شده است

سلول، منحرف و باز تابیده گردد و یا به طور مستقیم از آن عبور کرده و راه خود را ادامه دهد. وقتی یک جریان الکتریکی از دو ترمینال یا سر سیم‌های سلول نوری اخذ می‌شود، زمانی است که فوتون، جذب سیلیکون سلول شده است. هر چه شدت نور و نتیجتاً تعداد فوتون‌ها بیشتر باشد، میزان بیشتری از آن‌ها جذب سلول خورشیدی شده و جریان الکتریکی شدیدتری تولید می‌گردد.

سلول‌های خورشیدی قسمت عمده‌ای از برق تولیدی خود را از تابش مستقیم نور خورشید تأمین می‌نمایند هرچند که وسایل مزبور در روزهای ابری هم به تولید جریان الکتریسیته ادامه می‌دهند و حتی برخی از نمونه‌ها، در نور موجود در شب‌های مهتابی هم کار تولید برق را متوقف نساخته و به عبارت دیگر می‌توان این‌گونه نتیجه گرفت که این سلول‌ها، با دریافت نور غیرمستقیم هم برق تولید می‌کنند. هر کدام از سلول‌های خورشیدی مجزا فقط قادر به تولید مقدار اندکی انرژی الکتریکی می‌باشند. در این صورت و برای کسب یک انرژی الکتریکی قابل توجه، باید تعدادی از این سلول‌ها را در کنار هم و به دنبال یکدیگر، به هم متصل ساخت. از تجمع تعدادی از این سلول‌ها به دنبال یکدیگر، یک مدول یا پنل خورشیدی ایجاد می‌گردد که گاهی اوقات به آن مدول فتوولتانی هم اطلاق می‌شود.

معقول کردن انتظارات از برق خورشیدی

میزان انرژی مورد نیاز مستقیماً در ابعاد و هزینه‌های لازم برای ایجاد یک سیستم برق خورشیدی تأثیر می‌گذارد به این معنی که هر چه تولید برق بیشتری مدنظر تان باشد، کار دشوارتر شده و هزینه‌های طرح و اجرای آن هم افزایش می‌یابد.

اگر انتظارات تان معقول بوده و هدف از نصب یک سیستم برق خورشیدی، روشن کردن چند لامپ و تأمین برق مورد نیاز چند وسیله‌ی برقی نه چندان قوی مثل یک لپ‌تاپ، یک تلویزیون کوچک، یک یخچال جمع و جور و کم فوت و وسایلی از این دست را شامل شود، در صورتی که مکان مورد نظر از شرایط اقلیمی مناسبی برخوردار باشد، مطمئن باشید که با نصب این‌گونه سیستم‌ها به مقصود خود می‌رسید.

از طرف دیگر اگر تصورتان این است که با نصب یک سیستم برق خورشیدی، توان مورد نیاز دستگاه‌های پراتی مثل بخاری برقی فن‌دار، مشاین ظرف‌شویی و لوازم و وسایلی از این دست را تأمین کنید. ملاحظه خواهید کرد که سیر صعودی هزینه‌ها حالت افسار گسیخته‌ای به خود گرفته و کنترل پروژه از دست تان خارج شود.

اگر به برق زیادی نیاز نداشته و هدف تان به تأمین روشنایی یک گاراژ یا انباری منحصر گردد با کمی گشت و گذار در بازار و فروشگاه‌های عرضه کننده‌ی لوازم و سیستم‌های برق خورشیدی می‌توان به مجموعه‌های دست دوم و کارکرده‌ی بسیار جالب و با قیمت مناسبی دست یافت. برای مثال با مبلغی در حدود ۱۱۰ تا ۱۶۰ دلار می‌توان روشنایی مورد نیاز یک انباری یا گاراژ کوچک را تأمین کرده و با صرف هزینه‌ای در حدود ۳۰۰ دلار، نیازهای برقی یک کارگاه کوچک یا روشنایی یک اصطبل نسبتاً بزرگ را برآورده ساخت.

توجیه اقتصادی برق خورشیدی

محاسبه‌ی هزینه‌ی واقعی نصب یک سیستم برق خورشیدی به عوامل گوناگونی وابسته است:

- توان خورشید در اوقات مختلف سال در محل مورد نظر.

- میزان برق مورد نیاز تولیدی.
 - مناسب بودن محل نصب از جهت میزان نور دریافتی از خورشید.
- نمی‌توان منکر شد که هزینه‌ی نصب اولیه‌ی یک سیستم برق خورشیدی به مراتب بیشتر از سایر منابع و گزینه‌های دیگر می‌باشد ولی در عین حال نباید فراموش کرد که هزینه‌های تعمیر و نگهداری آتی، بسیار اندک و قابل چشم‌پوشی می‌باشند.
- اگر می‌خواهید از جهت اقتصادی، هزینه‌های نصب و نگهداری یک سیستم برق خورشیدی را با سایر گزینه‌های جانشین مقایسه کنید، هزینه‌ی لوازم مورد نیاز و نصب اولیه را نباید در یک زمان کوتاه سرشکن کرد و در عوض، کلیه‌ی مخارج صرف شده را باید برای یک دوره‌ی زمانی طولانی‌تر، مثلاً چند ساله در نظر گرفت.

راندمان بالا در گرو باد و خورشید

توربین‌های بادی، مکمل و یاور پنل‌های خورشیدی بوده و به خصوص شب هنگام که پنل‌ها از نعمت جذب انرژی خورشید محروم می‌گردند، به شرط وجود باد، به شارژ باتری‌ها می‌پردازند.



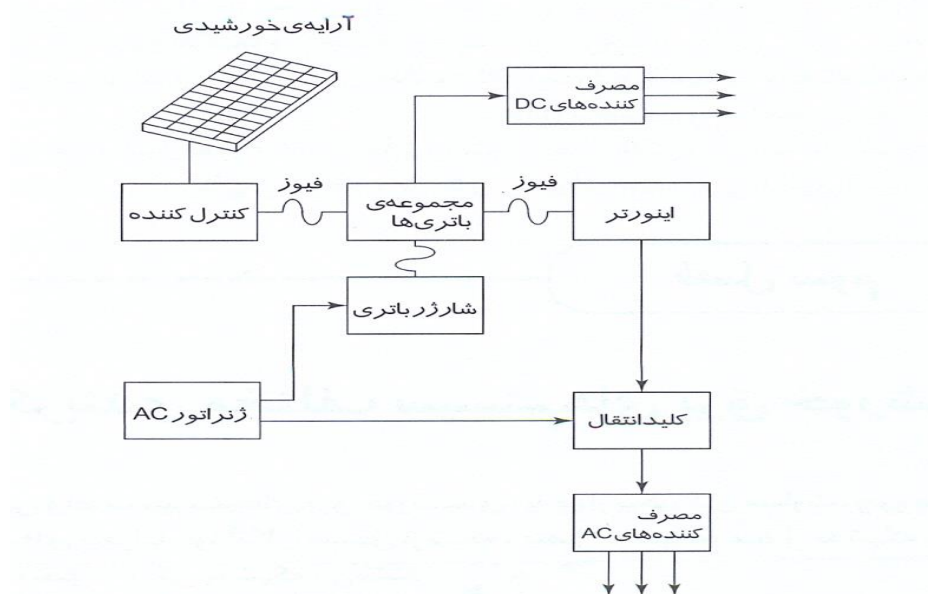
فصل دوم

پیکربندی سیستم PV

در موقع طراحی و نصب سیستم‌های برق خورشیدی، با چهار پیکربندی متفاوت روبرو می‌شوید که به ترتیب: سیستم‌های مجزا یا خود اتکا یا مستقل از شبکه، متصل به شبکه، متصل به شبکه با پشتیبانی باتری و بالاخره، متصل و متکی به شبکه می‌باشند.

سیستم خود اتکا

یعنی: پنل یا پنل‌های خورشیدی، توان الکتریکی را تولید کرده و در راستای ذخیره‌سازی انرژی الکتریکی، آن را روانه‌ی یک یا چند باتری قابل شارژ می‌نمایند تا در هنگام ضرورت، از انرژی مزبور به نحو دلخواه بهره گرفته شود. (شکل ۲-۳)



شکل ۲-۳ دیاگرام سیم کشی یک سیستم برق خورشیدی مستقل از شبکه

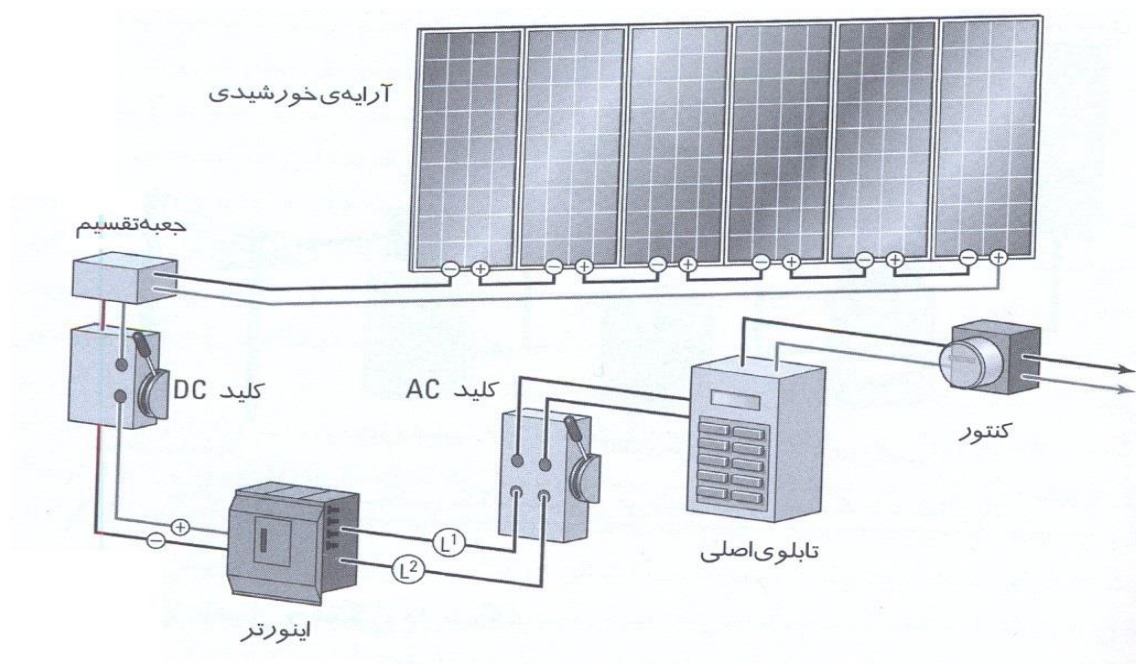
سیستم متصل به شبکه

این طریقه‌ی بهره‌گیری از سیستم‌های برق خورشیدی، در اروپا و ایالات متحده‌ی آمریکا از محبوبیت زیادی برخوردار است. شاید دلیلش امکانات تشویقی و معافیت‌هایی باشد که برخی نهادهای دولتی برای

نصب کنندگان این جور سیستم‌ها در نظر می‌گیرند و به تبع آن، هزینه‌ی نصب اولیه کاهش یافته و با وجود امکاناتی که فروش برق مازاد تولیدی به شبکه‌ی برق محلی را مقدور می‌سازد، قسمت قابل توجهی از هزینه‌های اولیه، به مالک سیستم بازگردانده می‌شود.

در یک چنین سیستمی، در خلال روز و در هنگام تداوم تابش نور خورشید، پنل‌ها، برقی تولید می‌کنند که مالک سیستم، علاوه بر استفاده‌ی داخلی، مجاز به فروش مازاد مصرف خود به شرکت‌های برق محلی هم می‌باشد.

در این صورت و با فرا رسیدن غروب و در ادامه‌ی آن، در ساعات اولیه‌ی شب که مصارف مختلف و به ویژه روشنایی بالا می‌رود، کاربر، فوق مورد نیاز خود را مجدداً از شبکه‌ی برق شهر خریداری می‌کند. یکی از اشکالات بسیاری از سیستم‌های متصل به شبکه آن است که در صورت قطع برق شبکه در اوقات تاریکی هوا و فقدان نور خورشید، برق شما نیز قطع می‌گردد (شکل ۲-۴).



شکل ۲-۴ دیاگرام سیم کشی یک سیستم برق خورشیدی متصل به شبکه

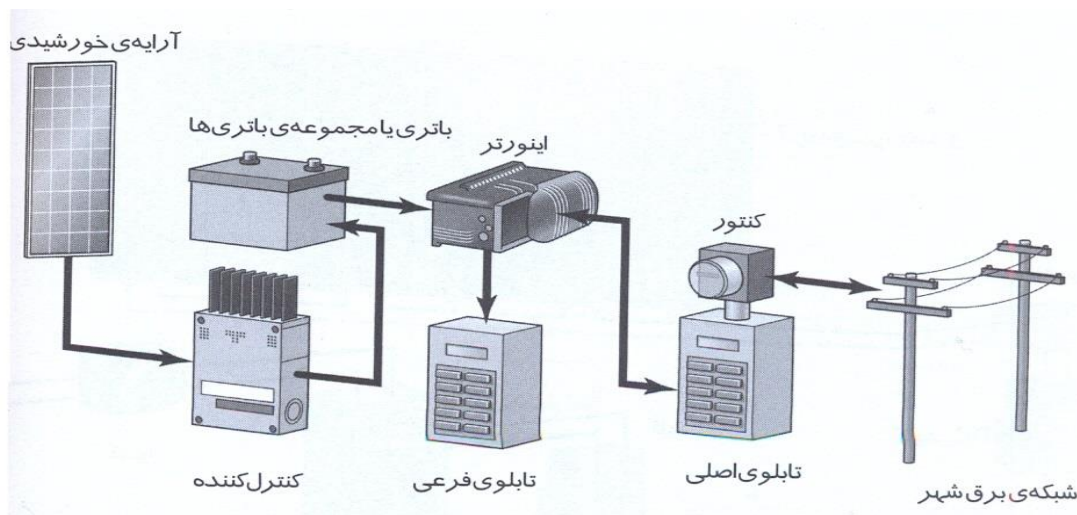
در مقابل، مزیت این روش آن است که وابستگی شما به برق شبکه را کم کرده و می‌توان مدعی شد که بخش عمده‌ای از برق مصرفی‌تان در شرایطی که هیچ‌گونه آلودگی زیست محیطی را در پی نداشته،

تولید گردیده است. عملکرد این گونه سیستم‌ها در مناطق گرمسیری و شرایط آب و هوایی آفتابی، بسیار عالی است چون به دلیل گرم بودن هوا، بیشترین تقاضای مصرف در ساعات میانی روز و اوقاتی که اکثر سیستم‌های تهویه مطبوع فعال هستند، رخ می‌دهد که خوشبختانه با ساعات اوج تولید برق پنل‌ها هم مطابقت دارد. این سیستم‌ها، در مواردی که مالک، قسمت اعظم برق تولیدی را به مصرف داخلی می‌رساند نیز بسیار مناسب هستند.

سیستم متصل به شبکه باتری‌دار

این سیستم شبیه نمونه‌ی قبلی است با این تفاوت که در مدار و چیدمان قطعات مختلف آن، یک یا چند باتری هم منظور شده است (شکل 2-5).

در این روش هم عیناً مشابه سیستم‌های متصل به شبکه، اصول کار بر این مبنا گذاشته شده که در هنگام تابش خورشید، از توان تولید شده در آرایه‌ی خود استفاده کرده و مازاد آن را هم به شرکت‌های برق محلی می‌فروشید با این تفاوت که در صورت وقوع حوادث مختلف و منجمله قطع برق شبکه، برق شما قطع نشده و ارائه‌ی توان مورد نیاز از طریق باتری‌های موجود، استمرار می‌یابد.



شکل 2-5 دیاگرام سیم‌کشی یک سیستم برق خورشیدی متصل به شبکه با پشتیبانی باتری

سیستم متصل و متکی به شبکه

این سیستم، نمونه‌ی خیلی متداول و شناخته شده‌ای نبوده و بیشتر در منازل و محل‌های مسکونی کوچک مورد استفاده واقع می‌شود هر چند که شخصاً خیلی از آن بهره گرفته‌ام و در بسیاری از کاربردها، آن را مناسب‌ترین راه حل می‌دانم. این راه کار از نظر عملیاتی بسیار مؤثر و مقرون به صرفه بوده و از جهت زیست محیطی هم روش خوبی تلقی می‌گردد.

در این شیوه، برق تولیدی آرایه‌ی خورشیدی به مصرف شارژ یک یا چند باتری می‌رسد. در ادامه، انرژی الکتریکی مورد نیاز، از قطب‌های باتری یا باتری‌های موجود، راهی یک اینورتر (مبدل برق مستقیم به متناوب یا به عبارت ساده‌تر تبدیل کننده‌ی انرژی الکتریکی باتری به برق شهر) شده و پس از تبدیل به برق متناوب هم ولتاژ و هم فرکانس با برق شبکه، از طریق یک تابلوی برق، رهسپار مدارات مختلف داخلی منزل می‌گردد.

با تمهیداتی که در طراحی این سیستم اندیشیده شده، با خالی شدن باتری‌ها یا با کم شدن ولتاژ آن‌ها به یک میزان از قبل پیش‌بینی شده، ارتباط سیستم برق خورشیدی با مصرف کننده‌ها به طور خودکار قطع و با برقراری یک مسیر جدید، بارهای مزبور به برق شهر متصل می‌گردند. در این فاصله، توان خروجی پنل‌ها به مصرف شارژ باتری‌ها رسیده و به مجرد پر شدن آن‌ها، مجدداً ارتباط اولیه برقرار و مصرف از طریق برق خورشیدی از سر گرفته می‌شود. در این روش قابلیت‌ی برای فروش برق مازاد به شبکه پیش‌بینی نشده و کل توان تولیدی به مصرف داخلی خودتان می‌رسد. در این صورت و با انتخاب این روش، امکان استفاده از مزایایی که در برخی از کشورها برای تولید کنندگان برق خانگی منظور گردیده، شامل حال شما نشده و چون برق مازادی را هم به شبکه نفروخته‌اید، راهی برای سرشکن کردن هزینه‌های اولیه هم وجود نخواهد داشت.

در قیاس با یک سیستم متصل به شبکه، طراحی و اجرای یک سیستم برق خورشیدی متصل و متکی به شبکه، بسیار ارزان‌تر و ساده‌تر می‌باشد. البته این طریقه، قسمت اعظم مزایای یک سیستم متصل به شبکه با پشتیبانی باتری را دارا بوده و این حسن را دارد که مالک سیستم، در موقع ضرورت، برق مورد

نیاز خود را مصرف کرده و الزامی به مصرف هم‌زمان با تولید آن وجود ندارد. در این صورت اتکاء مصرف‌کننده به برق شبکه در ساعات اوج مصرف هم کاهش می‌یابد. دیگر مزیت این طریقه، صرفه‌جویی در هزینه‌ها می‌باشد به این ترتیب که در شروع کار می‌توانید سیستمی که قادر به تغذیه‌ی یک یا دو مدار کم مصرف یک خانه است را طراحی کرده و به مرور و با تأمین بودجه، تدریجاً آن را گسترش دهید. شخصاً نمونه‌های کم قدرتی را مشاهده کرده‌ام که با صرف هزینه‌ای در حدود ۶۸۰ دلار، نیازهای الکتریکی یک خانه‌ی کوچک را تأمین کرده‌اند در مقام مقایسه باید اذعان کرد که نصب کوچک‌ترین و جمع و جورترین سیستم‌های متصل به شبکه، حداقل به چند هزار دلار هزینه نیاز دارند.

البته در هنگام ارزیابی‌های اولیه باید توجه داشت که با زیاد شدن توان مورد نیاز و افزایش مصرف، به جایی می‌رسیم که از آن حد به بعد، گزینش سیستم‌های متصل به شبکه مقرون به صرفه‌تر است. در حال حاضر این محدوده چیزی در حدود ۱ کیلووات ساعت می‌باشد. در این صورت اگر پنل انتخابی به گونه‌ای است که در هر ساعت بیش از ۱ کیلووات ساعت انرژی الکتریکی تولید می‌کند، گزینش سیستم‌های متصل به شبکه با صرفه‌تر است و بالعکس اگر میزان مزبور کمتر از ۱ کیلووات ساعت می‌باشد، بهره‌گیری از روش متصل و متکی به شبکه ارزان‌تر تمام می‌شود. خلاصه به جز مواردی که با صرف هزینه‌ی نسبتاً بالا تصمیم به طراحی و نصب یک سیستم متصل به شبکه داشته و نیازتان بیش از کیلووات ساعت است، بهره‌گیری از سیستم‌های متصل و متکی به شبکه، بهترین روش جایگزین می‌باشد.

فصل سوم

اجزاء و متعلقات

قبل از آن که بخواهیم وارد جزئیات طراحی یک سیستم برق خورشیدی شویم، بهتر است قسمت‌های مختلف مورد نیاز و نحوه‌ی اتصال آن‌ها به یکدیگر را مورد بررسی قرار دهیم.

پنل‌های خورشیدی

پنل‌ها، انرژی مورد نیاز خود را از خورشید تأمین می‌کنند لذا هر چه انرژی خورشید بیشتر باشد، توان دریافتی آن‌ها هم بیشتر خواهد بود. پنل‌ها در غیاب اشعه‌ی مستقیم نور خورشید، یعنی در سایه هم برق تولید می‌کنند ولی اندازه‌ی آن بسیار اندک و مختصر می‌باشد.

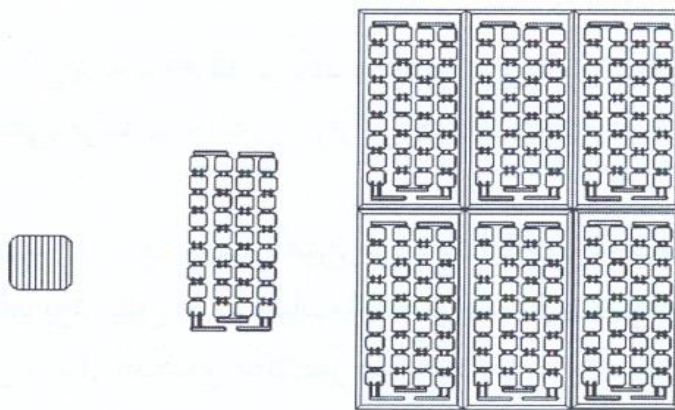
ولتاژ خروجی اکثر پنل‌ها در زیر بار، چیزی در حدود ۱۴ الی ۱۸ ولت بوده و رقم مزبور میزانی است که یک پنل خورشیدی واحد به کمک آن قادر به شارژ یک باتری ۱۲ ولتی می‌گردد.

اگر سر سیم‌های یک ولت متر را به ترمینال‌های خروجی یک پنل خورشیدی که به هیچ مصرف‌کننده‌ای متصل نیست ارتباط دهید، ممکن است با رقمی تا حدود ۲۶ ولت هم مواجه گردید. ولتاژ مزبور در پنل‌های بدون بار و به اصطلاح در مدار باز، رقم عادی و قابل پیش‌بینی می‌باشد ولی به مجرد اتصال خروجی آن‌ها به یک مصرف‌کننده، ولتاژ یاد شده افت کرده و به حوالی ۱۴ تا ۱۸ ولت می‌رسد (شکل ۳-۱).

- با اتصال سری پنل‌ها به هم می‌توان ولتاژهای بالاتری را ایجاد نمود. اندازه‌ی معمولی این ولتاژها در سیستم‌های مستقل از شبکه، ۲۴ یا ۴۸ ولت بوده و در طرح‌های متصل به شبکه، ولتاژ یاد شده ممکن است به حدود چند صد ولت هم برسد.

- با اتصال موازی پنل‌ها به هم، ولتاژ خروجی آرایه، معادل ولتاژ هر یک از پنل‌ها بوده ولی میزان توان افزایش می‌یابد.

برای ایجاد یک آرایه‌ی خورشیدی (شکل ۳-۶) می‌توان چند یا چندین پنل را به یکدیگر متصل ساخت. با اتصال پنل‌های متعدد به هم می‌توان به ولتاژها یا جریانات افزون‌تری دست یافت.

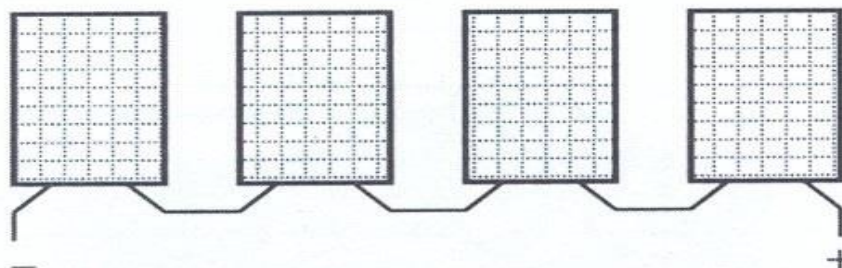


شکل 3-6 از تجمع تعداد زیادی سلول خورشیدی (سمت چپ) در کنار هم ، یک پنل ایجاد شد(وسط) و از ارتباط چند پنل به هم یک آرایه ی خورشیدی (سمت راست) شکل می گیرد

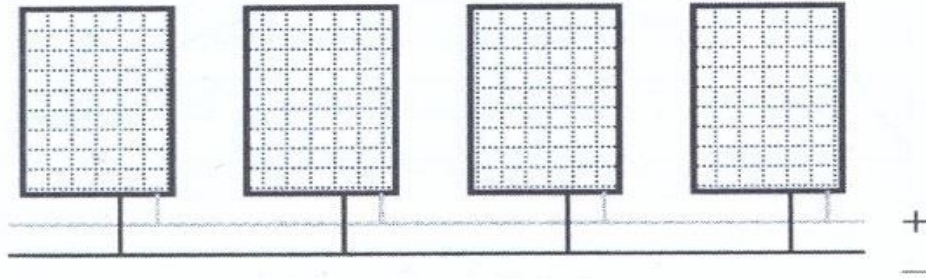
• وقتی چند پنل را به یکدیگر متصل می سازید، فارغ از این که آن ها به صورت سری یا موازی به هم مرتبط شده باشند، توان کلی سیستم افزایش می یابد.

هنگامی که مطابق شکل 3-7، پنل ها به صورت سری به هم وصل می شوند، ولتاژ و توان هر پنل به ولتاژ و توان پنل بعدی افزوده شده و در مجموع، ولتاژ و توان آرایه افزایش می یابد.

هنگامی که مطابق شکل 3-8، برای ایجاد یک آرایه، چند پنل را به صورت موازی به هم مربوط می سازید، ولتاژ خروجی، معادل میانگین ولتاژ هر یک از پنل ها بوده و برای دستیابی به توان های بالاتر، وات هر یک را به دیگری می افزایید.



شکل 3-7 یک آرایه خورشید متشکل از چهار پنل سری شده . اگر هر کدام از پنل ها ، 12 ولت و 12 وات باشد ، این آرایه در مجموع 48 ولت و 48 وات و جریانی معادل یک آمپر در مدار خارجی جاری خواهد شد.



شکل 3-8 یک آرایه خورشید مرکب از چهار پنل موازی شده. اگر هر کدام از پنل ها، 12 ولت و 12 وات باشد، این آرایه در مجموع 12 ولت و 48 وات و جریانی معادل چهار آمپر در مدار خارجی جاری خواهد شد.

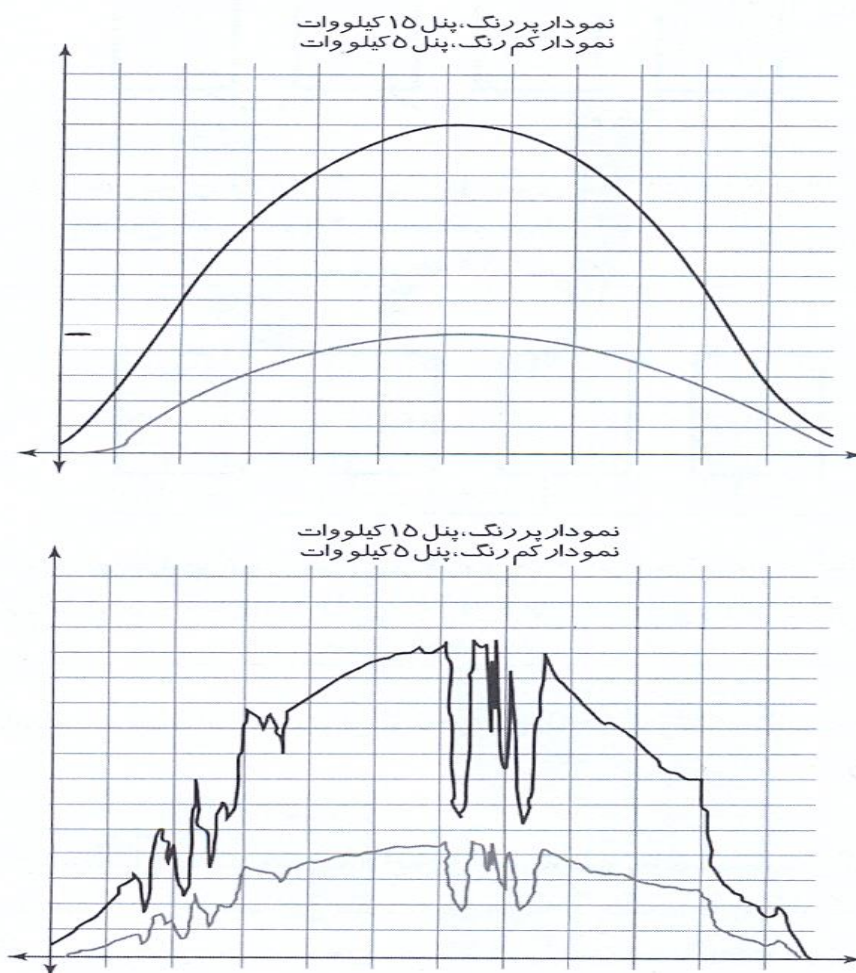
اینورتر و باتری

به استثنای سیستم‌های متصل به شبکه که آرایه‌ی خورشیدی مستقیماً به یک اینورتر ارتباط می‌یابد، پنل‌های خورشیدی به ندرت برای راه‌اندازی مستقیم مصرف‌کننده‌ها به کار گرفته می‌شوند. علت این است که میزان توان دریافتی پنل‌های خورشیدی، متناسب با شدت و ضعف تابش خورشید، تغییر می‌کند. در این صورت، با بالا و پایین رفتن توان موجود، برق مزبور، قابل استفاده در بسیاری از مصرف‌کننده‌های حساس، نخواهد بود (شکل 3-9).

یک سیستم برق خورشیدی متصل به شبکه به گونه‌ای طراحی می‌شود که اینورتر، این نوسان در توان تولیدی را مدیریت کرده و خود را با آن وفق می‌دهد و در صورتی که تقاضای مصرف افزایش یابد، کمبود آن از طریق برق شبکه تأمین می‌گردد. این در حالی است که در سیستم‌های مستقل یا نمونه‌های متصل و متکی به شبکه، باتری‌ها، انرژی تولیدی را ذخیره کرده و آن را به صورت ثابت و یکنواختی در اختیار مصرف‌کننده‌ها قرار می‌دهند.

انرژی تولیدی پنل‌ها معمولاً در باتری‌های «سرب- اسیدی» با سیکل یا چرخه‌ی عمیق ذخیره می‌گردد. این باتری‌ها شباهت زیادی به باتری‌های ۱۲ ولتی اتومبیل دارند (شکل 3-10) ولی به دلیل

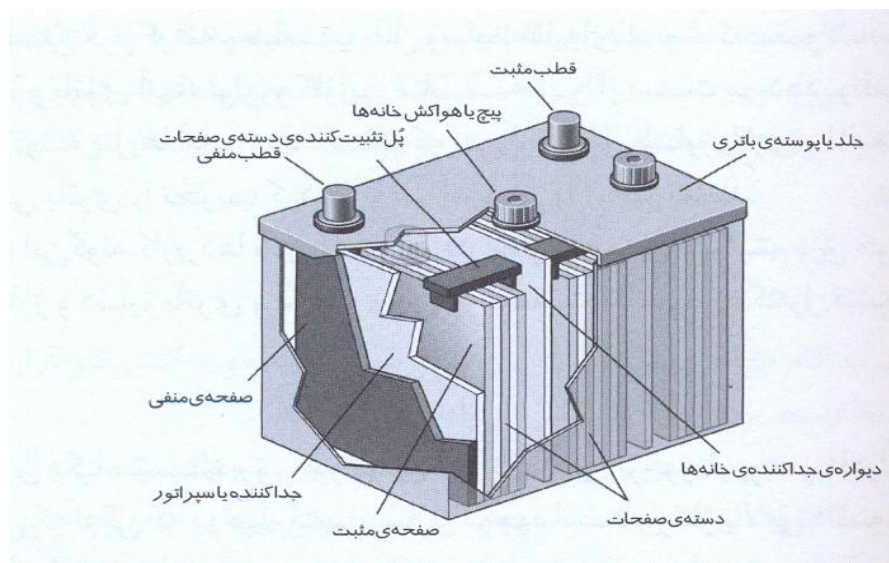
تفاوتی که در ساختمان داخلی‌شان وجود دارد، آن‌ها را می‌توان چند صد بار مورد شارژ و دشارژهای قابل ملاحظه‌ای قرار دارد.



شکل 3-9 نمودار شدت تابش دریافتی (محور عمودی) دو پیل 5 و 15 کیلوواتی در ساعات مختلف روز (محور افقی) در یک روز کاملاً آفتابی (بالا) و نیمه ابری (پایین). در نمودار پایینی ملاحظه می‌شود، هنگامی که یک لکه ی ابر بین آرایه و خورشید قرار می‌گیرد، منحنی دستخوش تغییرات و نوسانات لحظه‌ای و موقتی می‌گردد

با وجودی که ولتاژ اکثر این باتری‌ها ۱۲ ولت است ولی آن‌ها را در نمونه‌های ۶ ولتی نیز تولید می‌کنند. برای دستیابی به توان‌های بالاتر، باتری‌های یاد شده را می‌توان مثل پیل‌های خورشیدی، به صورت سری یا موازی به هم اتصال داد. در این‌جا هم اتصال سری، موجب بالا رفتن ولتاژ و توان کلی

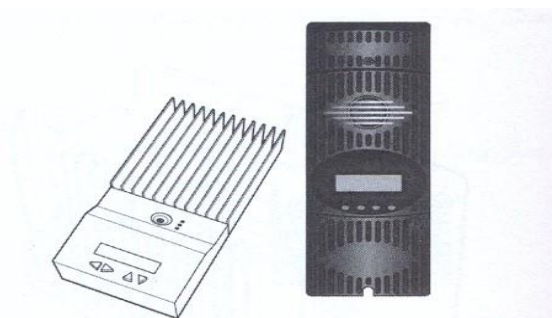
مجموعه‌ی باتری‌ها شده و با ارتباط دهی موازی، ضمن ثابت ماندن ولتاژ، شدت جریان دریافتی و به تبع آن، توان افزایش می‌یابد.



شکل 3-10 قسمت‌های مختلف یک باتری سرب اسید اتومبیل که به میزان زیادی در سیستم‌های مختلف برق خورشیدی مورد استفاده واقع می‌شود.

کنترل کننده

به جز سیستم‌های متصل به شبکه، در سایر موارد و طرح‌ها، سیستم‌های برق خورشیدی به کنترل‌کننده‌ای نیاز دارند که بر جریان داده شده به باتری یا دریافتی از آن نظارت نماید. در صورتی که باتری یا باتری‌ها با شارژ مازاد (اُور شارژ) و غیر ضروری مواجه گردند، خراب شده و به سرعت از بین می‌روند. شرایط مشابه در خرابی باتری‌ها زمانی رخ می‌دهد که سیستمی فاقد کنترل‌کننده بوده و باتری‌ها کاملاً تخلیه یا دشارژ شوند. حلال این مشکل، وسیله‌ای به نام کنترل‌کننده یا کنترلر می‌باشد (شکل 3-11).



فصل چهارم

نحوه‌ی محاسبه‌ی انرژی خورشیدی

فصل حاضر و بعدی، علاوه بر کاربرانی که در فکر طراحی و نصب یک سیستم برق خورشیدی هستند، مناسب حال افرادی که تصمیم به نصب آبگرمکن‌های خورشیدی دارند نیز می‌باشد. در این دو فصل هر جا که اسمی از پنل یا آرایه‌ی خورشیدی (چند پنل برق خورشیدی متصل به هم) به میان می‌آید. مطالب گفته شده برای هر دو سیستم اشاره شده قابل استفاده است هر چند که در مقوله‌ی گرمایش خورشیدی، به کار بردن کلمه‌ی «کلکتور» درست‌تر می‌باشد.

پارامتر تابش

این پارامتر مرکب که ساعت‌های تابش نور خورشید و شدت آن را شامل می‌شود، آفتاب‌گیری یا شدت تابش خورشید نامیده شده و برحسب وات بر مترمربع (W/m^2) بیان می‌گردد. واحد معمول‌تر و عملی‌تری به صورت «کیلووات ساعت بر مترمربع در روز» ($kWh/day/m^2$) نیز مورد استفاده واقع می‌شود.

شدت تابش خورشید و پنل خورشیدی

در قسمتی از بدنه یا جعبه‌ی پنل‌های خورشیدی به عددی اشاره می‌شود که معرف توانی است که انتظار می‌رود یک چنین پنلی قادر به تولید آن باشد (برحسب وات) البته مشروط بر آن که تابش خورشید در هر مترمربع از محل مورد نظر، ۱۰۰۰ وات در نظر گرفته شود. این شدت تابش یعنی ۱۰۰۰ وات بر مترمربع، رقمی است که در ساعات میانی و به خصوص ظهر هنگام اواسط تابستان می‌توان به آن دست یافت. بنابراین توقع نداشته باشید که با احتساب یک میانگین روزانه، به چنین رقمی برسید. با دانستن شدت تابش خورشید در مکان مورد نظر و با در نظر گرفتن میانگین روزانه‌ی آن یعنی «تعداد کیلووات ساعت‌ها بر مترمربع در روز»، و با ضرب کردن این رقم در توان پنل‌های خورشیدی (برحسب وات)، می‌توان حدود انرژی دریافتی روزانه توسط پنل‌ها را مشخص نمود.

محاسبه‌ی شدت تابش خورشید

شدت تابش خورشید از یک‌جا تا جای دیگر در تغییر بوده و میزان آن در ایام مختلف سال نیز عوض می‌شود. اگر می‌خواهید یک برآورد تقریبی منطقی داشته باشید باید برای هر مکان خاص و هر موقعیت زمانی مشخص، شدت تابش ویژه‌ای را در نظر بگیرید. با تسهیلاتی که سازمان فضایی و هوانوردی ملی آمریکا (ناسا) فراهم آورده، یافتن شدت تابش نور خورشید در نواحی مختلف، بسیار ساده شده است. ماهواره‌های هواشناسی ناسا، شدت تابش نور خورشید را در جای جای کره‌ی خاکی ما استخراج کرده و در اختیار کاربران قرار داده‌اند.

اطلاعات جامع و کاملی از میزان شدت تابش نور خورشید در نواحی مختلف جهان را می‌توان از وب سایت معرفی شده‌ی کتاب اخذ نمود. در ضمیمه‌ی A ی انتهای کتاب، به عنوان نمونه، تابش‌دهی با آفتاب‌زدگی شهر تهران ارائه گردیده است.

به عنوان مثال و با مراجعه به سایت پشتیبان، اطلاعات درج شده در مورد شدت تابش نور خورشید در شهر لندن واقع در کشور انگلیس را در نظر بگیرید. در جداول مزبور، شدت تابش‌ها به صورت مجزا و برای ماه‌های مختلف سال ارائه شده‌اند. در جداول یاد شده، سطر اول به ارائه‌ی میانگین شدت تابش نور خورشید در ماه‌های مختلف سال و در صورت نصب افقی پنل بر روی زمین اختصاص داده شده است. این ارقام نشان می‌دهند که به طور میانگین و در روزهای مختلف هر ماه خاص، حدوداً به چند ساعت از تابش وسط روز خورشید دسترسی داریم. برای مثال و با مراجعه به ارقام بالا متوجه می‌شویم که میزان مزبور برای شهر لندن و در ماه آذر معادل ۰/۶ ساعت یعنی ۳۶ دقیقه بوده و اندازه‌ی آن در ماه خرداد برابر ۴/۸۶ یعنی ۴ ساعت و ۵۰ دقیقه از تابش نور خورشید در ساعات میانی روز است.

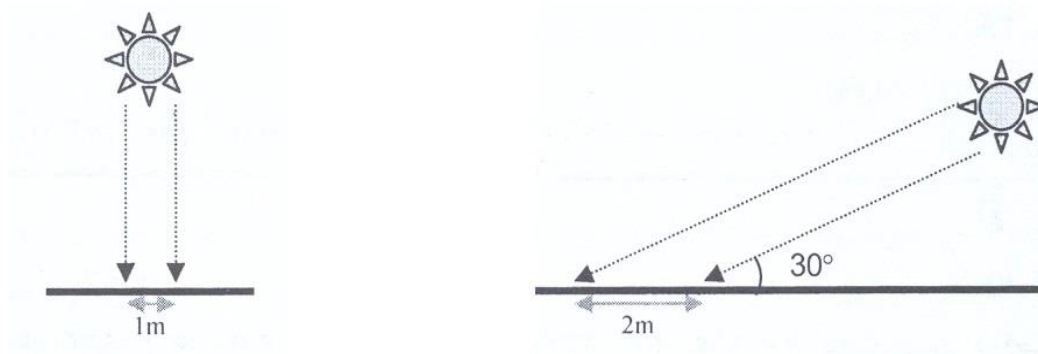
تخت یا افقی	اردیبهشت	خرداد	تیر	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
	۴/۸۶	۴/۸۲	۴/۲۰	۲/۸۱	۱/۶۹	۰/۷۵	۱/۳۷	۲/۳۱	۳/۵۷

جذب میزان بیشتری از انرژی خورشیدی

شیب یا انحراف پنل خورشیدی از راستای عمودی، در میزان انرژی جذب شده مؤثر می‌باشد، با یک آزمایش عملی ساده می‌توان پی برد که میزان انرژی دریافتی پنل‌هایی که به صورت عمودی از یک دیوار آویخته شده‌اند و همچنین پنل‌هایی که مستقیماً و به صورت تخت و افقی بر روی زمین نصب گردیده‌اند. به مراتب کمتر از مقدار انرژی جذب شده به توسط نمونه‌هایی است که سطح آن‌ها به سمت خورشید نشانه رفته و در واقع پنل‌ها به صورت زاویه‌دار و اُریب نصب گردیده‌اند. ارقام داده شده‌ی بالا مربوط به شدت تابش نور خورشید در شهر لندن و به ازای یک مترمربع از سطح زمین می‌باشند. در صورتی که پنل خورشیدی را به صورت زاویه‌دار نصب کرده و آن را به صورت متمایل به راستای تابش نور خورشید نشانه روید، قادر به جذب انرژی بیشتری بوده و طبیعتاً توان بیشتری را هم به دست خواهید آورد.

اثر این کار در ماه‌های فصل زمستان که به نظر می‌رسد خورشید در ارتفاع پایین‌تری از آسمان واقع شده، محسوس‌تر می‌باشد.

علت خیلی ساده است؛ وقتی خورشید در نقطه‌ی اوج خود قرار دارد، شدت تابش اشعه‌ی آن زیاد بوده و مطابق شکل 4-12 وقتی با گذشت زمان و چرخش خورشید در آسمان، ارتفاع ظاهری آن نسبت به مکان مورد نظر کم شده و اشعه‌ی نور آن به صورت مایل دریافت می‌شود، همان مقدار نور، به مساحت بیشتری تقسیم می‌گردد.



شکل 4-12 اصابت پرتوهای نوری در دو زاویه 90 درجه و 30 درجه

همان طوری که ملاحظه می کنید، متناسب با زاویه تابش نور خورشید به محل مورد نظر، شدت تابش تغییر می کند. وقتی خورشید دقیقاً در بالای سرمان واقع می شود، تعدادی از پرتوهای نوری خورشید به اندازهی ۱ متر، محوطه ای به پهنای ۱ متر را در روی سطح زمین مورد اصابت خود قرار می دهند (شکل سمت چپ). هنگامی که مطابق شکل سمت راست، زاویه تابش شعاع های نور خورشید با زمین فرضاً ۳۰ درجه می گردد. همان مقدار پرتوهای قبلی با پهنای ۱ متر، این بار فضایی در حدود ۲ متر از زمین را هدف قرار می دهند. به این ترتیب ملاحظه می شود که شدت تابش نور خورشید در حالت دوم یعنی با زاویه ی ۳۰ درجه، نسبت به حالت اول یعنی ۹۰ درجه، نصف می گردد (یادآوری: در مثلث قائم الزاویه، ضلع روبروی زاویه ی ۳۰ درجه، نصف وتر است).

تأثیر شیب پنل بر شدت تابش نور خورشید

با شیب دادن و متمایل ساختن پنل ها به سمت خورشید، انرژی بیشتری جذب شده و به تبع آن، برق بیشتری تولید خواهیم کرد. در بسیاری از موارد، اندازه ی این زاویه به شیب شیروانی ساختمان مورد نظر بستگی دارد هر چند که در سال های اخیر و با تحقیقات صورت پذیرفته و ارائه ی جداول مختلف، برای هر مکان خاص می توان به زوایای بهینه ای دست یافت که با حداکثر انرژی دریافتی همراه و توأم باشد. در ادامه، جدولی را ملاحظه می کنید که تأثیر زاویه دهی پنل ها و شرایط مختلف نصب آن ها و زمان های مختلف سال بر میزان شدت تابش دریافتی در شهر لندن را نشان می دهد.

ماه‌های سال	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر			
موقعیت پنل												
 افقی	۰/۷۵	۱/۳۷	۲/۳۱	۳/۵۷	۴/۵۹	۴/۸۶	۴/۸۲	۴/۲۰	۲/۸۱	۱/۶۹	۰/۹۲	۰/۶۰
 عمودی	۱/۲۰	۱/۸۰	۲/۱۸	۲/۵۸	۲/۷۰	۲/۶۲	۲/۷۱	۲/۸۰	۲/۴۷	۲/۰۷	۱/۴۳	۱/۰۱
 ۳۸° بهترین زاویه‌ی ثابت در کل	۱/۲۷	۲/۰۴	۲/۷۶	۳/۶۷	۴/۱۷	۴/۲۰	۴/۲۵	۴/۱۶	۳/۲۶	۲/۴۱	۱/۵۳	۱/۰۵
 ۲۳° بهترین زاویه در فصل زمستان	۱/۳۰	۲/۰۳	۲/۶۲	۳/۳۴	۳/۶۶	۳/۶۹	۳/۷۶	۳/۷۳	۳/۰۶	۲/۳۷	۱/۵۶	۱/۰۸
 ۵۳° بهترین زاویه در فصل تابستان	۱/۱۹	۱/۹۵	۲/۷۷	۳/۸۴	۴/۵۲	۴/۶۳	۴/۶۶	۴/۴۱	۳/۳۱	۲/۳۳	۱/۴۳	۰/۹۷
 بهترین زوایای قابل تنظیم	۱/۳۰	۲/۰۵	۲/۷۸	۳/۸۶	۴/۷۰	۴/۹۱	۴/۹۰	۴/۴۶	۳/۳۱	۲/۴۱	۱/۵۶	۱/۰۸
ماه‌یانه	۲۲°	۳۰°	۳۸°	۴۶°	۵۴°	۶۲°	۵۴°	۴۶°	۳۸°	۳۰°	۲۲°	۱۴°

محاسبه‌ی شیب بهینه پنل

به دلیل زاویه‌ی ۲۳/۵ درجه‌ای که محور گردش زمین با صفحه‌ی گردش آن به دور خورشید می‌سازد. شیب بهینه‌ی پنل‌های خورشیدی در طول سال، بسته به فصول مختلف تغییر می‌کند. در پاره‌ای از موارد و با توجه به شرایط و موقعیت نصب پنل‌ها، این امکان وجود دارد که شیب آن‌ها را به صورت ماهیانه تغییر داده و تنظیم کرد در حالی که در بسیاری از حالات، تغییر دادن زاویه‌ی پنل‌ها مقدور نبوده و آن‌ها را به صورت ثابت نصب می‌نمایند.

محاسبه‌ی شیب بهینه پنل‌ها دشوار نبوده و از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

عرض جغرافیایی - 90° = بهترین زاویه‌ی ثابت پنل در طول فصول سال

محاسبه‌ی توان تولیدی پنل خورشیدی

بر مبنای اعداد به دست آمده در مورد شدت تابش ماهیانه و با ضرب کردن آن‌ها در وات نامی هر

پنل می توان به میزان انرژی الکتریکی آن در روز دست یافت ،یعنی:

$$\text{شدت تابش نور خورشید} \times \text{وات نامی پنل} = \text{وات ساعت در روز}$$

همانطور که ملاحظه کردید ،رقم مربوط به شدت تابش ،به ماه مورد نظر و شیب پنل بستگی دارد .

برای مثال فرض کنید یک پنل خورشیدی 20 وات داریم و در شهر لندن و در ماه های خرداد آذر ،

آن را به دو صورت تخت و زاویه ی 38° قرار داده ایم و به جهت به دست آوردن انرژی دریافتی روزانه

می توان به طریق زیر عمل کرد :

خرداد	آذر	تخت یا افقی
انرژی دریافتی روزانه $4/86 \times 20w = 97Wh$	انرژی دریافتی روزانه $0/60 \times 20w = 12Wh$	

خرداد	آذر	38°
انرژی دریافتی روزانه $4/20 \times 20w = 84Wh$	انرژی دریافتی روزانه $1/05 \times 20w = 21Wh$	

کاربرد زاویه‌ی چینش آرایه‌ها

با این همه، همین حساب‌های تقریبی و سرانگشتی هم بسیار مفید فایده بوده و می‌توانند در برآورد

هزینه‌های تقریبی یک سیستم برق خورشیدی، مؤثر واقع شوند. این محاسبه بسیار ساده بوده و کافی

است رقم به دست آمده از تعداد وات ساعت‌ها در روز را به رقم مربوط به بدترین وضعیت شدت تابش

خورشید ماهیانه (یعنی ماه آذر) تقسیم کرد.

این کار آنقدر ارزش دارد که با صرف کمی وقت، پنل‌ها را در زوایای مختلف قرار داده و نتایج حاصله را با هم مقایسه کنیم.

 تخت یا افقی	اگر پنل‌ها را به صورت افقی روی زمین قرار دهیم، برای تأمین برق مورد نیاز خانه‌ی بیلاقی در ماه آذر، به یک آرایه‌ی خورشیدی ۱۱۵۹ واتی نیاز خواهیم داشت. $۶۹۵ \div ۰/۶ = ۱۱۵۹ \text{ W}$
 عمودی یا ایستاده	در صورتی که پنل‌ها به صورت عمودی از یک دیوار آویخته شوند، برای تأمین همان مقدار توان قبلی، به یک آرایه‌ی خورشیدی ۶۸۸ واتی نیاز خواهیم داشت. $۶۹۵ \div ۱/۰۱ = ۶۸۸ \text{ W}$
 ۳۸° بهترین زاویه‌ی ثابت در کل طول سال	با زاویه‌دار کردن پنل‌ها نسبت به راستای عمودی، همان مقدار توان، با یک آرایه‌ی ۶۶۱ واتی قابل حصول است. $۶۹۵ \div ۱/۰۵ = ۶۶۱ \text{ W}$
 ۴۳° بهترین زاویه در فصل زمستان	با تنظیم پنل‌ها در زاویه‌ی مناسب فصل زمستان، آرایه‌ی خورشیدی لازم، ۶۴۳ واتی خواهد بود. $۶۹۵ \div ۱/۰۸ = ۶۴۳ \text{ W}$
 ۵۳° بهترین زاویه در فصل تابستان	در صورتی که پنل‌ها تحت شیب مناسب تابستان قرار گیرند، تأمین توان موردنیاز در ماه آذر منوط به نصب یک آرایه‌ی ۷۱۶ واتی خواهد بود. $۶۹۵ \div ۰/۹۷ = ۷۱۶ \text{ W}$
 با تنظیم زاویه‌ی ماهیانه	اگر تنظیم شیب پنل‌ها به صورت ماهیانه صورت پذیرد، مشابه حالت تنظیم زمستانی، یک آرایه‌ی ۶۴۳ واتی نیاز ما را مرتفع خواهد ساخت. $۶۹۵ \div ۱/۰۸ = ۶۴۳ \text{ W}$

مقایسه‌ی اطلاعات داده شده در جدول فوق مشخص می‌کند که بسته به نحوه‌ی زاویه دهی پنل‌ها، انتخاب نمونه‌هایی در حد ۶۴۳ الی ۱۱۵۹ وات، کل نیازهای الکتریکی خانه‌ی فرضی مورد نظر ما در ماه آذر را مرتفع می‌سازد.

راندمان آرایه خورشیدی

تا این جای کار و لاقل از جهت نظری، کم و بیش با اندازه‌ی پنل‌های مورد نیاز آشنا شده‌ایم هر چند که هنوز بازده یا راندمان آن‌ها را وارد محاسبات نکرده‌ایم.

پنل‌های خورشیدی را با «حداکثر توان خروجی»شان می‌سنجند. حداکثر توان خروجی هر آرایه‌ی خورشیدی، در هوای صاف و آفتابی و در ولتاژی بین ۱۴ الی ۲۲ ولت ایجاد می‌گردد. هر چند که اکثر اینورترها، باتری‌ها و کنترل‌کننده‌ها، قادر به استفاده از این ولتاژ نبوده و ولتاژ مزبور را باید به طریقی کاهش داد تا با ولتاژ ورودی آن‌ها همخوانی پیدا کند و همین کم کردن ولتاژ، خود، باعث افت توان هم می‌گردد.

از نقطه نظر انرژی تابشی موجود در یک محل، در قیاس با مقدار انرژی جذب شده به توسط آرایه، راندمان یا بازدهی در حدود ۷۵٪ ملاحظه می‌گردد.

خوشبختانه برای بالا بردن بازده و جبران این‌گونه تلفات می‌توان اینورترها و کنترل‌کننده‌هایی را اتباع نمود که با بهره‌گیری از یک قابلیت ویژه به نام «ردیاب یا جستجوگر حداکثر توان» (با حروف اختصاری MPPT)، باعث ایجاد بیشترین توان ممکن می‌گردند. قابلیت مزبور، ولتاژ دریافتی از آرایه‌ی خورشیدی را به گونه‌ای تنظیم می‌کند که با تأمین ولتاژ صحیح مورد نیاز باتری‌ها یا اینورتر، این افت را حذف کرده یا لاقلاً میزان آن را کاهش می‌دهد.

راندمان یا بازده این ردیاب‌ها بین ۹۰ تا ۹۵٪ می‌باشد هرچند که با توجه به گران بودن کنترل‌کننده‌های مجهز به این قابلیت نسبت به انواع فاقد آن‌ها و همچنین گرانی اینورترهای مشابه، در موقع خرید باید به این اختلاف هزینه‌های اولیه توجه کرده و پیامدهای مثبت و منفی آن‌ها را مدنظر قرار داد.

به طور کلی، کنترل‌کننده‌های مجهز به قابلیت MPPT در توان‌های بیش از ۲۰۰ وات و اینورترهای مشابه، در توان‌های بالاتر از ۳۰۰ وات، مقرون به صرفه و اقتصادی می‌گردند. ضمناً توجه داشته باشید که در سیستم‌های متصل به شبکه که اینورتر، مستقیماً از پنل‌های خورشیدی تغذیه می‌گردد، حتماً به یک نمونه‌ی مجهز به قابلیت ردیابی حداکثر توان نیاز خواهید داشت ولی اگر می‌خواهید اینورتر را از یک یا چند باتری تغذیه کنید، اجباری به خرید یک نمونه‌ی مجهز به قابلیت ردگیری حداکثر توان ندارید.

خلاصه اگر می‌خواهید مسئله‌ی عدم بازدهی صد در صد یا افت توان را هم در محاسبات‌تان منظور نمایید، مراقب باشید که در صورت استفاده از اینورتر یا کنترل‌کننده‌ی مجهز به قابلیت MPPT، رقم نهایی محاسبه شده را به ۰/۹ تقسیم کرده و اگر از نمونه‌های فاقد MPPT بهره گرفته‌اید، عدد مزبور را به ۰/۷۵ تقسیم نمایید. در این صورت خلاصه‌ی محاسبات به شرح زیر جمع‌بندی می‌گردد:

محاسبات بر مبنای استفاده از کنترل کننده یا اینورتر مجهز به قابلیت ردگیری حداکثر توان		محاسبات بر مبنای استفاده از کنترل کننده یا اینورتر فاقد قابلیت ردگیری حداکثر توان	
پنل با زاویه ۳۸ درجه	پنل افقی	پنل با زاویه ۳۸ درجه	پنل افقی
$288 \text{ w} \div 0.9 =$	$411 \text{ w} \div 0.9 =$	$288 \text{ w} \div 0.75 =$	$411 \text{ w} \div 0.75 =$
پنل خورشیدی ۳۲۰ w	پنل خورشیدی ۴۵۶w	پنل خورشیدی ۳۸۴ w	پنل خورشیدی ۵۴۸w

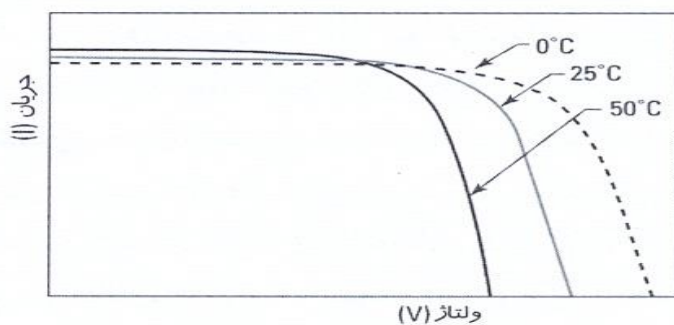
تأثیر دما پنل خورشیدی

وقتی پنل‌های خورشیدی در دماهای پایین و نواحی سردسیری مورد استفاده واقع می‌شوند، در مقایسه با اقلیم‌ها و مناطق گرمسیری، عملکرد بهتری را ارائه داده و توان تولیدی در دماهای پایین به مراتب بیشتر از دماهای بالا خواهد بود. به این ترتیب مشاهده می‌شود که برق تولیدی یک سیستم فتوولتایی در یک روز غبارآلود و نه چندان صاف و آفتابی ولی همراه با وزش باد ملایم و خنک، بیشتر از یک روز صاف و آفتابی و فاقد وزش باد است.

وقتی پلاک مشخصات پنل‌های خورشیدی را کنترل می‌کنید توجه داشته باشید که توان یا وات نامی قید شده، مربوط به تابش دهی ۱۰۰۰ وات بر مترمربع و در دمای ۲۵ درجه‌ی سانتیگراد می‌باشد. لذا باید انتظار داشت که برق تولیدی این پنل‌ها در دماهای پایین‌تر از ۲۵ درجه، بیشتر و در دماهای بالاتر از آن، کمتر از حد مورد نظر باشد (شکل 4-13).

وقتی پنل‌ها در مقابل تابش نور خورشید قرار می‌گیرند، گرم شده و قسمت عمده‌ی این گرما، ناشی از جذب اشعه‌ی مادون قرمز نور خورشید می‌باشد و باز به دلیل مشکی یا تیره بودن رنگ آن‌ها، افزایش دمای‌شان هم قابل ملاحظه و محسوس خواهد بود. تجربه نشان داده که در نواحی گرمسیری، دمای سطح این پنل‌ها به راحتی به حدود ۸۰ الی ۹۰ درجه‌ی سانتیگراد هم می‌رسد.

اکثر سازندگان پنل‌های خورشیدی اطلاعاتی را در اختیار کاربران می‌گذارند تا آثار این تغییرات دما بر روی عملکرد پنل‌ها را به آن‌ها گوشزد نمایند. این اثر که به «ضریب دمایی توان نامی» موسوم است، با درصدی از کاهش توان به ازای هر درجه‌ی سانتیگراد افزایش دما، مشخص می‌گردد.



شکل 13-4 نمودار تاثیر دمای محیط بر منحنی IV ی یک پنل واحد، با افزایش دما، شدت جریان به میزان بسیار اندکی افزایش می یابد، هرچند که تغییر آن به قدری کم است که می توان آن را ثابت فرض کرد، ولی ولتاژ خروجی به میزان قابل توجهی کاهش می یابد. با توجه به اینکه تغییر دادن دمای محیط، خارج از کنترل کاربر است تا حد امکان باید سعی کرد در موقع نصب پنل ها، باد خور مناسبی را در قسمت زیرین آن ها در نظر گرفت تا آرایه، از تهویه قابل قبولی برخوردار شده و مسیر عبور جریان هوا مسدود نگردد.

معمولاً اندازه‌ی این پارامتر چیزی در حدود 0.5% می باشد، یعنی با هر درجه‌ی سانتیگراد بالا رفتن دمای محیط، بازده آرایه‌ی خورشیدی به میزان 0.5% کاهش می یابد و بالعکس، با هر درجه‌ی سانتیگراد پایین آمدن دما، بازده آرایه به اندازه‌ی 0.5% افزایش می یابد (جدول 4-7). در صورتی که اندازه‌ی این ضریب را همان 0.5% در نظر بگیریم، تأثیر تغییرات دما بر یک پنل خورشیدی ۱۰۰ وات به شرح داده شده در جدول 4-14 خواهد بود:

دما تغییرات توان	۵۰°C/۴۱°F	۱۵°C/۵۹°F	۲۵°C/۷۷°F	۳۵°C/۹۵°F	۴۵°C/۱۱۳°F	۵۵°C/۱۳۱°F	۶۵°C/۱۴۹°F	۷۵°C/۱۶۷°F	۸۵°C/۱۸۵°F
خروجی پنل به شرط استفاده از یک نمونه‌ی ۱۰۰ وات	۱۱۰w	۱۰۵w	۱۰۰w	۹۵w	۹۰w	۸۵w	۸۰w	۷۵w	۷۰w
درصد کاهش یا افزایش توان	۱۰%	۵%	۰%	-۵%	-۱۰%	-۱۵%	-۲۰%	-۲۵%	-۳۰%

با درک این مسئله که خنک نگه داشتن پنل‌ها چه تأثیر قابل ملاحظه‌ای در کارایی آن‌ها دارد، بهتر است در موقع نصب و طراحی محل استقرار پنل‌ها، تا حد امکان تمهیداتی را پیش‌بینی کنید که جریان آزاد هوا از زیر و روی آن‌ها عبور نماید. اگر هدف‌تان نصب پنل‌ها بر روی بام یا شیروانی است حتماً یک بادخور ۷ الی ۱۰ سانتی‌متری را بین سطح شیروانی یا بام و بدنه‌ی پنل‌ها در نظر داشته باشید. البته به جای خوابانیدن مستقیم پنل‌ها بر روی شیروانی یا بام می‌توان آن‌ها را ابتدا بر روی یک قاب یا پایه سوار کرد که در این صورت هدف مزبور یعنی فاصله دهی و جریان پیدا کردن هوا، به صورت خودکار تأمین می‌گردد.

در مواردی که قرار است پنل‌ها بر روی شیروانی نصب گردند و در صورتی که میانگین سالیانه‌ی دمای هوای محل در حدود ۲۵ درجه‌ی سانتیگراد و بیشتر است، برای یافتن دمای واقعی پنل‌ها، عدد مزبور را در $\frac{1}{4}$ ضرب کرده و اگر قرار است پنل‌ها، بر روی یک دیرک مستقر شوند، برای یافتن دما واقعی، دمای محل را در عدد $\frac{1}{2}$ ضرب نمایید.

معمولاً در دفترچه‌ی راهنما یا بروشور پنل‌ها به جدول یا نموداری اشاره می‌شود که تأثیر دما بر روی توان نامی آن‌ها را معین می‌سازد. در این صورت و با توجه به اُفتی که از این بابت در سیستم ایجاد می‌گردد، باید اندکی وات اضافه را برای آثار و تبعات ناشی از افزایش دما، پیش‌بینی نمود.

پیدا کردن میانگین دمای هوا در نواحی مختلف جهان کار دشواری نبوده و با مراجعه به وب سایت «کانال هوا» (Weather Channel) به آدرس: www.weather.com به راحتی می‌توان به آن دسترسی پیدا کرد. به مجرد اتصال به وب سایت یاد شده، به سادگی قادر به مشاهده‌ی میانگین ماهیانه‌ی دمای هوای اکثر شهرها در کشورهای مختلف جهان خواهید بود. برای سهولت کار، دماهای مزبور، هم به صورت سانتیگراد و هم به شکل فارنهایت ارائه گردیده‌اند.

محاسبه تقریبی هزینه

قبل از هر چیز باید اشاره کرد که هزینه‌های برآورد شده در این قسمت با واقعیت فاصله داشته و تقریبی هستند. یادتان باشد که تا این‌جا کار، محل نصب و تأثیر آن در حساب و کتاب‌ها را وارد محاسبات نکرده‌ایم.

به عنوان شروع و برای داشتن یک پیش‌زمینه در هزینه‌ها باید اشاره کرد که اگر کارهای فیزیکی و بدنی و حمل و نقل را خودتان انجام دهید، یک سیستم برق خورشیدی شامل: آرایه، کنترل‌کننده و باتری‌ها، به ازای هر وات، چیزی در حدود ۶/۲ دلار برای‌تان هزینه به همراه دارد که البته خود این عدد هم $\pm 15\%$ نوسان و بالا و پایین خواهد داشت.

در هنگام طراحی سیستم‌های مختلف توجه داشته باشید که پیاده کردن یک سیستم متصل به شبکه به هزینه‌ی بیشتری نیاز دارد، چون علیرغم عدم نیاز به باتری، سیستم مزبور به اینورتر گران قیمت‌تری احتیاج خواهد داشت. ضمناً فراموش نکنید که پس از اتمام کار، ملزم به پرداخت اجرت بازدید به یک برق‌کار یا کارشناس مجرب و تأیید شده‌ی شرکت برق هم هستید که صحت و درستی مراحل انجام کار را تصدیق نماید. در خیلی از کشورها، سخت‌گیری بیشتری معمول بوده و کلیه‌ی قطعات به کار رفته در سیستم برق خورشیدی مورد نظر باید از کیفیت‌های خوب و استانداردهای ویژه‌ای برخوردار باشند تا قابلیت و مجوز اتصال به شبکه‌ی برق شهر را اخذ نمایند. لذا اگر مقصود، طراحی یک سیستم برق خورشیدی متصل به شبکه است، روی چیزی در حدود ۹ الی ۱۲ دلار به ازای هر وات حساب کرده و $\pm 15\%$ نوسان هزینه‌ها را هم در نظر بگیرید.

فصل پنجم

بررسی محل نصب آرایه

بررسی محل نصب پنل‌ها یکی از مهم‌ترین گام‌ها در طراحی موفقیت آمیز یک سیستم برق خورشیدی محسوب می‌گردد. با انجام این کار مشخص می‌شود که اصولاً آیا امکان مورد نظر، مناسب نصب یک سیستم برق خورشیدی هست یا نه و در صورتی که پاسخ مثبت باشد، با بررسی موقعیت مکانی، جای مناسب نصب سیستم مزبور برای دستیابی به بهترین عملکرد، مشخص شده و کاربر مطمئن می‌گردد که بودجه‌ی هزینه شده، به هدر نخواهد رفت.

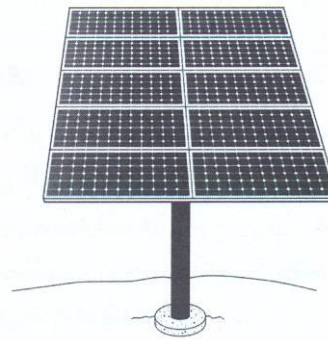
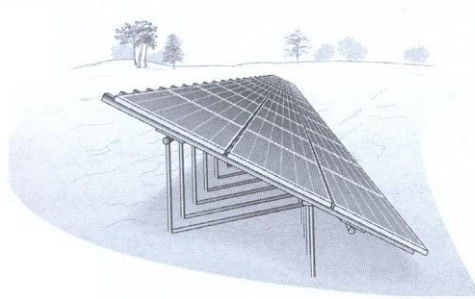
ترسیم یک کروکی

ترسیم یک کروکی دستی و معمولی از موقعیت مکان مورد نظر، فکر بسیار خوبی است. در انجام این کار نیازی به اعمال دقت و وسواس زیاد نیست ولی در مجموع، داشتن چنین نقشه‌ای در مراحل بعدی و همچنین در هنگام طراحی سیستم، بسیار مفید است.

در هنگام تهیه نقشه فقط در فکر مشخص کردن محل درختان و سایر موانع موجود در داخل زمین خود نبوده و انواع مانع‌های مستقر در زمین‌های مجاور را هم در نظر داشته باشید. فراموش نکنید که نهال درختان و سایر گیاهان جوان و کوچکی که در حال حاضر تأثیری در کور کردن مسیر تابش اشعه‌ی خورشید ندارند، ممکن است در آینده مشکل‌ساز گردند. در خاتمه، با استفاده از یک فلش (پیکان) در گوشه‌ای از نقشه‌ی ترسیم شده و چک کردن حرف N (مخفف North) در زیر آن، شمال نقشه و موقعیت محل را نیز معین نمایید.

نصب بر روی دیرک

مهم‌ترین شرط نصب پنل‌ها بر روی دیرک، استفاده از یک ستون مناسب و قوی و تدارک دیدن یک فونداسیون بتنی مستحکم در خاک سفت و غیر دستی می‌باشد تا سازه‌ی طراحی شده، در مقابل نیروهای باد و زلزله مقاومت نماید.



نگهداری دوره‌ای

از نقطه نظر پاکیزگی، پنل‌ها نیازی به نظافت بیش از حد ندارند ولی به هر حال باید پذیرفت که وجود گرد و غبار و لکه و جرم‌های مختلف بر روی سطح شیشه‌ای آن‌ها، بازدهی‌شان را کاهش می‌دهد و به این لحاظ در موقع مکان‌یابی و موقعیت‌دهی آرایه باید به فکر نحوه‌ی دسترسی و تمیز کاری و واری‌های نوبتی و هر چند ماه یک‌بار پنل‌ها هم بود.

نصب پنل بر روی زمین

ضمناً مطلع باشید که اخیراً پایه‌هایی برای نصب زمینی پنل‌ها به بازار عرضه شده‌اند که در طول روز، شبیه آنتن‌های گردان عمل کرده و قابلیت رهگیری و تعقیب مسیر تابش پرتوی نور خورشید در آسمان را دارند. این پایه‌ها قادرند در زمستان بین ۱۵ تا ۲۰٪ و در فصل تابستان، میزان انرژی دریافتی را تا ۵۵٪ هم بالا ببرند. هر چند که در حال حاضر قیمت نمونه‌های تجاری این وسایل قدری گران می‌باشد و به این لحاظ و علیرغم با ارزش بودن مساحت اشغالی پنل‌ها، در شرایط فعلی، افزایش سطح آرایه‌ی خورشیدی مقرون به صرفه‌تر بوده و بهتر است «عطای این پایه‌ها را به لقای‌شان بخشید!». با همه‌ی این اوصاف بسیاری از مهندسين و افراد با سلیقه و با انگیزه که همیشه دوست دارند از جدیدترین فناوری‌های روز دنیا بهره بگیرند، دل‌شان را به دریا زده و یک نمونه از این پایه‌ها را تهیه کرده و مورد استفاده قرار می‌دهند. اگر علاقه داشته باشید می‌توانید سری به سایت «instructables.com» زده و از مجموعه‌ای از این‌گونه پایه‌ها که افراد علاقمند خودشان آن‌ها را ساخته‌اند، بازدید کنید. بعضی از این کاربرها، دستورالعمل و نقشه‌ی ساخت نمونه‌ی ابداعی خودشان را هم در این سایت عرضه می‌دارند.

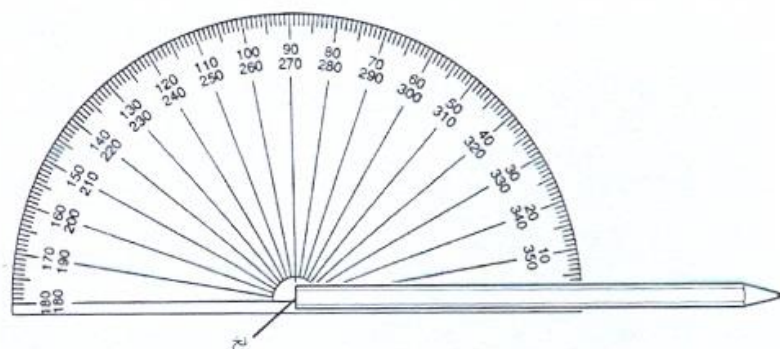
بررسی موانع

برای بررسی وضعیت موانع موجود در اطراف محل نصب پنل‌ها، به مکان مورد نظر رفته و جنوب جغرافیایی را به کمک یک قطب نما مشخص کنید. در صورتی که قرار است پنل‌ها بر روی سطح زمین و یا در ارتفاع کمی از آن نصب شوند، اندکی خم شده و سعی کنید مسیر دیدتان را در سطح نصب پنل‌ها قرار داده و یک‌بار از شرق تا جنوب و سپس غرب را با نگاه‌تان دنبال کرده و ببینید در زمستان که خورشید در ارتفاع پایینی قرار می‌گیرد، آیا موانع اطراف از جمله درختان و ساختمان‌های مجاور، مسیر تابش اشعه‌ی خورشید را کور می‌کنند یا خیر.

برای انجام این کار لازم است از موقعیت طلوع و غروب خورشید در ماه‌های مختلف سال آگاه باشید.

خوشبختانه دستیابی به این اطلاعات بسیار آسان است و با مراجعه به قسمت «محاسب زاویه‌ی پنل خورشیدی» در سایت www.Solar Electricity Handbook.com به سهولت می‌توانید مسیر حرکت خورشید در ماه‌های مختلف سال را معین نمایید.

ساده‌ترین راه تشخیص موانع بالقوه، استفاده از یک مداد و یک نقاله می‌باشد. برای این کار، با استفاده از کمی نوار چسب، یک تکه نخ را به انتهای نتراشیده‌ی یک مداد وصل کرده و سر نخ را از سوراخ مرکزی نقاله رد کنید و انتهای آن را گره بزنید (شکل 5-15) و یا اگر علاقه دارید وسیله‌ی اساسی‌تری درست کنید. با درل، در انتهای مداد، سوراخ عرضی ظریفی ایجاد کرده و یک سوزن ته‌گرد یا کلیپس باز شده را از آن عبور دهید و نوک سوزن یا کلیپس را وارد سوراخ مرکزی نقاله کنید، به گونه‌ای که مداد مزبور بتواند در روی صفحه‌ی نقاله حرکت کرده و جای شعاع‌های مختلف آن را پر کند.



شکل 5-15 یک ابتکار ساده برای تعیین زاویه تابش خورشید که تنها از یک مداد، یک نقاله و کمی چسب و نخ تشکیل شده است.

در این مرحله و با دانستن زاویه‌ی تابش خورشید در ماه‌های مختلف، مداد را به آرامی حرکت داده و آن را بر روی زاویه‌ی مورد نظر قرار دهید. اکنون اگر نقاله را در یک سطح افقی هم تراز با پنل‌ها قرار دهید، نوک مداد، راستای تابش اشعه‌ی خورشید در ماه مورد نظر را نشان خواهد داد. در این صورت هر کدام از موانع احتمالی که در راستای مداد قرار گیرند، باعث سایه شدن پنل‌ها خواهند گردید.

ابزارهای حرفه‌ای و خودکار تحلیل موانع

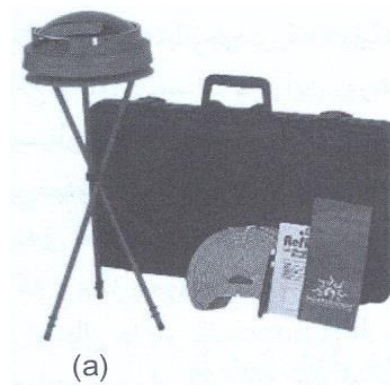
در صورتی که علاقه به تصب پنل‌های متعدد داشته و دوست دارید از دید حرفه‌ای‌تری به این کار نگاه کنید، توجه داشته باشید که ابزارهای تخصصی ویژه‌ای وجود دارند که قادر به تجزیه و تحلیل موانع می‌باشند.

به این منظور وسیله‌ای به نام «مسیر یاب خورشیدی» به بازار عرضه شده، که یکی از بهترین ابزارهای این کار محسوب می‌شود. این ابزار متشکل از یک بدنه‌ی پلاستیکی است که در قسمت بالایی آن یک حباب شیشه‌ای به شکل عرق‌چین تعبیه شده است. برای استفاده از این ابزار آن را بر روی سه پایه‌ی مخصوص و قابل تنظیم آن گذاشته و مجموعه را در مکان مورد نظر قرار می‌دهند، شکل (5-16).

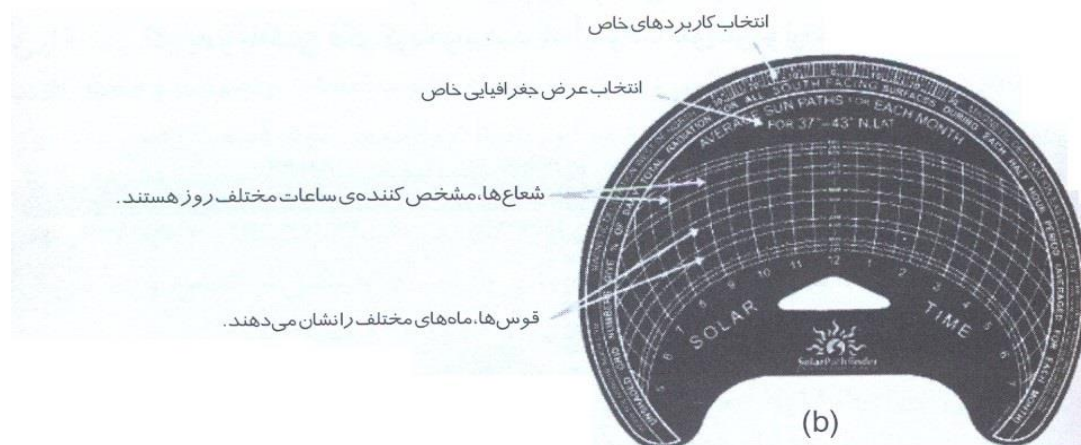
عرق‌چین شفاف رویی و هم‌چنین صفحه‌ی مرئی داخل آن مملو از اعداد و ارقام و درجه بندی‌ها و نشانه‌ها و جهت‌های گوناگون بوده و متناسب با قیمت و بسته به کامل یا ساده بودن دستگاه، به امکانات مختلفی از قبیل قطب نما، وسیله‌ی تراز کردن، شاخص‌های ساعات روز و ماه‌های مختلف سال و بسیاری از قابلیت‌های دیگر مجهز می‌باشد. ضمناً پایه‌ی دستگاه، نوک‌های خاصی دارد که تقریباً بر روی هر جور سطح ناصافی تثبیت شده و تراز کردن آن به سهولت می‌پذیرد. یادآور می‌شد که مسیر یاب خورشیدی، یک دستگاه الکتریکی یا الکترونیکی نبوده و به باتری یا هیچ منبع تغذیه‌ی دیگری نیاز ندارد و نحوه‌ی عملکرد آن بسیار ساده می‌باشد. به مجرد قرار گرفتن این وسیله در موقعیت مورد نظر، انعکاسی از موانع و مناظر اطراف بر روی حباب آن پدیدار شده و این امکان برای کاربر فراهم می‌شود که نقشه‌ای از آن‌ها را به صورت دستی و تقریبی ترسیم کرده و در ادامه، با جابه‌جا کردن سه پایه و به واقع با تغییر موقعیت پنل‌های فرضی، سعی در حذف سایه‌های نامطلوب نماید.

چون این جور ابزارها برای افراد غیر حرفه‌ای کاربرد چندانی ندارند، با اندکی گشت و گذار در بازار فروشندگان لوازم و پنل‌های خورشیدی، می‌توان موسساتی را پیدا کرد که این مسیر یاب‌ها را به صورت روزانه یا هفتگی کرایه بدهند. اخیراً سیستم‌های الکترونیکی مجهز به GPS ای به بازار عرضه گردیده‌اند که با استفاده از کلیدهای جیوه‌ای انحراف‌نما و شتاب‌سنج‌ها، این عمل را به صورت الکترونیکی انجام می‌دهند. قیمت این دستگاه‌ها بسیار زیاد و در حدود چند هزار دلار بوده و قادر به ارائه‌ی تحلیل جامع و مبسوطی از وضعیت تابش پرتوهای خورشید می‌باشند. اگر تصادفاً تمایل به خرید نمونه‌ی خوب و مناسبی از این وسیله

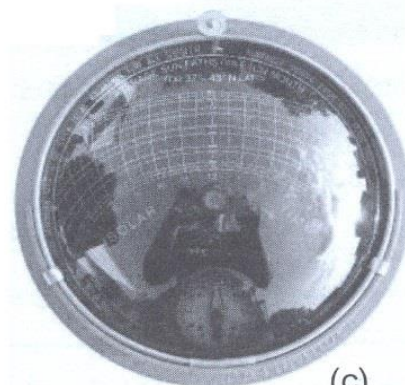
داشتید، دو نمونه‌ی معروف آن، مارک‌های Asset ساخت Wiley Electronics و Sun Eye تولید شرکت Solmetric می‌باشند. اگر می‌خواهید این کار یعنی طراحی، عیب‌یابی و تعمیر سیستم‌های برق خورشیدی را به صورت حرفه‌ای دنبال کنید، داشتن یک نمونه از این ابزارها، ناگزیر به نظر می‌رسد.



(a)



(b)



(c)

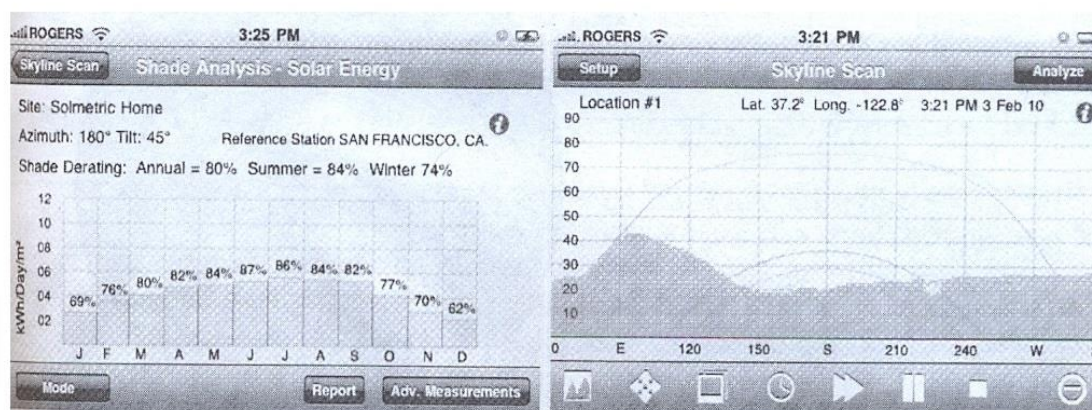
شکل 5-15 یک مسیر یاب خورشیدی به همراه سه پایه، کیف و سایر ضمائم (قسمت a). در قسمت b، به پاره از درجه بندی ها و شاخص های مختلف که هر کدام وظیفه ی خاصی دارند، اشاره شد. در قسمت c قطب نمای دستگاه که برای جهت دادن و تنظیم اولیه ی آن به کار می رود، مشاهده می گردد.

راه ساده‌تر و ارزان‌تر دیگر، بهره‌گیری از برنامه‌های Solmetric IPV بر روی iPhone است، شکل (5-16).

با نصب این برنامه که کلاً حدود ۳۰ دلار هزینه به همراه دارد، موانع موجود، ردیابی شده و به کمک نمودارهایی که به صورت خودکار بر روی صفحه‌ی نمایشگر ترسیم می‌گردند، تجزیه و تحلیل سالیانه‌ی سایه، به سادگی صورت می‌پذیرد. با وجودی که جزئیات ارائه شده به توسط این برنامه به اندازه‌ی نمونه‌های الکترونیکی، جامع و کامل نیست ولی این روزها، اکثر افراد حرفه‌ای از این نرم‌افزار بهره می‌گیرند. برنامه‌ی یاد شده، بسیاری از خصوصیات و عملکردهای سیستم‌های گران‌قیمت را دارا بوده و این حسن را دارد که علاوه بر سهولت نحوه‌ی استفاده، قیمت چندانی هم ندارد.

اگر به اطلاعات بیشتری در زمینه‌ی Solmetric IPV نیاز داشتید، به سایت www.Solmetric.com مراجعه کرده و به خاطر داشته باشید که نرم‌افزار مورد نیاز را می‌توان از وب سایت iTunes دانلود کرد.

بد نیست متذکر شویم که اگر در حال حاضر یک iPhone دارید، با نخستین استفاده، این نرم‌افزار، هزینه‌ی اولیه‌ی خودش را جبران خواهد کرد، ولی اگر تلفن همراه دیگری دارید، یا از یکی از دوستان‌تان آن را قرض بگیرید و یا کمی فکر کرده و ببینید که آیا وقت تعویض و ارتقاء دادن گوشی‌تان فرا نرسیده است!



شکل 5-16 نمونه‌های از گزارشات ارائه شده‌ی برنامه‌ی Solmetric IPV بر روی یک گوشی iPhone

آینده‌نگری در سیستم‌های برق خورشیدی

وقتی در فکر نصب یک سیستم برق خورشیدی هستید، باید وضعیت آتی آن را هم مدنظر داشته باشید. چون عمر مفید و متوسط این گونه سیستم‌ها چیزی در حدود بیست سال است، باید تدبیری اندیشید و

اطمینان حاصل کرد که سیستم طراحی شده، در طول مدت مزبور قادر به ارائه‌ی عملکرد مناسب و مطلوبی می‌باشد. در هنگام بررسی این دورنما و افق پیش رو، فراموش نکنید که در خلال مدت یاد شده، درختان و پرچین‌های محافظ اطراف محل نصب پنل‌ها، به سرعت رشد می‌کنند. برای مثال، نهال جوان یک صنوبر در باغ مجاور، در فاصله‌ی چند ساعت، به درخت بلند و تنومندی مبدل می‌گردد. اگر فکر می‌کنید که سایه‌ی این درخت در آینده دردسر ساز می‌شود. بهتر است کار امروز را به فردا موکول نکرده و از همین ابتدا جای بهتری را برای نصب پنل‌ها در نظر بگیرید. اگر در مجاورت زمین محل نصب پنل‌ها، ساختمان قدیمی یا کلنگی وجود دارد و یا حتی اگر عمارت در حال ساختی را مشاهده می‌کنید، با استفاده از تحقیقات محلی یا پرسش از مالک آن، از تعداد طبقات و ارتفاع ساختمان در حال احداث، اطلاع حاصل کنید، تا در دراز مدت، سایه‌ی آن، مانع از عملکرد صحیح پنل‌های شما نشود.

یکی از کارهای مفید دیگر، تحقیق درباره‌ی وقوع مه یا غبار محلی در زمان‌های خاصی از طول سال می‌باشد، چون در صورتی که وقوع این شرایط جوی از حد خاصی فراتر رود، عملکرد عادی پنل‌ها با دشواری روبه‌رو می‌شود.

ولتاژ مناسب کدام است؟

معمول‌ترین ولتاژهای مناسب برای استفاده در سیستم‌های برق خورشیدی «مستقل از شبکه» و «متصل و متکی به شبکه»، ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ولت می‌باشند. در تصمیم‌گیری برای انتخاب ولتاژ کار سیستم، باید عامل دیگری که «هزینه» باشد را نیز وارد محاسبات و معادلات نمود. دستگاه‌هایی که با ولتاژهای ۱۲ یا ۲۴ ولت کار می‌کنند، بسیار فراوان‌تر و ارزان‌تر از نمونه‌هایی هستند که با ولتاژهای بالاتر، مثلاً ۴۸ ولت عمل می‌نمایند. به علت استقبال کم‌تر از نمونه‌های ۴۸ ولتی، بدیهی است که قیمت آن‌ها شدیداً بیشتر از نمونه‌های ۱۲ یا ۲۴ ولتی خواهد بود.

در عمل، طراحی و راه‌اندازی سیستم‌های مستقل از شبکه با ولتاژهای بیش از ۴۸ ولت متداول و رایج نمی‌باشد. علت این است که به دلیل تخصصی و کم مصرف شدن اینورترها و کنترل‌کننده‌هایی که با ولتاژهای بیش از ۴۸ ولت عمل می‌کنند، قیمت‌شان به طور تصاعدی و شدیدی افزایش می‌یابد.

در سیستم‌های متصل به شبکه، با سری کردن چندین پنل به هم، می‌توان از ولتاژهای بسیار بالاتری سود جست. با یک گشت و گذار کوتاه در فروشگاه‌های عرضه‌کننده‌ی ملزومات سیستم‌های برق خورشیدی، ملاحظه خواهید کرد که اینورترهای سیستم‌های متصل به شبکه در انواع و اقسام و ولتاژهای ۱۲ تا ۱۰۰۰ ولت هم در دسترس هستند. در هر حال، ولتاژی که سیستم‌های برق خورشیدی متصل به شبکه با آن کار می‌کنند، به تعداد پنل‌های خورشیدی به کار رفته، بستگی دارد.

نحوه‌ی گزینش ولتاژ مناسب سلول PV

انتخاب ولتاژ به اندازه‌ی جریان تولیدی آرایه‌ی خورشیدی و یا میزان جریانی که در آن واحد مورد استفاده قرار می‌دهید، بستگی پیدا می‌کند.

دستیابی به شدت جریان‌های بالاتر، منوط به داشتن کنترل‌کننده‌های قوی‌تر و همچنین بهره‌گیری از کابل‌های قطورتر می‌باشد.

در سیستم مورد نظر ما، گذشته از سیستم‌های مصرف شده در قسمت داخلی ساختمان، برق تولیدی آرایه‌ی خورشیدی برای رسیدن به مقصد، باید از حدود ۱۲ متر کابل عبور کند. نکته‌ی فوق‌العاده مهم و قابل ذکر آن است که جریان کشی بالا و زیاد از باتری‌ها، عمر مفید آن‌ها را کاهش می‌دهد. معمولاً بر روی بدنه‌ی باتری‌ها به مشخصه‌ای از آن‌ها که «آمپر - ساعت» باشد، اشاره می‌گردد. در این صورت اگر می‌خواهید از عمر مفید باتری کاسته نشود تا حد امکان تلاش کنید که اندازه‌ی جریان کشیده شده از باتری و همچنین مقدار جریان شارژ کننده‌ی آن، از ۱۰٪ آمپر ساعت باتری تجاوز نکنند.

چون میزان جریان کشیده شده از باتری، یکی از پارامترهای دخیل در انتخاب صحیح آن می‌باشد، کمی بعدتر به این مقوله هم خواهیم پرداخت. در هنگام انتخاب ولتاژ، بهتر است به جای یک نمونه، دو یا چند ولتاژ مختلف مثلاً ۱۲ یا ۲۴ ولت را در نظر گرفته و قبل از گزینش نهایی، شرایط و پیامدها و نقاط قوت و ضعف هر یک را بررسی و سبک سنگین نمود. اگر تصمیم دارید که در نهایت، ولتاژ DC حاصله را به یک ولتاژ AC هم تراز با ولتاژ برق شهر مبدل سازید، توجه داشته باشید که توان مجاز اینورترهای ۱۲ ولتی، کمتر از نمونه‌های ۲۴ یا ۴۸ ولتی بوده و در این صورت، با بهره‌گیری از نمونه‌های ۱۲ ولتی، توان قابل حصول با محدودیت‌هایی همراه خواهد بود.

محاسبه‌ی قطر کابل

کمی بعدتر به کندوکاو بیشتری در کابل‌ها خواهیم پرداخت، ولی فعلاً و در این مرحله می‌خواهیم قطر کابل مورد نیاز برای سیستم‌مان را مشخص کنیم.

همان‌گونه که در مثال خانه‌ی ییلاقی ملاحظه کردید، انتقال برق خورشیدی از خروجی کنترل‌کننده تا محل ساختمان، به توسط ۱۲ متر کابل صورت می‌پذیرد. پس از رسیدن برق تولیدی به داخل ساختمان، برق مورد نیاز روشنایی، پریزها و مصرف‌کننده‌های مختلف، به توسط ۱۰ متر کابل دیگر تامین می‌شود.

به این ترتیب ملاحظه می‌گردد که در مجموع به ۲۲ متر کابل نیاز داریم. برای محاسبه‌ی سطح مقطع کابل از رابطه‌ی زیر استفاده کنید:

$$CT = \frac{0.04 LI}{\frac{V}{20}}$$

در این رابطه:

L: طول کابل بر حسب متر

I: شدت جریان جاری در کابل بر حسب آمپر

V: ولتاژ انتخابی سیستم (۱۲ یا ۲۴ ولت)

CT: سطح مقطع کابل بر حسب میلی‌متر مربع

می‌باشد، لذا اگر در مثال فوق، ولتاژ سیستم، ۱۲ ولت در نظر گرفته شود، سطح مقطع کابل برابر است با:

$$CT = \frac{0.04 \times 22 \times 14 / 08}{\frac{12}{20}} = 20/65 \text{ mm}^2$$

روش محاسبه‌ی مشابه برای یک سیستم ۲۴ ولتی به صورت زیر می‌باشد:

$$CT = \frac{0.04 \times 22 \times 7 / 04}{\frac{24}{20}} = 5/15 \text{ mm}^2$$

و فقط از جهت اطلاع، اگر بتوان شرایطی را ایجاد کرد که ولتاژ سیستم، ۴۸ ولت در نظر گرفته شود، سطح مقطع کابل لازم به صورت زیر محاسبه خواهد شد:

$$CT = \frac{0.04 \times 22 \times 3 / 52}{\frac{48}{20}} = 1/16 \text{ mm}^2$$

استفاده از جدول تبدیل اندازه‌ی کابل‌ها

برای تبدیل سطح مقطع کابل به شماره‌ی مشخصه‌ی AWG^1 و همچنین اطلاع از قطر معادل بر حسب میلی‌متر یا اینچ می‌توان از جدول 5-17 استفاده نمود.

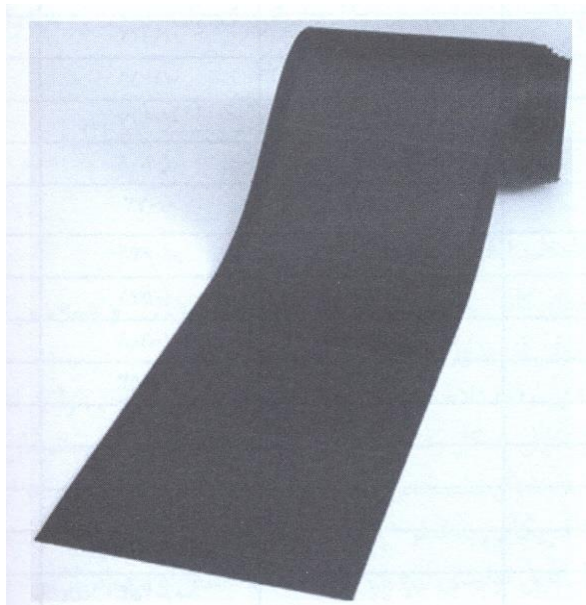
¹ American Wire Gauge، کد استاندارد سیم‌های آمریکایی.

با مراجعه و ملاحظه‌ی ارقام داده شده در این جدول به سرعت می‌توانید کابل مناسب را انتخاب نمایید. در این مثال، طول کابل به کار رفته بیش از آن است که بتوانیم سیستم‌مان را بر اساس ۱۲ ولت، راه اندازی کنیم. با نگاهی به جدول مشخص می‌شود که نزدیک‌ترین عدد بزرگ‌تر از ۲۰/۶۵، ۲۱/۱۴ است که یک کابل شماره‌ی ۴ آمریکایی به قطر ۵/۱۹ میلی‌متر می‌باشد. در این صورت، برای غلبه بر مقاومت موجود ناچاریم برای انتقال برق تولیدی از محل آرایه تا ساختمان و مهم‌تر از آن، سیم کشی‌های داخلی، از یک کابل نسبتاً کلفت و قوی شماره‌ی ۴ استفاده کنیم که علاوه بر گرانی و غیر قابل انعطاف بودن، نصب آن هم کار ساده‌ای نخواهد بود. لذا اگر بخواهیم به مساله‌ی تعیین اندازه‌ی کابل به طور واقع بینانه‌تری نگاه کنیم، به نظر می‌رسد که بهترین کار، انتخاب ولتاژ ۲۴ یا ۴۸ ولت باشد.

قطر (میلیمتر)	قطر (اینچ)	AWG	سطح مقطع (میلیمتر مربع)
۱۱/۶۸	۰/۴۶	0000	۱۰۷/۱۶
۱۰/۴	۰/۴۰۹۶	000	۸۴/۹۷
۹/۲۷	۰/۳۶۴۸	00	۶۷/۴
۸/۲۵	۰/۳۲۴۹	0	۵۳/۴۶
۷/۳۵	۰/۲۸۹۳	1	۴۲/۳۹
۶/۵۴	۰/۲۵۷۶	2	۳۳/۶۱
۵/۸۳	۰/۲۲۹۴	3	۲۶/۶۵
۵/۱۹	۰/۲۰۴۳	4	۲۱/۱۴
۴/۶۲	۰/۱۸۱۹	5	۱۶/۷۶
۴/۱۱	۰/۱۶۲	6	۱۳/۲۹
۳/۶۷	۰/۱۴۴۳	7	۱۰/۵۵
۳/۲۶	۰/۱۲۸۵	8	۸/۳۶
۲/۹۱	۰/۱۱۴۴	9	۶/۶۳
۲/۵۹	۰/۱۰۱۹	10	۵/۲۶
۲/۳	۰/۰۹۰۷	11	۴/۱۷
۲/۰۵	۰/۰۸۰۸	12	۳/۳۱
۱/۸۳	۰/۰۷۲	13	۲/۶۳
۱/۶۳	۰/۰۶۴۱	14	۲/۰۸
۱/۴۵	۰/۰۵۷۱	15	۱/۶۵
۱/۲۹	۰/۰۵۰۸	16	۱/۳۱
۱/۱۵	۰/۰۴۵۳	17	۱/۰۴
۱/۰۲	۰/۰۴۰۳	18	۰/۸۲
۰/۹۱	۰/۰۳۵۹	19	۰/۶۵
۰/۸۱	۰/۰۳۲	20	۰/۵۲
۰/۷۲	۰/۰۲۸۵	21	۰/۴۱
۰/۶۵	۰/۰۲۵۴	22	۰/۳۳
۰/۵۷	۰/۰۲۲۶	23	۰/۲۶
۰/۵۱	۰/۰۲۰۱	24	۰/۲
۰/۴۵	۰/۰۱۷۹	25	۰/۱۶
۰/۴	۰/۰۱۵۹	26	۰/۱۳

پنل خورشیدی بی شکل

ارزان ترین فناوری ساخت پنل های خورشیدی، نمونه ی آمورف یا بی شکل آن هاست که پنل های خورشیدی با فیلم یا لایه ی نازک هم نامیده می شوند.

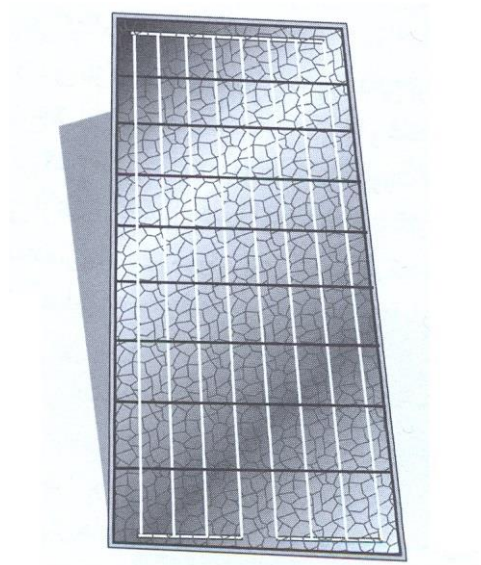


در بین سایر فناوری‌ها، این نمونه، بازدهی قابل ملاحظه‌ای نداشته و در نهایت تنها قادر به تبدیل ۸٪ از نور دریافتی به برق می‌باشد. با این وجود، پنل‌های مزبور، حتی در روزهای ابری هم عملکرد مناسبی داشته و به کار تولید برق خود ادامه می‌دهند و برخی از نمونه‌های آن‌ها حتی در زیر نور ماه هم عملکرد قابل قبولی را به نمایش می‌گذارند.

پنل خورشیدی پر بلوری

این پنل‌ها از چندین سلول خورشیدی که هر کدام از قرص‌های نازکی از کریستال‌های سیلیکونی ساخته شده‌اند، تولید می‌گردند بازدهی این پنل‌ها در تابش مستقیم نور خورشید و در مقایسه با نمونه‌های لایه‌ی نازک، بسیار بهتر و بین ۱۳ تا ۱۸٪ می‌باشد.

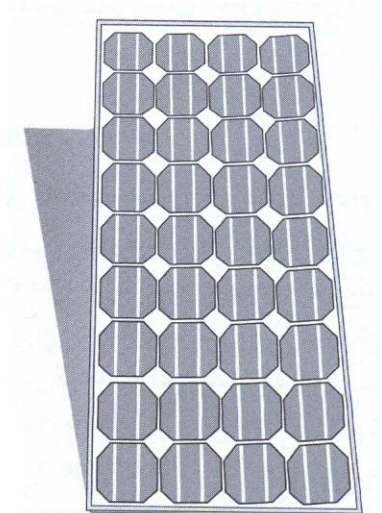
به این ترتیب طبیعی است که با در نظر داشتن یک توان خاص، مساحت اشغال شده به توسط پنل‌های پر بلوری، حدود؟ نمونه‌های لایه‌ی نازک بوده و به تبع آن، نصب‌شان در شرایط گوناگون و به ویژه حالت‌های دشوار، بسیار ساده‌تر خواهد بود. عمر مفید این پنل‌ها بیشتر از نمونه‌های لایه‌ی نازک بوده و میزان مورد انتظار، چیزی در حدود ۲۵ سال برآورد می‌شود.



پنل‌های خورشیدی تک بلوری

این پنل‌های خورشیدی از چندین سلول خورشیدی کوچک‌تر که هر کدام از یک کریستال سیلیکونی مجزا ساخته شده‌اند، ایجاد می‌گردند. بین پنل‌های خورشیدی رایج و در دسترس امروزی، این نمونه‌ها از راندمان بالاتری نسبت به سایر انواع برخوردار بوده و بازده آن‌ها حدود ۱۵ الی ۲۴٪ تخمین زده می‌شود.

این پنل‌ها همه‌ی خصوصیات نمونه‌های پر بلوری را دارا می‌باشند ولی به دلیل بالا بودن بازدهی، اگر ملاک را میزان توان تولیدی در نظر بگیریم، آن‌ها را باید کوچک‌ترین و جمع‌وجورترین پنل‌ها به حساب آورد.



با توجه به بالا بودن هزینه‌ی ساخت این پنل‌ها، بدیهی است که قیمت شان هم بالاتر از سایر انواع خواهد بود. در حالت عادی، قیمت یک پنل تک بلوری بین ۳۵ تا ۵۰٪ بیش از پنل خورشیدی پر بلوری معادل می‌باشد.

کدام فناوری پنل‌های خورشیدی، بهترین است؟

تجربه نشان داده که در اکثر کاربردها، بهره‌گیری از پنل‌های پر بلوری که هم از نظر ابعاد و هم به جهت هزینه‌های اولیه، از میزان معقولی برخوردار است، بهترین گزینش می‌باشد.

پنل‌های لایه‌ی نازک بیشتر در مواردی به کار می‌روند که توان مورد نیاز در حد پایینی قرار داشته و در مجموع، طرح، خیلی بزرگ و مفصل نبوده و ضمناً محدودیت جا و فضا نیز مطرح نباشد. همان‌گونه که جلوتر هم اشاره شد، چون با بالا رفتن توان مورد نیاز، ابعاد کلی پنل‌ها، خیلی بزرگ و زیاد می‌شود، این جور پنل‌ها بیشتر برای تولید توان‌های ۱۰۰ تا ۱۲۰ وات مناسب می‌باشند.

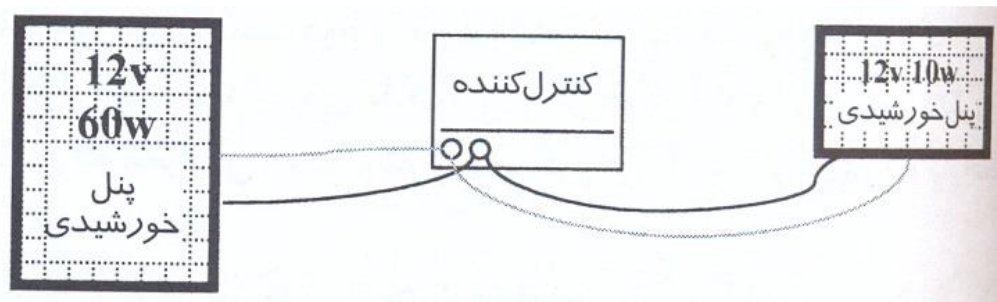
مارک‌های تجاری

محصولات تولیدی شرکت‌های مختلف یکسان و هم کیفیت نبوده و در موقع خرید پنل‌های خورشیدی بهتر است به جای تهیه‌ی مارک‌های گمنام و ناشناخته، که محک نخورده و امتحان خود را پس نداده‌اند، از محصولات شرکت‌های معتبر و معروف استفاده نمود. فراموش نکنید که پنل‌های خورشیدی گمنام یا اصولاً فاقد نام و ارزان قیمت، دوام و عملکرد مناسبی نداشته و در بسیاری از موارد و به خصوص در روزهای ابری، از تولید برق عاجز می‌گردند. به این جهت توصیه می‌شود در هنگام خرید سیستم‌های برق خورشیدی و لوازم جانبی آن‌ها، تولیدات شرکت‌های معروف، شناخته شده و خوش‌نامی مثل: Hyundai, Sanyo, Sharp, Kyocera, BP, Panasonic, Clear Skies را تهیه نمایید. اگر نظر شخصی خودم را بخواهید، توصیه می‌کنم از پنل‌های پر بلوری شرکت Kyocera استفاده کنید. در مقایسه با محصولات سایر شرکت‌ها، تولیدات این کارخانه از کیفیت و عملکرد بسیار خوبی برخوردارند.

آرایه‌های خورشیدی گوناگون

در صورتی که شرایط خاصی حکم‌فرما بوده و به هر دلیلی ناچارید در آرایه‌ی مورد نظر، از پنل‌های متعددی استفاده کنید، لاقلاً با دسته بندی آن‌ها، گروه‌های مختلف را به شکل موازی به یکدیگر اتصال دهید. موازی کردن پنل‌ها یکی از بهترین راه‌هایی است که با انجام آن می‌توان به جای خریدن پنل‌های خورشیدی بزرگ‌تر در جهت تامین توان بالاتر، به وات مناسب دست یافت.

با وجودی که سیم پیچی این طریقه قدری پیچیده‌تر می‌شود ولی ارزشش را دارد، چون با موازی کردن چند پنل می‌توان با صرف کم‌ترین هزینه، به وات مورد نظر دست یافت. (شکل ۵-۱۸)



شکل 5-18 نحوه اتصال دو پنل با وات های مختلف به یک کنترل کننده

اگر طراحی سیستم مورد نظر شما به گونه‌ای است که ولتاژ آن چیزی غیر از ۱۲ ولت است، ممکن است برای بالا بردن ولتاژ و رسانیدن آن به حد مورد نظر ناچار شوید چندین پنل را به صورت سری به یکدیگر متصل سازید. برای مثال اگر به یک آرایه‌ی ۲۴ ولت ۱۰۰ وات نیاز دارید، ناچارید دو پنل ۵۰ وات ۱۲ ولت را به صورت سری به یکدیگر ارتباط دهید.

در هنگام تدارک و طراحی یک آرایه‌ی خورشیدی، موارد زیر را در نظر داشته باشید:

- ابعاد نهایی آرایه: آیا آرایه‌ی حاصله در محل مورد نظر جا می‌شود؟
- ساختار پایه: پایه‌های آماده فقط توانایی نگهداری ترکیبات خاصی از پنل‌ها را دارند.
- برای جمع کردن آرایه و سر هم کردن پنل‌ها به چه مقدار کابل نیاز دارید؟
- ولتاژ سیستم مورد نظر چه قدر است؟ اگر ولتاژ مزبور چیزی غیر از ۱۲ ولت است، برای ایجاد یک آرایه‌ی با ولتاژ و توان مشخص به چندین پنل مجزا نیاز پیدا خواهید کرد تا با اتصال صحیح آن‌ها، به توان و ولتاژ مناسبی دست یابید.

آینه و عدسی فرنل

در این جا می‌خواهیم اشاره‌ی مختصری هم به آینه و عدسی فرنل^۲ داشته باشیم. در اصل، عدسی فرنل، برای نورافشانی در فواصل دور و من جمله در فانوس‌های دریایی ابداع گردید. عدسی مزبور برای متمرکز کردن پرتوی نور، از پدیده‌ی انکسار سود می‌جوید. در رابطه با مقوله‌ی پنل‌های خورشیدی، پژوهشگران از این عدسی‌ها استفاده کرده و به کمک آن‌ها توانسته‌اند با متمرکز کردن پرتوهای نور خورشید بر روی پنل مورد نظر، توان دریافتی را افزایش دهند. در عمل با تمرکز نور خورشید بر روی یک سطح کوچک‌تر و به واقع با افزایش شدت نور خورشید می‌توان انرژی بیشتری را به توسط پنل جذب کرده و بازده آن را به میزان قابل توجهی افزایش داد. هر چند که این کار با مشکلاتی توأم است، که عمده‌ترین آن‌ها بالا رفتن بیش از حد

دمای پنل‌ها می‌باشد. در عمل، بسیاری از پنل‌هایی که با این روش مورد آزمایش قرار گرفته‌اند، در اثر دمای زیاد ایجاد شده‌ی ناشی از وجود عدسی فرنل، کلاً خراب شده و از کار افتاده‌اند. جالب است بدانید وقوع این اتفاق در مورد افراد مبتدی کم اطلاع‌تر و غیر حرفه‌ای، به مراتب بیشتر بوده است!

در حال حاضر، یک یا دو شرکت سازنده‌ی پنل‌های خورشیدی، نمونه‌های مجهز به عدسی فرنل را تبلیغ و عرضه می‌کنند. این گونه پنل‌ها بسیار بزرگ و حجیم می‌باشند. به دلیل گرمای زیاد تولید شده در محل پنل‌ها، نصب آن‌ها باید با دقت و ظرافت خاصی صورت پذیرد که هوای اطراف قادر به عبور از وجوه مختلف آن‌ها بوده و عمل تهویه به گونه‌ی مناسبی انجام شود.

ردیاب‌های خورشیدی

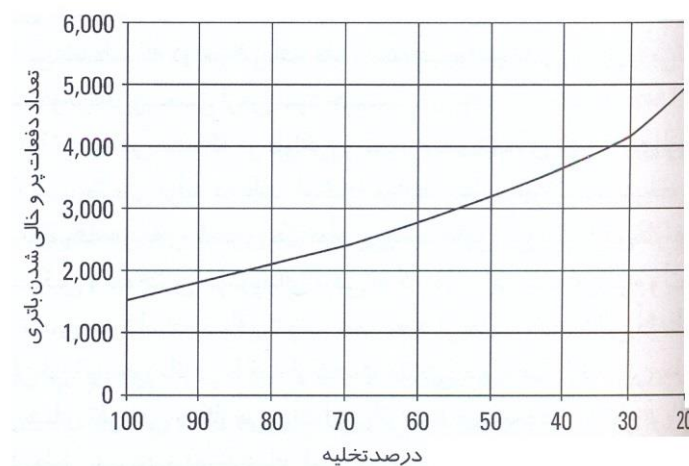
در مورد آرایه‌های خورشیدی نصب شده بر روی زمین یا طرح‌های قرار گرفته بر روی دیرک می‌توان از سیستم‌هایی که «ردیاب خورشیدی» یا «پنل گردان» هم نام دارند و مسیر عبور و جهت تابش اشعه‌ی خورشید را تعقیب کرده و متناسب با هر وضعیت، آرایه را در کلیه‌ی ساعات، در بهترین حالت ممکن، در راستای تابش نور خورشید قرار می‌دهند، استفاده نمود.

مهم‌ترین مزیت ردیاب‌ها این است که این سیستم‌ها، میزان نور جذب شده به توسط پنل‌ها را افزایش می‌دهند. استفاده از ردیاب‌های خورشیدی باعث می‌شود که در ماه‌های فصل تابستان، میزان دریافت انرژی تا ۵۵٪ بالا رفته و در طی ماه‌های فصل زمستان، از افزایشی در حدود ۱۵ الی ۲۰٪ سود جست. متأسفانه در حال حاضر قیمت این پنل گردان یا ردیاب‌ها آن‌قدر گران است که خریداری و نصب آن‌ها مقرون به صرفه نبوده و توجیه اقتصادی ندارند. در مواردی که جذب انرژی بیشتر ناگزیر باشد، خرید یک آرایه‌ی خورشیدی بزرگ‌تر، مقرون به صرفه‌تر از تهیه کردن این گونه ردیاب‌های خورشیدی است. البته ممکن است با مواردی مواجه شوید که فضای موجود، کفاف نصب آرایه‌ی بزرگ‌تر را ندهد که در این صورت، تهیه کردن ردیاب‌ها ناگزیر خواهد بود.

باتری‌ها

وقتی صحبت باتری‌ها به میان می‌آید، گزینه‌های متعددی در مقابل طراح سیستم قرار می‌گیرند. به نظر می‌رسد که در انتخاب باتری‌های مناسب باید از توصیه‌ها و پیشنهادات تولید کنندگان حرفه‌ای باتری‌ها سود جست، تا بهترین نمونه‌ای که برای یک منظور خاص تناسب دارد را به شما معرفی کنند. با وجودی که باتری‌های سرب اسیدی را در ولتاژهای مختلفی به بازار عرضه می‌کنند، ولی باید اذعان داشت که معروف‌ترین و معمول‌ترین آن‌ها، همان نمونه‌ی ۱۲ ولتی می‌باشد. برای افزایش ولتاژ باتری‌ها، آن‌ها را می‌توان به صورت سری به دنبال هم وصل کرد و برای افزایش توان و البته با حفظ ولتاژ یکی از آن‌ها، باتری‌ها را به صورت موازی به یک‌دیگر مرتبط نمود.

ظرفیت باتری بر حسب آمپر ساعت سنجیده می‌شود. در واقع آمپر ساعت یک باتری معرف این خصوصیت آن است که یک جریان خاص را در طی چه مدتی می‌توان از باتری تامین نمود. برای مثال و البته از جنبه‌ی نظری، یک باتری ۱۰۰ آمپر ساعت می‌تواند برای مدت ۱۰۰ ساعت، یک جریان یک آمپری را در اختیار ما قرار داده و یا یک جریان ۱۰۰ آمپری را در طی یک ساعت تامین نماید. در این خصوص به کلمه‌ی «نظری» اشاره کردیم. علت این است که واقعیت چیز دیگری بوده و در عمل، وقتی باتری‌های سرب اسیدی به آهستگی تخلیه شوند، انرژی بیشتری را تامین می‌کنند و برای مثال اگر یک باتری ۱۰۰ آمپر ساعت، به جای یک فاصله زمانی ۲۰ ساعته، طی ۵ ساعت تخلیه گردد، توان موجود با افتی در حدود ۲۰ تا ۲۵٪ همراه خواهد شد. در ثانی، باتری‌های سرب اسیدی را نباید به طور کامل تخلیه نمود. در این راستا باید توجه داشت که برای پرهیز از خراب شدن زود هنگام باتری، همواره باید لااقل ۲۰٪ از میزان شارژ (SOC)^(۱) را حفظ نمود.



البته افراد خبره و اهل فن، پا را فراتر گذاشته و توصیه می‌کنند که در هنگام طراحی سیستم به طریقی عمل شود که میزان شارژ باتری، تحت هیچ شرایطی کمتر از ۵۰٪ ظرفیت اسمی آن نشود.

انواع باتری‌ها

در کل سه جور باتری سرب اسیدی وجود دارد که عبارت‌اند از:

- باتری‌های تر که در مقایسه با سایر انواع باتری‌ها عملکرد بهتری داشته و از عمر مفید طولانی‌تری برخوردارند ولی نیازمند مراقبت و نگهداری بوده و هر چند وقت یک‌بار باید سطح آب اسید آن‌ها را کنترل کرده و تا درجه‌ی خاصی پر نمود.

- باتری‌های ای.جی.ام (AGM)^۴ که به هیچ مراقبت یا نگهداری خاصی نیاز ندارند ولی طول عمر مفید آن‌ها کوتاه‌تر است.
- باتری‌های ژله‌ای (یا ژلاتینی) که دارای طول عمر مفید قابل قبولی بوده و در حین شارژ، از خود، گاز هیدروژن متساعد نمی‌نمایند. این باتری‌ها هم به هیچ نگهداری یا مراقبت خاصی نیاز نداشته و به گونه‌ای طراحی شده‌اند که در حرکت هم قابل استفاده بوده و حتی باتری را می‌توان بر روی وجوه جانبی‌اش خوابانیده و در هر وضعیتی از آن سود جست.
- قبلاً به نصاب‌ها توصیه می‌شد که در طراحی و نصب سیستم‌های خورشیدی از باتری‌های سرب اسیدی‌تر، که با کیفیت صنعتی تولید شده‌اند، استفاده نمایند. رعایت این توصیه موجب عملکرد دراز مدت سیستم گردیده و با صرف هزینه‌ی کم‌تری هم توأم می‌باشد. چون این جور باتری‌ها را بیشتر در کامیون‌ها و خودروهای سنگین و همچنین خودروهای برقی به کار می‌برند، بسیار بادوام و پرکار بوده و اگر در سیستم‌های خورشیدی مورد استفاده واقع شوند، عمر مفید آن‌ها در حدود ۸ الی ۱۰ سال خواهد بود. نمونه‌ی ارزان‌تر این جور باتری‌ها که از کیفیت صنعتی هم برخوردارند، باتری‌هایی هستند که در کاروان‌ها و قایق‌های تفریحی به کار می‌روند. این باتری‌ها هم معمولاً یا از انواع تر یا از نمونه‌های «ای.جی.ام» هستند. طول عمر مفید نمونه‌های اخیر به مراتب کم‌تر از مدل‌های به کار رفته در خودروهای سنگین بوده و در حدود ۳ الی ۴ سال می‌باشد و در کاربردهای سنگین، کارایی و عملکرد ضعیف‌تری دارند.
- گزینه‌ی سوم باتری ژله‌ای است. مهم‌ترین مزیت این گروه آن است که مطلقاً به هیچ نگهداری و مراقبت خاصی نیاز ندارند، و به طور کامل آب‌بندی و یک‌پارچه بوده، در حین کار، هیچ گاز هیدروژنی را از خود متساعد نمی‌نمایند. سابق بر این، این جور باتری‌ها طالبان زیادی نداشته و در خصوص نصب در سیستم‌های خورشیدی، خیلی روی آن‌ها حساب نمی‌کردند، چون معمولاً پس از یک یا دو سال استفاده، نیاز به تعویض داشتند. هرچند که در سال‌های اخیر و با اصلاحاتی که بر روی ساختار آن‌ها صورت پذیرفته، عمر مفید باتری‌های ژله‌ای کوچک‌تر افزایش یافته و در مجموع می‌توان آن‌ها را با باتری‌های «ای.جی.ام» قابل مقایسه دانست. علاوه بر مزیت ذکر شده، قیمت‌شان نیز به‌طور چشم‌گیری کاهش یافته است.
- با وجودی که بهره‌گیری از باتری‌های ژله‌ای در سیستم‌های خورشیدی بزرگ که با انرژی‌های بالایی (مثلاً در حدود ۴۰۰ وات ساعت) سروکار دارند، معمول و مناسب نمی‌باشد، ولی این نمونه‌ها، جایگزین‌های بسیار خوبی برای باتری‌های تری هستند که قرار است در سیستم‌های خورشیدی کوچک‌تر و جمع‌وجورتر به کار

^۴ که اسم آن از اول کلمات Absorbed Glass Mat گرفته شده، یک باتری پلمب شده و فارغ از نیاز به سرکشی و مراقبت می‌باشد. آب اسید این باتری‌ها به جای آن که مثل باتری‌های سرب اسیدی معمولی، فاصله‌ی صفحات باتری را پر کرده باشد، در نمدهایی از پشم شیشه و تا میزان ۹۵٪ به حالت اشباع قرار دارد و به این ترتیب، حتی با شکستن بدنه‌ی باتری، هیچ مایع خطرناکی از آن خارج نمی‌شود و به این دلیل بعضی‌ها، این نمونه‌ها را به عنوان باتری‌های خشک می‌شناسند. نمد یاد شده از جنس «بورن-سیلیکات» بوده و در ساخت آن از الیاف بسیار ریز و ظرفی بهره گرفته می‌شود.

روند. در صورتی که پروژه‌ی خورشیدی مورد نظر با یک باتری ۵۰ آمپر ساعت یا کم‌تر هم‌خوانی داشته باشد، باتری‌های ژله‌ای، جایگزین‌های بسیار مناسبی برای باتری‌های سنگین و صنعتی هستند.

عمر مفید باتری‌ها

اصولاً سنجش عمر مفید باتری از دو طریق قابل بررسی است که هر کدام، به ویژگی‌های متفاوتی از آن مربوط می‌شوند:

○ عمر چرخه‌ای که بر حسب تعداد سیکل‌های صورت پذیرفته تا یک عمق تخلیه‌ی خاص از باتری سنجیده می‌شود.

ماندگاری یا طول عمر کلی که معرف تعداد سال‌هایی است که در صورت شارژ منظم و به موقع و به شرط عدم استفاده، باتری حالت بهره‌وری خود را حفظ می‌نماید.

عمر چرخه‌ای

در واقع هربار که از بارهای الکتریکی ذخیره شده در یک باتری استفاده کرده و آن را تخلیه و مجدداً پر می‌نمایید، باتری را با یک سیکل یا چرخه‌ی آن مواجه می‌سازید. در این صورت و با گذشت تعدادی چرخه، ویژگی شیمیایی باتری با وضعیتی روبه‌رو می‌شود که ادامه‌ی روال عادی و اولیه، غیر ممکن شده و این همان زمانی است که باتری نیاز به تعویض پیدا می‌کند.

به این ترتیب عمر چرخه‌ای، نشان دهنده‌ی تعداد سیکل‌ها یا چرخه‌های مفید و موثری است که قبل از تعویض باتری، مثر ثمر واقع می‌شوند. این عمر به DOD^5 یا عمق تخلیه بستگی داشته و در اکثر موارد، شرکت‌های سازنده، عمر چرخه‌ای را به صورت جدول یا نموداری که عمر باتری را بر حسب عمق تخلیه مشخص می‌سازند، در اختیار مصرف کننده قرار می‌دهند.

در جدول (5-19) برخی از اعداد و ارقامی که در ارتباط با عمر چرخه‌ای ممکن است با آن مواجه شوید، داده شده‌اند. به طوری که در این جدول مشاهده می‌کنید، با کاهش عمق تخلیه، طول عمر مفید باتری افزایش می‌یابد.

عمر چرخه‌ای باتری	
DOD ۲۰٪	۱۶۰۰ چرخه
DOD ۴۰٪	۱۲۰۰ چرخه
DOD ۵۰٪	۱۰۰۰ چرخه
DOD ۸۰٪	۳۵۰ چرخه

به این دلیل در موقع طراحی سیستم‌های برق خورشیدی بهتر است از یک مجموعه یا به اصطلاح «بانک باتری» با ظرفیت بیشتری سود جست، تا باتری‌های مزبور در موارد نادری با عمق تخلیه‌های بالاتر، مواجه شوند. توصیه‌ای که افراد خبره‌ی این کار می‌کنند این است که در موقع انتخاب باتری یا باتری‌ها بهتر است به طریقی عمل کرد که ظرفیت موجود طوری باشد که در سخت‌ترین شرایط، باتری‌ها هیچ‌گاه با تخلیه‌ای فراتر از ۵۰٪ ظرفیت خود روبه‌رو نگردند. دومین مزیت گزینش باتری‌های با ظرفیت بالاتر، قابلیت‌ی است که به ازای آن، سیستم قادر به ارائه‌ی توان‌های افزون‌تری می‌باشد. برای مثال اگر در یک شرایط خاص با وضعیتی مواجه گردید که برای چند روز ناچار به مصرف برق بیشتری از آنچه که در طرح اصلی پیش‌بینی کرده بودید شوید، در این صورت با در نظر گرفتن اندکی ظرفیت بالاتر باتری‌ها، به هیچ وجه با مساله‌ای به نام قطع برق روبه‌رو نخواهید شد.

عقب افتادگی

در هنگام انتخاب ظرفیت باتری یا باتری‌های سیستم، باید پارامتر دیگری به نام تاخیر یا عقب افتادگی را نیز مدنظر داشت. عقب افتادگی یا تاخیر، فاصله‌ی زمانی است که کاربر انتظار دارد سیستم مورد نظر بدون دریافت هیچ انرژی الکتریکی از طرف آرایه، همچنان به کار خود ادامه دهد. در هر صورت گاهی اوقات با شرایطی روبه‌رو می‌شوید که آرایه‌ی موجود قادر به تامین همه‌ی انرژی مصرفی و مورد نیاز نمی‌باشد. در این صورت، اولین چیزی که باید به آن فکر کرد این است که طرح ساخته شده برای تامین انرژی مورد نیاز، باید قادر به جبران چند روز تاخیر باشد. تجربه نشان داده که در اکثر کاربردها، در نظر گرفتن رقمی بین ۳ تا ۵ روز عقب افتادگی، پیش‌بینی و پشتوانه‌ی مناسبی می‌باشد.

نحوه‌ی محاسبه‌ی طول عمر یک مجموعه باتری

محاسبه‌ی مدت زمانی که یک یا چند باتری نصب شده در یک سیستم برق خورشیدی قادر به انجام وظیفه و تامین انرژی مورد نیاز هستند، از دقت چندانی برخوردار نمی‌باشد. شاید علت آن باشد که پیش‌گویی تعداد دفعات تخلیه‌ی باتری‌ها غیر ممکن است، زیرا هرگونه حدسی در این باره، به شرایط نگهداری آن‌ها و همچنین نحوه‌ی استفاده از کل سیستم در طول سال بستگی پیدا می‌کند. با این همه و با یک تقریب منطقی، می‌توان دوام و طول عمر مفید باتری یا باتری‌های استفاده شده در یک سیستم را تخمین زد. این پیش‌بینی، کاربر را در راه تشخیص نوع و اندازه‌ی باتری‌های مورد نیاز، یاری می‌بخشد.

در اولین گام، فهرستی از انرژی‌های مصرفی مورد نیاز روزانه‌ی سیستم خود تهیه نمایید. در قدم بعدی، مساله‌ی عقب افتادگی را مدنظر قرار دهید. در مثال مذکور، هدف این است که برای مدت ۵ روز، انرژی مورد نیاز تامین گردد. با ضرب کردن ۶۹۵ وات ساعت در ۵ روز، به این نتیجه می‌رسیم که سیستم باید به گونه‌ای

طراحی گردد که قادر به ذخیره سازی ۳۴۷۵ وات ساعت انرژی باشد. در عمل به جای این که باتری ها را با وات ساعت ارزیابی کنند، توانایی آن ها را با آمپر ساعت می سنجند. برای تبدیل وات ساعت به آمپر ساعت، کافی است تعداد وات ساعت ها را به ولتاژ باتری تقسیم نمود.

اگر طرح مورد نظر بر مبنای باتری یا باتری های ۱۲ ولتی پایه گذاری شده، برای به دست آوردن آمپر ساعت، کافی است عدد ۳۴۷۵ را به ۱۲ ولت بخش نماییم، تا به رقم ۲۹۰ آمپر ساعت دست یابیم. و در مثال دیگر اگر قرار است از اتصال سری دو باتری ۱۲ ولتی به هم سود جست و سیستم را بر مبنای ۲۴ ولت طراحی کنیم، با تقسیم رقم ۳۴۷۵ به ۲۴، به عدد ۱۴۵ آمپر ساعت خواهیم رسید.

فراموش نکنید که برای پرهیز از خراب شدن باتری ها، آن ها را نباید کاملاً تخلیه نماییم. لذا در این مرحله باید نظری هم به عمر چرخه ای افکنده و ببینیم چه تعداد چرخه های شارژ و دشارژ مدنظر می باشد. اگر بخواهیم کارنامه ی روزانه ی سیستم مان در فصول بهار، تابستان و پاییز را بررسی کنیم، باید گفت که هدف این است که، آرایه ی خورشیدی بتواند در طول روز، باتری یا باتری ها را کاملاً پر کند، چون بعید به نظر می رسد که در خلال این دوره ی زمانی، باتری ها، بیش از ۱۰ تا ۲۰٪ تخلیه گردند.

اگرچه در خلال ماه های زمستان، شرایط به گونه ای است که با خالی شدن باتری ها، به یک وقفه ی چند روزه برای پر شدن کامل آن ها نیاز خواهیم داشت. به طوری که جلوتر هم اشاره شد، در صورتی که باتری ها با چنین وضعیتی مواجه گردند، قبل از این که به طول عمر مفید خود رسیده و به اصطلاح بازنشسته شوند، توانایی ۳۵۰ بار شارژ و دشارژ را خواهند داشت. به این ترتیب اگر تعداد دفعات شارژ و دشارژ یعنی ۳۵۰ چرخه را در ۵ روز ضرب کنیم، به رقم ۱۷۵۰ روز یا ۵۸ ماه دست خواهیم یافت.

اگر این شرایط را محتمل فرض کنیم و با توجه به آن که ۴ ماه اشاره شده، تقریباً ماه های آبان، آذر، دی و بهمن را شامل می گردد، به این نتیجه می رسیم که باتری ها، حدود ۱۴/۵ سال برایمان کار خواهند کرد! البته یادتان باشد که باتری ها یک عمر مفید انباری یا به اصطلاح «تاریخ مصرف» هم دارند، به گونه ای که در بهترین و ایده آل ترین شرایط، حداکثر عمر مفید آن ها چیزی در حدود ده سال می باشد و به این ترتیب پیش از آن که بخواهیم از عمر ۱۴/۵ ساله ی آن بهره برداری کنیم، با به پایان رسیدن دوره ی ده ساله، عملاً از رده خارج می گردند.

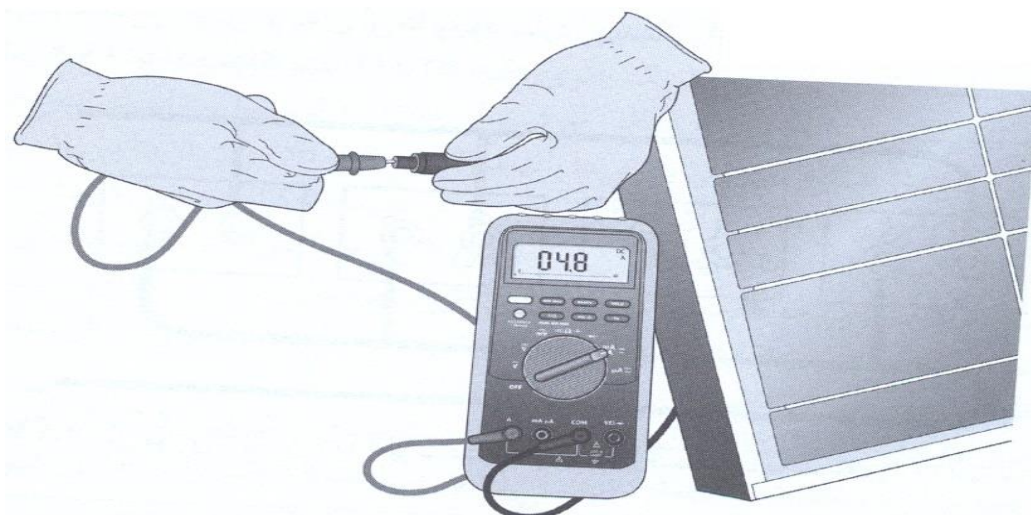
در این صورت و با در نظر داشتن ۱۴۵ آمپر ساعت، به ازای سیستم ۲۴ ولتی و با رعایت ۸۰٪ تخلیه ی باتری، می توان به این نتیجه رسید که ظرفیت باتری مورد نیاز در سیستم ۲۴ ولتی معادل:

$$۱۸۱/۲۵ = ۸\% \div ۱۴۵ \text{ آمپر ساعت خواهد بود.}$$

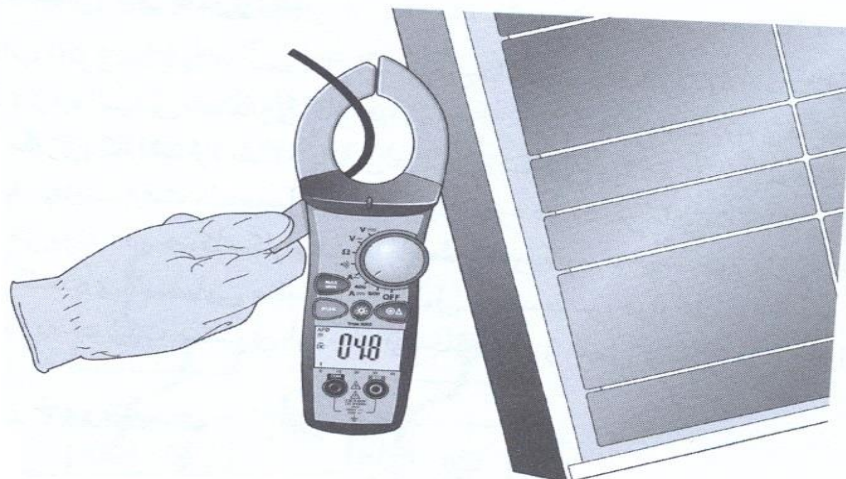
کنترل کننده‌ها

کنترل کننده‌های خورشیدی وظیفه‌ی مراقبت از باتری‌ها را به عهده داشته و آن‌ها را در مقابل شارژ مازاد ارسالی از طرف آرایه‌ی خورشیدی محافظت می‌کنند. این وسایل کارایی دیگری نیز داشته و در صورتی که مصرف کننده‌های متصل به باتری‌ها بخواهند با دریافت انرژی اضافی و نامعقول، باتری‌ها را با تخلیه‌ی عمیق و آسیب جدی مواجه سازند، ارتباط فی مابین را قطع می‌نمایند.

بسیاری از کنترل کننده‌ها به یک صفحه‌ی *LCD*ی کوچک مجهزند که اطلاعات ضروری سیستم از قبیل شدت جریان شارژ باتری و هم‌چنین توان تولیدی آرایه‌ی خورشیدی را نمایش می‌دهند. در صورتی که نمونه‌ی خریداری شده فاقد چنین صفحه‌ای می‌باشد، بد نیست یک مالتی‌متر دیجیتالی معمولی یا کلمپی (گیره‌ای) داشته باشید تا گاهی اوقات، قسمت‌های مختلف مدار را کنترل کرده و از عملکرد صحیح آن‌ها مطمئن شوید.



(a)



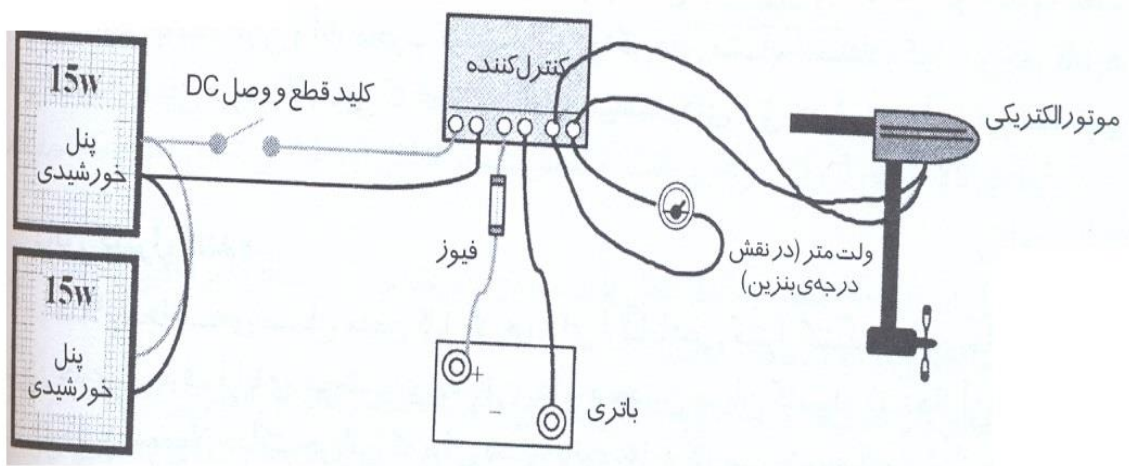
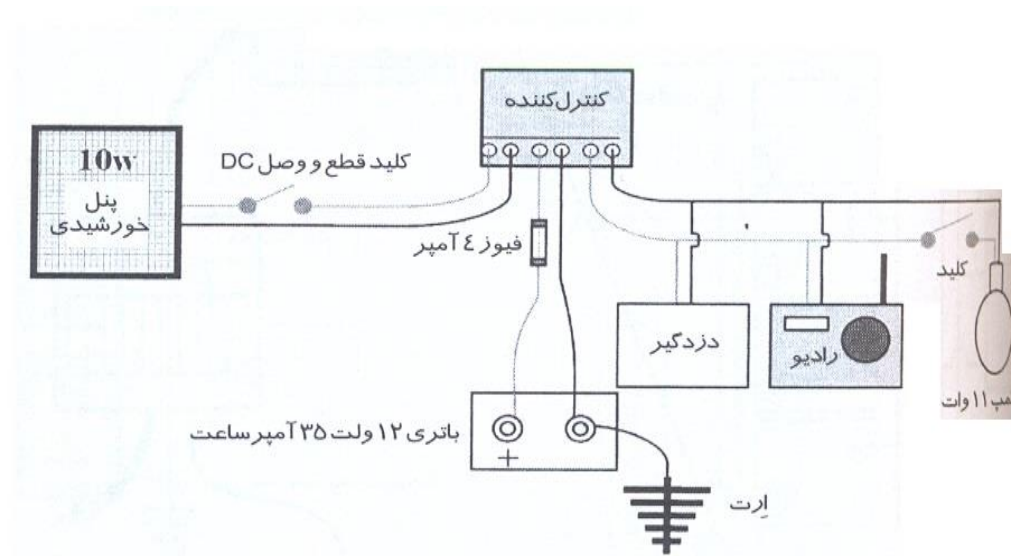
(b)

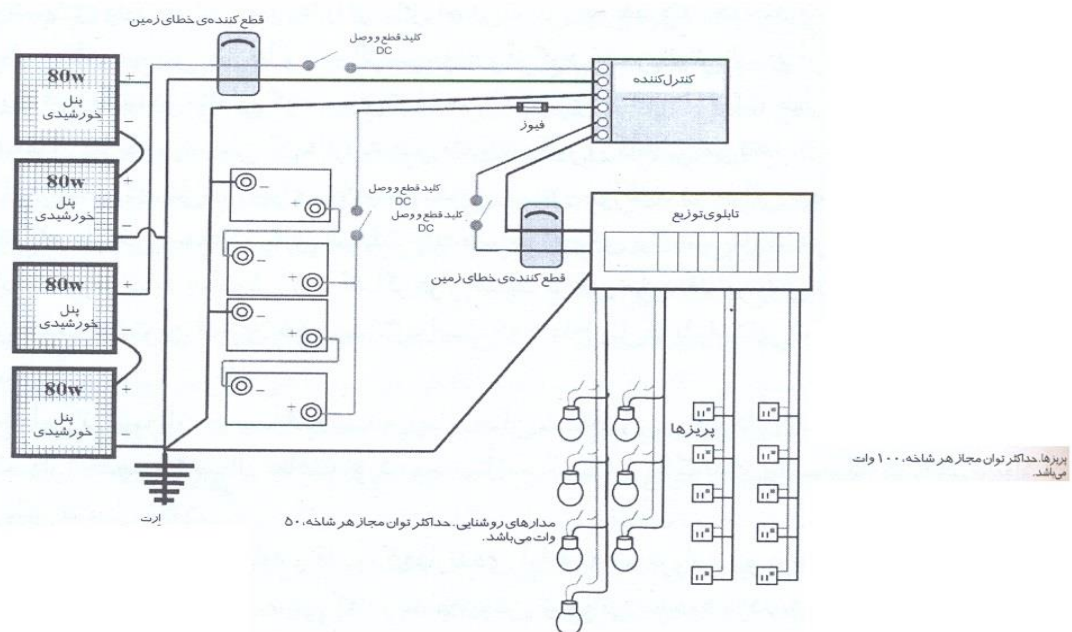
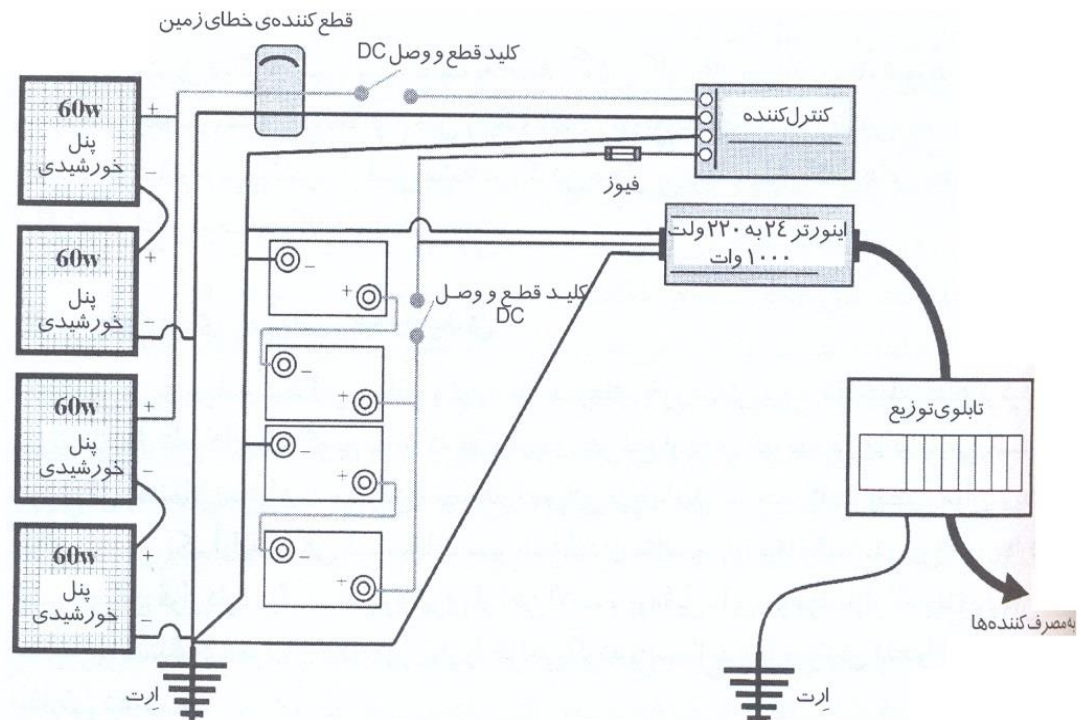
انتخاب کنترل کننده‌های خورشیدی به چهار عامل زیر بستگی دارد:

- ولتاژ سیستم
- شدت جریان تولیدی آرایه‌های خورشیدی بر حسب آمپر
- بیشترین جریان کشیده شده به توسط مصرف کننده‌ها بر حسب آمپر
- میزان جزئیات قابل نمایش به توسط صفحه‌ی LCDی دستگاه

چند نقشه‌ی سیم کشی نمونه

تجربه نشان داده که یک شکل گویا به مراتب بهتر و مفیدتر از چندین سطر یا حتی چند صفحه توضیح می‌باشد. به این جهت و برای درک بهتر نحوه‌ی اتصال سیستم‌های برق خورشیدی به هم، در ادامه، چند دیاگرام و طرح ساده ارائه شده‌اند.





ضمیمه A

در موقع تنظیم لیست مربوط به تحلیل توان سیستم خورشیدی ناچارید توان مورد نیاز ابزار و وسایل درون خانه، محل کار، و... را بسنجید. در زیر لیست ابزار و وسایل تقریباً پر کاربرد آمده است.

1. منزل و محل کار

وسيله	وات ساعت
تهويه مطبوع	۲۵۰۰
کولر آبی	۷۰۰
شارژر تلفن همراه	۱۰
پمپ سیستم حرارت مرکزی	۸۰۰
کنترل کننده ی سیستم حرارت مرکزی	۲۰
خشک کن برقی	۲۷۵۰
دستگاه تهیه ی قهوه ی اسپرسو	۱۲۰۰

وسيله	وات ساعت
قهوه ساز فیلتر دار	۶۰۰
مودم باند پهن معمولی	۲۵
مودم باند پهن بی سیم	۵۰
کامپیوتر شخصی رومیزی	۲۴۰
اسکنر	۴۰
لپ تاپ	۴۵
مونیتور با صفحه‌ی تخت ۱۷"	۷۰
مونیتور با صفحه‌ی تخت ۱۹"	۸۵
مونیتور با صفحه‌ی تخت ۲۲"	۱۲۰
نت بوک (نوت بوک کوچکی که فاقد درایو بوده و LCD اش کوچکتر از نمونه‌های معمولی می‌باشد.)	۱۵
هاب شبکه (بزرگ)	۱۰۰
هاب شبکه (کوچک)	۲۰
چاپگر جوهر افشان	۲۵۰
چاپگر لیزری	۳۵۰
سرور (بزرگ)	۲۲۰۰
سرور (کوچک)	۱۲۰۰
سرخ کن برقی	۱۴۵۰
ماشین ظرفشویی	۱۲۰۰
پتوی برقی دو نفره	۱۰۰
پتوی برقی یک نفره	۵۰
ماهیتابه‌ی برقی	۱۰۰۰
مسواک برقی	۱
پنکه‌ی سقفی	۸۰
پنکه‌ی رومیزی	۶۰
آکواریوم	۵

وسيله	وات ساعت
غذاساز (مخلوط کن مواد غذائی)	۱۳۰
یخچال (۱۲ فوت)	۲۸۰
یخچال کوچک مخصوص کاروان	۱۱۰
یخچال کم مصرف خورشیدی	۵
یخچال فریزر ۱۶ فوت	۳۵۰
یخچال فریزر ۲۰ فوت	۴۲۰
سشوار	۱۰۰۰
بخاری برقی فن دار	۲۰۰۰
بخاری برقی با قابلیت جهت دهی گرما (هالوژنی)	۱۰۰۰
شوفاژ برقی (با مخزن روغن)	۱۰۰۰
گرمایش از کف (به ازای هر متر مربع)	۸۰
اتوی معمولی (خشک)	۱۰۰۰
اتوی بخار	۱۵۰۰
اتوی سفری	۶۰۰
قوری برقی معمولی	۲۰۰۰
قوری برقی سفری	۷۰۰
لامپ کم مصرف	۱۱
لامپ مهتابی	۶۰
لامپ هالوژنی	۵۰
لامپ رشته ای معمولی	۶۰
میکروفر (بزرگ)	۱۴۰۰
میکروفر (کوچک)	۹۰۰
سیستم صوتی (بزرگ)	۲۵۰
سیستم صوتی (کوچک)	۸۰
دستگاه فتوکپی	۱۶۰۰

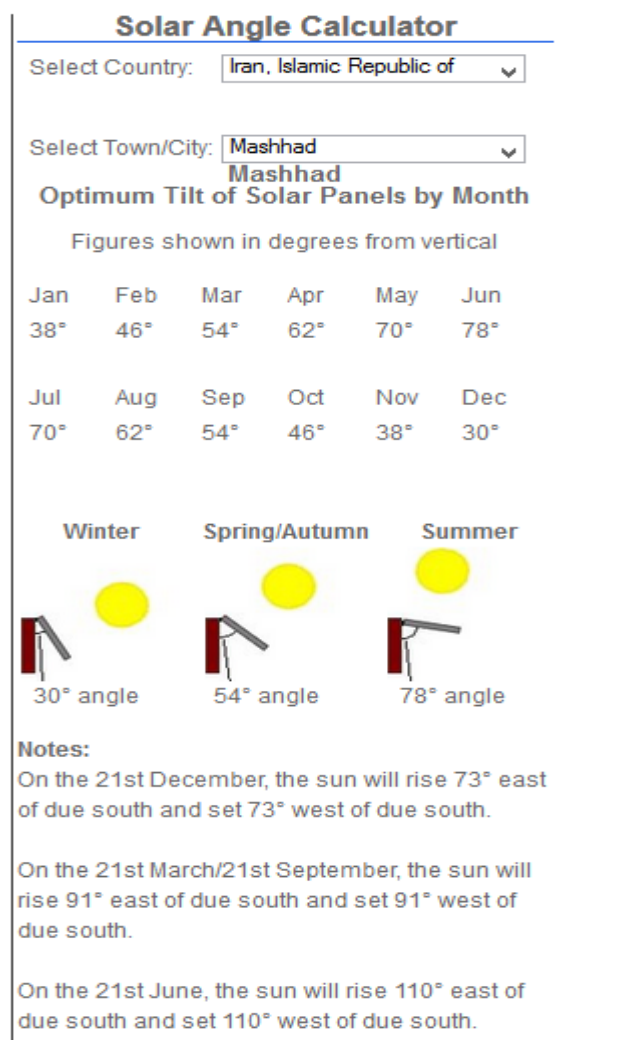
وسيله	وات ساعت
دوش برقی	۲۴۰
رادیو	۱۵
چرخ خیاطی	۷۵
ریش تراش برقی	۱۵
آرام پز	۲۰۰
تلویزیون LCD، ۱۵"	۵۰
تلویزیون LCD، ۲۰"	۸۰
تلویزیون LCD، ۲۴"	۱۲۰
تلویزیون LCD، ۳۲"	۲۰۰
پخش DVD	۸۰
آداپتور مخصوص رمزگشایی تلویزیون کابلی	۲۵
کنسول بازی های کامپیوتری (آتاری، پلی استیشن و غیره)	۴۵
تُستر	۱۲۰۰
فریزر ایستاده	۲۵۰
جارو برقی	۷۰۰
ماشین لباسشویی	۵۵۰
المنت قوری برقی	۱۰۰۰

2. برخی از لوازمات برقی معمول و ادوات مورد استفاده در باغ و گاراژ

وسيله	وات ساعت
درل ، دستی	۷۰۰
پایه‌ی شارژر درل‌های شارژی	۱۰۰
شارژر دوچرخه‌های برقی	۱۰۰
نورافکن ، هالوژنی بزرگ با نور غیر متمرکز	۵۰۰
نورافکن ، هالوژنی کوچک با نور غیر متمرکز	۱۵۰
نورافکن ، با مهتابی	۳۶
نورافکن ، با LED	۱
شمشادزن	۵۰۰
ماشین تراش کوچک	۶۵۰
ماشین تراش بزرگ	۹۰۰
چمن زن ، غلتکی کوچک	۴۰۰
چمن زن ، غلتکی بزرگ	۷۰۰
چمن زن ، پره‌ای کوچک	۹۰۰
چمن زن ، پره‌ای بزرگ	۱۴۰۰
چمن جمع کن برقی	۴۰۰
صافی کوچک استخر	۲۰
صافی بزرگ استخر	۸۰
پمپ فواره ، کوچک	۵۰
پمپ فواره ، بزرگ	۲۰۰
روتیواتور (یک جور ماشین خاک‌ورزی برای شخم زدن خاک باغ و باغچه)	۷۵۰
اره‌ی زنجیری	۱۱۵۰
اره‌ی برقی دوربری (عمودی)	۵۵۰
اره‌ی فارسی بُر	۱۱۰۰
سنگ‌فرز کوچک	۱۰۵۰

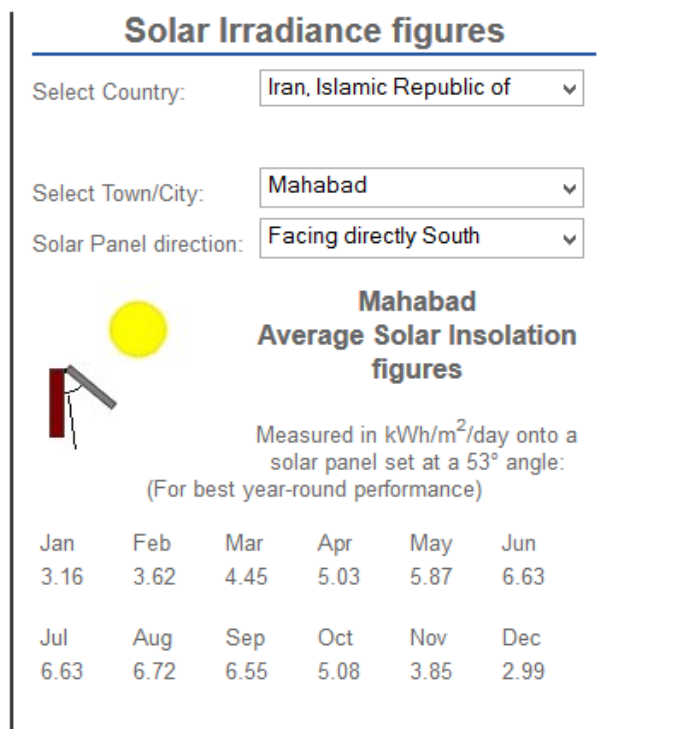
ضمیمه B

آفتاب زدگی خورشیدی میزان انرژی روزانه ای است که انتظار می رود در یک مکان خاص و در هر متر مربع از سطح مورد نظر گرد آوری می شود . مقادیر اشاره شده به میانگین یک دوره ی زمانی خاص و به خصوص ماهیانه مربوط می گردد. این ارقام که به صورت متوسط و در واقع به شکل یک معدل و میانگین ارائه می شوند ، با واحدی به شکل $\text{kwh/m}^2/\text{day}$ (کیلو وات ساعتبر متر مربع در روز) بیان می گردند . البته بدیهی است که این مقادیر تقریبی بوده و متناسب با وضعیت خورشید در آسمان در ساعات مختلف روز و وضعیت آب و هوای روزانه ، تغییر می کنند . میانگین های داده شده در خلال یک دوره زمانی 22 ساله ، از 1983 لغایت 2005 و در طی نمونه برداری های 3 ساعته ، گرد آوری شده است.

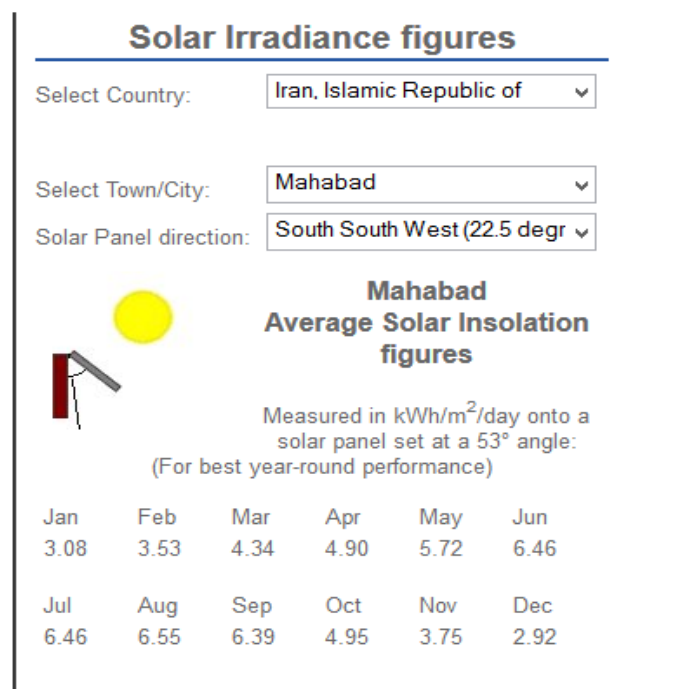


زاویه پیشنهادی پنل ها برای تنظیمات ماهیانه در شهر مشهد (زاویه نسبت به راستای عمود سنجیده شده است)

به علت فراوانی زوایا، فقط به بهترین تنظیم سالیانه زاویه پنل بسنده می کنیم .



بهترین تنظیم سالیانه با زاویه پنل 53 درجه (کاملاً به سمت جنوب)



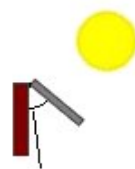
بهترین تنظیم سالیانه با زاویه پنل 53 درجه (جنوب و جنوب غربی)

Solar Irradiance figures

Select Country:

Select Town/City:

Solar Panel direction:



Mahabad Average Solar Insolation figures

Measured in kWh/m²/day onto a
solar panel set at a 53° angle:
(For best year-round performance)

Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun
3.08	3.53	4.34	4.90	5.72	6.46
Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
6.46	6.55	6.39	4.95	3.75	2.92

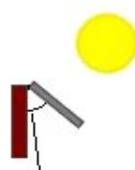
بهترین تنظیم سالیانه با زاویه پنل 53 درجه (جنوب غربی)

Solar Irradiance figures

Select Country:

Select Town/City:

Solar Panel direction:



Mahabad Average Solar Insolation figures

Measured in kWh/m²/day onto a
solar panel set at a 53° angle:
(For best year-round performance)

Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun
2.76	3.17	3.89	4.40	5.14	5.80
Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
5.80	5.88	5.73	4.44	3.37	2.62

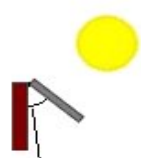
بهترین تنظیم سالیانه با زاویه پنل 53 درجه (غرب و جنوب غربی)

Solar Irradiance figures

Select Country:

Select Town/City:

Solar Panel direction:



Mahabad Average Solar Insolation figures

Measured in kWh/m²/day onto a
solar panel set at a 53° angle:
(For best year-round performance)

Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun
2.53	2.90	3.56	4.02	4.70	5.30
Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
5.30	5.38	5.24	4.06	3.08	2.39

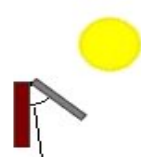
بهترین تنظیم سالیانه با زاویه پنل 53 درجه (کاملاً به سمت غرب)

Solar Irradiance figures

Select Country:

Select Town/City:

Solar Panel direction:



Mahabad Average Solar Insolation figures

Measured in kWh/m²/day onto a
solar panel set at a 53° angle:
(For best year-round performance)

Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun
3.08	3.53	4.34	4.90	5.72	6.46
Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
6.46	6.55	6.39	4.95	3.75	2.92

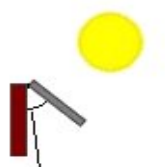
بهترین تنظیم سالیانه با زاویه پنل 53 درجه (جنوب و جنوب شرقی)

Solar Irradiance figures

Select Country:

Select Town/City:

Solar Panel direction:



Mahabad Average Solar Insolation figures

Measured in kWh/m²/day onto a
solar panel set at a 53° angle:
(For best year-round performance)

Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun
3.00	3.44	4.23	4.78	5.58	6.30
Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
6.30	6.38	6.22	4.83	3.66	2.84

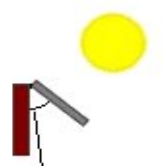
بهترین تنظیم سالیانه با زاویه پنل 53 درجه (جنوب شرقی)

Solar Irradiance figures

Select Country:

Select Town/City:

Solar Panel direction:



Mahabad Average Solar Insolation figures

Measured in kWh/m²/day onto a
solar panel set at a 53° angle:
(For best year-round performance)

Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun
2.76	3.17	3.89	4.40	5.14	5.80
Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
5.80	5.88	5.73	4.44	3.37	2.62

بهترین تنظیم سالیانه با زاویه پنل 53 درجه (شرق و جنوب شرقی)

Solar Irradiance figures

Select Country:

Select Town/City:

Solar Panel direction:



Mahabad Average Solar Insolation figures

Measured in kWh/m²/day onto a
solar panel set at a 53° angle:
(For best year-round performance)

Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun
2.53	2.90	3.56	4.02	4.70	5.30
Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
5.30	5.38	5.24	4.06	3.08	2.39

بهترین تنظیم سالیانه با زاویه پنل 53 درجه (کاملاً به سمت شرق)

Solar electricity hand book 2011 edition Michael Boxwell

Degunther , Rik:Solar power Home FOR DUMMIES. Wiley Publishing, Inc. Indi-anapolis, Indiana,2008

Mayfield, Ryan : Photovoltaic Design & Installation FOR DUMMIES. Wiley publishing , Inc. Indiana, 2010.

Plat, Charles : Encyclopedia of Electronic Components . D'Reilly Media , Inc . USA , 2013.

Pode , Ramchandra . Diout , Bouucar : Solar Lighting . Springer_ Verlag . London ,2011

<http://www.solarelectricityhandbook.com/index.htm>

[/http://we-llc.com](http://we-llc.com)

http://www.shirazu.ac.ir/index.php?page_id=4888

[/http://deltasolar.ir/slider](http://deltasolar.ir/slider)

<http://partotarasheh.com/OpenPage/59>

