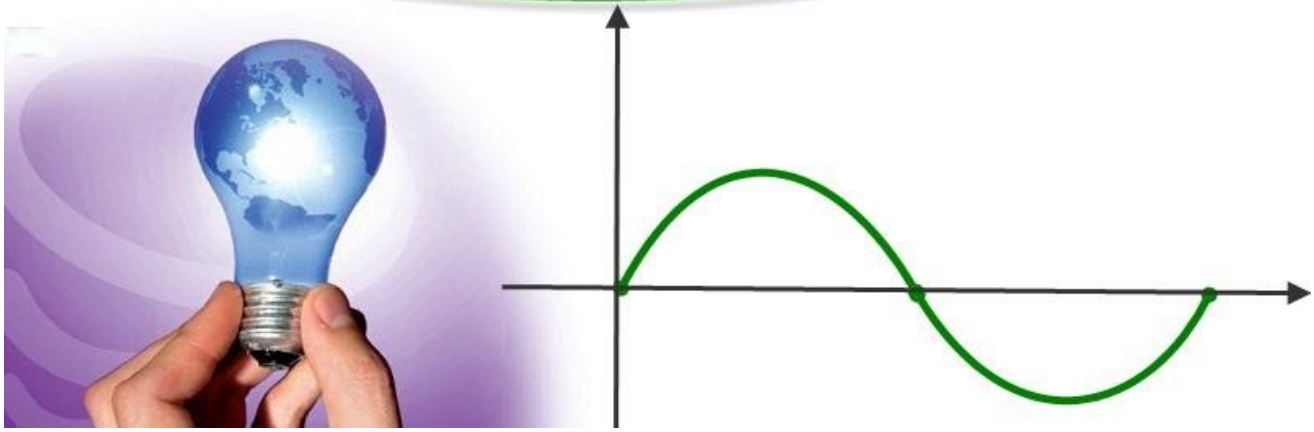
برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

موضوع پروژه:

پنل‌های فتوولتائیک

WikiPower.ir

برای خرید فایل wordاین پروژه اینجا کلیک کنید.
(شماره پروژه = ۲۷۶)
پشتیبانی: ۰۹۳۵۵۴۰۵۹۸۶

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم س

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

چکیده

نیاز روزافزون به انرژی الکتریکی و همچنین فناپذیر بودن سوخت‌های فسیلی باعث شده که بشر به انرژی‌های نو رو بیاورد.یکی از این انرژی‌ها،انرژی خورشیدی است،این منبع عظیم و تقریباً ابدی که تا میلیاردها سال دیگر انرژی آن تمام نمی‌شود،بصورت کاملاً رایگان در اختیار بشر قرار گرفته است.درست است که ما این انرژی را فقط در طول روز در اختیار داریم اما بسیاری از مصرف کننده‌ها نیز در طول روز به انرژی الکتریکی برای کار خود نیاز دارند هرچند با استفاده از سیستم‌هایی همچون شارژ باتری شبانه نیز می‌توان از آن بهره برد.اینجاست که سیستم‌های فتوولتائیک[1] جهت تبدیل انرژی تابشی خورشید به الکتریسیته مطرح می‌شوند.

این سلول‌ها که اغلب از سیلیکون ساخته می‌شوند با قرار گرفتن مستقیم در مقابل اشعه‌ی خورشید آن را به الکتریسیته(جریان مستقیم) تبدیل می‌کنند.در این مقاله به بررسی انرژی خورشیدی در فصل اول و سپس در فصل‌های بعدی به طریقه‌ی ساخت سلول خورشیدی،طریقه‌ی نصب پنل های فتوولتائیک،آنالیز سیستم فتوولتائیک و سایر موضوعات مربوطه می‌پردازیم.هدف نهایی این مقاله تعیین نقطه توان ماکزیموم پنل

[1] Photovoltaic systems

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فتوولتائیک می‌باشد که در فصل آخر آمده است.امیدوارم که این مقاله و توضیحات داده شده در آن بتواند،حداقل علمی هرچند ناچیز به علم خواننده‌ی آن بیافزاید انشاءالله.

فهرست مطالب

عنوان

۱-۱-

فـــصل اول

مقدمه ۹

ویژگی‌هایانرژی خورشیدی ۱۰

نیازهاومحدودیت‌هایانرژی خورشیدی ۱۰

کاربرد های انرژی خورشیدی

....۱۳موقعیت کشور ایراناز نظر میزان دریافت انرژی خورشیدی

....۱۳اصطلاحات خورشیدی ۱۳

زاویه ارتفاع خورشید ۱۵

زاویه سمت خورشید ۱۵

تأثیرزاویه کلکتوردرجذب انرژی خورشیدی ۱۷

موقعیت کشورایرانازنظرمیزان دریافت انرژی خورشیدی ۱۹

ساخت سلول خورشید در ایران ۱۹
افزایش بازده سلولهای خورشیدی در ایران ۲۱
هزینه تولید هر کیلووات برق از انرژی خورشیدی در کشور ۲۱
جمع بندی ۲۳

فـــصل دوم : آشنایی با سیستم‌های فتوولتائیک

مقدمه .....
سیستم‌های فتوولتائیک ۲۶
مزایاومعایبسیستم‌هایفتوولتائیک ۳۰
تکنولوژی‌های ساخت سلول‌های فتوولتائیک ۳۲
اجزای سیستم‌های فتوولتائیک ۳۳
سلول خورشیدی ۳۵
ماژول‌ها ۳۶
آرایه‌ها ۳۷
تنظیم ولتاژ و کنترل سیستم ۴۰
ذخیره سازی انرژی الکتریکی در باتری‌ها ۴۰
انواعکاربردهایسیستم‌هایفتوولتائیک ۴۲
پرسش و پاسخ ۴۶
جمع بندی ۵۹

فـــصل سوم : آنالیز،طراحی و نصب سیستم‌های فتوولتائیک

مقدمه ۶۱
نصب سیستم‌های فتوولتائیک ۶۲
نصب نیروگاه‌های خورشیدی ۶۴
تأثیرات زیست محیطی سیستم‌های فتوولتائیک ۶۶
شرایط تست و استانداردها در سیستم‌های فتوولتائیک ۶۸
مشخصات الکتریکی سلول‌های فتوولتائیک .....
منحنی‌های ولتاژ–جریان و ولتاژ–توان سلول‌های فتوولتائیک .....
مشخصه توان دوآرایه متحرک وثابت درطول روز ۷۲
مدار معادل الکتریکی سلول فتوولتائیک ۷۸
روش‌های اتصال سلول‌ها به هم ۸۸
اثرات سایه روی سلول‌ها ۹۱
اصول تبدیل انرژی در سیستم‌های فتوولتائیک ۹۸
اتصال مبدل pv به بار اهمی ۹۹
مبدل DC/DC
۱۰۰....
کانورتر step-down (Buck Converter)
۱۰۱....
کانورتر step-up(مبدل Boost)
۱۰۴....

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

کانورتر Buck/Boost یا مبدل معکوس

۱۰۶....

واحد ذخیره سازی انرژی الکتریکی

۱۰۹....

اتصالات مختلف باتری‌ها

۱۱۴....

اتصال مبدل pv به باتری

۱۱۶....

اینورتر ولتاژ(inverter)

۱۱۹....

جمع بندی

۱۲۱....

WikiPower.ir

فـــصل چهارم : تعیین نقطه‌ی توان ماکزیموم آرایه‌ی فتوولتائیک

مقدمه

۱۲۳....

عملکرد فتوولتائیک

۱۲۴....

مقدمه‌ای بر عملکرد ردیابی نقطه‌ی توان حداکثر

۱۲۸....

الگوریتم MPPT

۱۲۸....

دقت MPPT ، خطا و بهره وری

۱۳۰....

روش‌های MPPT

۱۳۱....

بررسی،آنالیز و شبیه سازی روش P&O

۱۳۸....

روش نوسان و مشاهده (Perturbation and Observation Method)

۱۳۸....

تجزیه ، تحلیل و بحث در مورد نتایج شبیه سازی شده

۱۴۱....

برنامه mfile نوشته شده برای الگوریتم ردیابی P&O

۱۴۴....

نتایج شبیه سازی

۱۴۹....

نتیجه گیری

۱۵۰....

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

جمع بندی

۱۵۱ ....

پیوست

۱۵۲ ....

فهرست منابع و مراجع

۱۵۴...

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فصل اول
انرژی خورشیدی

مقدمه

خورشید یکراکتور هسته‌ایطبیعی بسیار عظیم است،که ماده درآن جا بر اثرهمجوشی هسته‌ایبه انرژی تبدیل می‌شودوهر روز حدود ۳۵۰ میلیارد تن از جرمش به تابشتبدیل می‌شود، دمای داخلی آن حدود ۱۵ میلیون درجه سانتیگراد است.انرژی‌ایکه بدین ترتیب به شکلنور مرئی،فرو سرخوفرابنفشبه ما می‌رسد ۱ کیلو وات بر متر مربع است. خورشید به توپ بزرگ آتشین شباهت دارد که صد بار بزرگتراز زمین است. این ستاره‌از گازهایهیدروژنوهلیومتشکیل شده است. گازها انفجارهای بزرگی را بوجود می‌آورند و پرتوهای قویگرماونوررا تولید می‌کنند.این پرتوهااز خورشید به سوی زمین می‌آیندر طول راه ،یک سوم آنها در فضا پخش می‌شوندو بقیه بصورتانرژی گرماو نور به زمینمی‌رسند. می‌دانیم که سرعت نور ۳۰۰۰۰۰ کیلومتر در ثانیه است.از سوی دیگر،۸دقیقه طول می‌کشد کهنور خورشیدبه زمین برسد. بنابراین می‌توان فاصله خورشید تا زمین را حساب کرد. در اینمسیر طولانی ، مقدار زیادی از نور و گرمای خورشیداز دست می‌رود، اما هماناندازه‌ای که به زمین می‌رسد، کافی است تا شرایط مناسبی برای زندگی ما وجانوران و گیاهانبوجودآید.

طبق برآوردهای علمی در حدود ۶۰۰۰ میلیون سال از تولد خورشید می‌گذرد و در هر ثانیه ۴,۲ میلیون تن از جرم آن به انرژی تبدیل می‌شود.با توجه به وزن خورشید که حدود ۳۳۳ هزار برابر وزن زمین است،این کره نورانی را می‌توان به عنوان منبع عظیم انرژی تا ۵ میلیارد سال آینده به حساب آورد.مهم‌ترین روایتی که در رابطه با استفاده از تابش خورشید بیان شده داستان ارشمیدس دانشمند و مخترع بزرگ یونان قدیم(سالهای ۲۸۷-۲۱۲ ق-م) می‌باشد که ناوگان روم را با استفاده از انرژی حرارتی خورشید به آتش کشید.گفته می‌شود که ارشمیدس با نصب تعداد زیادی آینه‌ی کوچک مربعی شکل در کنار یکدیگر که روی یک پایه متحرک قرار داشته‌اند نور خورشید را از راه دور روی کشتی‌های رومیان متمرکز ساخت و به این ترتیب آنها را به آتش کشید.به همین علت از ارشمیدس به عنوان بنیان گذار استفاده از تابش خورشید نام می‌برند.

در سال ۱۶۱۵ م سالمون اهل فرانسه بیانیه‌ای راجع به موتور خورشیدی منتشر کرد.او با استفاده از تعدادی عدسی که در یک قاب نصب شده بودند اشعه‌ی خورشید را بر روی یک استوانه فلزی سربسته که قسمتی از آن از آب پر شده بود متمرکز نمود.تابش خورشید باعث گرم شدن هوای داخل استوانه شده و با انبساط هوا فشار داخل محفظه افزایش یافته وآب به بیرون رانده می‌شد.

داستان‌ها و روایات فراوانی در باب استفاده از انرژی خورشیدی وجود دارد که نشانمی‌دهدانسان از دیر باز

به فکر استفاده از این منبع عظیم و تمام نشدنی بوده است.[3]

ویژگی‌هایانرژی خورشیدی

انرژی خورشیدی تمام نشدنی است .

انرژی تمیزی است و هیچ آسیبی به محیط زیست نمی‌رساند.

به دلیل عدم وجودقسمت‌های متحرک، نگهداری واتوماسیون آن آسان است.

ظرفیت آن رامتناسب با نیاز می‌توان طراحی کرد.

نیازهاومحدودیت‌هایانرژی خورشیدی

۱-۱-۱-۱- برخی انرژی‌های تجدید پذیر را تنهاامیدبقای‌کره زمیندانسته‌اند،در حالی که عده‌ای آن‌رامنبعی حاشیه‌ای باظرفیت محدودبه حساب می‌آورند.ازسویی منابع سوخت فسیلی پایان پذیر وتجدید ناپذیراست وبایدازانرژی‌هایتجدید پذیر که به رغم منابع فسیلی،منافع زیست محیطی فراوانی در بردارد‌بیشتربهره جست.انرژی خورشیدی،نتیجه فرآیندپیوسته هم جوش هسته‌ای درخورشیداست وهم اکنون کل منبع انرژی خورشیدی ۱۰ هزار برابرمصرف انرژی کنونی بشراست،امااندک بودن شدت این توانو تنوع زمانی وجغرافیایی آن مشکلات عمده‌ای رافراهم کرده که سهم این انرژی رادربرابر کل انرژی محدودمی‌کند.

۱-۱-۱-۲- بااینحال،درکشورهایی که هزینه انرژی معمولی به دلیلمالیات زیاداستودولت تلاش زیادی برای ترغیب مردم به استفاده ازانرژی خورشیدی می‌کند،بازاربرای سیستم‌های حرارتی خورشیدی کم دمارونقدارد.باآنکه کل منبع انرژی خورشیدی این امکان بالقوه رادارد که سهم عمده‌ایدر تأمین انرژی جهانی در آینده داشته باشد،دلایل زیادی وجوددارد‌که سهم استفاده از آن رادر ۲۰ سال آینده بسیارمحدود می‌کند.

اهمیت این محدودیت،همراه باالگوهای مصرف واولویت‌های ملی تغییرمی‌یابد.یکی از محدودیت‌های عمده دراستفاده ازانرژی خورشیدی،عدم کارآیی اقتصادی سیستم‌های خورشیدی اولیه در برابر سیستم‌های تکامل یافته باسوخت فسیلی است که باافزایش قیمت سوخت‌های معمولی واقتصادی‌ترکردن دستگاه‌های خورشیدی با حجم تولید بیشتر،گرایش به استفاده ازاین گونه انرژی رامی‌توان شتاب بخشید.در کنار محدودیت‌های اقتصادی لازم است انرژی خورشیدی ومزیت‌های استفادهازآن‌را باآموزش درمحتوای

فرهنگی زندگی مردم وبه منظورارتقای سطح آگاهی آنان واردساخت که به سرمایه گذاری وتوجه دولت به بخش خصوصی‌نیازدارد.

محوردیگر معادله اجتماعی انرژی خورشیدی ،توسعه مهارت‌های فنی در میان طراحان،نصابان وتعمیر کار آن بسیاری ازدستگاههایی است که به طوروسیع در سراسرجهان توزیع می‌شوند.با توجه به دورنمای فراگیری انرژی خورشیدی وباتوجه به کل سرمایه دردسترس برای سرمایه گذاری درانرژی خورشیدی که در ۳۰ سال آینده به ۱۰ درصد کل سهام انرژی جهان محدود خواهد شد،به این نتیجه می‌توان رسیدکه انرژی خورشیدی دست کم زودتراز سال ۲۰۲۰ نمی‌تواند جانشین اصلی انرژی سوخت‌های فسیلی شود.کشورهانیزدرزمینه سرمایه گذاری در این بخش با محدودیت روبرو هستند وروشی که برای کاهش این محدودیت‌ها می‌توان به آن اشاره کرد.جذب سرمایه بخش خصوصی و استفاده ازآن بخش از بودجه دولتی است که برای سرمایه گذاری درانرژی خورشیدی اختصاص داده شده است که بسیاری از کشورهاباکار بست این روش به موفقیت‌هایی دست یافته‌اندودرکشورما نیزبایدشرایط حضور بخش خصوصی فراهم واقدام‌های لازم برای جذب بخش خصوصی انجام شود.المان که باپیامدهای افزایش شدیدبهای نفت دست به گریبان بوده وبرنامه تولید انرژی هسته‌ای‌خودرانیز کنار گذارده است،هم اکنون درصدد گسترش دادن نیروگاههای بسیار بزرگ است.

اخیراًبزرگترین نیروگاه خورشیدی دراین کشورگشایش یافت. این نیروگاه که درجنوب شهرلایپزیک ودرشرق این کشور قراردارد با ۳۳ هزارو ۵۰۰ پنلفتوولتائیک حدود ۵ مگاوات ساعت برق تولید می‌کند.این نیروگاه قادراست برق ۱۸۰۰ خانوار راتأمین کند.براساس ارزیابی سازمانانرژی خورشیدی آلمان،مجموع ظرفیت تولید آماده درسال جاری به ۳۰۰ مگاوات رسیده که دو برابر ظرفیت تولید پیشین دراین کشور است.هم اکنون نگرانی‌های فراوانی درزمینه توانایی کشورهادر یافتن منابع سرمایه‌ای به منظور تأمین نیازهای

مالی توسعه استفاده ازاین نوع انرژی دردهه‌های آینده وجوددارد کهاین معضل در کشورهای در حال توسعه شدیدتراست.امابه نظرمی‌رسدباایجاد سرمایه گذاریهای کلان و سریع در این زمینه،مشارکت بخش خصوصی در این گونه طرح‌هاو مهم‌تر از همه ارتقای سطح فرهنگی کشوربرای استفاده ازانرژی‌های جانشین(تجدید پذیر) تاچند سال آینده،دستیابی به این هدف مهم چندان دور نباشد.[1]

کاربرد های انرژی خورشیدی

موقعیت کشور ایراناز نظر میزان دریافت انرژی خورشیدی

اصطلاحات خورشیدی

WikiPower.ir

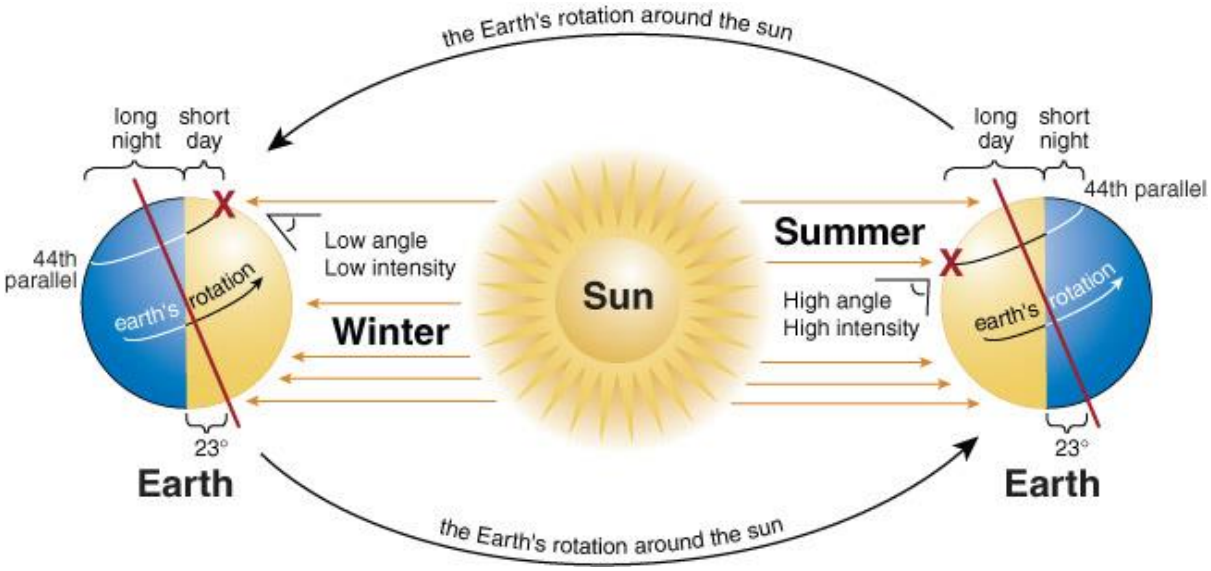
انرژی خورشیدی بصورت امواج الکترومغناطیس و با طول موج ۰/۱میکرو متر تا طول موج‌های بلند رادیویی ۱۰۰میکرو متردر فضا پخش می‌شود و فقط مقدار خیلی محدودی از این انرژی در کاربردهای زمینی مورد استفاده قرار می‌گیرد زیرا که در حدود ۹۹ در صد از امواج خورشیدی در طول موج‌های بین ۰/۲۸ تا ۴/۹۶ میکرو متر قرار دارند.

اگر بخواهیم نسبت بزرگی خورشید به زمین را مطالعه کنیم کافی است که از مرکز زمین دو خط مماس بر خورشید رسم کنیم زاویه‌ی بین این دو خط ۳۲ درجه خواهد بود.با توجه به فاصله‌ی زمین و خورشید و زاویه‌ی ۳۲ درجه نتیجه این است که انرژی خورشید بصورت یک دسته امواج متمرکز و ثابت و بصورت

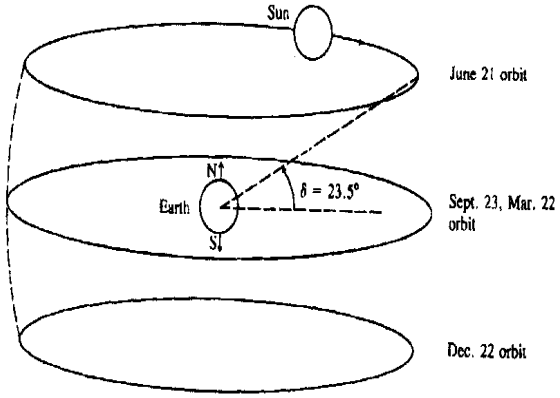
موازی به سمت زمین تابیده خواهد شد.طبق تعریف مقدار انرژی دریافت شده در واحد زمان در واحد سطح عمود بر راستای تابش در سطح واقع در خارج جو زمین را ثابت خورشیدی نامیده و آن را با Isc نشانمی‌دهند.لازم به

ذکر است که مقدار اندازه گیری شده‌ی ثابت خورشیدی که مورد قبول اکثریت مجامع علمی جهانمی‌باشد برابر با ۱۳۵۳w/m^2 می‌باشد.مهم‌ترین تغییرات در شدت تابش خورشید و دمای هوای محیط ناشی از حرکت طبیعی زمین به دور خورشید و مورب بودن محور چرخش کره زمین می‌باشد که حول این محور دارای حرکت وضعی است.محوری که زمین در حول آن حرکت وضعی خود را انجام می‌دهد نسبت به صفحه ی افقی که از مرکز زمین و خورشید عبور می‌نماید دارای زاویه می‌باشد.زاویه‌ای که اشعه‌ی خورشید با صفحه ی استوا می سازد در ظهر خورشیدی زاویه ی میل نامیده می‌شود.مقادیر زاویه ی میل از ۲۳/۴۵- درجه در اول زمستان تا ۰ درجه در اول بهار و پاییز و ۲۳/۴۵+ درجه در اول تابستانبرای نیمکره شمالی تغییر می کند.[1]

WikiPower.ir



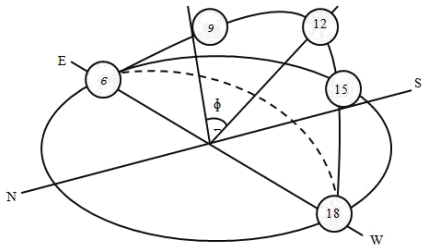
شکل ۱-۱ زاویه بین اشعه خورشید و صفحه استوا در ظهر خورشیدی



شکل ۲-۱نحوهتغییرزاویهبینمحورگردشزمینومدارحرکتآنحولخورشیددرطولسال[12]

تغییرات فصول و همچنین تغییرات تابش خورشید برروی سطح زمین و تغییرات در ساعات روشنایی و تاریکی،همه ناشی از تغییرات روزانه زاویه میل می‌باشند.

حال چنانچه شخصی در نقطه‌ای از سطح زمین در طول جغرافیایی L و عرض جغرافیایی ϕ ایستاده باشد،خورشید را مشاهده می‌کند که روزها از شرق طلوع کرده و در مغرب غروب می‌کند و طبق یک مدل گردش می‌کند ولی در واقع این گردش زمین است که مدل حرکتی خورشید را باعث می‌شود.



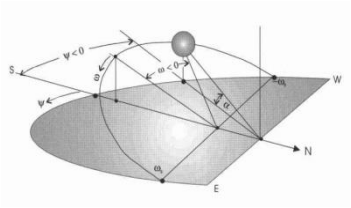
شکل ۳-۱حرکت خورشید از طلوع تا غروب

زاویه ارتفاع خورشید

زاویه ارتفاع خورشید عبارتست از زاویه اشعه خورشید نسبت به صفحه افق می‌باشد.

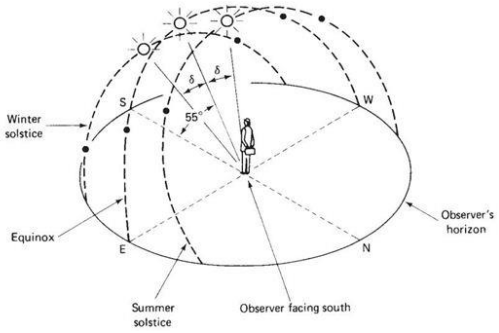
زاویه سمت خورشید

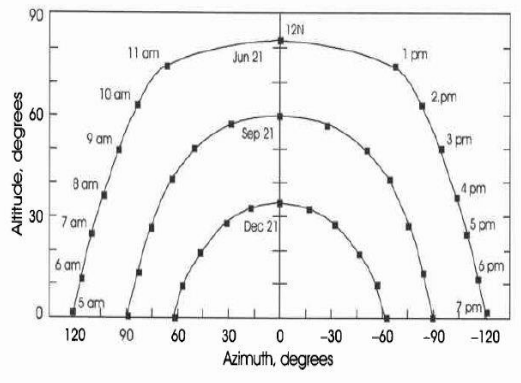
زاویه ایست که از یک طرف به تصویر اشعه خورشید روی صفحه افق و از طرف دیگر به راستای شمال-جنوب محدود است.



شکل٤-۱زاویه ارتفاع و زاویه سمت خورشید

اگر قسمت قابل رویت آسمان را که در سمت فوقانی صفحه افق قرار گرفته بصورتنیمکره شمالی در نظر بگیریم و جدول نمودار مسیر حرکت روزانه خورشید را بصورتاستوانه‌ای محیط بر این نیمکره فرض نماییم و اگر فرد ناظر در صفحه افق و مرکز نیمکره قرار گیرد،نقاط تلاقی اشعه خورشید،سطح نیمکره شفاف در ساعات مختلف روز مسیر حرکت روزانه خورشید را بر سطح نیمکره ترسیم می‌نماید.گسترش سطح نیمکره و مدارها و نصف‌النهارهایآنبرروی جدول نمودار مسیر حرکت روزانه خورشید که در حقیقت صفحه مستوی باز شده از سطح استوانه‌ای شکل محیط بر نیمکره است بصورت خطوط افقی که شاخص زوایای ارتفاع خورشید در خطوط عمودی که نمایانگر زوایای سمت خورشید هستند منتقل شده و مسیر حرکت روزانه خورشید از سطح نیمکره برروی سطح مستوی جدول منعکس می‌شود.



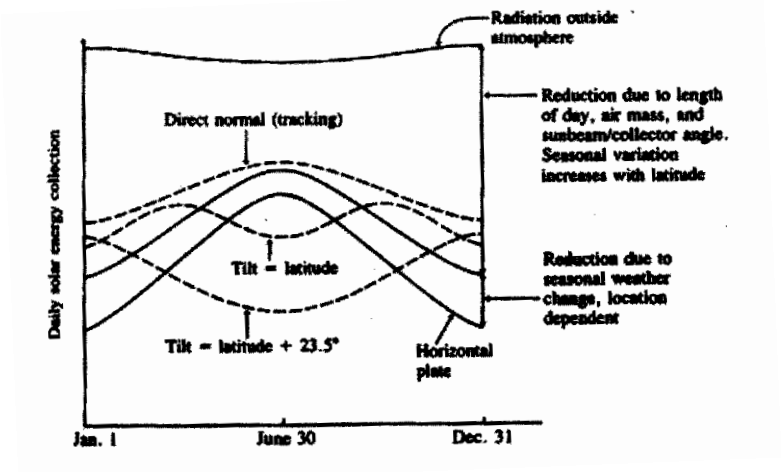


شکل٥-۱مسیر حرکت روزانه خورشید در فصول مختلف سال

همانطور که می‌دانیم در ماه‌های تابستان مسیر حرکت روزانه خورشید طولانی‌تر و زاویه ارتفاع خورشید بیشتر بوده و همچنین زاویه سمت خورشید هنگام طلوع و غروب آفتاب وسیع‌ترمی‌باشد در صورتی که در ماه‌هایزمستان این مسیر کوتاه‌تر و ارتفاع خورشید کمتر و زاویه سمت خورشید در موقع طلوع و غروب بسته‌ترمی‌باشد.[1]

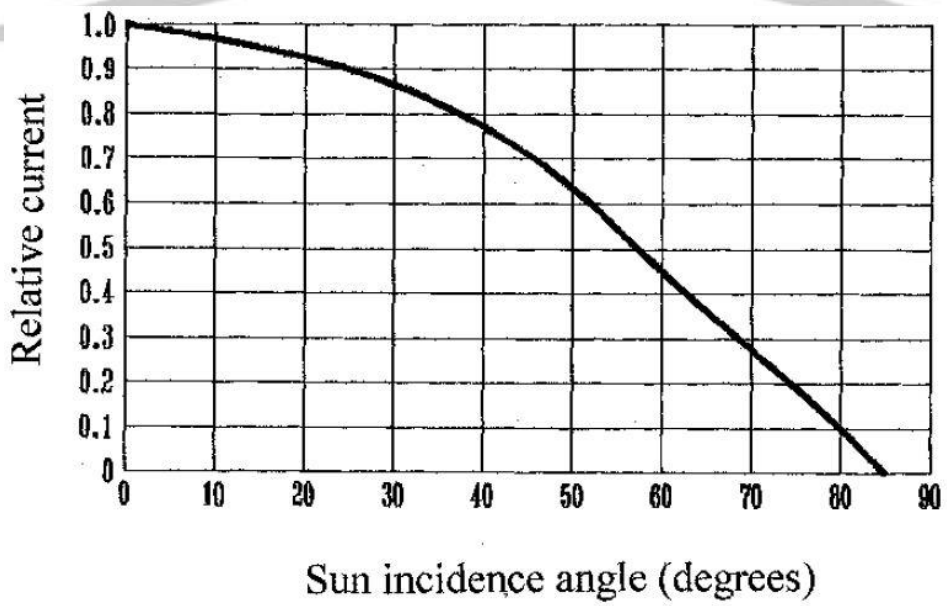
تأثیرزاویه کلکتوردرجذب انرژی خورشیدی

باتوجه به اینکه خورشید همواره در طول روزدر حرکت است، نورآن بازاویه به سطح کلکتورهای ثابت می‌تابدو بهدلیل انعکاس نورازسطح کلکتور، امکان تبدیل کامل انرژی وجودنخواهد داشت که درموردمبدل فتوولتائیک بهدلیلگران‌قیمت بودنماژول‌های خورشیدی،این موضوع اهمیت پیدامی‌کند.درشکلزیر نمودارهای انرژی خورشیدی جمع آوری شده درروزبرحسب تقویم سالانه برای انواع کلکتورخورشیدی ازلحاظ وضعیت‌های مختلف نصب درمحلی باعرض جغرافیایی ۵,۲۳ درجه شمالی مشاهده می‌شود.همانگونه که انتظارمی‌رودیک کلکتورمستقیم کههمواره روبه خورشید قراردارد،درتمامی طول سال،حداکثرانرژی رادرمقایسه با کلکتورهای دیگر جذب می‌کند.همچنین میزان جذب انرژی توسط کلکتورشیب داربازاویه‌های معادل عرضجغرافیاییمحل وروبه جنوبونیزبرای کلکتورافقی،مشاهده می‌شود.[1]



شکل٦-١تغییرات مجموع انرژی خورشیدی روزانه قابل جذبدرطول سال توسط کلکتورهای مختلف[12]

یکی از دلایل کاهش انرژی جمع آوری شده در طول روز برای یک کلکتور شیب دار،درمقایسه با کلکتورافقی کاهش طول روز خورشیدی(ساعات حضورخورشیددربالای سطح یاصفحه جمع کننده)برای سطح شیب داری است که روبه جنوب درنیمکره شمالی زمین) قرار گرفته است، ولی طول روز خورشیدی برای یک کلکتورافقی ویک کلکتور مستقیم، از طلوع یاغروب کامل خورشیداست .جریان الکتریکی تولید شده درسلول خورشیدی واقع دریک آرایه، به زاویه تابش نورخورشید برسطح سلول نیز بستگی دارد.درشکلزیر تغییرجریان خروجی یک سلول خورشیدی بههنگامتغییر درزاویه تابش نوربرآن مشاهده می‌شود.



شکل٧-١نحوه تغییر جریان سلول خورشیدی دراثر تغییر زاویه تابش نور خورشید بر سطح سلول

یک کلکتورافقی در فصل تابستان انرژی بیشتری نسبت به کلکتور شیب دارجذب می کندکه بهدلیل افزایش ارتفاع خورشیددر وسط روز است.اما همواره نور خورشیدزاویه داربرآن می‌تابد. بخصوص درزمان آغازو پایان روز،میزان انرژی تبدیل شده بسیارکم خواهد بود لذاطراحی خوبی برای یک آرایه خورشیدی نمی‌باشد.زاویه دارشدن کلکتورخورشیدی نسبت به افق, باعث افزایش درمیزان انرژی قابل جذب می‌شوداما چنانچه گفته شداین عیب رادارد که طول روز خورشیدی برای نوع کلکتور،از طول روزواقعی کوتاه‌تراست بخصوص در تابستان این اختلاف چشمگیر است و باعث کم شدن راندمان مبدل می‌شود.

موقعیت کشورایرانازنظرمیزان دریافت انرژی خورشیدی

کشورایران در بین مدارهای ۲۵ تا ۴۰ درجه عرض شمالی قرار گرفته است و در منطقه‌ای واقع شده که به لحاظ دریافت انرژی خورشیدی دربین نقاط جهان در بالاترین رده‌هاقرار دارد. میزان تابش خورشیدی درایران بین ۱۸۰۰ تا ۲۲۰۰ کیلووات ساعت بر مترمربع درسال تخمین زده شده است که البته بالاتراز میزان متوسط جهانی است.درایران به طور متوسط سالیانه بیش از ۲۸۰ روزآفتابی گزارش شده است که بسیار قابل توجه است.

پژوهش در انرژی خورشیدی نیاز به اندازه گیری دقیق منابع انرژی خورشیدی در روی کره خاکی می‌کند.این امر با خورشیدمتر (پایرومترpyranometer) انجام می‌شود.این دستگاه از سلول‌های ترموالکتریک کالیبره شده در زیر پوشش شیشه‌ای،تشکیل شده که دریچه آن به گنبد آسمان گشوده می‌شود.در این دستگاه ولتاژی متناسب با انرژی نور تابیده شده به آن تولید می‌شود سپس بصورت الکترونیکی ضبط خواهد شد.بیشتر خورشید مترها مجموع انرژی تابشی روی سطح افق را اندازه گیری می‌کنند اما برای اندازه گیری‌هایدقیق‌تر،تابش مستقیم و پراکنده از یکدیگر جدا می‌شوند و توسط محاسبات ریاضی می‌توان تابش روی سطوح عمودی و زاویه دار را محاسبه کرد.[1]

ساخت سلول خورشیدی در ایران

شرکت تولید فیبر نوری و برق خورشیدی(متعلق به شرکت مخابرات ایران) در اواخر سال ۱۳۶۷ و بعد از راه اندازی کارخانه تولید کابل نوری یزد طرح توجیهی فنی و اقتصادی تولید فیبر نوری در داخل کشور به مسئولین امر در وزارت پست و تلگراف و تلفن ارائه شد . این طرح در سال ۱۳۶۸ به تصویب رسید و مقرر شد شرکتی به این منظور تشکیل و اجرای طرح مذکور به عنوان هدف اصلی آن تعیین شود .

شرکت تولید فیبر نوری در سال۱۳۶۸ به ثبت رسید . در همین سال با کسب اطلاع از علاقه مندی شرکت مخابرات ایران برای استفاده از سیستم‌های برق خورشیدی (فتوولتائیک) ، امکان ساخت سلول و مدول خورشیدی در کشور مورد مطالعه قرار گرفت و با تهیه طرح توجیهی فنی و اقتصادی آن در سال ۱۳۶۹ مورد تایید مسئولین وقت وزارت پست و تلگراف و تلفن واقع شده و مسئولیت اجرای آن به عهده شرکت تولید فیبر نوری و برق خورشیدی تغییر یافت .

شرکت تولید فیبر نوری و برق خورشیدی در اردیبهشت ماه سال ۱۳۷۳ با حضور ریاست محترم جمهوری افتتاح و بهره برداری از کارخانجات تولید فیبر نوری و تولید سلول و مدول خورشیدی میسر گردید .[1]

سرمایه‌گذاری :

میزان سرمایه‌گذاری این شرکت برای کارخانجات تولید فیبر نوری و سلول و مدول خورشیدی ۹۹۴ میلیون ریال است که معادل ۲۰ میلیون دلار هزینه ارزی نیز در مبلغ سرمایه منظور شده است.

ظرفیت تولید :

ماشین‌آلات تولید فیبر نوری در بخش ساخت پیش سازه برای ظرفیت اسمی ۵۰ هزار کیلومتر فیبر نوری استاندارد در سه شیفت کاری طراحی شده‌اند و عملاً می‌توانند پیش سازه لازم برای ساخت ۳۰ هزار کیلومتر فیبر نوری استاندارد را تولید کنند.

ظرفیت اسمی تولید سلول خورشیدی ، ساخت ۲ میلیون و چهارصد هزار عدد سلول خورشیدی در سه شیفت کاری است و با احتساب بازده متوسط برای سلولها که ۱۲/۵ درصد است . معادل ۳ مگاوات پیک برق خورشیدی است.

ظرفیت تولید اسمی مدول خورشیدی در سه شیفت کاری ۶۰۰ و۶۶ دستگاه است که معادل ۳ مگاوات برق خورشیدی است.

افزایش بازده سلولهای خورشیدی در ایران

پژوهشکده سبز یکی از مراکز علمی وابسته به دانشگاه علم و صنعت ایران است. گروه انرژی‌های تجدید پذیر یکی از سه گروه فعال این پژوهشکده می‌باشد (دو گروه دیگر، گروه‌های انرژی و محیط زیست هستند). در این گروه بحث پیدا کردن جایگزین برای سوخت‌های فسیلی مطرح می‌باشد که هدف از آن پیدا کردن جایگزین مناسب برای انرژی‌های فسیلی است.

یکی از فعالیت‌های این گروه، افزایش راندمان سلولهای خورشیدی می‌باشد. این کار با کمک ردیاب‌های الکترونیکی (Electronical trackers) انجام می گیرد. شرکت فیبر نوری و برق خورشیدی واردکننده و تولید کننده سلولهای خورشیدی در ایران است. راندمان این سلولها در حدود ۱۰ درصد می‌باشد. پژوهشکده با اضافه نمودن سیستم ردیاب الکترونیکی موفق شده است که راندمان این سلولها را تا حداکثر ۱۸ درصد افزایش دهد. رسیدن به راندمان ۲۰ و ۲۲ درصد در مراحل بعدی مد نظر متخصصین پژوهکشده می‌باشد.[1]

هزینه تولید هر کیلووات برق از انرژی خورشیدی در کشور

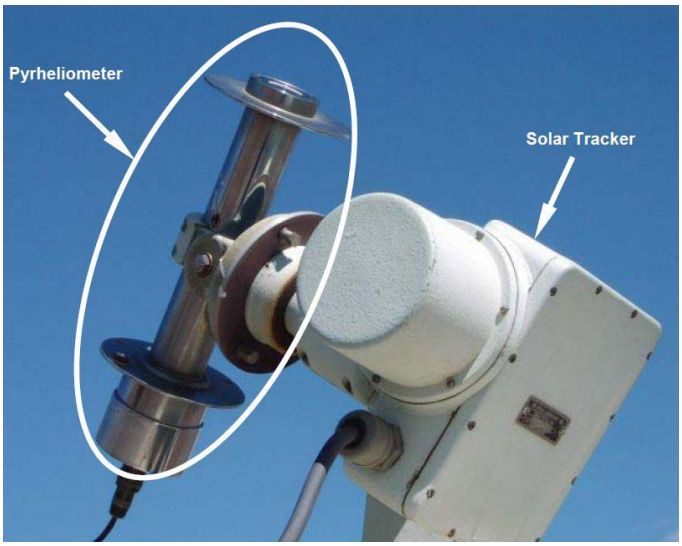
تولید هر کیلووات برق از انرژی خورشیدی در کشور ۵۰۰ تا ۱۹۰۰ ریال، برآورد شد. در حال حاضر تنها یک ژنراتور خورشیدی با ظرفیت ۲۵۰ کیلووات در شیراز وجود دارد.

همچنین استان‌های تهران و فارس دارای نیروگاه‌های فتوولتائیک با ظرفیت ۲ مگاوات هستند و ۲ کارخانه، در حال ساخت با همین منظور در طالقان و شیراز وجود دارند.

بر پایه گزارشات "پروژه بازنگری زیست محیطی انرژی در ایران" سایر روش‌های تولید انرژی در کشور کمتر از ۲۰۰ ریال برای هر کیلووات هزینه در بر دارد. اما به رغم پتانسیل بالایی که هزینه تولید انرژی از این راه دارد بازهم تولید انرژی از خورشیدی برای مناطق دور از دسترس که از جمعیت اندکی برخوردار هستند می‌تواند یک گزینه موثر باشد.[1]

شکل۸-۱پایرومتر سیاه و سفید[9]

برای گردآوری مقدار بیشینه انرژی،سطح کلکتور باید به سمت جنوب متمایل شود(با فرض اینکه در نیمکره شمالی قرار داشته باشد) و به سمت خورشید خم شود.میزان این خمش بستگی به عرض جغرافیایی و روزهای سال دارد.اگر زاویه خمش بین سطح گردآورنده و افق برابر عرض جغرافیایی باشد در این صورت و در ماه‌های فروردین و شهریور سطح گردآورنده عمود بر تابش خورشیدی خواهد بود.برای گردآوری بیشینه انرژی خورشیدی در تابستان زاویه خمش باید کمتر از عرض جغرافیایی باشد.[1]



شکل۹-۱پایرومتر با ردیاب[9]

جمع بندی

خورشید یک منبع عظیم انرژی است و انرژیآنتقریباً بی پایان است و در طول روز بدون هیچ هزینهای در اختیار ما قرار می‌گیرد.این انرژی یکی از پاک‌ترینانرژی‌هاست و می‌توان با مطالعات دقیق و محاسبات مهندسی از این انرژی به راحتی بهره جست.

خیلی از جاها دور از شبکه‌ی سراسری برق می‌باشند و امکانانتقال شبکه برق به محل مورد نظر یا وجود ندارد و یا صرفه‌ی اقتصادی ندارد اینجاست انرژی خورشیدی بیشتر خود را نشانمی‌دهد و مطرح می‌گردد.در این فصل مقدمه‌ای در مورد خورشید و نحوه‌ی گردش زمین به دور آن و زاویه‌ی تابش اشعه‌ی خورشید را مطرح کردیم تا در موقع نصب پنل ها زاویه متمایل شدن و جهت آنها به درستی رعایت شده و بیشترین انرژی خورشیدی را جذب نمایند.

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فصل دوم
آشنایی با سیستم‌هایفتوولتائیک

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

مقدمه

در فصل اول در مورد انرژی خورشیدی و اینکه بشر می‌تواندبهراحتی از این انرژی استفاده کند صحبت کردیم اما چگونه؟چگونه می‌توان این انرژی را به دام انداخت،ذخیره کرد و یا کلا بکار گرفت؟

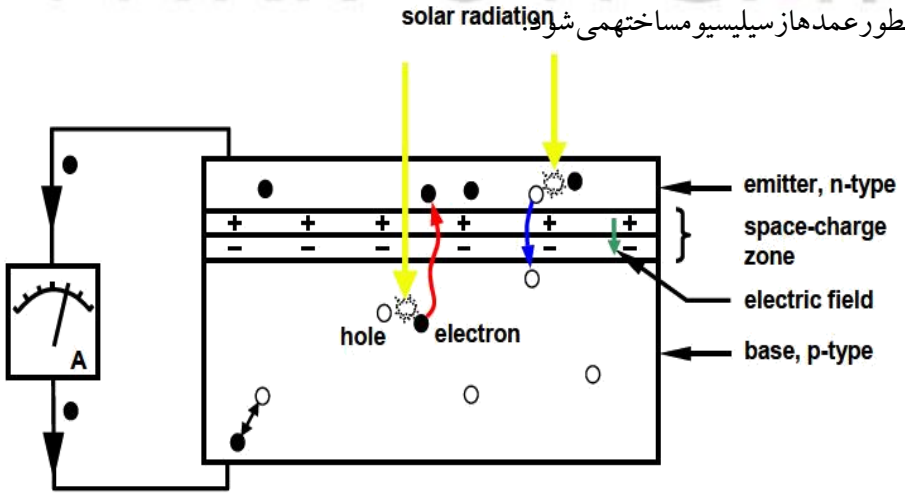
کاربرد انرژی خورشیدی به عنوان یک منبع انرژی برای مصارف بزرگ از امیدهای آینده است.اشکال بزرگ در کاربرد انرژی خورشیدی،متمرکز نبودن،تناوبی بودن و ثابت نبودن مقدار تشعشع خورشید می‌باشد.اگر وسیله‌ایجهت متمرکز نمودن آن تهیه گردد،به طوری که نوسانات آنتأثیر زیادی برروی‌آن نگذارد،خورشید به یک منبع انرژی بزرگ مبدل می‌گردد که تا قرن‌هامی‌تواندتأمین کننده نیاز انرژی بشر باشد.با توجه به وضع انرژی در جهان و رشد جمعیت و مصرف انرژی،اگر به طور هوشمندانه رفتار شود ملاحظهمی‌گردد خورشید تنها منبع انرژی است که به وفور و بصورت رایگان و در همه ادوار در اختیار بشر می‌باشد.

در این فصل با سیستم‌های فتوولتائیک یا پنل های خورشیدی آشنا می‌شویم.این پنل ها با قرارگیری مناسب در معرض اشعه‌ی خورشید انرژی‌آن را به الکتریسیته تبدیل می‌کنند در واقع پنل های خورشیدی از سلول‌های سیلیکونی ساخته می‌شوند و هنگامی که در معرض نور خورشید قرار می‌گیرند در اثر فعل و انفعالاتی در داخل آن حرکت الکترون‌ها را موجب شده و بدین طریق جریانDc را در خروجی این سلول و در کل آرایه‌ی فتوولتائیک خواهیم داشت.

سیستم‌های فتوولتائیک

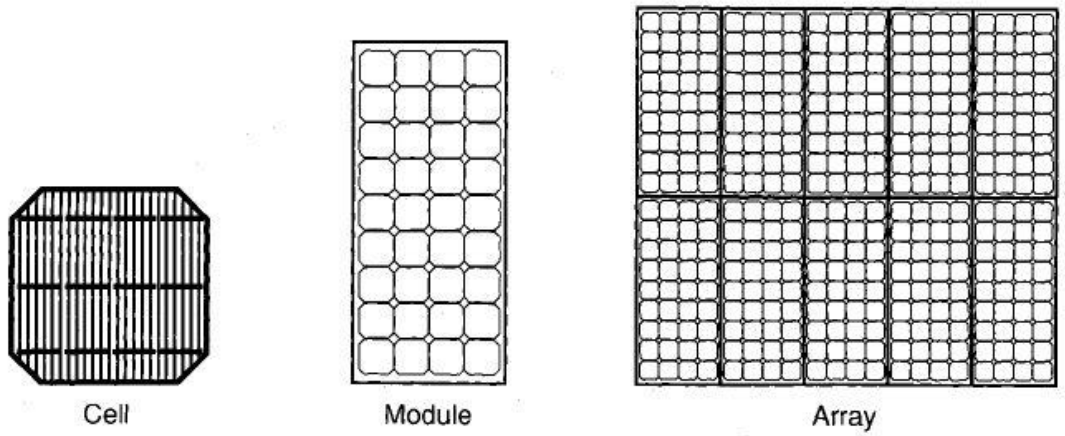
سیستم‌های فتوولتائیک یکیازپرمصرف‌ترینکاربردانرژینو می‌باشدوتاکنونسیستم‌هایگوناگونیباظرفیت‌هایمختلف ۰/۵واتتاچندمگاوات،درسراسرجهاننصبوراهاندازیشدهاستوباتوجهبهقابلیتاطمینانوعملکرداینسیستم‌ها هر روزهبرتعدادمتقاضیانآنهاافزودهمی‌شود.از اینرو مطالعات زیادی پیرامون سیستم‌های فتوولتائیک در حال انجام است.

فتوولتائیک از دو کلمه فوتو که در زبان یونانی به معنای نور می‌باشد و کلمه ولتائیک به معنای الکتریسیته گرفته شده است لذا فتوولتائیک به معنای الکتریسیته نوری می‌باشد.به پدیده‌ای که در اثر تابش نور بدون استفاده از مکانیزم‌های محرک،الکتریسیته تولید کند پدیده فتوولتائیک و به هر سیستمی که از این پدیده استفاده کند سیستم فتوولتائیک گویند.بهصفحهایکهانرژیتابشیخورشیدرابهانرژیالکتریکیتبدیلمی کند،سلولیاباطریخورشیدیمی گویند.سلول‌های خورشیدی بهطورعمدهازسیلیسیومساختهمی شوند.

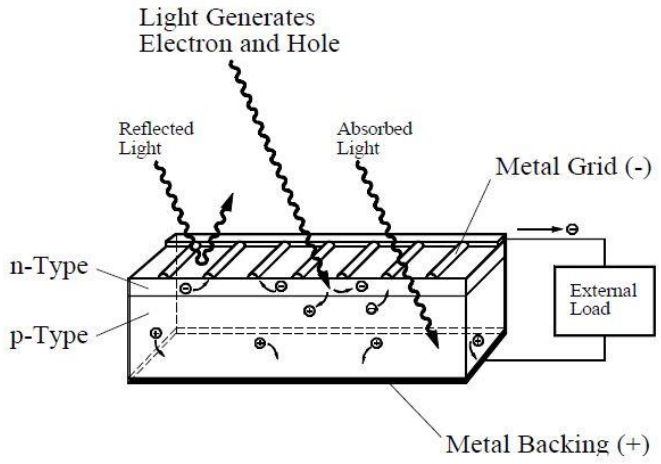


شکل ۱-۲ نحوه عملکرد یک سلول فتوولتائیک

این سلول‌هاکریستال‌های صافی هستند که از یک سری لایه نازک از جنس نیمه هادی ساخته شده‌اند که ویژگی‌های الکترونیکی متفاوتی دارند و این امر موجب پیدایش میدان‌هایالکتریکی قوی درون آنها می‌شود.هنگامی که نور وارد کریستال می‌شود،الکترون‌هایی که توسط نور تولید می‌شوندبه وسیلهاین میدان‌ها جدا و اختلاف پتانسیلی بین وجوه بالایی و پایینی سلول بوجودمی‌آید،در صورتی که مسیر مدار بسته شود آنگاه این اختلاف پتانسیل جریان مستقیمی را بوجودمی‌آورد.برای بدست آوردن ولتاژ و جریان مورد نظر سلول‌ها را با آرایش‌های مختلف به هم متصل کرده و بصورت ماژول درمی‌آورند.ماژول‌ها روی یک صفحه یا قاب فلزی(معمولاً آلمینیومی)نصب شده و پنل یا صفحه فتوولتائیک را تشکیل می‌دهند[1].

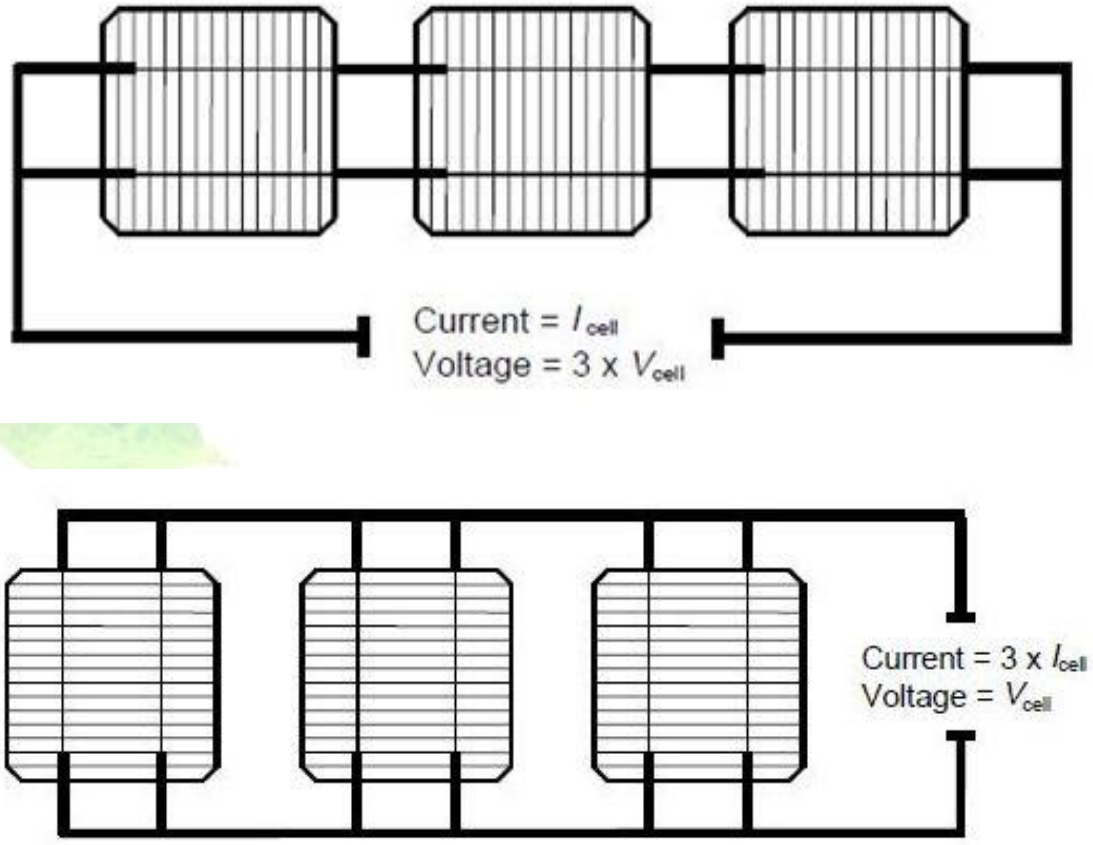


شکل۲-۲ سلول،ماژول و آرایه فتوولتائیک



شکل۳-۲ ساختار داخلی سلول فتوولتائیک

از سری و موازی کردن سلول‌هامی‌توان به جریان‌ها و ولتاژهای مورد نظر رسید.سلول‌های سری شده ولتاژ بیشتر را بدستمی‌دهند و همچنین سلول‌های موازی شده جریان بیشتری را تولید می کنند.

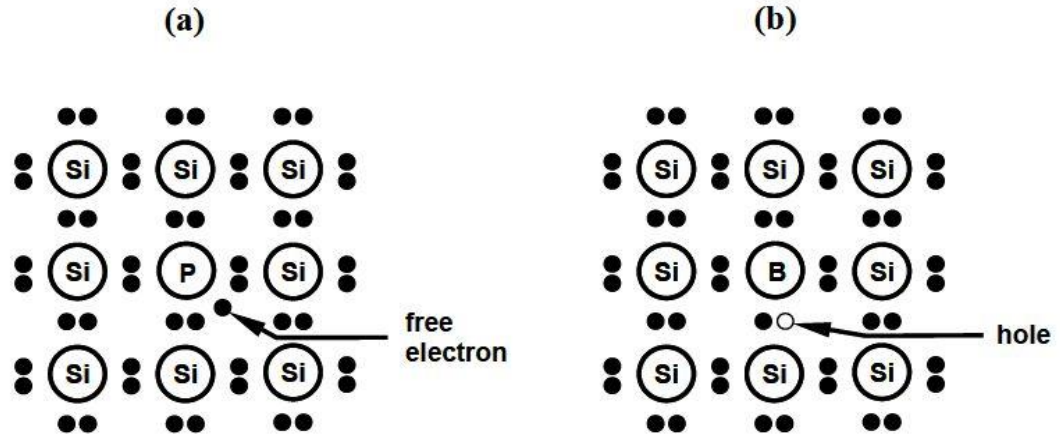


شکل ٤-۲ اتصال الکتریکی سلول‌هابصورت سری و موازی

امروزه این گونهسلول‌هامعمولاً از سیلیسیم تهیه می‌شوند و سیلیسیم مورد نیاز از شن و ماسه تهیه می‌شود که در مناطق کویری کشور به وفور یافت می‌شود.سیلیسیم یک نیمه هادی است که به طور خالص از نظر هدایت الکتریکی،هادی ضعیفی است ولی اگر در موقع پالایش،به آن فسفر اضافه شود،با منفی(الکترون) پیدا کرده و در صورتی که بور به آن اضافه شود،بار مثبت(حفره) پیدا می کند.نوع اول را سیلیسیم نوع N و نوع

دوم را نوع Pمی‌نامند.سیلیسیم دارای ۴ الکترون در مدار خارجی خود می‌باشد،هنگامی که اتم فسفر به داخل کریستال سیلیسیم وارد شود با توجه به اینکه فسفر دارای ۵ الکترون در مدار خارجی خود است ۴ الکترون مدار خارجی

فسفر با ۴ الکترون مدار خارجی سیلیسم یک مدار بوجود آورده و به این ترتیب یک الکترون بصورت آزاد باقی می‌ماند و نیمه هادی نوع Nبوجودمی‌آید و به همین ترتیب چنانچه به جای فسفر اتم بور را که دارای ۳ الکترون در مدار خارجی خود است به سیلیسیم اضافه کنیم یک حفره بوجودمی‌آید یعنی سیلیسیم بصورت مثبت باردار شده است در این هنگام کریستال نوع P را تشکیل داده‌ایم.



شکل۵-۲ نحوه تشکیل الکترون آزاد و حفره در ترکیب فسفر و بور با سیلیسیم

حال اگر یک طرف یک سیلیسیم نوعP را از نوع N باردار کنیم یک اتصال P-N به جود می‌آید.در طرف نوع Pحفره‌های آزاد و اتم بور با بار منفی و ساکن و در طرف نوع Nالکترون‌های آزاد و اتم‌های فسفر با بار مثبت وجود دارند.

حال اگر یک فوتون(ذره‌ای از نور) به اتصال P-N ما برخورد کند الکترون را از اتم سیلیسیم جدا کرده و در نتیجه حفره بوجودمی‌آورد.حفره‌ی مزبور تحت تأثیر میدان موجود به سمت ناحیه P و الکترون به سوی ناحیه

N حرکت کرده و این دو حرکت مخالف با بارهای مختلف،یک جریان الکتریکی بوجودمی آورند.با اتصال کنتاکت هایی به رویه‌های قطعات نیمه هادی،مداری تشکیل می‌شود که اجازه برگشت الکترون‌ها را به اتصال نوع P از میان یک بار خارجی را می‌دهد.

برای هر سلول فتوولتائیک یک جریان اتصال کوتاه و یک ولتاژ مدار باز تعریف می‌شود.تحت آزمایش‌هایی که در شرایط متفاوتی در تابش خورشید $۱۰۰۰w/m^2$ و با سلولی در دمای ۲۷ درجه سانتیگراد به عمل آمده مقدار جریان اتصال کوتاه بین ۱ الی ۱/۲ آمپر در هر سانتیمتر مربع سطح سلول،ولتاژ مدار باز در حدود ۰/۵۵ الی ۰/۷۷ ولت بدست آمده است.میزان افزایش و یا کاهش ولتاژ به ازای هر درجه سانتیگراد،برابر ۰/۲۲ ولت آزمایش شده است.از آنجایی که در روزهای صاف آفتابی به طور متوسط شدت تشعشع خورشید در حدود $۱۰۰۰w/m^2$و درجه حرارت متوسط ۲۷ درجه سانتیگراد می‌باشد،پس سلول‌های فتوولتائیک می‌توانند نتیجه مطلوبی در عملکرد خود داشته باشند.

مزایاومعایبسیستم‌هایفتوولتائیک

آلودگیهای زیست محیطی ناشی از سوخت‌های فسیلی و پایان پذیر بودن منابع آنها ،تلاش و تحقیقات وسیعی را در به‌کارگیریانواع دیگری از انرژی ،بخصوص انرژی‌های جدید،موجب شده است.انرژی خورشیدی به دلیل نا محدود بودن ،در دسترس بودن و سازگاری با محیط زیست موجب شده است سیستم‌های فتوولتائیک بیشترین بازار تجاری را در زمینه کاربرد انرژی‌های نو داشته باشد .

پاره‌ای از ویژگی‌ها و مزایایسیستم‌های فتوولتائیک که موجب گسترش استفاده از آن در کشور های مختلف شده است در زیر آمده است.

۱ـ بی نیازی به سوخت فسیلی

۲ـ حفظ محیط زیست و عدم ایجاد آلودگی

۳ـ طول عمر مفید بالا (بیش از ۲۰ سال)

۴ـ قابلیت اطمینان بالا به دلیل نداشتن بخش‌های متحرک مکانیکی

۵ـ پایین بودن احتمال بروز حوادث خطرناک مانند انفجار و آتش سوزی

۶ـ سهولت در نصب و راه اندازی و همچنین بی نیازی به تجهیزات پیچیده و نیروی انسانی متخصص

۷ـ قابلیت تغییر توان با افزایش و کاهش ظرفیت سیستم‌های فتوولتائیک در صورت نیاز با استفاده از افزودن یا کاستن تعداد ماژول‌هادر مقابل موارد ذکر شده بزرگترین عیب سیستم‌های فتوولتائیک برای استفاده از توان‌های زیاد، قیمت بالای آن در مقایسه با سایر منابع است. اگر چه با پیشرفت تکنولوژی هزینه سیستم‌های فتوولتائیک روز به روز کاهش می‌یابد ،ولی قبل از هر اقدامی تحقیق و بررسی در زمینه صرفه اقتصادی جهت به‌کارگیری هر یک از منابع لازم و ضروری است.

تاکنوناینسیستم‌هادرجهاناقتصادینشده‌اند،امامتخصصاندرتلاشبرایکاهشقیمتاینسیستم‌هاواقتصادینمودنآنهامی‌باش دامادربعضیازمکان‌هاکهفاصلهازشبکهسراسریبرقزیادبودهویاامکانسوخترسانینمی‌باشدویاصعب‌العبوراست.

مطالعات اقتصادی در مورد انواع سیستم‌های تجدید پذیر نشان می‌دهد که بر خلاف هزینه سرمایه گذاری نسبتاً بالا، قیمت برق تمام شده در بیشتر موارد برای نقاط دور از شبکه اقتصادی است.

ازآنجملهمی‌توانبه:

- روستاهایخارجازشبکه
- ماشینهایحملموادغذاییوفاسدشدنیبهویژهدرکشورهایآفریقاییکهمیزانتابشمناسبمی‌باشد

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

- کمپهایتفریحیخارجازشبکهسراسریبرق
- مراکزمخابراتیوایستگاههایهواشناسیو ... کهدرمکان‌هایصعب‌العبوروفاقدبرقمی‌باشند.

تکنولوژی‌های ساخت سلول‌های فتوولتائیک

برای ساخت این سلول‌ها سه نوع تکنولوژی ساخت وجود دارد که به شرح زیر می‌باشند:

۱)تکنولوژی تک کریستالی (Monocrystalline or single crystal)

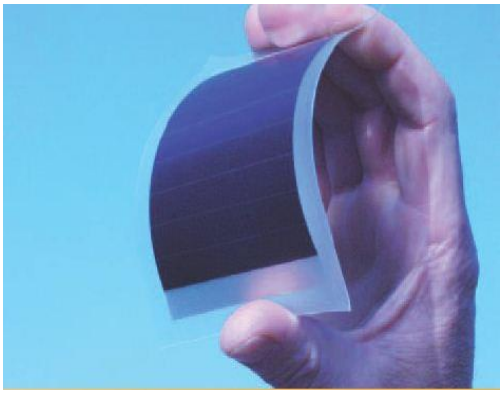
که در این حالت سلول خورشیدی در یک ورقه سیلیکونی کیفیت بالا ساخته می‌شود که در این سلول دارای بازده بیشتر نسبت به سلول‌های ساخته شده با تکنولوژی‌های دیگر است .

۲)تکنولوژی پلی کریستالی (Polycrystalline)

در این روش سلول از یک بلوک سیلیکونی چند کریستال کیفیت پایین ساخته می‌شود که بازده و قیمت کمتری دارد .

۳)تکنولوژی ورق _نازک (thin_film)

که سلول در چند پروسه مختلف ساخته می‌شود.این سلول‌ها بازده کمتری دارند ولی در عوض هزینه ساخت آنها بسیار کم است .[1]



برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

شکل۶-۲ سلول‌های سیلیکانی و ورق نازک

اجزای سیستم‌های فتوولتائیک

به خاطر وجود تغییر در میزان شدت تابش پرتوهای خورشیدی در طول روز و در فصول مختلف، یک باطری به منظور ذخیره کردن انرژی الکتریکی تولیدی توسط آرایه‌های فتوولتائیک و به عنوان یک عامل واسط بین آرایه‌های خورشیدی و مصرف کننده انرژی الکتریکی برای بهره‌وری بیشتر مورد نیاز می‌باشد. یک سیستم فتوولتائیک خورشیدی، در طول روز که تابش خورشید وجود دارد، پرتوهای خورشیدی را گردآورده و به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کند، ولی زمانیکه انرژی خورشیدی در حد اعلای خود موجود می‌باشد، بندرت اتفاق می‌افتد که دقیقاً منطبق با زمانی باشد که به انرژی الکتریکی نیز نیاز وافر باشد. پدیدار گشتن ابرها در آسمان نیز برای سیستم‌های فتوولتائیک مشکل ایجاد می‌کند و چنانچه ابری بودن آسمان چندین روز به درازا بکشد، انرژی الکتریکی در مقایسه با روزهای صاف آفتابی که خورشید شدت تابش بالائی دارد، میزان قابل ملاحظه‌ای کاهش پیدا خواهد کرد. واضح است در چنین روزهائی می‌توان از انرژی‌ای که در روزهای صاف آفتابی تولید و ذخیره شده، استفاده کرده و انرژی الکتریکی متمرکزی را تولید نمود بنابراین، اضافه کردن تجهیزات ذخیره‌سازی در سیستم‌های فتوولتائیک می‌تواند موجب افزایش قابلیت اعتماد سیستم برای تأمین مستمر انرژیالکتریکیگردد.معمولاً برای ذخیره‌سازی برق تولیدی در سیستم‌های فتوولتائیک با ظرفیت ۳ کیلووات به بالااز باطری استفاده می‌گردد ولی برخی از سیستم‌های کوچکترمانند پمپ کننده‌های کوچک، بدون ذخیره سازی باطری طراحی می‌شوند.

پیلیاباتری‌هایخورشیدیتنهامبدلانرژیتابشیخورشیدبهانرژیالکتریکیباجریانالکتریکیازنوعمستقیممی‌باشندوتوانایی ذخیرهسازیانرژیراندارند.

برق تولیدی باتری‌هاDCولتاژمعمولاً ۴۸یا۲۴ ولت است که با یک اینورتر Pure sine wave به ۲۳۰ ولتAC تبدیل می‌شود.

ازابزارذخیرهسازیدراینسیستم‌هااستفادهازباتری‌هایالکتروشیمیاییمی‌باشد.

از سری و موازی کردن سلول‌هایآفتابی می‌توان به جریان و ولتاژ قابل قبولی دست یافت. در نتیجه به یک مجموعه از سلول‌های سری و موازی شده پنل (مدول) فتوولتائیک گویند.

یک ماژولمی‌تواند متشکل از ۳۲ سلول خورشیدی با قطر ۷/۵ سانتیمتری دارای مشخصات الکتریکی: ولتاژ نامی ۱۲ ولت، جریان نامی ۱/۲ آمپر، قدرت پیک ۱۸ وات،باشد. راندمان ماژول‌ها با توجه به راندمان سلول‌های خورشیدی و برخی افت‌های دیگر از قبیل جاسازی سلول‌ها در سطح ماژول و اتصال الکتریکی آنها، حدود ۷ الی ۱۱ درصد در دمای ۲۸ درجه سانتی گراد و شدت تابش نور خورشید $۱۰۰mw/cm^2$ ،که به نام شرایط استاندارد خوانده می‌شود، می‌باشد.[1]

وبهمجموعهپنلهای فتوولتائیک،یکآرایهخورشیدیگفتهمی‌شود.جریانالکتریکیحاصلازپنلهایفتوولتائیکازنوعجریانوولتاژمستقیم می‌باشد(DC) .

با توجه به توضیحات فوق سیستم‌های فتوولتائیک از اجزای زیر تشکیل شده‌اند:

- سلول‌های خورشیدی
- ماژول‌ها
- آرایه‌ها
- رگولاتور ولتاژ و کنترل کننده‌ها

- باتری‌های ذخیره ساز انرژی الکتریک

سلول خورشیدی

اندازه سلول خورشیدی می‌تواند با توجه به کاربرد موردنظر به نحو مطلوب انتخاب گردد.اندازه سلول از چندین میلیمتر مربع برای کاربرد های الکترونیکی مصرفی از قبیل ماشین حساب‌های جیبی،ساعت مچی و غیره تا اندازه استاندارد فعلی ۱۰×۱۰ سانتی متر مربع تغییر می کند(یک سلول خورشیدی با این اندازه چنانچه مستقیماً در معرض تابش نور خورشید قرار گیرد،قدرتی نزدیک به ۱/۵ وات می‌تواند تولید نماید).

شکل این سلول‌هامعمولاً مربع مستطیل می‌باشد ولی شکل‌های دیگری همچون دایره،نیم دایره و یا اشکال دیگر نیز تولید می گردد.این سلول‌ها بسیار نازک بوده و ضخامتی در حدود ۰/۳ میلیمتر دارند.

نکته‌ای که بسیار حائز اهمیت می‌باشد این است که با افزایش شدت تابش پرتوهای خورشیدی،میزان قدرت الکتریکی خروجی نیز افزایش می‌یابد و همچنین با افزایش دما،قدرت خروجی از سلول کاهش پیدا می کند.این کات باید در هنگام طراحی مورد توجه مهندسین قرار گیرد.با توجه به این امر راندمان ایده آل یک سلول در حدود ۳۰ درصد می‌باشد(راندمان سلول‌های خورشیدی عبارتست از نسبت انرژی تابیده شده به انرژی الکتریکی تولید شده که بر حسب جنس سلول و طراحی آن متغیر می‌باشد).

روش‌های افزایش راندمان سلول‌ها را می‌توان در نکات زیر خلاصه کرد:

- اتصالات الکتریکی سلول‌ها چنان طراحی شوند که حداکثر نور به نیمه هادی‌ها برسد.
- پنل خورشیدی طوری و با زاویه‌ای در مقابل نور خورشید نصب شود که حداکثر نور در طول روز به آن برسد.
- استفاده از موادی که جذب کننده مناسبی برای نور خورشید باشند،بدینوسیله برخورد موثر فوتون صورت گرفته و امکان آزادسازی الکترون حداکثر می گردد.

- نصب یک فواره‌ی آب در کنار سایت نصب پنل ها به طوری که می‌دانیمفواره‌ها هوای اطراف خود را بسیار خنک می‌کنند که این امر از پایین آمدن راندمان پنل ها هنگام افزایش درجه حرارت هوا جلوگیری می‌کند(روش ارائه شده توسط گردآورنده‌ی این پروژه).

توضیح اضافی : می‌توان پنل ها را در صورت امکان در مزرعه نصب کرد که فواره علاوه بر آبیاری مزرعه به خنک سازی پنل ها نیز کمک شایانی می‌کند.

ماژول‌ها

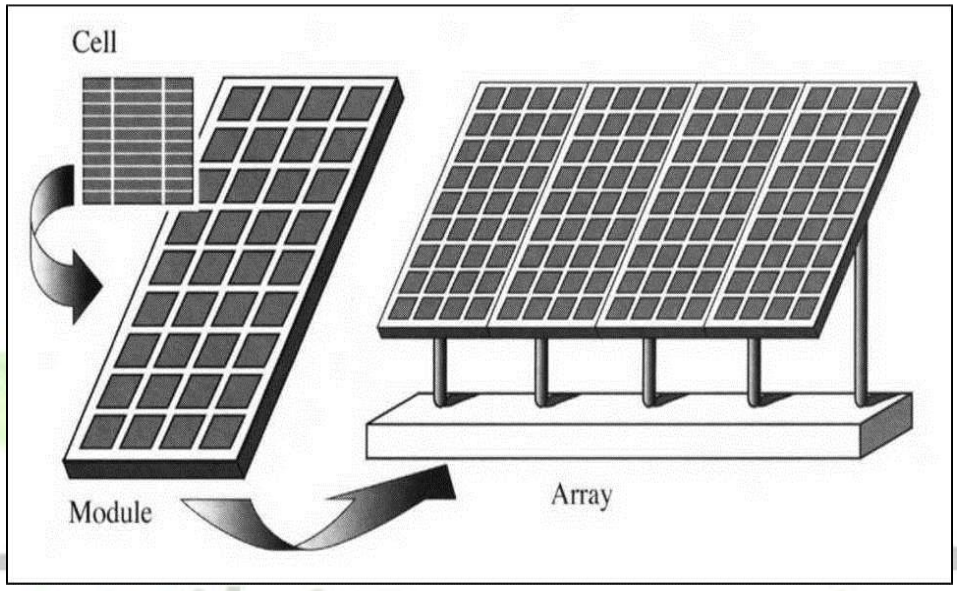
هر ماژول فتوولتائیک از تعدادی سلول خورشیدی تشکیل شده که به طور الکتریکی به یکدیگر اتصال داشته و در داخل یک قاب نگهدارنده جاسازی و محافظت می‌گردد.

یک ماژول معمولاً از ۲۰ الی ۴۰ سلول که بصورت سری و موازی به هم متصل شده‌اند،ساخته می‌شود.تعداد سلول‌های مورد نیاز در هر ماژول با توجه به قدرت الکتریکی درخواستی مشخص و در داخل قاب فلزی که کاملاً نفوذ ناپذیر است،قرار می‌گیرند.در حال حاضر ماژول‌هایی از نوع سلول‌های کریستال سیلیکون،در ولتاژ و جریان‌های الکتریکی متفاوت و در اندازه‌های فیزیکی ۲۰۰ تا ۸۰۰ سانتیمتر مربع ساخته شده است.

یک ماژول می‌تواند متشکل از ۳۲ سلول خورشیدی با قطر ۷/۵ سانتیمتری دارای مشخصات الکتریکی : ولتاژ نامی ۱۲ ولت،جریان نامی ۱/۲ آمپر،قدرت پیک ۱۸ وات باشد.راندمان ماژول‌ها با توجه به راندمان سلول‌های خورشیدی و برخی افت‌های دیگر از قبیل جاسازی سلول‌ها در سطح ماژول و اتصال الکتریکی آنها،حدود ۷ الی ۱۱ درصد در دمای ۲۸ درجه‌ی سانتیگراد و شدت تابش نور خورشید ۱۰۰ میلی وات بر سانتی متر مربع که به نام شرایط استاندارد خوانده می‌شودمی‌باشد.

آرایه‌ها

آرایه‌های فتوولتائیک عبارت است از مجموعه ماژول‌های فتوولتائیک و اسکلت نگهدارنده ی خود ایستائیست که روی آن ماژول‌ها به طریقی مکانیکی و الکتریکی سوار می‌شوند.قطعاتی که برای تهیه‌ی ترکیب نگهدارنده استفاده می‌شوندمعمولاً از جنس فولاد گالوانیزه،آلومینیوم و یا چوب‌های مقاوم شده به طریق شیمیایی می‌باشند.



شکل۷-۲ سلول،ماژول و آرایه و نحوه قرارگیری آنها کنارهم

برای زیر سازی و فونداسیونآرایه‌هامعمولاً از بتن استفاده میگردد.طراحی اسکلت نگهدارنده ی ماژول‌ها باید به نحوی انجام گیرد تا آرایه‌ها بتوانند در برابر حداکثر نیروهای باد که در منطقه محل استقرار پیش بینی می‌شوند مقاومت نمایند.

در رابطه با بهره گیری از آرایه‌های فتوولتائیک موارد زیر باید مدنظر قرار بگیرند:

- استفاده از یکی از دو نوع آرایه‌های ردیاب آفتاب یا آرایه‌های ثابت: انتخاب آرایه‌هابصورت ثابت و یا ردیاب آفتاب از جمله مسائلی است که طراحی سیستم فتوولتائیک از ابتدا با آن روبروست.آرایه

های ردیاب به نحوی تنظیم می‌گردند که آرایه‌ها همواره بر خط فرضی تابش پرتوهای خورشید،عمود بوده و در کلیه زمان‌ها بالاترین شدت تابش خورشید را دریافت دارند.برای نیل به این منظور حرکت بطئی زاویه‌ایآرایه‌ها باید توسط مکانیزم‌های متحرک کنترل شوند.این آرایه‌هامعمولاً نسبت به آرایه‌های ثابت از پیچیدگی بیشتری برخوردار می‌باشند.آرایه‌های ثابت معمولاً در جهت شرقی-غربی نصب می‌شوند و از نظر مکانیکی ساده‌تر از آرایه‌های ردیاب می‌باشند.براساس مطالعاتی که انجام گرفته پیش بینی میگردد که آرایه‌های ردیاب بالغ بر ۳۰ درصد بیشتر از آرایه‌های ثابت انرژی الکتریکی تولید کنند.گرچه این مطالعات برروی تعداد کمی از سلول‌های خورشیدی انجام گرفته ولی احتمالاً نتایج حاصله مستقل از اندازه‌یآرایه‌هامی‌باشد.بنابراین در طراحی سیستم‌های فتوولتائیک باید در نظر داشت که به‌کارگیریمکانیزم‌های متحرک و کنترل آنها در آرایه‌های ردیاب و یا افزایش تعداد آرایه‌های ثابت به منظور تولید همان مقدار انرژی الکتریکی،کدامیک مقرون به صرفه است.

- طراحی آرایه‌ها

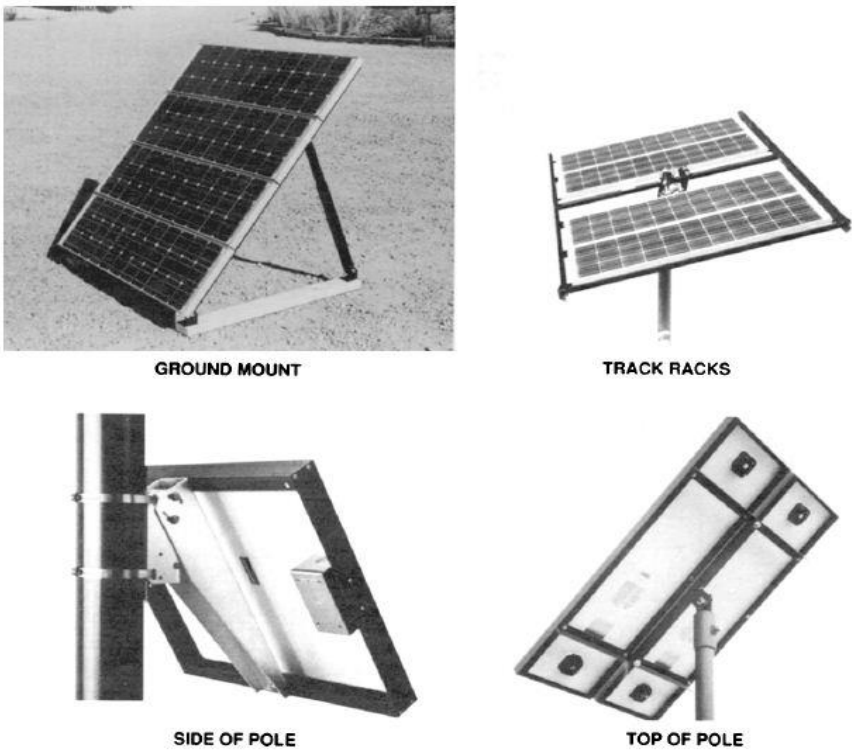
طراحی آرایه‌ها به دو صورت زیر انجام می گیرد:

۱) آرایه‌های مسطح که در آنها سلول‌های خورشیدی با استفاده از مواد مناسب و معمولاً غیر شکننده به هم متصل می گردند.

۲) آرایه‌های متمرکز کننده که در آنها با استفاده از روش‌های مناسبی از جمله عدسی‌ها،آئینه های سهموی و غیره.پرتوهای خورشیدی برروی‌سلول‌های فتوولتائیک متمرکز میگردد.

در حال حاضر استفاده از آرایه‌های مسطح نسبت به نوع متمرکز کننده رواج بیشتری دارد ولی تحقیق در کاربرد آرایه های متمرکز کننده و افزایش بهره وری آنها در مراکز تحقیقاتی دنیا در حال پیگیری است.

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

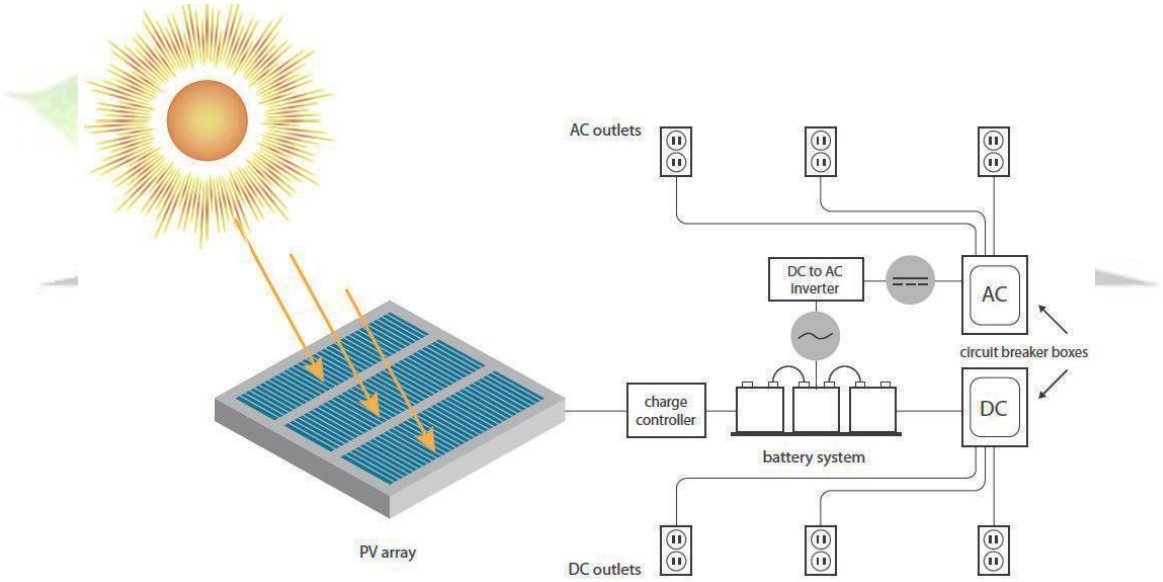


شکل۸-۲ پایه‌های مختلف برای استقرارآرایه‌ها

شکل۹-۲ نمایی نزدیک از یک آرایه ردیاب اشعه خورشید

تنظیم ولتاژ و کنترل سیستم

با توجه به اینکه برق تولیدی آرایه‌های فتوولتائیک از نوع جریان مستقیم می‌باشد،بنابراین لازم است تا خروجی مزبور به برق با جریان متناوب و با ولتاژ،فرکانس و فاز مناسب برای اتصال به شبکه برق و یا بار محلی تبدیل گردد.این عمل توسط دستگاهی بنام اینورتر انجام می‌گیرد.در صورت تغییر شدت تابش پرتوهای خورشیدی در دمای محیط،ولتاژ خروجی از آرایه‌های فتوولتائیک نیز تغییر می‌کند.بنابراین لازم است در سیستم‌هایی که دارای ذخیره سازی باتری می‌باشند ولتاژ خروجی از آرایه‌ها تنظیم گردیده تا از شارژ شدن بیش از حد باتری جلو گیری به عمل آید.در این مورد از مبدل یا کانورتر استفاده می‌گردد.



شکل ۱۰-۲ نحوه اتصال آرایه‌ها به مصرف کننده و بانک باتری

ذخیره سازی انرژی الکتریکی در باتری‌ها

بهخاطر وجود تغییر در میزان شدت تابش پرتوهای خورشیدی در طول روز و در فصول مختلف،یک باتری به منظور ذخیره کردن انرژی الکتریکی تولیدی توسط آرایه‌های فتوولتائیک و به عنوان یک عامل واسط بین آرایه‌های خورشیدی و مصرف کننده انرژی الکتریکی برای بهره وری بیشتر مورد نیاز می‌باشد.یک سیستم فتوولتائیک خورشیدیدر طول روز که تابش خورشید وجود دارد،پرتوهای خورشیدی را گردآورده و به

انرژی الکتریکی تبدیل می کند،ولی زمانی که انرژی خورشیدی در حد اعلای خود موجود می‌باشد،بندرت اتفاق می‌افتد که دقیقاً منطبق با زمانی باشد که به انرژی الکتریکی نیز نیاز وافر باشد.پدیدار گشتن ابرها در آسمان نیز برای سیستم‌های فتوولتائیک مشکل ایجاد می کند و چنانچه ابری بودن آسمان چندین روز به درازا بکشد،انرژی الکتریکی در مقایسه با روزهای صاف آفتابی میزان قابل ملاحظه‌ای کاهش پیدا خواهد کرد.واضح است در چنین روزهایی می‌تواناز انرژی‌ای که در روزهای آفتابی تولید و ذخیره شده،استفاده کرده و انرژی الکتریکی متمرکزی را تولید نمود.بنابراین اضافه کردن تجهیزات ذخیره سازی در سیستم‌های فتوولتائیک می‌تواند موجب افزایش قابلیت اطمینان سیستم برای تأمین مستمر انرژی الکتریکی گردد.معمولاً برای ذخیره سازی برق تولیدی در این سیستم‌های فتوولتائیک با ظرفیت بیش از ۳ کیلووات به بالا از باتری استفاده می گردد.ولی برخی از سیستم‌هایکوچک‌تر مانند پمپ کننده‌های کوچک،بدون ذخیره سازی باتری طراحی می‌شوند.

نکاتی که در سیستم‌های فتوولتائیک لازم است به دقت رعایت شوند این است که سایت‌های خورشیدی جهت نصب پنل های فتوولتائیک باید با معیارهای لازم فیزیکی هم‌خوانی داشته باشند،از جمله اینکه آنها(در نیمکره شمالی)رو به جنوب باشند.ساختار نصب سلول‌های فتوولتائیک دارای زاویه خاصی است که این زاویه با توجه به عرض جغرافیایی محل موردنظر،شیب محل و زمانهایی که نور خورشید بیشتر است و نیز با توجه به توان مورد نیاز مصرف کننده بدستمی آید.اگر محل مورد نظر دارای شیب باشد زاویه باید با توجه به شیب در نظر گرفته شود مثلاً اگر شیب محل مورد نصب ۲۵ درجه و عرض جغرافیایی محل ۵۰ درجه باشد،سلول‌های فتوولتائیک باید با زاویه‌ای برابر تفاضل این دو مقدار یعنی ۲۵=۲۵-۵۰ درجه نصب شوند.همچنین به خوبی در معرض آفتاب قرار داشته باشند(آفتاب گیر باشند) و فضای لازم برای نصب پنل ها داشته باشند.[9]

وزش باد در تابستان به کاهش دمای پنل ها کمک کرده و باعث افزایش راندمان آنها می‌شود.با توجه به تأثیر سایه در کاهش تولید سلول‌های فتوولتائیک،لازم است تا حد ممکن از ایجاد سایه برروی پنل ها توسط عوامل مصنوعی و طبیعی جلوگیری شود.مهم است بدانیم حتی اگر یک سلول در سایه قرار گیرد،خروجی کل ماژول تحت تأثیر قرار می گیرد و به میزان چشم گیری کاهش می‌یابد.

افزایش دما باعث افزایش مقاومت و کاهش ولتاژ در سلول‌های سیلیکونی و همچنین کاهش قدرت جذب سلول و در نتیجه کاهش جریان تولیدی و در نهایت کاهش راندمان می‌شود.

انواعکاربردهایسیستمهایفتوولتائیک

انرژی خورشید یکی از منابع تولید پراکنده می‌شود و همان طور که قبلاً اشاره شد بصورت های مختلف جهت تولید انرژی الکتریکی استفاده می‌شود.سلول‌های خورشیدی می‌تواند در حالت‌های مختلف نصب شود و بسته به اینکه به شبکه وصل باشد و یا نه ساختار متفاوت و کاربرد متفاوتی دارد.از جمله شکل‌های مورد استفاده بصورت زیر می‌باشد:

WikiPower.ir

- سیستم‌های مستقل
- سیستم‌های متصل
- سیستم‌های هیبرید

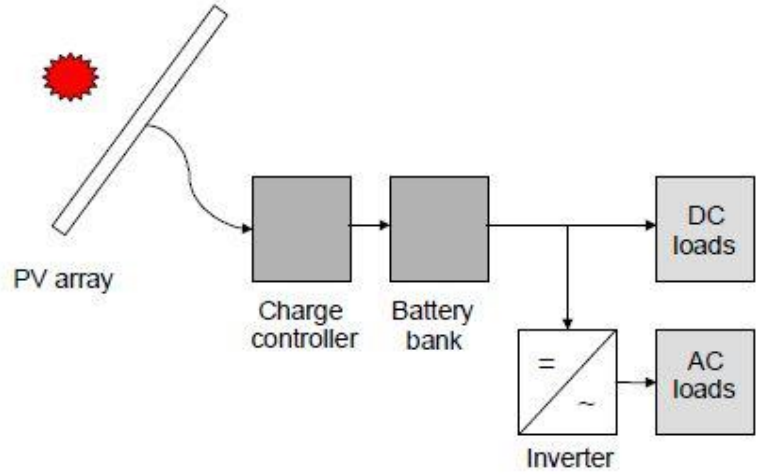
سیستم‌هایمستقلازشبکهسراسریبرق(Stand Alone)

سیستم‌هایمستقلبهسیستمهاییگفتهمی‌شود کهانرژیموردنیازبهطور کاملازطریقپنلهایخورشیدیتأمینمی گرددونیازبه شبکهسراسریبرقویامنبعتغذیهدیگرینمی‌باشد.

سیستم‌های مستقل از شبکه جهت تأمین برق مورد نیاز برای یک مصرف کننده و یا یک محل که در ان مصرف کنندگان بصورت پراکنده یا مستمر نیازمند برق هستند استفاده می‌شود.امروزه در جهان کاربرد های وسیعی برای استفاده از سیستم‌های فتوولتائیک پیش بینی شده است که تأمین برق آنها از طریق شبکه عمومی و یا استفاده از دیزل ژنراتورها مقرون به صرفه نیست،از آن جمله می‌توان بسیاری از ایستگاههای مخابراتی،تلویزیونی،رادار و اطلاع رسانی، ایستگاهای بین راهی ،حوضچه‌های پرورش ماهی،تأمین برق عشایر،پایگاههای نظامی و پست‌های مرزی که در نقاط دور ،صعب‌العبور و همچنین استراتژیک ایجاد می‌شوند را نام برد.از دیگر موارد استفاده این سیستم می‌توان به روستاهای کم جمعیت و دور از دسترس،سیستم‌هایآبیاری هوشمند،پمپهای آب کشاورزی وشرب،کمپها و سایتهای موقت که برای عملیات اکتشاف ایجاد می گردند را می توان نام برد.

درسیستم‌هایمستقلتنهامنبعتأمینکنندهانرژیسیستمفتوولتائیکاست همانطور که در بلوک دیاگرام زیر می‌بینیم آرایه خورشیدی مستقیماً بار را تغذیه می کند.

WikiPower.ir



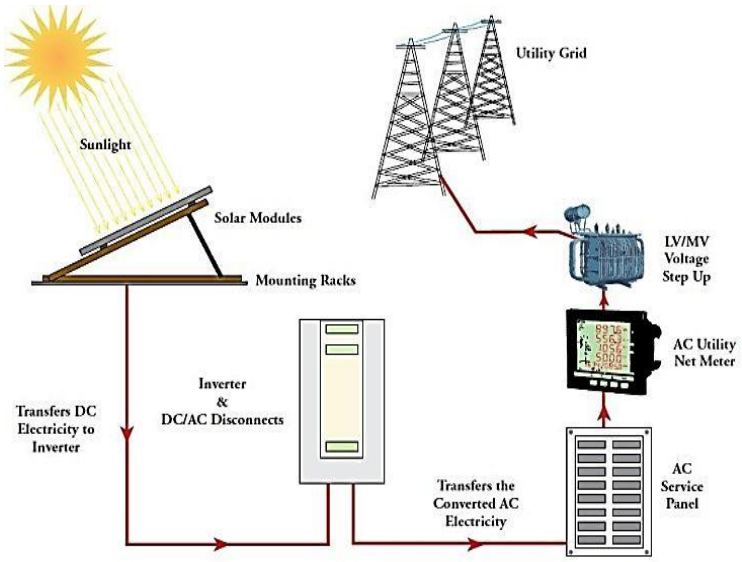
شکل ۱۱-۲ دیاگرام سیستم فتوولتائیک مستقل از شبکه سراسری

سیستم‌هایمتصلبهشبکهسراسریبرق(Grid Connected)

سیستم‌هایمتصلبهسیستمهاییگفتهمی‌شودکهانرژیالکتریکیحاصلازپنلهایخورشیدیمستقیماًبهشبکه سراسریبرقتزریقمی‌گردد . درواقعدراینوعسیستمضمنتزریقانرژیالکتریکیبهشبکهسراسریبرقازمزایایشبکهبرقنیز استفادهمی‌گردد.اهمیت این نوع از سیستم‌ها به حدی است که نیروگاههایی با توان بیش از چند مگاوات در سراسر جهان توسط این سیستم‌ها احداث گردیده‌اند جبران افت ولتاژ خط انتقال از مهم‌ترین خواص این سیستم می باشدکه در حال حاضر با صرف هزینه زیادی عمل جبران سازی انجام می‌گیرد.از نظر تأثیر بر سیستم قدرت، ضریب توان واحد های تولید فتوولتائیک تقریباً برابر یک می‌باشدبررسی‌ها نشان می‌دهد که در بعضی از مواقع وجود تنها ۱۰ درصد توان تولید این واحدها ،در بعضی از باسها در سیستم توزیع مانع از وارد شدن خازنها در سیستم برای اصلاح پروفیل ولتاژمی‌شود.

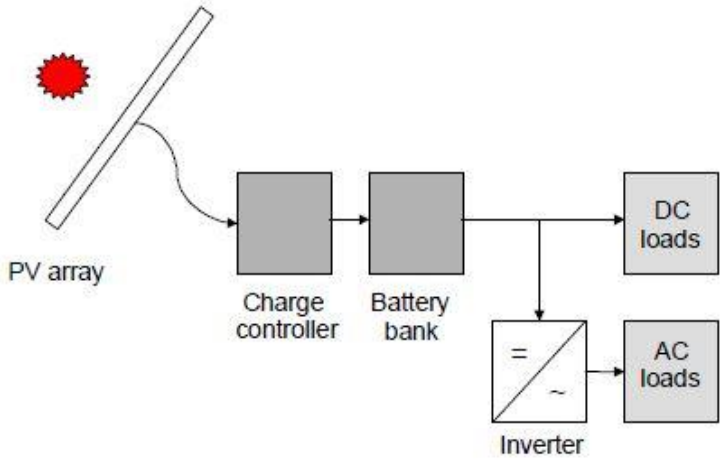
سیستم‌های متصل به شبکه در دو حالت زیر بار را تغذیه می کنند :

الف) بار AC و اتصال به شبکه



شکل۱۲-۲ دیاگرام سیستم فتوولتائیک متصل به شبکه که بار ACرا تغذیه می کند

ب) بار AC و DCواتصال بهشبکه



شکل ۱۳-۲ دیاگرام سیستم فتوولتائیک متصل به شبکه که بار AC وDC را تغذیه می کند

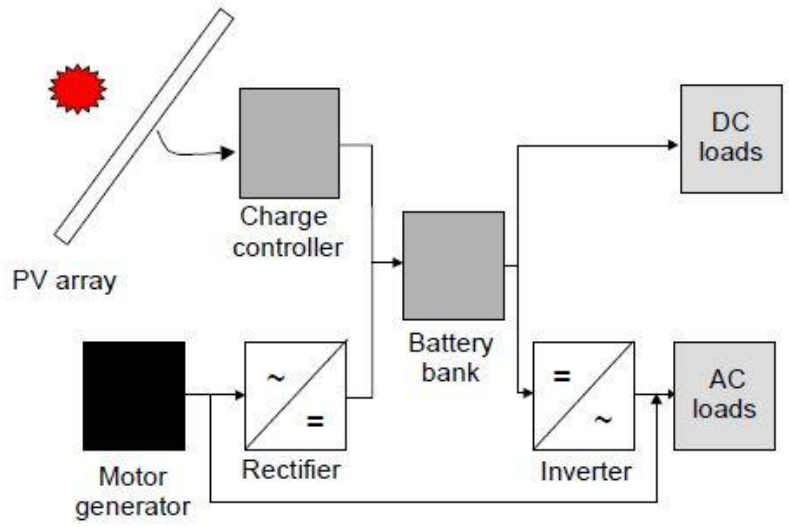
سیستم هایهیبرید

سیستم هایهیبرید بهسیستمهاییگفتهمی شود کهازچندمنبعتغذیهبرایتأمینانرژیالکتریکیموردنیازاستفادهمی گرددو سیستمفتوولتائیکیکیازمنابعتغذیهاصلیمی باشد.

ازجملهمنابعتأمینکنندهانرژیدیگریکهدراینمجموعهاستفادهمی گردند شبکهبرقاسریبرق،دیزلژنراتور،توربینهایبادیو...می باشند (دراینمدل،براساسموقعیتونیازباراستفادهازهریکازمنابع تغذیهمذکور،اولویتبندیو کنترلمی گردند).

درسیستم هایهیبریدمنابعتأمینکنندهانرژیچند گانهودرصورتقطعهر کداماز منبعدیگراستفادهمی گردد .

دراینمدلاحتمال قطعبرقبهحداقلمی رسد.

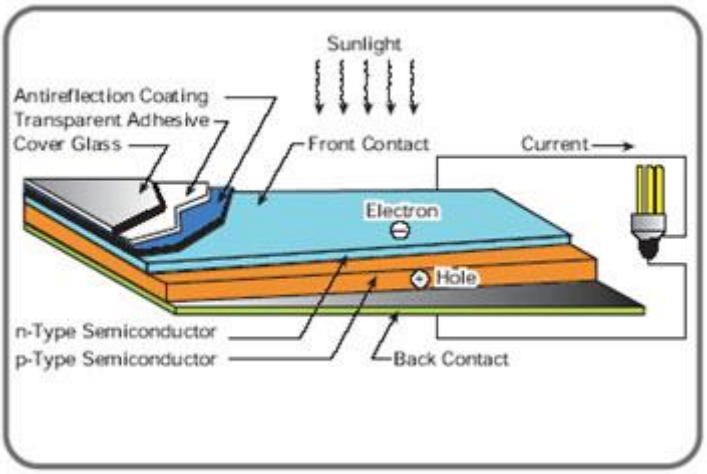


شکل۱٤-۲ دیاگرام سیستم فتوولتائیک هیبرید ترکیب شده با دیزل ژنراتور

پرسش و پاسخ

سوال ۱ - سلول‌های خورشیدی چگونه برق تولید می کنند؟

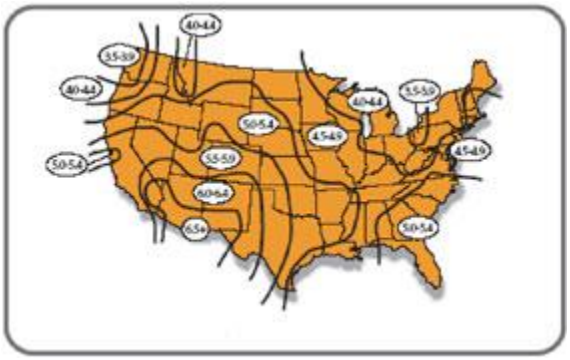
سلول‌هایفتوولتائیک به عنوان تولید کننده مستقیم جریان DC به وسیلهنور خورشید می‌باشند. وقتی فوتون های نور به سلول خورشیدی برخورد می‌کنند بهالکترون‌های آزاد در کریستال سیلیکون برخورد نموده و آن‌ها را به مدار خارجی(باتری، اینورتر و...) می راند و از سوی دیگر به سلول وارد شده تا این فرایند دوبارهتکرار شود. ولتاژ خروجی حاصل از یک کریستال حدود ۰/۵ ولت بوده که به طور مستقیم بامساحت سطح سلول و تقریباً ۷ آمپر به ازای یک سلول با ۶ اینچ مربع مساحت که از چندکریستال چند لایه ساخته شده متناسب می‌باشد. به طور نمونه ۳۰ تا ۳۶ سلول به طور سریدر هر ماژول خورشیدی متصل می‌شوند که تولیدی برابر ۱۷ ولت در حداکثر قدرت (با خروجیاسمی ۱۲ ولت) خواهد داشت. با اتصال ماژول‌هابصورت سری یا موازی یک آرایه خورشیدیایجاد خواهد شد.



شکل ۱) چگونگیتولید برق توسط سلول خورشیدی

سوال ۲ - آیا سلول‌های خورشیدی در هر نقطه‌ای کار می‌کنند؟

سلول‌های خورشیدی در همه نقاط کار می‌کنند و در بعضی نقاط بهترکار می‌کنند. تابش خورشید پارامتری برای اندازه گیری قدرت خورشیدی بر روی سطح زمینبوده و حداکثر آن حدود ۱۰۰۰ وات بر متر مربع می‌باشد. با یک راندمان معمولی حدود ۱۴تا ۲۰ درصد برای سلول خورشیدی می‌توان انتظار داشت حدود ۱۴۰ الی ۲۰۰ وات بر مترمربع سلول‌ها در خورشید کامل تولید گردد. مبنایی برای اندازه گیری انرژی در دسترسخورشید بر حسب ساعات تابش کامل خورشید (مثلاً ۴ ساعت در روز در تابش ۱۰۰۰ وات بر مترمربع) می‌توان بیان نمود. بعضی بخش‌ها در زمین نور بیشتری نسبت به نقاط دیگر دریافتمی‌نمایند. بنابراین نقشه نواحی تابش خورشید یک ایده کلی از میزان انرژی منتقل شدهدر هر منطقه، در ساعات حداکثر تابش خورشید در روز ارائه می‌نماید .



شکل ۲) یکنمونه نقشه ناحیه بندی تابش خورشید

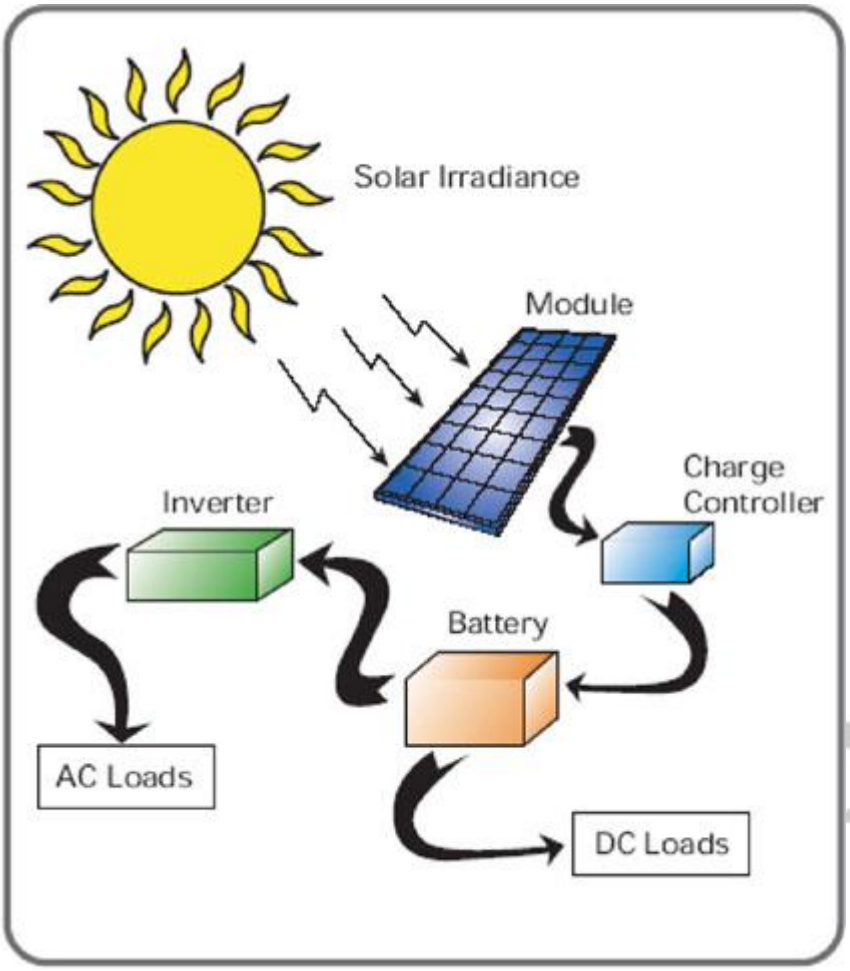
سوال ۳ - برای یک خانه با ۲۰۰۰ فوت مربع مساحت هزینه استحصال انرژیخورشیدی چقدر است؟

به دلیل این که محاسبه این هزینه به مصرف روزانهانرژی و چگونگی دریافت انرژی از خورشید بستگی دارد متوسطی برای هزینه نمی‌تواناعلام نمود. لازم است بدانیم روزانه چه مقدار انرژی مصرف می‌نماییم. اگر محل مسکونیبه شبکه سراسری متصل شده است به طور ساده می‌توانبصورتحساب ماهانه توجه نمود وگرنه با تکمیل فرم مصرف کننده‌های مربوطه مقدار انرژی مورد نیاز جهت استفاده ازانرژی خورشیدی قابل محاسبه می‌باشد.

سوال ٤ - چه مؤلفه هایی در یکسیستم off-grid لازم می‌باشد؟

مؤلفه‌های بسیاری برای تکمیل یک سیستمانرژی خورشیدی وجود دارد ولی چهار مورد ماژول خورشیدی، کنترلر شارژ، باتری واینورتر از اساسی‌ترینمؤلفه‌ها هستند. ماژول‌های خورشیدی به طور فیزیکی بر رویاستراکچرهایی نصب شده و برق DC تولید شده به کنترلر شارژ قبل از ذخیره شدن در باتریوارد می‌شود. دو وظیفه اصلی کنترلر شارژ جلوگیری از اضافه شارژ در باتری و نیز حذفجریان معکوس از باتری به ماژول در هنگام شب می‌باشد. باتری‌ها وظیفه ذخیره انرژی کهتوسط سلول‌ها در روز تولید شده را برای استفاده در

هر موقعیت دارند. باتری‌ها دراندازه‌ها و گریدهای مختلف تولید می‌شوند. اینورتر انرژی DC ذخیره شده در باتری‌هارا به برق متناوب ۱۲۰ یا ۲۴۰ ولت AC تبدیل می‌نماید.



شکل ۳) مؤلفه‌های مختلف سیستم سلول خورشیدی

سوال ۵ - آیا کلیه وسایل برقی VAC 240/120 با استفاده از انرژیخورشیدی قابل به کار گیری هستند؟

شاید. بسیاری از خانه‌های قدیمی طوریطراحی یا ساخته نشده‌اند که از لحاظ مصرف انرژی دارای راندمان باشند. وقتی یک سیستمتجدیدپذیر برای خانه خریداری و نصب می‌نماییم در واقع، کارخانه تولید انرژیالکتریکی برای خود تهیه نموده‌ایم. لذا هر کیلو وات ساعت انرژی مصرفی به معنیاستفاده از تجهیزات

بیشتر و صرف هزینه بیشتر خواهد بود. هر وسیله الکتریکی که در ۲۴۰ VAC کار می کند مانند هیتر، اجاق برقی و سیستم تهویه مطبوع بار الکتریکی گرانی برسیستم انرژی خورشیدی تحمیل می‌نمایند. شاید در صورت امکان به استفاده ازآلترناتیوهای دیگر نظیر گاز مایع یا گاز طبیعی برای گرمایش، پخت و پز، کمپرسور براساس برق AC در ساخت خانه توجه گردد. یخچال و روشنایی در خانه به طور نمونه بزرگترینمصرف کنندگان پس از سیستم‌های گرمایشی می‌باشند و این دو حوزه بایستی به دقت برایطراحی انرژی بهینه مورد توجه قرار گیرند. در ۵ سال اخیر در راستای توسعه و ارتقایراندمان یخچال هاو فریزرها فعالیت‌های بسیاری انجام شده است. لامپ‌های فلورسنت جدید 4/1 تا ۱/۳ قدرت مصرفی لامپ‌های التهابی برای همان لومن را دارا می‌باشند. مضافابرای این که تا ۱۰ برابر عمر می‌نمایند. این لامپ‌های فلورسنت اکنون در دسترس بودهو قابل نصب می‌باشند. یک قانون در زمینه صنعت انرژی‌های تجدیدپذیر این است که هردلار برای جایگزینی وسایل الکتریکی کم راندمان سه دلار در هزینه مربوط به اجرایسیستم‌هایانرژی‌های تجدیدپذیر صرفه جویی خواهد نمود. بنابراین صرفه جویی در مصرفانرژی در هنگام توجه به سیستم انرژی‌های تجدید پذیر بسیار حیاتی خواهدبود.

سوال ٦ – چه نوعاستراکچری مناسب نصب ماژول‌های خورشیدی می‌باشد؟

چهار نوع پایه به شرحزیر برای نصب این سیستم‌هامعمولاً استفاده می گردد که هر یک اتصالات مخصوص به خوددارد :

-نصب روی زمین یا بام

-نصب بر روی نوک پایه

-نصب بر روی پایهاز کنار

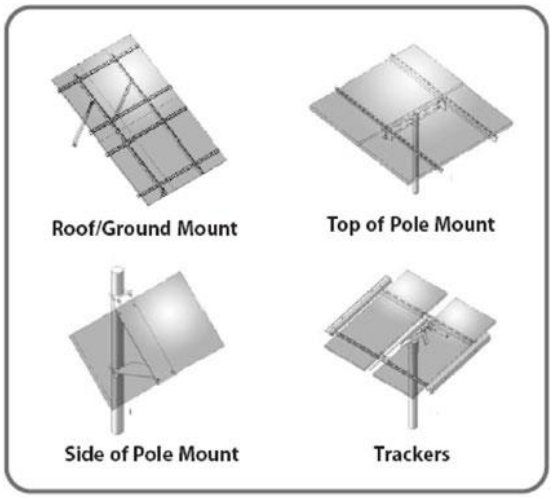
-نصب برای ردیابی

برای مثال استراکچر مخصوص نصب روی زمین یا بامفاصله سیم کشی بین آرایه خورشیدی، باتری و اینورتر را به حداقل می‌رساند که مناسبمی‌باشد. اما این نوع نصب نیاز به اتصال زمین برای رعایت استاندارد-NEC 690-5دارندکه معمولاً کمی گران می‌باشند. به عبارت دیگر،نصب آرایه‌های خورشیدی بر روی اینگونه پایه‌ها به فونداسیون‌هاینسبتاً دقیق و تجهیزاتی برای جدا نمودن برف نیازخواهند داشت .

نوع دوم نسبتاً نصب ساده‌ای دارند. نوع سوم دارای ریسک سرقت وخرابکاری در مقایسه با نوع اول می‌باشند. این نوع نصب انتخاب مناسب‌تری برای آب وهوای سرد می‌باشند زیرا برف به راحتی بر روی آن‌هامی‌لغزند. این نوع نیز نصب آسانیداشته اما معمولاً برای نصب تعداد کم ماژول‌ها (۱ تا ۴ عدد) مناسب می‌باشند .

WikiPower.ir

نوعمعمول چهارم که استفاده از ساعات حداکثر تابش خورشید را اضافه می‌نمایندمعمولاًبرای کاربرد پمپاژ آب استفاده می‌شوند. این نوع نصب برای تابستان بسیار موثر می‌باشند. بعضی اوقات نصب ماژول‌های بیشتر بر روی پایه‌هایارزان‌تر در زمستان نسبت بهنصب ماژول‌های کمتر بر روی نوع چهارم به صرفه‌تر است. اگر چه در مناطقی که مصرف پیکانرژی در زمستان طولانی‌تر است، استفاده از نوع چهارم مفیدتر و اقتصادی‌تر خواهدبود.



شکل ۴) انواعمختلف پایه و اتصالات در هنگام نصب سلول‌های خورشیدی

سوال ۷ - آیا در هنگام استفاده از سیستم‌های انرژی خورشیدیباید خانه به سیم کشی برای بارهای AC یا DC مجهز گردد؟

این موضوع بهاندازه سیستم و نوع بارگذاری که می‌خواهیم بستگی دارد. وسایل الکتریکی DC معمولاًنسبت به وسایل برقی AC راندمان بیشتری دارند چون در این صورت نگران افت انرژی دراینورتر نیستیم. ولی بارهای DC معمولاًگران‌ترمی‌باشند. با ارتقای انجام شده در طی۵سال گذشته در راندمان و قابلیت اطمینان اینورترها، وسایل AC می‌توانند استفادهگردند. دیگر مزیت وسایل AC ، افت ولتاژ کمتر برای مدار یک مصرف کننده ۱۲ VAC درمقایسه با ۱۲ VDC با همان قدرت تحویلی می‌باشد که سیم کشی‌های کوچکتر را امکان پذیرمی‌نماید.

سوال ۸ - آیا سیستم‌هایفتوولتائیک قابل استفاده برایگرمایش آب یا گرمایش فضاهای مسکونی/کاری هستند؟

خیر. فتوولتائیکانرژی خورشیدی را به برق DC با راندمان نسبتاً کمی (۱۴ تا ۲۰ درصد) تبدیل نموده وبنابراین به کارگیریالمان‌های حرارتی الکتریکی بسیارگران و کم راندمان خواهند بود .انتقال گرمای خورشید به آب بصورت مستقیم بسیار با راندمان تر از سیستم‌های فتوولتائیک می‌باشد .

سوال ۹ - ماژول‌های خورشیدی باید کجا و در چهراستایی نصب گردند؟

اگر مکان نصب در نیمکره شمالی قرار دارد، آرایهخورشیدی باید به سمت جنوب واقعی برای استحصال ماکزیمم انرژی روزانه سمت گیری شود(بر عکس در نیمکره جنوبی، به سمت شمال واقعی). برای بسیاری مناطق اختلافی بین جنوبمغناطیسی و جنوب واقعی وجود دارد و بنابراین استفاده از نقشه‌های مربوطه قبل از نصبپایه ماژول‌ها یا آرایه‌ها توصیه می‌گردد. ماژول‌های خورشیدی نسبت به افق برایاستفاده از انرژی بیشتر باید به سمت بالا نصب شوند تا علاوه بر آن باران و برف برآن‌ها سایه نیندازند .

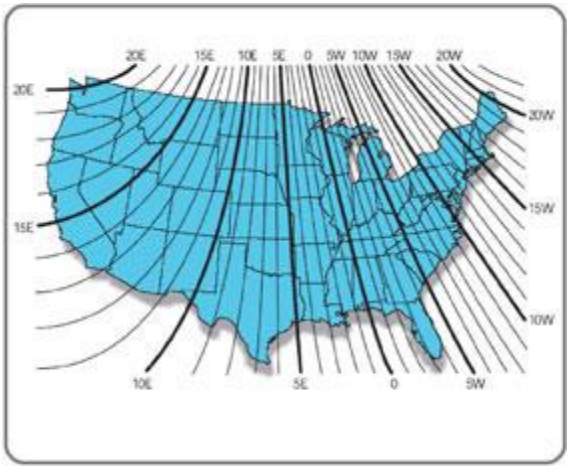
برای استحصال بیشترین انرژی سالانه و کمترین نگهداری بایدآرایه خورشیدی به سمت جنوب واقعی با زاویه‌ای برابر زاویه عرض جغرافیایی مکان تنظیمشود. اگر تصمیم به نصب آرایه به طور فصلی داریم بهتر است از قانون زیر تبعیتنماییم :

-در تابستان زاویه عرض جغرافیایی منهای ۱۵ درجه

-زاویه عرضجغرافیایی در بهار و پاییز

-در زمستان زاویه عرض جغرافیایی به علاوه ۱۵ درجه

بسیاری از استراکچرهای نصب برای تنظیم فصلی با زاویه ۶۵ درجه نسبت به افق دردسترس می‌باشند. برای محاسبه این که آیا محل قرارگیری آرایه خورشیدی در هر زمان ازروز در تاریکی قرار می‌گیرد یا خیر استفاده از مسیر یاب مناسب خواهد بود .



شکل ۵) یکنمونه نقشه زاویه میل مغناطیسی

سوال ۱۰ – آیا بایستی باتری‌ها برای کار در شرایط ۱۲، ۲۴ یا ۴۸ VDC تنظیم گردند؟

صنعت فتوولتائیک با بازار ارتباطات رادیویی ۱۲ ولتشروع گردید. این سیستم‌ها به طور نمونه کوچک بوده و دارای بار VDC 12 بودند (۱ تا ۲ماژول خورشیدی). با ورود این صنعت به خانه‌ها، سیستم‌هابزرگ‌تر شدند (بیش از ۱۶ماژول) و دیگر بارهای DCاستفاده نشد. امروزه بیشتر سیستم‌های مورد استفاده در خانه‌ها ۲۴یا VDC۴۸ هستند زیرا سیستم‌های با ولتاژ بزرگ‌تر انعطاف بیشتری برای نصب سیستمخورشیدی و باتری‌ها در مقایسه با سیستم ۱۲ ولت ایجاد می‌نمایند. برای یک خروجی موردنیاز، یک سیستم با ولتاژ بیشتر جریان را کاهش داده (اما نه قدرت مصرفی را) که اینخود اجازه می‌دهد تا سیم کشی کمتر و ارزان‌تر برای سیستم خورشیدی، باتری و اینورتراجرا شود. البته اگر از قبل بارهای زیادی در محدوده ۱۲ VDCداشته باشیم این

موردپارامتر تصمیم گیری برای انتخاب ولتاژ سیستم خواهد بود. به طور کلی بیشتر سیستم‌هادر ۴۸ ولت یا بیشتر کار می‌نمایند.

سوال ۱۱- آیا تولید انرژی الکتریکی و یا حرارتی با استفاده ازانرژی خورشید، در مقایسه با سایر روش‌های تولید این انرژی‌ها مانند استفاده از سوخت‌های فسیلی، هسته‌ای و یا باد از لحاظ اقتصادی توجیه پذیر است؟

بانگاهی به جدول زیر که هزینه تولید، سرمایه گذاری و هزینه‌های جانبی تکنولوژی‌هایمختلف تولید انرژی الکتریکی و یا حرارتی را در مقیاس زیاد در آمریکا بر حسب دلارنشان می‌دهد، متوجه می‌شویم که در حال حاضر استفاده از انرژی خورشیدی یکی ازپرهزینه‌ترینروش‌های تولید انرژی الکتریکی و یا حرارتی است .

Generation, Investment, and External Costs for Various Power Generation Technologies on a Large Scale in the U.S.

Technology	Generation Cost (cents/kWh)	Investment Cost ($/W)	All External Costs[a] (cents/kWh)
Coal, thermal	3–5	1.0–1.5	2.0–15
Nuclear	3–8	1.2–2.0	0.2–0.6[b]
Gas combined cycle	3–5	0.5–0.7	1.0–4.0
Small hydro	5–10	0.8–1.2	—
Biomass, thermal	4–10	1.5–2.5	—
Wind	3–5	0.8–1.5	0.05–0.25
Solar, PV	20–35	6.0–8.0	0.05–0.25
Solar, thermal	15–30	4.0–6.0	—

[a] Estimated cost to society and environment.
[b] Not including nuclear waste and decommissioning cost.

جدول ۱) هزینهتولید، سرمایه گذاری و هزینه‌های جانبی تکنولوژی‌های مختلف تولید انرژی الکتریکی ویا حرارتی

تغییرات وسیع قیمت‌ها دربازار سوخت و روند رو به رشد قیمت سوخت‌های فسیلی در سال‌های اخیر، انتشار گاز CO_2 در اثر استفاده از سوخت‌های فسیلی، آلودگی محیط زیست در اثر استفاده از سوخت‌هایفسیلی و

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

هسته‌ای و فشار دنیا برای توجه دولت‌ها به مسائل محیط زیست، دولت‌ها راوادار به سرمایه گذاری در بخش انرژی‌های نو به خصوص باد و خورشید کردهاست. مزایایاستفاده از آن‌ها عبارتند از :

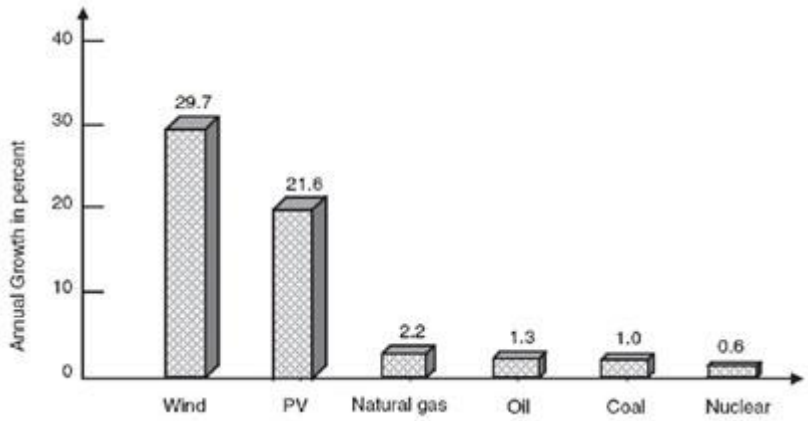
-نیروگاه‌های بادی و خورشیدی ماژولار هستند وظرفیت آن‌ها را می‌توان به تدریج و با افزایش بار افزایش داد.

-مدت زمان ساختنیروگاه‌های بادی و خورشیدی در مقایسه با سایر تکنولوژی ها کوتاه است و این مسالهریسک سرمایه گذاری را کاهش می‌دهد.

-سوخت آن‌ها مجانی است و آلودگی ایجاد نمی‌کند.

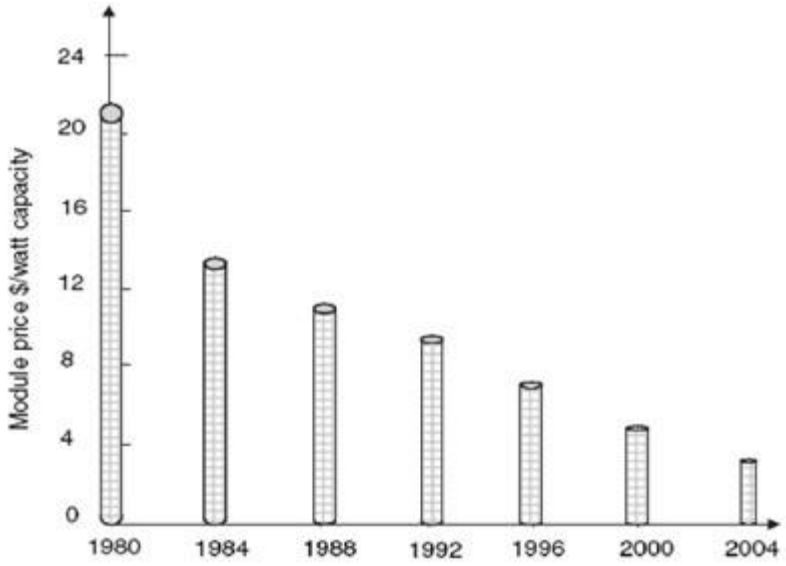
شکل زیر روند رشد ظرفیت نیروگاه‌های مختلف از سال ۱۹۹۳ تا ۲۰۰۳ را درآمریکا نشان می‌دهد. انرژی خورشیدی در رتبه دوم قرار گرفته است .

WikiPower.ir



شکل ۷) روندرشد ظرفیت نیروگاه‌های مختلف از سال ۱۹۹۳ تا ۲۰۰۳ در آمریکا

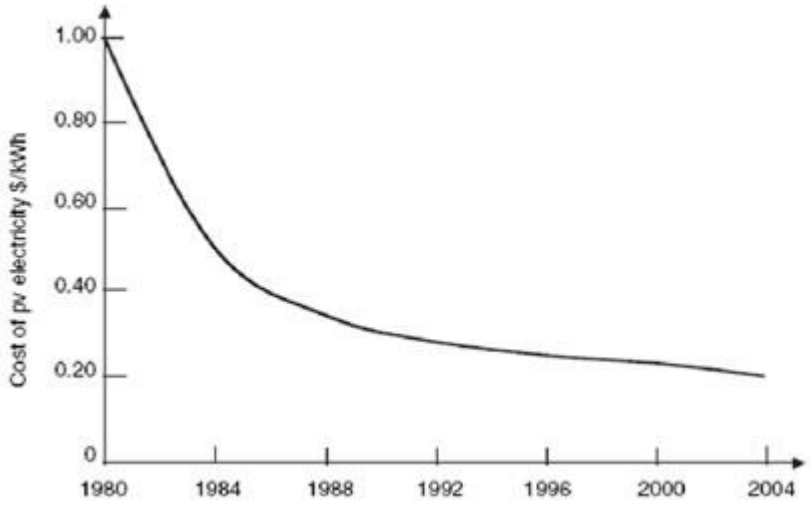
افزایشسرمایه گذاری در استفاده از انرژی خورشیدی و پیشرفت تکنولوژی در زمینه ساخت سلول‌های خورشیدی باعث کاهش قیمت ماژول‌های خورشیدی مطابق نمودار زیر شده است .



شکل ۸) افزایشسرمایه گذاری در استفاده از انرژی خورشیدی و پیشرفت تکنولوژی در زمینه ساخت سلول‌های خورشیدی

WikiPower.ir

و با توجه به این مساله، هزینه الکتریسیته تولیدی توسطصفحات خورشیدی مطابق منحنی زیر کاهش پیدا کرده است.



شکل ۹) هزینهالکتریسیته تولیدی توسط صفحات خورشیدی

سوال ۱۲- آیا انرژی خورشیدی، جایگزین خوب، قابل اطمینان و قابلدوامی برای کلیه مصارفی که امروزه از سوختهای فسیلی استفاده میشود هست؟

-سیستمهایفتوولتائیک (PV) که با استفاده از سلولهای خورشیدی،انرژی تابشی خورشید را به انرژی الکتریکی تبدیل می کنند

-سیستمهای خورشیدی -حرارتی (Solar Thermal) که اساس کار آنها بر پایه متمرکز کردن انرژی حرارتی خورشیدو استفاده از آن در دمای بالا و پایین است.

-کاربردهای دمای پایین شاملآبگرمکن و سیستم حرارتی ساختمانهامیباشد.

-در کاربردهای دمای بالا، انرژیحرارتی خورشید برای تولید بخار و به حرکت در آوردن ژنراتور بخار برای تولیدالکتریسیته استفاده میشود.

بنابراین از انرژی خورشیدی میتوان برای تولیدانرژی الکتریکی و انرژی حرارتی استفاده کرد. در حال حاضر ۷۰٪ انرژی مصرفی در دنیا،انرژی الکتریکی است. از جمله مشکلات تولید انرژی الکتریکی با استفاده

از انرژیتابشی خورشید، علاوه بر هزینه بالا، تولید آن تنها در زمان تابش خورشید است. بهخاطر ماهیت متغیر تابش خورشید در ساعات مختلف روز و فصول مختلف سال و نقاط مختلفدنیا و همچنینتأثیرشرایط آب و هوایی و دما بر عملکرد سلول‌های خورشیدی، برای اینکه بتوان جوابگوی تقاضای انرژی الکتریکی در هر زمان بود نیاز به ذخیره سازی انرژیالکتریکی داریم. تکنولوژی و هزینه، میزان ذخیره انرژی الکتریکی را محدود می‌کند. بههمین دلیل است که در حال حاضر برای تأمین انرژی الکتریکی در سیستم‌های مستقل ازشبکه اصولاً از سیستم‌هایهیبرید استفاده می‌شود، در این حالت آرایه‌های خورشیدیتنها بخشی از انرژی الکتریکی مورد نیاز سیستم را تأمینمی‌کنند. به طور کلی می‌توانگفت که با وجود این که انرژی خورشیدی قابلیت استفاده برای کلیه نیازهای بشر بهانرژی را دارد ولی در حال حاضر تکنولوژی لازم برای چنین منظوری موجود نمی‌باشد وانرژی خورشیدی به تنهایی پاسخ گوی همه نیازهای بشر به انرژی نیست .

جمع بندی

سلول‌های خورشیدی اغلب از سیلیکون ساخته می‌شوند در واقع با ایجاد یک اتصال p-n در سلول پس از تابش فوتون بر آن الکتریسیته تولید می‌شود.ماژول‌هایفتوولتائیک از اتصال سری و موازی سلول‌ها برای ایجاد ولتاژ و جریان مورد نظر تشکیل می‌شوند.آرایه‌ها نیز از کنار هم قرار گرفتن ماژول‌ها و اتصال‌های خاص آنها به هم بوجودمی‌آیند.در عمل جهت راه اندازی یک سیستم فتوولتائیک به اجزای جانبی دیگری نیز نیاز است تا بتوان مصرف کننده‌های مختلف را تغذیه کرد.از جمله کانورتر ولتاژ جهت افزایش ویا در کل تثبیت ولتاژ خروجی آرایه،اینورتر جهت تبدیل جریان مستقیم به جریان متناوب با فرکانس مورد نظر جهت تغذیه‌ی مصرف کننده‌هایac و باتری‌ها جهت ذخیره سازی انرژی و استفاده از آن در مواقع اضطراری همچون شب و یا روزهای ابری و سایر تجهیزات جانبی.

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

در این فصل با سلول خورشیدی،تکنولوژی‌های ساخت آن،کاربردهای سیستم‌های فتوولتائیک و انواع شبکه‌های فتوولتائیک،طریقه‌ی ارتباط آنها آشنا شدیم.

در پایان این فصل با آوردن چند سوال و همچنین جواب آنها سعی در رفع ابهامات بوجود آمده برای خواننده‌ی مقاله کردیم و با دادن دیدی وسیع ذهن خواننده را برای فراگیری و درک مطالب فصول بعدی آماده کردیم.

WikiPower.ir

www.wikipower.ir

فصل سوم
آنالیز،طراحی و نصب سیستم‌های فتوولتائیک

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

مقدمه

در فصل قبل اجزای سیستم‌های فتوولتائیک،ساختار سلول فتوولتائیک و همچنین اجزایی همچون آرایه‌ها،اینورتر،کانورتر و باتری‌ها که جهت ذخیره سازی انرژی و استفاده از انرژی آنها در شب،مورد استفاده قرار می‌گیرند را تشریح کردیم حال در این فصل با نحوه‌ی نصب صحیح پنل ها در مقابل اشعه‌ی خورشید جهت دریافت حداکثر انرژی خورشید و روابط و فرمول‌های عملی نصب آشنا خواهیم شد.

خواهیم گفت که حتی اگر یک سلول از کل آرایه خورشیدی در معرض سایه قرار گیرد موجب کاهش راندمان کل آرایه خواهد شد پس اینکه پنل چگونه و با چه زاویه‌ای در مقابل اشعه خورشید قرار گیرد بسیار حائز اهمیت است.در این فصل بصورتکاملاًتخصصی‌تر به مدل مداری سلول فتوولتائیک،کانورتر،اینورتر و باتری‌هامی‌پردازیم.همچنین منحنی‌های ولتاژ-جریان و ولتاژ-توان را بررسی می‌کنیم.

WikiPower.ir

نصب سیستم‌های فتوولتائیک

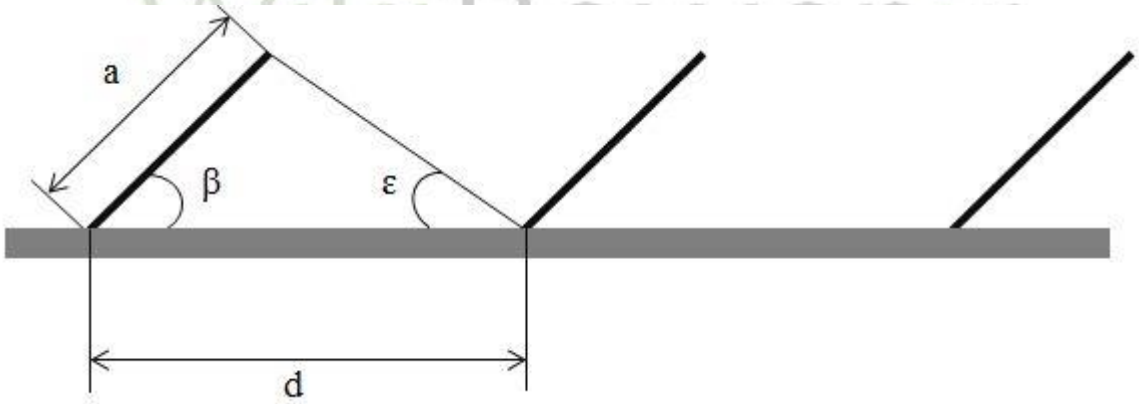
زاویه خمش(title) بهینه برای آرایه‌های بزرگ از ماژول‌های فتوولتائیک رو به جنوب،تقریباًبرابر با عرضجغرافیایی[1] محل با یک تلرانس ۱۰± درجه است.این چیدمان بهترین نوع تعادل تبدیل انرژی را در طول سال ایجاد می‌کند.زاویه title همچنین می‌تواند برای عملکرد بهینه در زمستان یا تابستان از طریق بیشتر یا کمتر شدن مقدار آن تنظیم شود.برای خنثی کردن اثر سایه بیش از حد،آرایه‌هامی‌بایست با توجه به عرض ماژول a توسط فاصله d از یکدیگر جدا شده باشند.

$$d/a = \cos\beta + \sin\beta / \tan\varepsilon$$

که در جایی که εمی‌تواند توسط عرض جغرافیایی Φ و زاویه میل δ=۲۳/۵بیان می‌شود.

$$\varepsilon = 90 - \delta - \varphi$$

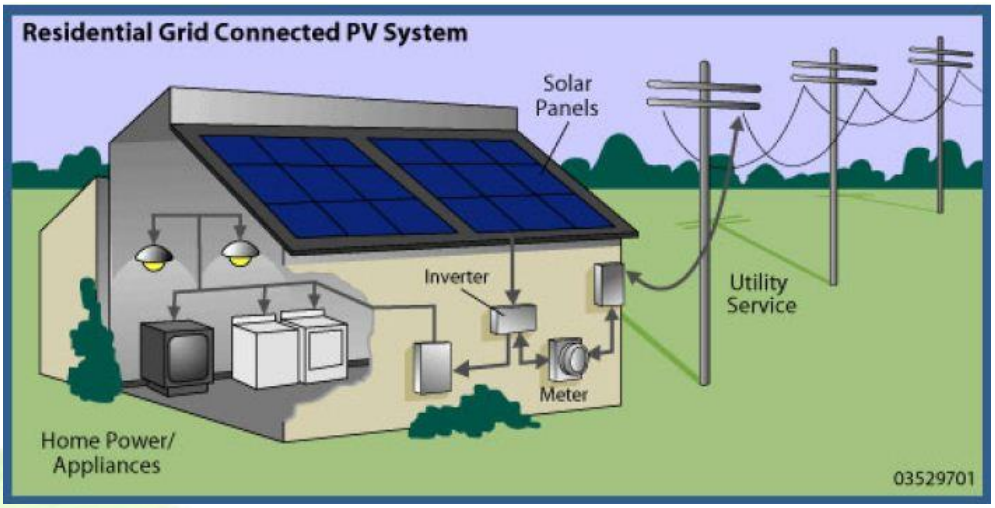
بنابراین زاویه سایه زنی ε از ردیف ماژول‌های پیشین،معادل زاویه سمت خورشید در ظهر خورشیدی در زمستان است.[1]



شکل ۱-۳ چیدمان تعداد زیادی از ردیف‌هایماژول فتوولتائیک

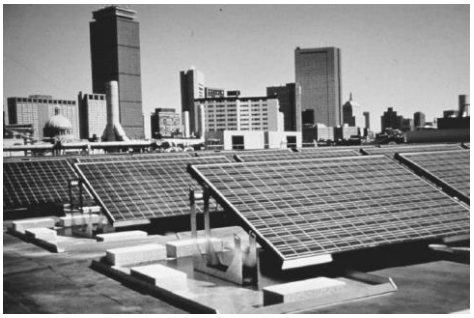
[1] زاویه ی هر نقطه ای روی کره ی زمین تا صفحه ی استوا بر حسب درجه

باید دقت کرد که در حالت نصب سیستم‌هایpvبر روی پشت بام‌های شیب دار،ماژول‌ها در یک فاصله‌ای در حدود 5cm از سفال‌های پشت بام موجود نصب می‌شوند.در این حالت فضای بین ماژول‌های خورشیدی و سفال‌های پشت بام،امکان خنک سازی ماژول‌های خورشیدی را فراهم می کنند.



شکل۲-۳ نصب سیستم‌هایpvبر روی پشت بام‌های شیب دار

در حالت نصب سیستم‌هایpvبر روی پشت بام‌های مسطح،اینورتر مستقیماًبر روی سقف مسطح نصب می‌شود و مزیت آن این است که اتصال کابل در بین تولید کننده خورشیدی و اینورتر خیلی کوتاه است.مزیت دیگر نصب تولید کننده‌های خورشیدی روی پشت بام‌های مسطح این است که در این روش مقدار بهینه ماژول‌های خورشیدی در جهت و گرایش مناسب ممکن است.



شکل۳-۳ نصب سیستم‌هایpvبر روی پشت بام‌هایمسطح

در حالت نصب سیستم‌هایpv در نمای ساختمان،آنها به عنوان قسمتی از ساختمان و نمای سطحی ساختمان هستند و اقدامات زیر را انجام می‌دهند:

- حفاظت در برابر شرایط آب و هوایی
- محافظت در برابر خورشید
- استفاده از روشنایی روز
- عایق حرارتی و غیره

پنل های خورشیدی تلفیق شده در نما،جهت و گرایش بهینه ندارند.آنها معمولاًبصورت عمودی نصب می‌شوند.لازم به ذکر است که تلفات توان خروجی در این حالت به عرض جغرافیایی محل بستگی دارد.

نصب نیروگاه‌های خورشیدی

نیروگاه‌های بزرگ معمولاً توانی از یک مگاوات به بالا دارند.آنها بر روی سطوح وسیع اما اساساً در نواحی باز نصب می‌شود.توسعه تطبیقی به طور معمول در اتصال با توربین‌های بادی اتفاق می‌افتد و این موضوع در حد نیروگاه‌هایpv با مقیاس بزرگ است.

سیستم‌هایpvمی‌توانند با زراعت و کشت گیاهان در مناطق یکسان سازگار باشند.در واقع این موضوع منافع و اهمیت کاربرد انرژی خورشیدی را افزون می‌کند،بنابراین پتانسیل pv روبه افزایش است.

ماژول‌های متداول نیروگاه‌هایpv که در زمین‌های باز نصب می‌شوند،در این حالت بصورت بسته در روی زمین قرار داده می‌شوند.در هنگامی که ماژول‌ها در زمین‌های زراعتی نصب می‌شوندمعمولاً برای جلوگیری از سایه اندازی ماژول‌ها روی محصولات زراعی آنها را توسط پایه‌هایی از سطح زمین بالاتر برده می‌شوند.

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

شکل٤-۳ نمایی از یک نیروگاه pv

شرایط عملکرد بهینه برای یک سیستم pv،حالتی است که تشعشع خورشید بر روی سطوح تولید کننده خورشیدی به طور پیوسته،عمودی باشد.برای اینکه در عمل کل سطوح تولید کننده خورشیدی به طور پیوسته در موقعیت‌های واقعی خورشید تنظیم شده باشند،از سیستم‌های ردیاب استفاده می‌شود.سیستم‌های ردیاب همچنین می‌توانند به سیستم‌های یک یا دو محوره تقسیم شوند.

ردیاب‌های یک محوره فقط تک زاویه‌ای اثر می‌کنند.لازم به ذکر است که شرایط بهتری برای ردیابی فراهم می‌شود اگر محور ردیاب با محور زمین موازی باشد.با استفاده از ردیابی دو محوره،خورشید همیشه عمود بر ماژول‌هامی‌باشد.

شکل٥-۳سیستم pv با ردیاب دو محوره

تأثیرات زیست محیطی سیستم‌های فتوولتائیک

تأثیر زیست محیطی توسط سیستم‌های فتوولتائیک می‌تواند به دو دسته تقسیم شود:

- تأثیراتی از تولید مؤلفه‌های سیستم pv
- تأثیراتی از عملکرد روزانه سیستم‌هایpv

سیلیکان،رایج‌ترین ماده تولید سلول خورشیدی،یک محصول تولیدی از صنایع شیمیایی است.پوری فی کیشن خیلی از مراحل فرآیندهایی را که در تولید این محصولوجود دارد شامل می‌شود و این مراحل به طور کامل کنترل می‌شوند و برای رسیدن به استانداردها و تنظیمات دقیق،هدف گذاری می‌شود.فرآیند های تولید این محصول شیمیایی بصورت یک فرآیند حلقه بسته با چرخش دوباره مواد مصرفی می‌باشد.صنعت سلول خورشیدی به نفوذ،اکسیژن و مراحل مربوط به تفاوت‌های شیمیایی که بوجودمی‌آیند نیاز دارد.آنها همچنین فرآیندی دوباره چرخشی با اعمال کنترل زیاد هستند.ماژول‌های کوچک فرآیندهای صنعتی مختلفی را شامل می‌شوند که بعضی اوقات گازهای Nox ایجاد می‌کنند که البته تمام این فرآیندها به طور دقیق کنترل می‌شوند.لازم به ذکر است که هزینه انرژی و انتشار کربن به وسیلهتولید سیستم‌هایpv در مبحث زمان بازگشت انرژی بحث می‌شود.زمان بازگشت انرژی به عنوان زمان منبع انرژی تعریف می‌شود به عبارت دیگر منظور پوشش دادن مصرف انرژی برای تولیداتشان می‌باشد.به طور دقیق‌تر فقط منابع انرژی تجدیدپذیر می‌توانند یک زمان بازگشت انرژی داشته باشند و منظور از همه‌ی موارد این است که تولید انرژی به یک ورودی انرژی اولیه نیاز دارد.

به طور طبیعی سیستم‌هایpv به خاطر عملکردشان هیچ تأثیربر روی محیط زیست ندارند.آنها انتشار نویز،تلفات و پسماند های جامد و یا گازی را که بتوانند برای محیط زیست مضر باشند،ندارند.بنابراین سیستم‌هایpv و الکتریسیته‌ای که آنها تولید می‌کنند عامل مهمی در حفاظت محیط زیست به حساب

می‌آیند.تأثیرات سوء تولید سلول‌هایpv سیلیکانی به نظر غیر محتمل است مگر حوادث احتمالی بزرگ در کارخانه‌هایسازنده‌ی این سلول‌ها اتفاق بیافتد.

ماده اصلی این سلول‌ها از سیلیکان ساخته شده که ذاتاً مضر نیست.به هر حال مقدار کمی مواد شیمیایی سمی در تولید برخی ماژول‌هایpv به کار می‌رود.در تولید ماژول‌هایCdTe به طور آشکار از کادمیم که ماده‌ای سمی است استفاده می‌شود.مقادیر کمی از کادمیم در تولید ماژول های CIS و CIGS نیز استفاده می‌شود،اگرچه فرآیند های جدید تولید این عنصر را حذف کرده است.مانند هر فرآیند شیمیایی دیگر دقت کافی برای طراحی کارخانه و اپراتوری آن لازم است تا از عدم انتشار هرگونه مواد شیمیایی خطرناک در مواقع حوادث جلوگیری به عمل آید.اگرچه آرایه‌هایpvذاتاً عمر طولانی دارند اما سرانجام به انتهای عمر خود می‌رسند و یا باید از بین بروند و یا به چرخه باز گردند.[1]

شکل۶-۳ سلول‌هایCdTe و CIGS

شرایط تست و استانداردها در سیستم‌های فتوولتائیک

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

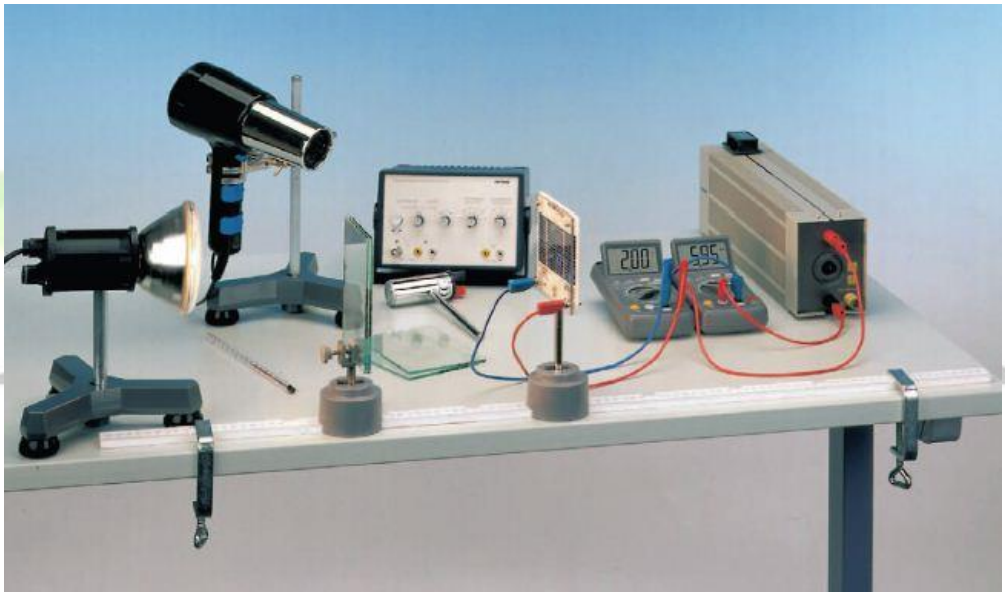
پنل های pv تحت مجموعه‌ی تعریف شده‌ای از شرایط شناخته شده به عنوان شرایط تست استاندارد(STC) اندازه گیری می‌شوند.این شرایط شامل درجه حرارت سلول‌هایpv (۲۵ درجه سانتیگراد) شدت پرتو افکنی (۱ کیلووات بر مترمربع) و توزیع طیفی(Am1.5) می‌باشد.طیف توزیع توان یک نمودار است که تغییرات توان موجود در تابش خورشیدی را بر حسب طیف طول موج نشان می‌دهد.درست در بیرون اتمسفر زمین پرتو خورشید دارای چگالی توانی به تقریب برابر ۱۳۶۵وات بر مترمربع است.ویژگی طیف توزیع توان پرتو خورشید اندازه گیری شده قبل از ورود به اتمسفر را توزیع (Amo) می‌گویند.در سطح زمین گاز های گوناگون موجود در جو (اکسیژن،ازت،ازن،بخار آب،گاز کربنیک و غیره) موجب کاهش پرتو خورشید در داخل اتمسفر طی می کند بیشتر خواهد شد.

هنگامی که خورشید در مکان Zenith (یعنی درست بالای سر) قرار دارد مسافتی که پرتو خورشید باید طی کند تا به پنل برسد کمترین است.ویژگی طیف توزیع توان پرتو خورشید که تحت این شرایط مشاهده می‌شود را توزیع Am1می‌نامند.در عمل میزان توان بر حسب Wp(peak watt) یک سلول یا ماژول از طریق اندازه گیری توان آن وقتی که در معرض تابش لامپی که تولید طیف توزیع Am1.5 (به طور مصنوعی) با چگالی توان ۱۰۰۰ وات بر مترمربع می کندبدستمی آید.

عدم هماهنگی در آرایش‌هایpv وقتی سلول‌ها با ویژگی‌های مختلف IV اتصال درونی می‌یابند رخ می‌دهد.منحنی‌هایIV متفاوت ممکن است در نتیجه ویژگی‌های سلول یا شرایط متفاوتی مثل شدت نور یا درجه حرارت باشد.عدم هماهنگی ممکن است در نتیجه اجرای ضعیف پنل باشد زیرا اجرای سلول‌های خوب با سلول‌های بد به حتی یک سلول بد محدود می‌شود.ولتاژ مدار باز مقدار ولتاژ مدار باز در سلول‌های مجزا می‌باشد.به عنوان بخشی از یک سیستم الکتریکی انرژی فتوولتائیک باید بر اساس قوانین و نظم‌های بنیان شده تأمین شود.اجزای سیستم می‌بایست به استاندارد های محصول قابل اعمالی دست یابد تا عملیات

ایمن و مطمئنی را تضمین نمایند.نصب سیستم می‌بایست به کدهای الکتریکی قابل اعمالی برسد و بازهم عملیات ایمنی را تضمین نماید.

علاوه براین شرایط یک سیستم فتوولتائیک متصل شده ممکن است نیازمند رسیدن به معیارهای اضافی باشد که به وسیله‌ی مسئولان انرژی الکتریکی محلی بنا گذاشته شده‌اند تا تضمین کند که سیستم و ایمنی عمومی آن به وسیله‌ی اتصال این نوع سیستم‌هایتأمین انرژی به خطر نمی‌افتد.توسعه‌ی تکنولوژی سیستم‌های فتوولتائیک با توسعه‌ی استانداردها دنبال می‌شود.[1]



شکل ۷-۳ آزمایش سلول خورشیدی

مشخصات الکتریکی سلول‌های فتوولتائیک

در محل اتصال پیوند p-n یک دیود بوجودمی‌آید که اگر ولتاژ Vd به دو سر آن اعمال گردد جریان Id از سمت لایه‌یp به سمت لایه n مشاهده خواهد شد و کاهش ولتاژ بسیار کم و در حدود دهم ولت می‌باشد در جهت معکوس جریان I0تقریباً برابر صفر ($10^{-12}\ A/cm^2$) است .

معادله‌ی جریان بوجود آمده بدین شکل می‌باشد:

$$Id = I_0(e^{qv_d/kT} - 1)$$

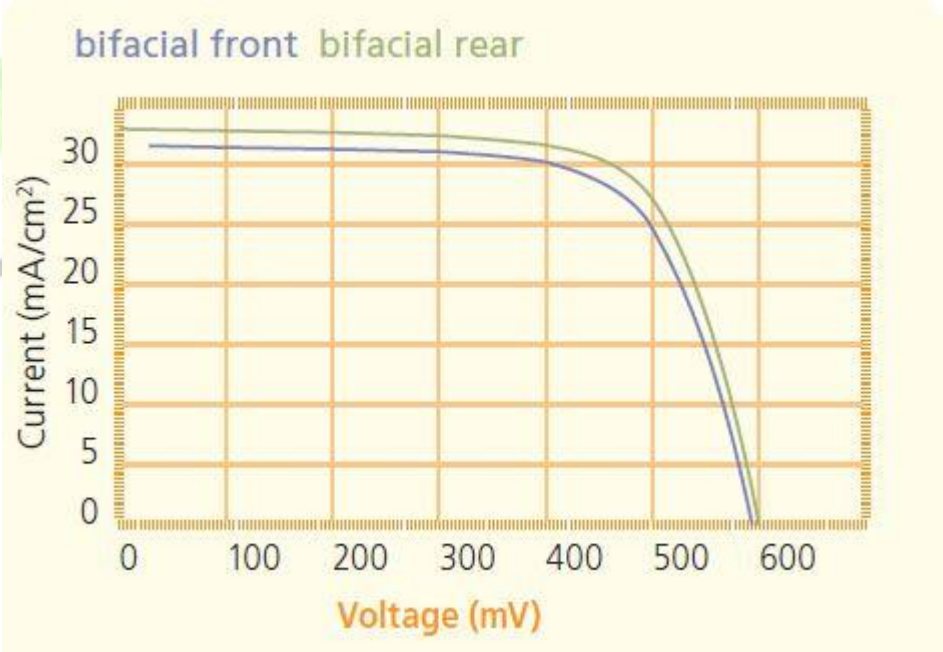
که در آن I جریان خارجی I0 جریان معکوس در حالت اشباع،q مقدار بار الکترون برابر با 1.602×10^{-19} کولن،Vd ولتاژ اعمال شده به دو سر دیود،k ثابت بولتزمن و T دمای مطلق است.در ولتاژهای بزرگ(بایاس معکوس) ترم نهایی در مقایسه با ۱ ناچیز است و مقدار Iتقریباً برابر(I0-) است.حال اگر مقادیر ثابت فوق را در معادله‌ی فوق جایگزین کنیم می‌توانیم معادله را ساده کنیم.

$$\frac{q.v_d}{k.T} = \frac{1.602 \times 10^{-19}}{1.381 \times 10^{-23}} . \frac{v_d}{T(k)} = 11.600 \frac{v_d}{T(k)}$$

حال اگر دمای پیوند استاندارد ۲۵ درجه سانتیگراد را در معادله فوق به کار بریم،معادله‌ی زیر بدستمی‌آید.

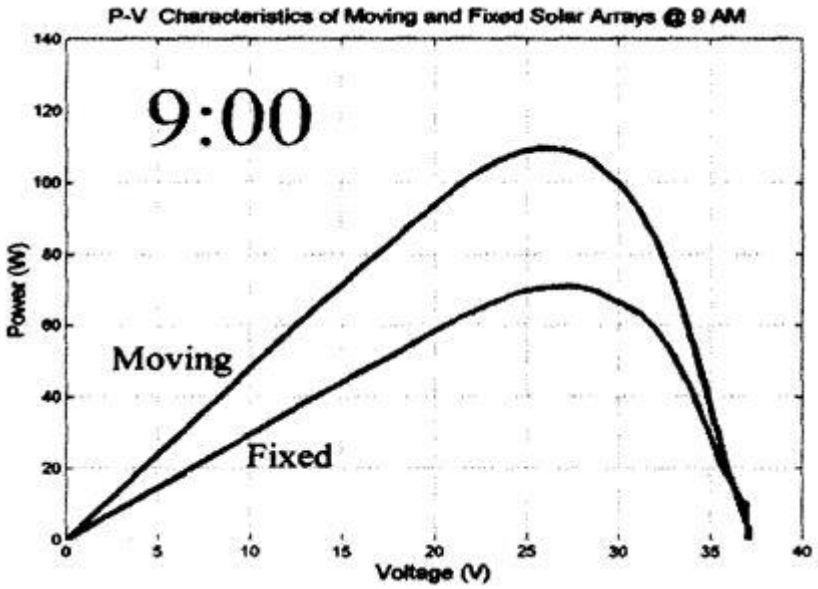
$$I_d = I_0(e^{38.9vd} - 1) \qquad (\text{at } 25^\circ\text{c})$$

منحنی‌های ولتاژ–جریان و ولتاژ–توان سلول‌های فتوولتائیک[9]



شکل۸-۳ مشخصه ولتاژ-جریان سلول فتوولتائیک

درشکلزیر مشخصه توان–ولتاژبدست آمدهازدو آرایه فتوولتائیک متحرک و ثابت درساعت ۹ صبح مشاهده می‌شود.همانگونه که انتظارمی‌رودآرایه خورشیدی متحرک توان بیشتری تولیدمی‌کند که دلیل آن تابش مستقیمنور خورشیدبرآرایه است درحالیکه نور خورشید بصورت زاویه داربر سطح آرایه ثابت می‌تابد.

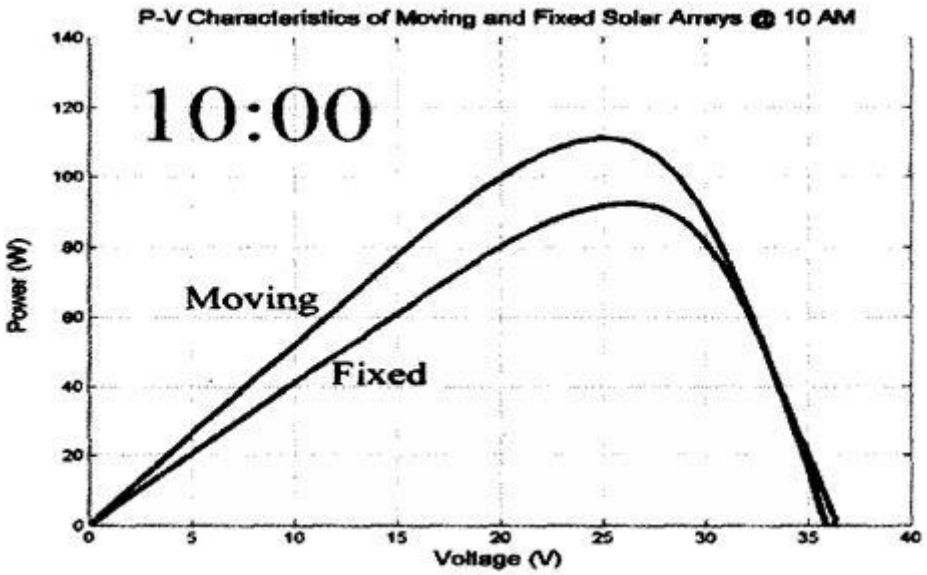


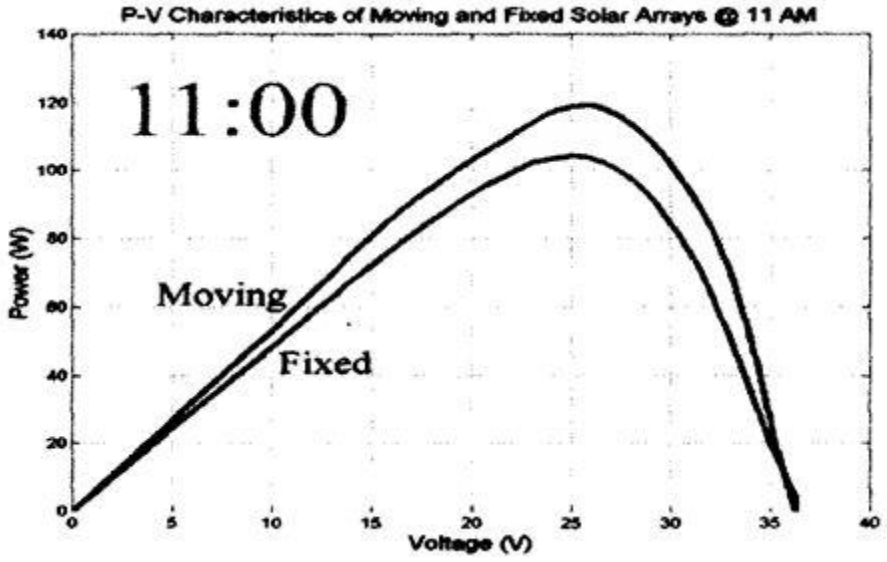
شکل ۱۱-۳ منحنی ولتاژ-توان سلول‌های ثابت و متحرک در ساعت ۹ صبح

درشکلبعدی منحنی‌های دوآرایهدر ساعت ۱۰ مشاهده می‌شود.همانطورکه انتظارمی‌رودبا بالاآمدن خورشید،توان آرایه ثابت افزایش می یابدکه بهدلیل کاهش زاویه تابش خورشید به سطح آرایه ثابت است.توان تولید شده توسط آرایه متحرک بهدلیل تابش عمودی نور برسطح آن درهر زمان، تغییرات جزئی دارد.درساعات ۱۱ تا۱۳ میزان تولیدتوان توسط آرایهمتحرک نزدیک می‌شودمطابق منحنی‌هایشکل‌هایارائه شده،زیراآرایه متحرک نیزدراین ساعاتتقریباًروبه جنوب قراردارد.ولی همچناناًرایه متحرک توان بیشتری تولید می‌نماید.از ساعت ۱۳ که خورشید به سمت غرب حرکت می‌کندوارتفاع آن ونیز توان تولید شده توسط آرایه ثابت کاهش می‌یابد.بهدلیل کاهش شدت نورخورشید،آرایهمتحرک هم بهتدریج کاهش توان اندکی رادارد. ولی با توجه به منحنی‌ها، بالاتر بودن میزان انرژی جذب شده توسط آرایه خورشیدی متحرک

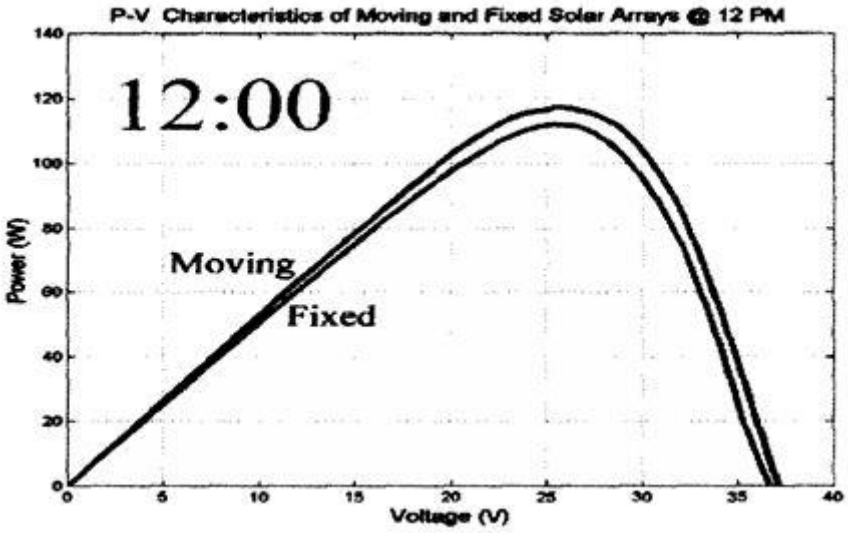
برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

بهخوبی آشکار است.بهگونهای که درساعت ۱۷، پیک توان تولیدیتوسطآرایه متحرکبرابرآرایهفتوولتائیک ثابت است واین نسبت درساعت ۱۸، به رقم قابل توجه۱,۶می‌رسد. بنابراین ملاحظه می شودکه درصورت استفاده ازآرایه فتوولتائیک باسازه متحرک که توانایی تعقیب مسیرحرکتخورشیدراداشته باشد، میزان انرژی قابل جذبرابصورتچشمگیر افزایش می‌دهد.



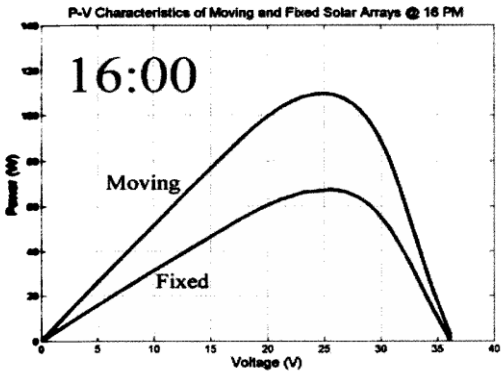


برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

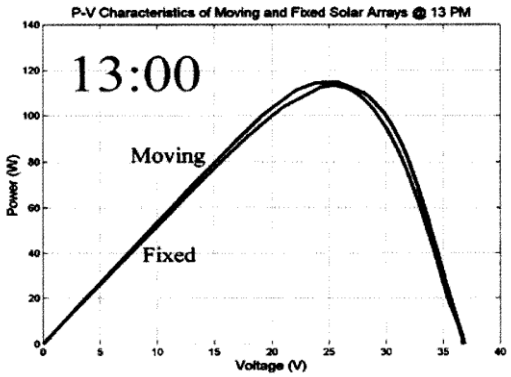


WikiPower.ir

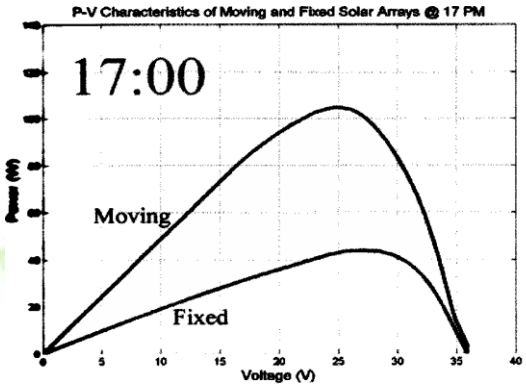
برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



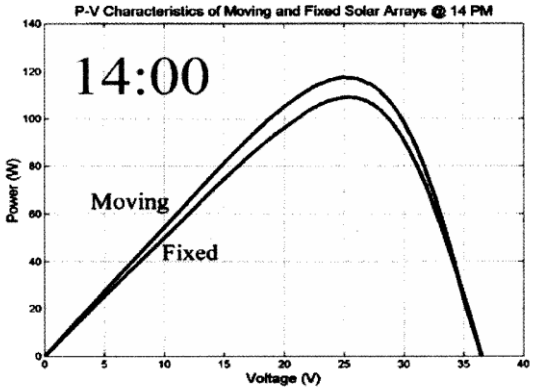
مشخصهٔ توان- ولتاژ آرایه ها در ساعت ۱۶



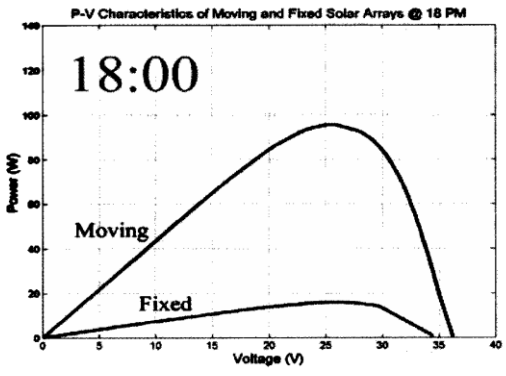
مشخصهٔ توان- ولتاژ آرایه ها در ساعت ۱۳



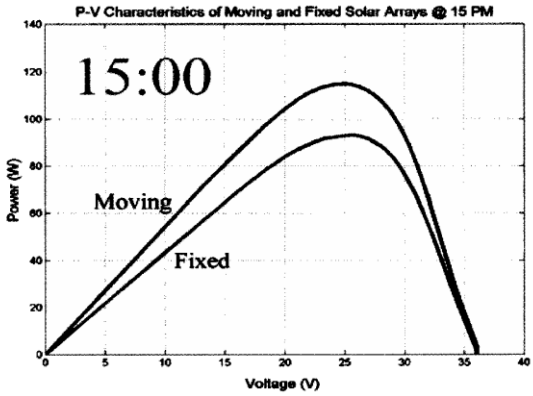
مشخصهٔ توان- ولتاژ آرایه ها ساعت ۱۷



مشخصهٔ توان- ولتاژ آرایه ها در ساعت ۱۴



مشخصهٔ توان- ولتاژ آرایه ها در ساعت ۱۸

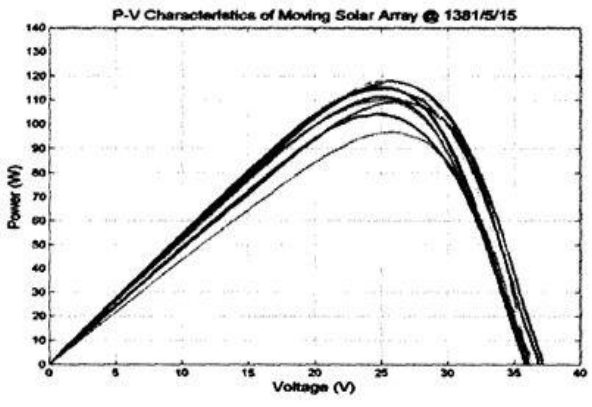


مشخصهٔ توان- ولتاژ آرایه ها در ساعت ۱۵

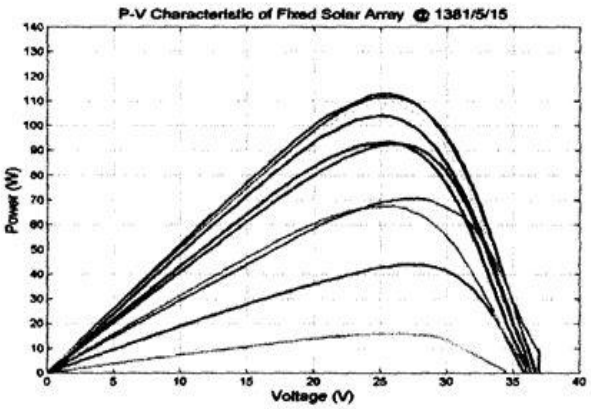
برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

درشکل‌های فوق مشخصه‌های تواندوآرایه متحرک وثابتساعاتمختلفروزجهت مقایسهمشاهده می‌شود. منحنی‌های مربوط به آرایه متحرکبهدلیل اینکه همواره نورخورشیدعمودبرآنمی‌تابد،دارای تغییرات کمی است درحالی که این منحنی‌هابرای آرایه فتوولتائیک ثابت دارای تغییرات زیادی است که اختلال زیادی درجریان بارایجاد نموده و نیازبه واحدذخیره سازی انرژی (نظیر باتری الکتروشیمیایی)با ظرفیت بیشتر جهت جبران تغییرات انرژی دارد.

پیک توان تولید شده توسط هردوسیستم بافرض جذبحداکثرتوان ازآرایه در یک جدولذکرشده است وانرژی جذب شده درطول یک روزمحاسبهشده ومیزانافزایشانرژیبرای آرایه متحرک درحدود ۳۶ درصد بدست آمده که بادرنظرگرفتن نمونه برداری دریک روز کامل(از طلوع تاغروب خورشید)این عدد به بیش از ۴۰درصد نیزخواهدرسید.درشکل‌های زیرمنحنی‌های جریان– ولتاژآرایهفتوولتائیکمتحرکدریکروزمشاهدهمی‌شود.همانگونه که درشکل مشخص است، مشخصه هادر ساعات مختلف تغییرات کمی دارند (حداکثردرحدود ۱۸ درصد)در حالیکه برای آرایه ثابت تغییرات مشخصه‌هابسیارچشمگیر است وحدود ۸۶ درصد تغییردر توان وجوددارد.



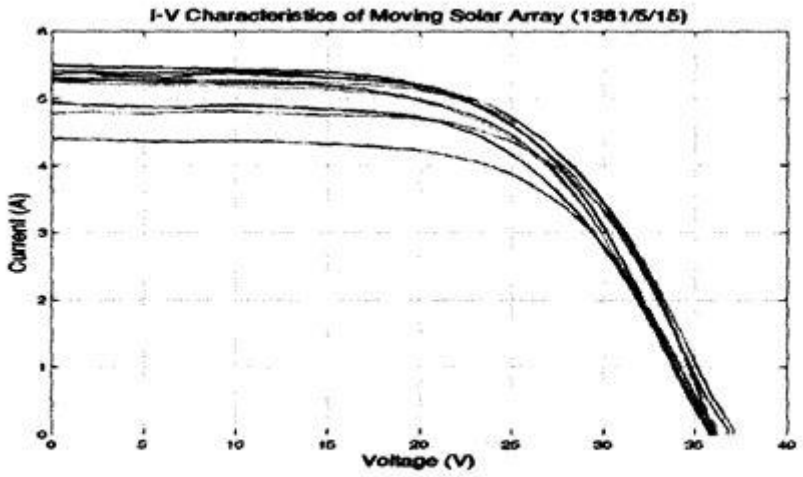
مشخصه های آرایه فتوولتائیک متحرک در طول روز



مشخصه های آرایه فتوولتائیک ثابت در طول روز

شکل۱۲-۳

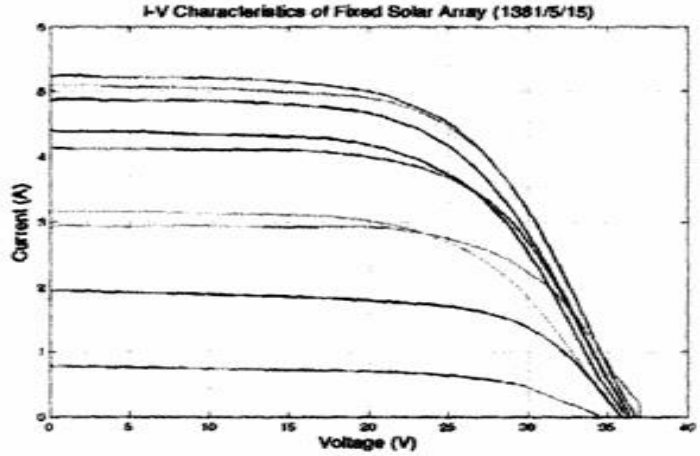
برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



مشخصهٔ جریان – ولتاژ آرایه متحرک در طول روز

بنابراین آرایه متحرک درطول روزتاحدزیادی مشخصه الکتریکی ثابتی راارائه می‌نماید.لازم به ذکراست که به دلیل تابش کمتراز مقداریک کیلو واتبرمترمربع(کمتراز۸۵۰ وات برمترمربع)در محوطه،دمای زیادآرایه‌ها(بیشاز۵۵درجه سانتیگراد)و تلفات اهمی کابل تا محل آزمایشگاه، حداکثر توان هریک ازآرایه هاکمتراز ۱۸۰ (درروابطاستاندارد تابش یک کیلو واتبرمترمربع ودمای۲۵ درجهسانتیگراد)خواهد بود.

نکته مهم دیگرکه درمشخصه‌های هردوآرایه به چشم می‌خوردتولید توان حداکثردرولتاژی نزدیک به ولتاژ ۲۵ ولت است که بهشدتنوربستگی ندارد. لذاباتنظیمنقطه کارآرایه فتوولتائیکدراین ولتاژ،می‌توان حداکثر توان راازهردوآرایه تحویل بارنمود(این ولتاژدرصد ثابتی ازولتاژ بی باری آرایه است که درآن حداکثر توان تولیدمی‌شودوبه جنس سلول‌های بکاررفتهدرماژول خورشیدی بستگی داردو برای ماژول استفاده شدهدراین مطالعه حدود ۶۸ درصد است).



مشخصهٔ جریان – ولتاژ آرایه ثابت در طول روز

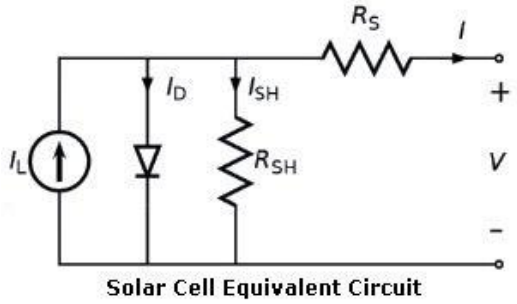
برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

حداکثر توان تولید شده توسط آرایه های متحرک و ثابت

ساعت نمونه برداری	نوع آرایه	
	متحرک	ثابت
۹ : ۰۰	۱۱۳/۳ وات	۷۳ وات
۱۰ : ۰۰	۱۱۲/۲ وات	۹۴ وات
۱۱ : ۰۰	۱۲۰/۴ وات	۱۰۶/۵ وات
۱۲ : ۰۰	۱۱۹/۱ وات	۱۱۳ وات
۱۳ : ۰۰	۱۱۹/۷ وات	۱۱۵/۲ وات
۱۴ : ۰۰	۱۱۸/۶ وات	۱۱۰/۳ وات
۱۵ : ۰۰	۱۱۷/۱ وات	۹۵/۵ وات
۱۶ : ۰۰	۱۱۱/۷ وات	۶۹/۲ وات
۱۷ : ۰۰	۱۰۶/۴ وات	۴۵ وات
۱۸ : ۰۰	۹۸ وات	۱۶/۲ وات
کل انرژی جذب شده در روز (وات ساعت)	۱۱۳۶/۵	۸۳۷/۹
کل انرژی جذب شده نسبت به آرایه متحرک	۱/۳۶	۱

جدول ۱-۳

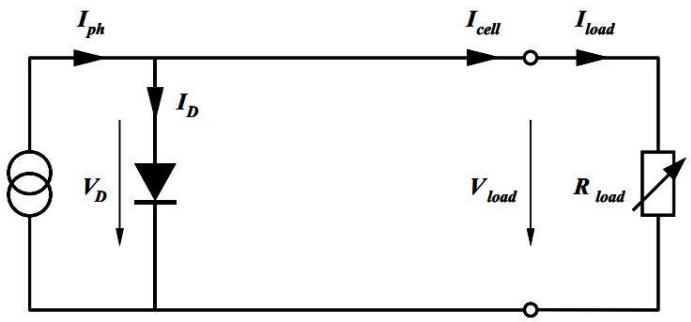
مدار معادل الکتریکی سلول فتوولتائیک



Solar Cell Equivalent Circuit

با توجه به شکل فوق این مدل دارای یک منبع جریان وابسته است که میزان جریان آن با تغییرات دما و شدت تابش تغییر می‌کند.دیود به کار رفته به منظور مدل کردن پیوند p-n است.Rs مدل کننده مقاومت محل اتصال پایه فلزی با نیمه هادی،مقاومت بین لایه p و n،مقاومت لایه n با شبکه فلزی نازک روی آن و مقاومت شبکه فلزی است.همچنین Rp مدل کننده جریان نشتی موجود در پیوند p-n است که بسته به روش ساخت(منو کریستال،پلی کریستال و ...) متفاوت می‌باشد.

همانطور کهقبلاً ذکر شد سلول خورشیدی روشن حامل بارهای آزاد می‌باشد که اجازه می‌دهد جریان در بار متصل شده جاری شود.تعدادی از حامل‌های آزاد بار با شدت تابش نور خورشید متناسب هستند.بنابراین جریان نوری(جریان iL در شکل فوق)،که در داخل سلول خورشیدی تولید می‌شود نیز متناسب با آن است.پس یک سلول خورشیدی ایده آل را می‌توان با مدار ساده‌ی شکل۱۳-۳ نشان داد.[14]



شکل۱۳-۳ مدار معادل ساده در حالت مدار باز

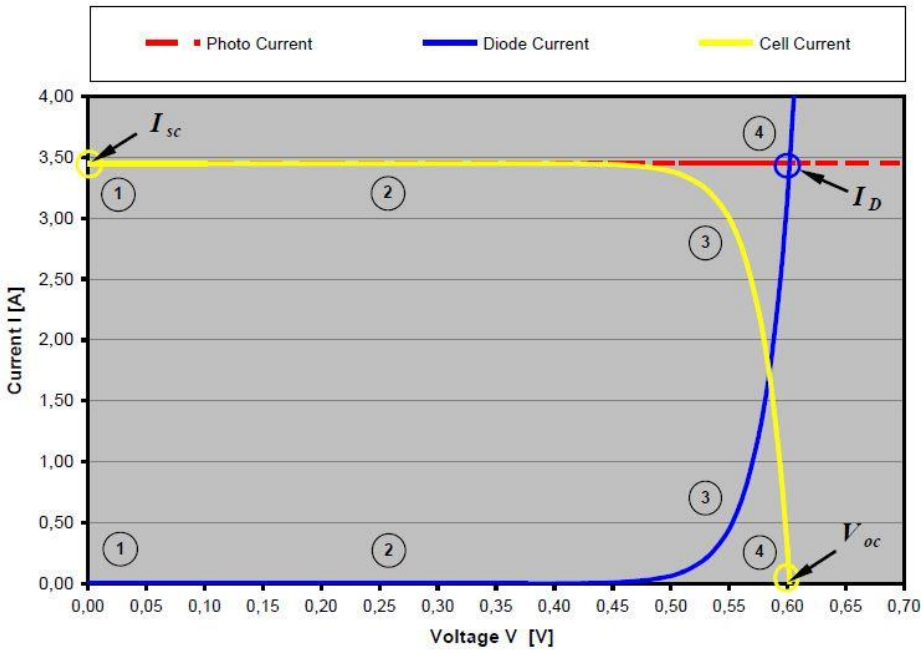
دیود موجود در این شکل معادل اتصال p-n سلول و منبع جریان وابسته به شدت تابش نور خورشید می‌باشد.مقاومت قابل تنظیم متصل شده به سلول خورشیدی به عنوان بار مصرفی است.جریان خروجی سلول طبق رابطه‌ی زیر بدست می‌آید[9]:

$$I_{cell} = I_{ph} - I_D = I_{ph} - I_0 \cdot \left(e^{\frac{qV}{kT}} - 1 \right) \qquad (3-2)$$

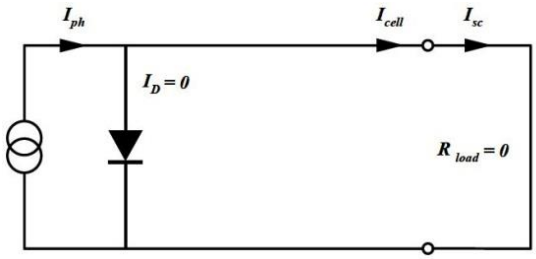
در یک آزمایش فرضی منحنی مشخصه I-V برای یک تابش خاص بصورت نقطه به نقطه ساخته خواهد شد(شکل۱۴).هنگامی که ترمینال‌ها اتصال کوتاه شوند(Rload=0) (شکل۱۵) ولتاژ خروجی و همچنین ولتاژ دو سر دیود صفر می‌باشند.طبق معادله‌ی(۲-۳) در V=0 هیچ جریانID جاری نیست(نقطه ۱ در شکل۱۴) بنابراین تمام جریان نوری Iph تولید شده به وسیله‌ی تابش به خروجی جریان می‌یابد.پس جریان سلول در این هنگام دارای حداکثر مقدار است در این نقطه،که به اصطلاح جریان اتصال کوتاه Isc نامیده می‌شود.

$$I_{sc} = I_{cell} = I_{ph} \qquad (3-3)$$

WWW.WIKIPOWER.IR



شکل۱۴منحنی مشخصه ولتاژ-جریان سلول خورشیدی و دیود



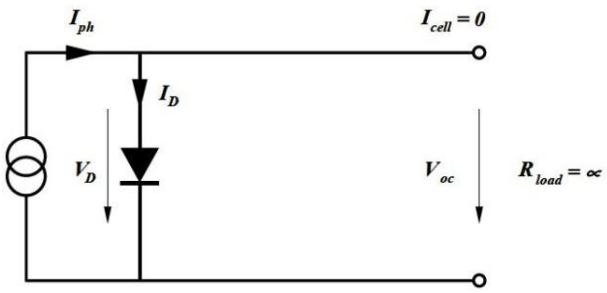
شکل۱۵اتصال کوتاه خروجی

اگر مقاومت بار به طور مداوم افزایش یابد،ولتاژ سلول خورشیدی نیز افزایش می‌یابد در حالی که جریان ثابت می‌ماند.تا مقدار خاصی از ولتاژ جریان جاری در دیود داخلی ناچیز باقی می‌ماند،بنابراین جریان خروجی همچنان با جریان نوری مطابق است(نقطه‌ی ۲ در شکل۱۴).

تا زمانی که ولتاژ آستانه‌ی دیود فراتر رود بعد از افزایش مقدار مقاومت باریک افزایش سریع در جریان نوری از طریق دیود مشاهده می‌شود.این جریانمطابق یک ناحیه بین منحنی جریان نوری و منحنی جریان سلول منجر به تلفات توان در دیود داخلی می‌شود.از آنجا که مجموع جریان بار و جریان دیود باید برابر جریان نوری ثابت باشد،جریان خروجی دقیقاً با این مقدار کاهش می‌یابد(نقطه ۳ در شکل۱۴).

برای یک مقاومت بار بی نهایت بزرگ(مدار باز) نشان داده شده در شکل۱۶جریان خروجی آنگاه صفر می‌شود و به این ترتیب تمام جریان نوری در دیود داخلی جاری می‌شود(نقطه۴ در شکل۱۴).ولتاژ مدار باز Vocمی‌تواند طبق معادله‌ی زیر محاسبه شود[9]:

$$V_{oc} = \frac{kT}{q}\ln(\frac{I_{sc}}{Io} + 1)$$



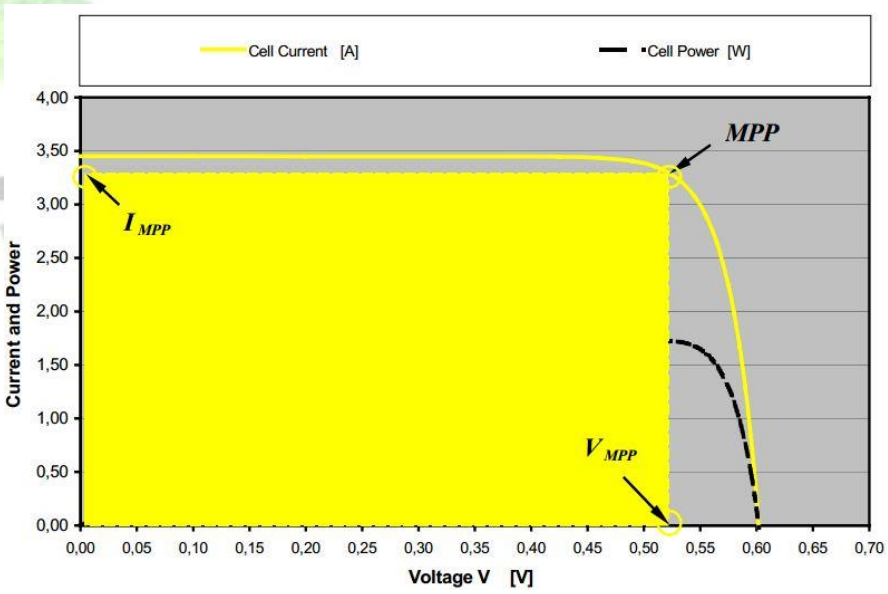
شکل۱۶اتصال مدار باز سلول خورشیدی

در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد:

$$I_{cell} = I_{ph} - Io(e^{38.9\,V} - 1)$$

$$V_{oc} = 0.0257 \ln(\frac{I_{sc}}{Io} + 1)$$

علاوه براین مقدار نمونه‌ی ولتاژ مدار باز بین ۰/۵ تا ۰/۶ ولت برای سلول‌های کریستالی و ۰/۶ تا ۰/۹ ولت برای سلول‌های آمورف واقع شده است.از این آزمایش آشکار است که منحنی مشخصه برای یک مبدل خورشیدی معادل معکوس منحنی مشخصه دیود است که به سمت بالا شیفت پیدا کرده است.از آنجاکه توان الکتریکی از جریان و ولتاژ بوجود می‌آید ، پس می‌توان یک منحنی توان تحویل داده شده توسط سلول خورشیدی را برای سطح تابش داده شده نشان داد(شکل۱۷).



شکل۱۷منحنی توان و نقطه‌ی حداکثر توان

اگرچه جریان در نقطه‌ی اتصال کوتاه حداکثر می‌باشد اما ولتاژ صفر است و بنابراین توان نیز صفر است.این وضعیت برای جریان و ولتاژ در نقطه‌ی مدار باز عکس می‌باشد،و دوباره توان در اینجا صفر می‌باشد.در این میان یک ترکیب خاص از جریان و ولتاژ وجود دارد که توان در آن حداکثر است(بصورت گرافیکی با یک ناحیه‌ی مستطیلی در شکل۱۷ نشان داده شده است).به اصطلاح نقطه‌ی توان حداکثر نامیده می‌شود که نشان

دهنده‌ینقطه‌ی کاری است که در آن سلول خورشیدی حداکثر توان را برای تابش داده شده تحویل می‌دهد.این نقطه در نزدیکی ناحیه‌ی خم منحنی I-V واقع شده است.مقادیر مطابق با Vmpp و Impp‌می‌توانند از Voc و Isc به طریق زیر تخمین زده شوند[9]:

$$V_{MMP} \approx (0.75 - 0.9)\, V_{oc}$$
$$I_{MMP} \approx (0.85 - 0.95)\, I_{sc}$$

علاوه براین کمیت:

$$FF = \frac{(V_{MPP} \cdot I_{MPP})}{(V_{oc} \cdot I_{sc})} \qquad (3\text{-}5)$$

ضریب پرکنندگی نامیده می‌شود که نشان دهنده‌ی کیفیت سلول خورشیدی می‌باشد.این ضریب نشان می‌دهد که منحنی مشخصه I-V چقدر به یک مستطیل نزدیک است.به طور معمول مقدار آن برای سلول کریستالی حدود۰/۷ تا ۰/۸ است.

توان خروجی حداکثر سلول آنگاه:

$$P_{MPP} = V_{MPP} \cdot I_{MPP} = V_{oc} \cdot I_{sc} \cdot FF \qquad (3\text{-}6)$$

بنابراین راندمان سلول خورشیدی که اشاره دارد به نسبت انرژی الکتریکی خروجی به تابش ورودی خورشیدی(Pin) که با رابطه‌ی زیر تعریف می‌شود:

$$\eta = \frac{V_{oc} \cdot I_{sc} \cdot FF}{P_{in}}$$

برای هر سلولی که تلفات آن به علت مقاومت موازی می‌بایست کمتر از ۱درصد باشد،ضروری است که:

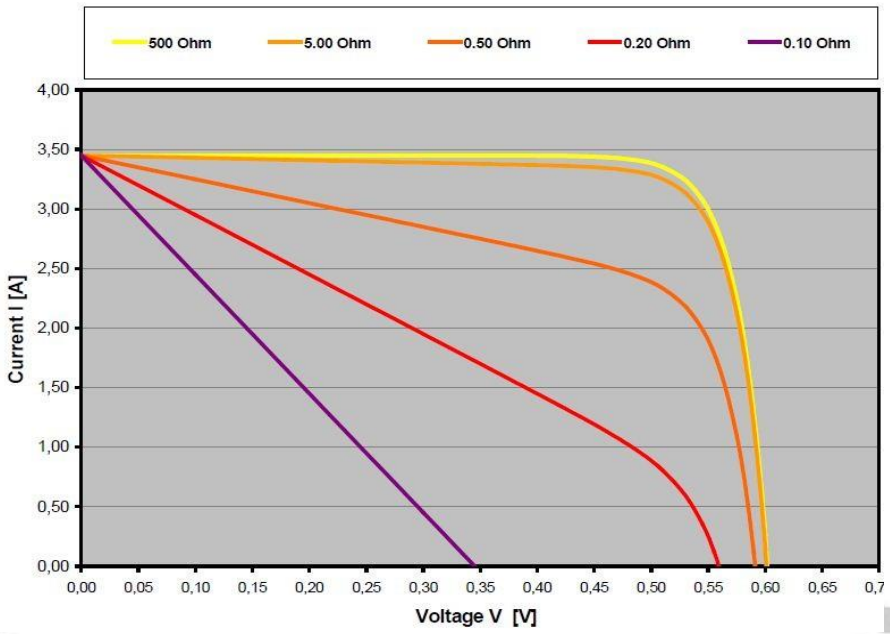
$$R_{SH} > \frac{100Voc}{Isc}$$

مقاومت سری شده‌یRsمی‌تواند به علل مختلفی از قبیل مقاومت در اتصال بین سیم‌ها و سلول و یا مقاومت

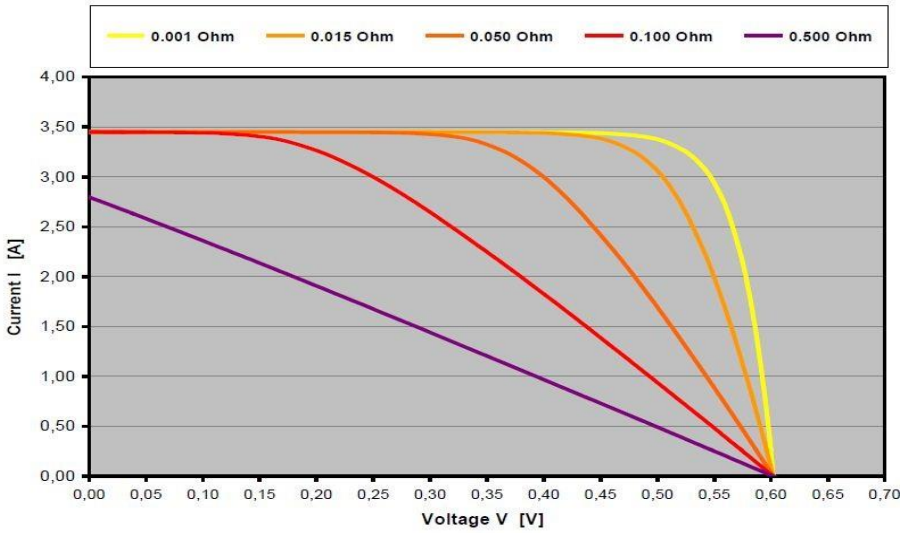
موجود در خود نیمه هادی وجود داشته باشد.

برای هر سلولی که تلفات آن به علت مقاومت سری باید کمتر از ۱ درصد باشد ضروری است که[1]:

$$R_s < \frac{0.01V_{oc}}{I_{sc}}$$

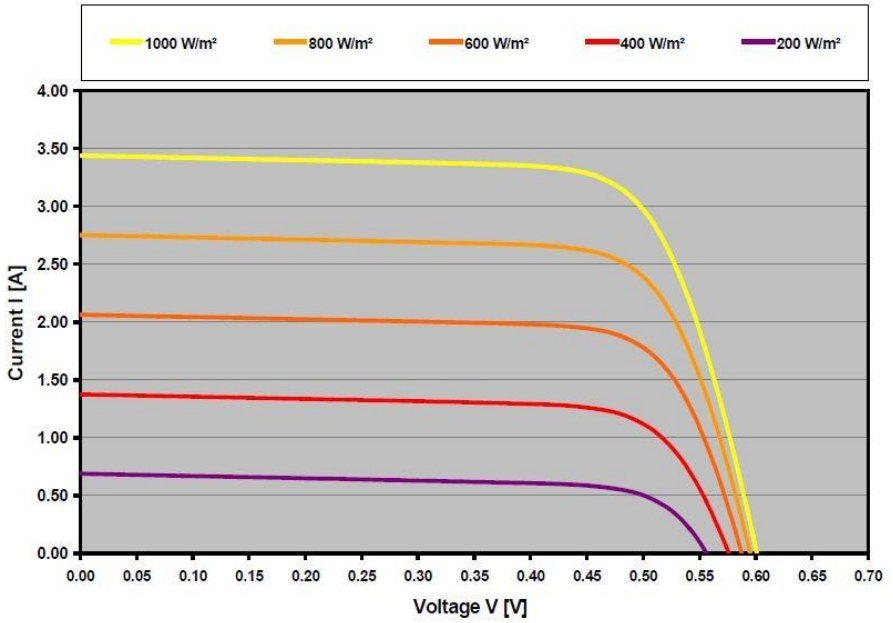


شکل۱۴-۳ مشخصه I-V سلول pv در اثر تغییر مقاومت موازی

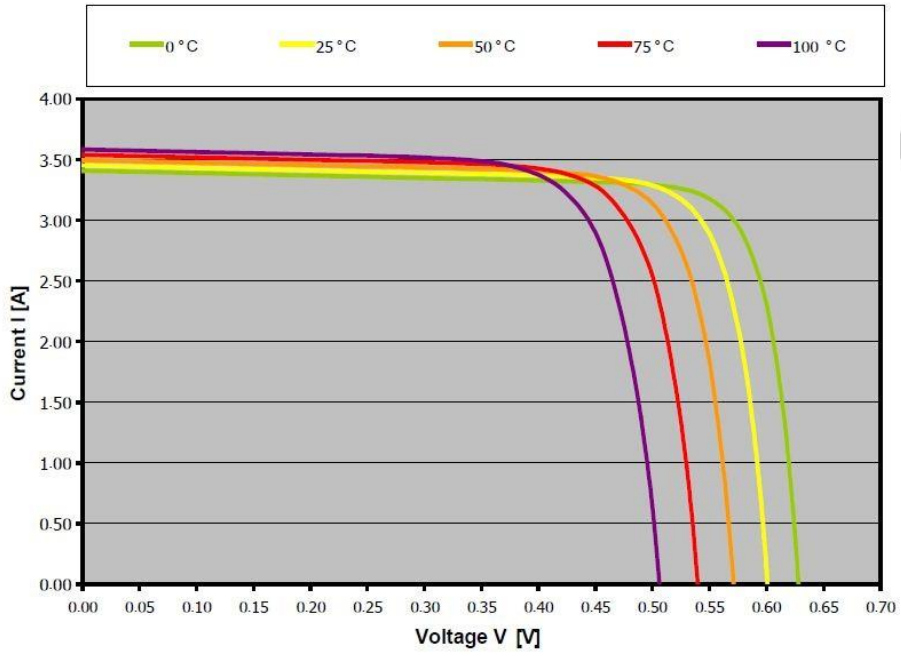


شکل۱۵-۳ مشخصه I-V سلول pv در اثر تغییر مقاومت سری

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل۱۶-۳ تغییر در مشخصه I-V بر اثر تغییر در تابش نور خورشید



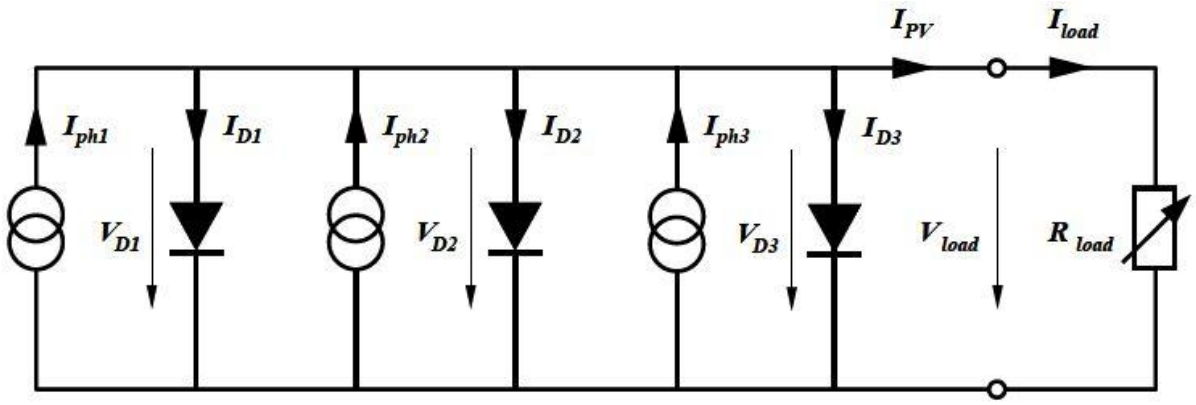
شکل۱۷-۳ تغییر در مشخصه I-V بر اثر تغییر دمای محیط

جریان خروجی سلول واقعی(با درنظر گرفتن مقاومت شنت و سری) طبق رابطه‌ی زیر بدستمی‌آید[9]:

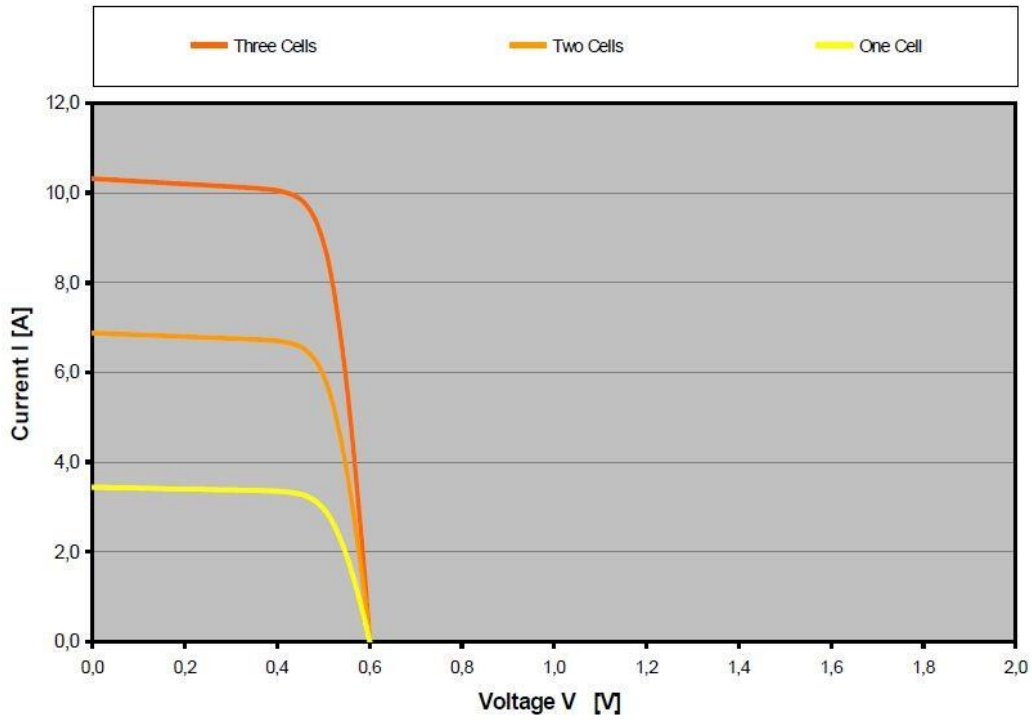
$$I_{cell} = I_{ph} - I_0 \cdot \left(e^{\frac{q}{k \cdot T} \cdot (V_{load} + I_{cell} \cdot R_s)} - 1 \right) - \frac{V_{load} + I_{cell} \cdot R_s}{R_p}$$

در ابتدای همین فصل اتصال سری و موازی سلول‌های خورشیدی را با نمای مداری آنها توضیح دادیم حال

در اینجا به مشخصه‌های جریان-ولتاژ این اتصال‌ها توجه کنید.

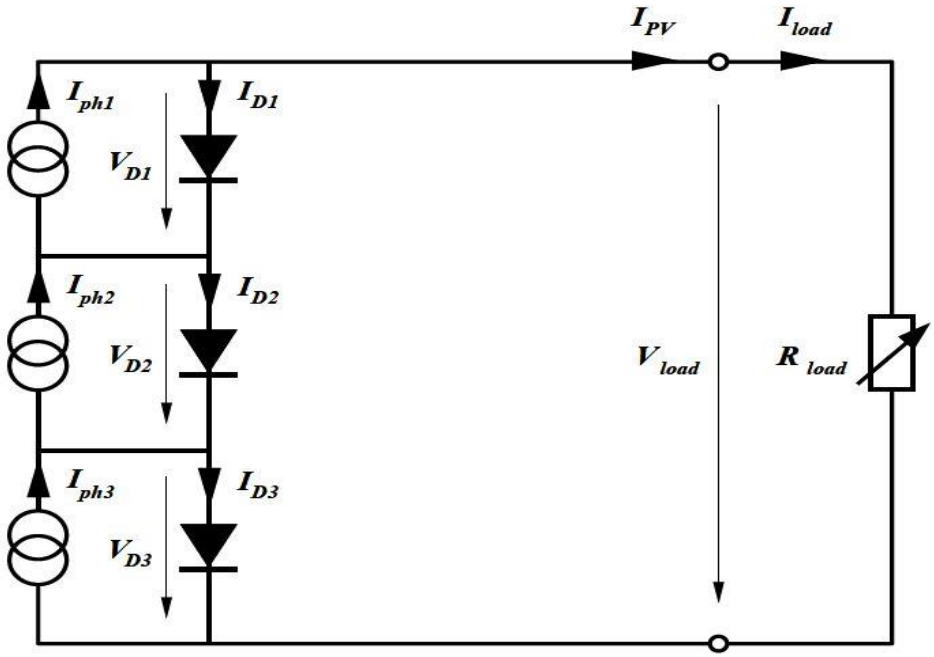


شکل۱۸-۳ مدار معادل اتصال موازی سلول‌های فتوولتائیک

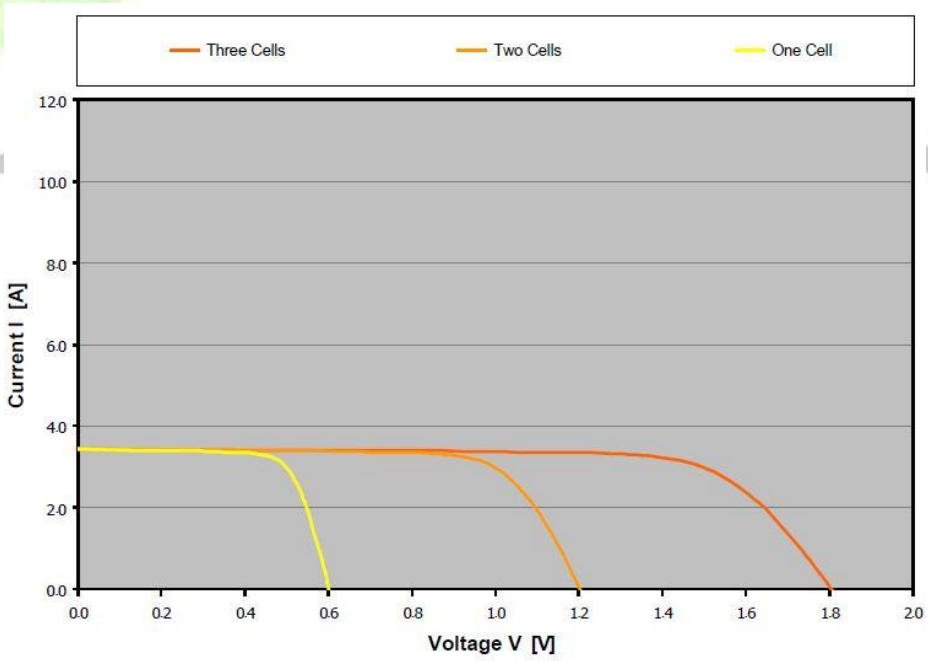


شکل۱۹-۳ مشخصه I-V در اتصال موازی سلول‌ها

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل ۲۰-۳ مدار معادل اتصال سری سلول‌های فتوولتائیک

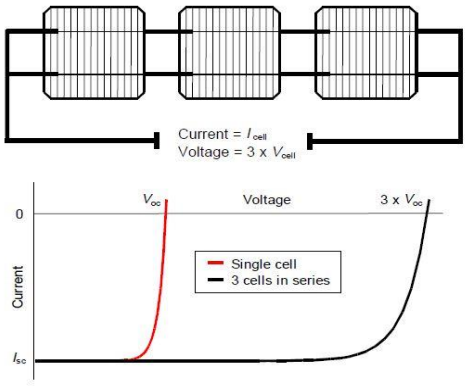


شکل ۲۱-۳ مشخصه I-V در اتصال سریسلول‌ها

از آنجا که یک سلول در حد ۰/۵ ولت تولید می‌کند،معمولاً تعدادی از سلول‌ها بایستی در یک ماژول در کنار هم قرار داده شوند.یک ماژول متشکل است از تعدادی سلول که از قبل در زمان ساخت سیم کشی شده‌اند و در یک پوسته جهت محافظت از تغییرات آب و هوا،بسته بندی گردیده‌اند.معمولاً ظرفیت یک ماژول که حاوی ۳۶ سلول است و بصورت سری به یکدیگر اتصال دارند،توسط سازندگان ۱۲ ولت اعلام می‌شود و این در حالی است که ظرفیت یک ماژول به مراتب بیشتر است.

برخی از ماژول‌های ۱۲ ولت که برای سیستم‌های شارژ باتری استفاده می‌شوند،دارای ۳۳ سلول هستند.بعضی از ماژول‌هایبزرگ‌تر با ظرفیت ۲۴ ولت دارای ۷۲ سلول هستند.چندین ماژول می‌توانند در عمل برای افزایش جریان بصورت موازی یا برای افزایش ولتاژ بصورت سری به یکدیگر متصل شوند.یکی از پارامترهای مهم در طراحی سیستم‌های فتوولتائیک،تعیین تعداد سلول‌های سری و موازی برای تأمین توان مورد نیاز می‌باشد. هنگامی که سلول‌هابصورت سری به یکدیگر اتصال دارند،جریان برای همه یکسان است و به ازای هر مقدار از جریان،ولتاژ یک ماژول بصورت زیر تعیین می‌گردد:

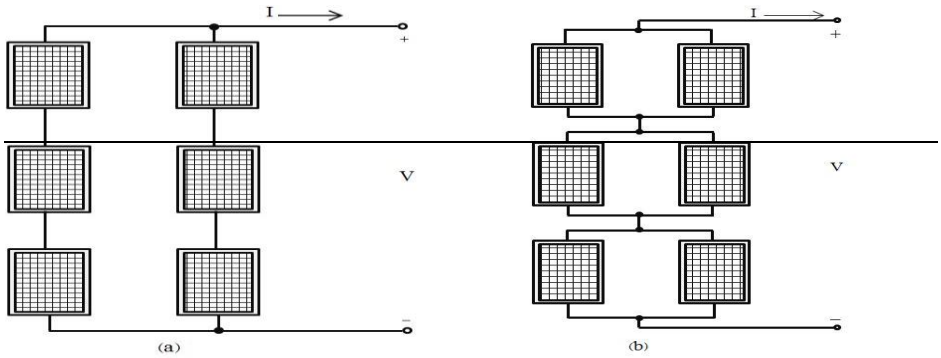
$$V_{module} = n(Vd - I.Rs)$$



شکل۲۲-۳ اتصال سری سلول‌ها

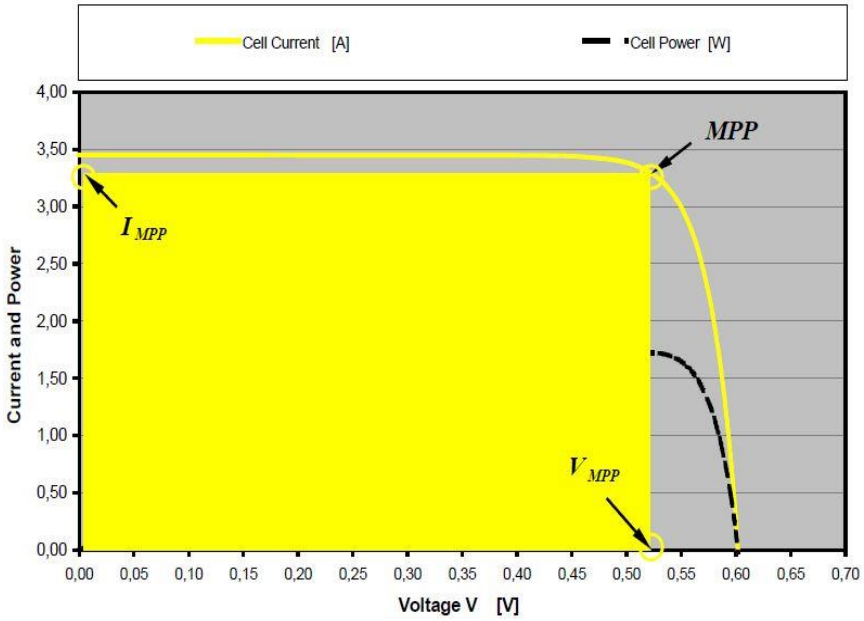
روش‌های اتصال سلول‌ها به هم

روش‌های مختلفی برای اتصال سلول‌هایpv به هم جهت رسیدن به توان مورد نظر مصرف کننده انجام می‌شود،اما در این میان روش اتصالی بهتر است که کمترین تلفات را با توجه به مقاومت‌های موازی و سری داشته باشد و همچنین هنگامی که یک یا چند سلول از آرایه در معرض سایه قرار می‌گیرند کمترین اتلاف توان را در بر داشته باشد[1].



در حالت (a) سه سلول فتوولتائیک که بصورت سری به یکدیگر متصل شده‌اند با سه سلول سری دیگر،بصورت موازی اتصال می‌یابند اما در حالت (b) دو سلول که با هم بصورت موازی متصل شده‌اندبا چهار سلول دیگر که آنها نیز دو به دو با هم موازی شده‌اند،بصورت سری اتصال می‌یابند.اگرچه منحنی ولتاژ-جریان این دو حالت یکسان می‌باشد اما حالت (a) که بصورت اتصال دو رشته سه سلولی می‌باشد،ترجیح داده می‌شود.

همانطور که از منحنی ولتاژ-جریان سلول خورشیدی دیدید این مشخصه شدیداً غیرخطی می‌باشد.نقطه‌ای که در آن حاصلضرب ولتاژ و جریان بیشترین مقدار خود را داشته باشد،نقطه توان حداکثرMPP (maximum power point) سلول نامیده می‌شود.این نقطه در شکل با P_R و ولتاژ و جریان متناظر با آن را به ترتیب با V_{MPP} و I_{MPP} نمایش داده شده‌اند.



شکل۲۳-۳ نقطه‌ی حداکثر توان سلول خورشیدی در منحنی ولتاژ-جریان

توان بدست آمده از مقادیر Isc و Voc ، توان ایده آل سلول نامیده می‌شود.توان مفید سلول ماکزیموم مساحت بزرگترین مستطیلی است که می‌توان زیر منحنی I-V ساخت.ولتاژ و جریان مربوط به این حالت را با V_{MPP} و I_{MPP} نشان می‌دهیم.ماکزیموم توان مفید برابر حاصلضرب این دو خواهد بود.

توان ورودی برابر است با :

$$P_{in} = \int_0^{\infty} F(\lambda) . \left(\frac{h.c}{A}\right) d\lambda$$

که A سطح مقطع سلول، $F(\lambda)$ تعداد فوتون هایی است که در یک سانتیمتر مکعب در یک ثانیه در واحد پهنای باند در طول موج λ به سلول برخورد می‌کنند.[$E=\frac{h.c}{\lambda}$] انرژی هر فوتون، h ثابت پلانک($6.625 \times 10^{-4} j.s$)، c سرعت نور ($3.8 \times 10^8 \, m/s$)، طول موج بر حسب متر و E بر حسب ژول است.

لازم به ذکر است که در یک ولتاژ ثابت،جریان با توجه به میزان تابش خورشید متفاوت خواهد بود و در نتیجه راندمان نیز با توجه با این مساله متغیر خواهد بود[1].

منحنی مشخصه ولتاژ–جریان همزمان با دو فاکتور میزان تابش خورشید و دمای محیط تغییر می کند.افزایش دما،اثرات نامطلوبی بر روی عملکرد سلول‌ها دارد و به طور کلی بازدهی آنها را کاهش می‌دهد.میزان افت ولتاژ مدار باز سلول‌ها حدود ۰/۳ تا ۰/۴ درصد برای هر درجه افزایش دمای محیط می‌باشد،درحالی که افزایش جریان اتصال کوتاه تنها حدود ۰/۰۲۵ تا ۰/۰۷۵ درصد برای هر درجه افزایش دما می‌باشد و نتیجه کلی کاهش بازدهی سلول به اندازه ۰/۵ درصد به ازای هر درجه سانتیگراد افزایش دمای محیط می‌باشد.

برای کمک به طراحان سیستم،به منظور در نظر گرفتن تغییرات در عملکرد سلول با دما،سازندگان این سیستم‌ها

اغلب یک راهنما را که NOCT نامیده می‌شوند برای سلول اعلام می‌نمایند که NOCT دمای سلول در عملکرد نامی می‌باشد.NOCT دمای سلول در یک ماژول هنگامی که دمای محیط ۲۰ درجه سانتیگراد،شدت تابش خورشیدی ۰/۸ کیلووات بر مترمربع و سرعت باد ۱ متر بر ثانیه است،می‌باشد.اما برای شرایط محیطی دیگر از فرمول زیر می‌توانیم استفاده کنیم:

$$T_{cell} = T_{amb} + (\frac{NOCT - 20^{\circ}}{0.8}).S$$

که در رابطه‌ی فوق T_{cell}دمای سلول بر حسب درجه سانتیگراد،T_{amb}دمای محیط بر حسب درجه سانتیگراد و S شدت تابش خورشیدی بر حسب Kw/m^2می‌باشد.

هنگامی که NOCT سلول داده نمی‌شود،روش دیگر برای تخمین دمای سلول استفاده از فرمول زیر می‌باشد:

$$T_{cell} = T_{amb} + \gamma(\frac{Insolation}{1\ kw/m^2})$$

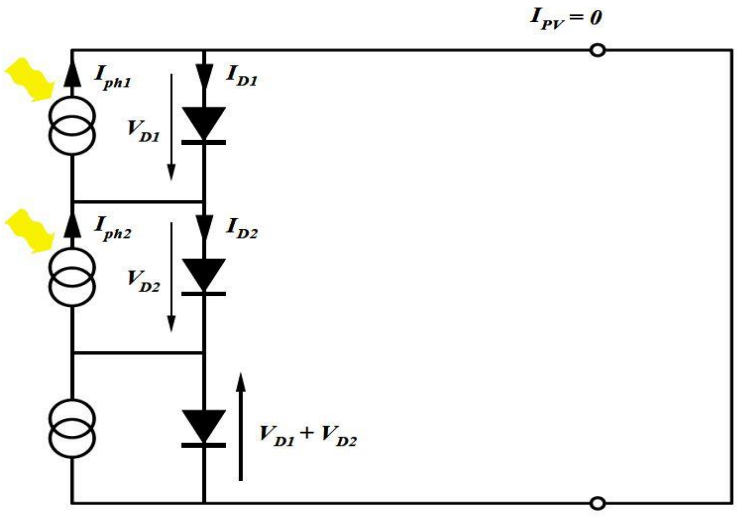
که γفاکتور نسبی می‌باشد که تا اندازه‌ای بستگی به سرعت باد و چگونگی تهویه هوا در هنگام نصب دارد.مقادیر معمول برای γ،در محدوده‌ای بین ۲۵ تا ۳۵ درجه سانتیگراد می‌باشد.

اثرات سایه روی سلول‌ها

خروجی ماژول فتوولتائیک هنگامی که یک بخش کوچکی از آن در سایه قرار می‌گیرد،می‌تواند کاهش یابد.مگر اینکه تلاش‌های خاصی برای جبران مشکلات ایجاد شده توسط سایه بر روی سلول‌های فتوولتائیک انجام شود.

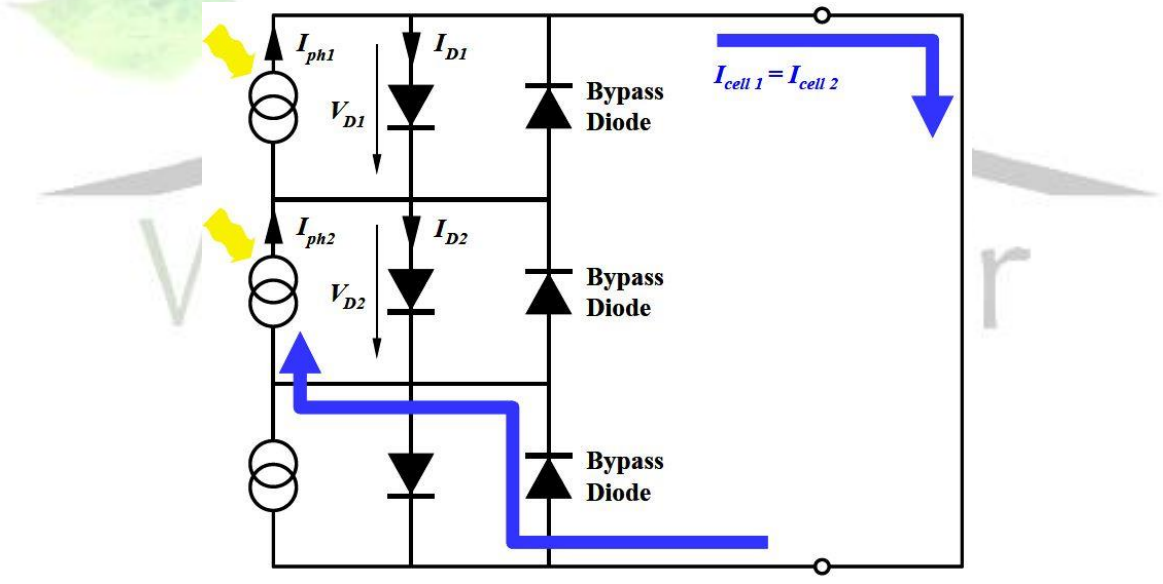
دیودهای خارجی که توسط سازندگان یا طراحان سیستم‌های فتوولتائیک اضافه می‌شوند،می‌توانند به عملکرد ماژول‌های فتوولتائیک کمک نمایند.این دیودها معمولاًبصورت موازی به ماژول‌ها یا بلوک‌هایسلول‌ها در یک ماژول،اضافه می‌شوند.

در اینجا سایه‌ی کامل را برای یک سلول در اتصال سری سلول‌ها در شکل زیر نشان داده شده است.سلول سایه شده هیچ جریانی تولید نمی‌کند و به عنوان مدار باز عمل می‌کند و بنابراین هیچ جریانی در مدار جاری نیست.دیود آن توسط ولتاژ تولیدی دو سلول دیگر تمایل دارد بصورت معکوس بایاس شود.با این حال هیچ تلفات توانی در سلول سایه دار وجود ندارد مگر اینکه ولتاژ شکست دیود بیش از حد شود[9].



شکل۲٤-۳ اتصال سری-یک سلول در سایه‌یکامل

با توجه به اینکه هیچ جریانی در مدار وجود ندارد،قدرت خروجی در این حالت نیز صفر است.یک راه حل برای برطرف کردن این مشکل این است که یک دیود بای پس هرزگرد به سلول‌ها(همانطور که در شکل۲۵-۳ نشان داده شده) وصل کنیم به طوری که اختلاف ولتاژ بزرگ‌تر نتواند در جهت معکوس جریان از سلول‌های خورشیدی بوجود آید.تحت شرایط عادی مانند حالت بدون سایه هر دیود بای پس بایاس معکوس می‌باشد و هر یک از سلول‌های خورشیدی تولید کننده‌ی توان می‌باشند.همانطور که در شکل ۲۵-۳ نشان داده شده است هنگامی که سلول سوم سایه دار می‌شود،دیود بای پس بایاس موافق شده و جریان مدار را هدایت می‌کند،در نتیجه سلول سوم از مسیر جریان برداشته شده و دیگر افت ولتاژ در اثر مقاومت سری سلول را نخواهیم داشت.

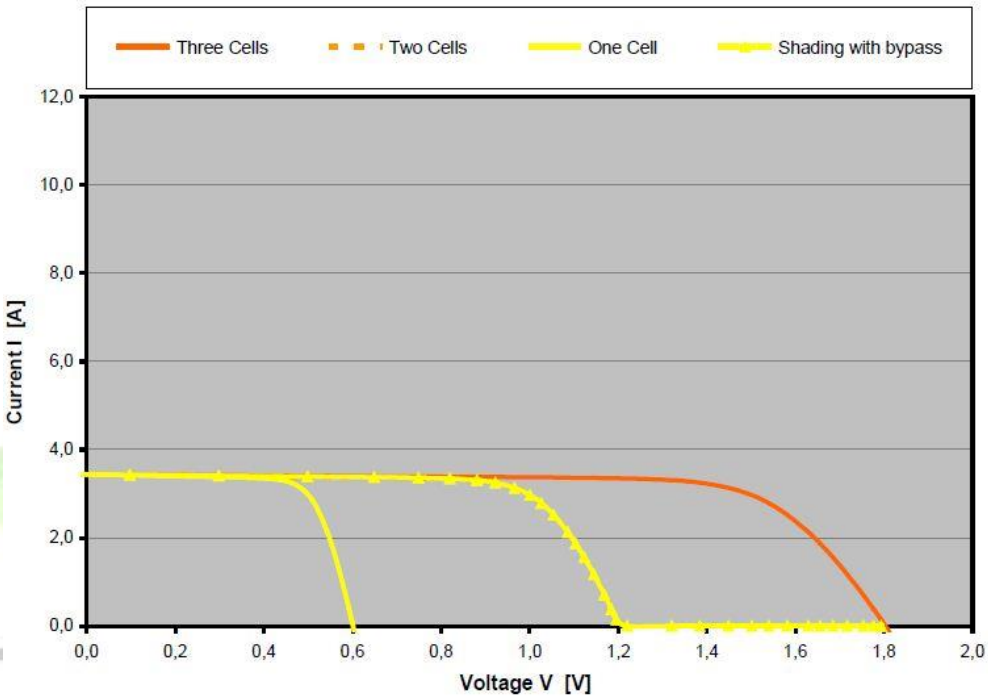


شکل۲۵-۳ اتصال سری-با دیود بای پس-یک سلول کاملاً در سایه

منحنی مشخصه I-V آرایه فتوولتائیک با حالت سایه با این فرض که بار از بی نهایت(مدار باز) تا صفر(اتصال کوتاه) تنظیم شود در شکل ۲۶-۳ نشان داده شده است.

تحت شرایط مدار باز هیچ جریانی در مدار سلول سوم جاری نیست و بنابراین هیچ ولتاژی نیز بوجودنمی‌آید.هنگامی که بار کوچکتر از بی نهایت(بجز حالت مدار باز) باشد ولتاژ بار کوچکتر از ولتاژ

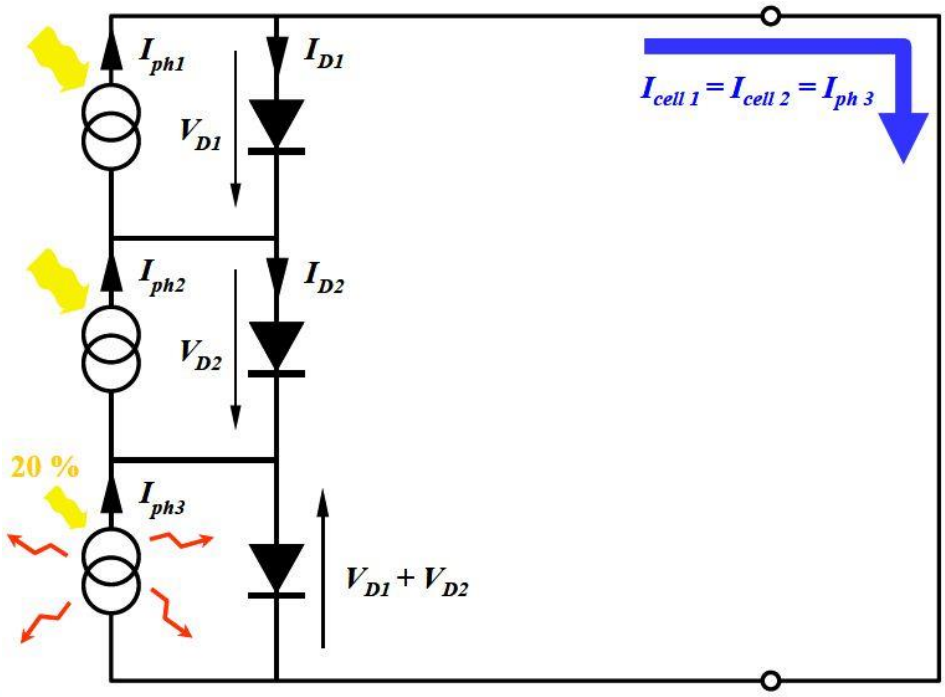
مدار باز است وولتاژ در سلول سوم از صفر افزایش می‌یابد،دیود بای پس بنابراین بایاس موافق است و جریان مدار را از خود عبور خواهد داد و خیلی سریع به ولتاژ آستانه‌ی خود می‌رسد.پس از آن منحنی مشخصه با منحنی دو سلول در حالت سری مطابق می‌شود.



شکل۲۶-۳ مشخصه I-V برای اتصال سری-یک سلول در سایه‌ی کامل

در صورتی که سلول سوم تا حدودی سایه دار شود(شکل ۲۷-۳) برای مثال ۲۰ درصد تابش اشعه خورشید را دریافت کند،می‌تواندتقریباً ۲۰ درصد توان دو سلول دیگر را تولید کند.با توجه به اتصال سری،با وجود اینکه دو سلول دیگر می‌توانند ۱۰۰ درصد توان خود را تولید کنند،مقدار جریان تولید شده در مدار تنها می‌تواند به اندازه‌ی جریان تولیدی سلول سوم باشد.(شکل ۲۷-۳)

بقیه‌ی جریان تولیدیبه وسیله‌ی سلول اول در دیود خودش جاری می‌شود(همین عمل برای سلول دوم نیز اتفاق می‌افتد).علاوه براین اتلاف توان به سلول سوم مربوط می‌شود.



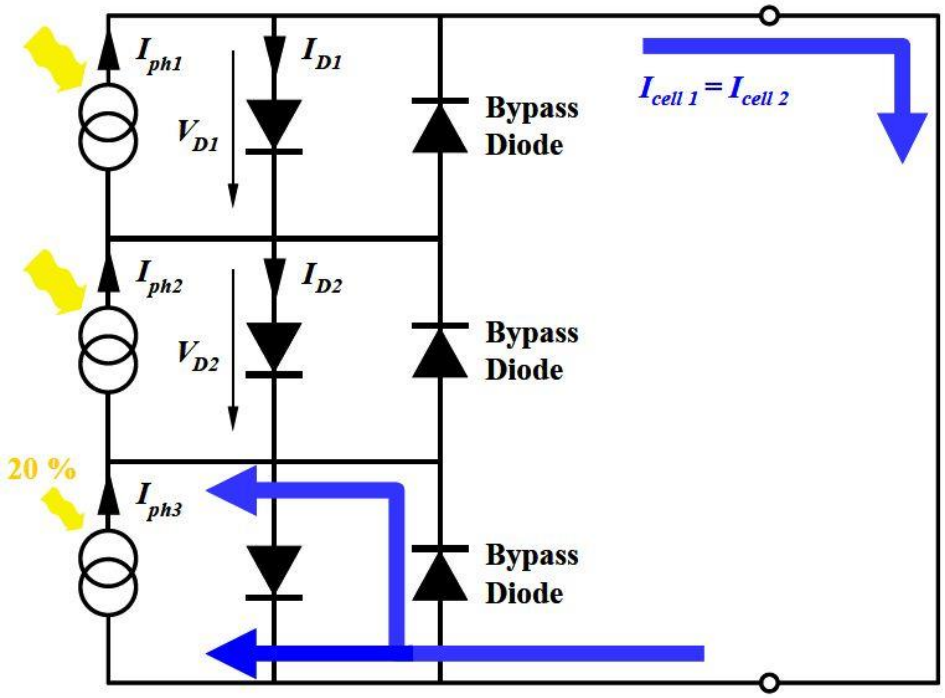
شکل۲۷-۳ اتصال سری-یک سلول تقریباً در سایه

این گونه اتلاف توان به نقطه‌ی بحرانی اشاره دارد،تأثیر غیر قابل تحمل،که منجر به خرابی در اتصال p-n سلول و به ترتیب تخریب اتصال مذکور و ترک خوردگی در شیشه سلول یا ذوب شدن لحیم آن می‌شود.با این حال این نیز می‌تواند در مورد سلول‌هایی که با هم تطابق ندارند در ماژول با توجه به تفاوت‌های تولید سلول‌ها اتفاق بیافتد.تخریب(ترک) و یا حتی نابرابر بودن سلول‌ها که پس از آن در خروجی‌های مختلف اتفاق می‌افتد.با استفاده از دیودهای بای پس مشکلات سلول‌های عدم تطابق و نقاط بحرانی را می‌توان حل کرد.

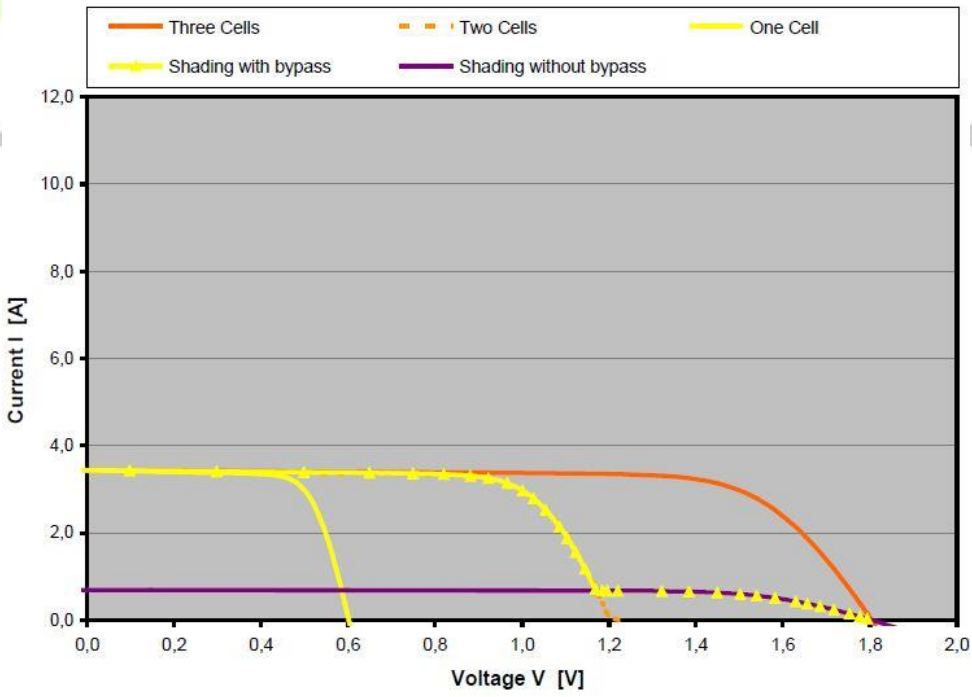
همانطور که در شکل زیر نشان داده شده است پس از انجام بای پس سلول سوم،جریان جاری شده برابر است با مقداری بین جریان مدار و جریان تولید شده توسط سلول سوم.

منحنی مشخصه I-V مربوط به این حالت در شکل زیر نشان داده شده است.

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



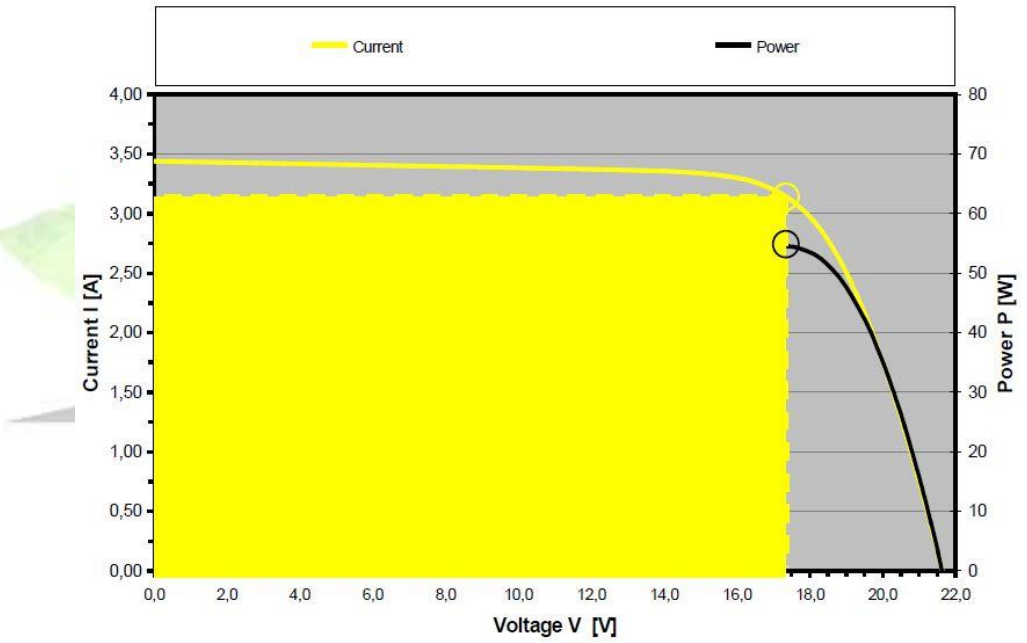
شکل۲۸-۳ اتصال سری با دیود بای پس-یک سلول تقریباً در سایه



شکل۲۹-۳ مشخصه I-V اتصال سری-یک سلول تقریباً در سایه

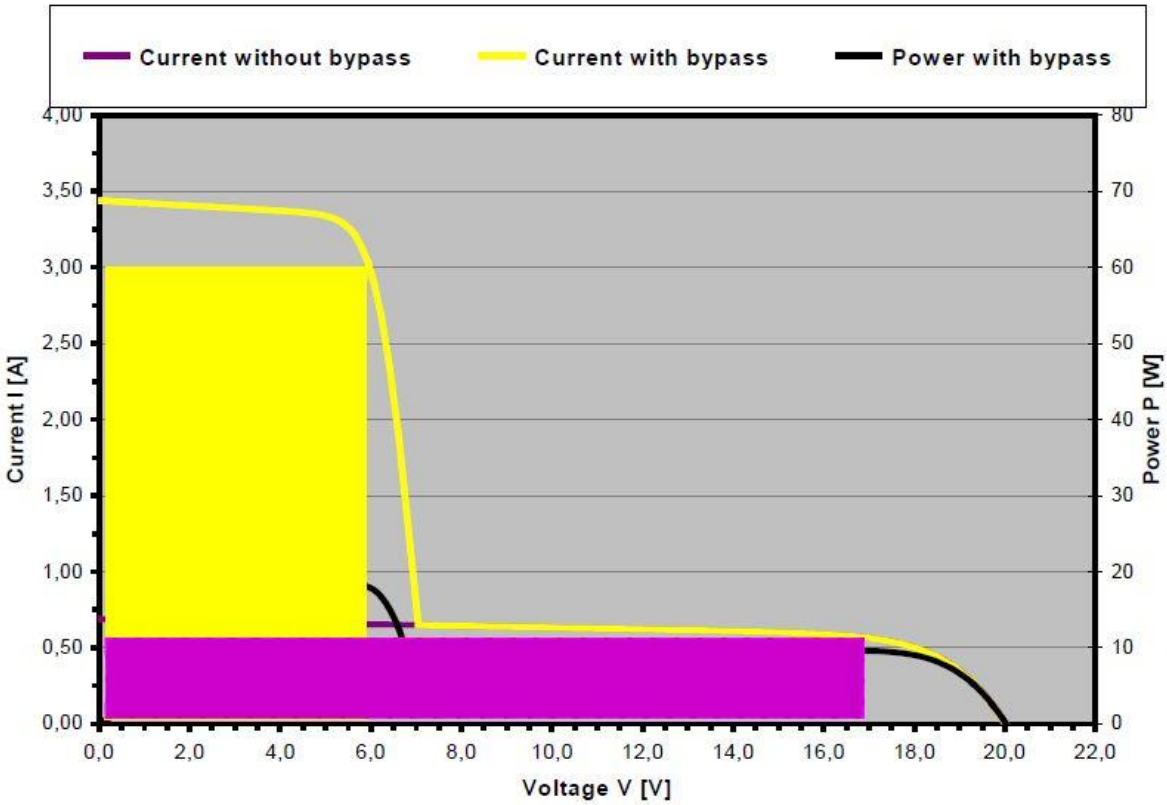
با این حال یک دیود بای پس در سلول وجود دارد که معمولاً بیش از حد گران است.در عمل با توجه به دلایل تلفات توان برای هر ۱۰ تا ۱۵ سلول یک دیود کافیست.به عنوان مثال برای یک ماژول ۳۶ سلولی ۳ عدد دیود مورد نیاز است.علاوه براین این اتصالات در جعبه اتصال توسط تولید کننده انجام می‌شوند.

لازم به ذکر است که دیودهای بای پس هیچگونه تلفاتی را ایجاد نمی‌کنند،چون که جریان در حالت طبیعی(بدون سایه) در آنها جاری نیست.همچنین برای حفاظت از ماژول سایه دار دیود بای پس اجازه‌ی جاری شدن جریان از آرایه‌ی pv را می‌دهد هنگامی که تا اندازه‌ای ماژول سایه دار شده حتی در یک ولتاژ و توان کاهشی.



شکل ۳۰-۳ منحنی توان یک ماژول تحت تابش $1000\ W/m_2$

تحت شرایط عادی یک ماژول منحنی توانی شبیه آنچه در شکل ۳۰-۳ نشان داده شده است دارد،با این حال تأثیرات سایه بر این منحنی شدت کاهش توان خروجی می‌باشد که کاملاً بدیهی است که در شکل ۳۱-۳ قابل مشاهده است.



شکل ۳۱-۳ منحنی توان برای سلول تحت سایه‌ی تقریبی

در حال حاضر برای اتصال سری،بدترین ماژول کیفیت کل پنل را تعیین می کند.به این دلایل ماژول‌هایبا سلول‌های متفاوت یا از تولید کنندگان مختلف هرگز نباید به هم متصل شوند.در یک سیستم بزرگ‌ترینکه تمام ماژول یک جور تولید شده باشند می‌تواند قابلیت اطمینان سیستم را بالا ببرد،علاوه براین تمامی ماژول‌های شامل دیود بای پس تجاری نیستند.بنابراین باید از حتی سایه‌های جزئی همچون سایه‌یکابل‌ها،سیم‌های نصب،درختان،تأسیسات اطراف یا آرایه‌های مجاور روی پنل ها جلوگیری کرد.

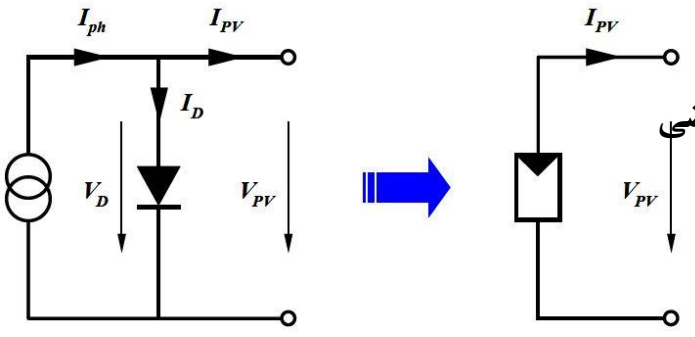
یک نمونه از سایه‌هایی که معمولاً روی ماژول‌ها هم به طور مداوم می‌ماندفضولات پرندگان می‌باشد که برای حل این مشکل و جلوگیری از نشستن پرندگان روی لبه‌ی پنل ها بهتر است یک نوار از سوزن را در امتداد لبه‌ی بالایی ماژول‌ها نصب کرد.

شکل۳۲-۳ایجاد سایه روی پنل خورشیدی توسط فضولات پرندگان

اصول تبدیل انرژی در سیستم‌های فتوولتائیک

مبدل pv (پنل فتوولتائیک که مبدل انرژی خورشیدی به الکتریسیته می‌باشد) قلب تپنده‌ی سیستم pvمی‌باشد.با این حال برای یک کاربرد عملی،اجزای اضافی دیگری مورد نیاز است.به عنوان مثال برای ذخیره سازی انرژی،برای تنظیم انرژی جاری یا برای تأمین ولتاژ و جریان متناوب یک شبکه.

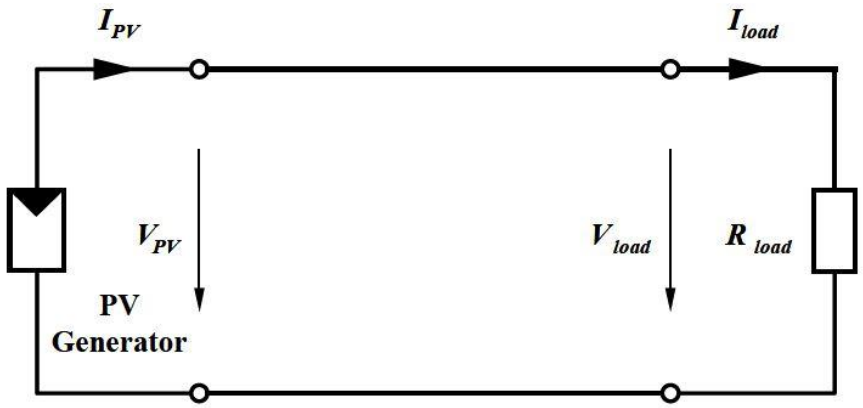
این اجزای اضافی سهم قابل توجهی را در کاهش هزینه بهره برداری دارند و بر رفتار کل سیستم قابل ملاحظهمی‌باشد.با فرض اینکه منبع جریان موازی با یک دیود شکل۳۳-۳ معادل استاندارد سلول خورشیدی باشد[9]:



شکل۳۳-۳ مدار معادل استاندارد فرضی

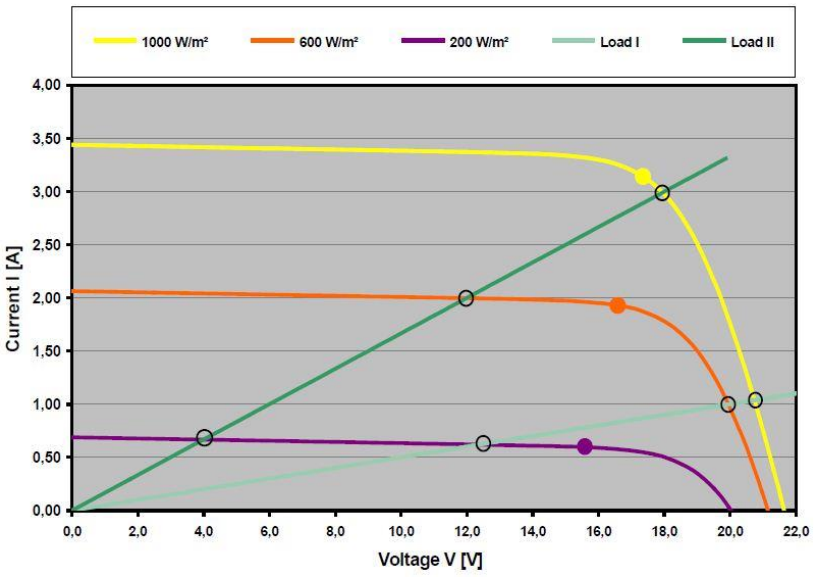
اتصال مبدل pv به بار اهمی

در صورتی که بارها بصورت مستقیم به منابع خطی متصل باشند و توان الکتریکی(ولتاژها و جریان‌ها) به بار اعمال شود،مقادیر ولتاژها و جریان برای هر نقطه می‌تواند به راحتی توسط قانون اهم محاسبه شود.اما اگر به عنوان مثال یک منبع ولتاژ به یک مقاومت متصل شود،در صورتی که منبع دارای ماهیت غیر خطی باشد مثلاًمبدل‌های pv (شکل ۳۴-۳) یک روش گرافیکی لازم است[9].



شکل ۳۴-۳ اتصال مبدل pv به بار اهمی

مبدل pv به عنوان یک منبع و مقاومت به عنوان بار اهمی دو جزء به هم متصل هستند.ولتاژ در هردوی آنها برابر است و جریان در تمام مدار جاری می‌باشد،در نتیجه‌ی تقاطع این دو منحنی نقطه‌ی کار همانطور که در شکل ۳۵-۳ نشان داده شده است بدستمی‌آید.



شکل ۳۵-۳ نقطه‌های کار مختلف در اثر تابش‌های متفاوت

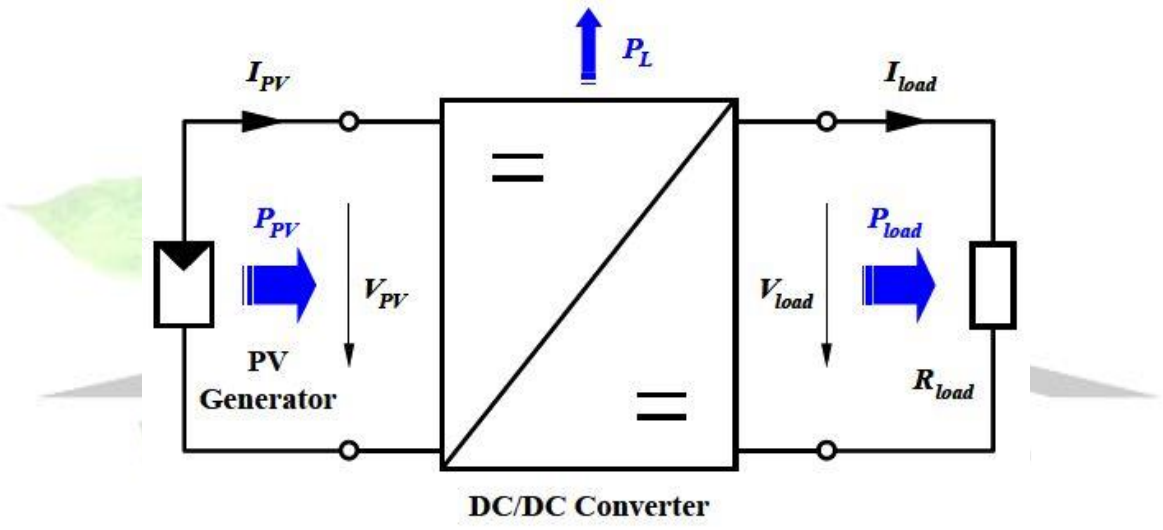
همانطور که قبلاً نشان دادیم

نقطه‌ی کار سیستم pv روی منحنی مشخصه‌ی I-V در اثر تغییرات تابش اشعه‌ی خورشید تغییر می کند و این اثرات نامطلوبی روی بار می گذارد.

برای جلوگیری از این عمل به یک کانورتر DC/DC نیاز است که مدام یک ولتاژ ثابت را تحویل بار نماید.

مبدل DC/DC

شکل ۳۶-۳ نماد یک مبدل DC/DC را نشان می‌دهد که می‌تواند به عنوان رابط بین منبع و بار مورد استفاده قرار گیرد[9].



شکل۳۶-۳ کانورتر DC/DC به عنوان رابط بین منبع و بار

وظیفه‌ی دستگاه کانورتر نگه داشتن نقطه‌ی کار مبدل pv در یک نقطه‌ی یا نزدیکی نقطه‌ی توان ماکزیموم(MPP) تحت تمامی شرایط عملی مختلف(تغییرات تابش نور خورشید،تغییرات دما،مشخصه بار و غیره) می‌باشد.انتقال ضروری از یک بار اهمی به یک مقاومت تعدیل مطلوب(برای رسیدن به MPP)،بدست خواهد آمد توسط کانورتر DC/DC .

کانورتر DC/DC ولتاژ خروجی را رگوله نمی‌کند بلکه به بیان دقیق‌تر ولتاژ ورودی را به یک ولتاژ ثابت می‌رساند توسط رگولاتورMPP .ولتاژ خروجی حاصل بصورت اتوماتیک از برابری ورودی و خروجی

حاصل می‌شود،اگر تلفات داخلی کانورتر ناچیز باشد.در مرحله‌ی اول کار مبدل DC/DC را بدون مدار واسط شرح می‌دهیم.

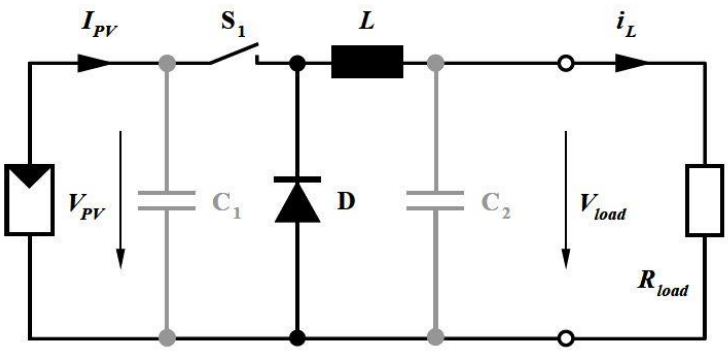
کانورترهای DC/DC امکان تبدیل جریان مستقیم با یک ولتاژ معین به جریان مستقیم با ولتاژ دیگر(بیشتر قابل تنظیم) یا حتی تغییر پلاریته ی ولتاژ را فراهم می کنند.

شکل۳۷-۳ یک نمونه کانورتر ۸۰۰ وات واقعی

WikiPower.ir

کانورتر step-down (Buck Converter)

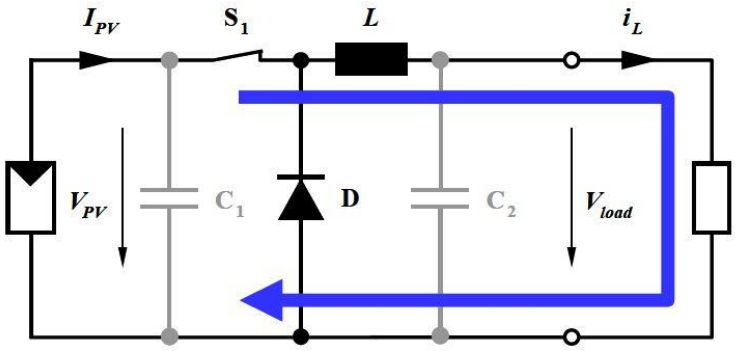
به کمک اینکانورترها ولتاژ ورودی Dc، که به عنوان مثال به وسیله‌ی مبدل pv تولید شده است(Vpv) همانطور که در شکل ۳۸-۳ آمده است،می‌تواند یک پله کم شود.



شکل۳۸-۳ مدار معادل کانورتر Buck

اگر کلید S1 در زمان t0 بسته شود،دیودD بایاس معکوس شده و جریان در مدار بوجودمی آید(شکل۳۹-۳).جریان(iL=) سریعاً افزایش پیدا نمی کند بلکه توسط شارژ سلف L کم کم افزایش می یابد.

$$\frac{di_L}{dt} = \frac{V_{PV} - V_{load}}{L}$$



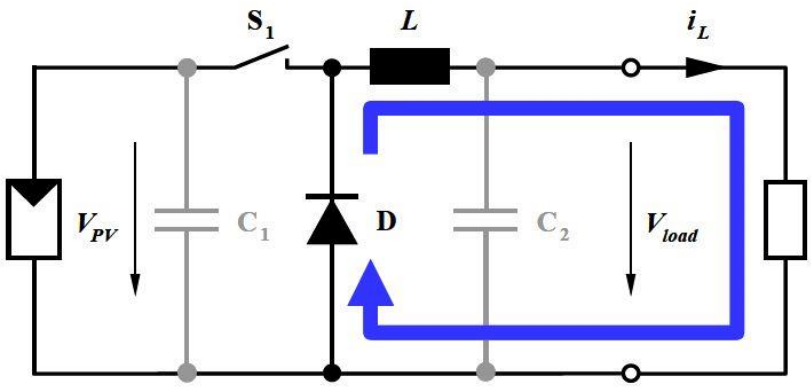
شکل۳۹-۳ کانورتر باک در حالت on

در همین حال سلف انرژی را بصورت مغناطیسی ذخیره می کند.اگر S1 باز شود بعد از زمان t1،بار از منبع تغذیه جدا خواهد شد.با این حال جریان همچنان توسط انرژی ذخیره شده در سلف L ادامه دارد و آزادانه در دیود در حال چرخش است.(شکل۴۰-۳)با توجه به معادله‌ی فوق بدون در نظر گرفتن کاهش ولتاژ در دو سر دیود،جریان با توجه به معادله‌ی زیر افت پیدا می کند:

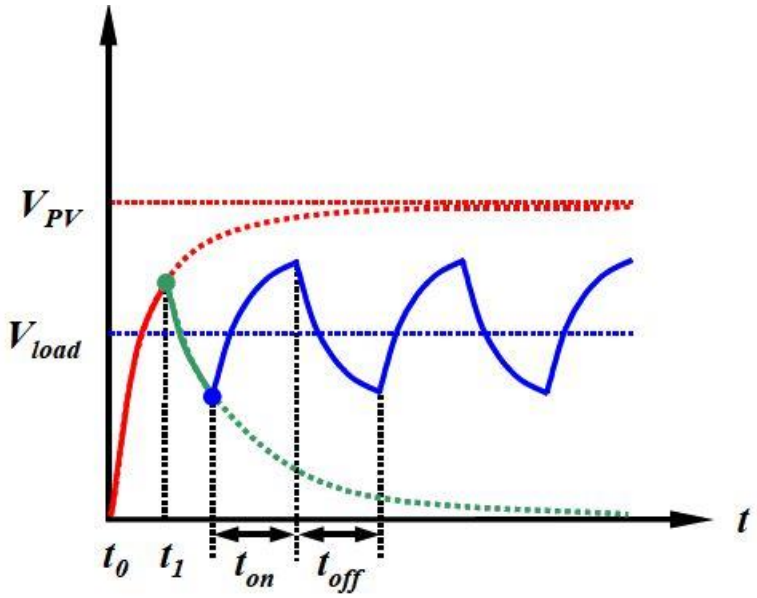
$$\frac{di_L}{dt} = -\frac{V_{load}}{L}$$

خازن C1 برای پشتیبانی از ولتاژ منبع تغذیه(Vpv) استفاده شده است.در اصل S1با یک فرکانس سوئیچینگ خاص باز و بسته می‌شود(در اینجا :ton , toff).باتوجه به قانون اهم رفتار ولتاژ بار می‌تواند از جریان بار تبعیت کند.همانطور که در شکل۴۱-۳ نشان داده شده ولتاژ بار با یک ریپل حاصل می‌شود،که می‌تواند توسط خازن اضافی C2 صاف شود.به هر حال مقدار متوسط(Vload) کمتر از Vpv است.در صورتی که

فرکانس کلیدزنی افزایش یابد به عنوان مثال تا ۱ کیلوهرتز،آنگاه اندوکتانس لازم را می‌توان به طور قابل توجهی کاهش داد.



شکل ۴۰-۳ کانورتر باک در حالت off



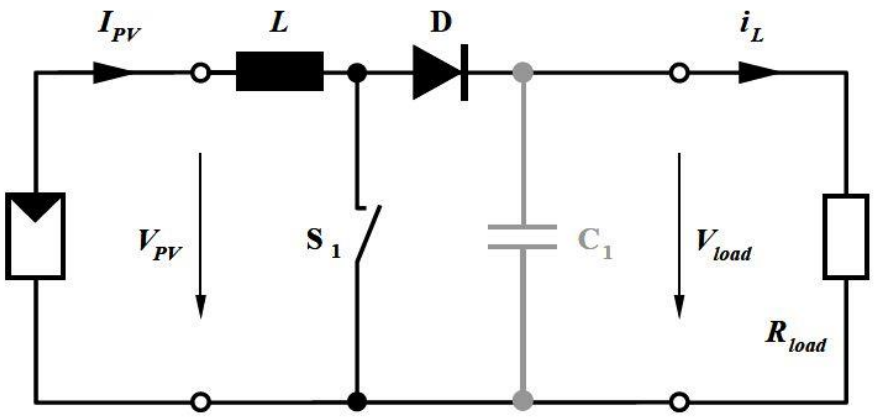
شکل ۴۱-۳ رفتار ولتاژ بار کانورتر باک

فرض کنید که ولتاژ بار ایده آل و بدون ریپل باشد و سلف نتواند ولتاژ Dc را جذب کند،به این ترتیب با دوره تناوب T=ton+toff :

$$V_{load} = \frac{t_{on}}{T} V_{PV}$$

کانورتر step-up(مبدل Boost)

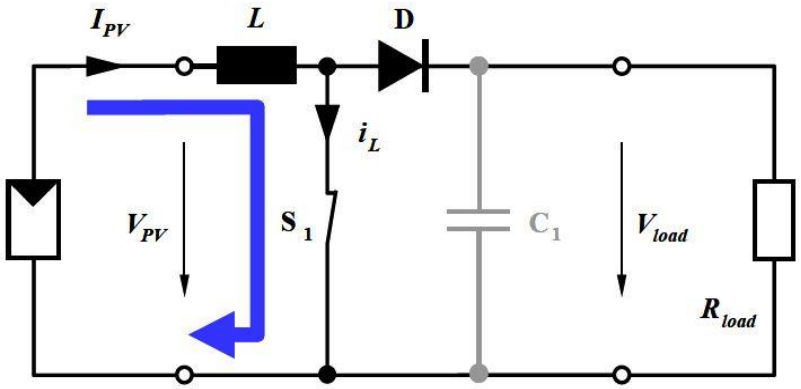
با استفاده از تغییراتی در اجزای کانورتر Buckمی‌توان کانورتر Boost را بدست آورد(شکل۴۲-۳).با این تفاوت که در اینجا ولتاژ Vpv یک گام بالاتر آمده.در یک حالت ثابت که S1 هنوز خاموش است،ولتاژ Vload برابر Vpv است،بدون در نظر گرفتن ولتاژ دو سر دیود.



شکل۴۲-۳ مدار معادل کانورتر Boost

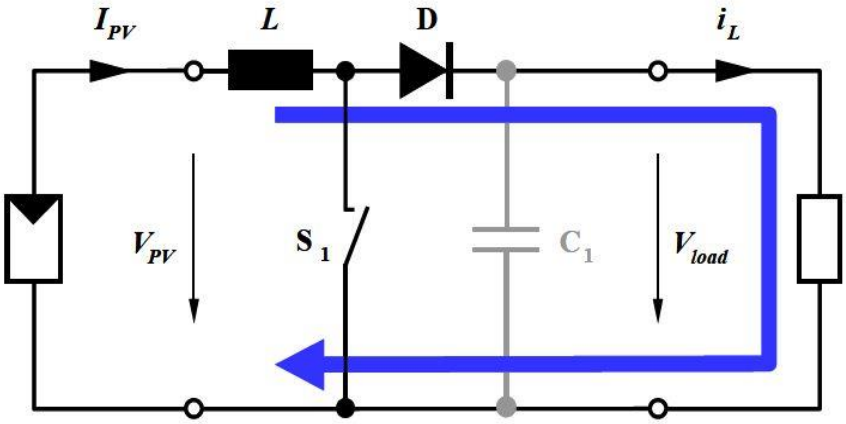
همانطور که در شکل۴۳-۳ نشان داده شده است در حالت ''on'' بدون C1ولتاژ بار بلافاصله به صفر افت می‌کند.جریان مدار(iL=) از طریق سلف L و S1 جاری می‌شود طبق رابطه‌ی زیر:

$$\frac{di_L}{dt} = \frac{V_{PV}}{L}$$

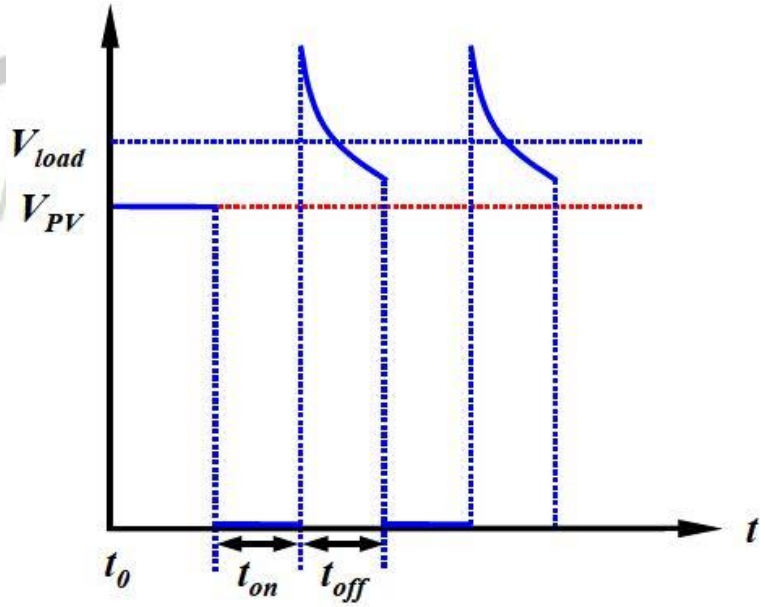


شکل۴۳-۳ کانورتر Boost در حالت on

پس از اینکه S1 خاموش شد(شکل۴۴-۳) ولتاژ القا شده در سلف به Vpv اضافه می‌شود که در دو سر بار می‌ماند.جریان iL در سلف و بیشتر در بار جاری می‌شود.بدین ترتیب به تدریج افت می‌کند چون که Vload>Vpv است.



شکل ٤٤-۳کانورتر Boost در حالت off



شکل ٤٥-۳ رفتار ولتاژ بار کانورتر Boost

این حالت از ولتاژ بار در شکل ۴۵-۳ آمده است.دیود D از شارژ شدن خازن C1 در مقابل اتصال کوتاه(دشارژ شدن) محافظت می کند،که فرضمی‌شود به قدری بزرگ است که می‌تواند ولتاژ بار را کاملاً صاف کند:

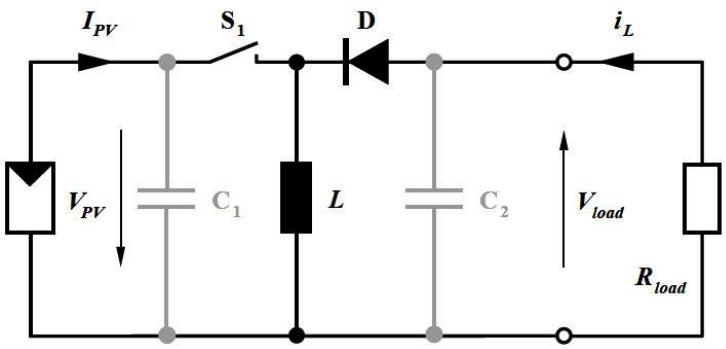
$$V_{load} = \frac{T}{t_{off}} V_{PV}$$

کانورتر Buck/Boost یا مبدل معکوس

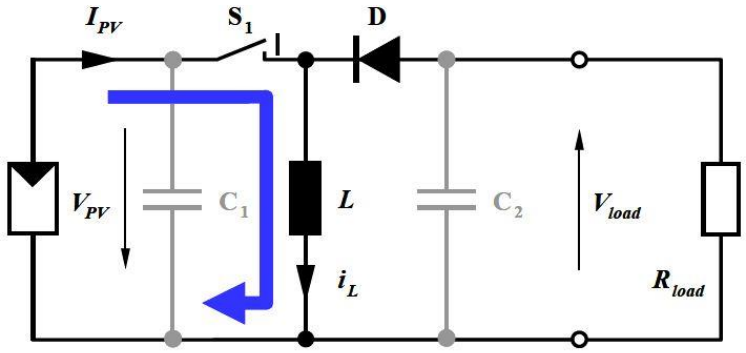
این مدار(شکل۴۶-۳) هردو حالت step-down و step-up ولتاژ Dc را مهیا می کند.در طول حالت ''on'' انرژی گرفته شده از منبع(مبدل pv) در سلف L ذخیره می‌شود(شکل۴۷-۳).انرژی ذخیره شده در سلف آنگاه تحویل مقاومت بار داده شده است در طول حالت ''off'' (شکل۴۸-۳) به کمک دیود D جریان از طریق سلف فقط در یک جهت در هردو حالت on و off جاری می‌شود.نتیجه اینکه پلاریته ی ولتاژ بار کاملاً با Vpv مخالف است به همین دلیل این مدار را کانورتر معکوس می‌نامند.

در این مرحله خازن C1ولتاژ تغذیه‌یVpv و ولتاژ صاف Vload،C2 را پشتیبانی می کند.در نتیجه دامنه‌یVload را می‌توانپایین‌تر و یا بالاتر از Vpv تثبیت کرد با تنظیم زمانton و در نتیجه toff.

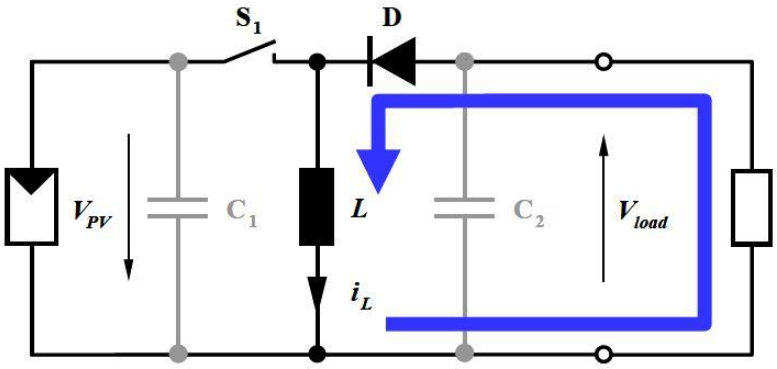
$$V_{load} = -\frac{t_{on}}{t_{off}} V_{PV}$$



شکل٤٦-۳ مدار معادل کانورتر Buck/Boost

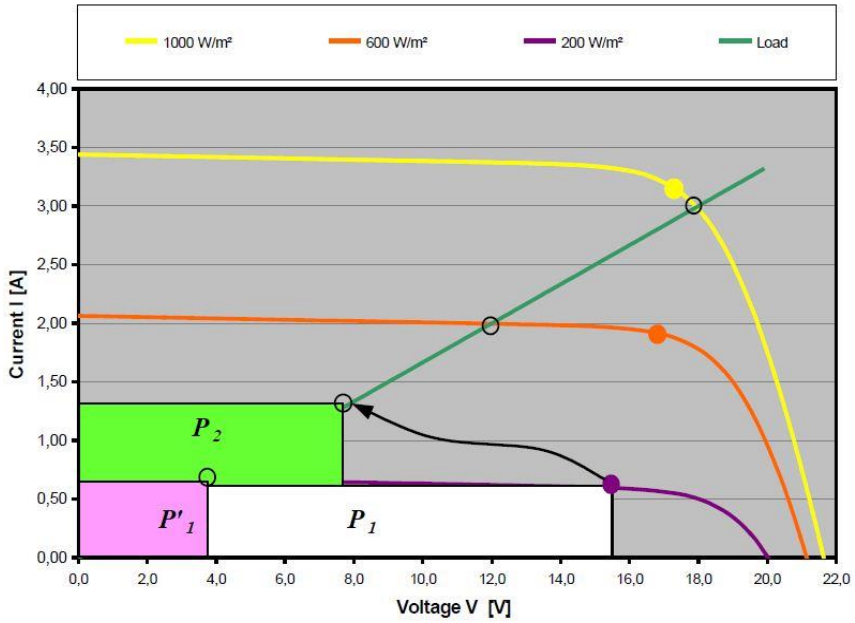


شکل۴۷-۳ کانورتر Step-down/step-up در حالت on



شکل۴۸-۳کانورتر Step-down/step-up در حالت off

در شکل۴۹-۳ انتقال نقطه‌ی کار یک نمونه بار اهمی نشان داده شده است،که در آن تغییرهای ورودی و خروجی نشان داده شده در شکل۳۶-۳ توصیف شده‌اند.



شکل۴۹-۳ انتقالنقطه‌ی کار

با توجه به منحنی ۲۰۰ وات بر مترمربع تابش نور خورشید،نتیجه می‌شود که نقطه‌ی کار کاملاً سمت چپ

برای دریافت فایل wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

واقع شده با توان p’1 ، که توسط ناحیه‌ی مستطیل صورتی مشخص شده است.با این حال تابش ماژول pvمی‌تواند به توان p1 نشان داده شده توسط ناحیه‌ی مستطیل سفید برسد اگر با ولتاژ نقطه‌یMPP کار کند.دستگاه کانورتر باعث می‌شود که این ورودی ولتاژ و جریان MPP به مقدار خروجی روی منحنی بار انتقال داده شوند،به موجب آن حالت ایده آل هردو توان p1 و p2 بزرگ هستند.

اگر تحول توضیح داده شده در شکل ۴۹-۳ برای تابش‌های مختلف به اجرا درآید،بنابراین می‌تواند دیده شود که در این مثال راندمان برای تابش‌های کوچک نیز با کمک کانورتر خیلی بزرگ است.

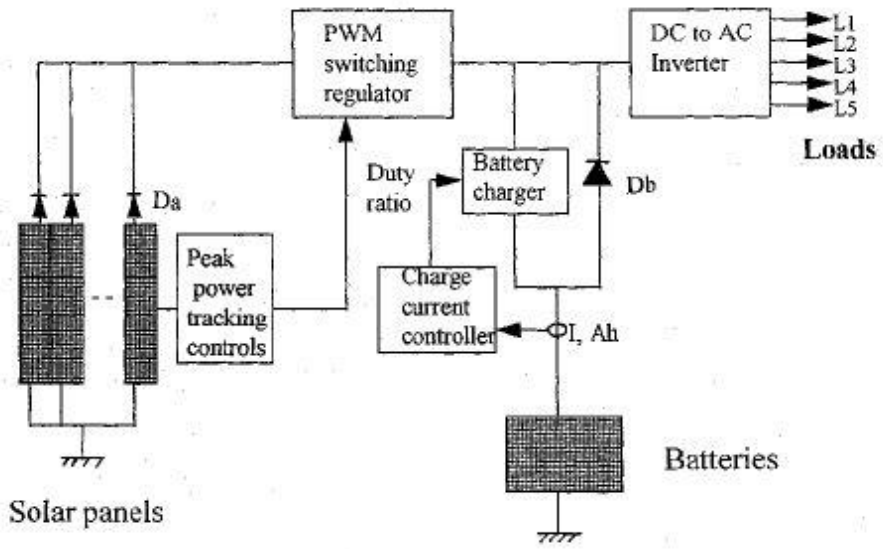
با این حال،با توجه به توضیحات برای تابش‌های بالاتر اثر کمتر می‌شود و تعادل کل از جمله تلفات در کانورتر می‌تواند بدتر از اتصال مستقیم شود.اگرچه با ساختار درست احتمالاًمی‌توان راندمان بیشتر از ۹۵ درصد را بدست آورد[9].

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

واحد ذخیره سازی انرژی الکتریکی

به خاطر وجود تغییر در میزان شدت تابش پرتوهای خورشیدی در طول روز و در فصول مختلف،یک باتری به منظور ذخیره کردن انرژی الکتریکی تولیدی توسط آرایه‌های فتوولتائیک و به عنوان یک عامل واسط بین آرایه‌های خورشیدی و مصرف کننده‌ی انرژی الکتریکی برای بهره وری بیشتر مورد نیاز می‌باشد.یک سیستم فتوولتائیک خورشیدی در طول روز که تابش خورشید وجود دارد انرژی خورشیدی را به الکتریکی تبدیل می کند ولی زمانی که انرژی خورشیدی در حد ماکزیموم خود است به ندرت اتفاق می‌افتد که دقیقاً منطبق با لحظه‌ی ماکزیموم مصرف باشد.ابرها در آسمان نیز برای سیستم‌های فتوولتائیک مشکل ایجاد می کنند و چنانچه ابری بودن آسمان چندین روز به درازا بکشد انرژی الکتریکی در مقایسه با روزهای آفتابی که خورشید شدت تابش بالایی دارد میزان قابل ملاحظه‌ای کاهش پیدا خواهد کرد.واضح است در چنین روزهایی می‌توان از انرژی ذخیره شده در روزهای آفتابی استفاده کرد.اضافه کردن تجهیزات ذخیره سازی در سیستم‌های فتوولتائیک می تواند موجب افزایش قابلیت اعتماد سیستم برای تأمین مستمر انرژی الکتریکی گردد.معمولاً برای این کار در سیستم‌های فتوولتائیک با ظرفیت ۳ کیلووات به بالا از باتری استفاده می گردد.با پیوند یک سیستم مجزا نظیر دیزل ژنراتور به سیستم فتوولتائیک نیز می‌توان پیوستگی در تأمین برق مشترکین را در یک سیستم مستقل از شبکه‌ی سراسری ایجاد نمود.در مواردی که سیستم به شبکه متصل باشد الزاماً نیازی به ذخیره سازی انرژی تولیدی توسط سیستم فتوولتائیک نمی‌باشد.در سالیان اخیر در کشورهای پیشرفته از سیستم‌های متشکل از الکترولایزر و پیل سوختی جهت پشتیبانی از سیستم‌های pv برای تولید بدون وقفه انرژی الکتریکی استفاده می‌شود[1].



شکل ۵۰-۳ ذخیره انرژی در باتری‌ها در سیستم فتوولتائیک

باتری‌های الکتروشیمیایی وجه غالب برای نقش ذخیره سازی انرژی یک سیستم pv را دارا می‌باشد.از باتری‌های مناسبی که برای این مصارف مورد استفاده قرار می گیرندباتری‌های سرب،اسید و نیکل کادمیم را می‌توان نام برد.اما هزینه‌ی بالا و مقدار تلفات زیاد مواد از معایب باتری‌هامی‌باشد،با این وجود چندین گونه باتری دیگر مانند کلراید،روی و باتری‌های با دمای بالا،مانند(Sodiom-sulfur و Lithium-Iron) و باتری‌های ردوکس(redox) در دست بررسی می‌باشند.باتری‌های سرب،اسید برای سیستم‌های فتوولتائیک بسیار معمول می‌باشند اما باید بدانیم که هر باتری‌ای برای سیستم‌هایpv مناسب نمی‌باشد،به عنوان مثال باتری سرب-آنتیموان که بصورت معمول در اتومبیل‌ها مورد استفاده هستند،برای این منظور مناسب نمی‌باشند(به واسطه‌ی دشارژ خودی تا ۳۰ درصد از توان باتری در ماه و طول عمر کوتاه).

باتری‌هایی که برای مصرف منابع قدرت اضطراری به کار برده می‌شوند،به دلیل داشتن طول عمر زیاد(در حدود ۱۵ سال) و نرخ دشارژ ۸ تا ۱۰ ساعته برای مصارف pv مناسب هستند.این باتری‌ها از صفحات سرب کلسیم یا سرب خالص ساخته می‌شوند.یکی از مشکلات استفاده‌ی باتری در سیستم‌هایpv یکنواخت نبودن

نرخ شارژ و دشارژ باتری می‌باشد،علاوه بر آن نرخ شارژ و دشارژ باتری در تابستان و زمستان نیز فرق داشته،بنابراین پدیده‌ی سولفاته شدن و متعاقب آن کاهش عمر باتری پیش می‌آید.در خلال تابستان احتمالاً سیستم pv بیش از نیاز بار انرژی تولید خواهد کرد،بنابراین احتمال اضافه شارژ شدن باتری وجود دارد.این پدیده به چند دلیل ناخواسته می‌باشد؛اولاًمی‌تواند باعث تولید هیدروژن و اکسیژن از باتری شده که به پدیده گاز کردن شناخته شده است،که باعث خرابی الکترولیت باتری شده و خطرناک می‌باشد.

شکل ۵۱-۳ نمونه‌ی یک باتری واقعی سرب اسید[9]

ثانیاً این پدیده می‌تواند باعث ریختن مواد از روی سطح پلیت الکترولیت شده و در نتیجه باعث کاهش عمر باتری شود.در زمستان باید باتری‌ها را از گزند سرمای شدید دور نگه داشت،چراکه با توجه به قانون شکست

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

(ظرفیت شارژ به ازای کاهش هر یک درجه سانتیگراد از ۲۰ درجه سانتیگراد کاهشی معادل ۱ درصد خواهد داشت) و اثر یخزدگی محلول الکترولیت توان ذخیره سازی باتری به شدت افت خواهد کرد.در باتری‌های سرب-اسید در صورتی که شارژ و دشارژ در حد اعتدال انجام گیرد امکان شارژ از ۸۰ تا ۸۵ درصد بدون پدیده گاز کردن انجام پذیر است.

مزایای باتری نیکل-کادمیم به شرح زیر می‌باشند:

- توانایی اضافه شارژ بدون خرابی
- توانایی دشارژ کم برای مدت طولانی بدون خرابی
- دارای مقاومت مکانیکی بیشتر در نتیجه مناسب‌تر از لحاظ جابجایی
- توانایی تحمل شرایط یخزدگی بدون خرابی

معایب باتری نیکل-کادمیم به شرح زیر می‌باشند:

- هزینه‌ی بالا (در حدود سه برابر نسبت به ظرفیت ذخیره انرژی معادل)
- راندمان شارژ پایین(در حدود ۵۵ تا ۶۰ درصد در کاربردهای خورشیدی)

شکل۵۲-۳ نمایی از یک باتری

خانه‌ی واقعی جهت سیستم‌های pv

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

شکل۵۳-۳ یک نمونه‌ی واقعی از دستگاه کنترل شارژ باتری‌ها

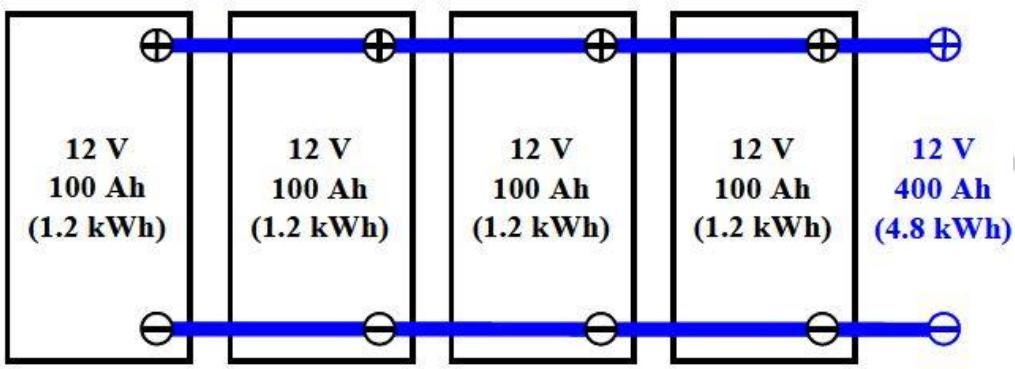
شکل٥٤-۳ اتاق باتری‌ها (باتری خانه) و باتری‌های سری و موازی شده

اتصالات مختلف باتری‌ها

باتری با ظرفیت بالاتر را می‌توان با استفاده از اتصال چندین باتری به هم بصورت موازی،سری و یا سری-موازی به منظور فراهم کردن سطح ولتاژ و جریان موردنظر، بدست آورد[9].

اتصال موازی

هنگامی که تمام پایانه‌های مثبت از تمامی باتری‌ها به هم متصل شوند و پس از آن تمامی پایانه‌های منفی نیز به هم متصل شوند دراین صورت باتری‌ها با هم بصورت موازی متصل هستند.در ساختار موازی،بانک باتری دارای ولتاژ یکسان به اندازه‌ی ولتاژ یک باتری هستند در حالی که ظرفیت جریان برابر با مجموع باتری‌های تکی است(شکل۵۵-۳).

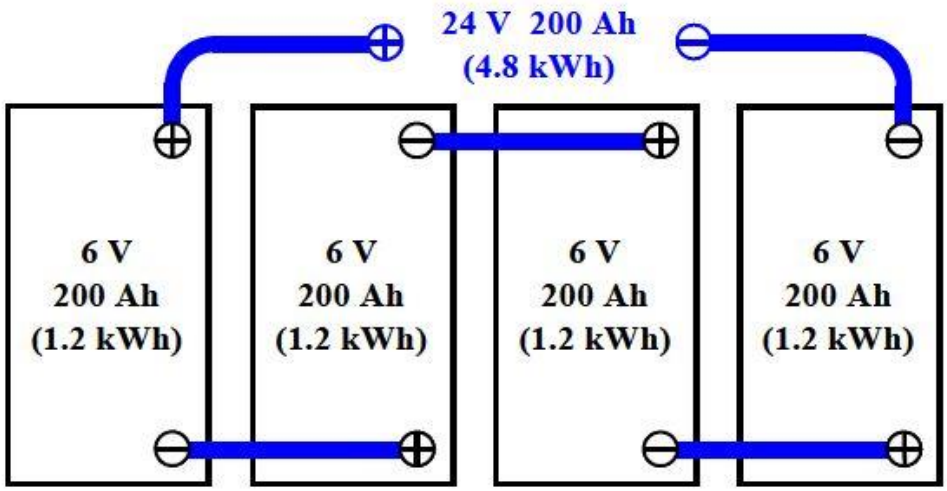


شکل۵۵-۳ اتصال موازی باتری‌ها

تنها باتری‌های با ولتاژی یکسان با هم موازی می‌شوند در غیر این صورت باتری با ولتاژ بالاتر جریان‌های قوی را به باتری‌های دیگر(ولتاژ پایین) تزریق می‌کند و در نتیجه بیش از حد آسیب می‌بینند.

اتصالسری

هنگامی که ترمینال مثبت یک باتری به ترمینال منفی دیگری(بعدی) متصل شود آنگاه اتصال سری بدست می‌آید.در اتصال سری یک بانک باتری آمپر ساعت معادل یک باتری را خواهد داشت ولی در مقابل ولتاژ کل برابر مجموع ولتاژ باتری‌های تکی است(شکل۵۶-۳).



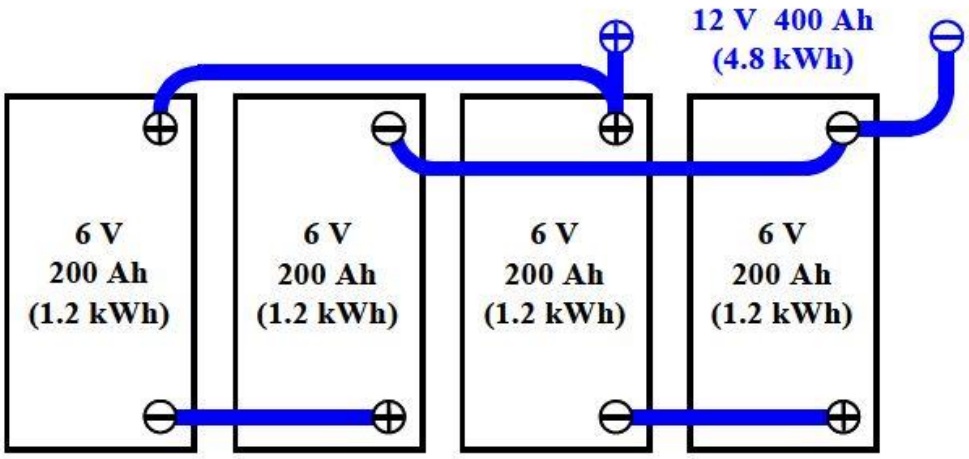
شکل۵۶-۳ اتصال سری باتری‌ها

تنها باتری‌های با ظرفیت و طراحی یکسان را می‌توان با هم سری کرد در غیر این صورت،در طول یک دوره کاری،باتری‌های با ظرفیت کمتر به شرایط دشارژ زودتر از باتری‌های با ظرفیت بالاتر می‌رسند.

WikiPower.ir

اتصالسری–موازی

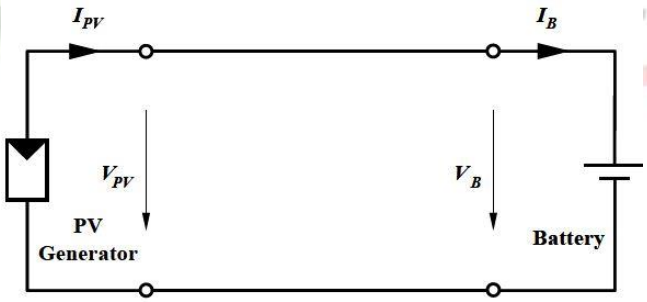
همانطور که از نامش پیداست،هر دو روش فوق در این حالت با هم ترکیب می‌شوند.نتیجه‌ی این کار افزایش همزمان ولتاژ و ظرفیت آمپر ساعت کل بانک باتری خواهد بود.این کار بیشتر اوقات برای بدست آوردن ولتاژ بالاتر از چند بخش کوچکتر از باتری‌های ولتاژ پایین،مورد استفاده می‌باشد(شکل۵۷-۳).



شکل۵۷-۳ اتصال سری-موازی باتری‌ها

اتصال مبدل pv به باتری

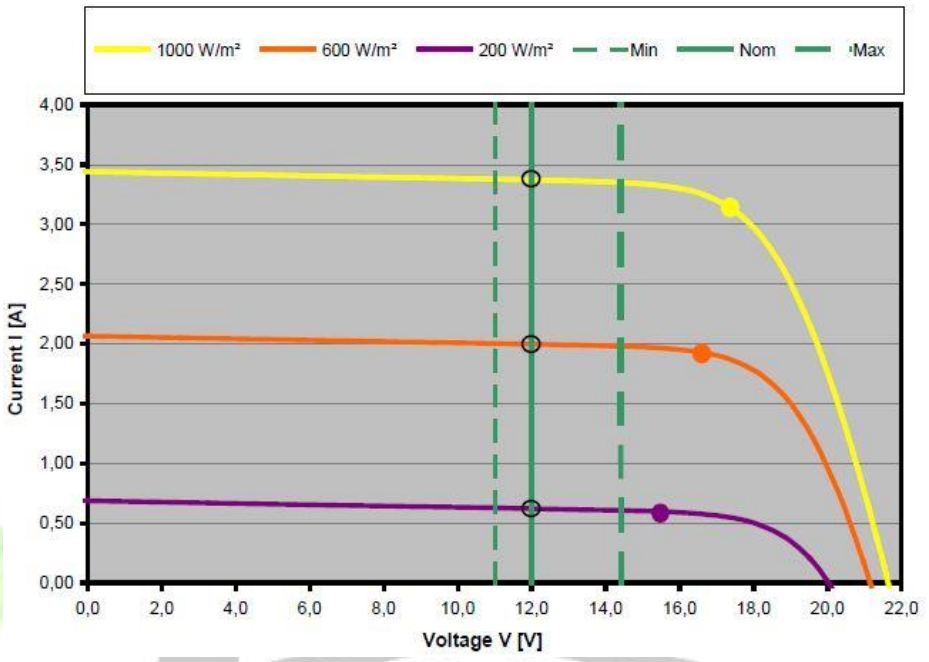
با توجه به این واقعیت که مبدل‌هایpv جریان مستقیم تولید می‌کنند و باتری‌ها نیز به برق مستقیم برای شارژ شدن نیازمندند،برای این کار می‌توان در عمل باتری را بهوسیله‌ی اتصال مستقیم به مبدل pv شارژ کرد(شکل۵۸-۳).



شکل۵۸-۳ اتصال مستقیم pv به باتری

با توجه به منحنی ایده آل باتری،این منحنی را می‌توان با یک خط راست(ولتاژ منبع) نمایش داد،که متفاوت هستند.هر مرحله شارژ به یک رنج ولتاژ وابسته است،به عنوان مثال از حدود ۱۱ ولت تا ۱۴ ولت در مورد یک باتری سرب با ولتاژ ۱۲ ولت[9].

برای سه تابش مختلف،مشخصه‌ی مبدل pv در یک مقیاس با مشخصه‌ی باتری در سه نقطه‌ی کار مختلف در شکل ۵۹-۳ آمده است.



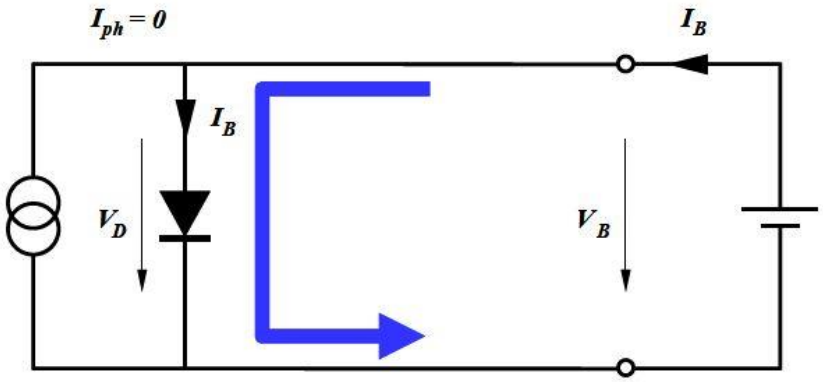
شکل۵۹-۳ مشخصه‌ی I-V مبدل pv در تابش‌های مختلف با ولتاژ باتری

هر چند پیداست که برخی تلفات در این حالت بوجودمی‌آیند،باید این نکته مورد توجه باشد که با دقت در اندازه‌ی مبدل pv و باتری،با ترکیب نقاط کار می‌توان به ناحیه‌ی حداکثر توان مبدل رسید و در نتیجه تلفات انرژی کمتری متوجه سیستم شود.

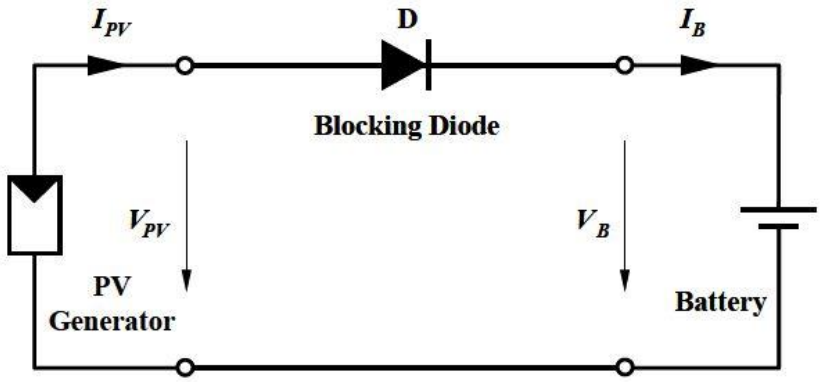
نتایج آزمایشات مختلف به خوبی نشان می‌دهد که در مورد یک مبدل pv و باتری اتصال یک دستگاه کانورتر (با یا بدون MPP) ضروری نیست؛آزمایشات برروی مبدل‌هایpv و باتری‌های اسید-سرب نیز منجر به همان نتایج شد.

اگرچه هرگاه ولتاژ آرایه‌ی pv کمتر از ولتاژ باتری‌ها است،به عنوان مثال در شب،جریانی از طریق باتری به سمت سلول خورشیدی سرازیر می‌شود(شکل ۶۰-۳).برای جلوگیری ازبرگشت جریان،در سیستم‌های کوچک

مانند روشنایی منازل یا تأمین برق دستگاه‌های اندازه گیری احتمالاًمی‌توان بدون یک رگولاتور شارژ با استفاده از یک دیود بلوکینگ[۱] از سرازیر شدن جریان باتری به سمت مبدل pv جلوگیری کرد(شکل ۶۱-۳).



شکل ۶۰-۳ سرازیر شدن جریان باتری به سمت مبدل pv

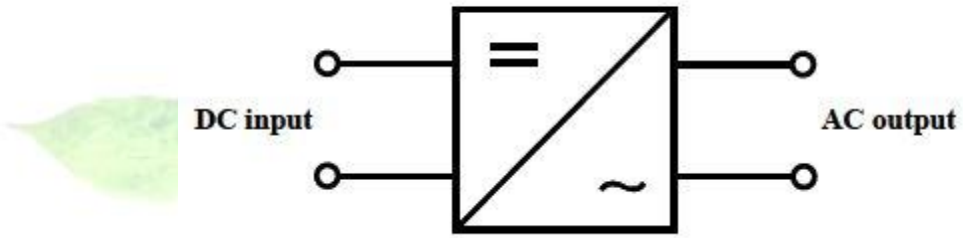


شکل ۶۱-۳ استفاده از دیود بلوکینگ برای جلوگیری از تزریق جریان به مبدل pv توسط باتری

اینورتر ولتاژ(inverter)

[۱] Blocking Diode

اگر خروجی Ac برای مبدل مورد نظر باشد به عنوان مثال در صورتی که انرژی تولیدی مبدل فتوولتائیک به شبکه‌ی قدرت تزریق شود،لازم است که ولتاژ خروجی DC تولید شده‌ی مبدل توسط یک مدار الکترونیکی به ولتاژ متناوب تبدیل شود.که بسته به نوع کاربرد می‌تواند تکفاز یا سه فاز باشد.مدار الکترونیکی مورد استفاده در تبدیل ولتاژ DC به AC اینورتر نامیده می‌شود.ولتاژ DC ورودی به اینورتر در یک نیروگاه فتوولتائیک می‌تواند از خروجی آرایه‌های خورشیدی و یا خروجی باتری مورد استفاده در سیستم فتوولتائیک بوجود آمده باشد[9].

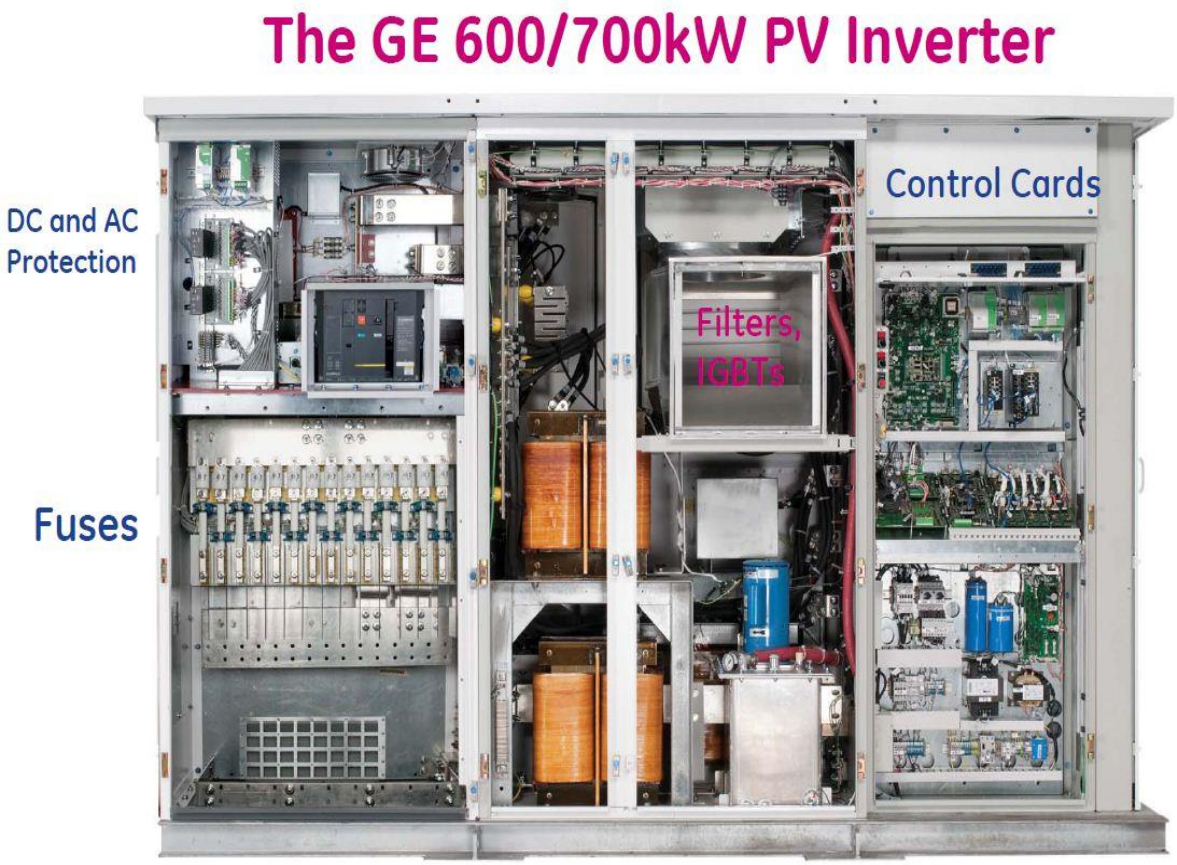


شکل۶۲-۳ معادل سمبلیک اینورتر

به طور کلی در اغلب موارد، علاوه بر کنترل ولتاژ خروجی اینورتر، کنترل فرکانس خروجی آن نیز مورد نظر می‌باشد.اگر منبع Dc ورودی اینورتر یک منبع قابل کنترل باشد در این صورت تنها استفاده از یک اینورتر با ضریب تبدیل ثابت جهت کنترل سیستم AC کافی خواهد بود.ولی در صورتی که منبع DC ورودی کنترل نشده باشد(آرایه PV) باید جهت کنترل آن از تنظیم کننده‌های پهنای پالس(کانورترهای DCبهDC) ولتاژ که قبل‌تر توضیح داده شدند استفاده نمود.

به طور کلی شکل موج خروجی اینورترها یک شکل موج غیر سینوسی می‌باشد که در اغلب موارد هارمونی‌های ولتاژ ناشی از آن برروی عملکرد سیستم‌هایACتأثیر نامطلوبی می‌گذارد.تأثیر این هارمونی‌ها را

می‌توان به قیمت استفاده از مدارهای اینورتر پیچیده‌تر تا حد زیادی کاهش داد که البته از نظر اقتصادی می‌بایستمیزان کاهش تأثیرهارمونی‌ها مورد بررسی قرار گیرد.



شکل۶۳-۳ نمای داخلی یک دستگاه اینورتر بزرگ

توضیحات مفصل در مورد دستگاه اینورتر در حوصله‌ی این مقاله نمی‌باشد بنابراین بحث‌هایتخصصی‌تر در این مورد را به کتاب‌های الکترونیک قدرت همچون کتاب دکتر علی مطلبی یا پروفسور محمد رشید ارجاع می‌دهیم.

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

جمع بندی

همانطور که از عنوان این فصل مشخص بود،این فصل تخصصی‌ترین فصل در باب طراحی و آنالیز سیستم‌های فتوولتائیک و اجزای تشکیل دهنده‌ی آن است.در این فصل سلول خورشیدی به طور کامل و جامع تشریح گردید.همچنین سیستم‌های جانبی همچون کانورتر های تثبیت کننده ولتاژ،منابع ذخیره سازی(بانک باتری) و اینورتر.در این فصل همچنین چگونگی ارتباط آرایه‌ی فتوولتائیک با این اجزا و در کل اینکه کاربرد هر کدام از اجزای جانبی کجاست و چه موقع باید از آنها استفاده کرد را در این فصل شرح دادیم.این فصل دید وسیع‌تر و تخصصی‌تری نسبت به فصل‌هایقبل‌ترش را به خواننده‌ی مقاله می‌دهد.

WikiPower.ir

www.wikipower.ir

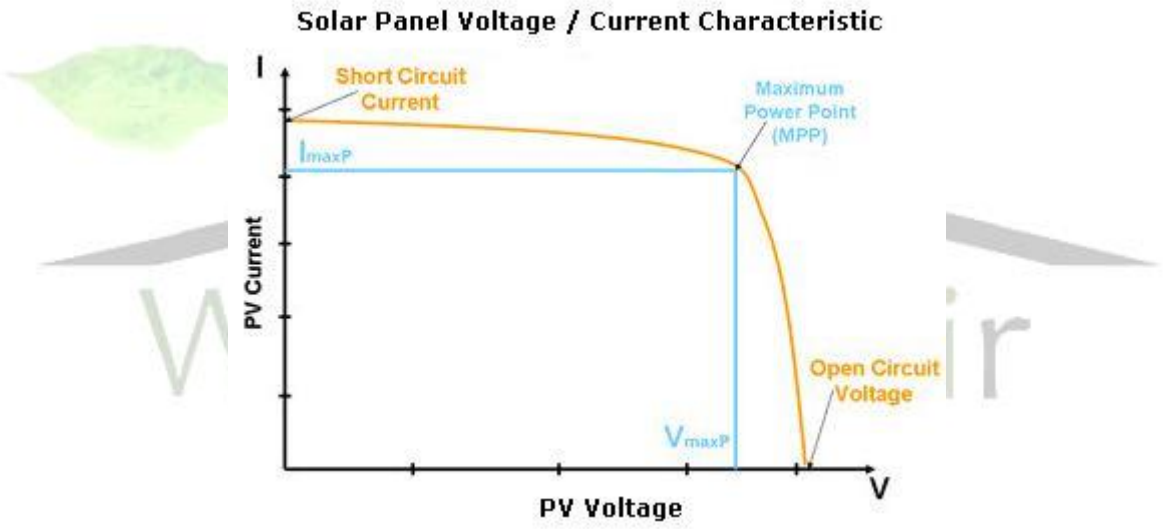
برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آ ای لازمه

فصل چهارم
تعیین نقطه‌ی توان ماکزیموم آرایه‌ی فتوولتائیک

WikiPower.ir

مقدمه

هنگامی که یک آرایه خورشیدی در معرض تابش خورشید قرار می‌گیرد و باری را تغذیه می‌نماید،لزوماًنقطه‌ی بارگیری بر نقطه‌ی توان حداکثر منطبق نمی‌باشد.لذا با توجه به قیمت بالای آرایه‌های خورشیدی،ضروری است که همواره نقطه‌ی کار آن در نقطه‌ی توان حداکثر قرار گیرد تا بیشترین توان ممکن از آرایه جذب شود.این عمل در بخش تنظیم کننده نقطه‌ی توان حداکثر (MPPT[1]) انجام می‌گیرد.سیستم MPPT با تنظیم جریان آرایه و یا ولتاژ آن،نقطه‌ی کار را به سمت(منطبق بر آن یا نزدیک آن) MPP هدایت می‌کند[3].



نقطه‌ی حداکثر توان(MPP) روی منحنی ولتاژ-جریان آرایه ی pv

توان تحویل داده شده توسط یک سیستم pv به شدت وابسته به تابش نور خورشید،دما و جریان کشیده شده از سلول‌هامی‌باشد.ردیابی نقطه‌ی حداکثر توان(MPPT) برای بدست آوردن توان ماکزیموم از این سیستم‌ها استفاده می‌شود.کاربردهایی همچون تزریق توان به شبکه‌ی سراسری،شارژ باتری‌ها و یا تأمین انرژی یک

[1] Maximum power point tracker

www.wikipower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

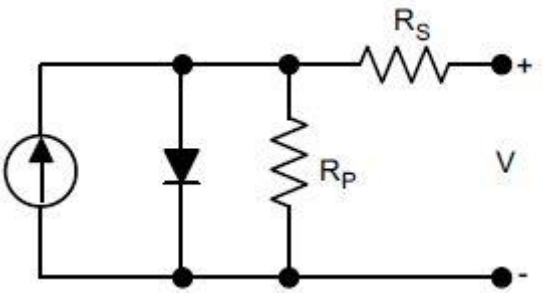
موتور الکتریکی،یکی از مزایای MPPT است.در این حالت بار می‌تواند قدرت بیشتری را از سیستم فتوولتائیک دریافت نماید.

WikiPower.ir

روش‌های مختلفی برای به حداکثر رساندن توان یک سیستم pv وجود دارد.این روش‌ها از روابط ساده ولتاژ تا تجزیه و تحلیل‌های پیچیده هستند.

عملکرد فتوولتائیک

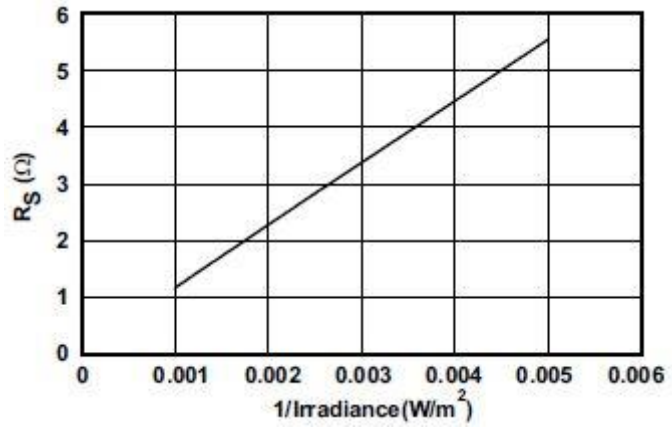
شکل ۱-۴ مدل ساده‌ای از یک سلول خورشیدی را نشان می‌دهد.Rs مقاومت سری در اثر اتصالات با سایر سلول‌ها و غیره می‌باشد.با استفاده از معادله‌ی زیر اندازه گیری‌های I-V مقدار Rsمی‌تواند محاسبه شود.شکل ۲-۴ نشان می‌دهد که Rs با تغییرات تابش اشعه‌ی خورشید تغییر می کند[11].



شکل ۱-٤ مدار معادل سلول تکی

جریان خروجی از سلول pv برابر است با :

$$I = I_{ph} - I_O \times \left(e^{\frac{q \times (V + I \times R_S)}{n \times k \times T}} - 1\right) - \frac{V + I \times R_S}{R_P}$$



شکل ۲-٤ تغییرات Rs در اثر تابش

Rp مقاومت نشتی موازی و معمولاً در بیشتر مدل‌های مدرن pvبزرگ‌تر از ۱۰۰ کیلو اهم است.این قسمت را می‌توان در بیشتر کاربردها برای شرایط روشنایی نادیده گرفت.

جریان عبوری از دیود را می‌توانبه وسیله‌یرابطه‌ی زیر بیان کرد:

$$I_o \times (e^{\frac{q \times (V + I \times R_S)}{n \times k \times T}} - 1):$$

که در آن:

Io : جریان اشباع دیود

q :بار الکترون (1.6x10-19 C)

K : ثابت بولتزمن (1.38x10-23J/K)

n : فاکتور ایده آل (از ۱ تا ۲)

T : دما (°k)

مقدار $\frac{q}{n \times k \times T}$ تابع ضعیفی از (تابش)Lnاست.این امر به احتمال زیاد یک تغییر در فاکتور ایده آل به عنوان تغییرات تابش می‌باشد.

WikiPower.ir

پارامترهای معمول در برگه‌ی اطلاعات سلول pv عبارتند از :

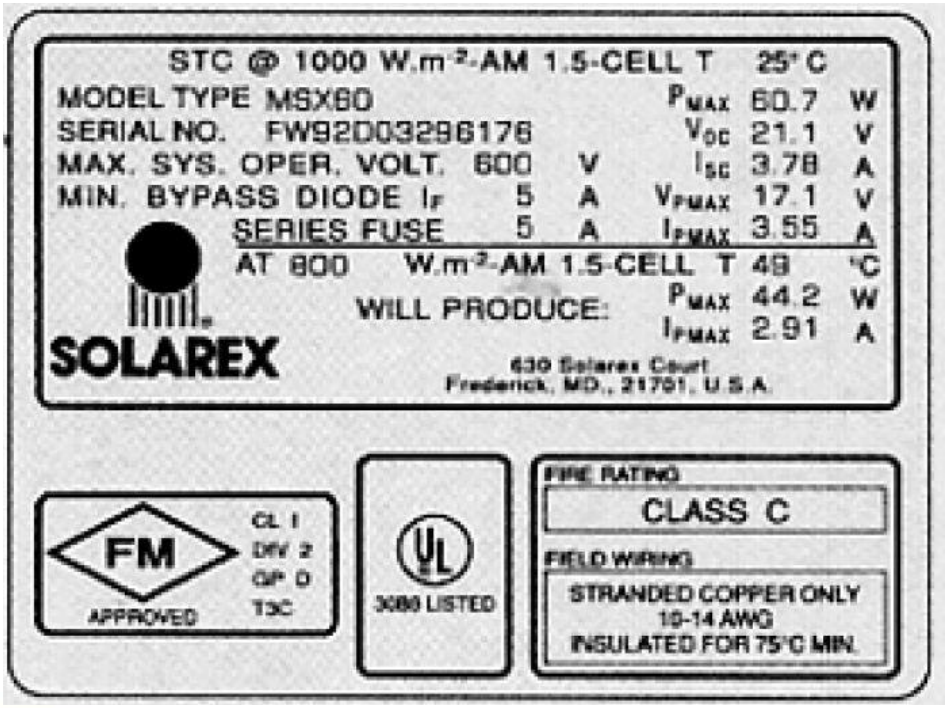
Voc : ولتاژ مدار باز خروجی

Isc : جریان خروجی اتصال کوتاه

Vmp : حداکثر ولتاژ خروجی

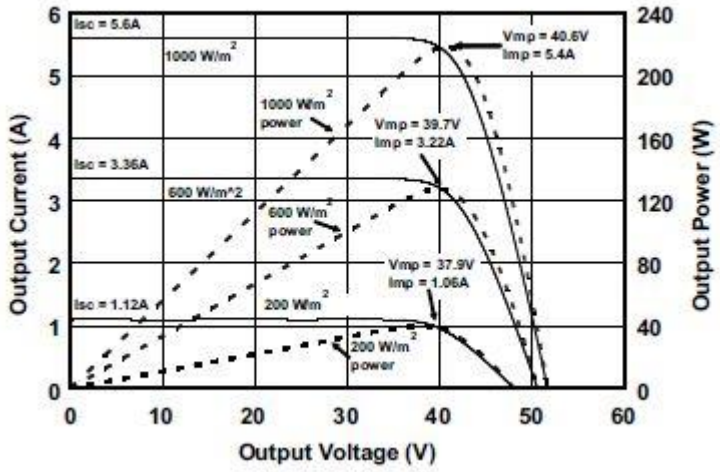
Imp : حداکثر قدرت جریان خروجی

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل۳-٤ یک نمونه پلاک مشخصات سلول خورشیدی

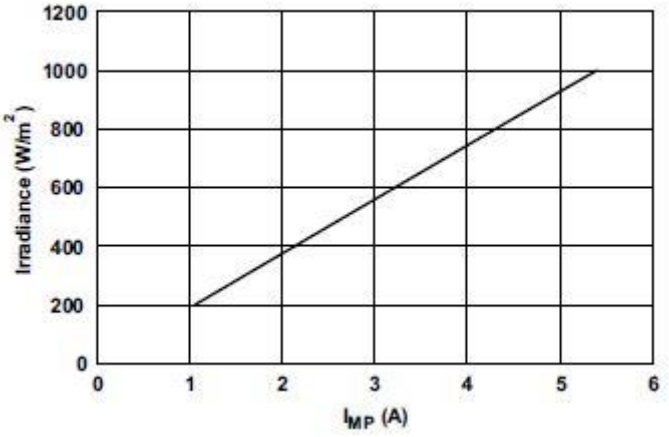
این مقادیر به طور معمول در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد و تابش ۱۰۰۰ وات بر مترمربع داده می‌شوند.شکل۴-۴ یک قیاس بین مشخصه‌ی I-V و توان در تابش‌های مختلف را نشان می‌دهد.



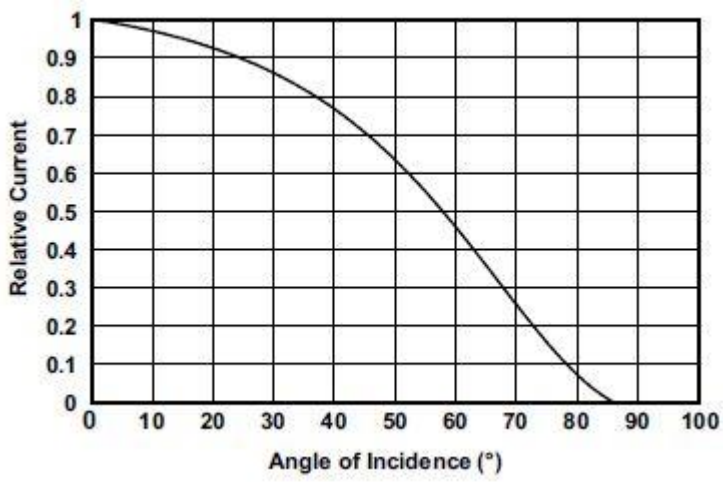
شکل٤-٤ منحنی ولتاژ-جریان در تابش‌های مختلف

Isc متناسب با تغییرات تابش است.همچنین تغییرات Imp نسبت به تابش در شکل ۵-۴ نشان داده شده است.یکی دیگر از جنبه‌هایی که گاهی اوقات نادیده گرفته شده است،جریان خروجی است که اگرچه تابعی

از زاویه‌ی برخورد است.اگر زاویه‌ی برخورد صفر نباشد نسبت به منبع و تابش موثر کاهش می‌یابد و در نتیجه جریان نیز کاهش می‌یابد که در شکل ۶-۴ نشان داده شده است.



شکل۵-٤ تغییرات Imp در برابر تابش



شکل٦-٤ تغییرات جریان خروجی در مقابل زاویه تابش

این عامل ممکن است بیشتر هنگامی مشهود باشد که یک سیستم pvماژول‌های غیر یکسانی دارد و یا سیستم متحرک است.در این مورد هنگامی که سیستم pv متحرک است،زاویه ممکن است به طور مداوم تغییر کند و سیستم ردیابی نقطه‌ی حداکثر توان به سرعت بیشتری برای ردیابی نیاز داشته باشد.

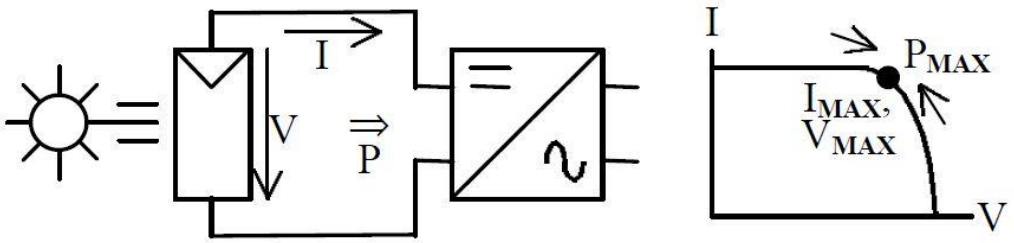
مقدمه‌ای بر عملکرد ردیابی نقطه‌ی توان حداکثر

راندمان اینورتر معمولاًبصورت نسبت خروجی توان Ac بر توان ورودی Dc اعلام می‌شود.تولید کنندگان اینورتر و نصابان سیستم فرض می کنند که اینورتر به طور معمول در نقطه‌ی حداکثر توان (MPP) منحنی I-V آرایه pv کار می کند.در عمل،عوامل زیادی وجود دارد که باعث می‌شوندنقطه‌ی عملکرد واقعی سیستم متفاوت از MPP واقعی باشد.برای مثال،دستگاه‌هایی که با استفاده از الگوریتم‌های جستجو برای پیدا کردن MPP مجبور به نوسان حول این نقطه‌ی مطلوب در دوره‌های زمانی هستند.

الگوریتم‌های جستجو از زمان‌های محدود گام‌های ولتاژ یا جریان که ممکن است باعث مقداری خطا شوند استفاده می کنند.این ردیابی غلط باعث کاهش راندمان مبدل pv و بنابراین کل سیستم می‌شود.عملکرد MPPT برای طراحان سیستم که می‌خواهند با اطمینان عملکرد سیستم را تضمین کنند و نیاز به دانستن تمام ضررهای سیستم دارند و همچنین اپراتورهای سیستم که می‌خواهند به عملکرد سیستماطمینان داشته باشند، بسیار مهم است[10].

الگوریتم MPPT

ردیابی نقطه‌ی توان حداکثر به وسیله‌ی برخی از کنترل‌های شارژ باتری و بیشتر به وسیله‌ی اتصال اینورتر pv انجام می‌شود.واقعیت این است که تنظیم واقعی ولتاژ v(یا جریانI) آرایه‌یpv به طوری که توان واقعی نزدیک مقدار Pmax قرار گیرد عملکرد عالی سیستم می‌باشد(شکل۷-۴)[10].



شکل۷-٤ عملکرد ردیابی نقطه‌ی حداکثر توان

روش‌های زیادی برای ردیابی MPP وجود دارند که به دو روش مستقیم و غیر مستقیم تقسیم بندی می‌شوند.روش‌های مستقیم شامل الگوریتم‌هایی است که با استفاده از اندازه گیری جریان و ولتاژ DC ورودی یا مقدار توان AC خروجی انجام می‌شوند و به وسیله‌ی تغییر نقاط کار سیستم pv،MPP واقعی را تعیین می کنند.تنظیم MPP ممکن است به طور مداوم و یا متناوب انجام شود و این الگوریتم‌ها ممکن است مناسب باشند و یا نباشند.

روش‌های غیر مستقیم روش‌هایی هستند که از سیگنال‌های خارجی برای برآورد MPP استفاده می کنند.چنین سیگنال‌های خارجی را می‌توان با اندازه گیری تابش به دست آورد.دمای ماژول،جریان اتصال کوتاه و یا ولتاژ مدار باز به عنوان یک مرجع برای سلول خورشیدی محسوب می‌شوند.مجموعه‌ای از پارامترهای فیزیکی داده شده است و تعیین نقطه‌ی MPP از سیگنال مشاهده شده به دست آمده است[10].

الگوریتم‌های ردیابی نقطه‌ی حداکثر توان	
مستقیم،از طریق:	غیر مستقیم،تعیین نقطه بر اساس:
توان حداکثر $P = I \cdot V \rightarrow \max$ **میل به سمت صفر** $dP/dV \rightarrow 0 , \; dP/dI \rightarrow 0$ **برآورد مجموع به سمت صفر** $V/I + dV/dI \rightarrow 0$	طراحی پارامترها پارامترهای اضافی مشخصات سیستم

جدول ۱-٤

دقتMPPT ، خطا و بهره وری

عوامل استاتیک و دینامیک موثر بر رفتار MPPT عبارتند از:

- توان (سطح تابش)
- ولتاژ (دما،طراحی خوب و یا عدم تطابق pv و محدوده‌ی ولتاژ MPPT)
- نوسانات (ابرها)
- فناوری pv (شکل منحنی I-V)
- نیاز (حالت شارژ باتری،در مورد کنترل شارژ با MPPT)

سه ترم جهت توصیف اینکه چگونه MPPT به خوبی انجام گیرد را می‌توان مورد استفاده قرار داد و آنها عبارتند از:

دقت : نشان می‌دهد که چگونه نزدیک به MPP آرایه pv عمل کند و می‌تواند به عنوان درصدی از Imax ، Vmax و یا Pmax تعریف شود.

$$a_{MPPT.X} = X / X_{MAX}$$
$$\text{with } X = I, V, \text{ or } P$$

کارایی : نشان دهنده‌ی نسبت واقعی از توان آرایه pv و یا انرژی است.

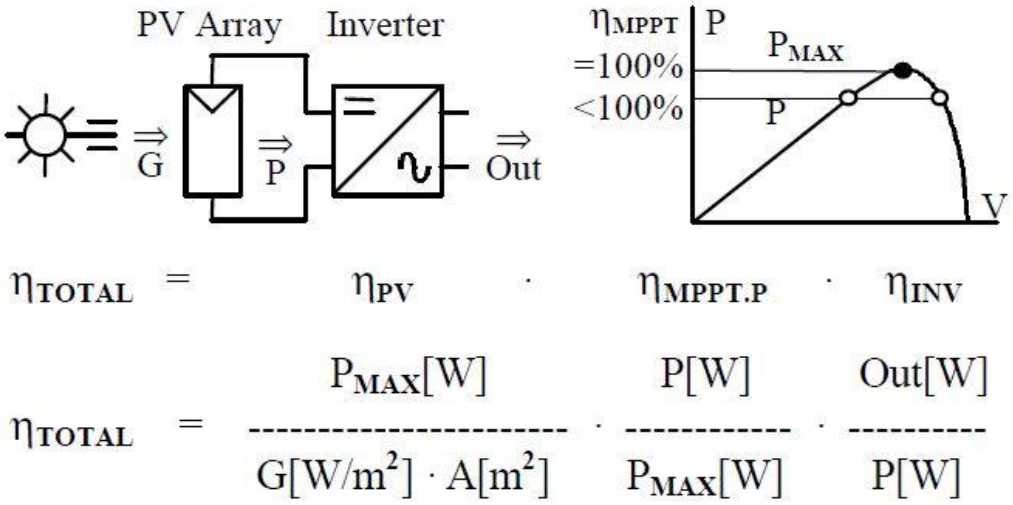
$$\eta_{MPPT.P} = P / P_{MAX}$$
$$\eta_{MPPT.E} = E / E_{MAX}$$

خطا : تفاوت نسبی یا مطلق بین مقادیر ولتاژ،جریان و یا توان MPP را بیان می کند.

$$\varepsilon_{MPPT.X} = X - X_{MAX} \quad \text{(absolute)}$$
$$\text{or } X / X_{MAX} - 1 \quad \text{(relative)}$$
$$\text{with } X = I, V, \text{ or } P$$

دقت و کارایی ضروری هستند،با این حال راندمان $\eta_{MPPT.P}$ ، می‌تواند برای تصحیح

راندمان تبدیل اینورتر مورد استفاده قرار گیرد همانطور که در شکل ۸-۴ نشان داده شده است[10].



$$\eta_{TOTAL} = \eta_{PV} \cdot \eta_{MPPT.P} \cdot \eta_{INV}$$

$$\eta_{TOTAL} = \frac{P_{MAX}[W]}{G[W/m^2] \cdot A[m^2]} \cdot \frac{P[W]}{P_{MAX}[W]} \cdot \frac{Out[W]}{P[W]}$$

شکل۸-٤ راندمان MPPT و توان تبدیلی

از آنجا که عملکرد MPPT در یک ولتاژ و جریان ثابت آرایه‌ی pv انجام می‌شود،خطای ولتاژ و جریان بهتر توصیف می‌کند که چه تحولاتی در MPPT در حال انجام است.همچنین ولتاژ و یا جریان خطا برای یک MPPT مشخص متفاوت است و تنها به عنوان تابعی از Imax و Vmax است.در صورتیکه راندمان علاوه بر این یک تابع از شکل منحنی I-V آرایه است(عامل پرکنندگی).

روش‌های[10]MPPT

این روش‌ها عبارتند از:

- ولتاژ ثابت
- ولتاژ مدار باز
- جریان اتصال کوتاه
- Perturb & observe
- هدایت افزایشی
- دما
- دمای پارامتری

ولتاژ ثابت[1]

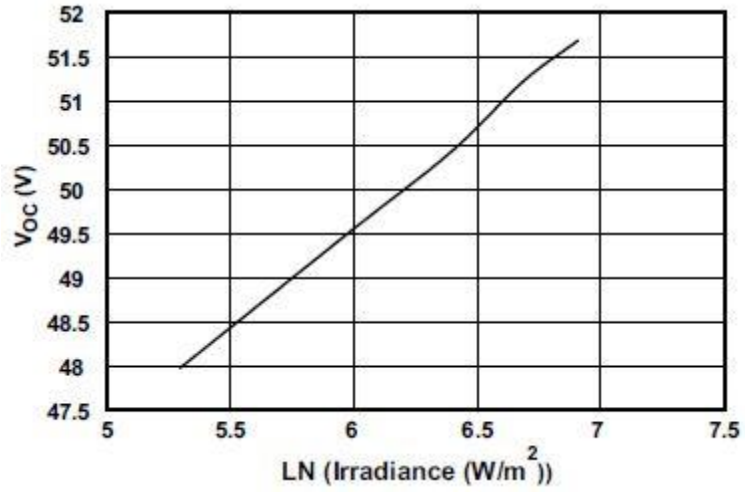
روش ولتاژ ثابت ساده‌ترین روش می‌باشد.این روش به سادگی از یک ولتاژ برای نشان دادن Vmp استفاده می‌کند.در برخی موارد این مقدار برنامه ریزی شده است به وسیله‌ی یک مقاومت خارجی متصل به منبع جریان پایه‌ی آی سی کنترل،در این مورد،این مقاومت می‌تواند بخشی از یک شبکه که شامل یک ترمیستور NTC است باشد.این روش می‌تواند حدود ۸۰ درصد حداکثر توان را جمع آوری کند.عملکرد واقعی به وسیله‌ی سطوح متوسط از تابش تعیین خواهد شد.در سطوح پایین از تابش نتایج،بهتر خواهد شد.[10]

ولتاژ مدار باز[2]

در این روش از Voc برای محاسبه‌یVmp استفاده می‌شود.هنگامی که سیستم مقدار Voc را بدست آورد Vmpبه وسیله‌یرابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود.

$$V_{MP} = k \times V_{OC}$$

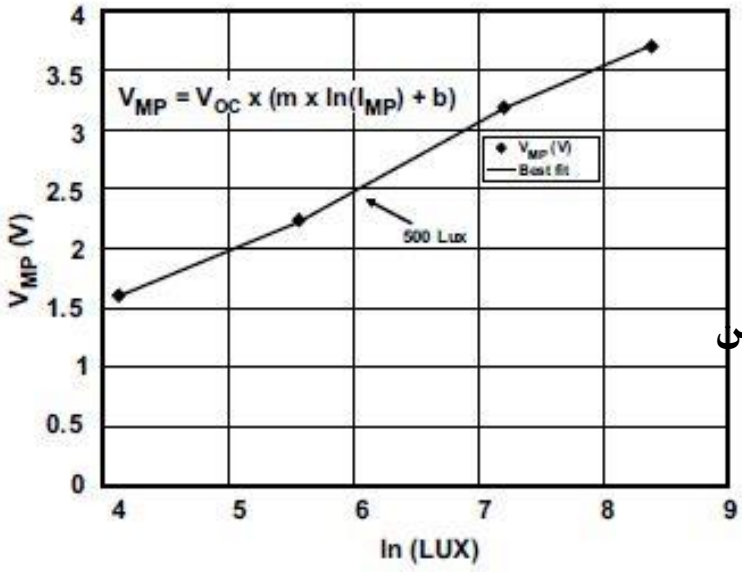
مقدار kمعمولاً بین ۰/۷۰ تا ۰/۸۰ است.لازم است برای جبران کردن هر دمایی گاهی اوقات Voc آپدیت شود.شکل۹-۴ نشان می‌دهد که Voc با (تابش)Ln تغییر می‌کند.



[1] Constant Voltage
[2] Open Circuit Voltage

شکل۹-٤ تغییرات Voc برحسب لگاریتم تابش

مقدار نمونه‌یVocمی‌تواند به تصحیح تغییرات دما و به برخی از تغییرات درجه در تابشکمک کند.نظارت بر جریان ورودی می‌تواند نشان دهد چه موقع ولتاژ Voc باید دوباره اندازه گیری شود.مقدار k یک تابع از لگاریتم طبیعی(Ln) مقدار تابش نور خورشید است.افزایش در مقدار این تابع به عنوان افزایش تابش می‌باشد.این یک بهبود برای روش Voc به حساب می‌آید.شکل ۱۰-۴ مثالی از چگونگی اینکه جریان ورودی می‌تواند استفاده شود برای تنظیم مقدار k .برای تابش داخلی سیستم pv مقدار Vmp تنظیم می‌شود و Ipv نزدیک به Impمی‌شود.



شکل ۱۰-٤

Vmpتابعی از روشنایی(Lux) در تابش پایین

جریان اتصال کوتاه[1]

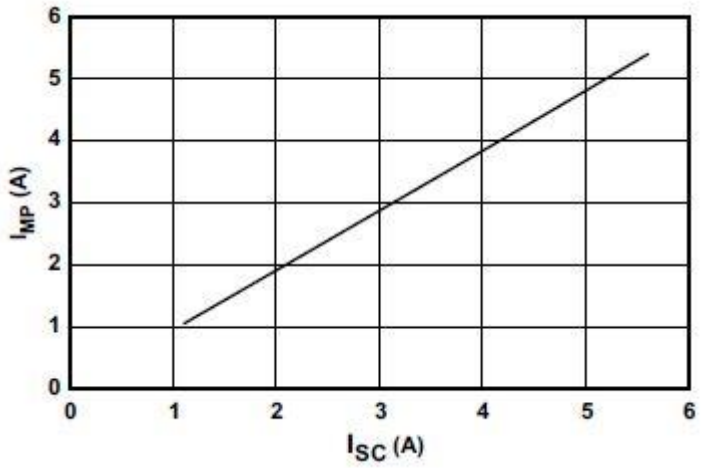
روش جریان اتصال کوتاه از Isc برای برآورد Imp استفاده می کند.

$$I_{MP} = k \times I_{SC}$$

این روش از یک پالس کوتاه بار برای تولید یک شرایط اتصال کوتاه استفاده می‌کند.در طول پالس اتصال کوتاه ولتاژ ورودی به سمت صفر خواهد رفت بنابراین مدار تبدیل توان باید از سایر منابع تأمین توان شود.مزیت این سیستم خطای مجاز برای خازن ورودی در مقایسه با روش Vocمی‌باشد.

مقدار k در اینجا نزدیک ۰/۹ تا ۰/۹۸ است[10].

[1] Short Circuit Current

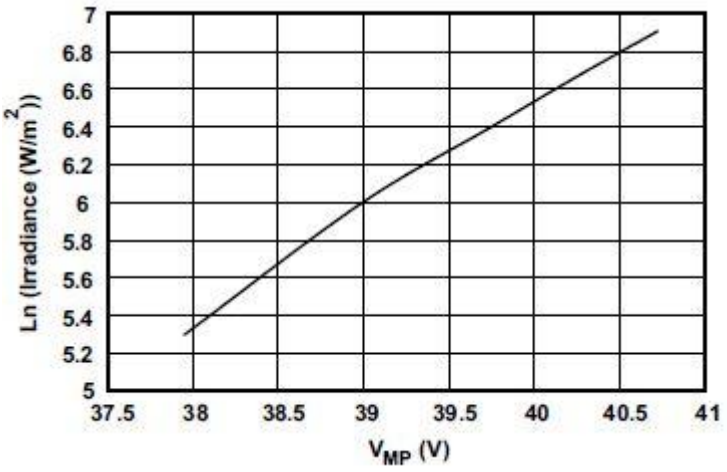


شکل ۱۱-٤ Imp تابعی از Isc از تابش ۲۰۰ تا ۱۰۰۰ وات بر مترمربع

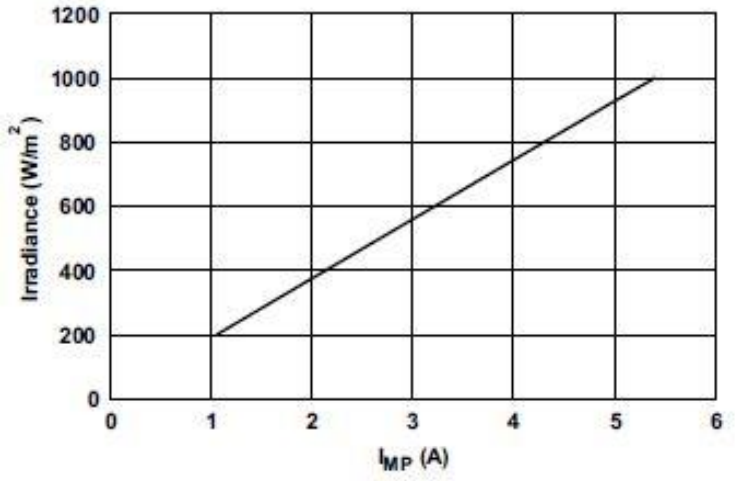
Perturb & observe

Perturb & observe (P & O) جستجو برای نقطه‌ی ماکزیموم توان به وسیله‌ی تغییر ولتاژ pv یا جریان و تشخیص تغییر در توان خروجی pv است.جهت تغییرات معکوس می‌شود هنگامی که توان pv کاهش می‌یابد.P&Oمی‌تواند در تابش کم نتیجه بخش باشد که منجر به نوسان می‌شود.این روش همچنین می‌تواند

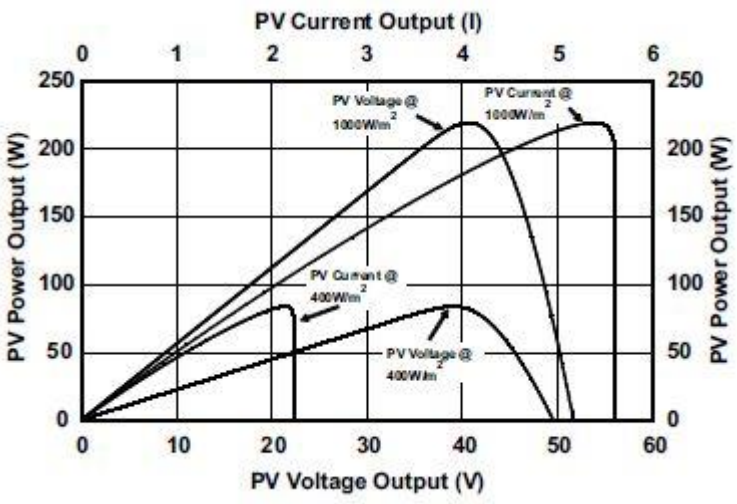
زمانی که تغییرات سریع در تابش وجود دارد نتیجه دهد.طراح یک انتخاب از بین تغییر ولتاژ pv یا جریان دارد.شکل ۱۲-۴ نشان می‌دهد که تغییرات در Vmp نزدیک به (تابش)Lnمی‌باشد و شکل۱۳-۴ نشان می‌دهد که Imp متناسب با تابش اشعه‌ی خورشید است.ردیابی توان pvبه وسیله‌ی تغییر ولتاژ pv کمتر حساس به تغییرات تابش است.این بیشتر یک نتیجه می‌شود به عنوان کاهش تابش که در شکل ۱۴-۴ نشان داده شده است.



شکل۱۲-٤ (تابش)Ln تابعی از Vmp از ۲۰۰ تا ۱۰۰۰ وات بر مترمربع



شکل۱۳-٤ تابش تابعی از Imp از ۲۰۰ تا ۱۰۰۰ وات بر مترمربع



شکل۱٤-٤ توان خروجی pv در ۱۰۰۰ و ٤۰۰ وات بر مترمربع تابعی از ولتاژ و جریان pv

بنابراین پیدا کردن Imp جهت قرار دادن نقطه‌ی کار سیستم در نقطه‌ی توان حداکثر بهتر خواهد بود بخصوص در عایق بندی پایین.انتخاب گام جهت جستجو بسیار مهم است.گام خیلی بزرگ منجر به نوسان حول نقطه‌یMPP و بیش از اندازه کوچک نیز منجر به کندی پاسخ در تغییرات تابش می‌شود.

برای کاهش پاسخ به نویز، به طور متوسط مقدار توان pv هنگامی که یک جهت تصمیم گیری را می‌سازد مهم می‌باشد[10].

کنداکتانس افزایشی[1](IC)

کنداکتانس افزایشی نقطه‌ی توان حداکثر را تعیین می کند زمانی که:

معادله‌ی (I)

$$\frac{dI_{PV}}{dV_{PV}} + \frac{I_{PV}}{V_{PV}} = 0$$

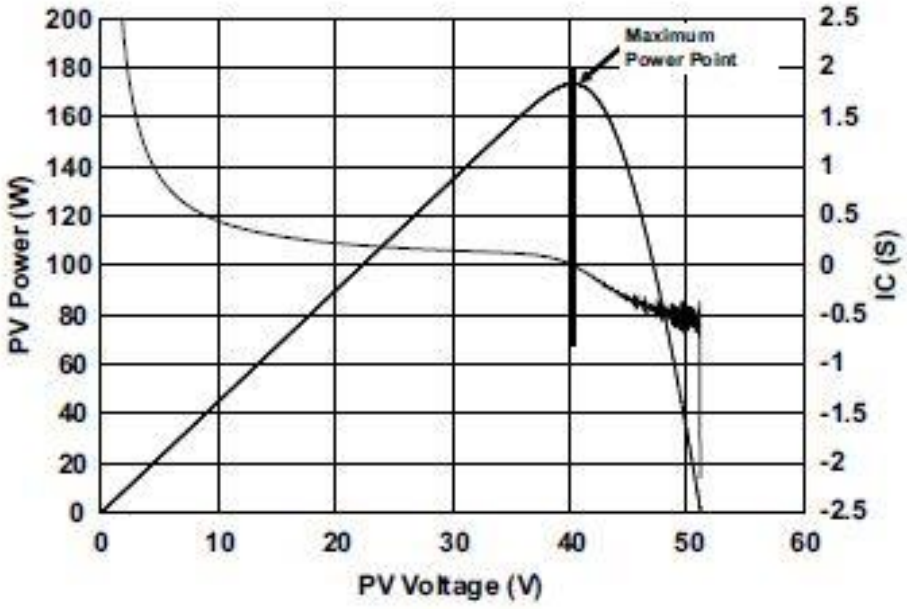
این وضعیت به سادگی بیان می کند که نقطه‌ی توان ماکزیموم،وقتی که کنداکتانسلحظه‌ای $\frac{I_{pv}}{V_{pv}}$ برابر است با

مقدار منفی کنداکتانس افزایشی $\frac{dI_{pv}}{dV_{pv}}$ بدست می آ ید.

IC با استفاده از یک روش جستجو که یک مرجع یا یک سیکلوظیفه را تغییر می‌دهد به طوری که Vpv تغییر می کند و جهت رسیدن به وضعیت معادله‌ی (I) جستجو می‌شود و در آن وضعیت نقطه‌ی ماکزیموم توان یافت شده و جستجو متوقف می‌شود.ICمحاسبه‌ی dI_{pv} را ادامه خواهد داد تا نتیجه بزرگ‌تر از صفر نباشد.در آن زمان جستجو دوباره ادامه می‌یابد.در برخی موارد یک مقدار غیر صفر برای مقایسه مورد استفاده قرار می گیرد تا جستجو با نویز آغاز نشود.

هنگامی که سمت چپ معادله‌ی (I) بزرگ‌تر از صفر است،جستجویVpv افزایشی خواهد بود و هنگامی که سمت چپ معادله‌ی مذکور کوچکتر از صفر باشد جستجو کاهشی خواهد بود.کنداکتانس افزایشی(IC) در حالات تغییر سریع تابش روش خوبی می‌باشد.شکل۱۵-۴ یک مثال از روش IC را نشان می‌دهد.

[1] Incremental Conductance



شکل۱۵-٤ روش IC برای ردیابی MPP در تابش ۸۰۰ وات بر مترمربع

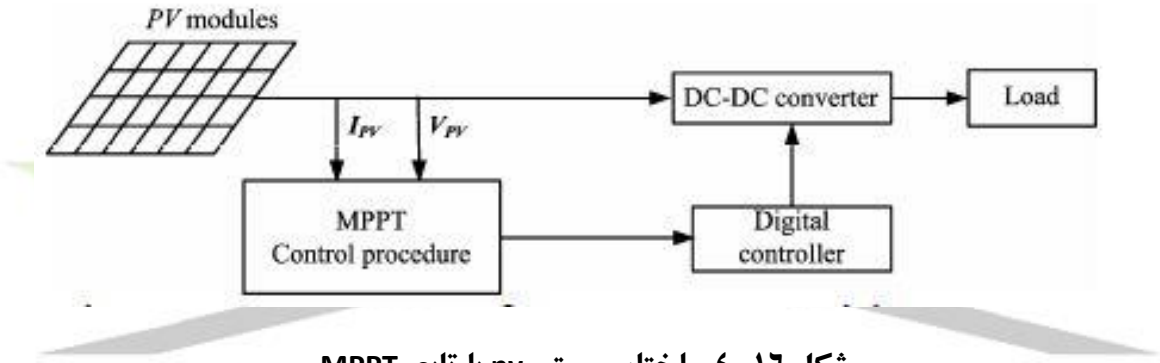
در این مورد پنج نقطه برای آزمایش نقطه‌ی توان ماکزیموم مورد استفاده قرار می‌گیرد.این با استفاده از روش حداقل مربعات برای تعیین $\frac{dI_{pv}}{dV_{pv}}$ و Ipv انجام می‌گیرد.آثار نویز می‌تواند در حدود ۴۵ ولت دیده شود[10].

WikiPower.ir

بررسی،آنالیز و شبیه سازی روش P&O

روش نوسان و مشاهده (Perturbation and Observation Method)

این روش به دلیل ساختار ساده و نیاز به پارامترهای کمتر،بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرد.این روش با استفاده از نوسان‌های متوالی،مشاهده و مقایسه‌ی توان تولیدی مبدل pv ردیابی نقطه‌ی حداکثر توان را انجام می‌دهد.با توجه به ساختار سیستم pv نشان داده شده در شکل ۱۶-۴ پارامترهای مورد نیاز برای فیدبک توان در الگوریتم MPPT فقط ولتاژ و جریان ماژول pv هستند[8].



شکل۱۶-٤ ساختار سیستم pv با تابع MPPT

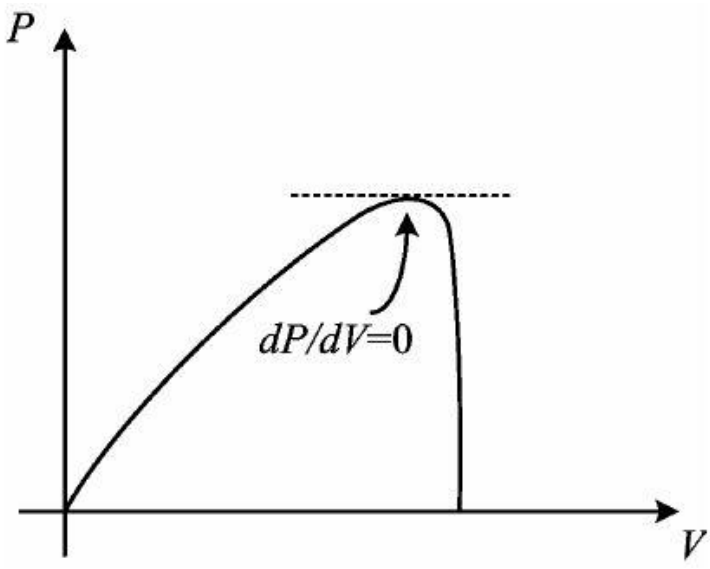
WikiPower.ir

رابطه‌ی بین ولتاژ ترمینال و توان خروجی تولید شده به وسیله‌ی ماژول pv در شکل ۱۵-۴ نشان داده شده است.مشاهده می‌شود که بدون در نظر گرفتن میزان تابش نور خورشید و ولتاژ ترمینال ماژول،نقطه‌ی توان ماکزیموم در شرایط $\frac{dp}{dv} = 0$ بدست آمده است.

شیب $\frac{dp}{dv}$ از توان،را می توان با استفاده از ولتاژ خروجی متوالی و جریان های خروجی،محاسبه کرد که به شرح زیر می باشد:

$$\frac{dP}{dV}(n) = \frac{P(n) - P(n-1)}{V(n) - V(n-1)} \qquad (1)$$

where $P(n) = V(n)\, I(n)$



شکل۱۷-٤ منحنی P-V ماژول pv

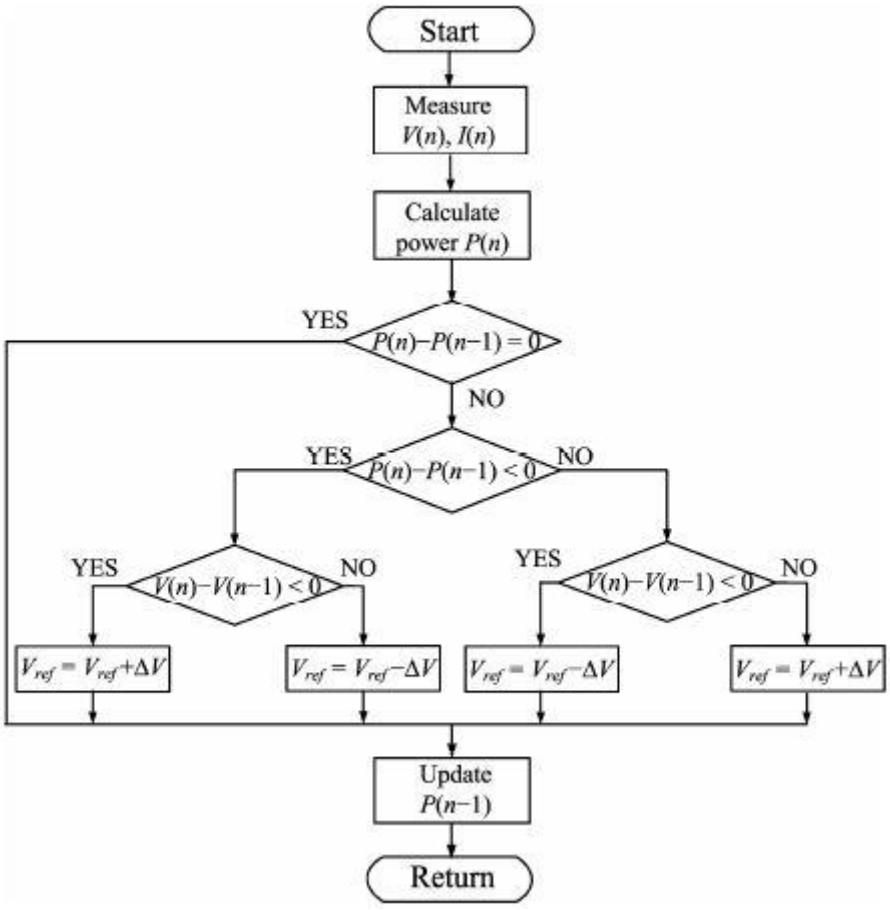
اساساً سه روش ارائه شده در این بررسی از شرایط $\frac{dp}{dv} = 0$ جهت پیدا کردن نقطه ی حداکثر توان از ماژول pv استفاده کرده اند.تفاوت بین این سه روش نحوه ی رفتن به سمت این شرایط ($\frac{dp}{dv} = 0$) می باشد.

عملکرد روش P&O در فلوچارت شکل۱۸-۴ نشان داده شده است.در یک دوره‌ی زمانی ثابت بار سیستم pv طبق نوسانات ولتاژ ترمینال و توان خروجی ماژول pv تنظیم شده است.نوسانات ولتاژ خروجی و توان قبل و بعد از تغییرات با مرجعبرای افزایش یا کاهش بار در مرحله‌ی بعد، مشاهده و مقایسه می‌شود.اگر تغییرات(نوسانات) در نتایج این دوره‌ی زمانی در توان خروجی ماژول pv بیشتر از مقدار قبل از تغییرات باشد،ولتاژ خروجی ماژول در همان جهت تغییر خواهد کرد.در غیر این صورت اگر توان خروجی ماژول‌ها کمتر از مقدار قبل از تغییرات باشد،این نشان می‌دهد که جهت تغییرات در مرحله‌ی بعد باید تغییر کند.

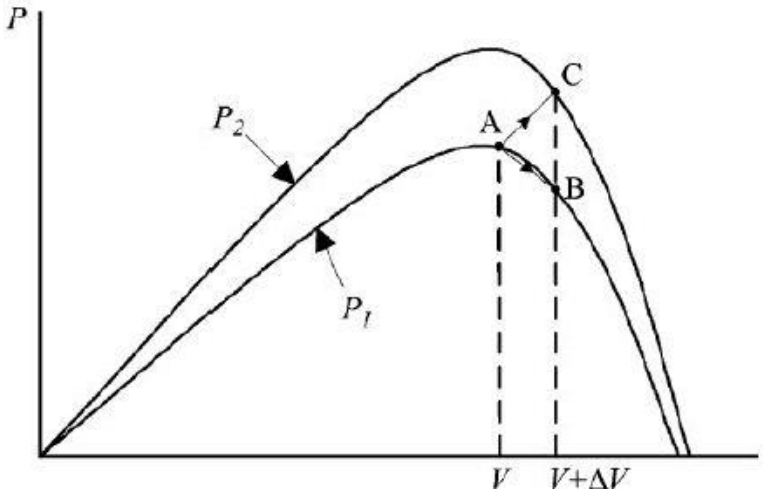
نقطه‌ی توان حداکثر خروجی یک سیستم pv را می‌توانبه وسیله‌ی استفاده از تکرارهای روش P&O و مقایسه‌ی مراحل بدست آورد.

مزایای استفاده از این روش ساختار ساده،پیاده سازی آسان و پارامترهای مورد نیاز کمتر می‌باشد.معایب این روش،نوسان حول نقطه‌ی MPP ، در مواقعی که تغییرات آب و هوایی سریع است دچار مشکل می‌شود،در

نمودار نشان داده شده در شکل ۱۷-۴ نقطه‌ی Aنقطه‌ی شروع و یک اغتشاش ولتاژ ΔV+ از A به سمتB حرکت خواهد کرد و باعث کاهش توان می‌شود،هنگامی که شرایط آب و هوایی ثابت است[8].



شکل۱۸-٤ فلوچارت الگوریتم P&O



برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

شکل۱۹-٤ جدایی نقطه‌ی توان حداکثر در روش P&O

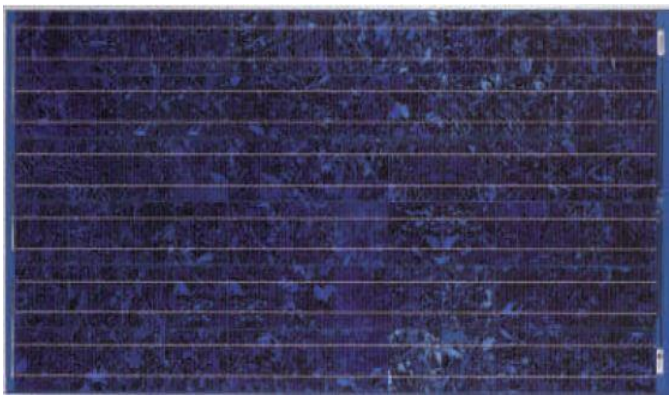
بر طبق نتایج روش P&O تحولات بعدی در جهت مخالف ΔV- باید تغییر کند با این حال اگر تابش خورشید در یک دوره زمانی نمونه افزایش یابد منحنی توان از p1 به p2 حرکت خواهد کرد و نقطه‌ی کار به جای A به B از A به C نقل مکان خواهد کرد.طبق این نتایج توان به طور مداوم افزایش می‌یابد.نوسانات ولتاژ هنوز به سمت ΔV+ حرکت می‌کند.نقطه‌ی کاری آنگاه دورتر از نقطه‌ی MPP است.

اگر تابش نور خورشید به طور مداوم افزایش یابد فاصله‌ی بین نقطه‌ی کاری و نقطه‌ی حداکثر توان دورتر خواهد بود در نتیجه تلفات توان ماژول pv افزایش خواهد یافت و راندمان سیستم pv کاهش می‌یابد.شکل ۱۹-۴ نمودار جدایی از نقطه‌ی توان حداکثر برای روش P&O را نشان می‌دهد[8].

تجزیه،تحلیل و بحث در مورد نتایج شبیه سازی شده

به منظور تحلیل و شبیه سازی روش مذکور از یک نمونه سلول خورشیدی با مشخصات زیر استفاده کرده‌ایم روابط جریان و ولتاژ سلول مورد نظر در نرم افزار متلب شبیه سازی شده‌اند.

سلول مورد نظر BP Solar BP SX 150Sمی‌باشد که ماژول مربوط به آن و همچنین مشخصات پلاک آن در زیر آمده است[13].

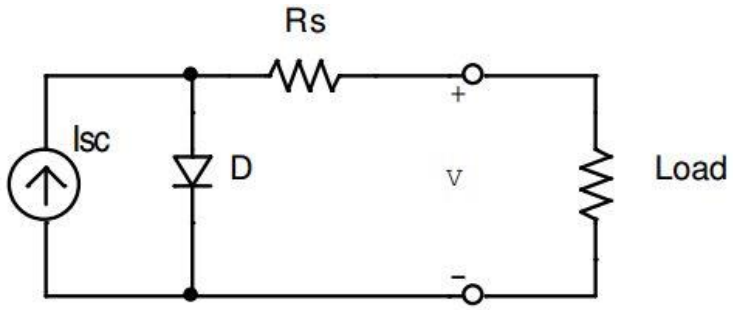


شکل۲۰-٤ ماژول BP Solar BP SX 150S[13]

Electrical Characteristics	
Maximum Power (P_{max})	150W
Voltage at P_{max} (V_{mp})	34.5V
Current at P_{max} (I_{mp})	4.35A
Open-circuit voltage (V_{oc})	43.5V
Short-circuit current (I_{sc})	4.75A
Temperature coefficient of I_{sc}	0.065 ± 0.015 %/ °C
Temperature coefficient of V_{oc}	-160 ± 20 mV/ °C
Temperature coefficient of power	-0.5 ± 0.05 %/ °C
NOCT	47 ± 2°C

مشخصات الکتریکی ماژول BP Solar BP SX 150S[13]

مدل مداری این سلول در شکل ۲۱-۴ نشان داده شده است:



شکل ۲۱-٤ مدل مداری سلول مورد آزمایش

با توجه به مدل فوق و روابط گفته شده در فصول گذشته روابط حاکم بر این مدار به قرار زیر می‌باشند:

جریان سلول خورشیدی با توجه به این رابطه بدست می‌آید:

$$I = I_{sc} - I_o\left[e^{q\left(\frac{V+I\cdot R_s}{nkT}\right)} - 1\right]$$

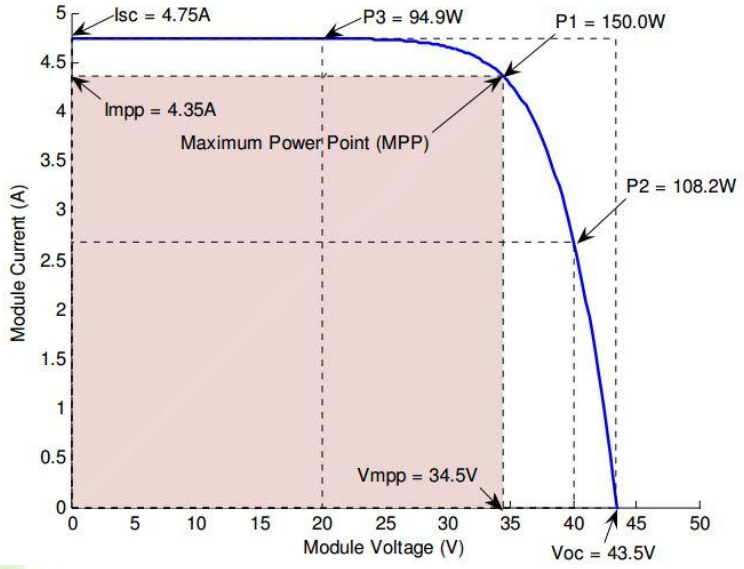
همچنین جریان اتصال کوتاه در یک دمای داده شده با توجه به دمای مرجع(دمای روی پلاک) با استفاده از رابطه‌ی زیر بدست می‌آید:

$$I_{sc}\,|_T = I_{sc}\,|_{T_{ref}} \cdot\left[1 + a\left(T - T_{ref}\right)\right]$$

تغییرات جریان اتصال کوتاه با توجه به تغییرات تابش نیز با استفاده از رابطه‌ی زیر بدست می‌آید:

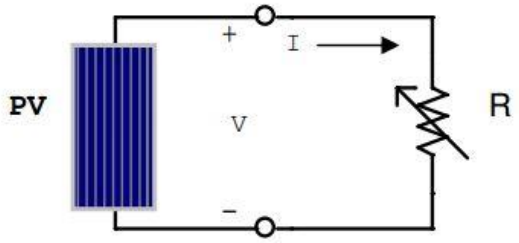
$$I_{sc}\,|_G = \left(\frac{G}{G_o}\right) I_{sc}\,|_{Go}$$

که Go تابش داده شده در پلاک می‌باشد که معمولاً ۱۰۰۰ وات بر مترمربع می‌باشد.منحنی ولتاژ–جریان و نقطه‌ی حداکثر توان در تابش ۱۰۰۰ و دمای ۲۵ درجه در شکل ۲۲–۴ نشان داده شده‌اند.

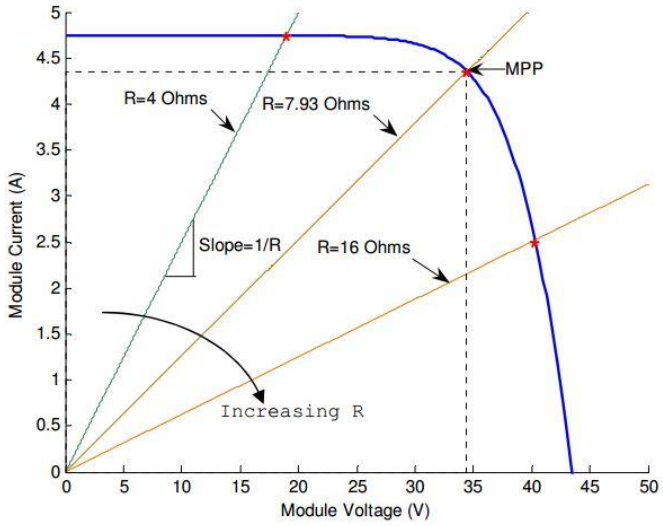


شکل ۲۲–٤ منحنی I-V سلول مورد آزمایش

همانطور که قبلاً نیز گفتیم چنانچه یک مقاومت متغیر به خروجی ماژول خورشیدی متصل کنیم حداکثر توان در نقطه‌ای برای بار حاصل می‌شود که بار متغیر(در اینجا مقاومت) برابر با حاصل تقسیم Vmpp بر Impp باشد.



شکل ۲۳–٤ اتصال مقاومت متغیر به ماژول



شکل۲٤-٤ تغییرات خط بار جهت استحصال حداکثر توان

برنامه mfile نوشته شده برای الگوریتم ردیابی P&O

در این برنامه معادله‌ی جریان سلول خورشیدی BP Solar BP SX 150S و همچنین معادله‌ی ردیابی نقطه‌ی حداکثر توان را بصورت دو function جدا در mfile نوشته شده‌اند و سپس این دو function در الگوریتم نوشته شده فراخوانی شده‌اند[13].

mfile1:

```
                function Ia=bp_sx150s(Va,G,TaC)
% function bp_sx150s.m models the BP SX 150S PV
                                              module
% calculates module current under given voltage,
                                 irradiance and temperature
                                   % Ia = bp_sx150s(Va,G,T)
                                                        %
% Out: Ia = Module operating current (A), vector or
                                              scalar
% In:  Va = Module operating voltage (V), vector or
                                              scalar
    %       G = Irradiance (1G = 1000 W/m^2), scalar
   %       TaC = Module temperature in deg C, scalar
                                                        %
```

برای دریافت فایل wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

```
%////////////////////////////////////////////////////////
                        ////////////////////////

                                    % Define constants
          k=1.381e-23;      % Boltzmann's constant
                q=1.602e-19;      % Electron charge

% Following constants are taken from the datasheet
                                    of PV module and
% curve fitting of I-V character (Use data for
                                        1000W/m^2)
     n=1.62;            % Diode ideality factor (n),
                         %   1 (ideal diode) < n < 2
Eg=1.12;              % Band gap energy; 1.12eV (Si),
                                        1.42 (GaAs),
                  %   1.5 (CdTe), 1.75 (amorphous Si)
Ns=72;              % # of series connected cells (BP
                                    SX150s, 72 cells)
TrK=298;            % Reference temperature (25C) in
                                        Kelvin
Voc_TrK=43.5/Ns;  % Voc (open circuit voltage per
                                    cell) @ temp TrK
Isc_TrK=4.75;       % Isc (short circuit current per
                                    cell) @ temp TrK
a=0.65e-3;          % Temperature coefficient of Isc
                                        (0.065%/C)
                                % Define variables
     TaK=273+TaC;     % Module temperature in Kelvin
                      Vc=Va/Ns;        % Cell voltage

          % Calculate short-circuit current for TaK
                      Isc=Isc_TrK*(1+(a*(TaK-TrK)));

%  Calculate photon generated current @ given
                                        irradiance
                                    Iph=G*Isc;
```

```
        % Define thermal potential (Vt) at temp TrK
                                    Vt_TrK=n*k*TrK/q;

                                % Define b = Eg * q/(n*k);
                                    b=Eg*q/(n*k);

% Calculate reverse saturation current for given
                                              temperature
                Ir_TrK=Isc_TrK/(exp(Voc_TrK/Vt_TrK)-1);
    Ir=Ir_TrK*(TaK/TrK)^(3/n)*exp(-b*(1/TaK-1/TrK));

% Calculate series resistance per cell (Rs =
                                              5.1mOhm)
dVdI_Voc=-1.0/Ns;       % Take dV/dI @ Voc from I-V
                                    curve of datasheet
                Xv=Ir_TrK/Vt_TrK*exp(Voc_TrK/Vt_TrK);
                                    Rs=-dVdI_Voc-1/Xv;

        % Define thermal potential (Vt) at temp Ta
                                    Vt_Ta=n*k*TaK/q;

 % Ia = Iph - Ir * (exp((Vc + Ia * Rs) / Vt_Ta) -1)
% f(Ia) = Iph - Ia - Ir * ( exp((Vc + Ia * Rs) /
                                    Vt_Ta) -1) = 0
% Solve for Ia by Newton's method: Ia2 = Ia1 -
                                    f(Ia1)/f'(Ia1)
     Ia=zeros(size(Vc)); % Initialize Ia with zeros

                                % Perform 5 iterations
                                    for j=1:5;
          Ia=Ia-(Iph-Ia-Ir.*(exp((Vc+Ia.*Rs)./Vt_Ta)-
                                              1))...
                                              ./(-1-
            Ir*(Rs./Vt_Ta).*exp((Vc+Ia.*Rs)./Vt_Ta));
                                              end
```

برای دریافت فایل wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

mfile2:

```
function [Pa_max,Imp,Vmp]=find_mpp(G,TaC)
% find_mpp: function to find a maximum power point
                                        of pv module
            % [Pa_max, Imp, Vmp] = find_mpp(G, TaC)
    % in: G (irradiance, KW/m^2), TaC (temp, deg C)
            % out: Pa_max (maximum power), Imp, Vmp
%////////////////////////////////////////////////////
                                        //////////////
                    % Define variables and initialize
                                            Va=12;
                                          Pa_max=0;
                                            TaC=25;
                                     % Start process
                                   while Va<48-TaC/8
                                Ia=bp_sx150s(Va,G,TaC);
                                      Pa_new=Ia*Va;
                                   if Pa_new>Pa_max
                                    Pa_max=Pa_new;
                                          Imp=Ia;
                                          Vmp=Va;
                                              end
                                     Va=Va+.005;
                                              end
                                              end
```

mfile3:P&O Algoritm

```
                                              clc
        %P&O Algoritm Of solar cell By Meysam Rahmani
                                            %1391
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
                                        %%%%%%%%%%
                                            clear;
                                % Define constants
```

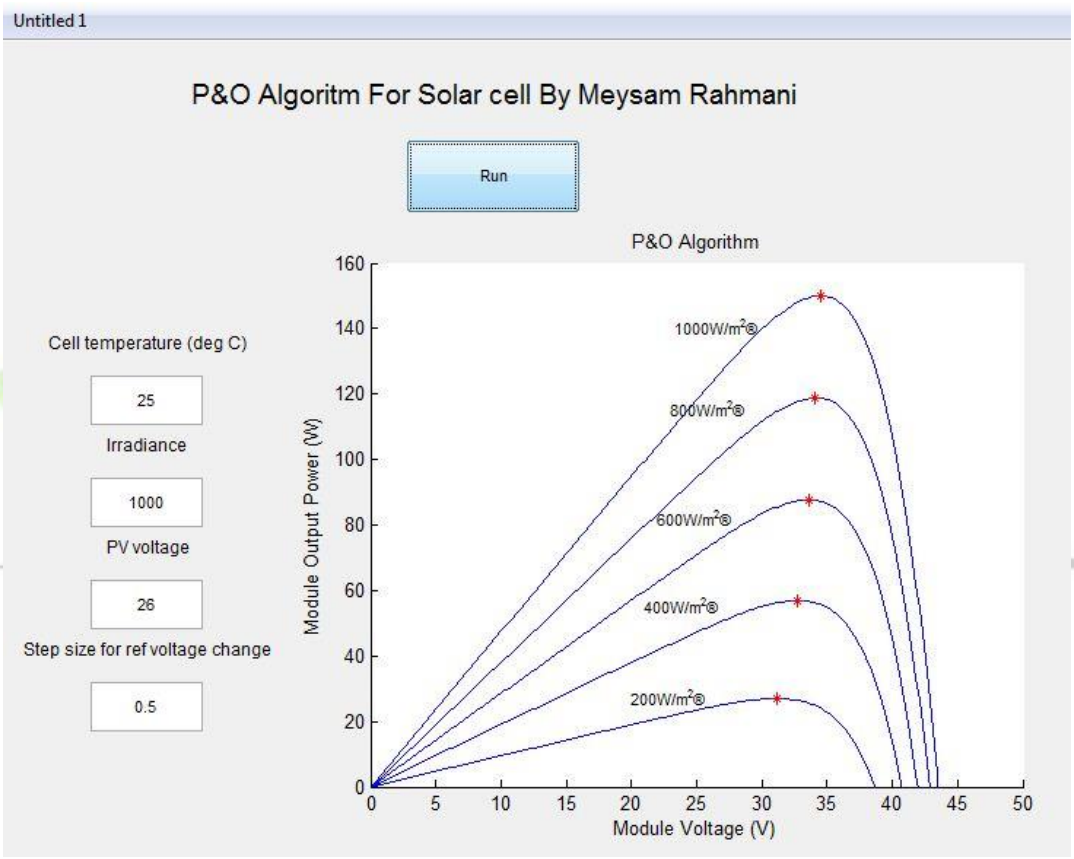
```
TaC=25;    % Cell temperature (deg C)
C=0.5;     % Step size for ref voltage change (V)
% Define variables with initial conditions
G=0.028;                          % Irradiance (1G
                                    =1000W/m^2)
Va=26.0;                          % PV voltage
Ia=bp_sx150s(Va,G,TaC);    % PV current
Pa=Va*Ia;                  % PV output power
Vref_new=Va+C;          % New reference voltage
% Set up arrays storing data for plots
                                  Va_array=[];
                                   Pa_array=[];
                                for Sample=1:43.2e+3
                             % Read irradiance value
                              % Take new measurements
                                  Va_new=Vref_new;
                    Ia_new=bp_sx150s(Vref_new,G,TaC);

                                % Calculate new Pa
                               Pa_new=Va_new*Ia_new;
                                deltaPa=Pa_new-Pa;

                           % P&O Algorithm starts here
                                        if deltaPa>0
                                        if Va_new>Va
                    Vref_new=Va_new+C;   % Increase Vref
                                                else
                    Vref_new=Va_new-C;   % Decrease Vref
                                                end
                                      elseif deltaPa<0
                                        if Va_new>Va
                    Vref_new=Va_new-C;   % Decrease Vref
                                                else
                     Vref_new=Va_new+C;   %Increase Vref
                                                end
                                                else
```

برای دریافت فایل wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

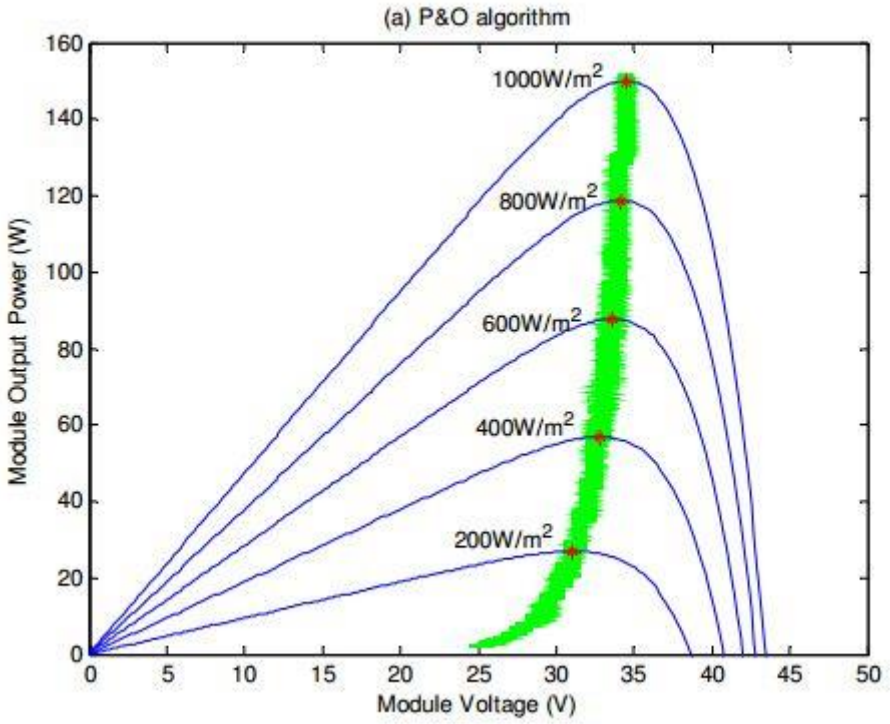
```
                Vref_new=Va_new;   % No change
                                    end

                                % Update history
                                    Va=Va_new;
                                   Pa=Pa_new;

                            % Store data in arrays for plot
                                Va_array=[Va_array Va];
                                Pa_array=[Pa_array Pa];

                                    end
                                     figure(1)
                              plot(Va_array,Pa_array,'g')
                                 Va=linspace(0,45,200);
                                        hold on
                                    for G=.2:.2:1
                                Ia=bp_sx150s(Va,G,TaC);
                                      Pa=Ia.*Va;
                                    plot(Va,Pa)
                          [Pa_max,Imp,Vmp]=find_mpp(G,TaC);
                                 plot(Vmp,Pa_max,'r*')
                                    end
                                  title('P&O Algorithm')
                               xlabel('Module Voltage (V)')
                             ylabel('Module Output Power (W)')
                                  axis([0 50 0 160])
    text(23,140,' 200W/m^2\rightarrow ','FontSize',8)
     text(25,115,'400W/m^2\rightarrow ','FontSize',8)
      text(23,82,'600W/m^2\rightarrow ','FontSize',8)
      text(23,55,'800W/m^2\rightarrow ','FontSize',8)
    text(22,27,'1000W/m^2\rightarrow ','FontSize',8)
                                    hold off
```

نتایج شبیه سازی:

با اجرای mfile3 خروجی زیر به نمایش در خواهد آمد.همانطور که مشاهده می‌شود در تابش‌های مختلف منحنی ولتاژ-توان تغییر می‌کند که در هر حالت با استفاده از الگوریتم P&O نقاط حداکثر توان با ستاره‌ی قرمز ردیابی و مشخص شده است.این بدان معنی است که با تغییرات تابش همیشه خط بار نقطه‌ی مشخص شده را قطع می‌کند به بیان واضح‌تر همیشه حداکثر توان از سلول خورشیدی جذب بار می‌شود.



شکل۲۵-٤ خروجی گرفته شده از محیط gui متلب



شکل۲٦-٤ خروجی گرفته شده از برنامه mfile3

نتیجه گیری

بی شک با استفاده از ردیابی حداکثر توان در یک سیستم فتوولتائیک توان بیشتری بدست می‌آید و به فرض مثال برای یک سیستم پمپ آب مقدار دبی آب پمپاژ شده در حالت ردیابی mpp بسیار بیشتر از حالت است که از mppt استفاده نکنیم.در جدول زیر مقدار انرژی بدست آمده در دو حالت با و بدون mppt لیست شده است[13].

	With MPPT	Without MPPT
Total Energy (simulation)	1.057KWh	0.577KWh
Total Energy (theoretical max)	1.060KWh	1.060KWh
Efficiency	99.75%	54.42%

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

جمع بندی

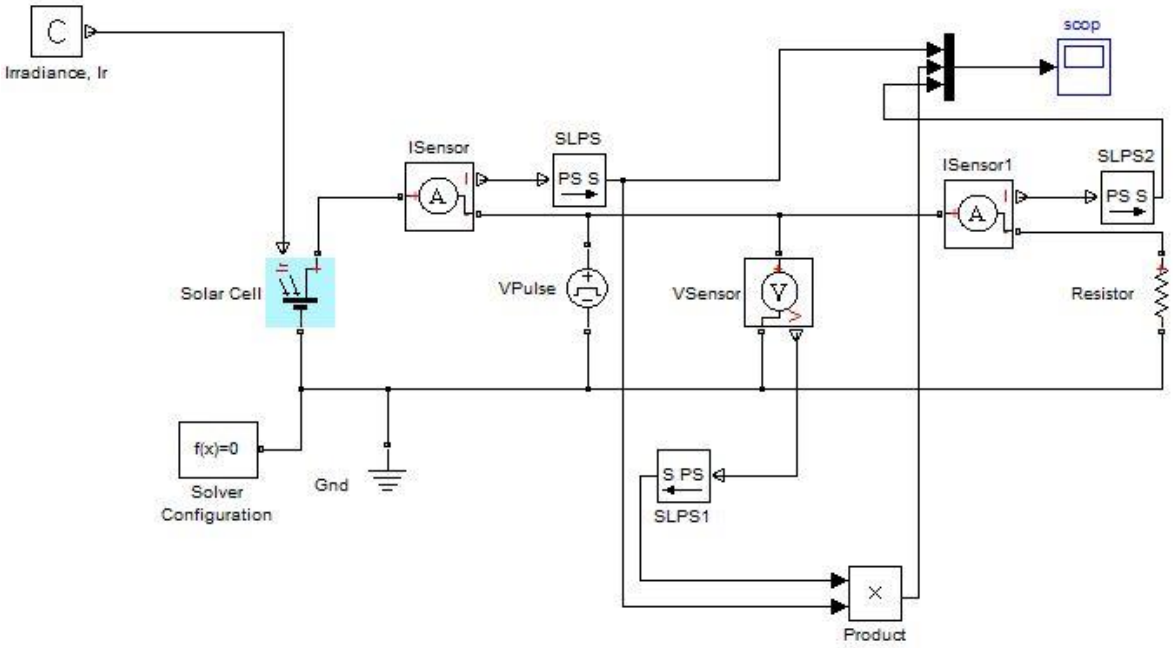
با توجه به اینکه ولتاژ ، جریان و در کل توان خروجی ماژول pv با تغییرات تابش نور خورشید و همچنین دما و پارامترهای دیگر تغییر می کند پس ماژول pv نه منبع ثابت ولتاژ است و نه جریان.همچنین با توجه به قیمت بالای این تجهیزات و صرف هزینه برای مصرف کننده و نیاز بار،همواره بهتر است که این سیستم‌ها در نقطه‌ی حداکثر توان(maximum power point) منحنی p-v کار کنند،در غیر این صورت سیستم دچار تلفات و کاهش راندمان می‌شود.برای دست یابی به نقطه‌ی توان حداکثر و اینکه همواره نقطه‌ی کاری سیستم منطبق بر نقطه‌ی MP باشد الگوریتم‌ها و روش‌های زیادی ارائه شده است.در این فصل ما ضمن شرح چندین روش ردیابی،روش معمول P&O که زیاد مورد استفاده قرار می گیرد را مورد آنالیز و در نهایت شبیه سازی و نتیجه گیری از آن،قرار دادیم.

WikiPower.ir

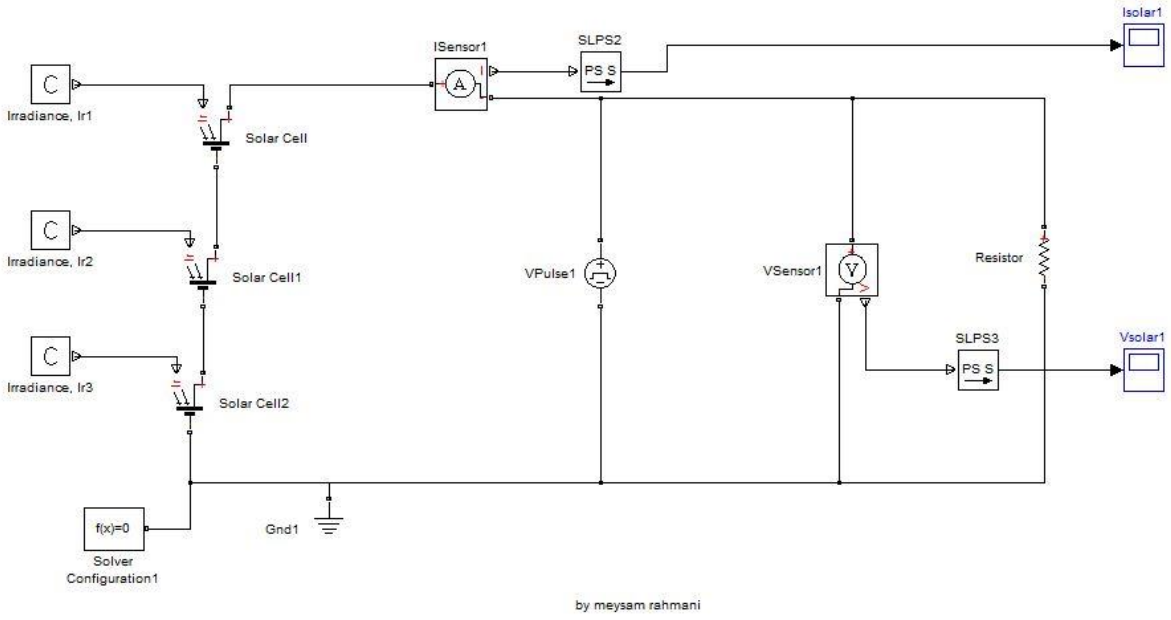
برای دریافت فایل wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

پیوست

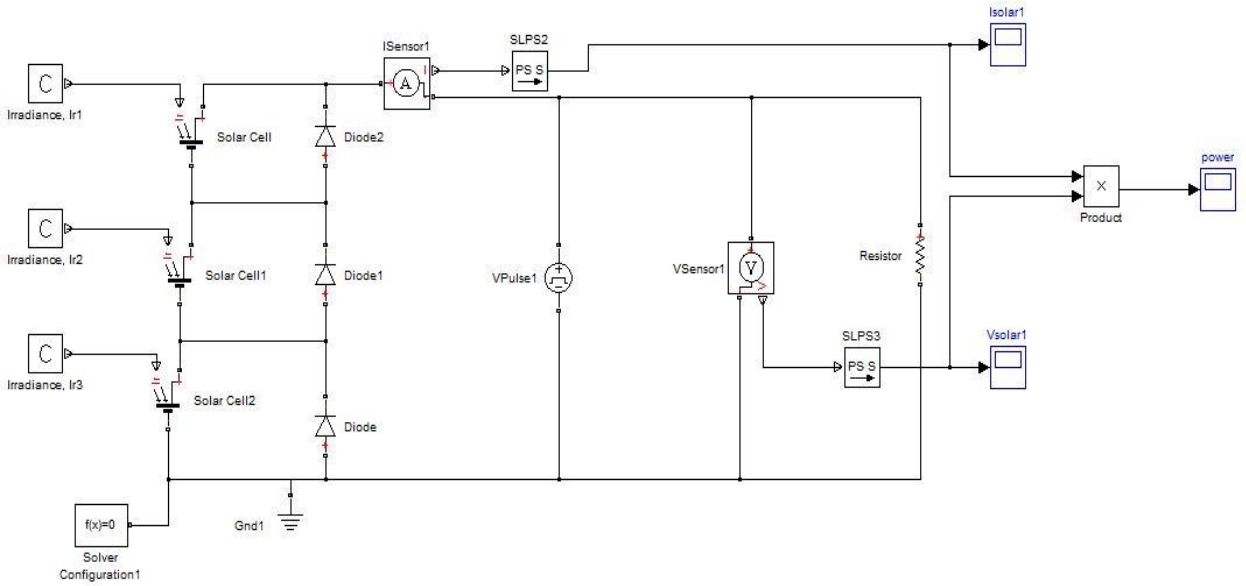
مدل سلول خورشیدی در محیط simscape متلب



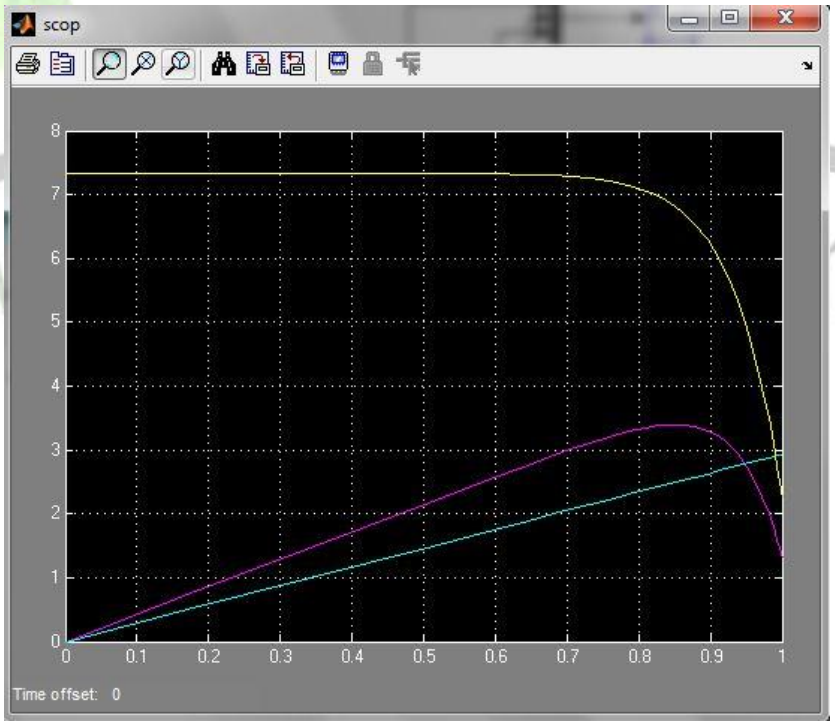
مدل‌های اثرات سایه با و بدون دیود بای پس



برای دریافت فایل wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



خروجی اسکوپ مدل سلول خروشیدی



فهرست منابع و مراجع

فارسی

۱. **کتاب پنلهای فتوولتائیک** : دکتر حسین کاظمی کارگر،مهندس مهدی نوروزی

۲. **سایت تخصصی برق قدرت** : power2.ir

۳. **سایت ویکی پدیا**

٤. **بررسی و ساخت سیستم فتوولتائیک متصل به شبکه تکفاز با در نظر گرفتن الگوریتم جدیدی برای MPPT :** محسن باقری ، حسین مددی کجابادی

٥. **بررسی عملکرد دینامیکی سیستم‌های فتوولتائیک مستقل از شبکه جهت دستیابی به ماکزیموم توان تولیدی :** امین روح الامینی ، محسن محمدیان

٦. **اتصال تکفاز سیستم‌های فتوولتائیک به شبکه توزیع برق، با قابلیت جبرانسازی توان راکتیو مصرفی بار :** سعید دانیالی ، سید حسین حسینی

English

Roger A Messenger & Jerry Ventre: **7. Photovoltaic Systems Engineering**

8. A Study on Maximum Power Point Tracking Algorithms for Photovoltaic System: Yu-Cheng Lin &Ting-Chung Yu

9. **Photovoltaic Systems Technology SS 2003:** Universität Kassel Rationelle Energiewandlung / Franz Kininger

10. **MEASUREMENT OF PV MAXIMUM POWER POINT TRACKINGPERFORMANCE:** M. Jantsch, M. Real, H. Häberlin, C. Whitaker, K. Kurokawa, G. Blässer, P. Kremer, C.W.G. Verhoeve

11. **Introduction to Photovoltaic Systems Maximum Power Point Tracking:** Dave Freeman

12. **Solar cells :**Lewis Fraas . Larry Partain

13. **DESIGN AND SIMULATION OF PHOTOVOLTAIC WATER PUMPING SYSTEM :** Akihiro Oi

14. **STUDY OF MAXIMUM POWER POINT TRACKING (MPPT) TECHNIQUES IN A SOLAR PHOTOVOLTAIC ARRAY:**Department of Electrical Engineering National Institute of Technology Rourkela-769008, Orissa