



شبیه‌سازی و بهبود راندمان سیستم فوتو ولتائیک با استفاده از ردیاب دومحوره

احسان رضاقلی زاده^۱، نسرین دخت باطنی پور^۲

اكارشناسی ارشد برق الكترونيك، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد دماوند، ehsan.ghz.m@gmail.com

آستاديار دانشكده برق و كامپيوتر، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال،

batenipour_nd@srbiau.ac.ir, batenind@gmail.com

چكیده - در اين مقاله با در نظر گرفتن موقعيت مكاني پنل خورشيدی، تقويم نجومی منطقه‌ای و همچنين مسير حرکتی روزانه و لحظه‌ای خورشيد عملکرد سيستم‌های فوتو ولتائیک ثابت و متحرك شبیه‌سازی شد. بدین منظور ابتدا مسير حرکتی خورشيد و عملکرد موتور پياده‌سازی شد. سپس مدل ردیاب خورشيدی دومحوره پياده‌سازی شد و بر اساس آن توان توليدی و بازدهی سيستم‌های فوتو ولتائیک ثابت و متحرك محاسبه گردید. محاسبات برای شهر تهران در دو روز تابستانی و پاییزی انجام شد. منحنی توان پرتوهای خورشيدی، توان دريافتی و توان توليدی پنل‌های خورشيدی استخراج شد. نتايج حاصل نشان داد، استفاده از سيستم ردیاب موجب می‌شود پنل‌های خورشيدی تقریباً کل توان پرتوهای خورشيدی را دريافت کنند. لذا راندمان سيستم‌های متحرك به ۵۰/۶ درصد می‌رسد که در مقایسه با راندمان سيستم‌های ثابت که ۱۴/۱ درصد است، بهبود چشمگیری دارد. از مزایای سيستم ردیاب دومحوره ارائه شده در مقایسه با ساير طرح‌ها می‌توان به دقت بالای الگوریتم توليد مسير خورشيدی و عدم استفاده از سنسور جهت تعيين موقعيت خورشيد اشاره نمود.

کلید واژه- ردیاب خورشيدی، ردیاب دو محوره، سيستم فوتو ولتائیک، مسير خورشيدی.

Simulation and Efficiency Enhancement of Photovoltaic Systems Using Dual Axis Tracker

Ehsan Rezagholizadeh 1, Nasrindokht Batenipour2

1 Department of Electrical Engineering, Damavand Branch, Islamic Azad University, Damavand, Iran.

2 Department of Electrical and Computer Engineering, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran.

Abstract- In this paper, we have simulated the operation of fixed and tracking photovoltaic systems, considering the location of solar panel, local astronomical calendar and sun path. For this purpose, first, sun path and operation of the motor was simulated. Then, the dual axis sun tracker was modeled, and accordingly, generated power and the efficiency of both fixed and tracking photovoltaic systems were calculated. The calculation was made for Tehran for two summer and autumn days. The solar power, received power and generated power of solar panels were extracted. Our results proved that due to using tracking systems, solar panels receive almost all solar power. Therefore, the efficiency of tracking systems rises to 50.6% which is a considerable enhancement in comparison to the efficiency of fixed systems, which is 14.1%. The advantages of our dual tracking system over the other ones are the accuracy of sun path algorithm and no need for using sensors.

Keywords: sun tracker, dual axis tracker, photovoltaic system, sun path.

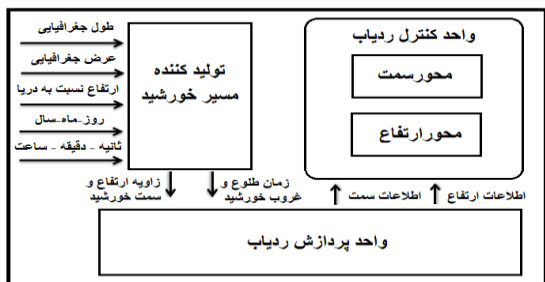
۱- مقدمه

با افزایش مصرف انرژی و ضرورت تامین آن از طریق منابع جدید، استفاده از سیستم‌های فوتو ولتائیک به عنوان منبع انرژی پاک و تجدید پذیر مورد توجه قرار گرفت [۱]. سیستم‌های فوتو ولتائیک با استفاده از پنل‌های سلول خورشیدی انرژی دریافتی از خورشید را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌نمایند. استفاده کارآمد از این منبع انرژی یکی از نکات کلیدی است. لذا در سالهای اخیر تلاشهای گسترده‌ای در راستای بهبود تکنولوژی ساخت سلولهای خورشیدی و افزایش راندمان آنها صورت گرفته‌است [۲ و ۳]. علاوه بر آن با توجه به حرکت روزانه و سالانه خورشید، موقعیت و جهت تابش آن نسبت به پنل خورشیدی به طور پیوسته تغییر می‌کند و از شرایط تابش عمود بر سطح پنل خارج می‌شود. این امر موجب می‌گردد نور تابیده شده بر سطح پنل به‌طور کامل دریافت نشود. لذا استفاده از ردیاب‌های خورشیدی به‌عنوان راه‌کاری جهت افزایش راندمان دریافت و در نتیجه راندمان کل سیستم فوتوولتائیک مطرح می‌گردد. ردیاب خورشیدی مسیر حرکت خورشید را تعقیب می‌کند و بار خود را که شامل، بازتابنده، لنز، پنل خورشیدی و سایر تجهیزات اپتیکی است، همواره به سمت خورشید و در جهت تابش عمود پرتوهای آن نگه می‌دارد [۴]. سیستم‌های جمع‌آوری انرژی خورشید را به دو دسته ثابت و متحرک تقسیم می‌کنند که در سیستم‌های متحرک از ردیاب خورشیدی استفاده شده است.

در این مقاله سیستم‌های فوتو ولتائیک ثابت و متحرک را شبیه سازی کرده و راندمان آنها را با یکدیگر مقایسه نموده‌ایم. برای ردیابی خورشید از ردیابی دومحوره استفاده کرده‌ایم [۴].

۲- طراحی و پیاده‌سازی مدل ردیاب خورشیدی

ردیاب خورشیدی با در نظر گرفتن موقعیت مکانی پنل خورشیدی، تقویم نجومی منطقه‌ای و همچنین مسیر حرکتی روزانه و لحظه‌ای خورشید عمل ردیابی را انجام می‌دهد و موقعیت پنل خورشیدی را در دو محور ارتفاع و سمت تغییر می‌دهد. شکل ۱ نمای بلوکی سیستم ردیابی پیاده‌سازی شده را نشان می‌دهد.



شکل ۱: نمای بلوکی مدل ردیاب خورشیدی

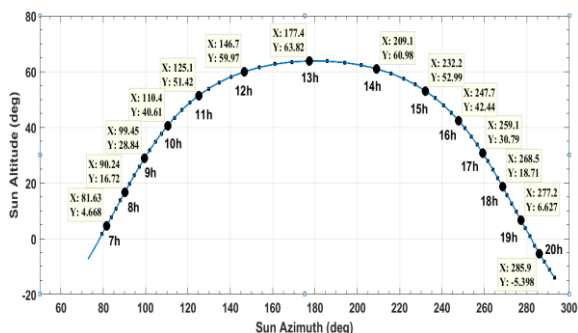
سیستم ردیاب خورشیدی از سه بلوک اصلی، تولید کننده مسیر حرکتی، واحد پردازش ردیاب و واحد کنترل ردیاب تشکیل می‌شود که هر یک از این بلوک‌ها به‌طور مجزا طراحی و شبیه‌سازی شده‌اند.

الگوریتم تولید مسیر حرکتی خورشید به گونه‌ای طراحی شده است که در هر زمان دلخواه (شامل زمان‌های گذشته و آینده) برای هر موقعیت جغرافیایی از زمین قابل استفاده است. واحد پردازش ردیاب برحسب نیاز می‌تواند عمل ردیابی را به‌صورت پیوسته یا گسسته در بازه‌های زمانی مشخص انجام دهد [۴].

واحد کنترل ردیاب با توجه به زوایای مطلوب سمت و ارتفاع و با در نظر گرفتن زاویه کنونی هر یک از محورها، سیگنال کنترل مورد نیاز هر موتور را به آن اعمال می‌نماید.

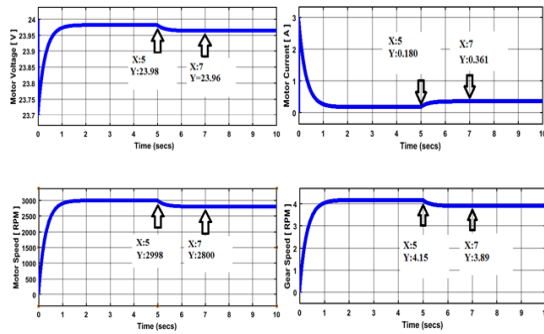
۳- تولید مسیر حرکتی روزانه خورشید

در پیاده‌سازی مدل ردیاب خورشیدی، بلوک تولید کننده مسیر حرکتی خورشید یکی از بلوکهای اساسی است. شکل ۲ نتایج حاصل از تولید مسیر حرکتی روزانه خورشید برای شهر تهران را ارائه می‌نماید که با نتایج ارائه شده در مرجع [۵] مطابقت دارد.



شکل ۲: مسیر حرکتی خورشید برای شهر تهران در تاریخ

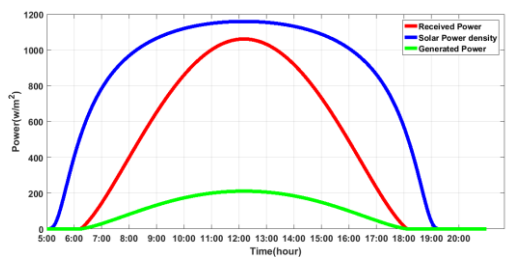
۲۰۱۷/۰۴/۱۴



شکل ۴: منحنی های خروجی موتور

۵- نتایج شبیه سازی

در این بخش نتایج حاصل از شبیه سازی سیستم های فوتو ولتائیک ثابت و متحرک ارائه شده و بازدهی و توان تولیدی حاصل از آنها با یکدیگر مقایسه شده است. شبیه سازی بر اساس موقعیت جغرافیایی شهر تهران و برای روزهای ۲۴ تیر ۱۳۹۶ و ۲۴ آذر ۱۳۹۶ انجام شده است. شکل های ۵ و ۶ نتایج حاصل برای روز تابستانی را بیان می کنند. در این شکل ها، توان پرتوهای خورشیدی، توان دریافت شده و توان تولیدی بر حسب ساعات مختلف روز ترسیم شده است. بر اساس این نتایج در روز تابستانی متوسط توان پرتوهای خورشیدی $782/7 \text{ W/m}^2$ است که در سیستم فوتو ولتائیک ثابت توان دریافت شده پنل خورشیدی $471/6 \text{ W/m}^2$ و توان تولیدی توسط پنل 95 W/m^2 است. در حالیکه برای سیستم فوتو ولتائیک مجهز به ردیاب دوجوره مقدار توان دریافت شده با توان پرتوهای خورشیدی برابر است و توان تولیدی 156 W/m^2 است.



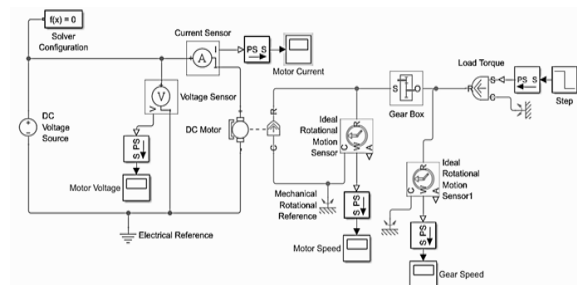
شکل ۵: توان پرتوهای خورشیدی، توان دریافتی و توان تولیدی پنل ثابت برای شهر تهران در تاریخ ۹۴/۰۴/۲۴.

۴- شبیه سازی موتور، گیربکس و بار مکانیکی

به منظور شبیه سازی ردیاب خورشیدی، لازم است عملکرد موتورهای شبیه سازی شود. موتور الکتریکی به کار رفته در سیستم ردیابی در هر دو محور سمت و ارتفاع، موتور جریان ثابت جاروبک دار با مشخصه 45PA720G/45ZYT75-2430 است [۶].

شکل ۳ مدل مورد استفاده در شبیه سازی موتور را نشان می دهد. طبق محاسبات انجام شده گشتاور کل مورد نیاز برای حرکت دادن پنل خورشیدی معادل 10 N*m است که آن را در خروجی گیربکس قرار می دهیم. مقدار 2 N*m از این گشتاور معادل وزن سلول خورشیدی و 8 N*m از آن برای مقابله با نیروی بادی با سرعت 36 Km/h است.

با استفاده از مدل ارائه شده در شکل ۳، عملکرد موتور شبیه سازی می شود و پارامترهای مهم آن نظیر ولتاژ و جریان موتور، سرعت شفت موتور و سرعت خروجی گیربکس استخراج می شود که شکل ۴ نتایج حاصل را نشان می دهد. در لحظه اول موتور بدون بار و با اعمال ولتاژ 247 راه اندازی می شود. سپس در ثانیه پنجم از زمان شبیه سازی گشتاور 10 N*m در خروجی گیربکس قرار می گیرد. در لحظه اول راه اندازی به منظور تامین جریان مورد نیاز، ولتاژ تغذیه افت می کند. موتور پس از گذشت تقریباً 18 به سرعت بدون بار 3000 RPM می رسد. در این زمان سرعت خروجی گیربکس $4/1 \text{ RPM}$ است (به دلیل نسبت کاهنده $1/720$). همانگونه که ملاحظه می گردد پس از بارگذاری، جریان موتور افزایش می یابد در حالیکه ولتاژ موتور و سرعت موتور و گیربکس کاهش می یابند.

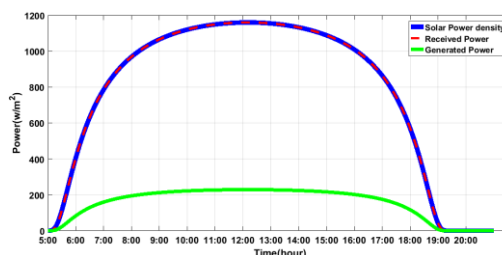


شکل ۳: مدل مورد استفاده در شبیه سازی عملکرد موتور

بازدهی سیستم را نسبت به سیستم ثابت ۳۶/۵٪ افزایش می دهد.

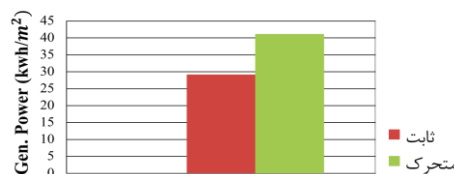
مراجع

- [1] S. Fathi and A. Lavasani, "A Review of Renewable and Sustainable Energy Potential," *Journal of Clean Energy Technologies*, vol. 5, March 2017.
- [2] A. Bahrami, S. Mohammadnejad, and N. J. Abkenar, "Optimized structure of AlGaAs/GaAs double junction solar cells," *Journal of Modern Optics*, vol. 61, no. 7, pp. 568-575, 2014.
- [3] P.P. Nayak, J.P. Dutta, and G.P. Mishra, "Efficient InGaP/GaAs DJ solar cell with double back surface field layer," *Eng. Sci. Technol., Int. J.*, vol. 18, no. 3, pp. 325-335, 2015.
- [4] G. J. Prinsloo, "Automatic positioner and control system for a motorized parabolic solar reflector," M.S. thesis, University of Stellenbosch, South Africa, Dec 2014.
- [5] <http://www.sunposition.info/sunposition/spc>.
- [6] http://www.wikipedia.org/wiki/Electric_motor.



شکل ۶: توان پرتوهای خورشیدی، توان دریافتی و توان تولیدی پنل متحرک برای شهر تهران در تاریخ ۹۶/۰۴/۲۴.

نتایج حاصل برای روز پاییزی ۲۴ آذر ۱۳۹۶ نیز به طور مشابه مؤید این مطلب است که با استفاده از سیستم ردیابی تقریباً تمام توان پرتوهای خورشیدی توسط پنل دریافت می شود که این امر بازدهی سیستم را به میزان چشمگیری افزایش می دهد. متوسط توان تولیدی محاسبه شده در بازه زمانی یکساله برای سیستمهای ثابت و متحرک به ترتیب تقریباً ۲۹ و ۴۱ KW/m^2 است و بازده آنها به ترتیب ۱۴/۱ و ۵۰/۶ درصد است (شکل ۷). بنابراین با استفاده از ردیابی دوماحوره بازدهی سیستم ۳۶/۵٪ افزایش می یابد.



شکل ۷: متوسط توان تولیدی سیستمهای ثابت و متحرک برای تهران، سال ۱۳۹۶.

۶- نتیجه گیری

مدل ردیاب خورشیدی دوماحوره از سه بلوک اصلی تشکیل شده بود. نتایج حاصل از شبیه سازی بلوک تولید مسیر حرکتی خورشید نشان داد که الگوریتم مورد استفاده از دقت بالایی برخوردار است. عملکرد موتور نیز شبیه سازی شد و بر اساس مدل ارائه شده عملکرد سیستمهای فوتو ولتائیک ثابت و متحرک شبیه سازی و با یکدیگر مقایسه گردید.

نتایج حاصل برای شهر تهران، در دو روز تابستانی و پاییزی نشان داد استفاده از ردیاب دوماحوره موجب می شود تقریباً تمام توان پرتوهای خورشیدی توسط پنل دریافت شود و