

امکان سنجی استفاده از انرژی خورشیدی (solar energy) به منظور جایگزینی انرژی برق در کارخانجات سیمان (مطالعه موردی: کارخانه سیمان سفید ارومیه)

¹ آزاد غفاری

¹ دانش آموخته‌ی مقطع کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک بیوسیستم دانشگاه
تبریز

و شاغل در واحد نوسازی کارخانه سیمان سفید ارومیه

آدرس پست الکترونیک: azadghafari@yahoo.com

چکیده :

استفاده از انرژی خورشید، باد و امواج، زمین گرمایی، هیدروژن، زیست توده و غیره که به انرژی های تجدیدپذیر موسومند مستلزم مطالعات و تحقیقات فراوانی می باشند که قبل از استفاده باید انجام گیرند. مجموعه انرژی های تجدیدپذیر روز به روز سهم بیشتری را در سیستم تأمین انرژی جهان به عهده می‌گیرند. خورشید نه تنها خود منبع عظیم انرژی است، بلکه سرآغاز حیات و منشاء تمام انرژی های دیگر است. متخصصان بر این باورند که با استفاده از انرژی های پاک نظیر انرژی خورشیدی، بادی، زمین گرمایی، هیدروژن و غیره به جای انرژی حاصل از سوخت های فسیلی از آلودگی های زیست محیطی و خطرات مرتبط با آن جلوگیری خواهد شد. این امر سبب شده است که کشورهای توسعه یافته صنعتی با جدیت هر چه تمام تر استفاده از سایر انرژی های موجود در طبیعت و به خصوص انرژی های تجدید شونده را مورد توجه قرار دهند. به منظور بهینه سازی مصرف انرژی در برخی قسمت های مختلف کارخانه سیمان سفید ارومیه بر این شد تا با انجام مطالعاتی دقیق و کاربردی، راه کاری مناسب اتخاذ شود لذا بدین منظور سعی گردیده است تا با انجام تحقیقاتی مناسب بر روی انرژی های تجدید پذیر بتوان این انرژی با ارزش را جایگزین انرژی برق نمود. پس از مطالعات انجام شده در رابطه با میزان برق مصرفی واحد نوسازی کارخانه سیمان سفید ارومیه، مشخص گردید که در در زمان های کم باری و بیش باری به ترتیب روزانه (8 ساعت) kw 249/66 و kw749 برق مصرف می گردد. برق مصرفی واحد نوسازی در حالت کم بار و بیش بار به ترتیب بیش از kw 6000 و kw19474 و در ماه می باشد در نتیجه هزینه بهای برق مصرفی به ازای هر کیلووات بر ساعت 2000 ریال محاسبه گردیده و مشاهده گردید که مصرف برق در هر ماه حدود 1298232 ریال در حالت کم بار و 38948000 ریال در حالت بیش بار است. با توجه به اینکه به ازای هر kw150 انرژی برق حدود 1 مترمربع پنل خورشیدی

نیاز خواهد بود، لذا برای تولید و تأمین 6000 kw برق مورد نیاز واحد نوسازی کارخانه سیمان سفید ارومیه در حدود 40 متر مربع سلول یا پنل فتوولتائیک مورد نیاز می باشد.

واژه های کلیدی: انرژی خورشیدی، مصرف برق، بهینه سازی، صرفه اقتصادی

1- مقدمه

شرکت سیمان سفید ارومیه با هدف احداث کارخانه سیمان سفید در کیلومتر 25 جاده ارومیه - سلماس در سال 1356 با نام (شرکت صنعتی و معدنی عسگر آباد) در ارومیه به ثبت رسید و بعداً به (شرکت سیمان سفید ارومیه) تغییر نام داد. به منظور بهینه سازی مصرف انرژی در برخی قسمت های مختلف کارخانه یاد شده بر این شد تا با انجام مطالعاتی دقیق و کاربردی، راه کاری مناسب اتخاذ شود لذا بدین منظور سعی گردیده است تا با انجام تحقیقاتی مناسب بر روی انرژی های تجدید پذیر بتوان این انرژی با ارزش را جایگزین انرژی برق به دلیل نداشتن صرفه اقتصادی و انرژی های فسیلی به دلیل همیشه در دسترس نبودن نمود. متخصصان بر این باورند که با استفاده از انرژی های پاک نظیر انرژی خورشیدی، بادی، زمین گرمایی، هیدروژن و غیره به جای انرژی حاصل از سوخت های فسیلی از آلودگی های زیست محیطی و خطرات مرتبط با آن جلوگیری خواهد شد. این امر سبب شده است که کشورهای توسعه یافته صنعتی با جدیت هر چه تمام تر استفاده از سایر انرژی های موجود در طبیعت و به خصوص انرژی های تجدید شونده را مورد توجه قرار دهند. استفاده از انرژی خورشید، باد و امواج، زمین گرمایی، هیدروژن، زیست توده و ... که به انرژی های تجدیدپذیر موسومند مستلزم مطالعات و تحقیقات فراوانی می باشند که قبل از استفاده باید انجام گیرند، مجموعه انرژی های تجدیدپذیر روز به روز سهم بیشتری را در سیستم تأمین انرژی جهان به عهده می گیرند. خورشید نه تنها خود منبع عظیم انرژی است، بلکه سرآغاز حیات و منشاء تمام انرژی های دیگر است. طبق برآوردهای علمی در حدود 6000 میلیون سال از تولد این گوی آتشین می گذرد و در هر ثانیه 4/2 میلیون تن از جرم خورشید به انرژی تبدیل می شود. با توجه به وزن خورشید که حدود 333 هزار برابر وزن زمین است. این کره نورانی را می توان به عنوان منبع عظیم انرژی تا 5 میلیارد سال آینده به شمار آورد.

1-2 کاربردهای انرژی خورشیدی

در عصر حاضر از انرژی خورشیدی توسط سیستم های مختلف و برای مقاصد مختلف استفاده و بهره گیری می شوند که عبارتند از:

1-2-1 استفاده از انرژی حرارتی خورشید برای مصارف خانگی، صنعتی و نیروگاهی

1-2-2 تبدیل مستقیم نور حاصل از پرتوهای خورشید به الکتریسیته به وسیله تجهیزاتی به نام فتوولتائیک

1-3-3 مزایای نیروگاه های خورشیدی

نیروگاه های خورشیدی که انرژی خورشید را به برق تبدیل می کنند امید است در آینده با مزایای قاطعی که در برابر نیروگاه های فسیلی و اتمی دارند به خصوص اینکه سازگار با محیط زیست می باشند، مشکل برق به خصوص در دوران اتمام ذخایر نفت و گاز را حل نمایند. تأسیس و بکارگیری نیروگاه های خورشیدی آینده ای پر ثمر و زمینه ای گسترده را برای کمک به خودکفایی و قطع وابستگی کشور به صادرات نفت فراهم خواهد کرد. اکنون شایسته است که به ذکر چند مورد از مزایای این نیروگاه ها بپردازیم.

1-3-1 تولید برق بدون مصرف سوخت

نیروگاه های خورشیدی نیاز به سوخت ندارند و بر خلاف نیروگاه های فسیلی که قیمت برق تولیدی آن ها تابع قیمت نفت بوده و همیشه در حال تغییر می باشد، در نیروگاه های خورشیدی این نوسان وجود نداشته و می توان بهای برق مصرفی را برای مدت طولانی ثابت نگه داشت.

1-3-2 عدم نیاز به آب زیاد

نیروگاه های خورشیدی بخصوص دودکش های خورشیدی با هوای گرم احتیاج به آب ندارند. لذا برای مناطق خشک مثل ایران بسیار حائز اهمیت می باشد.

1-3-3 عدم آلودگی محیط زیست

نیروگاه های خورشیدی ضمن تولید برق هیچ گونه آلودگی در هوا نداشته و مواد سمی و مضر تولید نمی کنند. در صورتی که نیروگاه های فسیلی هوا محیط اطراف خود را با مصرف نفت - گاز و یا ذغال سنگ آلوده کرده و نیروگاه های اتمی با تولید زباله های هسته ای خود که بسیار آلوده و خطرناک و رادیو اکتیو هستند محیط زندگی را آلوده و مشکلات عظیمی را برای ساکنان کره زمین به وجود می آورند.

1-3-4 امکان تأمین شبکه های کوچک و ناحیه ای

نیروگاه های خورشیدی می توانند با تولید برق به شبکه سراسری برق تولید نمایند و در عین حال امکان تأمین شبکه های کوچک و ناحیه ای را نیز به ما می دهند. در حالی که، احتیاج به لوله های فشار قوی

طولانی جهت انتقال برق ندارند و نیاز به هزینه زیاد احداث شبکه های انتقال نمی باشد.

1-3-5 استهلاک کم و عمر زیاد

نیروگاه های خورشیدی به دلایل فنی و نداشتن استهلاک زیاد دارای عمر طولانی می باشند در حالی که عمر نیروگاه های فسیلی بین 15 تا 30 سال محاسبه شده است.

1-3-6 عدم نیاز به متخصص

نیروگاه های خورشیدی نیازی به متخصص عالی ندارد و می توان آن ها را به طور اتوماتیک (خودکار) به کار انداخت، در صورتی که در نیروگاه های اتمی وجود متخصصین در سطح عالی ضروری بوده و این دستگاه ها نیازی به مراقبت های دائمی و ویژه ندارند.

1-4 سیستم های فتوولتائیک

به پدیده ای که بر اثر تابش نور بدون استفاده از مکانیسم های محرک، الکتریسیته تولید کند پدیده فتوولتائیک و به هر سیستمی که از این پدیده استفاده کند سیستم فتوولتائیک گویند. سیستم های فتوولتائیک یکی از پر مصرف ترین کاربرد انرژی های نو می باشند و تا کنون سیستم های گوناگونی با ظرفیت های مختلف (0/5 وات تا چند مگاوات) در سراسر جهان نصب و راه اندازی شده است و با توجه به قابلیت اطمینان و عملکرد این سیستم ها هر روزه بر تعداد متقاضیان آن ها افزوده می شود. از سری موازی کردن سلول های خورشیدی می توان به جریان و ولتاژ قابل قبولی دست یافت. در نتیجه به یک سری از سلول های سری و موازی شده (panel) فتوولتائیک گویند. امروزه اینگونه سلول ها عموماً از ماده سیلیس تهیه می شوند. سیستم های فتوولتائیک را می توان به طور کلی به سه بخش اصلی تقسیم نمود که به طور خلاصه به تشریح آن ها پرداخته می شود.

1-4-1 پنل های خورشیدی

این بخش در واقع مبدل انرژی تابشی خورشید به انرژی الکتریکی بدون واسطه مکانیکی باشد. لازم به ذکر است، جریان و ولتاژ خروجی از این پنل ها DC (مستقیم) می باشد.

1-4-2 بخش کنترل

این بخش در واقع کلیه مشخصات سیستم را کنترل نموده و توان و ورودی پنل ها را طبق طراحی انجام شده و نیاز مصرف کننده به بار یا باتری تزریق و کنترل می کند. لازم به ذکر است که در این بخش مشخصات و عناصر تشکیل دهنده با توجه به نیازهای بار الکتریکی، مصرف کننده و نیز شرایط آب و هوایی محلی تغییر می کند.

1-4-3 مصرف کننده یا بار الکتریکی

با توجه به خروجی DC پنل های فتوولتائیک، مصرف کننده می تواند از دو نوع AC یا DC باشد، همچنین با آرایش های مختلف پنل های فتوولتائیک می توان نیاز مصرف کنندگان مختلف را با توان های متفاوت تأمین نمود. با توجه به کاهش روز افزون ذخایر سوخت فسیلی و خطرات ناشی از بکارگیری نیروهای اتمی، گمان قوی وجود دارد که در آینده ای نه چندان دور سلول های خورشیدی با تبدیل مستقیم انرژی خورشیدی به انرژی برق به عنوان جایگزین مناسب و بی خطر برای سوخت های فسیلی و نیروگاه های اتمی توسط بشر به کار گرفته شود.

از جمله مصارف و کاربردهای سیستم فتوولتائیک می توان به موارد زیر اشاره نمود.

الف) مصارف فضانوردی و تأمین انرژی مورد نیاز ماهواره ها جهت ارسال پیام

ب) روشنایی خورشیدی

ج) سیستم تغذیه کننده یک واحد مسکونی

د) سیستم پمپاژ خورشیدی

ه) سیستم تغذیه کننده ایستگاه های مخابراتی و زلزله نگاری

و) تأمین انرژی مصرفی ماشین حساب، ساعت، رادیو، ضبط و صوت و وسایل بازی کودکانه

ز) نیروگاه های فتوولتائیک

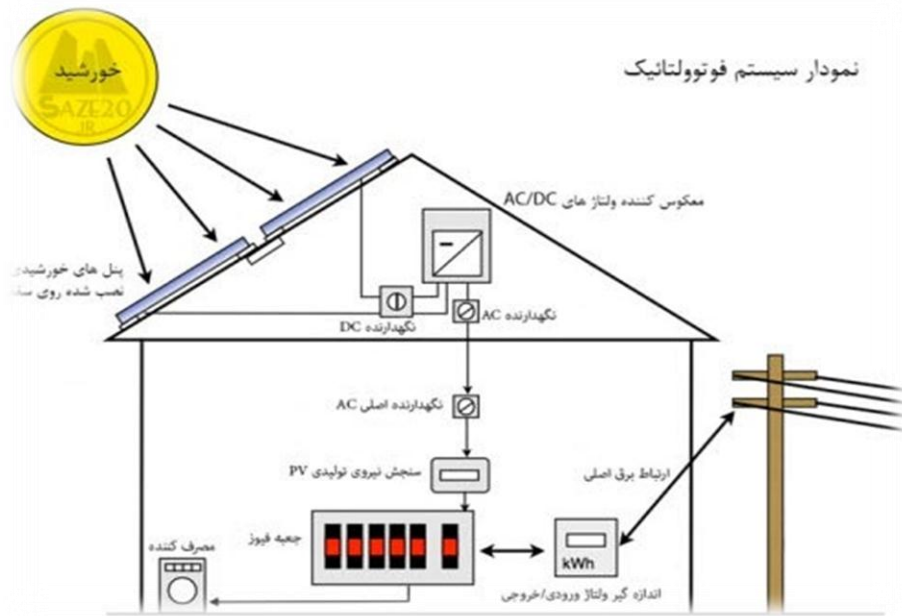
ح) یخچال های خورشیدی

ط) سیستم تغذیه کننده پرتابل یا قابل حمل

2- مواد و روش ها

در این پژوهش، به منظور کاهش و بهینه سازی مصرف انرژی دستگاه های مستقر در واحد نوسازی کارخانه سیمان سفید ارومیه که کاملاً به انرژی برق وابسته هستند پارامترهایی نظیر توان مصرفی هر دستگاه (Kw/h)، تعداد دستگاه ها، تعداد ساعات کاری در یک روز و تعداد روزهای کاری در هر ماه مورد بررسی قرار گرفت. یکی از روش های مدرن

و پیشرفته که می تواند جایگزین مناسبی به عنوان تأمین کننده انرژی برق به شمار آید استفاده از انرژی خورشیدی با استفاده از سیستم های فتوولتائیک است. در این تحقیق سعی شده است تا با انجام مطالعاتی دقیق و کارشناسی امکان سنجی استقرار سیستم های فتوولتائیک و استفاده از انرژی خورشیدی به منظور تأمین توان راه اندازی و توان مصرفی دستگاه ها مورد بحث و بررسی قرار گیرد. دستگاه ها و تجهیزات مورد نیاز برای نصب و راه اندازی یک سیستم فتوولتائیک در شکل (1) به نمایش درآمده است.



شکل 1- انرژی خورشیدی و تجهیزات فتوولتائیک

خورشید به عنوان یک منبع بی پایان انرژی می تواند حل کننده مشکلات موجود در زمینه انرژی و محیط زیست باشد. متأسفانه انرژی ارزان و سود بانکی بالا هر دو باعث می شود که هزینه کردن در سیستم برق خورشیدی در کشور ما مقرون به صرفه به نظر نیاید در صورتی که در دراز مدت این سیستم ها بسیار مقرون به صرفه هستند و تاثیر بسزایی در کم کردن آلودگی هوا نیز خواهند داشت. سیستم های فتوولتائیک جهت مصارف عمومی و کشاورزی، بصورت نیروگاههای مستقل از شبکه سراسری یا سیستمهای متصل به شبکه سراسری با ساختار نصب ثابت و یا متحرک در واحدهای کوچک با توان پائین جهت تأمین انرژی الکتریکی مورد نیاز ماشین حسابهای کوچک تا سیستمهای بزرگ نیروگاهی، به کار میرود. هر متر مربع از سطحی که خورشید در یک روز بدون ابر و آلودگی بر آن می تابد حدوداً ۱۰۰۰ وات توان تابشی دریافت می کند. میزان تابش متوسط در ایران در حدود ۸۵۰ وات بر متر مربع است. پنل های خورشیدی موجود در بازار تجاری، راندمان حدود ۱۲ تا ۱۷ درصد دارند و با توجه با

اینکه تمامی سطح یک پنل خورشیدی شامل سیلیکون های دریافت انرژی نیست، هر متر مربع از این پنل ها حدود ۱۰۰ تا ۱۵۰ وات دریافت انرژی می توانند داشته باشند. البته باید توجه کرد که این مقدار انرژی در صورت تابش عمود نور خورشید به پنل است و زاویه پنل ها در فصول مختلف سال باید تنظیم شود. اجزای یک سیستم فتوولتائیک عبارتند از:

الف) پنل (سلول های فتوولتائیک):

این سلول ها مربع های نازک دیسک ها یا فیلم هایی از جنس نیمه هادی هستند که ولتاژ و جریان کافی را در زمان قرار گرفتن در معرض تابش نور خورشید تولید می کنند. پنل های خورشیدی متداول به دو نوع مونو کریستال و پلی کریستال تقسیم می شوند. پنل های مونو کریستال کمی بهتر از پنل های پلی کریستال می باشند. پنل های معمول برای یک سیستم خورشیدی خانگی در انواع 90، 200، 250 و 300 وات می باشد. در حال حاضر چند برند مختلف در ایران مورد استفاده قرار می گیرند که عبارتند

1. Sharp

2. shine solar

3. ja solar

4. yingli solar



ب) اینورتر (مبدل):

وسیله ایست که جریان مستقیم (DC) را به جریان متناوب (AC) برای مصرف، تبدیل می کند. اینورترهای خورشیدی به دو نوع منفصل از شبکه و متصل به شبکه تقسیم می شوند. در نوع متصل به شبکه، برق تولیدی از پنل خورشیدی به طور مستقیم به اینورتر وارد می شود. بنابراین این اینورتر با اینورترهای معمولی متفاوت است. زیرا برق تولید شده از پنل به دلیل تاثیرات شرایط محیطی مانند تغییرات تابش نور خورشید

همیشه در حال تغییر است. پس اینورتر با یک توان ورودی یکنواخت روبرو نیست و در نتیجه باید الگوی خاصی برای تبدیل برق مستقیم به برق متناوب داشته باشد. در نتیجه قیمت اینورتر خورشیدی نسبت به اینورتر معمولی بالاتر است. یک شرکت معروف برای اینورتر خورشیدی متصل به شبکه SMA آلمان می‌باشد. در نوع منفصل از شبکه، اینورتر برق ذخیره شده در باتری را از 12 ولت مستقیم به 220 ولت متناوب تبدیل می‌کند تا مناسب برای استفاده در وسایل برقی خانه شود. اینورترها هرچه قدر شکل تبدیلشان سینوسی تر باشد، بهتر خواهند بود. این اینورترها مانند اینورتر متصل از شبکه نیستند زیرا برق یکنواخت باتری را تبدیل خواهند کرد. دو مدل اینورتر سینوسی کامل معروف و مناسب اینورترهای شرکت EP Solar و Cotech می‌باشند. برای انتخاب اینورتر دو پارامتر بسیار مهم را باید در نظر گرفت: ولتاژ ورودی به اینورتر و توان خروجی از اینورتر. ولتاژ ورودی به اینورتر منفصل از شبکه مربوط به ولتاژ باتری و در نوع متصل به شبکه مربوط به ولتاژ پنل است. توان خروجی از اینورتر هم مربوط است به حداکثر توانی که سیستم برای آن طراحی شده است. این توان برای سیستم‌های منفصل معمولاً در اینورترها از 200 وات تا 3000 وات می‌باشد.



ج) شارژ کنترلر:

شارژ کنترلر وظیفه شارژ باتری‌ها را از منبع پنل خورشیدی بر عهده دارد. در حقیقت شارژ کنترلر همان شارژر باتری است اما شارژ کنترلر خورشیدی غیر از اینکه باید الگوی شارژ یک باتری را رعایت نماید (شایان ذکر است که شارژ کنترلر باتری سرب اسیدی با باتری لیتیومی متفاوت است و این به دلیل تفاوت الگوی شارژ شدن این دو باتری است) باید خود را با توان متغیر یک پنل خورشیدی نیز وفق دهد. از این منظر شارژ کنترلر خورشیدی نیز نسبت به یک شارژ کنترلر معمولی گرانتر است. برای انتخاب شارژ کنترلرها نیز باید دو پارامتر ولتاژ باتری و توان پنل را لحاظ نمود. چند مدل مناسب شارژ کنترلر خورشیدی عبارتند از EP Solar، Carspa و Phocos می‌باشند. شارژ کنترلرها انواع مختلفی بر اساس ولتاژ (معمولاً ورودی 12 یا 24 ولت مستقیم) و توان یا

جریان خروجی (از 5 آمپر تا 40 آمپر) دارند اما به طور کلی می‌توان آنها را به دو دسته PWM و MPPT تقسیم نمود. در مدل MPPT شارژ کنترلر با اتخاذ الگویی همیشه با تغییر در ولتاژ و جریان تولید شده از پنل خورشیدی، در توان ماکزیموم کار خواهد کرد. بنابراین مدل MPPT گرانتر از مدل PWM می‌باشد.

(د) باتری:

آخرین جز یک سامانه خورشیدی منفصل از شبکه، منبع ذخیره سازی توان تولیدی توسط پنل خورشیدی است که همان باتری‌های قابل شارژ می‌باشد. باتری مناسب سیستم خورشیدی به دو نوع لیتیومی و سرب اسیدی تقسیم می‌شوند. البته برای یک سامانه خورشیدی مورد نیاز یک خانه از باتری‌های اسیدی استفاده می‌شود. باتری‌های اسیدی متداول در حال حاضر از نوع ژله‌ای می‌باشند. جدول زیر نشان دهنده طول عمر قطعات مورد استفاده می‌باشد.

نام قطعه	طول عمر مفید	دوره های بازبینی و سرویس
پنل ها	در حدود 20 الی 25 سال	هر 6 ماه یکبار باید از لحاظ ترک خوردگی شیشه و نفوذ رطوبت بازبینی و غبار رویی شوند
باتری اسیدی	در صورت رعایت شارژ و دشارژ تا 5 سال	-
اینورتر	در شرایط استفاده طبق استاندارد بالای 10 سال	نیاز به سرویس ندارد
شارژ کنترلر	در شرایط استفاده طبق استاندارد بالای 10 سال	نیاز به سرویس ندارد

جدول 1- نشان دهنده ی طول عمر قطعات



شکل 2- استفاده از سیستم های فتولتائیک در کارخانجات و مراکز صنعتی



شکل 3- زاویه ی استقرار و نحوه قرارگیری پنل های فتولتائیک

3- نتایج و بحث

به منظور بهینه سازی و کاهش مصرف انرژی برق در واحد نوسازی کارخانه سیمان سفید ارومیه تمامی دستگاه ها و قسمت هایی که توان خود را از طریق انرژی برق دریافت می کنند شناسایی گردیده و در جدول

(2) نشان داده شده است. با بررسی توان مصرفی دستگاه های فوق بر اساس (Kw/h) مصارف ناشی از استفاده از این دستگاه ها در طول یک روز کاری (8 ساعت) در شرایط کم بار، متوسط بار و بیش بار مورد بررسی قرار گرفت.

نوع دستگاه	میزان مصرف در ساعت (kw/h)	تعداد دستگاه
تراش 3 متری	10.6	1
تراش 1.5 متری	8.9	1
فرز	4	1
خشن تراش	4	1
دریل رادیال	5	1
گیوتین	45	1
جوش رکتی فایر	4	3
متفرقه (سنگ فرز، لامپ، فن تهویه)	4.2	-

جدول 2- مقدار مصرف برق دستگاه های مستقر در واحد نوسازی

مقدار برق مصرفی واحد نوسازی کارخانه سیمان سفید ارومیه بر اساس روابط (1) و (2) قابل اندازه گیری است.

رابطه (1) $\text{مقدار مصرف برق روزانه} = (\text{Kw/h} \times \text{N} \times 8)$

که در آن:

Kw/h: کیلووات در ساعت

N: تعداد دستگاه در حال استفاده

8: تعداد ساعت کاری

رابطه (2) $\text{مقدار مصرف برق ماهیانه} = (\text{Kw/Day} \times 26)$

مقدار مصرف برق ماهیانه

که در آن:

Kw/Day: کیلووات در روز

26: تعداد روز کاری در هر ماه

پس از بررسی میزان برق مصرفی دستگاه های مستقر در واحد نوسازی، مشخص گردید که در هنگام بیش باری و استفاده از تمامی

دستگاه های یاد شده طبق جدول (2) مقدار برق مصرفی با استفاده از روابط (1) و (2) قابل اندازه گیری است که نتایج آن معادل kw749 در یک روز کاری (8 ساعت) خواهد بود، لیکن در روزهای کاری عادی این کارکرد معادل kw 249/66 می باشد. چنانچه تعداد روزهای کاری با در نظر نگرفتن روزهای تعطیل (جمعه ها) 26 روز در ماه باشد، مقدار برق مصرفی kw 6491/16 خواهد بود. در صورتی که در تمام روزهای ماه kw749 برق مصرف گردد این مقدار در هر ماه kw 19474 خواهد بود. از این رو محاسبه ی هزینه های ناشی از مصرف برق در واحد نوسازی کارخانه سیمان سفید ارومیه طبق ابلاغیه ی وزارت نیرو به واحدهای تولیدی، صنعتی و معدنی در سال 1396 و بر اساس جدول (3) امکان پذیر می باشد. با توجه به اینکه برق مصرفی واحد نوسازی در حالت کم بار بیش از kw 6000 در ماه می باشد در نتیجه هزینه بهای برق مصرفی به ازای هر کیلووات بر ساعت 2000 ریال محاسبه گردیده و مشاهده گردید که در هر ماه حدود 1298232 ریال در حالت کم بار برق مصرف می گردد. چنانچه بخواهیم برق مصرفی واحد فوق را در حالت بیش بار محاسبه نماییم، هزینه ی برق مصرفی به ازای kw19474 در ماه، حدود 38948000 ریال خواهد بود. بر اساس استانداردهای تعیین شده توسط انجمن انرژی های تجدید پذیر ایالات متحده آمریکا، به ازای هر kw150 انرژی برق حدود 1 مترمربع پنل خورشیدی نیاز خواهد بود، لذا برای تولید و تأمین kw 6000 برق مورد نیاز واحد نوسازی کارخانه سیمان سفید ارومیه در حدود 40 متر مربع سلول یا پنل فتوولتائیک مورد نیاز می باشد.

متوسط انرژی مصرفی ماهانه (کیلووات ساعت در ماه)	قیمت پایه هر کیلووات ساعت (ریال)
۰ تا ۱۰۰۰	۱۵۰
مازاد بر ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰	۱۶۶
مازاد بر ۲۰۰۰ تا ۳۰۰۰	۱۸۰
مازاد بر ۳۰۰۰ تا ۳۵۰۰	۷۵۰
مازاد بر ۳۵۰۰ تا ۴۵۰۰	۱۳۵۱
مازاد بر ۴۵۰۰ تا ۶۰۰۰	۱۷۲۶
مازاد بر ۶۰۰۰	۲۰۲۵

جدول 3- تعرفه های برق مصرفی واحدهای تولیدی، صنعتی و معدنی

4- نتیجه گیری نهایی

در صورتی که دستگاه های مستقر در واحد نوسازی کارخانه سیمان سفید ارومیه اعم از دستگاه تراش 3 متری، تراش 1.5 متری، فرز، خشن تراش، دریل رادیال، گیوتین، جوش رکتی فایر، سنگ فرز، نورد، لامپ ها، فن های تهویه و غیره به طور مداوم و بیش بار استفاده گردند برای تأمین انرژی برق مصرفی آن ها می بایست یک سیستم نیروگاه خورشیدی تعبیه گردد لذا چنانچه دستگاه های یاد شده در حالت کم بار استفاده گردند، برق تولید شده توسط سیستم های فتوولتائیک پاسخگوی برق مصرفی دستگاه های نام برده را خواهد داشت. همچنین از سیستم های

فتوولتائیک نیز می توان برای تأمین برق مصرفی تیرهای روشنایی مستقر در محوطه کارخانه استفاده نمود.

منابع

1) مهدی گلستانی حدکنی، بررسی پتانسیل های عملی کاهش مصرف انرژی در شرکت سیمان ممتازان کرمان پس از راه اندازی کارخانه، چهل و ششمین سمینار برق، الکترونیک و انرژی، ایران، اراک، سیمان دلیجان، 13 و 14 تیرماه 1391

2) مهندس حسین چهرگانی، امکان سنجی استفاده از انرژی خورشیدی در صنعت سیمان، ماهنامه علمی - فن آوری صنعت سیمان، فروردین ماه 1394، شماره 82

3) سلول های خورشیدی، مارتین اگوین

4) انرژی خورشیدی، سید جمال قائم مقامی

5) مبانی انرژی خورشیدی، عزت الله آزاد

6) اصول کاربردی انرژی حرارتی خورشید، محمدعلی عبدلی

7) اصول و کاربرد انرژی خورشیدی، اصغر حاج سقطی