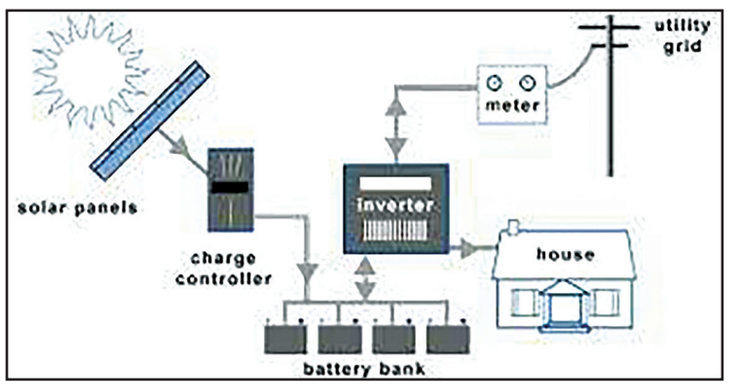
طراحی و محاسبه یک نیروگاه خورشیدی

دکتر منصور پیروزرام، مدیرعامل شرکت نورپردازان کازرون

سیستم‌های فتوولتیک خورشیدی در طراحی، شباهت زیادی به یکدیگر دارند؛ ولی در استفاده از آن با یکدیگر متفاوت هستند. درست مثل یک اتومبیل می‌ماند که همگی چهارچرخ و یک فرمان که معمولاً این در سمت راست آن قرار دارد و فعلاً اکثراً بنزین‌سوز ولی در مواردی هم گازسوز عرضه می‌شود و هدف حمل انسان‌ها است. باوجوداین تقریباً همه اتومبیل‌ها با هم متفاوت‌اند.

درست همین وضع تشریح شده در اتومبیل را هم در مورد ساختار فیزیکی یک سیستم فتوولتیک صدق می‌کند که هر طراحی سبک و نحوه مختص به خود را دارد. پس در طراحی ازیک‌طرف احتیاج به تجربه علمی کافی و دانش لازم است و از طرف دیگر دست طراح باز است که هنر و دانش طراحی خود را به معرض نمایش بگذارد که سیستمی جالب یا نیمه جالب طراحی کند. درست مثل اتومبیل که طراح آزاد است؛ ولی باوجوداین باید مصرف اتومبیل را همواره مدنظر داشته باشد و در صورت لزوم مثلاً یورو ۴ و ۵ را هم پاس کند و این نکته و یا آن نکته را هم در نظر داشته باشد. پس آزادی طراح هم حدومرز خود را دارد؛ ولی تقریباً دست او باز و آزاد است، ولی باید همیشه باید جوابگو باشد.

برای مثال در دو سه طراحی زیر لطفاً نگاه کنید و آن‌ها را کمی با دقت ملاحظه بفرمائید که چه نکاتی و چه قطعاتی مشترک دارند.



سیستم خورشیدی فوق که باطری‌ها را شارژ می‌کند و هم‌زمان برق به شبکه سراسری انتقال می‌دهد تا در صورت بروز اختلال در شبکه مثلاً هنگام اثبات رعدوبرق و قطع برق شبکه موقتاً از برق باتری استفاده شود.

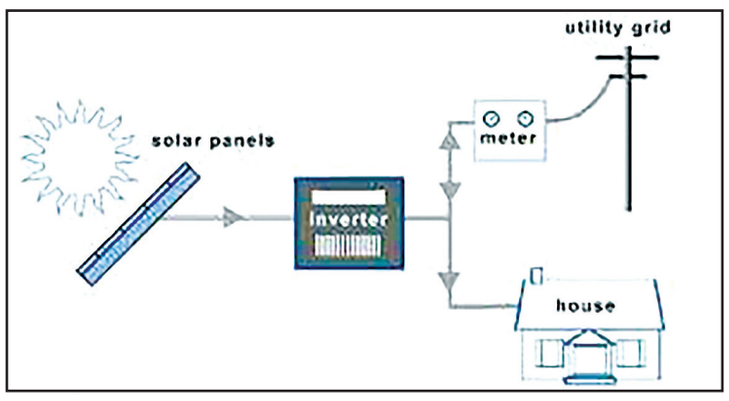
این هزینه و طراحی باتری در شبکه در بیشتر دکل‌های مخابراتی و در بعضی موارد مثلاً دکل‌های صداوسیما و یا دکل‌های نظامی و مرزی کشور سیستم‌ها اجباراً دو و یا سه منظوره طراحی می‌شوند تا تضمین لازم برای تأمین برق لازم، کاملاً نه صددرصد بلکه ۲۰۰ تا ۳۰۰ درصد و بیشتر به وجود آید.

از این موضوع متوجه می‌شوید که تا چه اندازه یک طراح سیستم خورشیدیِ زیر فشار نکات مختلف قرار دارد که باید رعایت بکند و باز بودن دست او در طراحی برایِ به هدف رساندن هر پروژه به نحو جالب آن است.

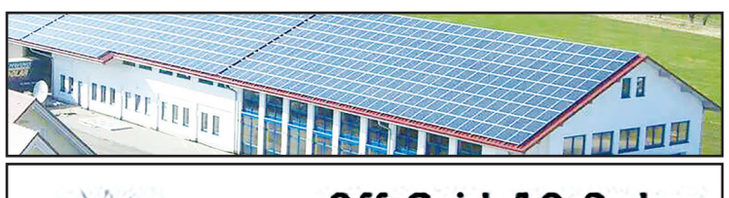
در بعضی موارد مثلاً فقط قیمت مدنظر قرار دارد که چون این سیستم و فقط برای آخر هفته در باغی قرار خواهد گرفت که صاحب آن فقط دو روز در هفته و آن هم در آخر هفته به آنجا سر می‌زند؛ ولی باید در نظر گرفته شود که در این باغ یک یخچال وجود دارد که باید ۲۴ ساعت برق به آن تزریق شود تا آن یخچال از کار نیافتد و مواد غذایی موجود در آن خراب نشود. پس طراح چکار باید بکند که سیستم کاملاً جوابگو باشد.

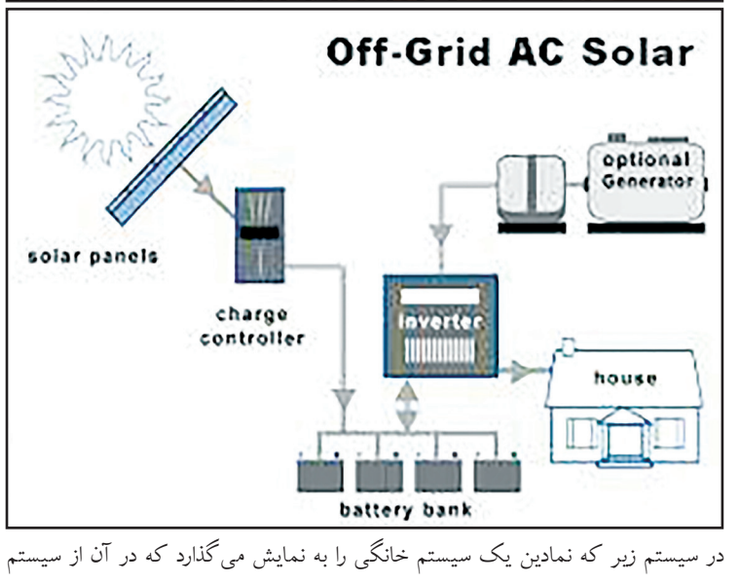
لطفاً به سیستم زیر نگاه بفرمایید که بدون باتری کار می‌کند؛ ولی هم برق شبکه در اختیار دارد و هم از برق خورشیدی استفاده می‌نماید. هنگام روز برق خورشیدی را وارد شبکه کرده و شب‌هنگام و روزهای ابری از برق شبکه استفاده می‌کند.

باوجوداینکه هر دو سیستم بالا و پایین بدون در نظر گرفتن باتری یکسان به نظر می‌رسند؛ ولی در عمل چنین نیست و سیستم زیر به‌مراتب ارزان‌تر است.

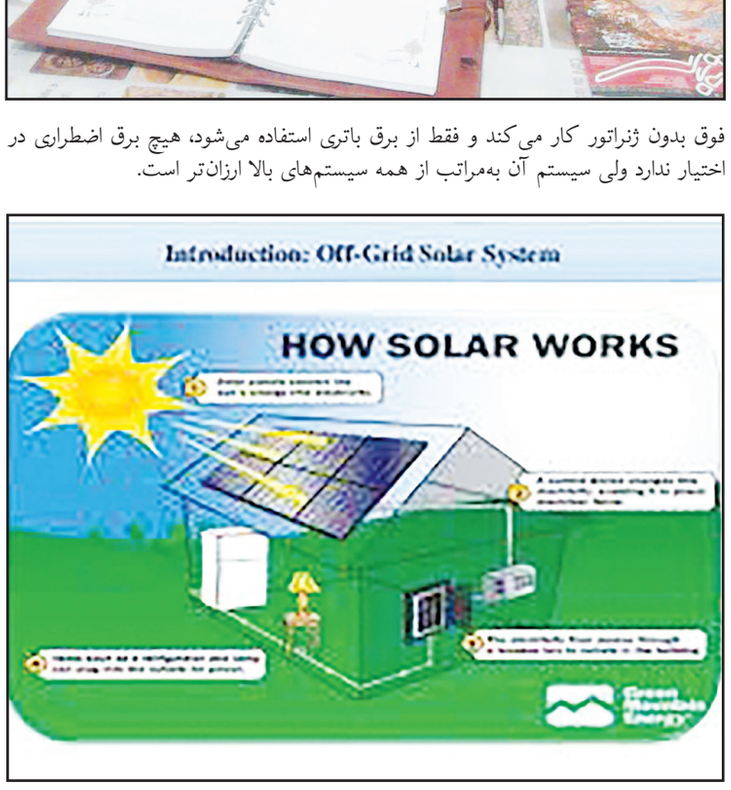


در سیستم زیر در کارخانه‌ای است که دسترسی به برق شبکه ندارد و باید همانگونه که ملاحظه می‌فرمایید برق خود را بدون وقفه ارزان از خورشید، ولی مطمئن و بدون وقفه در اختیار داشته باشد چون این کارخانه فقط روز هنگام کار می‌کند و تولید هیچگاه نباید از کار بیافتد. در این صورت برای زمان اضطراری یک ژنراتور در شبکه نگه داشته می‌شود که در صورت اختلال در تولید برق آن را یا به‌صورت خودکار و یا به‌صورت دستی وارد شبکه کرد.





در سیستم زیر که نمادین یک سیستم خانگی را به نمایش می‌گذارد که در آن از سیستم فوق بدون ژنراتور کار می‌کند و فقط از برق باتری استفاده می‌شود، هیچ برق اضطراری در اختیار ندارد ولی سیستم آن به‌مراتب از همه سیستم‌های بالا ارزان‌تر است.



با این چند مثال بالا ملاحظه می‌کنید که چه تنوع بزرگ و کوچکی در سیستم‌های فتوولتیک وجود دارد و فرد طراح با چه مشکلاتی دست‌وپنجه نرم می‌کند. هر چه حجم مقدار برق که همان مقدار وات سیستم باشد افزون‌تر می‌شود و یا مثلاً تک فاز و سه فاز می‌شود، پیچیدگی طرح سیستم به‌مراتب بیشتر می‌شود.

پس بنابراین هر طراح نمی‌تواند همیشه برای همه‌ی مشکلات سیستم طراحی کند که درست مثل دکتر طب است که هرکدام در بخش خاصی تخصص دارند.

برای روشن شدن مطلب که در بخش طراحی سیستم‌های خورشیدی تا چه اندازه تنوع وجود دارد باید بگویم که امروز همچنان درحال یادگیری هستم. باوجوداینکه ۲۴ سال در این رشته در طراحی و محاسبه سیستم‌های پیچیده بزرگ چندین هزار دانشجو را در دانشگاه فنی برلین هدایت کرده‌ام. تنوع در این رشته به حدی زیاد است که ما در آینده نه‌چندان دوری صدها هزار شغل ایجاد خواهیم کرد.

در ۵ سالی که من به‌عنوان اولین نفر در منطقه شروع به کار کرده‌ام، واقعاً قابل‌تحسین است که چه تحرک بزرگی در منطقه و در سطح کشور به وجود آمده است. دولت و توانیر هم‌اکنون مراحل اولیه را هرچند ضعیف پشت سر گذارده‌اند؛ ولی با اعتقاد به این مهم که آینده تأمین انرژی بشر روی زمین فقط و فقط توسط خورشید و سیستم‌های خورشیدی بزرگ و کوچک و به کمک آن تأمین انرژی پاک و مجانی برای ایجاد و تولید هیدروژن مایع خواهد بود که ما دریکی از مقالات آینده به آن خواهیم پرداخت که برای کشور، برای جایگزینی نفت و گاز حیاتی است و هیچ انرژی دیگری ازجمله انرژی هسته‌ای نخواهد توانست جوابگوی مصرف عظیم آینده بشر باشد و اگر مسئولین ما به این واقعیت پی ببرند که در ۵۰ الی ۱۰۰ سال آینده چه نعمت عظیمی بهاین طریق به‌پای جوانان و محققین و دانشمندان ما ریخته خواهد شد که به‌مراتب از نفت و گاز امروز ما بیشتر خواهد بود و همه و همه باید ما را به آن طرف سوق دهد که هر چه زودتر منابع مالی عظیمی را در این راه سرمایه‌گذاری کنیم و خود را برای یک مصرف عظیم هیدروژن مایع در ۱۰ سال آینده آماده نماییم.

متأسفانه باوجوداینکه می‌دانیم که اروپا در نظر دارد که در ۵ سال آینده تا سقف یک‌سوم اتومبیل‌های خود را هیدروژنی کند و تاکنون در سطح جهانی ابزارهای آن به‌طور مؤثر به وجود نیاورده شده است.

ایران یکی از بهترین موقعیت جغرافیایی و اقلیمی لازم را داراست که سکان جهانی این فناوری و تولید انبوه هیدروژن مایع را به دست بگیرد؛ ولی تاکنون در هیچ جا و مکانی و یا روزنامه‌ای از این مهم صحبتی نشده است و کوچک‌ترین آینده‌نگری در این مورد انجام نگردیده است.

واقعاً جای تأسف است که ما تا به امروز بیش از ۱۱ میلیارد دلار آمریکا که ۶ میلیارد دلار در زمان شاه به آلمانی‌ها و پس از انقلاب ۵ میلیارد دلار به روس‌ها داده‌ایم که برای ما یک نیروگاه اتمی در بوشهر بسازند و بدون شک روزی از روزگار فرزندان ما روی جنازه این نیروگاه تأسف خواهند خورد که چرا پدران ما این‌گونه ناجوانمردانه محیط‌زیست آن‌ها را با جنازه به‌جا مانده و تفاله‌های اتمی این نیروگاه در هزار سال آینده آغشته کرده‌ایم.

باشد که من امروز اولین کسی باشم که باتجربه چند دهه دانشگاهی خود این نوید را باافتخار به ملت خود بدهم که اگر جوانان ما در این راه یعنی انرژی‌های پاک و تجدیدپذیر قدم بگذارند و گام‌های مؤثری بردارند کشور ما می‌تواند یکی از مهم‌ترین تولیدکنندگان هیدروژن مایع گردد که بدون شک هیدروژن مایع تنها انرژی آینده بشر خواهد شد و هیچ‌چیزی تمیزتر و باثبات‌تر از آن روی زمین نداریم.

محاسبه یک سیستم خورشیدی ساده برای یک‌خانه مسکونی:

بهتر است از یک سیستم کوچک خانگی شروع کنیم که تصور آن برای همگان راحت‌تر باشد مثل یک اتومبیل که موقعی که از یک پراید و یا پژو پارس و یا یک مرسدس صحبت می‌کنیم تقریباً هر فرد نسبت به دانش روزانه خود و آنچه را که دیده و شنیده است درباره این اتومبیل‌ها بیان کند.

در مورد سیستم خورشیدی هم همین‌طور است. با نداشتن اطلاعات و داده‌های کافی نمی‌شود درباره سیستم‌های خورشیدی حرفی زد، پس باید با اطلاعات کم ولی منطقی و علمی شروع کرد تا کمکم به مسائل پیچیده آن دست‌یافت.

درست مثل این است که امروز کسی بخواهد به بازار برود و یک ژنراتور برقی بخرد که مسلماً بدون اطلاعات قبلی میسر نیست که هنگام خرید ژنراتور فروشنده سؤال می‌کند که ژنراتور چند کیلوواتی لازم دارید و برای چه منظوری لازم دارید.

به‌هرحال در چند سؤال رفت‌وبرگشت و به کمک فروشنده مشخص می‌شود که خریدار چه نوع یعنی ژنراتور چند کیلوواتی لازم دارد. برای طراحی و ساخت و محاسبه نیروگاه خورشیدی هم همین روش را ما اعمال می‌کنیم که دقیقاً باید بدانیم که این خانه مسکونی چه مصرف برقی در ۲۴ ساعت شبانه‌روز را دارد.

لازم به ذکر است که بین برق خورشیدی و برق خانگی شبکه هیچ فرقی نیست چون برق درواقع یک ریاضی عملیاتی است و مثلاً روی کاغذ همیشه یک به‌علاوه یک عدد دو می‌شود و نه سه که برق هم در عمل همین‌گونه است که اگر ما به هر وسیله برقی مقدار برق لازم را عرضه نکنیم که لازم دارد کار نمی‌کند حال خواه این برق از شبکه باشد و یا نیروگاه خورشیدی.

در وهله اول فهرستی نوشته می‌شود که در این خانه که ما قصد خورشیدی کردن آن را داریم چه دستگاه‌هایی احتیاج به برق دارند مثلاً به‌صورت زیر:

۱. یک یخچال ۱۶ فوت با مصرف روزانه در ۲۴ ساعت، ۱۲۸۷ وات
۲. یک تلویزیون بزرگ با مصرف برق روزانه در ۱۰ ساعت، ۸۰۰ وات
۳. روشنایی لامپ‌ها ۴۰۰، وات
۴. مصارف دیگر که شامل جاروبرقی، ماشین لباس‌شویی اتو برقی و سایر ادوات برقی خانگی می‌شوند. ۳۰۰، وات

جمع کل مصرف خانه، ۲۷۸۷ وات در روز است.

آگاهانه مصرف کولر اسپلیت را در محاسبات لحاظ نکردیم و برای آن پیشنهادی داریم که در ادامه نشان خواهیم داد. در مثال بالا اگر ما بتوانیم سیستم خورشیدی طراحی و محاسبه کنیم که فعلاً بدون کولر اسپلیت در نظر گرفته شده است، محاسبات به‌صورت زیر خواهد بود:

محاسبه باطری لازم برای ذخیره شبانه و روزهای ابری طبق فرمول زیر انجام می‌گیرد:

وات مصرف روزانه خانه ضرب‌در فاکتور ۱/۴ (فاکتور اتلاف باتری)-
تقسیم‌بر ۱۲ ولت باتری که محاسبه عددی آن. ۲۷۸۷ × ۱/۴
تقسیم‌بر ۳۲۵/۱۵ آمپرساعت باطری (حداقل) ۱۲ ولت باتری

پس برای برقراری ۲۷۸۷ وات خورشیدی احتیاج به حداقل ۳۲۵/۱۵ آمپرساعت باتری است که ما آن را به چهار باتری ۱۰۰ آمپرساعت ارتقا می‌دهیم و اگر بخواهیم روزهای ابری را در محاسبات لحاظ کنیم باید تعداد باتری‌ها را از چهار به ۵ یا ۶ باتری ارتقا دهیم و برای سیستم مثلاً ۶ باتری ۱۰۰ آمپرساعت در نظر بگیریم. هرچه تعداد باتری‌ها بیشتر باشد سیستم خورشیدی امنتر کار می‌کند؛ بنابراین تحت هیچ شرایطی نباید تعداد باتری پائین‌تر از حداقل محاسبه شده قرار بگیرد.

محاسبه تعداد پنل‌ها برای مثال بالا از فرمول زیر به دست می‌آید:

در مقالات قبل در هفته‌نامه طلوع مفصلاً درباره استفاده و ایجاد فاکتورهای مورداستفاده در این محاسبات صحبت شده است و به همین جهت من در اینجا بدون توضیح زیادی از این فاکتورها در محاسبات استفاده می‌کنم.

برای محاسبه تعداد پنل در مثال بالا از فرمول زیر استفاده می‌شود:

۲۷۸۷ وات × ۱/۳ (فاکتور اتلاف انرژی)، تقسیم‌بر ۸۰۵/۱۳ وات مقدار پنل لازم، ۴/۵ (اتلاف پتانسیل خورشید که در کازرون از اطلس تابش برداشته می‌شود)

با در نظر گرفتن تقریباً ۸۰۵ وات پنل در مثال بالا می‌توانیم از چهار پنل ۲۵۰ وات استفاده (۱۰۰۰ وات) کنیم که مازاد آنکه ۱۹۵ وات است برای روزهای ابری در شبکه نگه داریم.

محاسبه شارژ کنترلر برای سیستم:

از فرمول زیر به‌سادگی یعنی عدد به‌دست‌آمده برای محاسبه باتری که در مثال ما در اینجا ۳۲۵/۱۵ است به پتانسیل ۱۲ ولت باتری مقدار شارژ کنترلر مشخص می‌شود:

۳۲۵/۱۵ حجم محاسبه‌شده باتری، تقسیم‌بر ۲۷/۰۹ آمپرساعت (در مثال بالا ما به یک شارژ کنترلر ۳۰ آمپرساعت داریم) ۱۲ ولت پتانسیل باتری

بنابر محاسبات بالا ما برای اجرا و تولید ۲۷۸۷ وات خورشیدی احتیاج به چهار پنل ۲۵۰ وات و ۴ الی ۶ باتری ۱۰۰ آمپرساعت و یک شارژ کنترلر ۳۰ آمپرساعت داریم تا بتوانیم یک چنین خانه مسکونی را با برق خورشیدی تغذیه کنیم.

حال نگاه کنیم که ما چرا آگاهانه کولر اسپیلت را در نظر نگرفتیم. اگر در نظر بگیریم که ما برای یک کولر اسپیلت ۱۲۰۰۰ BTU تقریباً به ۱۵۰۰ وات برق خورشیدی احتیاج داریم و برای یک کولر ۲۴۰۰۰ BTU تقریباً ۳۰۰۰ وات لازم داریم می‌توانید ببینید که مصرف ما تقریباً دو برابر می‌شود و با یک کولر ۲۴۰۰۰ احتیاج مقدار برق خورشیدی تقریباً ۶۰۰۰ وات می‌شود که مخارج سیستم خورشیدی را دو برابر می‌کند که باید در محاسبات اقتصادی لحاظ شود.

محاسبات اقتصادی سیستم بالا:

با در نظر گرفتن این مهم که یک پنل ۲۵۰ وات حدوداً یک‌میلیون تومان قیمت دارد و ما به چهار عدد آن احتیاج داریم و چهار باتری ۱۰۰ آمپرساعت که هر کدام در بازار حدوداً ۳۶۰ هزار تومان خریدوفروش می‌شوند و یک شارژ کنترلر ۳۰ آمپرساعت معادل ۱۸۰ هزار تومان است.

برای تبدیل برق خورشیدی ۱۲ ولت به برق ۲۲۰ ولت متناوب خانگی احتیاج به یک اینورتر است که قیمت آن هم حدوداً ۲ میلیون تومان است که درنتیجه محاسبات اقتصادی سیستم کوچک خانگی به‌صورت زیر است:

چهار پنل ۲۵۰ وات ۴ میلیون هزار تومان
چهار باتری ۱۰۰ آمپرساعت ۱۴۴۰۰۰۰ هزار تومان
یک شارژکنترلر ۳۰ آمپر به مبلغ ۱۸۰ هزار تومان
یک اینورتر ۲۰۰۰ وات به مبلغ ۲/۵ میلیون تومان

مخارج جانبی مثل سازه، کابل و... یک‌میلیون تومان که جمع مخارج یک سیستم ۲۷۸۷ وات خانگی بدون وصل به شبکه برق ۹،۱۲۰،۰۰۰ تومان می‌شود. چون معمولاً یک سیستم خورشیدی ۲۰ سال عمر مفید دارد و اگر مبلغ فوق را بر ۲۰ سال سرشکن کنیم، مبلغ ماهیانه این سیستم خورشیدی به ماهی فقط ۳۸ هزار تومان مخارج برق می‌رسد.

تنها مشکل در اینجا داشتن منابع مالی اولیه است که باید پرداخت شود وگرنه ۳۸ هزار تومان پرداخت ماهیانه برق تقریباً امروزه عادی است مخصوصاً اگر مصرف‌کننده دسترسی به برق شبکه نداشته باشد.