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

احسان رضاقلی زاده[۱]،نسرین دخت باطنی پور[۲]

[۱]کارشناسی ارشد برق الکترونیک، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد دماوند،ehsan.ghz.m@gmail.com .

[۲]استادیار دانشکده برق و کامپیوتر، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال،
batenipour_nd@srbiau.ac.ir،batenind@gmail.com.

چکیده – در این مقاله با درنظر گرفتن موقعیت مکانی پنل خورشیدی، تقویم نجومی منطقه‌ای و همچنین مسیر حرکتی روزانه و لحظه‌ای خورشید عملکرد سیستم‌های فوتو ولتائیک ثابت و متحرک شبیه‌سازی شد. بدین منظور ابتدا مسیر حرکتی خورشید و عملکرد موتور پیاده‌سازی شد. سپس مدل ردیاب خورشیدی دومحوره پیاده‌سازی شد و بر اساس آن توان تولیدی و بازدهی سیستمهای فوتو ولتائیک ثابت و متحرک محاسبه گردید. محاسبات برای شهر تهران در دو روز تابستانی و پاییزی انجام شد. منحنی توان پرتوهای خورشیدی، توان دریافتی و توان تولیدی پنل‌های خورشیدی استخراج شد. نتایج حاصل نشان داد، استفاده از سیستم ردیاب موجب می‌شود پنل‌های خورشیدی تقریبا کل توان پرتوهای خورشیدی را دریافت کنند. لذا راندمان سیستمهای متحرک به ۵۰/۶ درصد می‌رسد که در مقایسه با راندمان سیستمهای ثابت که ۱۴/۱ درصد است، بهبود چشمگیری دارد. از مزایای سیستم ردیاب دومحوره ارائه شده در مقایسه با سایر طرح‌ها می‌توان به دقت بالای الگوریتم تولید مسیر خورشیدی و عدم استفاده از سنسور جهت تعیین موقعیت خورشید اشاره نمود.

کلید واژه- ردیاب خورشیدی، ردیاب دو محوره، سیستم فوتو ولتائیک، مسیر خورشیدی.

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.

این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-02]

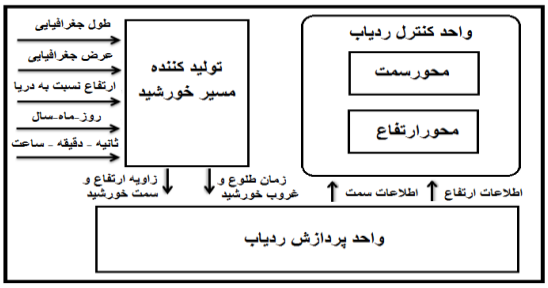
۱- مقدمه

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 تبدبل 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 [۲و۳]. 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 درجهت تابش عمود پرتوهای آن نگه می‌دارد [۴]. سیستم‌های جمع‌آوری انرژی خورشید را به دو دسته تابت 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 درنظر 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.



شکل۱:نمای بلوکی مدل ردیاب خورشیدی

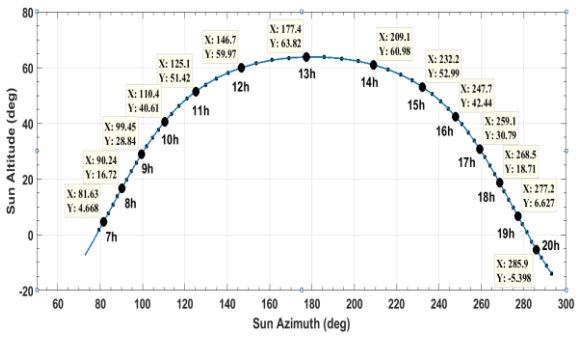
سیستم ردیاب خورشیدی از سه بلوک اصلی، تولید کننده مسیر حرکتی، واحد پردازش ردیاب و واحد کنترل ردیاب تشکیل می‌شود که هریک از این بلوک‌ها به‌طور مجزا طراحی و شبیه‌سازی شده‌اند.

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 درنظرگرفتن 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.



شکل۲: مسیر حرکتی خورشید برای شهر تهران در تاریخ ۲۰۱۷/۰۴/۱۴ .

این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد

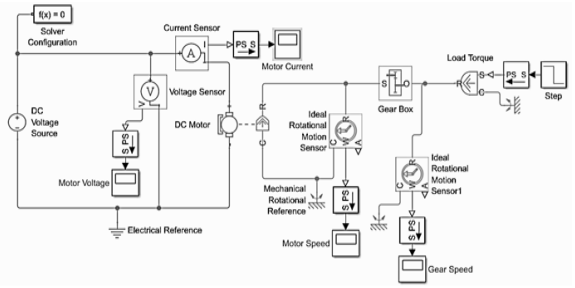
[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-02]

۴- شبیه سازی موتور،گیربکس و بار مکانیکی

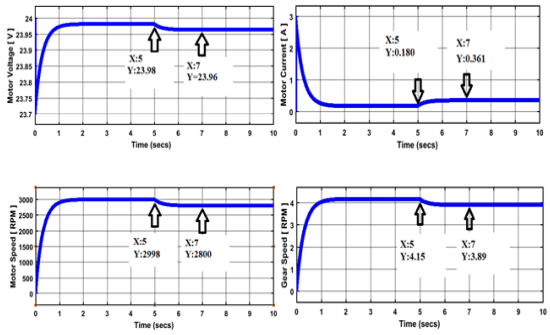
به منظور شبیه‌سازی ردیاب خورشیدی، لازم است عملکرد موتورها شبیه‌سازی شود. موتور الکتریکی به‌کار رفته در سیستم ردیابی در هر دو محور سمت و ارتفاع، موتور جریان ثابت جاروبک‌دار با مشخصه 45PA720G/45ZYT75-2430 است [۶].

شکل ۳ مدل مورد استفاده در شبیه‌سازی موتور را نشان می‌دهد. طبق محاسبات انجام شده گشتاور کل مورد نیاز برای حرکت دادن پنل خورشیدی معادل ۱۰N*m است که آن را در خروجی گیربکس قرار می‌دهیم. مقدار ۲N*m از این گشتاور معادل وزن سلول خورشیدی و ۸N*m از آن برای مقابله با نیروی بادی با سرعت ۳۶ Km/h است.

با استفاده از مدل ارائه شده در شکل ۳، عملکرد موتور شبیه‌سازی می‌شود و پارامترهای مهم آن نظیر ولتاژ و جریان موتور، سرعت شفت موتور و سرعت خروجی گیربکس استخراج می‌شود که شکل ۴ نتایج حاصل را نشان می‌دهد. در لحظه اول موتور بدون بار و با اعمال ولتاژ ۲۴V راه‌اندازی می‌شود. سپس در ثانیه پنجم از زمان شبیه‌سازی گشتاور ۱۰N*m در خروجی گریبکس قرار می‌گیرد. در لحظه اول راه اندازی به منظور تامین جریان مورد نیاز، ولتاژ تغذیه افت می‌کند. موتور پس از گذشت تقریبا ۱S به سرعت بدون بار ۳۰۰۰RPM می‌رسد. در این زمان سرعت خروجی گیربکس ۴/۱RPM است (به دلیل نسبت کاهنده ۱/۷۲۰). همانگونه که ملاحظه می‌گردد پس از بارگذاری، جریان موتور افزایش می‌یابد درحالیکه ولتاژ موتور و سرعت موتور و گیربکس کاهش می‌یابند.



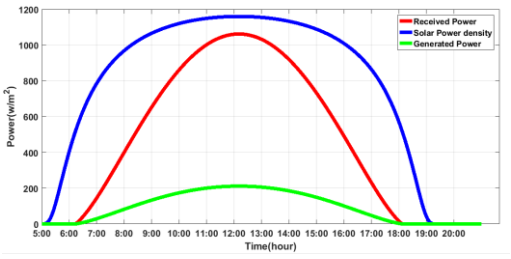
شکل۳: مدل مورد استفاده در شبیه سازی عملکرد موتور



شکل۴: منحنی های خروجی موتور

۵- نتایج شبیه‌سازی

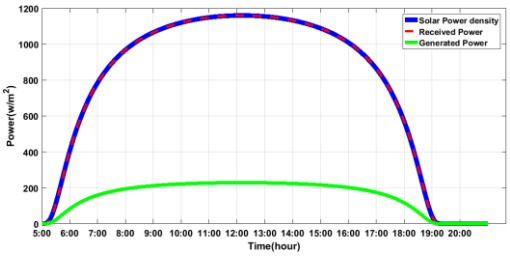
در این بخش نتایج حاصل از شبیه‌سازی سیستم‌های فوتو ولتائیک ثابت و متحرک ارائه شده و بازدهی و توان تولیدی حاصل از آنها با یکدیگر مقایسه شده‌است. شبیه‌سازی بر اساس موقعیت جغرافیایی شهر تهران و برای روزهای ۲۴تیر۱۳۹۶ و ۲۴ آذر ۱۳۹۶ انجام شده‌است. شکل‌های ۵ و ۶ نتایج حاصل برای روز تابستانی را بیان می‌کنند. در این شکل‌ها، توان پرتوهای خورشیدی، توان دریافت شده و توان تولیدی بر حسب ساعات مختلف روز ترسیم شده‌است. بر اساس این نتایج در روز تابستانی متوسط توان پرتوهای خورشیدی ۷۸۲/۷ W/m^2 است که در سیستم فوتو ولتائیک ثابت توان دریافت شده پنل خورشیدی ۴۷۱/۶ W/m^2 و توان تولیدی توسط پنل ۹۵ W/m^2 است. در حالیکه برای سیستم فوتو ولتائیک مجهز به ردیاب دومحوره مقدار توان دریافت شده با توان پرتوهای خورشیدی برابر است و توان تولیدی ۱۵۶ W/m^2 است.



شکل۵: توان پرتوهای خورشیدی، توان دریافتی و توان تولیدی پنل ثابت برای شهر تهران در تاریخ ۹۴/۰۴/۲۴.

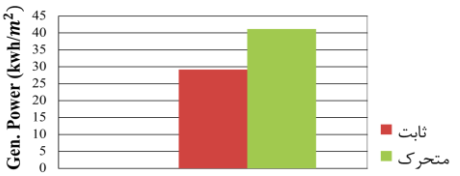
این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-02]



شکل۶: 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 موئد این مطلب است که با استفاده از سیستم ردیابی تقریبا تمام توان پرتوهای خورشیدی توسط پنل دریافت می‌شود که این امر بازدهی سیستم را به‌میزان چشمگیری افزایش می‌دهد. متوسط توان تولیدی محاسبه شده در بازه زمانی یکساله برای سیستمهای ثابت و متحرک به‌ترتیب تقریبا ۲۹ و ۴۱ KW/m^2 است و بازده آنها به‌ترتیب ۱۴/۱ و ۵۰/۶ درصد است (شکل۷). بنابراین با استفاده از ردیابی دومحوره بازدهی سیستم ۳۶/۵٪ افزایش می‌یابد.



شکل۷: متوسط توان تولیدی سیستمهای ثابت و متحرک برای تهران ،سال ۱۳۹۶.

۶- نتیجه‌گیری

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

نتایج حاصل برای شهر تهران، در دو روز تابستانی و پاییزی نشان داد استفاده از ردیاب دومحوره موجب می‌شود تقریبا تمام توان پرتوهای خورشیدی توسط پنل دریافت شود و 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.

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-02]

این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد