# سیستمهای فتوولتاییک

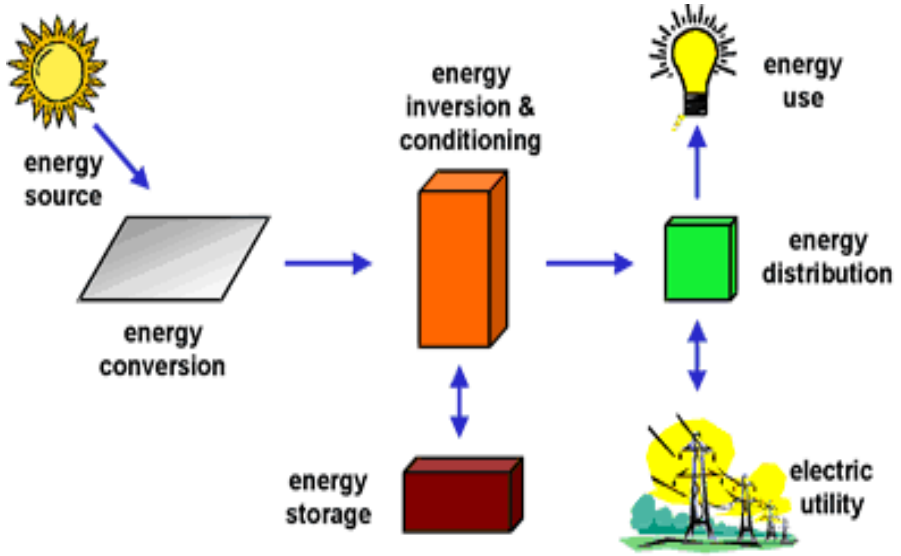
محمدرضا زرگر

**مقدمه**

جهت تامین برق مورد نیاز یک واحد مسکونی، در ابتدا باید به شناسایی اجـزاء و ادوات مـورد نیـاز در طـرح پرداخته شود و پس از آن با توجه به نیازهای طراحی لوازم مورد نیاز انتخاب و مورد استفاده قرار گیرد.

## فتوولتائیک

سیستمهای فتوولتائیک را می توان به سه بخش اصلی ویا سه زیر مجموعه کلی تقسیم نمود که در اینجا بطـور خلاصه به هر کدام پرداخته می شود.




بلوک دیاگرام سیستمهای فتوولتائیک

### پنلهای خورشیدی (پیلهای خورشیدی)

این بخش در واقع مبدل انرژی تابش خورشید به انرژی الکتریکی بدون واسطه مکانیکی می باشد. لازم به ذکر است، جریان و ولتاژ خروجی این پنلها DC می باشد.

### تولید توان مطلوب یا بخش کنترل

این بخش در واقع کلیه مشخصات سیستم را کنترل کرده، توان ورودی پنلها را طبق طراحی انجام شده و نیاز مصرف کننده به بار تزریق و کنترل می کند. لازم بذکر است که در این بخش مشخصات و عناصر تشکیل دهنده با توجه نیازهای بار الکتریکی و مصرف کننده و همچنین شرایط آب و هوایی و محلی تغییر می کند. این مجموعه از زیر مجموعه یا بخشهای متعددی تشکیل شده است که شامل :

- باطری
- شارژ کنترل
- MPPT
- اینورتر

و سیستم کنترل می باشد. لازم بذکر است برای هر مصرف کننده لزوماً از تمام بخشهای مذکور استفاده نمی گردد، بلکه طبق مشخصات و نیازهای هر مصرف کننده، بخش تولید توان مطلوب از بعضی از زیربخشهای مذکور، تشکیل می گردد. در این جا توضیح مختصری در خصوص هر کدام از زیرمجموعه ها یا زیربخشهای مذکور آورده می شود.

### مصرف کننده یا بار الکتریکی

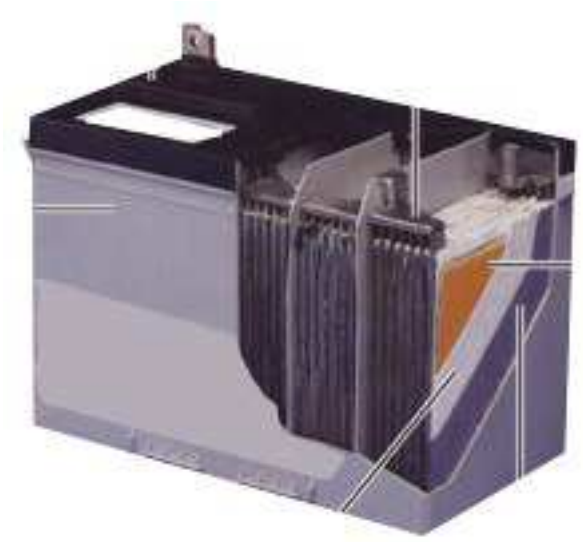
با توجه به خروجی DC پنلهای فتوولتائیک مصرف کننده می تواند دو نوع DC و یا AC باشد همچنین با آرایشهای مختلف پنلهای فتوولتائیک می توان بارهای متفاوتی را با توانهای مختلف تأمین نمود. به همین علت

سیستمهای فتوولتائیک بیشترین بازار تجاری را در زمینه کاربرد انرژیهای نو بخود اختصاص داده انـد. لازم بـه ذکـر است که مصرف کننده های فتوولتائیک یاد شده می توانند در رنج توانی متفاوتی باشند.

## باتری و ذخیره انرژی

انرژی تابشی خورشید در طی روز متغیر می باشد بنابر این در بسیاری از کاربردهای انـرژی خورشـیدی منبـع ذخیره انرژی لازم است.

- افزایش عملکرد سیستم فتوولتائیک و زمان کاربرد
- ذخیره انرژی خورشیدی تبدیل شده به انرژی الکتریکی
- تامین انرژی الکتریکی مورد نیاز در زمان عدم وجود تابش خورشید
- قابلیت اتصال بصورت سری و موازی برای دستیابی به توان های بیشتر



وجود منبع ذخیره در سیستم فتوولتائیک بقدری مهم می باشد که سیستمهای فتوولتائیک را به دو دسته کلی :

- **با منبع ذخیره**
- **بدون منبع ذخیره**

تقسیم بندی می کنند.

منبع ذخیره خود می تواند به دو نوع زیر تعریف گردد :

- **بر اساس بار مصرفی** (محصول تولیدی ذخیره شود)

بطور مثال در پمپاژ خورشیدی که در صفحات بعد توضیح داده خواهـد شـد. در طـی روز و در زمـان وجـود خورشید و برق حاصل از پنلها، آب لازم را در مخزن ذخیره جمع آوری نمود و در مواقع عـدم وجـود خورشـید و برق فتوولتائیک، از حجم آب ذخیره شده در مخزن استفاده نمود.

- **ذخیره بصورت الکتروشیمیایی** (ذخیره در باطریها)

در این روش انرژی الکتریکی حاصله از پنلهای فتوولتائیک در منبع ذخیره ساز الکتروشیمیایی (باطری) ذخیره می شود و در مواقع لزوم مصرف می گردد. لازم به ذکر است که این شیوه ذخیره ساز، در تمامی سیستمهای فتوولتائیک قابل استفاده می باشد. لذا در این مرحله حفاظتها و کنترلهای لازم جهت بهینه سازی و نگهداری این منبع ذخیره ساز به سیستمهای فتوولتائیک اضافه می گردد که در جای خود به آن پرداخته خواهد شد.

باتریها وظیفه ذخیره انرژی الکتریکی تولید شده توسط ماژولها را در طی زمانهای آفتاب و تحویل آن در زمانی که ماژول ها توانایی تامین نیرو را ندارند، بر عهده دارند. معمولا باتریها در طول شب و یا هوای ابری دشارژ می شوند، اما چنانچه اگر مقدار با بیشتر از تحمل سیستم PV باشد، باتری انرژی اضافی لازم را تامین می کند.

مدت زمانی را که در طی آن یکبار عمل شارژ و دشارژ انجام می شود سیکل می نامند. بصورت ایده آل در زمان شارژ، باتریها تا 100٪ ظرفیت خود شارژ می شوند ولی نبایستی در طول هر سیکل بطور کامل دشارژ شوند.

در یک سیستم PV هیچ جزئی به اندازه باتری نسبت به سایز و استفاده بار حساس نمی باشد. چنانچه از یک کنترل کننده دشارژ در سیستم استفاده نشود، بارهای بزرگ سبب رساندن شارژ باتریها به نقطه ای می گردند که در آن نقطه باتری خراب شده و نیاز به جایگزین دارد. همچنین عدم استفاده از کنترلر برای جلوگیری از اضافه شارژ می تواند سبب خرابی باتری در زمان بی باری و یا بار کم و یا در زمانهای طولانی تابش کامل خورشید، گردد. بدین دلیل بایستی سایز باتریها متناسب با مقدار بار تنظیم گردد که انواع و مارک های مختلف باتری ها می تواند در این امر یاری کننده باشد. بطور مثال اگر یک باتری در زمان شارژ کامل خود 11 ولت باشد و بار متصل شده به سیستم در ولتاژ کمتر از 12 ولت عمل نکند، زمان هایی پیش خواهد آمد که باتری نمی تواند تامین کننده بار باشد.

## عوامل شناسایی باتری

- **ظرفیت** (آمپر- ساعت)

همانگونه که مشخص است با ضرب کردن مقدار جریان دشارژ بر حسب آمپر در تعداد ساعتی که این جریان تحویل داده می شود این ظرفیت حاصل می شود. طراحان سیستم از آمپر- ساعت برای تعیین مدت زمانی که در طی آن سیستم بدون استفاده از تابش خورشید برای شارژ باتریها کار می کند، استفاده می نمایند. دو عامل دما و سرعت شارژ و دشارژ بر ظرفیت آمپر ساعت تأثیر می گذارند.

- **دما**

یکی از عوامل موثر در ظرفیت آمپر ساعت دمای باتری و محیط اطراف آن است. باتریها معمولا برای عمل کردن در دمای 80 درجه فارنهایت در نظر گرفته می شوند و دماهای پایین تر سبب کاهش آمپر ساعت می شود. افزایش دما اگر چه باعث کمی افزایش در ظرفیت آمپر ساعت می گردد ولی باعث افزایش تلفات آب و کاهش تعداد سیکلهای ممکن در طول عمر باتری نیز می شود.

- **سرعت شارژ و دشارژ**

اگر سرعت شارژ و دشارژ باتری متفاوت با مقادیر مطلوب باشد، ظرفیت آمپر ساعت کاهش یا افزایش می یابد. کاهش سرعت دشارژ باتری باعث افزایش اندک ظرفیت و سرعت های بالا سبب کاهش ظرفیت موجود می شود.

سرعت شارژ و یا دشارژ از تقسیم کل ظرفیت بر یک عدد حاصل می شود، بطور مثال اگر سرعت دشارژ یک باتری به صورت c/20 باشد این بدان معنی است که باتری در جریانی معادل با 1/20 ام ظرفیت کل دشارژ می شود. مثلا در یک باتری 400 آمپر ساعتی سرعت دشارژ 20 آمپری است.

- **عمق سیکل**

دومین عامل در شناسایی باتری عمق سیکل است که این عامل نشان می دهد که چه میزان از ظرفیت آمپر ساعت باتری در طی یک سیکل شارژ – دشارژ استفاده می شود. بطور مثال باتری های کم عمق برای دشارژ از 10٪ تا 25٪ ظرفیت کلی خود در طول سیکل طراحی شده اند. در مقابل باتری هایی با سیکل عمیق در کاربردهای فتوولتائیک برای دشارژ تا 80٪ ظرفیت خود بدون هیچگونه خرابی، طراحی شده اند. همه باتری های سیکل عمیق تحت تأثیر عمق دشارژ خود قرار دارند، بنابر این دشارژ عمیق تر منجر به کاهش تعداد سیکلهای شارژ باتری می شود.

## انواع باتری ها

باتریها از لحاظ کاربردهایی که دارند و همچنین ساختار و طرز مصرف به انواع مختلفی تقسیم می شوند که عبارتند از :

- **باتری SLI** (استارت – روشنایی – جرقه)

این باتری برای استارت موتورهای احتراق داخلی و قدرت دادن به یک سیستم برقی به کار می رود.

- **باتری ساکن**

این باتری ها برای فیلتر کردن برق AC، سیستم های ارتباطی، کامپیوتری و همچنین برای روشنایی اضطراری به کار می روند.

- **باتری های وسایل الکتریکی**

باتریهای اتومبیل همگی از این نوع هستند باتریهای مخصوص که برای هواپیما، زیر دریایی و مصارف نظامی و دیگر کاربردهای خاص بکار می روند.

## شارژ کنترل و واحد کنترل بار (CHARGE CONTROLLER)

وظیفه اصلی این بخش عبارت است از کنترل وضعیت شارژ و دشارژ باطریها بطوریکه از حداکثر عمر مفید آنها استفاده گردد و از دو بخش شارژ و واحد کنترل ولتاژ بار تشکیل شده است.

بخش نخست وضعیت شارژ باطریها را از نظر :

- جریان و ولتاژ ورودی
- دمای محیط
- غلظت الکترولیت و ...

کنترل کرده و در مواقع لزوم، طبق طراحیهای انجام شده عملکرد لازم را متناسب با شرایط و وضعیت باطریها بر سیستم اعمال می کند بگونه ای که طول عمر مفید را افزایش داده و امکان استفاده از بیشترین ظرفیت قابل دسترس باطریها را نیز در اختیار مصرف کننده قرار دهد.

وظیفه بخش دیگر تنظیم و کنترل سیکل دشارژ باطریها و جلوگیری از کاهش طول عمر و فرسودگی باطریها می باشد. این بخش نیز همانند توضیحات فوق جریان و ولتاژ تزریقی به مصرف کننده را (از باطری) به گونه ای کنترل می کند که از بیشترین ظرفیت ممکن و همچنین کمترین احتمال خسارت و آسیب به مصرف کننده و تجهیزات جانبی، استفاده گردد. بنابراین وظیفه این دستگاه بطور خلاصه عبارت است از:

- تست ولتاژ خروجی پنلها
- تست جریان خروجی پنلها
- تست ولتاژ خروجی باطریها
- تست جریان خروجی باطریها
- تست دمای محیط
- تست غلظت الکترولیت باطریها
- تصمیم گیری قطع یا وصل ولتاژ و جریان خروجی پنلها جهت شارژ باطریها
- تصمیم گیری قطع یا وصل ولتاژ و جریان خروجی پنلها جهت مصرف کننده

## کنترل کننده شارژ

نخستین عمل یک کنترل کننده شارژ در یک سیستم PV مستقل، حفاظت باتری در مقابل اضافه شارژ و اضافه دشارژ است. هر سیستمی که شامل بارهای غیر قابل پیش بینی، مداخله مصرف کننده، باتریهای ذخیره کوچکتر یا بزرگتر از حد معمول یا سایر ویژگیهایی که سبب زیاده روی در شارژ یا دشارژ می گردد، باشد نیازمند استفاده از یک کنترل کننده شارژ یا کلید کم ولتاژ قطع بار است. نبود کنترل کننده می تواند سبب کوتاه کردن عمر باتری و یا کاهش دسترسی به بار گردد.

کنترل کننده عمل جلوگیری از اضافه شارژ و یا دشارژ را صرفنظر از طراحی و اندازه کردن سیستم فصلی در نمودار بار و دماهای عملکرد، انجام می دهد. شیوه یا الگوریتم کنترل این وسیله عوامل موثر در شارژ باتری و استفاده از آرایه PV و نهایتا توانایی سیستم برای تامین بارهای درخواستی را معین می کند.

روش کنترل در کنترل کننده های مختلف تغییر می کند و بدین دلیل اطلاعات سازنده این کنترل کننده ها محدودیت های آن نظیر جریان بار و PV، دماهای عملکرد، افت ها، نقاط ویژه و مقادیر نقاط ویژه هیسترزیس را

شامل می شود. گاهی اوقات نقاط ویژه شبیه به دمای کنترل کننده یا باتری تغییر می کند. نقاط ویژه کنترل کننـده را می توان به چهار قسمت تقسیم کرد.

**نقطه ویژه تنظیم (VR)** : این نقطه ماکزیمم ولتاژی است که کنترل کننده به باتری اجازه دسترسی بـه آن را مـی دهد. در این نقطه همچنین کنترل کننده از شارژ باتری جلوگیری کرده و یا شروع به تنظیم مقدار جریان تحویل داده شده به باتری می نماید. انتخاب این نقطه بستگی به خواص شیمیایی باتری و دمای عملکرد آن دارد.

**نقطه تنظیم پس ماند (هیسترزیس) (VRH)** : این نقطه دهانه ولتاژ و یا تفاوت ولتاژ نقطه VR و ولتاژی است که در آن جریان آرایه کامل بکار گرفته می شود. VRH یک عامل مهم در تعیین تاثیر شارژ کنترل کننده است.

**نقطه قطع کم ولتاژ (LVD)** : این نقطه ولتاژی است که در آن بار از بـاتری بـرای جلـوگیری از دشـارژ آن جـدا می شود. LVD، ماکزیمم عمق دشارژ و ظرفیت موجود باتری را نشان می دهـد، کـه ظرفیـت موجـود بایسـتی در طراحی سیستم و مراحل اندازه کردن سیستم حدس زده شود.

**نقطه قطع کم ولتاژ هیسترزیس (LVDH)** : این نقطه دهانه ولتاژ یا تفاوت بین نقطه LVD و ولتاژی اسـت کـه در آن بار دوباره به باتری متصل می شود. انتخاب این نقطه نیز بستگی به خواص شیمیایی بـاتری، ظرفیـت بـاتری، جریان بار و PV دارد.

دو شیوه عملکرد برای کنترلر وجود دارد که این شیوه ها عبارتند از :

- **شیوه عملکرد نرمال** : زمانی که ولتاژ باتری بین ولتاژهای ماکزیمم و مینیمم نوسان دارد بکار می رود.
- **شیوه اضافه شارژ و یا اضافه دشارژ** : زمانی که ولتاژ باتری به مقادیر بحرانی مـی رسـد، رخ مـی دهـد. برای جلوگیری از شارژ مفرط باتری، آرایه PV از سیستم زمانی که ولتاژ ترمینال بیشتر از ولتاژ آستانه $V_{max-off}$ و جریان مورد نیاز بار کمتر از جریان تحویل داده شده توسط آرایه PV اسـت، جـدا مـی گـردد. آرایه PV زمانی که ولتاژ ترمینال به مقداری کمتر از مقدار مطمئنـه $V_{max-on}$ رسـید، مجـددا بـه سیسـتم وصل می شود. این عمل می تواند با استفاده از یک سوئیچ با سیکل هیسترزیس انجام شود.

برای جلوگیری از دشارژ مفرط باتری، بار – زمانی که ولتاژ ترمینال به مقداری پایین تر از ولتاژ آسـتانه $V_{min-off}$ افت کرد و جریان مورد نیاز بار بیشتر از جریان تولیدی آرایه PV بود – قطع مـی گـردد. زمـانی کـه ولتـاژ بـه مقداری بیشتر از ولتاژ $V_{min-off}$ رسید بار مجددا وصل می شود. این عمل نیز بطور مشابه با استفاده از یـک سـوئیچ با سیکل هیسترزیس انجام می شود.

سوئیچ های ذکر شده می توانند یک وسیله الکترومکانیکی نظیر رله، کنتاکتور و غیره و یا قطعـه حالـت جامـد نظیر ترانزیستور دو قطبی، ماسفت و غیره باشند.

**M.P.P.T**

این سیستم در واقع یک مبدل DC-DC تطبیق امپدانس بین مقاومت دینامیکی پنلهای خورشـیدی و مصـرف کننده را تأمین می نماید.

در واقع ردیاب حداکثر توان بمنظور استفاده بهینه از انرژی تولید شـده در سیسـتمهای بـرق خورشـیدی بکـار می رود. از این سیستم می توان در سیستمهای مستقل و هم در سیستمهای متصل به شبکه سراسـری بـرق اسـتفاده

نمود. وظیفه این قسمت همانگونه که توضیح داده شده است استفاده از حداکثر جریان و ولتاژ خروجی ممکن پنلها می باشد و به دو عامل زیر بستگی دارد :

- میزان تابش انرژی خورشیدی
- درجه حرارت محیط

## اینورتر

### اینورتر، مبدل DC/AC

تبدیل توان از صورت DC به AC توسط یک مبدل (اینورتر) صورت می گیرد. در سیستمهای فتوولتائیک برق حاصله بصورت DC می باشد و از آنجائیکه اغلب بارهای موجود در صنعت و مصارف الکتریکی با برق AC کار می کند می توان این برق را توسط یک دستگاه اینورتر تبدیل نموده و مشخصه های آن را مانند ولتاژ و فرکانس با مولفه های مورد نیاز مصرف کننده مطابقت داد.

اینورتر ها را می توان به سه گروه زیر تقسیم نمود.

### اینورتر مستقل (STAND-ALONE INVERTER)

این نوع اینورتر توان DC ذخیره شده در باتریها را به توان AC تبدیل می کند. انتخاب اینورتر برای یک سیستم قدرت مستلزم ماکزیمم بار تغذیه شونده، ماکزیمم اضافه جهش مورد نیاز، ولتاژ خروجی مورد نیاز، ولتاژ باتری ورودی و سایر مشخصات قابل انتخاب است. اینورتر های با کیفیت بالا در سایز های 100 وات برای کامپیوتر های کیفی و ماشین های فکس تا 8000 وات برای نیرو دهی به یک خانه کامل و یا عملیات تجاری کوچک، موجودند. سایز یک اینورتر با استفاده از ماکزیمم خروجی پیوسته آن سنجیده می شود، که این مقدار بایستی بیشتر از توان مصرفی بارهای AC استفاده شونده تحت کنترل باشد، می تواند مینیمم شود.

اینورترهای مستقل با سه نوع شکل موج خروجی توان موجود هستند که این سه نوع عبارتند از موج مربعی، موج مربعی تغییر یافته ( گاهی اوقات موج سینوسی تغییر یافته مامیده می شود) و موج سینوسی خالص.

اینورترهای موج مربعی کمترین قیمت و بازدهی را دارا می باشند. اینورترهای سری TRACE 700/800 و سریهای DR و U و همچنین اینورترهای GENIUS از نوع خروجی مربعی تغییر یافته هستند. این اینورترها یک انتخاب اقتصادی برای سیستمهای قدرت در جایی که شکل موج بحرانی نباشد، می باشند. از این اینورترها برای راه اندازی موتورهای بزرگ، روشنایی، تلویزیون و کامپیوتر استفاده می شود ولی این اینورتر برای سیستم های کامپیوتری با پرینترهای لیزری و دیمرهای نوری و برخی از اسبابهایی با سرعت متغییر پیشنهاد نمی شود.

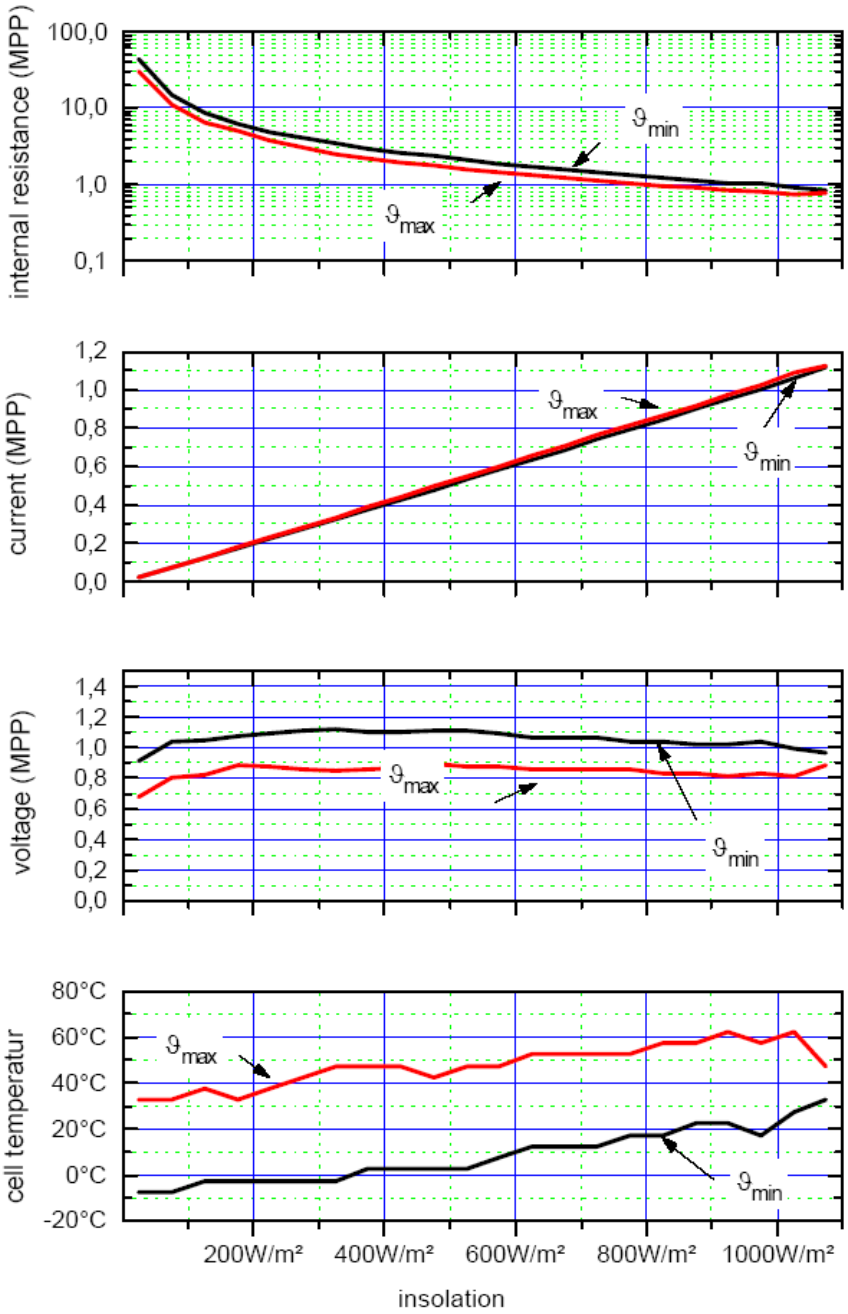
اینورتر های موج سینوسی قیمت کمی بالاتر دارند ولی برای راه اندازی هر وسیله عمل کننده با قدرت شبکه، استفاده می شوند. این نوع اینورترها انتخابی مناسب برای یک خانه هستند. اینورترهایی نظیر اینورترهای EXELTECH در سایزهای 150 وات تا 2000 وات برای سیستمهای صوتی و سایر ابزارهای الکترونیکی که به شکل موج حساسند، می باشند.

### اینورتر های همزمان (SYNCHRONOUS INVERTER)

این اینورترها توان DC را به توان AC تبدیل کرده و آن را به شبکه قدرت تزریق می کنند. این اینورترها مستقیما به آرایه PV متصل شده و زمانی که خورشید در حال تابش می باشد، الکتریسیته تولید شده از آرایه های PV به اینورتر تزریق می شود. چنانچه توان تولیدی بیشتر از توان مصرفی باشد، این تفاوت به شبکه اعمال می شود و چنانچه توان مصرفی بیشتر از توان تولیدی باشد این کمبود از طریق شبکه جبران می شود.

**اینورتر چند منظوره (MULTI-FUNCTION INVERTER)**

این اینورتر ها به طور همزمان هم می توانند بعنوان یک اینورتر مستقل و هم یک اینورتر همزمان عمل کنند. این نوع اینورتر علاوه بر اتصال به خطوط شبکه قدرت به بانکهای باتری نیز متصل است. در زمانی که باتریها از طریق یک منبع نیرو به طور مثال آرایه های فتوولتائیک شارژ شده باشند، بارهای مورد استفاده خواهند بود و چنانچه باتریها دشارژ باشند شبکه قدرت این وظیفه را بر عهده دارد.



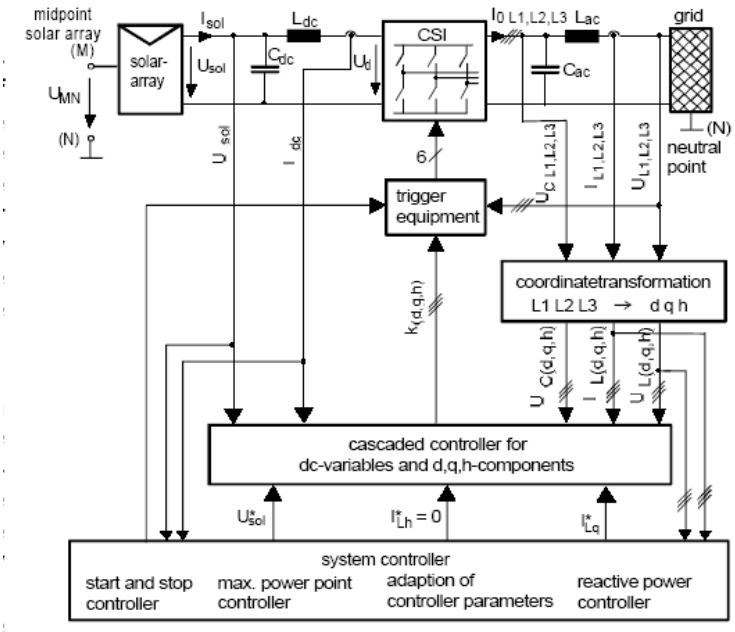

**پارامترهای آرایه های خورشیدی که به میزان تابش سیستم و دما بستگی دارند**

(میزان تابش 1 kw/m2 و دمای 25 درجه سانتیگراد)

## ردیاب حداکثر توان (MAXIMUM POWER PIONT TRACKRT – MPPT)

ردیاب حداکثر توان یک مبدل DC به DC با فرکانس بالا است. این ردیاب ورودی DC را از پنل های خورشیدی دریافت کرده، آن را به AC تغییر داده و سپس آن را به ولتاژ و جریان DC متفاوتی تبدیل می کند به گونه ای که این مقدار DC بین پنل ها و باتریهای موجود هماهنگی لازم را ایجاد کند. مثال زیر می تواند توضیحی برای عملکرد این ردیاب باشد. ارقام ذیل بدست آمده از پروژه های اجرا شده می باشد.

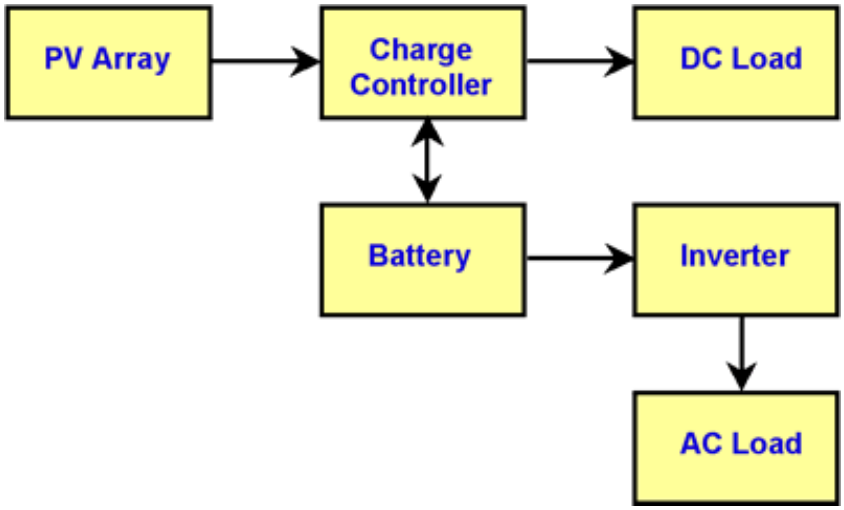
تصور کنید که یک عدد پنل 75 وات در اختیار داریم که این پنل در ولتاژ 17 ولت و جریان 4.4 آمپر عمل خواهد کرد. چنانچه باتری موجود در سیستم 14 ولتی باشد بنابه جریان تولیدی پنل توانی حدود 61.6 وات ( 14 * 4.4 ) خواهیم داشت. بنابر این در حدود 20٪ افت توان خواهیم داشت. بنابر این بایستی در صدد پایین آوردن یا تطبیق دادن ولتاژ پنل با ولتاژ 14 ولت مورد نیاز باتری باشیم. بدین منظور از ردیاب حداکثر توان استفاده می کنیم. ردیاب ولتاژ 17 ولت و جریان 4.4 آمپر ورودی خود را به جریان 5.77 آمپر و ولتاژ 13 ولت تبدیل می کند، بنابر این توان 75 وات موجود خواهد بود ضمن آنکه ولتاژ مورد نیاز باتری تامین شده است، برای زمانی که باتری به طور کامل دشارژ شده است یعنی ولتاژ 10.5 ولت نیز، خروجی ردیاب حدود 10.5 ولت با جریان 7 آمپر می باشد.




## تولید توان مطلوب بخش واسطه یا کنترل

این بخش وظیفه تطبیق عملکرد کلیه اجزا سیستم را بعهده دارد و همچنین می تواند در جمع آوری اطلاعات از اجراء سیستم نقش اصلی را ایفا نماید و در نهایت در اطلاع رسانی مفید واقع شود.

این بخش کلیه عناصر سیستم را کنترل کرده و توان تولیدی پنلها را مطابق با نیاز مصرف کننده کنترل و به آن تزریق میکند. لازم بذکر است که در این بخش مشخصات و عناصر تشکیل دهنده با توجه به نوع و نیازهای مصرف کننده و همچنین شرایط آب و هوایی و محلی تغییر می کند.




بنابراین خرابی احتمالی در هر بخش یا اطلاعات مربوط به هر قسمت را می توان از بخش کنترل گرفت.
بنابراین وظایف کنترل کننده به شرح زیر می باشد:

- تطبیق عملکرد کلیه اجزاء سیستم شامل ( MPPT، شارژ کنترل و ...)
- فرمان به بخشهای مختلف در مواقع لازم
- جمع آوری اطلاعات از عملکرد سیستم
- اطلاع رسانی از اجزاء سیستم
- حفاظت کل سیستم
- حفاظت سیستم زمین

## مصرف کننده یا بار الکتریکی (LOAD)

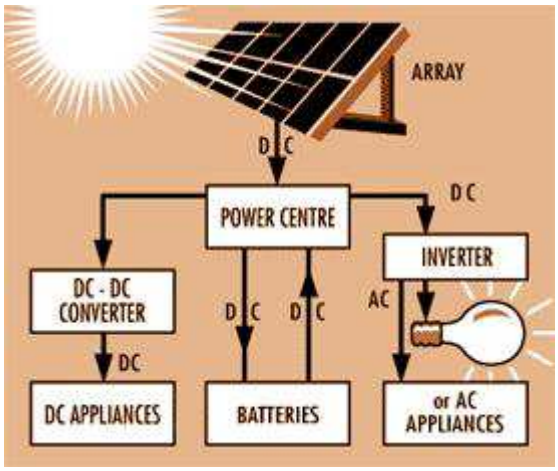
با توجه به خروجی DC پنلهای فتوولتائیک مصرف کننده می تواند دو نوع DC و یا AC باشد همچنین با آرایشهای مختلف پنلهای فتوولتائیک می توان بارهای متفاوتی را با توانهای مختلف تأمین نمود، به همین علت، سیستمهای فتوولتائیک بیشترین بازار تجاری را در زمینه کاربرد انرژیهای نو بخود اختصاص داده اند.

### بار DC

بار بطور مستقیم بر ویژگی های کل سیستم PV اثر می گذارد. بارهای بیش از اندازه که به نیرویی بیشتر از نیروی تولیدی مدول ها و یا ذخیره باتری نیاز دارند، سبب از کار افتادن سیستم می شوند. لامپهای هالوژنی برای مقاصد گوناگون از این زمره هستند. بارهای حرارتی مصرف کنندگان نامطلوب انرژی الکتریکی PV هستند که برای مصارف توستر، هویه و گرم کننده های آب و هوا استفاده می شوند. این بارها بدلیل مصرف بیش از اندازه انرژی الکتریکی بایستی در زمانهایی بکار روند که نیاز مبرم به آنها داشته باشیم. بارهای القایی شامل موتور یا آهن ربای الکتریکی نیز از این دسته هستند.

**بار AC**

بار AC در سیستم PV که شامل اینورتر است استفاده می شود. در حالت کلی تلاش بر این است که بارهـای AC محدود شود چرا که در تبدیل DC به AC در اینورتر، اتلاف انرژی رخ می دهد. لامپهای روشنایی فلورسنت و سدیم کم فشار AC دارای بازده بیشتری هستند.




**انواع روشهای استفاده از سیستمهای PV**

سیستم های قدرت PV را می توان در دو گروه بر حسب شیوه عملکرد، احتیاجات عملـی، سـاختار اجـزاء و چگونگی اتصال آنها به سایر منابع نیرو و بار های الکتریکی تقسیم بندی نمود. این دو گروه عبارتند از :

- سیستمهای مستقل از شبکه قدرت
- سیستمهای متصل به شبکه قدرت

در این بخش تنها سیستمهای مستقل از شبکه قدرت مورد بررسی قرار می گیرند.

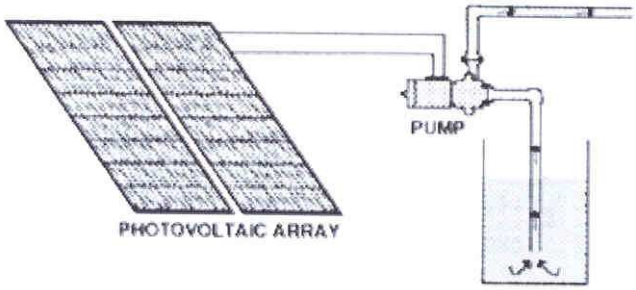
**سیستم مستقل از شبکه (STAND – ALONE SYSTEM)**

این سیستم بدون نیاز به شبکه الکتریکی قدرت طراحی شده است و بمنظور تامین بارهای الکتریکی DC و یـا AC و یا هر دو نوع این بارها طراحی گردیده است. انواع روشهای استفاده عبارتند از:

**1- سیستم DC مستقیم (اتصال مستقیم) (Direct DC System)**

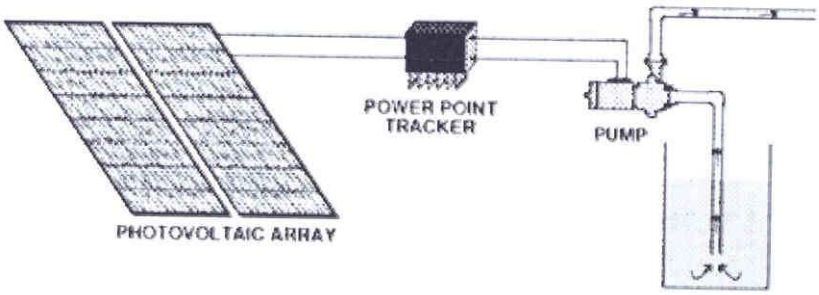
این نوع سیستم ساده ترین نوع سیستم های مستقل از شبکه است که در آن آرایه مستقیما به بـار متصـل شـده است. کاربردهایی که در طی مدت آفتابی ترین قسمت روز به بیشترین نیرو احتیاج دارنـد بـرای ایـن نـوع سیسـتم مناسب هستند. بطور مثال پمپهای آب برای آبیاری و یا ذخیره آب، راه اندازی یک پنکه برای تهویه و ...

بار بکار گرفته شده در سیستم بایستی از نوع DC باشد، بنابر این موتور DC برای راه انـدازی پمـپ، پنکـه و سایر وسایل بکار می رود. با شدت یافتن تابش خورشید موتور سریعتر حرکت می کند، بنابر ایـن بـا تـابش بیشـتر، آب یا هوای بیشتری جابه جا می شود.



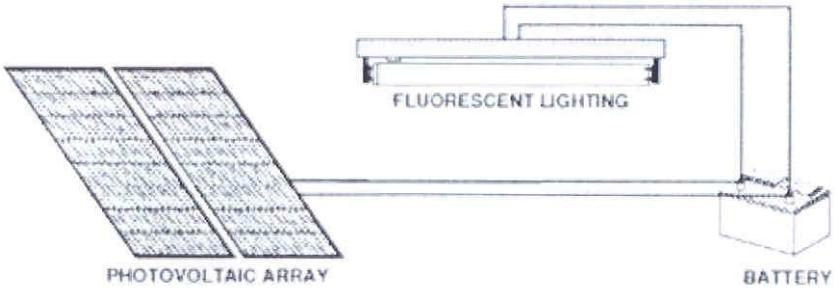

### 2- سیستم DC با ردیاب توان (Power Point Tracking System)

مزایای یک سیستم مستقیم DC را می توان با افزودن یک ردیاب توان بـه سیسـتم افـزایش داد. ردیـاب تـوان متناوبا سیستم را برای عمل در نزدیکترین نقطه ممکن به ماکزیمم خروجی تنظیم می کند.



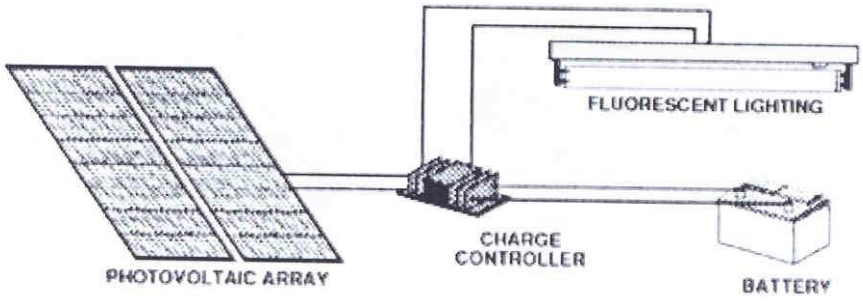

### 3- سیستم DC تنظیم خودکار ( Self – Regulated DC System )

اگر باتری ذخیره به سیستم اضافه شود، نیاز به وجود وسیله ای برای حفاظت باتری از اضـافه شـارژ احسـاس می شود. ساده ترین روش برای انجام این عمل استفاده از مدولهایی با تنظیم خودکار است. ساده ترین روش بـرای انجام این عمل استفاده از مدولهایی با تنظیم خودکار است. این مدول ها به گونـه ای طراحـی شـده انـد کـه ولتـاژ تولیدیشان برای اضافه شارژ باتری بسیار کم است و تطبیق سایر اجزاء و بار ها بحرانی مـی باشـد. در ایـن سیسـتم فقط بارها DC بوده و چنانچه بارها بطور پیوسته مورد استفاده باشند و باتری ذخیره نیـز اضـافه شـده باشـد، ایـن سیستم یک سیستم مطمئن است. چرا که در این سیستم به دلیل ذخیره الکتریسـیته، بعـد از غـروب خورشـید و در هوای ابری نیز امکان کار کردن وسایل و روشنایی وجود دارد.



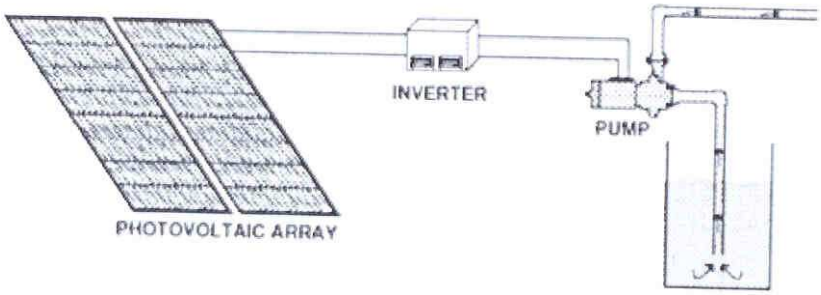

### 4- سیستم DC تنظیم شونده (Regulated DC System)

اغلب سیستمها فاقد مدولهایی با تنظیم خودکار بوده و در نتیجه نیاز بوجود وسیله ای برای حفاظت باتریها از اضافه شارژ یا اضافه دشارژ وجود دارد و این وسیله یک کنترل کننده شارژ است که گاهی تنظیم کننده شارژ نیز نامیده می شود. اگر چه افزودن تجهیزات اضافی بر پیچیدگی سیستم می افزاید و سبب جذب قدرت بیشتری شده و می تواند اعتماد و اطمینان را کاهش دهد ولی در اینجا کنترل کننده شارژ سبب طولانی شدن عمر باتری می شود. این سیستم از رایج ترین انواع سیستم PV است.



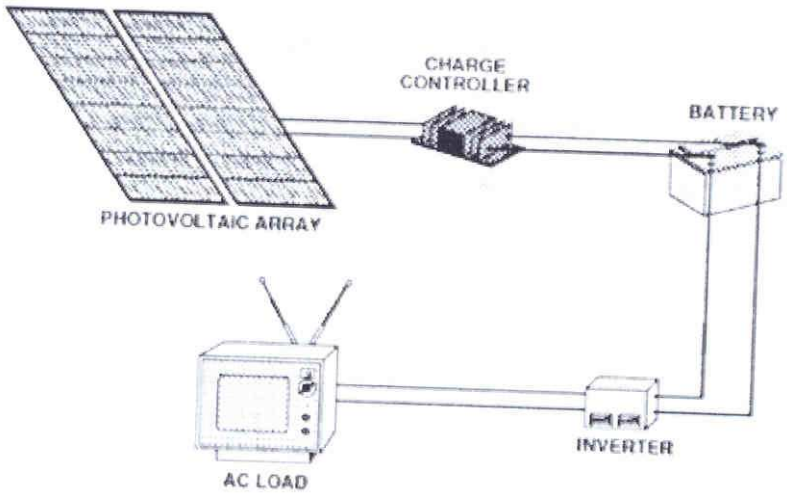

### 5- سیستم AC مستقیم (Direct AC System)

در این سیستم با استفاده از یک اینورتر، خروجی DC آرایه PV به AC تبدیل می شود و بدین ترتیب بارهای AC که بایستی در طول روز عمل کنند، تغذیه می گردند. این سیستم برای موقعیتهایی نظیر سیستم DC مستقیم مناسب است. اینورتر بکار رفته بایستی در مقابل دمای زیاد و هوای طوفانی محافظت شود. اینورتر باعث کاهش بازده کلی سیستم نیز می گردد.



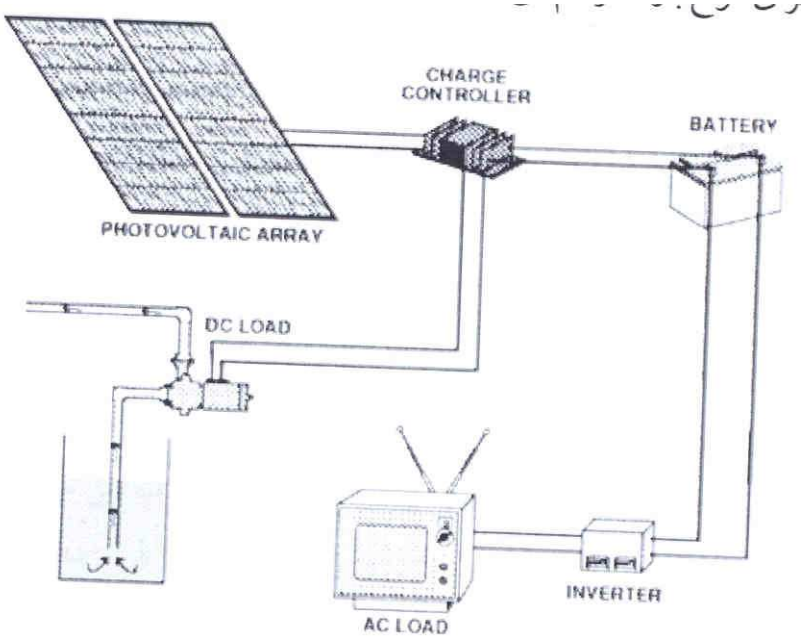

### 6- سیستم AC با ذخیره (AC System with Storage)

در این سیستم با استفاده از یک کنترل کننده شارژ و باتری امکان ادامه عملکرد سیستم در مواقعی که آرایه PV قادر به تامین نیرو نباشد نیز وجود دارد هر چند که باتری و اینورتر می تواند باعث کاهش مزایای کلی سیستم گردد.




### 7- سیستم ترکیبی AC/DC (Mixed AC/DC System)

استفاده از این سیستم ترکیبی می تواند امکان تامین بارهای DC و AC را بر عهده داشته باشد. به عبارت دیگر این سیستم امکان استفاده حداکثر از انرژی تولیدی آرایه PV را برای انواع بارها فراهم می کند.


CHARGE
CONTROLLER
BATTERY
PHOTOVOLTAIC ARRAY
DC LOAD
INVERTER
AC LOAD