

ارزیابی ردیاب خورشیدی و زاویه بهینه برای سیستم‌های فتوولتائیک

امید گزانه - مجتبی بیگلری

دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی سیستم‌های انرژی دانشگاه سمنان - Omidgazaneh@gmail.com

استادیار گروه مهندسی مکانیک دانشگاه سمنان

چکیده

در دنیای امروزی به‌کارگیری انرژی‌های تجدید پذیر مهم‌ترین راه حل جامعه بشری در جهت ادامه حیات است. این ضرورت پس از کمبود انرژی‌های فسیلی از دهه ۱۹۷۰ شکل جدی تری به خود گرفته است. سه مقوله کمبود منابع انرژی، افزایش جمعیت و کاربرد فراگیر انرژی در تمام امور جامعه بشری ضرورت استفاده از انرژی‌های نو را بهتر به ما می‌رساند. قرار گرفتن ایران بر روی کمربند خورشیدی این کشور را از لحاظ تابش نور خورشید با قدرت و توان مطلوب به یکی از مناطق بسیار مستعد برای بهره‌گیری از این انرژی تبدیل کرده است. در این پژوهش استفاده از انرژی خورشیدی به صورت فتوولتائیک بررسی شده و با توجه به هزینه بالای سیستم‌های فتوولتائیک، بهره‌گیری از حداکثر راندمان این منابع قدرت، یک ضرورت اساسی و غیر قابل انکار بشمار می‌آید. در این مقاله به ارزیابی و مقایسه سیستم فتوولتائیک در دو وضعیت ثابت و با ردیاب تک محوره پرداخته می‌شود و با تحلیل زاویه بهینه در هر دو وضعیت برای دریافت بیشترین انرژی تابشی خورشید، میزان الکتریسیته تولیدی برای نوع خاصی از سیستم فتوولتائیک در این دو وضعیت نیز بررسی می‌گردد.

کلیدواژه:

انرژی تجدیدپذیر - سیستم فتوولتائیک - ردیاب تک محوره - زاویه بهینه

حالت جامد هستند که بر اساس تبدیل انرژی خورشید به الکتریسیته، کار می‌کنند [۵]. از مزایای این روش تبدیل انرژی این است که، مواد غیر دوستدار محیط زیست تولید نمی‌کند و منبع نامحدودی از انرژی در اختیار ما قرار می‌دهد [۶]. سیستمهای فتوولتائیک با ردیاب خورشید در طول روز به طور مستمر خورشید را دنبال می‌کنند. ظرفیت تولید الکتریسیته توسط پنل‌های فتوولتائیک بستگی به تابش خورشید دارد که سیستمهای ردیاب این امر را مهیا می‌کند. ساختار ردیاب باید به نحوی باشد که قادر به دنبال کردن خورشید در تمام روز باشد [۷]. سیستم ردیاب تک محوره^۱ با چرخش در یک زاویه حرکت خورشید را دنبال می‌کند. این سیستمها خورشید را در طول روز از شرق تا غرب و یا از شمال تا جنوب دنبال می‌کنند. سیستمهای دو محوره^۲ خورشید را در دو زاویه، یعنی از شرق تا غرب در طول روز و از شمال تا جنوب به طور فصلی دنبال می‌کنند [۸ و ۹]. گومز و همکارانش [۱۰] در آزمایش‌هایی که داشتند به این نتایج دست یافتند که میزان تولید الکتریسیته برای ردیاب دو محوره ۲۵/۲ درصد و برای ردیاب تک محوره ۲۲/۳ درصد به صورت سالیانه بیشتر از سیستم با وضعیت ثابت^۳ است.

در این مقاله در ادامه، در بخش ۲ به مرور ادبیات موضوع پرداخته می‌شود، سپس در بخش ۳، پارامترهای مساله مورد

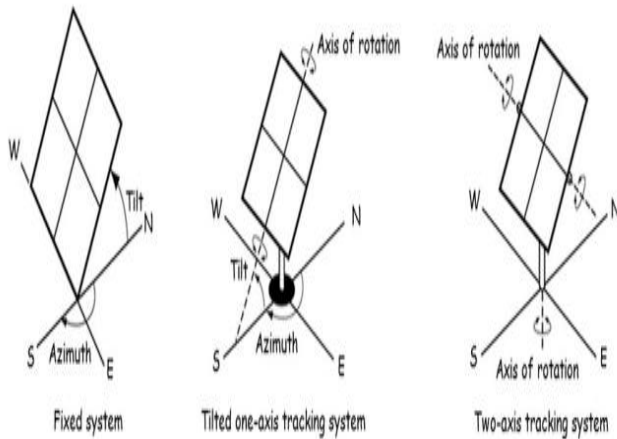
نگرانی‌هایی که در زمینه تغییرات آب و هوایی ناشی از انتشار گازهای کربنی در جو وجود دارد [۱]. تمام کشورهای دنیا را مجبور کرده است تا به دنبال یافتن راه‌هایی برای کاهش میزان انتشار این گازها باشند. اتحادیه اروپا تصمیم گرفته است تا سال ۲۰۲۰ به میزان ۲۰ درصد از پخش گازهای گلخانه‌ای کم کند [۲]. علاوه بر این رشد جمعیت و فراگیر شدن انرژی در تمامی امور جامعه سبب افزایش ۲ تا ۴ درصدی تقاضای انرژی شده است [۳ و ۴]. با توجه به این نکته که انرژی‌های فسیلی و معدنی به لحاظ محدودیت و تجدید ناپذیر بودن، علاوه بر آلودگی‌های زیست‌محیطی باعث افزایش دمای کره زمین نیز می‌شوند، این مساله منجر به بروز خشک‌سالی‌ها، نابودی محصولات کشاورزی و کاهش مواد غذایی، قحطی، باران‌های سیل‌آسا، انقراض بسیاری از گونه‌های گیاهی و جانوری، آتش‌سوزی جنگل‌ها و بروز بیماری‌ها خواهد شد که در حال حاضر شاهد وقوع این وقایع در اکثر نقاط جهان هستیم. بنابراین انسان مجبور است برای رهایی از مشکلات مذکور به روش‌های دیگری از تولید انرژی روی آورد که علاوه بر حل مسائل زیست‌محیطی، امکان توسعه پایدار را نیز فراهم نماید که می‌توان به انرژی‌هایی مانند انرژی هسته‌ای، کیهانی، خورشیدی، زیست توده، بیوگاز، انرژی باد، انرژی زمین گرمایی، انرژی امواج، انرژی جذر و مد، انرژی بستری دریایی و اقیانوسی اشاره نمود. در این بین سلول‌های فتوولتائیک، که اغلب سلول‌های خورشیدی نامیده می‌شوند، از جمله قطعات

¹ One Axis Tracking

² Two Axis Tracking

³ Fixed

دارد. در سیستم فتوولتائیک با ردیاب می‌توان از انرژی تابشی خورشید نسبت به حالت ثابت بهره بیشتری برد. شکل ۱ نمایی از پنل فتوولتائیک در وضعیت ثابت و با ردیاب تک-محوره و دو محوره را نمایش می‌دهد.



شکل ۱- پنل خورشیدی در ۳ وضعیت ثابت، با ردیاب تک محوره و ردیاب دو محوره

تابش مستقیم خورشید در یک محل با رابطه ۱ محاسبه می‌گردد [۱۱].

$$I_B = Ae^{-km} \quad (1)$$

A در رابطه ۱ انرژی حاصل از تابش خورشید در جو می‌باشد که از رابطه زیر محاسبه می‌شود. n در رابطه زیر شماره روز است.

$$A = 1160 + 75 \sin \left[\frac{360}{365} (n - 275) \right] \text{ (W/m}^2\text{)} \quad (2)$$

در رابطه ۱، k عمق تابش در جو می‌باشد و از رابطه ۳ بدست می‌آید.

نظر ارائه می‌گردد. در بخش ۴، به بررسی و مقایسه بین سیستم فتوولتائیک در وضعیت ثابت و با ردیاب تک محوره می‌پردازیم و پس از آن با رویکردی متفاوت زاویه بهینه در وضعیت ثابت و همچنین بهترین زاویه چرخش برای سیستم تک محوره برای دریافت حداکثر انرژی تابشی خورشید ارائه می‌گردد و در بخش ۵ نتیجه‌گیری مساله بیان می‌شود.

۲- مرور ادبیات موضوع

کشور ایران بدلیل موقعیت ویژه جغرافیایی، توان بالایی در دریافت انرژی خورشیدی دارد، به طوریکه میانگین سالیانه تابش خورشید در کشور پنج کیلووات ساعت در روز برآورده شده که این رقم در مقایسه با دیگر کشورها بسیار قابل ملاحظه است. سلول خورشیدی یا فتوولتائیک، انرژی خورشید را به الکتریسیته تبدیل می‌کند. مواد فتوولتائیک، فوتون‌های دارای طول موج معین را جذب می‌کنند (بخشی از فوتون‌ها که انرژی کافی برای برانگیختن الکترون در مولکول یا نیمه رسانا را نداشته باشند، توسط ماده فتوولتائیک جذب نمی‌شوند) و همچنین، اگر انرژی فوتون بیشتر از میزان انرژی لازم برای برانگیختن الکترون باشد، انرژی اضافی هدر می‌رود و این دو پدیده باعث می‌شود که حدود ۵۰٪ از انرژی خورشید بدون مصرف باقی بماند.

در فناوری سلول‌های خورشیدی کاهش هزینه و افزایش بازده توجه عمده محققان را به خود اختصاص داده است. این کار به توانایی آن‌ها در استفاده هرچه بیشتر از نور فرودی بستگی

$$C = 0.095 + 0.04 \sin \left[\frac{360}{365}(n - 100) \right] \quad (8)$$

با توجه به رابطه ۷، انرژی که کلکتور از تابش پراکندگی خورشید بدست می‌آورد از رابطه ۹ بدست می‌آید.

$$I_{DC} = I_{DH} \left(\frac{1 + \cos \Sigma}{2} \right) = I_B C \left(\frac{1 + \cos \Sigma}{2} \right) \quad (9)$$

با توجه به روابط گفته شده، انرژی که کلکتور از تابش انعکاسی خورشید بدست می‌آورد (I_{RC}) از رابطه ۱۰ بدست می‌آید.

$$I_{RC} = \rho I_B (\sin \beta + C) \left(\frac{1 - \cos \Sigma}{2} \right) \quad (10)$$

ρ در رابطه ۱۰ ضریب انعکاسی می‌باشد.

به این ترتیب انرژی که کلکتور از کل تابش خورشید بدست می‌آورد از رابطه ۱۱ قابل محاسبه می‌باشد.

$$I_C = I_{BC} + I_{DC} + I_{RC} \quad (11)$$

در آرایه با ردیاب تک محوره زاویه شیب کلکتور با افق از شرق در صبح تا غرب در شب به طوریکه حرکت خورشید در آسمان را دنبال کند، می‌چرخد و زاویه کلکتور نسبت به جنوب ثابت فرض می‌شود. اگر از کلکتور با ردیاب تک محوره استفاده گردد رابطه‌های ۵، ۹، و ۱۰ به شکل زیر در می‌آیند.

$$I_{BC} = I_B \cos \delta \quad (12)$$

$$I_{DC} = C I_B \left[\frac{1 + \cos(90^\circ - \beta + \delta)}{2} \right] \quad (13)$$

$$k = 0.174 + 0.035 \sin \left[\frac{360}{365}(n - 100) \right] \quad (3)$$

m نیز در رابطه ۱ برابر نسبت جرمی هوا است که از رابطه ۴ بدست می‌آید.

$$m = \frac{1}{\sin \beta} \quad (4)$$

β در رابطه ۴ زاویه تابش خورشید است.

حال انرژی که کلکتور از تابش مستقیم خورشید جذب می‌کند (I_{BC}) از رابطه زیر محاسبه می‌گردد.

$$I_{BC} = I_B \cos \theta \quad (5)$$

θ در رابطه بالا زاویه بین بردار عمود بر صفحه کلکتور و تابش مستقیم خورشید است که از رابطه زیر بدست می‌آید.

$$\cos \theta = \cos \beta \cos(\phi_S - \phi_C) \sin \Sigma + \sin \beta \cos \Sigma \quad (6)$$

در رابطه بالا β زاویه تابش خورشید و ϕ_S زاویه خورشید نسبت به جنوب و همچنین ϕ_C زاویه کلکتور نسبت به جنوب^۱ و Σ زاویه شیب کلکتور با افق^۲ می‌باشد. به همین ترتیب تابش پراکندگی خورشید (I_{DH}) که به سطح زمین می‌رسد از رابطه ۷ بدست می‌آید.

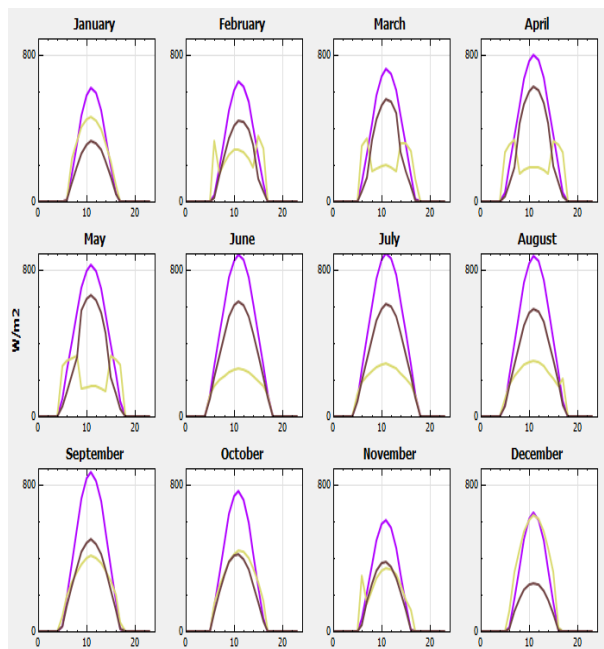
$$I_{DH} = C I_B \quad (7)$$

C در رابطه بالا ضریب پراکندگی جو است که از رابطه زیر قابل محاسبه است.

¹ Azimuth

² Tilt

به عنوان ورودی مساله به اطلاعات جغرافیایی دقیقی از جمله میزان تابش خورشید و میانگین دما در ماه‌های مختلف سال نیاز داریم [۱۲] که این اطلاعات در شکل‌های ۳ تا ۴ ارائه شده است. در شکل ۳، رنگ بنفش تابش کلی خورشید و رنگ زرد تابش مستقیم خورشید و رنگ قهوه‌ای تابش پراکندگی خورشید را نشان می‌دهند. شکل ۴ با ارائه میانگین دمای شهر شیراز به صورت تفکیک‌شده در ماه‌های سال، دید مناسبی را در مورد وضعیت دمایی فراهم می‌آورد. در این شکل رنگ آبی، دمای هوای خشک و رنگ سبز دمای هوای تر را نشان می‌دهند.



شکل ۳: شدت تابش خورشید به شهر شیراز در ماه‌های مختلف سال به صورت تفکیک شده

$$I_{RC} = \rho(I_{BH} + I_{DH}) \left[\frac{1 - \cos(90^\circ - \beta + \delta)}{2} \right] \quad (۱۴)$$

در ادامه پس از معرفی پارامترهای ورودی به مقایسه بین آرایه در حالت ثابت و کلکتور با ردیاب تک محوره و میزان توانایی در جذب انرژی تابشی خورشید می‌پردازیم.

۳- پارامترهای مساله

در این تحقیق شهر شیراز در کشور ایران بعنوان مطالعه موردی مورد بررسی قرار گرفته است.

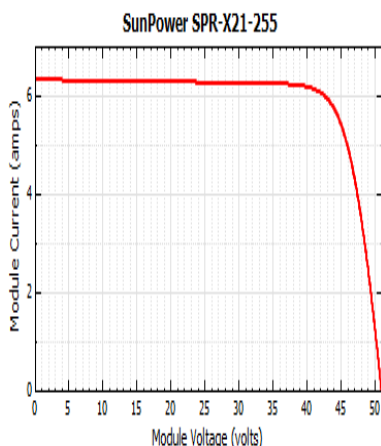
شهر شیراز دارای عرض جغرافیایی ۲۹ درجه، طول جغرافیایی ۵۲ درجه (شکل ۱)، ارتفاع از سطح دریاهای آزاد ۱۴۸۱ متر و میانگین دمای ۱۸ درجه سانتی‌گراد است.



شکل ۲- نقشه جغرافیایی شهر شیراز

ولتاژ مدار باز و همچنین جریان اتصال کوتاه ماژول و تعداد سلول‌های در ماژول و مساحت ماژول نیز ذکر گردیده است.

Reference conditions: Total Irradiance = 1000 W/m², Cell temp = 25 C



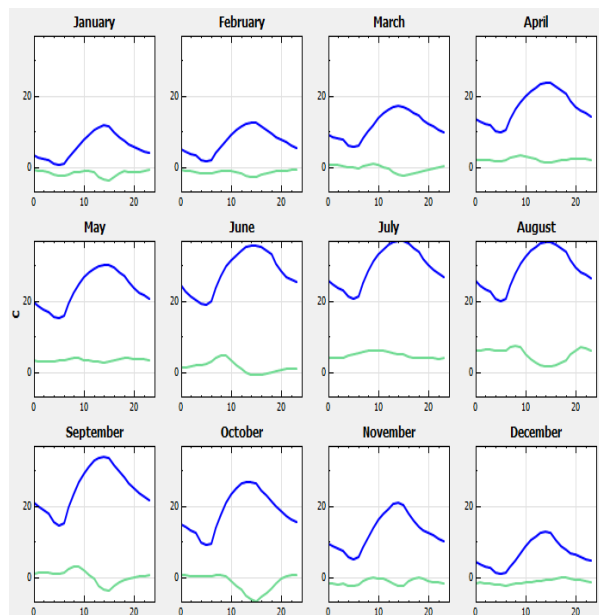
Efficiency	21.54 %
Maximum Power (Pmp)	254.66 Wdc
Max Power Voltage (Vmp)	42.8 Vdc
Max Power Current (Imp)	5.95 Adc
Open Circuit Voltage (Voc)	51 Vdc
Short Circuit Current (Isc)	6.3 Adc

Module Area 1.182 m²

Number of Cells 72

شکل ۵: مشخصات ماژول سیستم فتوولتائیک

در شکل ۶ مشخصات مبدل آمده است. در این شکل منحنی بازده مبدل و همچنین پارامترهای مبدل نظیر، حداکثر قدرت خروجی AC در شرایط مرجع و حداکثر ورودی DC به مبدل، قدرت DC مورد نیاز برای شروع به کار تبدیل برق DC به AC، مصرف قدرت AC بوسیله مبدل در شب، ولتاژ AC خروجی از مبدل، حداکثر ولتاژ ورودی DC، حداکثر جریان DC ورودی، حداقل و حداکثر و میانگین ولتاژ عامل به نمایش در آمده است.



شکل ۴: میانگین دمای شهر شیراز به صورت تفکیک شده در ماههای سال

در مرحله بعد به تعیین مشخصات سیستم فتوولتائیک می-پردازیم.

برای مقایسه تولید الکتریسیته در سیستم فتوولتائیک با آرایه ثابت و آرایه با ردیاب تک محوره، ابتدا به تعیین نوع مشخصی از ماژول^۱ و سپس مبدل DC به AC^۲ و سپس نوع آرایه^۳ می-پردازیم. در شکل ۵ مشخصات مربوط به ماژول آمده است. مقدار متغیرها در این شکل در شرایط مرجع استاندارد یعنی نرخ جرمی هوا^۴ برابر ۱/۵ و در دمای ۲۵ درجه و به ازای میزان تابش ۱ کیلووات بر متر مکعب اندازه‌گیری شده است. در شکل ۵ بازده ماژول، حداکثر قدرت ماژول، حداکثر ولتاژ و جریان،

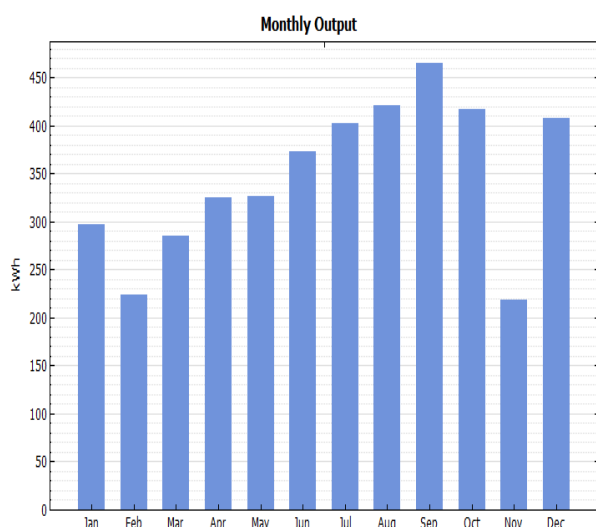
¹ Module

² Inverter

³ Array

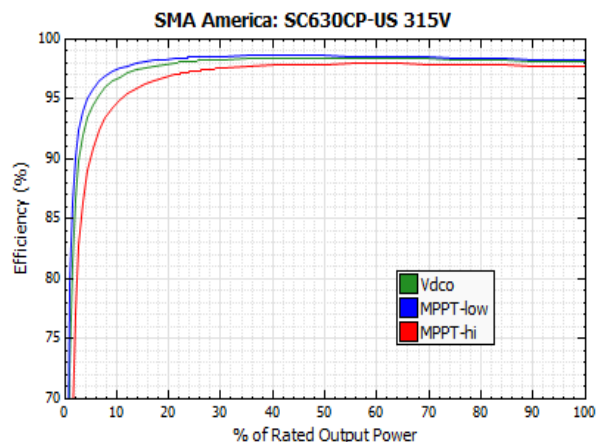
⁴ Air mass ratio

(ϕ_c) و زاویه شیب آرایه با افق (Σ) می‌باشد که با تعیین کردن بهینه این دو زاویه می‌توان انرژی سالیانه بیشتری ذخیره کرد. به عنوان قاعده کلی طراحان زاویه شیب آرایه را برابر عرض جغرافیایی منطقه و زاویه آرایه نسبت به جنوب را برابر 180° درجه و یا رو به خط استوا در نظر می‌گیرند [۱۱]. با در نظرگیری این زوایا و همچنین پارامترهای ذکر گردیده در بخش سوم، میزان برق تولید شده توسط سیستم فتوولتائیک به شرح نمودار شکل ۷ می‌باشد.



	Monthly Energy (kWh)
1	296.955
2	222.76
3	284.823
4	324.873
5	326.212
6	372.861
7	401.676
8	420.829
9	464.784
10	416.859
11	217.78
12	407.169

شکل ۷: نمودار تولید الکتریسیته توسط آرایه با وضعیت ثابت در ماههای مختلف سال



Maximum AC power	653000	Wac
Maximum DC power	666128	Wdc
Power consumption during operation	1812.4	Wdc
Power consumption at night	371.9	Wac
Nominal AC voltage	315	Vac
Maximum DC voltage	1000	Vdc
Maximum DC current	1350	Adc
Minimum MPPT DC voltage	500	Vdc
Nominal DC voltage	585.471	Vdc
Maximum MPPT DC voltage	820	Vdc

شکل ۶: مشخصات مبدل سیستم فتوولتائیک

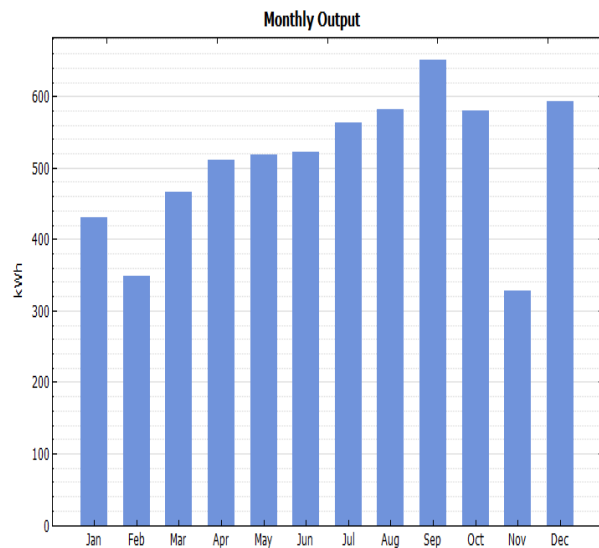
در مرحله بعد با در نظرگیری تعداد ۳۰ ماژول (۱۵ سطر و ۲ ستون) و مساحت کل ماژول برابر ۳۵/۴۶ مترمکعب و یک مبدل به مقایسه نوع آرایه یعنی در حالت ثابت و یا آرایه با ردیاب تک محوره با کمک نرم‌افزار SAM¹ می‌پردازیم.

۴- تحلیل جهت و زاویه شیب آرایه در حالت ثابت و با ردیاب تک محوره و تعیین حالت بهینه

با توجه به روابط ارائه شده در بخش دوم، دو عامل تاثیرگذار در جذب انرژی خورشیدی توسط آرایه زاویه آرایه نسبت به جنوب

¹ System Advisor Model

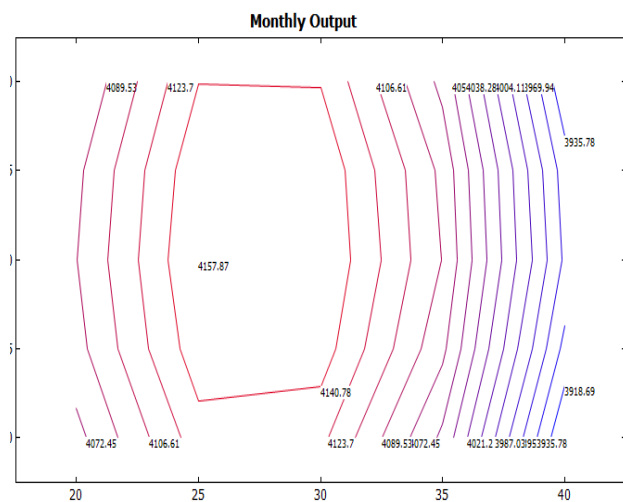
به ترتیبی مشابه ولی این بار آرایه با ردیاب تک محوره با در نظرگیری زاویه شیب ۳۰ درجه و زاویه جنوبی ۱۸۰ درجه و همچنین زاویه چرخش ۴۵ درجه، میزان الکتریسیته تولیدی توسط سیستم فتوولتائیک ۶۰۹۳ کیلووات ساعت می‌باشد که در شکل ۹ به تفکیک ماههای مختلف سال آمده است.



	Monthly Energy (kWh)
1	430.487
2	348.565
3	466.731
4	510.318
5	517.35
6	522.599
7	563.144
8	582.409
9	650.974
10	580.057
11	328.18
12	592.13

شکل ۹: نمودار تولید الکتریسیته توسط آرایه با وضعیت ردیاب تک محوره در ماههای مختلف سال

میزان کل الکتریسیته تولیدی توسط این سیستم ۴۱۵۷/۵۹ کیلووات ساعت می‌باشد که هرچه میزان انرژی تابشی وارد بر آرایه بیشتر باشد این میزان نیز به همان اندازه متغیر خواهد بود. در مرحله بعدی به تعیین زاویه شیب و جنوبی بهینه برای آرایه با وضعیت ثابت می‌پردازیم. همانطور که در شکل ۸ نمایان است بهترین زاویه شیب و زاویه جنوبی آرایه برای شهر شیراز به ترتیب زوایای ۲۵ و ۱۸۰ درجه می‌باشند و میزان الکتریسیته تولیدی در این زوایا ۴۱۵۷/۸۷ کیلووات ساعت می‌باشد.



	A	B	C	D	E	F	G
1 Annual Energy	20	25	30	35	40		
2 170	4067.28	4133.32	4128.53	4051.7	3901.61		
3 175	4083.35	4151.31	4149.85	4076.95	3930.96		
4 180	4089.05	4157.87	4157.59	4088.97	3949.84		
5 185	4085.37	4153.63	4154.9	4085.25	3944.39		
6 190	4072.91	4140.42	4139.87	4067.17	3922.18		

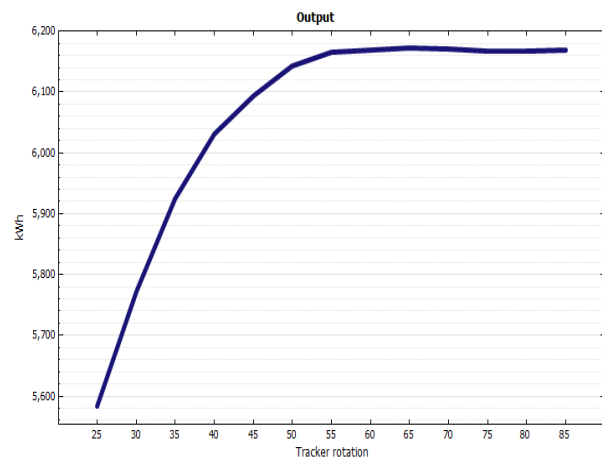
شکل ۸: نمودار سالیانه تولید الکتریسیته برای آرایه با وضعیت ثابت با زوایای شیب و زوایای جنوبی متفاوت برای شهر شیراز

با توجه به نمودار شکل ۱۰ بهترین زاویه چرخش، زاویه ۶۵ درجه می‌باشد که میزان تولید الکتریسیته برابر ۶۱۷۱/۷۹ کیلووات ساعت می‌باشد.

۵- نتیجه‌گیری

انرژی‌های نو، با توجه به گرمایش روزافزون جهانی و آلودگی‌هایی که از سوخت‌های فسیلی وارد جو می‌شود مدت‌هاست که ذهن پژوهشگران را به خود اختصاص داده تا با گسترش این انرژی‌های نو سهم مفیدی در آینده نسل‌های بعدی داشته باشند. انرژی خورشیدی از جمله انرژی‌های پاک و قابل دسترس می‌باشد و سیستم‌های فتوولتائیک هم به خاطر تبدیل مستقیم انرژی خورشیدی به برق از اهمیت والایی در این حوزه برخوردار می‌باشند. در این مقاله به مقایسه سیستم فتوولتائیک در دو وضعیت ثابت و با ردیاب تک محوره پرداخته شد و مشخص گردید که برای شهر شیراز با عرض جغرافیایی ۲۹ درجه بهترین زاویه برای قرارگیری آرایه ۲۵ و ۱۸۰ درجه می‌باشد که میزان الکتریسیته تولیدی آن با پارامترهای موجود در بخش سوم به صورت سالیانه برابر ۴۱۵۷/۸۷ کیلووات ساعت می‌باشد. در حالت ردیاب تک محوره نیز زاویه بهینه چرخش ۶۵ درجه و میزان تولید الکتریسیته برابر ۶۱۷۱/۷۹ کیلووات ساعت می‌باشد که ۲۰۱۳/۹۲ کیلووات بیشتر از سیستم با وضعیت ثابت است. بنابراین با توجه به اینکه سیستم فتوولتائیک با ردیاب هزینه بالاتری نسبت به سیستم

عامل بسیار مهم در ردیاب تک محوره زاویه چرخش آرایه می‌باشد تا بتواند خورشید را به طور کامل در آسمان دنبال کند. بنابراین به تحلیل زاویه چرخش و زاویه شیب می‌پردازیم و نتایج را در شکل ۱۰ به صورت نمودار به نمایش درمی‌آوریم و پس از یافتن زوایای بهینه، میزان الکتریسیته تولیدی توسط این حالت را بررسی می‌کنیم.



Parameterized Input(s)	Annual Energy(kwh)
Tracker rotation limit 1=25	5584.07
Tracker rotation limit 1=30	5771.81
Tracker rotation limit 1=35	5923.56
Tracker rotation limit 1=40	6030.5
Tracker rotation limit 1=45	6092.96
Tracker rotation limit 1=50	6142.34
Tracker rotation limit 1=55	6164.9
Tracker rotation limit 1=60	6169.33
Tracker rotation limit 1=65	6171.79
Tracker rotation limit 1=70	6171
Tracker rotation limit 1=75	6167.19
Tracker rotation limit 1=80	6167.92
Tracker rotation limit 1=85	6168.83

شکل ۱۰: نمودار تولید الکتریسیته برای آرایه با وضعیت

ردیاب تک محوره با زوایای چرخش متفاوت

concentrating. Renewable and sustainable energy reviews (2012):16(1):306-13.

[۱۱]. Gilbert.M.Masters, Renewable and efficient electric power systems, (2004), pp 431-442

[۱۲].

http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/cfm/weather_data3.cfm

فتوولتائیک در وضعیت ثابت دارد اما دارای بازده بسیار بالاتری می‌باشد که می‌تواند بیشتر مورد توجه کارشناسان قرار گیرد.

منابع

[۱]. Christopher, M.Dent, Wind Energy Development In East Asia and Europe, Asia Europe Journal,(2013), Volume 11, Issue 3, pp. 211-230

[۲]. Paris A.Fokaides,Irene.Chrysovalanto Miltiadous, Marina.K.A.Neophytou, Lia. Paschalia Spyridou, (2013),Promotion Of Wind Energy In Isolated Energy System:the case of the orites wind farm,Clean Technologies and Enviromental policy

[۳]. Rustemli S, Cengiz MS, Dincer F, Van ili Elektrik Energjisinin Dunu, Bugunu Veyarini. Kaynak Elektrik Dergisi (2011), 260:108-15

[۴]. Rustemli S, Dincer F, Almali N, Research on effects of environmental factors on photovoltaic panels and modeling with matlab/Simulink.przeglad Elektrotechniczny (2012), R88:63-6

[۵]. <http://comamiri2ab.persianblog.ir/post>

[۶]. Hochbaum, I.Allon, Yang, Peidong, “Semiconductor Nanowires for Energy Conversion” Chem. Rev.(2010), 110, 527–546

[۷]. Rustemli S, Dincer F, Demirtas M. Performance comparison of the sun tracking system and fixed system in the application of heating and lighting. Arabian journal for science and Engineering (2010):35(2B):171-83

[۸]. Bajpai P, Dash V. Hybrid Renewable energy systems for poer generation in stand-alone applications: a review Renewable and sustainable energy reviews (2012):16(5):2936-39

[۹]. Ibrahim A. Renewable energy sources in the Egyption electricity market: a review Renewable and sustainable energy reviews (2012):16(1):216-30

[۱۰]. Gomez –Gil Fj, wang X, Barnet A, Energy production of photovoltaic systems:fixed, tracking, and