عملکرد دستگاه‌های مکمل برای طراحی نیروگاه خورشیدی

دکتر منصور پیروزرام مدیرعامل شرکت نورپردازان کازرون

بدون شک برای طراحی یک نیروگاه خورشیدی اساسی‌ترین دستگاه آن پنل خورشیدی است که در مقاله قبل در هفته‌نامه طلوع با آن آشنا شدیم. یک پنل خورشیدی یک مبدل است و طبق اصل انرژی، انرژی نوری خورشید (انرژی نور سفید خورشید) را به انرژی الکتریسیته (برق) تبدیل می‌کند. پس پنل خورشیدی یک مبدل است و درست مثل یک ژنراتور برق عمل می‌کند که انرژی تولیدشده در درون ژنراتور را روی سیم به بیرون انتقال می‌دهد. برای دستیابی عملیاتی و قابل‌استفاده کردن این انرژی مسلماً احتیاج به ابزار دیگری نیز هست تا بتوان این انرژی را به فرم‌های دیگری هم ازنظر زمانی مثلاً هنگام روز خورشیدی، تولید و هنگام شب از آن استفاده بهینه کرد و یا ازنظر الکتریکی مثلاً به تک‌فاز و سه فاز تبدیل کرد چون معمولاً همان‌گونه که در مقالات قبل تشریح شد طبق استاندارد برق خروجی یک پنل ۱۲ و یا ۲۴ ولت DC است که در خیلی موارد باید این به یک برق متناوب AC و ولتاژ بالا ۲۲۰ ولت تک‌فاز و یا سه فاز ۳۸۰ ولت تبدیل گردد. پس بنابراین احتیاج به دستگاه‌های مکمل، هم برای ذخیره انرژی و هم تبدیل آن به فرم‌های دیگر انرژی وجود دارد.

دستگاه‌های مکمل:

باتری تنها محل ذخیره برای انرژی خورشیدی است که ساختار آن برای همگان آشنا است که انرژی تولیدشده در پنل را در خود ذخیره کرده تا در موقع لزوم از آن استفاده گردد.

باتری‌ها انرژی الکتریکی را به‌صورت شیمیایی در خود ذخیره می‌کنند. در سامانه‌های فتوولتاییک باتری خورشیدی وظیفه پشتیبانی در طول شب و در روزهای ابری را به عهده‌دارند. ازآنجاکه توان خروجی صفحات فتوولتاییک در طول روز متغیر است، یک باتری ذخیره‌کننده می‌تواند یک منبع نسبتاً ثابت برای تولید توان باشد. تا تغییرات نور تابیده‌شده به صفحات را جبران کند. مزیت دیگر استفاده از باتری در سیستم‌های خورشیدی تأمین جریان راه‌اندازی موتورهای الکتریکی است.

از طرف دیگر باتری‌ها لوازمی با بهره‌دهی صد در صد نیستند و مقداری از انرژی را به‌صورت گرما در واکنش‌های شیمیایی، در طول شارژ و دشارژ از دست می‌دهند، برای جبران این انرژی تلف‌شده باید راندمان باتری را در طراحی سیستم خورشیدی لحاظ کرد.

انواع باتری از نظر ساختار

به‌طور کل می‌توان باتری‌ها را به دودسته قابل شارژ و یک‌بارمصرف تقسیم کرد.

در زیر برخی از انواع باتری‌های یک‌بارمصرف آورده شده است:

Alkaline battery
Aluminium battery
Dry cell
Lithium battery
Mercury battery

در سیستم‌های فتوولتاییک باتری‌های یک‌بارمصرف جایگاهی نداشته و تنها از باتری‌های قابل شارژ در این سیستم‌ها استفاده می‌گردد.

در زیر برخی از انواع باتری‌های قابل شارژ ذکر گردیده:

Lead-acid battery
Lithium-ion battery
Nickel-cadmium battery
Nickel-iron battery
Nickel metal hydride battery
Nickel-zinc battery
Sodium-ion battery

در اغلب سیستم‌های خورشیدی به علت پرهزینه بودن دیگر انواع باتری‌های قابل شارژ، از باتری‌های سرب اسید استفاده می‌شود، تنها در معدود موارد از باتری‌های خورشیدی نیکل کادمیوم یا انواع دیگر آن برای ذخیره انرژی استفاده می‌شود که کاربردهای خاص دارند.

باتری‌های سرب اسید را می‌توان به دودسته تقسیم کرد:

۱. باتری سرب اسیدتر (floaded lead acid battery)

۲. باتری سرب اسید خشک (Valve Regulated Lead Acid Battery(VRLA)) یا (Sealed Lead Acid Battery(SLA))

باتری‌های خشک نیز به دودسته تقسیم می‌شوند:

۱. AGM Battery
۲. GEL Battery

باتری‌های قدیمی که در خودروها مورداستفاده قرار می‌گرفت از نوع سرب اسیدتر می‌باشند. در این نوع باتری خورشیدی از محلول آب‌اسید استفاده می‌شود و مزیت آن قیمت مناسب این نوع باتری است. همچنین این نوع باتری معایبی هم دارد که می‌توان به تعمیر و نگهداری مداوم و خطرات احتمالی استفاده از اسید را اشاره کرد.

امروزه استفاده از باتری‌های خشک نسبت به باتری‌های تر به علت کاهش هزینه تعمیر و نگهداری افزایش‌یافته است.

انواع باتری از نظر کاربرد

شرکت‌های بزرگ باتری‌سازی، انواع گوناگون باتری را متناسب با کاربرد آن در اختیار مصرف‌کننده قرار می‌دهند. این باتری‌ها از نظر مواد سازنده تقریباً یکسان بوده و تنها از نظر ساختار و نحوه‌ی تولید با یکدیگر متفاوت می‌باشند.

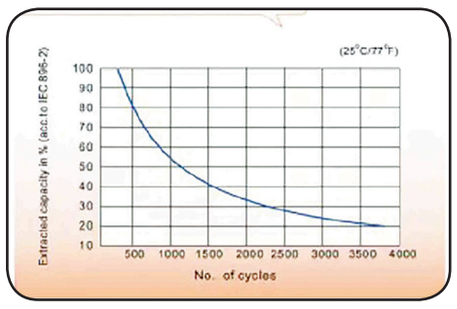
در زیر برخی از کاربردهای رایج باتری‌های سرب اسید ذکر گردیده:

GENERAL PURPOSE
DEEP CYCLE
SOLAR POWER
LONG LIFE STANDBY
HIGH RATE / UPS
ELECTRIC MOTOR

ویژگی‌های باتری سیستم‌های خورشیدی

باتری مورداستفاده در سیستم‌های خورشیدی به‌علت استفاده مداوم هرروزی از آن‌ها در درجه اول باید دارای طول عمر بالا باشند. به‌طور کل طول عمر یک باتری برحسب تعداد سیکل شارژ و دشارژ و میزان سطح دشارژ باتری بیان می‌شود.

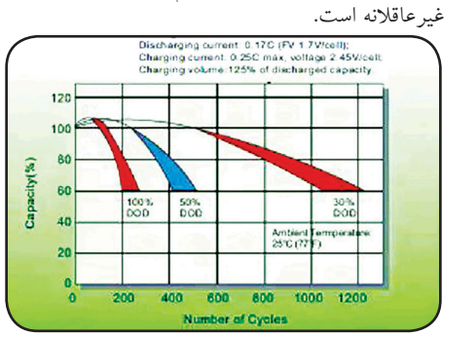
به‌عنوان‌مثال در نمودار زیر طول عمر یک باتری AGM در سطح دشارژ ۴۰ درصد در حدود ۱۵۰۰ سیکل بیان می‌شود. در سیستم‌های خورشیدی باتری خورشیدی در طول روز توسط پنل شارژ و در طول شب توسط مصرف‌کننده دشارژ می‌شوند. لذا هر شبانه‌روز یک سیکل شارژ و دشارژ برای باتری محسوب می‌شود. درنتیجه طول عمر باتری مذکور برابر ۱۵۰۰ روز که در حدود ۴ سال خواهد بود. در طراحی یک سیستم خورشیدی سطح دشارژ باتری توسط طراح باید به‌گونه‌ای در نظر گرفته شود که طول عمر باتری بسیار کوتاه نباشد. همان‌طور که در تصویر زیر مشاهده می‌شود درصورتی‌که باتری تا سطح ۸۰ درصد دشارژ شود تنها قادر به تأمین ۵۰۰ سیکل خواهد بود و این به معنای تنها یک سال و نیم طول عمر مفید برای باتری است.



ویژگی مهم دیگر باتری‌های خورشیدی قابلیت دشارژ تا ظرفیت نامی آن‌ها است. (Deep Cycle) باتری‌های خودرو درصورتی‌که تنها چند بار به‌طور کامل دشارژ شوند طول عمر آن‌ها بسیار کاهش می‌یابد و مستهلک خواهند شد. در سیستم‌های خورشیدی پس از روزهای ابری باتری ممکن است تا عمق ۸۰ درصد دشارژ شود و باتری باید قابلیت تأمین بار را در این شرایط داشته باشد.

ویژگی باتری‌های مختلف

انواع باتری قابل‌دسترس که بیشترین سهم را در بازار دارند، شامل باتری‌های خودرو و همچنین باتری‌های مخصوص استفاده در دستگاه‌های UPS است که به باتری ups شناخته می‌شوند. ویژگی باتری خودرو تأمین جریان لحظه‌ای بسیار بالا در مدت‌زمان کم است. این ویژگی در باتری خودرو به علت استفاده از باتری در زمان استارت موتور فراهم گردیده تا جریان موردنیاز استارتر را تأمین کند. مدت‌زمان استفاده از باتری بسیار کوتاه و مدت‌زمان شارژ نسبتاً طولانی است. درنتیجه استفاده از باتری خودرو در سیستم‌های خورشیدی کاملاً غیرعاقلانه است.



باتری‌های مورداستفاده در UPS به علت اینکه تنها در زمان‌های اضطراری و قطع برق مورداستفاده قرار می‌گیرند دارای تعداد سیکل شارژ و دشارژ کمتری نسبت به باتری‌های سیستم خورشیدی می‌باشند. در زیر نمودار طول عمر یک باتری از نوع AGM مخصوص استفاده در UPS نشان داده‌شده است.

مقایسه انواع باتری‌ها

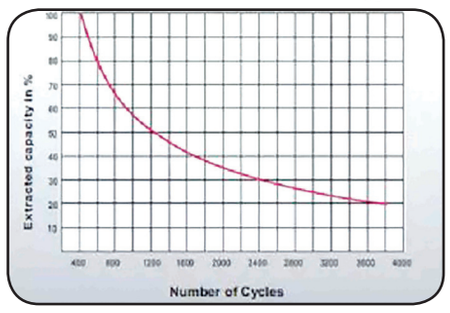
همان‌طور که مشاهده شد در باتری مورداستفاده در دستگاه‌های UPS، تعداد سیکل عمر باتری در سطح دشارژ ۴۰ درصد در حدود ۷۰۰ سیکل است که نسبت به باتری سیستم‌های خورشیدی این میزان نصف گردیده. در باتری مخصوص سیستم خورشیدی تعداد سیکل در سطح دشارژ ۴۰ درصد برابر ۱۵۰۰ سیکل است. متأسفانه در اکثر مواقع باتری‌های مورداستفاده در سیستم‌های خورشیدی از نوع UPS بوده و طول عمر آن‌ها تنها یکتا دو سال خواهد بود. ازآنجاکه هزینه باتری سهم به‌سزایی در یک سیستم خورشیدی دارد (در حدود ۳۰ تا ۴۰ درصد هزینه کل سیستم) انتخاب باتری مناسب از اهمیت بالایی برخوردار است.

باتری مناسب برای سیستم‌های خورشیدی

از بین باتری‌های سرب اسید خشک دو نوع باتری برای سیستم‌های خورشیدی مناسب می‌باشند.

باتری سرب اسید خشک AGM: باتری سرب اسید خشک از نوع AGM که مخصوص سیستم خورشیدی طراحی‌شده باشد. این نوع باتری تنها از روی کاتالوگ و مدل نوشته‌شده بر روی بدنه آن قابل‌تفکیک است. ازنظر ظاهری تفاوتی بین باتری مخصوص خورشیدی و UPS وجود ندارد و تنها از روی کاتالوگ آن قابل‌تفکیک است. درصورتی‌که در کاتالوگ باتری هیچ نموداری در مورد طول عمر آن ذکر نشده باشد این باتری از نوع UPS است.

باتری سرب اسید خشک GEL: باتری‌های GEL نسبت به AGM تحمل دمایی بالاتری دارند به این معنی که در شرایط محیطی گرم طول عمر بالاتری نسبت به باتری AGM دارند. همچنین باتری‌های GEL تعداد سیکل شارژ و دشارژ بیشتری نسبت به باتری‌های AGM در شرایط یکسان دارند. در این صفحه طول عمر یک باتری GEL آورده شده است.



همان‌طور که مشاهده می‌شود در سطح دشارژ ۴۰ درصد، عمر باتری برابر ۱۶۳۰ سیکل است.

باتری‌های سرب اسیدتر از نوع Deep Cycle را نیز می‌توان در سیستم خورشیدی استفاده کرد ولی به دلیل تعمیر و نگهداری بالا و آزاد کردن گازهای سمی در هنگام شارژ کامل این نوع باتری‌ها را توصیه نمی‌کنیم.

نکته ۱: بیشتر کارخانه‌ها در کاتالوگ‌ها ظرفیت باتری‌ها را در دمای ۷۷ درجه فارنهایت (۲۵ درجه سانتی‌گراد) بیان می‌کنند. هرچقدر دمای محل نصب باتری‌ها کمتر باشد افت ولتاژ آن‌ها نیز بیشتر می‌شود با توجه به اینکه باتری تحمل دمایی بالاتری دارند، ولی بیشتر باتری‌ها در زیر سایه نصب می‌شوند و در تابستان دمای آن‌ها زیر ۳۰ درجه و در زمستان دماهای پایین‌تر از ۱۰ درجه را باید تحمل کنند پس من باتری‌های GEL را برای مصارف عادی پیشنهاد نمی‌کنم و باتری‌های AGM دارای عملکرد بهتری در دماهای سرد است.

نحوه تعیین میزان شارژ باتری‌ها

با استفاده از ولت‌متر می‌توان میزان شارژ باتری‌ها (Sate Of Charge) (SOC) را به دست آورد.

نحوه سیم‌بندی باتری‌ها

نحوه سیم‌بندی باتری‌ها در سیستم‌های خورشیدی با توجه به ولتاژ سیستم و همچنین ولتاژ باتری‌ها متفاوت است. مثلاً اگر ولتاژ سیستم برابر ۲۴ ولت باشد و ما از باتری‌های ۱۲ ولتی استفاده کنیم باید دو عدد باتری ۱۲ ولت را باهم سری کنیم تا بتوانیم ولتاژ سیستم را ۲۴ ولت در نظر بگیریم.

باتری شارژ کنترلر (Solar Charge Controller (SCC

در همه سیستم‌های جدا از شبکه که باتری ذخیره کننده انرژی است، شارژ کنترلر یک جزء ضروری محسوب می‌شود. هدف اصلی شارژ کنترلر، حفاظت از باتری در مقابل شارژ و یا دشارژ بیش‌ازحد توسط پنل‌های خورشیدی است. شارژ کنترلر جریان و ولتاژ ورودی به باتری را تنظیم می‌کند. بعضی از انواع شارژکنترلرها که دارای خصوصیت ردیابی ولتاژ پایین هستند، باتری را در مقابل دشارژ زیاد توسط بار محافظت می‌کنند.

اگر باتری‌ها به‌طورمعمول شارژ شوند، عمر پیش‌بینی‌شده آن‌ها به‌طور چشم‌گیری کاهش پیدا می‌کند. کنترلرها ولتاژ باتری را بررسی می‌نمایند و هرگاه که ولتاژ باتری زیادتر از حد شود، جریان شارژ را متوقف می‌کند. این موضوع به‌خصوص در مورد باتری‌های sealed دارای اهمیت است چراکه در آن‌ها نمی‌توان آب داخل باتری را که در طی شارژ مجدد باتری ازدست‌رفته است، جایگزین نمود. به‌طور اساسی، اکثر شارژ کنترلرها به‌سادگی ولتاژ باطری را بررسی و کنترل کرده و هنگامی‌که ولتاژ آن به سطح مشخصی رسید، مدار را بازکرده و عمل شارژ را متوقف می‌نمایند. در شارژ کنترلرهای قدیمی از یک رله مکانیکی برای این منظور استفاده می‌شده است.

در انواع مدرن‌تر از مدولاسیون پهنای پالس (PWM) بهره گرفته می‌شود؛ بدین‌صورت که با نزدیک‌تر شدن باتری به حالت شارژ کامل، میزان توان اعمال‌شده به باطری کاهش می‌یابد. این نوع از کنترلرها به باطری اجازه می‌دهند که بیشتر در حالت پر باقی بمانند بدون اینکه تنش و فشار زیادی تحمل کنند و درنتیجه عمر باطری افزایش می‌یابد.

چرا شارژ کنترلر؟

تا زمانی که نور خورشید زیاد می‌شود پنل خورشیدی هم ولتاژ بیشتری تولید می‌کند و ولتاژ بیش‌ازحد پنل خورشیدی می‌تواند به باطری‌ها آسیب برساند. پس شارژ کنترلر برای تأمین یک ولتاژ مناسب جهت شارژ باطری‌ها استفاده می‌شود. پس زمانی که ولتاژ تولیدی پنل خورشیدی بیش‌ازحد بود شارژ کنترلر، ولتاژ را به حد مناسب جهت شارژ باطری کاهش می‌دهد تا باطری‌ها آسیب نبینند.

مراحل شارژ کنترلر ها:

بیشتر شارژ کنترلرهای بازار این سه مرحله را برای شارژ باطری‌ها انجام می‌دهند:

مرحله BULK (شارژ حداکثری):

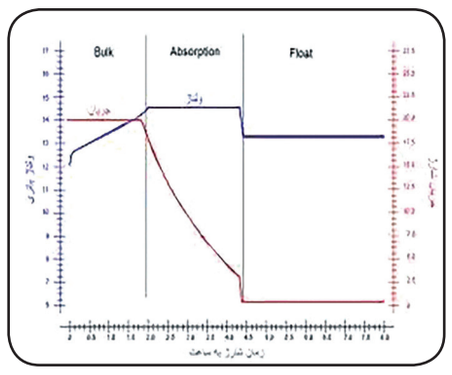
در این مرحله ولتاژ تا حد ولتاژ BULK (معمولاً بین ۱۴٫۲ تا ۱۴٫۶ ولت) زیاد می‌شود و بیشترین جریان برای شارژ باطری‌ها کشیده می‌شود اما جریان در این مرحله ثابت است و تا ولتاژ باطری‌ها به ۸۰ الی ۹۰ درصد ولتاژ شارژ کامل برسد ادامه دارد. زمان این مرحله تقریباً نیمی از زمان شارژ باطری است و بیشترین شارژ باطری در این مرحله اتفاق می‌افتد. (در این مرحله ولتاژ متغیر و جریان ثابت است)

مرحله ABSORPTION (شارژ کامل):

در این مرحله ولتاژ شارژ در حد همان ولتاژ BULK باقی می‌ماند برای یک‌زمان معین (معمولاً یک یا دو ساعت) تا هنگامی‌که جریان به کمترین حد خود برسد یعنی باطری به اشباع برسد. انتقال از مرحله BULK به مرحله ABSORPTION به‌آرامی صورت می‌گیرد به دلیل اینکه ولتاژ دو مرحله تقریباً با یکدیگر برابر است. (در این مرحله جریان متغیر و ولتاژ ثابت است)

مرحله FLOAT (شناوری):

زمانی که مرحله ABSORPTION تمام شد (معمولاً جریان شارژ به ۳ درصد جریان نامی برسد) ولتاژ تا حد ولتاژ مرحله FLOAT (معمولاً ۱۳٫۲ تا ۱۳٫۶ ولت) کاهش پیدا می‌کند؛ و باطری‌ها یک جریان خود نگه‌دار یا جریانی که از تخلیه باطری جلوگیری می‌کند از سیستم دریافت می‌کنند (در این مرحله هم ولتاژ ثابت است و هم جریان). رابطه بین جریان و ولتاژ در این سه مرحله از شارژ به‌صورت شکل زیر است.

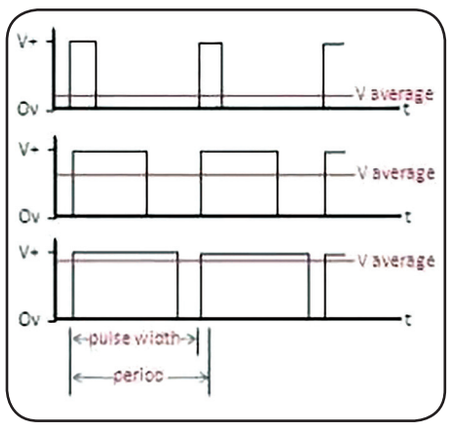


شارژ کنترلرهای PWM Pulse Width Modulation:

این شارژ کنترلرها نیز مانند همه‌ی شارژ کنترلرها وظیفه‌ی کنترل شارژ و دشارژ باطری‌ها را بر عهده‌دارند. آن‌ها ولتاژ ورودی باطری‌ها را طوری تنظیم می‌کنند که به آن‌ها آسیبی وارد نشود. وقتی‌که آن‌ها را برای کنترل شارژ باطری‌ها به‌کار می‌گیرید این شارژ کنترلر لحظه‌به‌لحظه با چک کردن میزان شارژ باطری، میزان شارژ (جریان) موردنیاز را تغییر می‌دهد یعنی هرچقدر که باطری به شارژ کامل نزدیک می‌شود میزان جریان شارژ هم کم می‌شود.

نحوه عملکرد شارژ کنترلر PWM:

اساس کار به این صورت است که این شارژ کنترلر مانند یک کلید هوشمند عمل می‌کند، یعنی با سنجیدن میزان جریان موردنیاز برای شارژ باطری قطع و وصل می‌شود تا آن جریان را تأمین کند؛ مانند شکل زیر:



پس تفاوت این شارژ کنترلر با انواع قدیمی در هوشمند بودنان است. شارژ کنترلرهای قدیمی مانند یک کلید بودند و فقط عمل قطع و وصل را انجام می‌دادند ولی PWM مانند یک کلید هوشمند عمل می‌کنند یعنی با نمونه‌برداری از میزان شارژ باطری علاوه بر اینکه میزان عرض پالس را معلوم می‌کنند میزان سرعت قطع و وصل شدن پالس را هم مشخص می‌کنند.

شارژ کنترلرهای MPPT Maximum Power Point Tracking:

همان‌طور که از اسم این شارژ کنترلرها پیداست این مدل از شارژ کنترلرها دنبال کننده توان ماکزیمم هستند. اساس کار این شارژ کنترلرها به این صورت است که آن‌ها خروجی DC پنل خورشیدی را گرفته به سیگنال AC با فرکانس بالا تبدیل می‌کنند سپس این سیگنال AC را به ترانسفورماتور می‌دهند تا به ولتاژ و جریان دلخواه تبدیل کند سپس سیگنال AC را به DC موردنیاز برای شارژ باتری تبدیل می‌کند تا بیشترین توان را استفاده کرده باشد.

شارژ کنترلرهای MPPT در فرکانس بالای رادیویی کار می‌کنند (معمولاً بین ۲۰ تا ۸۰ هرتز). مزایای کار در فرکانس بالا زیادشدن راندمان ترانسفورماتور و کم شدن تجهیزات است؛ اما این مزیت‌ها یک مشکل هم ایجاد می‌کند، به دلیل تولید این فرکانس باعث ایجاد نویز در فضا می‌شود. پس یک نویز گیر نیز باید طراحی کرد.

تقریباً همه‌ی شارژ کنترلرهای MPPT دیجیتالی هستند ولی نمونه‌های غیر دیجیتالی هم موجود است که بازده آن‌ها بالاتر از نمونه دیجیتالی است، ولی آن‌ها یک عیب بزرگ دارند و آن‌هم این است که اگر مثلاً یک‌تکه ابر بر روی پنل می‌افتاد و دوباره سریع کنار می‌رفت آن‌ها قابلیت پیدا کردن نقطه ماکزیمم را از دست می‌دادند.

تفاوت بین شارژ کنترلرهای MPPT و PWM

بیشتر شارژ کنترلرهای بازار از نوع PWM هستند؛ اما شارژ کنترلرهای MPPT بهتر هستند. آن‌ها ولتاژ پنل‌ها و باتری خورشیدی را طوری تنظیم می‌کنند که بیشترین شارژ (جریان) را دریافت کنند. برای مثال اگر از شارژ کنترلر PWM استفاده کنیم برای یک سیستم که یک پنل ۱۰۰ وات داشته باشد ما نمی‌توانیم ماکزیمم توان را از آن دریافت و باطری‌ها بدهیم؛ زیرا می‌دانیم که توان برابر است با جریان ضرب‌در ولتاژ $P=V\times I$، برای داشتن ۱۰۰ وات توان خروجی از پنل طبق مشخصات پنل ولتاژ باید در حدود ۱۶٫۷ و جریان در حدود ۶ آمپر باشد. ولتاژ باتری که می‌خواهد شارژ بشود در حدود ۱۲٫۵ ولت است و اگر ما از شارژ کنترلرهای معمولی استفاده کنیم چون جریان (۶ آمپر) و ولتاژ کاهش پیدا می‌کند (حدود ۱۳٫۵ ولت)، توان دریافتی برابر ۸۱ وات می‌شود. پس شما در حدود ۲۰٪ از توان تولیدی را ازدست‌داده‌اید.

اما شارژ کنترلرهای MPPT میزان افت ولتاژ را با زیاد کردن جریان جبران می‌کنند بدین‌صورت که به‌جای تحویل دادن جریان ۶ آمپر، جریان ۷٫۴ آمپر را تحویل می‌دهند تا توان خروجی افت پیدا نکند.

کدام‌یک از شارژ کنترلرهای PWM یا MPPT را انتخاب کنیم؟

همان‌طور که در بالا اشاره شد راندمان شارژ کنترلرها MPPT از PWM بیشتر است، اما این دلیلی بر استفاده نکردن از PWMها نیست زیرا باید فاکتورهایی مانند شرایط محل نصب پنل‌ها، اندازه سیستم و توان تولید و قیمت در نظر گرفت.

در کل برای سیستم‌های کوچک (حدوداً زیر ۲۰۰ وات) استفاده از شارژ کنترلرهای PWM بهتر است زیرا:

شارژ کنترلرهای PWM تقریباً بازده ثابتی دارند و به‌اندازه سیستم وابسته نیستند.

قیمت PWMها خیلی کمتر از MPPT هاست.

کارایی MPPT در سیستم‌های کوچک خیلی کمتر از سیستم‌های بزرگ است.

شرایط دمایی:

شارژ کنترلرهای MPPT در مکان‌هایی که دارای هوا سرد هستند راندمان بیشتری دارند؛ زیرا هرچقدر دما کمتر باشد افت ولتاژ هم کمتر است و اگر افت کم باشد، شارژ کنترلر MPPT می‌تواند اضافه ولتاژ را تبدیل به جریان کند. پس راندمان در دمای کم زیادتر می‌شود. مثلاً ولتاژ تولیدی یک پنل در دمای سرد ۱۷ ولت است و ولتاژ باطری‌ها ۱۲ ولت، شارژ کنترلر MPPT این قابلیت را دارد که اضافه ولتاژ را تبدیل به جریان کند ولی شارژ کنترلر PWM اضافه ولتاژ را تلف می‌کند. حال اگر پنل را در دمای بالاتری نصب کنیم که ولتاژ تولیدیان حدود ۱۵ ولت باشد می‌بینیم که با توجه به کم شدن ولتاژ جریان تولیدی شارژ کنترلر MPPT نیز کم می‌شود ولی شارژ کنترلر PWM حدوداً بازده ثابتی دارد؛ یعنی در شارژ کنترلرهای PWM باکم و زیادشدن ولتاژ (در حدود مشخص) فقط توان تلف‌شده در آن‌ها کم‌وزیاد می‌شود. در کل شارژ کنترلر MPPT در هوای سرد در حدود ۲۰ الی ۲۵ درصد بیشتر از شارژ کنترلر PWM بازده دارد.

انتخاب نوع شارژ کنترلر با توجه به تعداد پنل‌ها و توان بارها:

اگر در یک سیستم تعداد پنل‌ها بیش از توانی که بارها نیاز دارند باشد، باطری‌ها تقریباً همیشه در حالت شارژ کامل قرار دارند پس بهتر است از شارژ کنترلر PWM استفاده کرد بدون نیاز به زیاد کردن هزینه‌ها برای خرید شارژ کنترلر MPPT ولی در کل در سیستم‌های کوچک

استفاده از شارژ کنترلر PWM اقتصادی‌تر است.

اثر لبه‌ی ابر (Edge of Cloud Effect ECE):

زمانی که سایه ابرها درحال افتادن بر روی پنل است یا زمانی که این سایه ابر درحال خارج شدن از روی پنل خورشیدی است اگر دقت کنیم درست در مرز بین سایه و نور خورشید میزان نور شدیدتر است که این به خاطر پدیده شکست نور است. درنتیجه میزان ولتاژ تولیدشده در پنل برای زمان محدودی زیادتر از حد نرمال می‌شود پس ما باید این اضافه ولتاژ را در طراحی شارژ کنترلر در نظر بگیریم. معمولاً میزان آمپر شارژ کنترلر را بین ۲۰ تا ۳۰ درصد زیادتر از میزان موردنیاز در نظر می‌گیرند تا اثر این پدیده را جبران کنند. مثلاً برای چهار پنل ۷۵ الی ۸۰ واتی نیاز به یک شارژ کنترلر ۳۰ آمپری داریم.

در مقاله هفته آینده همچنان به تشریح دستگاه‌های مکمل ادامه خواهیم داد تا با همه ابزار کار در سیستم‌های خورشیدی آشنا شویم چون بدون آشنایی با این ابزار و محاسن و معایب آن‌ها قادر به طراحی و برنامه‌ریزی و اجرا یک سیستم خورشیدی نخواهیم بود.