ارایــه روشــی نوین بــرای تعیین ظرفیــت پنل‌های خورشــیدی در طراحی سیستم‌های فتوولتاییک جدا از شبکه

حمیدرضا مصدق

امیر خزاعی

مهران قاسم‌پور

حسین هوشمندی

شرکت توزیع نیروی برق شهرستان مشهد

چکیده

اســتفاده از سیســتم‌های فتوولتاییک جدا از شبکه، راهکاری مناســب برای تامین بــرق مورد نیــاز در مناطق دور از شــبکه سراســری برق می‌باشــد. در طی روند طراحی این سیســتم‌ها، انتخــاب ظرفیت آرایه‌ها بایــد به‌گونه‌ای انجام شــود که تامین پایــدار انرژی در طی روزهای غیرآفتابی تضمین شــود. با توجه به اینکه در الگوریتم‌های مرســوم طراحی سیســتم‌های جدا از شبکه، تعداد روزهای ابری در تعیین ظرفیت آرایه فتوولتاییک دیده نمی‌شــود، در این مقاله روشــی نوین برای تعیین ظرفیت پنل‌ها در سیســتم‌های فتوولتاییک جدا از شبکه ارایه می‌شود. این روش ضمن ســادگی، توانایی انتخــاب یک ضریب اصلاحی برای تعیین ظرفیت آرایه فتوولتاییک را خواهد داشت.

کلمات کلیدی: سیستم فتوولتاییک جدا از شبکه؛ پنل فتوولتاییک؛ باتری، روزهای پشتیبانی ابری

۱- مقدمه

تامیــن بــرق از خورشــید، یکــی از به‌روزتریــن فن‌آوری‌های حال حاضــر در جهان می‌باشــد. فرآیند تبدیل انرژی تابشــی خورشــید به انــرژی الکتریکــی که تحت نام فتوولتاییک شــناخته می‌شــود به‌عنوان جایگزینی مناســب برای تولید برق به شیوه سنتی شناخته می‌شــود. این راهکار نوین، ضمن حذف آلودگی‌های ناشی از مصرف ســوخت‌های فسیلی، نگرانی‌های ناشی از وابستگی روزافزون به این ســوخت‌ها را کاهش می‌دهد. در این میان کشور ایران با قرارگیری در کمربند تابشــی، بــا تابش ســالیانه در حــدود ۱۸۰۰ تا ۲۲۰۰ کیلووات ســاعت بر مترمربع، ظرفیتی اســتثنایی برای بهره‌گیری از سیســتم‌های فتوولتاییک برای تامین برق مورد نیاز خود در اختیار دارد[۱].

اســتفاده از انــرژی خورشــید در قالــب سیســتم‌های فتوولتاییک گونه‌هــای مختلفــی دارد کــه دو نــوع پرکاربرد آن سیســتم‌های فتوولتاییک متصل به شــبکه و جدا از شبکه است. عملکرد نوع اول به این صورت اســت که انرژی تولیدی توســط پنل خورشیدی پس از عبور از یک مبدل، توســط بار محلی مصرف و مازاد آن به شــبکه تزریق می‌شود. مزیت این روش آن است که انرژی تزریقی به شبکه توسط شــرکت‌های برق خریداری شــده و در نتیجه درآمد حاصله باعث بازگشــت سریع‌تر سرمایه و به‌تبع توجیه‌پذیر شدن استفاده از سیستم‌های فتوولتاییک می‌شود.

در نوع دوم، انرژی تولیدی توســط پنل خورشیدی در باتری ذخیره شــده و انرژی مورد نیاز بار را تامین می‌کند. بدیهی اســت استفاده از این روش در شــرایطی مناســب‌تر اســت که دسترســی به شبکه سراســری برق دشوار و یا ناممکن باشــد. مزیت این روش نسبت به روش اول آن است که امکان تامین انرژی بار در شبانه‌روز وجود دارد درحالیکه در سیســتم‌های متصل به شبکه، تامین انرژی بار صرفا در طول روز و ســاعاتی که خورشــید از تابش مناسبی برخوردار است، امکان‌پذیر می‌باشد.

با وجود مزایای فراوان اســتفاده از سیســتم‌های فتوولتاییک، یکی از معایب این سیســتم‌ها ناشــی از تفاوت و تغییر نور خورشید در فصول مختلف ســال می‌باشــد. درحالی‌که خورشــید، به‌عنوان منبع لایزال انرژی شــناخته می‌شود اما در واقع تغییرات تابش خورشید در اختیار بشــر نمی‌باشد. این طبیعت متغیر باعث ایجاد چالشی همیشگی برای مالکان و بهره‌برداران سیستم‌های فتوولتاییک می‌شود. این موضوع به خصوص در سیســتم‌های فتوولتاییک جدا از شبکه جدی‌تر می‌باشد، زیرا در این حالت انتخاب ظرفیت اجزاء سیستم با دشواری‌هایی مواجه خواهد شــد[۲]. هرچند در طراحی سیســتم‌های فتوولتاییک جدا از شــبکه تعیین میزان بار مصرفی بســیار مهم می‌باشد اما تعیین تعداد روزهای پشــتیبانی برای انتخاب ظرفیت پنل و باتری موضوعی جدی برای طراح سیستم می‌باشد. انتخاب صحیح تعداد روزهای پشتیبانی، تامین مداوم انرژی موردنیاز مصرف‌کننده را تضمین می‌کند[۳].

در این مقاله روشــی نوین برای انتخاب ظرفیت پنل در سیســتم‌های فتوولتاییک جدا از شــبکه ارایه می‌شــود. در این روش ضمن مطالعه وضعیت تابش و دما در یک ســال در شــهر مشــهد، با محاسبه انرژی اســتحصالی از یک سیســتم فتوولتاییک نمونه، یک ضریب اصلاحی برای تعیین ظرفیت آرایه فتوولتاییک بدســت می‌آید. بدیهی است با کمک ایــن ضریب می‌توان همزمان با انتخاب مناســب ظرفیت آرایه فتوولتاییــک، از تامیــن پایدار انرژی مورد نیاز بار در شــرایط مختلف تابش اطمینان حاصل کرد.

۲- طراحی سیستم‌های فتوولتاییک جدا از شبکه

بــرای تامیــن انــرژی الکتریکی مورد نیــاز مناطق خارج از شــبکه و جلوگیری از گسترش بیش از حد شبکه سراسری برق، از سیستم‌های فتوولتاییک جدا از شــبکه اســتفاده می‌شــود. در ایــن روش، انرژی الکتریکی مورد نیاز با اســتفاده از پنل‌های فتوولتاییک و سیستم‌های ذخیره کننده و کنترل‌کننده نســبتا ســاده، قابل تامین می‌باشد. بازه توانی این سیستم از چند وات تا چندین مگاوات قابل نصب و راه‌اندازی می‌باشد و به‌عنوان یک واحد نیروگاهی با طول عمر مناسب حدود ۲۵ سال می‌تواند با قابلیت اطمینان بالا جهت تامین برق مورد نیاز به‌ویژه در مناطق دور از شبکه سراسر برق استفاده شود.

طراحی یک سیســتم فتوولتاییک جدا از شبکه بر مبنای بیشینه توان نامی مصرفی بار، تعداد ساعات مصرف برق در شبانه‌روز و نیز براساس بدترین شــرایط آب‌وهوایی منطقه صورت می‌پذیرد. عملکرد مطلوب سیســتم فتوولتاییک جدا از شبکه در گرو طراحی مناسب و دقیق آن می‌باشــد. اندازه‌ی باتری‌ها براساس میزان و مدت زمان تغذیه بارهای الکتریکی، میانگین عمق دشارژ روزانه و نیز تعداد روزهای ذخیره‌سازی تعیین می‌شود. تعداد روزهای ذخیره‌سازی براساس اهمیت بارها و نیز میانگین عمق دشــارژ روزانه مطلوب برای باتری مشخص می‌شود[۴]. به‌منظور در نظر گرفتن شــرایط آب‌وهوایــی غیرآفتابی، باید ظرفیت باتری‌ها متناســب با تعداد روزهای پشتیبانی افزایش یابد. روند تعیین ظرفیت باتری در شــکل (۱) نمایش داده شــده است. همانطور که در این شکل مشاهده می‌شود ظرفیت باتری باید با توجه به تعداد روزهای ابــری افزایــش یابد. در ادامه ایــن بخش روند تعیین تعــداد روزهای پشتیبانی با توجه به الگوی تابش در شهر مشهد ارایه می‌شود.

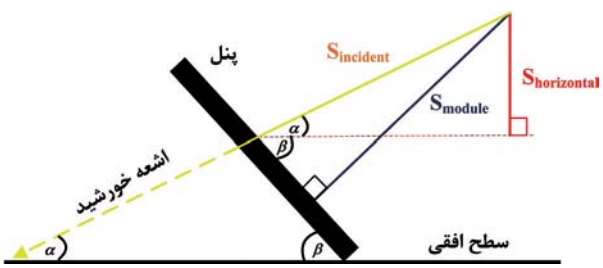
به منظور افزایش عمر باتری‌ها نیز عمق دشارژ باتری (DOD) ۵۰ درصد درنظر گرفته شــده اســت. همچنین ضریب جبــران دمایی باتری که معمولا توسط سازندگان باتری ارایه می‌شود، ۰/۹ انتخاب شده است.

روند تعیین ظرفیت پنل در شکل (۳) نشان داده شده است. همانطور که مشــاهده می‌شــود، در رونــد تعیین ظرفیت پنل، تعــداد روزهای پشتیبانی درنظر گرفته نشده اســت. با توجه به تغییر وضعیت تابش، ایــن موضوع باعث عدم تامین انرژی موردنیاز بار در تمام طول ســال می‌شــود. هدف از این مقاله برطرف کردن این نقص و افزایش ظرفیت مجموعه پنل‌های فتوولتاییک با تعیین یک ضریب اصلاحی اســت، به گونــه‌ای که تا از بروز قطعی‌های ناخواســته در طول ســال جلوگیری گردد. به‌منظور درنظر گرفتن سایه‌اندازی موضعی بر روی سطح پنل

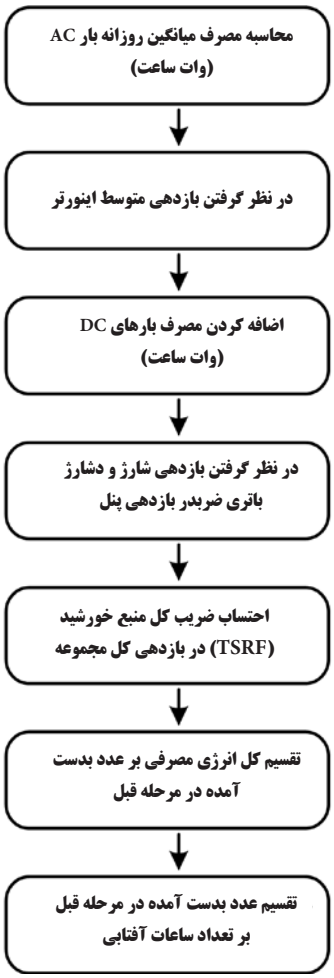
شکل ۱: روند تعیین ظرفیت باتری [۶]

و نیز تغییر زاویه ارتفاع خورشید در طول سال، یک ضریب کوچکتر از یک تحت عنوان ضریب کل منبع خورشــیدی (TSRF) درنظر گرفته شــده است. بدیهی اســت با اعمال این ضریب، توان مجموع پنل‌ها از حالت ایده‌آل بیشتر می‌شود.

اطلاعات تابش موجود در مراجع مختلف برحسب تابش بر روی سطح افقی می‌باشد[۵].



شکل۲: تابش خورشید بر روی سطح افقی



شکل ۳: روند تعیین ظرفیت پنل [۶]

برای آنکه بتوان تابش بر روی سطح شیبدار را محاسبه نمود باید از رابطه (۱) استفاده کرد:

$$S_{\mathrm{mod}\,ule} = \frac{S_{horizontal} \times \sin(\alpha + \beta)}{\sin \alpha} \qquad (۱)$$

در این رابطه، $S_{\mathrm{mod}\,ule}$ تابش بر روی سطح شیبدار، $S_{horizontal}$ تابش بر روی سطح افقی، β زاویه نصب پنل نسبت به افق و α زاویه ارتفاع خورشید می‌باشد. در این معادله برای تعیین شدت تابش بر روی سطح شیبدار، زاویه β برابر با ۳۵ درجه انتخاب شده است (زاویه‌ای مناسب برای نصب پنل در شهر مشهد) و سایر پارامترها ($S_{horizontal}$ و α) به‌صورت ساعتی برای شهر مشهد استخراج و در رابطه فوق جایگذاری شده است.

شکل ۴: شماتیک یک سیستم فتوولتاییک جدا از شبکه

برای محاسبه توان تولیدی پنل از رابطه (۲) استفاده می‌شود.

$$P_{Pv} = P_{PV-STC} \cdot \frac{S_{\mathrm{mod}\,ule}}{S_{STC}} \left[1 - \gamma_{P_{mpp}} \cdot (T_{\mathrm{mod}\,ule} - T_{STC})\right] \qquad (۲)$$

در این رابطه S_{STC} و T_{STC}، تابش خورشید بر روی سطح شیبدار و دمای پنل در شرایط تست استاندارد (STC) می‌باشد که به ترتیب ۱۰۰۰ وات بر متر مربع و ۲۵ درجه سانتی‌گراد است. همچنین $\gamma_{P_{mpp}}$ ضریب دمایی در نقطه بیشینه توان (MPP) و $P_{PV,STC}$ توان نامی پنل می‌باشد. به منظور محاسبه توان تولیدی پنل (P_{PV})، دمای پنل (T_{cell}) از روی دمای محیط (T_{amb}) تخمین زده می‌شود. در حالت کلی این رابطه به جنس پنل، نوع ساختار نصب پنل و ... وابسته است. تاکنون روابط گوناگونی برای تعیین این رابطه ارایه شده است. در برخی از مراجع از رابطه (۳) برای تخمین دمای پنل استفاده شده است[۷]:

$$T_{cell} = T_{amb} + 30 \qquad (۳)$$

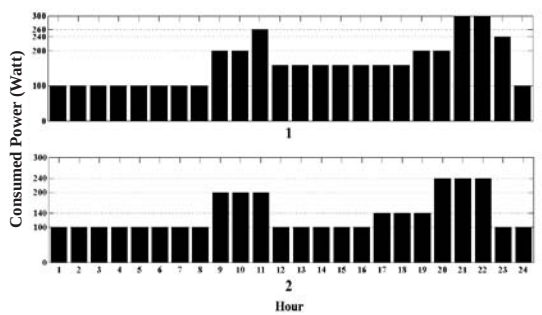
در این مقاله نیز به دلیل سادگی رابطه فوق و همچنین وابستگی کم توان تولیدی پنل و به تبع آن انرژی تولیدی سالیانه به دمای پنل، از این رابطه برای تعیین دمای پنل استفاده شده است.

با توجه به اطلاعات مربوط به تابش و دما که به صورت ساعتی ثبت شده است، بدیهی است برای محاسبه انرژی سالیانه، باید عدد بدست آمده از رابطه (۲) را در ۲۴ ساعت و ۳۶۵ روز ضرب کرد.

در ادامه این بخش با توجه به روند ارایه شده برای طراحی سیستم فتوولتاییک جدا از شبکه، یک روستا با ۵ خانوار درنظر گرفته شده و یک سیستم نمونه برای آن طراحی می‌شود. برای تعیین بارهای مصرفی، الگوی بار مطابق با جدول (۱) درنظر گرفته می‌شود. به‌منظور کاهش ظرفیت سیستم، تنها بارهای ضروری انتخاب شده و از سایر بارها چشم‌پوشی شده است.

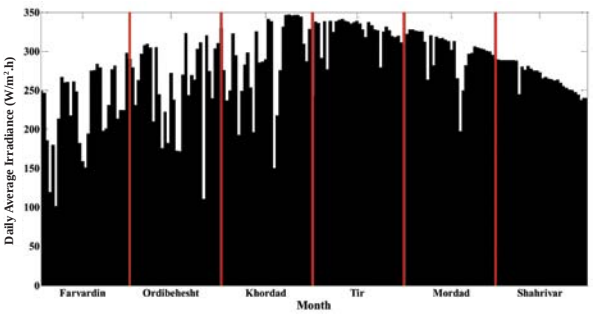
جدول ۱: الگوی بار برای ۵ خانوار روستایی

ردیف	تجهیز برقی	توان مصرفی	تعداد	ساعات بهره‌برداری در طول روز	وات ساعت مصرفی
۱	یخچال	۱۰۰	۵	۲۴	۱۲۰۰۰
۲	تلویزیون	۱۰۰	۵	۶	۳۰۰۰
۳	پنکه	۶۰	۵	۱۲	۳۶۰۰
۴	لامپ LED	۴۰	۵	۵	۱۰۰۰
	مجموع انرژی روزانه				۱۹،۶۰۰

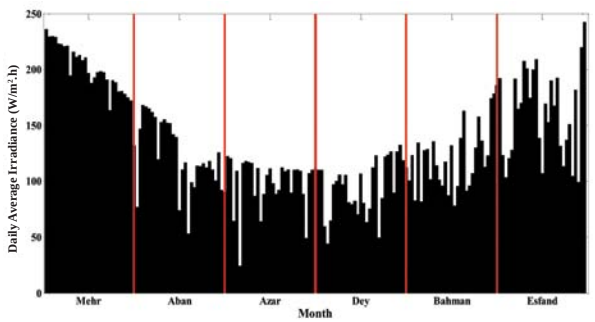


شکل ۵: الگوی بار مصرفی ۵ خانوار روستایی؛ ۱) ۶ماهه اول ۲) ۶ماهه دوم

در مرجع[۸]، به‌منظور تعیین تعداد روزهای ابری متوالی، روشی پیشنهاد شده است که براساس آن، تابش مورد انتظار روزانه در بازه یک‌ماهه محاسبه شده و درصورتی که میانگین تابش روز مورد نظر از ۷۰ درصد عدد به‌دست آمده فوق کمتر باشد آن روز به‌عنوان روز ابری در نظر گرفته می‌شود. با در نظر گرفتن این شاخص و با توجه به‌شکل‌های (۶) و(۷)، حداکثر تعداد روزهای ابری متوالی در یکسال برابر ۳ روز به‌دست می‌آید. بنابراین برای طراحی سیستم فتوولتاییک نمونه در این مقاله،



شکل ۶: میانگین تابش روزانه در ۶ماهه اول سال



شکل ۷: میانگین تابش روزانه در ۶ماهه دوم سال

۳ روز پشتیبانی برای روزهای ابری متوالی در نظر گرفته شده است. طراحی سیستم فتوولتاییک جدا از شبکه با توجه به روندهای ارایه شده در شکل (۱) و (۳) انجام می‌گیرد. نتایج طراحی در جدول (۲) ارایه شده است.

جدول ۲: مشخصات سیستم فتوولتاییک جدا از شبکه

میانگین تعداد ساعات آفتابی در طول روز	۴/۳
تعداد روزهای پشتیبان برای روز های ابری	۳
سطح ولتاژ بانک باتری	۴۸ ولت
عمق دشارژ بانک باتری	۵۰ درصد
پنل مورد نیاز (توان پیک)	۸۸۰۰ وات
باتری موردنیاز	۴۰۰۰ آمپر ساعت

همانگونه که اشاره شد، در تعیین ظرفیت باتری، ۳ روز پشتیبانی در نظر گرفته شده است. اما ظرفیت پنل موردنیاز بدون توجه به تعداد روزهای پشتیبانی به‌دست می‌آید. این موضوع باعث می‌شود تا در روزهای ابری به‌خصوص روزهای ابری متوالی، بانک باتری ذخیره کافی برای تامین انرژی موردنیاز بار را نداشته باشد.

با در نظر گرفتن ۸/۸ کیلووات پنل فتوولتاییک برای این سیستم نمونه، در مجموع ۱۰۵۸ ساعت خروج نیروگاه از مدار در طی یک سال رخ می‌دهد که عدد قابل توجهی (حدود ۱۲% سال) است. این میزان خاموشی با توجه به عدم در نظرگرفتن روزهای ابری در روند تعیین ظرفیت پنل (شکل۳) قابل پیش‌بینی می‌باشد. بدین منظور برای رفع این معضل، در بخش بعدی الگوریتمی ارایه می‌شود که با کمک آن می‌توان یک ضریب اصلاحی برای ظرفیت پنل‌ها به‌دست آورد بطوری‌که تعداد ساعات خاموشی سیستم و زمان‌های وقوع آن در طول شبانه‌روز قابل کنترل می‌شود.

۳- الگوریتم پیشنهادی و تحلیل نتایج

الگوریتم پیشنهادی برای تعیین ضریب اصلاح پنل مطابق شکل (۸) می‌باشد. روند اجرای الگوریتم پیشنهادی به شرح ذیل می‌باشد:

۳-۱- ورود اطلاعات مورد نیاز جهت طراحی و تحلیل سیستم فتوولتاییک شامل اطلاعات تابش، دما، زاویه ارتفاع خورشید، میزان بار و سایر اطلاعات لازم جهت طراحی سیستم مانند عمق دشارژ باتری‌ها، سطح ولتاژ باتری‌ها، بازدهی اینورتر، ضریب TSRF، ضریب جبران دمایی باتری‌ها و غیره. بدیهی است هرچه میزان دقت و تفکیک داده‌ها بیشتر باشد، دقت طراحی سیستم نیز افزایش می‌یابد. اما با این حال با داشتن اطلاعاتی با دقت کمتر (مثلا اطلاعات میانگین ماهانه به جای اطلاعات ساعتی) نیز امکان اجرای الگوریتم میسر است. ضمن اینکه عدم وجود اطلاعاتی مثل دما و زاویه ارتفاع خورشید، صرفا دقت تحلیل نتایج را کاهش می‌دهد و بدون وجود آن‌ها نیز می‌توان الگوریتم را اجرا نمود. پردازش اطلاعات ورودی و طراحی یک سیستم مستقل از شبکه فتوولتاییک مطابق روند شکل (۱) و (۳). خروجی این پردازش باید منجر به تعیین ظرفیت باتری‌های سیستم با در نظر گرفتن تعداد روزهای پشتیبانی مورد نیاز و نیز تعیین توان پنل‌های فتوولتاییک (P_{PV-STC}) گردد. همانطور که ذکر شد، در روند طراحی سیستم مطابق شکل (۳)، توان به دست آمده برای پنل‌های فتوولتاییک، ارتباطی با تعداد روزهای پشتیبانی سیستم ندارد و نهایتا هدف از اجرای این الگوریتم، مشخص نمودن ضریبی برای اصلاح توان پنل‌های فتوولتاییک برای در نظر گرفتن تعداد روزهای پشتیبانی می‌باشد.

۳-۲- ضریب اصلاح پنل‌های فتوولتاییک (ΔPV) را برابر صفر قرار بده.

۳-۳- با توجه به میزان تفکیک اطلاعات ورودی به الگوریتم (مثلا اطلاعات ساعت به ساعت برای تمام روزهای سال) انرژی تولیدی پنل‌های فتوولتاییک را مشخص کن. برای روز i و ساعت h، انرژی تولیدی پنل‌ها مطابق رابطه (۴) محاسبه می‌شود.

$$E_{PV}^{i,h} = P_{PV-STC}\frac{S_{module}^{i,h}}{S_{STC}}\left[1-\gamma_{P_{mpp}}.(T_{module}^{i,h}-T_{STC})\right] \quad (۴)$$

که در آن P_{PV-STC} مقدار اولیه ظرفیت پنل‌های فتوولتاییک است که در مرحله ۲ به دست آمد. سایر پارامترها در بخش دوم، ذیل رابطه (۲) معرفی شده‌اند.

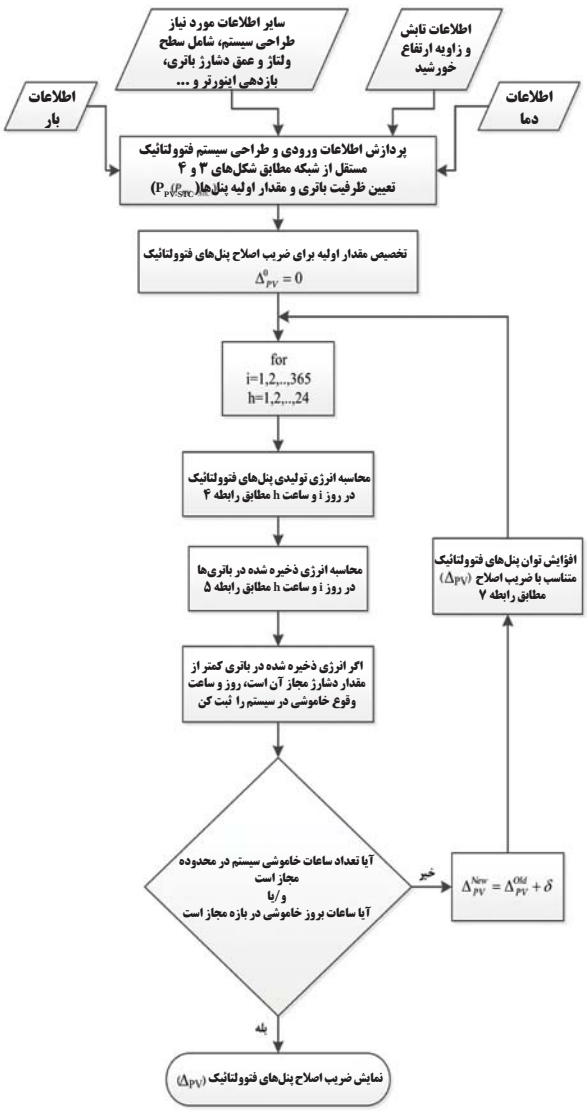
۳-۴- محاسبه انرژی ذخیره شده در باتری‌ها با توجه به میزان تفکیک اطلاعات ورودی به الگوریتم. برای روز i و ساعت h، انرژی ذخیره

شـده در باتری‌ها با توجه به انرژی موجود در باتری در ساعت قبل (h-1) و اختـلاف تولید انرژی پنل‌ها و انرژی مصرفیِ بارها، مطابق رابطه (۵) محاسبه می‌شود.

$$E_{BAT}^{i,h} = E_{BAT}^{i,h-1} + E_{PV}^{i,h} - E_{Load}^{i,h} \qquad (۵)$$

۳-۵- در صورتی که انرژی به‌دسـت آمده برای باتری از مرحله قبل، کمتر از مقدار دشـارژ مجاز آن اسـت، روز و ساعت وقوع خاموشی در سیستم را ثبت کن. در این شرایط با توجه به عدم وجود انرژی کافی در باتری‌ها، سیسـتم دچار خاموشـی می‌شود تا عمق دشارژ باتری‌ها از عدد تعیین شـده بیشتر نشـود. بنابراین در این ساعت، انـرژی باقی مانده در باتری مطابق رابطـه (۶)، برابر ظرفیت نامی باتری ضربدر عمق دشارژ مجاز (α_{DOD})آن خواهد بود.

$$E_{BAT}^{i,h} = E_{BAT,Nominal} \times \alpha_{DOD} \qquad (۶)$$



شکل ۸: الگوریتم پیشنهادی برای تعیین ضریب اصلاح پنل

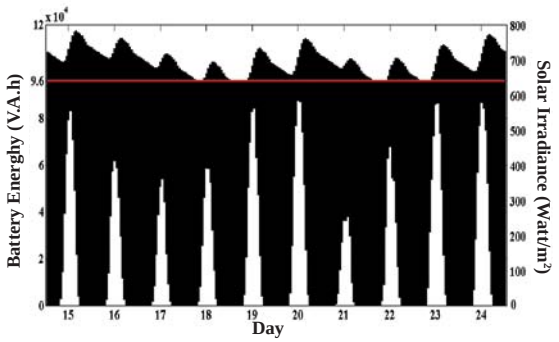
۳-۶- در صورتی که مجموع سـاعات خاموشی سیستم از مقدار مجاز تعیین شده بیشتر است و / یا زمان‌های بروز خاموشی در بازه تعیین شـده‌ای از شبانه‌روز قرار ندارد، ضریب اصلاح پنل‌های فتوولتاییک را بـا پله δ افزایش بده. در غیر این صورت ضریب اصلاح به‌دسـت آمده را نمایش بده.

۳-۷- توان نامی پنل‌های فتوولتاییک را در ضریب اصلاح بدست آمده از مرحله قبل ضرب کن:

$$P_{PV}^{New} = (1 + \Delta_{PV}^{New}).P_{PV-STC} \qquad (۷)$$

با وارد کردن اطلاعات سیستم نمونه در الگوریتم پیشنهادی و در نظر گرفتن حداکثر ۳۰ سـاعت خاموشـی در طول سال و همچنین وقوع خاموشـی در محدوده سـاعت ۲۴:۰۰ تا ۶:۰۰، ضریب اصلاحی توان پنل‌های فتوولتاییک برابر ۵۳٪ به‌دست می‌آید. بنابراین لازم است که در این سیسـتم ۱۳/۵ کیلووات پنل فتوولتاییک در نظر گرفته شـود تا شـرایط مورد نظر برای بهره‌برداری از سیسـتم تحقق یابد. در این سیسـتم نمونه، با احتساب این مقدار پنل فتوولتاییک، تعداد ساعات خاموشـی سیستم به ۲۰ ساعت در سـال کاهش پیدا می‌کند و تمام خاموشی‌ها نیز در بازه زمانی مذکور قرار می‌گیرد.

درشـکل (۹) بـا در نظـر گرفتـن ضریـب اصلاحی بـرای پنل‌های فتوولتاییک (برابر ۵۳٪)، منحنی انرژی ذخیره شده در باتری بر حسب آمپر ساعت (سطح سـیاه رنگ) و میزان تابش نور خورشید بر حسب وات بر متر مربع (سـطح سفید رنگ) به صورت ساعتی برای روزهای ۱۵ تا ۲۴ دی ماه رسـم شده است. در این شکل، خط قرمزرنگ، حد مجاز عمق دشـارژ باتری (در اینجا ۵۰٪ ظرفیت نامی باتری) که برابر با ۹۶ کیلوولت آمپر ساعت می‌باشد، را نشان می‌دهد. با توجه به این



شکل۹: منحنی انرژی ذخیره شده در باتری (سطح سیاه‌رنگ) و میزان تابش نور خورشید (سطح سفیدرنگ) با در نظر گرفتن ضریب اصلاحی پنل

شکل، به علت وجود سه روز ابری متوالی در روزهای ۱۶ تا ۱۸ دی‌ماه، سیسـتم خورشیدی در ساعت ۶ روز ۱۸ام و ساعات ابتدایی روز ۱۹ام دی‌مـاه به علت کاهـش انرژی باتـری به کمتر از حد عمق دشـارژ، خاموش شده اسـت. انرژی ذخیره شده در باتری‌ها، در روزهای ۱۹ و ۲۰ دی‌ماه مجددا شروع به افزایش می‌کند اما به علت ابری شدن هوا در روز ۲۱ام و عدم وجود زمان کافی در روزهای قبل برای شارژ شدن مناسـب باتری‌ها، سیستم مجددا در سـاعات اولیه روزهای ۲۲ و ۲۳ دی ماه دچار خاموشی شده است. با توجه به افزایش ظرفیت پنل‌های فتوولتاییک متناسب با ضریب اصلاحی به‌دست آمده، در سایر روزهای سال، هیچگونه خاموشی در این سیستم رخ نمی‌دهد.

به‌منظور مقایسـه تاثیر اسـتفاده از ضریب اصلاحی پنل‌ها، درشـکل

ادامه در صفحه ۲۱

در شـکل فـوق مکان اتاق سـرور، اتاق بـرق، اتاق کنتـرل و دیگر محیط‌های طراحی شـده در دیسـپاچینگ توزیع مشـهد مشخص گردیده اسـت. شکل (۴) دید کلی از اتاق کنترل دیسپاچینگ توزیع مشهد را نشان می‌دهد.

شکل ۴: نمای کلی از اتاق کنترل

همانگونه که در شـکل مشـخص می باشـد در طراحی اتاق کنترل تمامی موارد ذکر شده (ارتفاع میز کار، ارتفاع نشیمنگاه (D) ، مصالح بکار رفته (C) و روشنایی اجرا شده (A)، همچنین فاصله و وضعیت نمایشگر و مانیتورها (E و B) و ... رعایت شده است.

۷- نتیجه‌گیری

براسـاس مطالب ارایه شـده، کاربرد ارگونومـی در طراحی معماری، به‌دنبـال آن اسـت که با ترکیـب کارایی و ملاحظـات بهره‌برداری، شایسـته‌ترین فضا را جهت سـلامت و ایمنی افراد و فضاهای کاری فراهم آورد. اعمال ملاحظات در طراحی اولیه طرح‌ها، تاثیر هزینه‌ای قابل توجهی در هزینه احداث ندارد، اما نتایج فوق‌العاده چشـمگیر و متفاوتی در دسـتاوردهای پروژه در زمان بهره‌برداری خواهد داشت. شایان ذکر است که فضاهای موجود و در حال بهره‌برداری در صنعت برق نیز قابل بهسـازی و اصلاح بوده و پیاده‌سـازی طرح‌های اشـاره شده در مراکز کنترل و دیسپاچینگ، می‌تواند نتایج درخشان خود را با صرف هزینه‌های اندک نمایان نماید.

***

مراجع

۱-مجموعه دستورالعمل‌های بهداشت صنعتی در شرکت ملی صنایع پتروشیمی

2- http://www.hse.gov.uk/comah/sragtech/techmeascontrol.htm -

3- http://www.ccohs.ca/oshanswers/ergonomics/office/purchase.html

ادامه از صفحه ۲۶

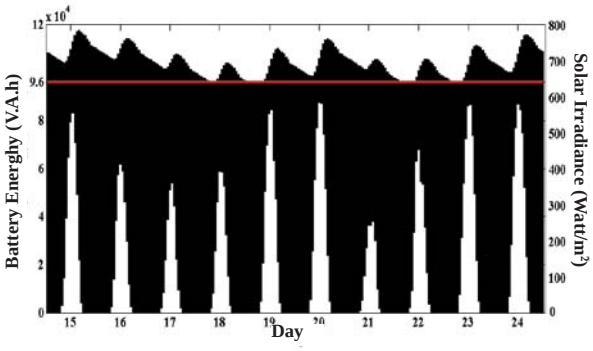
(۱۰)، منحنی انرژی ذخیره شده در باتری بر حسب آمپر ساعت (سطح سـیاه‌رنگ) و میزان تابش نور خورشید بر حسب وات بر مترمربع برای روزهای مشـابه شکل ۹، بدون احتساب ضریب اصلاح پنل‌ها (یعنی به ازای نصب ۸/۸ کیلووات پنل فتوولتاییک) رسم شده است.

همانطور که در این شـکل مشاهده می‌شود، به علت کمبود تابش و در نتیجه کمبود انرژی تولیدی توسط پنل‌ها نسبت به بار مصرفی، سیستم خورشـیدی تنها در سـاعات آفتابی امکان تامین بار را دارد و در سایر ساعت‌ها شبانه‌روز خاموش شده است.

۴- نتیجه‌گیری

در سیستم‌های فتوولتاییک جدا از شبکه ، انتخاب صحیح ظرفیت پنل و باتری از اهمیت ویژه‌ای برخوردار اسـت. به‌همین دلیل در این مقاله روشـی نوین برای بهبود روند طراحی این سیسـتم‌ها ارایه شده است. در این راسـتا ابتدا یک سیسـتم فتوولتاییک جدا از شـبکه برای یک روستا با ۵ خانوار طراحی و سپس باتوجه به‌عدم درنظر گرفتن روزهای پشـتیبانی در تعیین ظرفیت پنل، یـک الگوریتم برای اصلاح ظرفیت پنل پیشـنهاد شد. خروجی الگوریتم نشان داد که با پذیرفتن حداکثر ۳۰ سـاعت خاموشی در طول سال، ضریب اصلاحی برای افزایش توان پنل‌های فتوولتاییک برابر ۵۳٪ می‌باشد.

به‌عبـارت دیگر لازم اسـت کـه در این سیسـتم ۱۳/۵ کیلووات پنل فتوولتاییک در نظر گرفته شـود تا شرایط مورد نظر برای بهره‌برداری مطلوب از سیستم تحقق یابد.



شکل ۱۰: منحنی انرژی ذخیره شده در باتری (سطح سیاه‌رنگ) و میزان تابش نور خورشید (سطح سفیدرنگ) بدون در نظر گرفتن ضریب اصلاحی پنل

***

مراجع

[1]. www.suna.org.ir

[2]. M. Zamoa, O. Mestre, P. Arbogast and O. Pannekoucke, “A benchmark of statistical regression methods for short-term forecasting of photovoltaic electricity production, part I: Deterministic forecast of hourly production,” Solar Energy, Vol 105, pp. 792-803, July 2014.

[3]. D. Thevenard and S. Pelland, “Estimating the uncertainty in long-term photovoltaic yield predictorecast of hourly production,” Solar Energy, Vol 91, pp. 432-445, May 2013.

[4]. W. Brooks, J. Dunlop, “Photovoltaic Installer Resource Guide”, The North American Board of Certified Energy Practitioners (NABCEP), October 2011.

[5]. www.nrel.gov/midc/solpos

[6]. R. Mayfield, “Photovoltaic Design and Installation”. John Wiley & Sons, 2010.

[7]. R. Bakhshi, J. Sadeh and H. Mosaddegh, “Optimal economic designing of grid-connected photovoltaic systems with multiple inverters using linear and nonlinear module models based on Genetic Algorithm,” Renewable Energy, Vol. 72, pp. 386–394, December 2014.

[8]. R. Perez, P. Ineichen, R. Seals, J. Michalsky and R. Stewart. «Modeling daylight availability and irradiance components from direct and global irradiance.» Solar energy, Vol. 44, pp. 271-289, 1990.