



## بررسی تغییرات توان خروجی از سامانه PV/T در محیط گلخانه

امیرحسین چایساز<sup>۱</sup>، سید رضا موسوی سیدی<sup>۲</sup>، علی متولی<sup>۳</sup>، مهدی منتظری<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک بیوسیستم، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری؛ amirhosein71.chaysaz@gmail.com

<sup>۲</sup> دانشیار گروه مکانیک بیوسیستم، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری؛ mousavi22@yahoo.com

<sup>۳</sup> استادیار گروه مکانیک بیوسیستم، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری؛ motevali62@gmail.com

<sup>۴</sup> دانشجوی دکتری گروه مکانیک بیوسیستم، دانشگاه تربیت مدرس تهران؛ mehdi\_mo\_1985@yahoo.com

### چکیده

در پژوهش حاضر به منظور تامین برق و حرارت مورد نیاز یک واحد گلخانه کوچک، یک سیستم فتوولتائیک-حرارتی مجهز به سامانه ردیاب خورشیدی طراحی و ساخته شد. ارزیابی سیستم فتوولتائیک-حرارتی در سه سطح پوشش شیشه، پلاستیک و پلی کربنات، در دو سطح نرخ جریان جرمی  $0.025 \text{ Kg/s}$  و بدون دبی و دو حالت با و بدون استفاده از سیستم ردیاب خورشیدی انجام گردید. نتایج نشان داد که در نرخ جریان جرمی  $0.025 \text{ Kg/s}$ ، میانگین بیشترین توان الکتریکی و دمای آب خروجی در پوشش شیشه به ترتیب به میزان  $31/36$  وات و  $47/69$  درجه سانتی گراد و میانگین کمترین توان الکتریکی و دمای آب خروجی در پوشش پلی کربنات به ترتیب به میزان  $18/44$  وات و  $34/89$  درجه سانتی گراد بود. همچنین توان الکتریکی تولید شده در حالت استفاده از سیستم ردیاب خورشیدی نسبت به حالت بدون ردیاب خورشیدی در پوشش شیشه  $13/55\%$ ، در پوشش پلاستیک  $18/54\%$  و در پوشش پلی کربنات  $18/27\%$  افزایش داشت. در حالت بدون استفاده از سیستم ردیاب میانگین بیشترین و کمترین دمای آب خروجی به ترتیب مربوط به پوشش شیشه و پلی کربنات به میزان  $47/51$  و  $34/23$  درجه سانتی گراد بود که این اختلاف ناچیز با حالت استفاده از سیستم ردیابی به دلیل قرارگرفتن صفحات خورشیدی درون گلخانه بود.

کلمات کلیدی: فتوولتائیک-حرارتی، توان الکتریکی، دمای آب، ردیاب خورشیدی، پوشش گلخانه

## Investigation of power output changes from PV/T system in greenhouse environment

Amirhosein chaysaz<sup>1</sup>, Seyed reza mousavi seyedi<sup>2</sup>, Ali motevali<sup>3</sup>, Mehdi montazeri<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Department of Mechanics of Biosystem Engineering, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources

<sup>2</sup>Department of Mechanics of Biosystem Engineering, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources

<sup>3</sup>Department of Mechanics of Biosystem Engineering, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources

<sup>4</sup>Department of Mechanics of Biosystem Engineering, Tarbiat modares University

### ABSTRACT

In this research, In order to supply the required heat and power of a small greenhouse unit, A photovoltaic-thermal system equipped with solar tracker system was designed and constructed. Evaluation of photovoltaic-thermal system was performed in three levels of glass, plastic and polycarbonate covers, at two levels mass flow rate  $0.025 \text{ kg/s}$  and without mass flow rate and two modes with and without using of the solar tracking system. The results showed that in  $0.025 \text{ kg / s}$  of mass flow rate, the average of the maximum electric power and the temperature of the outlet water in the glass cover was  $31.36\text{W}$  and  $47.69^\circ\text{C}$  and the average of the minimum electric power and the temperature of the outlet water in the polycarbonate cover was  $18.44\text{W}$  and  $34.89^\circ\text{C}$ , Respectively. Also, the electrical power generated by using the solar-tracking system compared to the non-tracking mode of the solar system in glass, plastic and poly carbonate cover increased to the  $13.55$ ,  $18.54$  and  $18.27$  percent, Respectively. In the non-tracking mode of the solar system, the average of the



maximum and minimum temperature of the outlet water for glass and polycarbonate cover was  $47.51^{\circ}\text{C}$  and  $34.23^{\circ}\text{C}$ , Respectively. This slight difference was due to the use of the tracking system due to the placement of solar panels into the greenhouse.

**Keywords:** photovoltaic-thermal, electricity power, water temperature, solar tracker, greenhouse cover

## ۱- مقدمه

افزایش جمعیت یکی از اساسی ترین نیاز بشر، یعنی مواد غذایی را بیش از پیش بیشتر کرده است. نیاز بشر به مواد غذایی باعث ضرورت ایجاد و رونق کشت های خارج از فصل و توسعه گلخانه ها شد. بخش کشاورزی نیز به منظور تامین نیاز غذایی جمعیت کره زمین، به مقدار قابل توجهی به مصرف انرژی وابسته می باشد. از مهمترین فعالیت های کشاورزی که سهم بسزایی در مصرف انرژی دارد، گلخانه است (Foley et al., 2011). یکی از مشکلات اساسی در گلخانه های ایران، افزایش مصرف انرژی آن ها است. گزارشات موسسه مطالعات بین المللی انرژی حاکی از آن است که کشت گلخانه ای در بخش کشاورزی دارای بیشترین مصرف انرژی است. به طور کلی عمده مصرف انرژی در گلخانه مربوط به دمای محیط گلخانه است و حدود ۱۲ درصد انرژی الکتریکی صرف روشنایی، آبیاری و راه اندازی وسایل گرمایشی و سرمایشی و غیره می گردد (Montazeri et al., 2016). تامین حرارت و گرمایش محیط گلخانه ها یکی از ضروری ترین نیازهای کشت گلخانه ای است که برای رشد گیاه در فصل زمستان باید انجام گیرد و بیشترین سهم هزینه های انرژی در محیط گلخانه ها را در فصول سرد سال شامل می شود (Esen and Yuksel, 2013). بررسی منابع نشان می دهد که در کشور ایران سایر کشورهای جهان، تامین انرژی در گلخانه با استفاده از سوخت های فسیلی انجام می گیرد. بنابراین متخصصان و دانشمندان را بر آن داشت تا با استفاده از انرژی های تجدید پذیر و پاک به جای سوخت های فسیلی از انتشار بخشی از آلاینده های زیست محیطی جلوگیری کنند (Santamouris et al., 1994). در کنار مصرف بالای انرژی و با توجه به ترازنامه انرژی در سال ۱۳۹۲ تولید و نشر گازهای آلاینده و گلخانه ای در بخش کشاورزی ۱۳۱۰۴۵۲۲ تن در سال بوده که با جلوگیری از انتشار این گازها در بخش کشاورزی ۳۹۳۷ میلیارد ریال صرفه جویی اقتصادی خواهد شد (Satba., 2013). بنابراین استفاده از سامانه های خورشیدی در بخش گلخانه ها می تواند روش کم هزینه به ویژه در مناطق دور از شبکه توزیع برق (با توجه به فاصله زیاد گلخانه ها از محیط های روستایی و شهری) بوده و ضمن کاهش مشکلات ناشی از توسعه شبکه و سوخت رسانی در این مناطق می تواند راهکاری برای کاهش مصرف سوخت های فسیلی بوده و تاثیر به سزایی در تقلیل انتشار گازهای گلخانه ای دارد و در آینده با افزایش تولید این سیستم ها و کاهش هزینه های ساخت، استفاده از آنها امکان پذیر خواهد شد. با دفع حرارت از صفحات خورشیدی می توان این اثر نامطلوب را کاهش داد. به این صورت که با جریان سازی یک سیال بر روی پنل های فتوولتائیک می توان حرارت زیادی را از پنل جذب کرد و دمای سطح پنل فتوولتائیک را کاهش و راندمان الکتریکی را افزایش داد (Ameri and Shahsavari, 2009). شکل ۱ طرحواره سیستم فتوولتائیک-حرارتی را بر پایه آب نشان می دهد.



**Figure 1. Schematic of water based photovoltaic-thermal system**

شکل ۱- طرحواره سیستم فتوولتائیک-حرارتی بر پایه آب

مطالعات فراوانی پیرامون سیستم های فتوولتائیک-حرارتی انجام شده است و عملکرد این سیستم ها در تولید برق و حرارت به صورت همزمان مورد بررسی قرار گرفت. تیواری و همکاران به بررسی دمای آب سیستم فتوولتائیک-حرارتی برای گرمایش آب در دبی جرمی ثابت پرداختند. آن ها با استفاده از پارامترهای طراحی و آب و هوایی به تجزیه و تحلیل انرژی تولید شده کلکتور صفحه تخت و مخزن ذخیره پرداختند. نتایج نشان داد که دمای آب خروجی از سیستم در طول مدت آزمایش افزایش می یابد (Tiwari et al., 2009). پی و همکاران در پژوهشی به بررسی لوله های حرارتی جدید برای سیستم فتوولتائیک-حرارتی که می توانست همزمان انرژی الکتریکی و حرارتی را عرضه کند، ارائه کردند. مدل دینامیکی لوله حرارتی سیستم فتوولتائیک-حرارتی ارائه و برای انجام آزمایش بر روی آن ساخته شد. آنها نشان دادند که بازده کلی اولیه و ثانویه سیستم فتوولتائیک حرارتی به ترتیب در حدود  $51/5$  و  $7/1$  درصد بود (Pei et al., 2012). پژوهش های مورد بررسی در بالا به طور اعم به بررسی سامانه هایی می پرداخت که



## یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران



انجمن مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون ایران



Bu Ali Sina University

بدون تجهیزات ردیابی برای دنبال کردن خورشید در طول روز بودند. سیستم‌های فتوولتاییک با ردیاب خورشیدی در طول روز به طور مستمر خورشید را دنبال کرده و میزان تولید الکتریسیته توسط سلول‌های فتوولتاییک وابسته به شدت تابش خورشید است. با استفاده از سیستم‌های ردیاب خورشیدی می‌توان از حداکثر شدت تابش در طول روز جهت تولید الکتریسیته استفاده نمود (Rustemli et al., 2010). سیستم ردیاب تک محوره حرکت خورشید را در یک زاویه دنبال کرده و بازه کاری این سیستم‌ها از شمال به جنوب و یا از شرق به غرب می‌باشد. سیستم‌های دو محوره، خورشید را در دو زاویه، یعنی از شرق به غرب و از شمال به جنوب به طور فصلی دنبال می‌کنند (Bajpai et al., 2012; Ibrahim et al., 2012). گومز و همکاران در پژوهش‌های خود دریافتند که میزان تولید الکتریسیته برای ردیاب دو محوره ۲۵/۲ درصد و برای ردیاب تک محوره ۲۲/۳ درصد به صورت سالانه بیشتر از سیستم با وضعیت ثابت است (Gomez et al., 2012). نتایج بررسی‌های مختلف نشان داد که در زمینه تامین برق و حرارت به صورت همزمان در گلخانه‌ها مطالعاتی در ایران صورت نگرفته است. به توجه به شرایط خاص گلخانه‌ها از نظر پوشش و ساختار فیزیکی (از نظر سایه‌اندازی بر روی صفحات خورشیدی و میزان دریافت شدت تابش)، عملکرد سامانه‌های خورشیدی به قطع بسیار متفاوت‌تر از سامانه‌های فتوولتاییک-حرارتی در محیط آزاد می‌باشد. از این رو در کار تحقیقاتی حاضر به بررسی اثر پوشش‌های مختلف گلخانه بر توان الکتریکی خروجی و آب گرم تولید شده از سیستم فتوولتاییک-حرارتی و همچنین مقایسه توان الکتریکی خروجی در حالت با و بدون استفاده از سیستم ردیاب خورشیدی پرداخته شد.

## ۲- مواد و روش‌ها

### مشخصات گلخانه مورد آزمایش

به منظور انجام این پژوهش از یک واحد گلخانه با مساحت ۵/۸ متر مربع واقع در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری با طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۵ دقیقه و عرض ۳۶ درجه و ۴ دقیقه و ارتفاع ۵۴ متر از سطح دریا استفاده گردید. به منظور بررسی تاثیرات پوشش گلخانه بر پارامترهای خروجی این پژوهش از سه نوع پوشش پلی کربنات، شیشه و پلاستیک (پلی اتیلن) برای پوشش سقف استفاده شد که در جدول ۱ مشخصات سه نوع پوشش مختلف آورده شده است. گلخانه مورد استفاده در این پژوهش، گلخانه پیش‌ساخته سری وستا مدل D35 ساخت شرکت خانه سبز با ساختار دوطرفه به طول ۳/۱ متر، عرض ۱/۸۶ متر با ارتفاع ۲/۰۵ متر می‌باشد.

Table 1. Specifications of three types of different cover

جدول ۱ - مشخصات سه نوع پوشش مختلف

Dimension (m)	Light transmittance (%)	Cover
11.5 × 6.2 × 0.004	90	Glass
11.5 × 6.2 × 0.0003	85	Plastic
11.5 × 6.2 × 0.003	75	Poly Carbonate

### مشخصات جمع‌کننده فتوولتاییک-حرارتی:

به منظور انجام آزمایش‌ها از جمع‌کننده فتوولتاییک-حرارتی که شامل دو صفحه پلی کریستال با توان ۳۵ وات ساخت شرکت پاک آتیه بود، استفاده شد و برای دستیابی به ماکزیمم جریان تولیدی به صورت سری به هم متصل شدند. جدول ۲ مشخصات صفحات خورشیدی مورد استفاده در این پژوهش را نشان می‌دهد. جنس قاب ساخته شده برای دور پنل‌ها از آلومینیوم فشرده با قطر 4cm که از استحکام کافی برای تحمل جمع‌کننده و تجهیزات دیگر برخوردار بود. همچنین برای ساخت جاذب حرارت از یک صفحه آلومینیوم با ابعاد 15 × 160 cm<sup>2</sup> و ضخامت 1mm استفاده شد.

Table 2. Specifications of tested solar panels

جدول ۲ - مشخصات صفحات خورشیدی مورد استفاده

Unit	Value	Specifications
	Poly-crystalline silicon	Pv module type
m <sup>2</sup>	0.15 × 1.6	Dimensions
W	35	Capacity
	2	Number of Pv panel
A	I <sub>sc</sub> = 2.11, I <sub>mp</sub> = 1.99	Current
V	V <sub>oc</sub> = 19.02, V <sub>mp</sub> = 17.56	Voltage
°C <sup>-1</sup>	0.0045	Reference temperature coefficient
%	15	Pv module efficiency



## یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران



به منظور ایجاد جریان سیال، سه لوله مسی با قطر متوسط ۱۲ میلی‌متر به طول ۱۶۰ سانتی‌متر را به وسیله چسب سیلیکون (هادی حرارت) به صفحه آلومینیومی متصل و در نهایت صفحه و لوله با چسب سیلیکون به صفحه پشت صفحه خورشیدی (تدلار) متصل گردید. جهت عایق‌بندی هر چه بهتر سیستم سطح پشتی صفحه جاذب به طور کامل با پشم شیشه به ضخامت ۴ سانتی‌متر پوشانده شد. مشخصات اجزای مختلف جمع‌کننده فتوولتائیک-حرارتی ساخته شده در جدول ۳ آورده شده است.

**Table 3. Specifications of different components of photovoltaic-thermal collector**

جدول ۳- مشخصات اجزای مختلف جمع‌کننده فتوولتائیک-حرارتی

Dimensions (m)	Materials	Thermal conductivity ( $W/m.k$ )	Number	Specifications
0.15 × 1.6	Aluminium	237	2	Absorber plate
0.012	Cooper	310	6	Pipe Diameter
۰/۰۴	Glass wool	۰/۰۳۹	2	Isolation

در ایران، صفحات خورشیدی تحت زاویه ۳۰ درجه نسبت به افق و به سمت جنوب قرار می‌گیرند تا حداکثر جذب تابش خورشید را داشته باشند. (Jafarkazemi et al., 2012). مخزن ذخیره آب گرم از نوع منبع انبساط دوجداره با حجم ۲۰ لیتر بود و به منظور جلوگیری از تبادل و اتلاف حرارت به محیط از پشم شیشه به عنوان عایق جداره بیرونی مخزن استفاده گردید. همچنین به منظور گردش سیال عامل (آب) درون سیکل از پمپ سیرکولاتور مدل 15WG-90 ساخت شرکت Drop چین با توان مصرفی ۹۰ وات، ارتفاع هد ۱۰ متر و ماکزیمم دبی ۱۸ لیتر بر دقیقه استفاده شد. همچنین به منظور استفاده از حداکثر شدت تابش ورودی بر سطح پنل‌ها در طول روز از یک سیستم ردیاب خورشیدی استفاده شد.

**روش انجام آزمایش:**

پس از ساخت و نصب اجزای مختلف سیستم فتوولتائیک-حرارتی مورد نظر در داخل گلخانه، آزمایش‌های مربوط به ارزیابی عملکرد آن در اردیبهشت سال ۱۳۹۶ انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل دبی آب عبوری از داخل سیستم در دو سطح (۰/۰۲۵ Kg/s و بدون دبی)، سه سطح پوشش سقف (شیشه، پلاستیک و پلی کربنات) و دو حالت آزمایش (استفاده از سیستم ردیاب خورشیدی و بدون آن) بود. در هر آزمایش دمای سطح صفحات، دمای آب خروجی از سیستم، شدت تابش بر سطح صفحه‌های خورشیدی و توان الکتریکی خروجی از پنل‌ها اندازه‌گیری شدند. به منظور اندازه‌گیری دما در نقاط مختلف از حسگرهای ترموکوپل مدل k با دقت ۰/۰۵ درجه سلسیوس و خطای اندازه‌گیری ۰/۵ درجه سلسیوس و با محدوده‌ی اندازه‌گیری ۲۰۰+ تا ۵۰- سلسیوس متصل به یک دیتالاگر ۸ کانال دما مدل PROVA 800 ساخت شرکت TES تایوان استفاده گردید. همچنین به منظور اندازه‌گیری شدت تابش خورشید در راستای عمود بر سطح صفحه از یک سولارمتر با دقت ۰/۱ وات بر متر مربع در محدوده اندازه‌گیری ۰ تا ۲۰۰۰ وات بر متر مربع (مدل SPM-1116SD ساخت شرکت LUTRON تایوان) استفاده شد. به منظور اندازه‌گیری توان الکتریکی تولید شده توسط پنل از یک دستگاه تحلیل‌گر فتوولتائیک با دقت تعیین ولتاژ ۱ درصد در محدوده‌ی ۰ تا ۶۰ ولت و همچنین دقت اندازه‌گیری شدت جریان ۱ درصد در محدوده ۰ تا ۶ آمپر (مدل PROVA 200A ساخت شرکت LUTRON تایوان) استفاده شد. برای اندازه‌گیری دبی آب از یک حسگر دبی سنج مدل YF-S201 شرکت Sea کشور چین با محدوده کاری 1-30 لیتر بر دقیقه استفاده شد که این دبی سنج به طور تجربی برای اعمال دبی مورد نظر کالیبره شد. شکل ۲ نمای کلی آزمایش در این پژوهش را نشان می‌دهد.



**Figure 4. Overview of experiment**

شکل ۲- نمای کلی آزمایش



## یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران



### ۳- نتایج و بحث

در پژوهش حاضر عملکرد سیستم فتوولتائیک-حرارتی تحت شرایط پابا صورت گرفت و اثر ۳ نوع پوشش سقف گلخانه (شیشه، پلاستیک، پلی کربنات)، شدت تابش وارد بر سطح پنل فتوولتائیک، ۲ سطح دبی  $0.25 \text{ Kg/s}$  و بدون دبی و دو حالت با و بدون سیستم ردیاب خورشیدی بر توان الکتریکی و دمای آب خروجی از سیستم بررسی شد. تمامی آزمایش‌ها از ساعت ۱۰ صبح آغاز و تا ساعت ۴ بعد از ظهر به طول انجامید. داده‌های آزمایش در بازه‌های زمانی برابر و هر ۵ دقیقه یک بار ثبت شده‌اند.

#### اثر نوع پوشش بر توان الکتریکی خروجی

##### اثر نوع پوشش بر توان الکتریکی خروجی در حالت بکارگیری جریان سیال و استفاده از سامانه ردیابی

شکل ۳ تغییرات توان الکتریکی خروجی سیستم را در بازه زمانی مشخص و شدت تابش ورودی به سطح صفحه خورشیدی نشان می‌دهد. همانطور که از شکل پیداست شدت تابش از یک مقدار کمینه در ابتدای صبح آغاز و در ساعات میانی روز به بیشینه مقدار خود می‌رسد و سپس دوباره کاسته می‌شود. از آنجا که توان الکتریکی تولید شده توسط پنل با شدت تابش نسبت مستقیم دارد، توان الکتریکی تولید شده در ساعات میانی روز به ماکزیمم مقدار خود می‌رسد. با توجه به این‌که ضریب عبور نور در پوشش شیشه بالاتر از پلاستیک و پلاستیک بالاتر از پلی کربنات است، میزان شدت تابش وارد بر سطح پنل در پوشش شیشه به نسبت دو پوشش دیگر بیشتر است، به طوری‌که میانگین شدت تابش در پوشش شیشه  $981.74 \text{ W/m}^2$ ، در پلاستیک  $849.44 \text{ W/m}^2$  و در پلی کربنات  $751.66 \text{ W/m}^2$  می‌باشد. میانگین توان الکتریکی خروجی در پوشش شیشه، پلاستیک و پلی کربنات به ترتیب  $31/36$ ،  $28/79$  و  $18/44$  وات محاسبه گردید، که بیشترین مقدار توان مربوط به پوشش شیشه و کمترین مقدار مربوط به پلی کربنات می‌باشد.

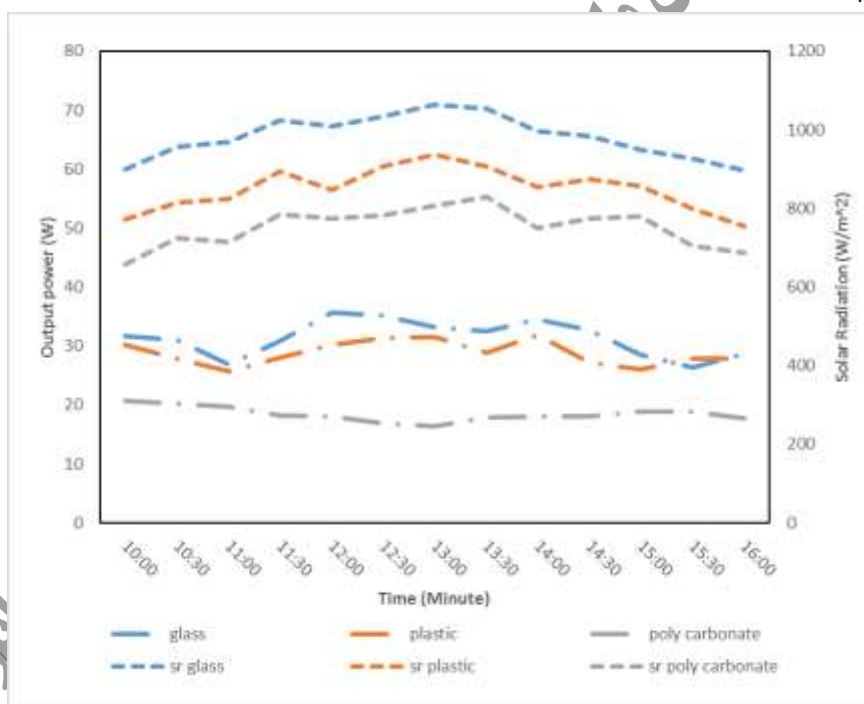


Figure 3. The effect of the type of cover on the electrical output power at using of mass flow and tracking system

شکل ۳ - اثر نوع پوشش بر توان الکتریکی خروجی در حالت بکارگیری جریان دبی و استفاده از سامانه ردیابی

##### اثر نوع پوشش بر توان الکتریکی خروجی در حالت بدون دبی و با استفاده از سامانه ردیابی

شکل ۴ منحنی تغییرات توان الکتریکی را در حالت بدون دبی و در ۳ پوشش نشان می‌دهد. همانطور که در شکل مشخص است میانگین توان در طول بازه‌ی آزمایش در پوشش شیشه  $28/7$  وات، در پوشش پلاستیک  $24/18$  وات و در پوشش پلی کربنات  $16/53$  وات می‌باشد که بیشترین مقدار توان تولیدی به طور مشابه مربوط به پوشش شیشه و کمترین مقدار مربوط به پوشش پلی کربنات است. میانگین شدت تابش وارد بر سطح پنل در ۳ پوشش شیشه، پلاستیک و پلی کربنات به ترتیب  $974.76 \text{ W/m}^2$ ،  $840.71 \text{ W/m}^2$  و  $740.67 \text{ W/m}^2$  می‌باشد. شکل ۵ منحنی دمای سطح پنل فتوولتائیک را در دو حالت با دبی  $0.25 \text{ Kg/s}$  و بدون دبی، در ۳ نوع پوشش گلخانه نشان می‌دهد. مقدار دمای سطح پنل در پوشش شیشه و در حالت با و بدون دبی به ترتیب  $55/31$  و  $63/76$  درجه سانتی‌گراد، در پوشش پلاستیک به ترتیب  $50/94$  و  $58/84$  درجه سانتی‌گراد و



## یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران

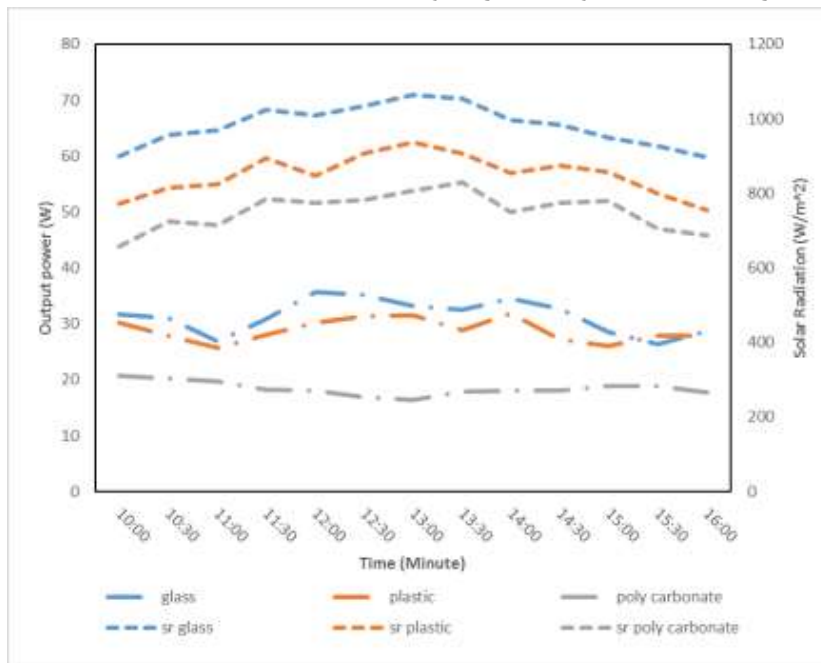


انجمن مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون ایران



BuAli Sina University

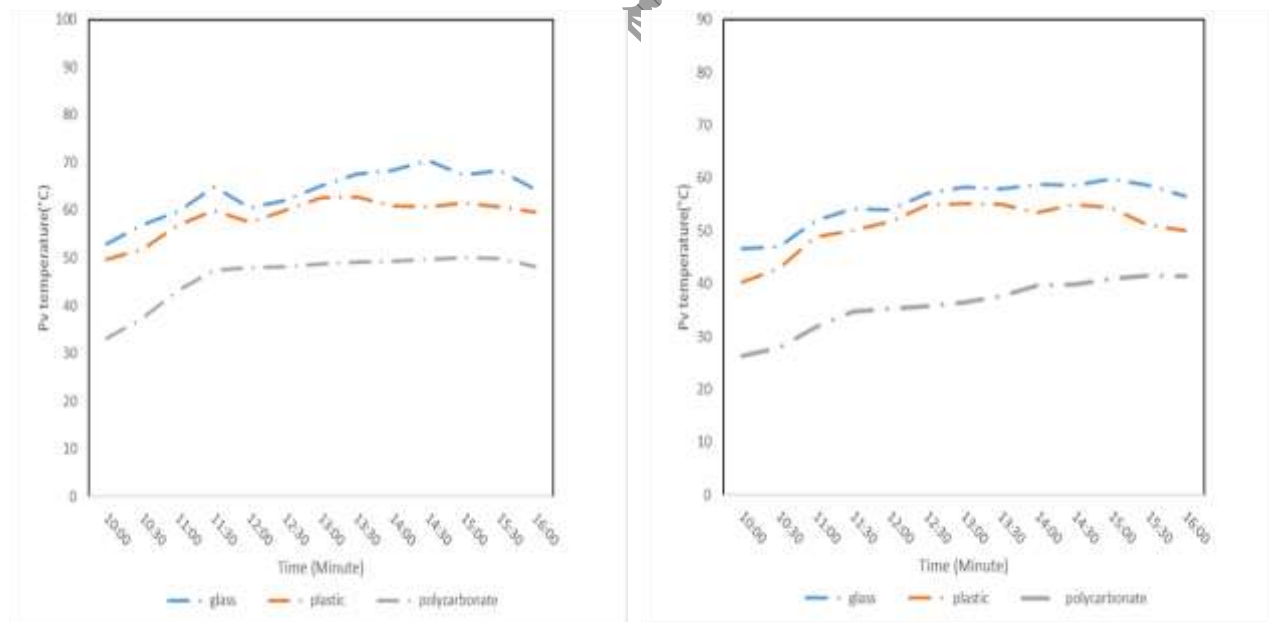
در پوشش پلی کربنات به ترتیب ۳۶/۰۶ و ۴۶/۳۲ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. دلیل این امر افزایش ضریب عبور نور باعث افزایش شدت تابش ورودی و در نتیجه منجر به افزایش دمای سطح پنل می‌شود. از آنجایی که توان الکتریکی با افزایش دمای سطح پنل کاهش می‌یابد، می‌توان نتیجه گرفت که توان الکتریکی تولیدی در دبی ۰/۰۲۵ Kg/s نسبت به حالت بدون دبی بیشتر است. اختلاف توان الکتریکی در این دو حالت در ۳ نوع پوشش شیشه، پلاستیک و پلی کربنات به ترتیب ۸/۴۸، ۱۶/۰۱ و ۱۰/۳۵ درصد بود.



یازدهمین کنگره

Figure 4. The effect of the type of cover on the electrical output power in non-mass flow mode and tracking system

شکل ۴ - اثر نوع پوشش بر توان الکتریکی خروجی در حالت بدون دبی و با استفاده از سامانه ردیابی



(a)

(b)

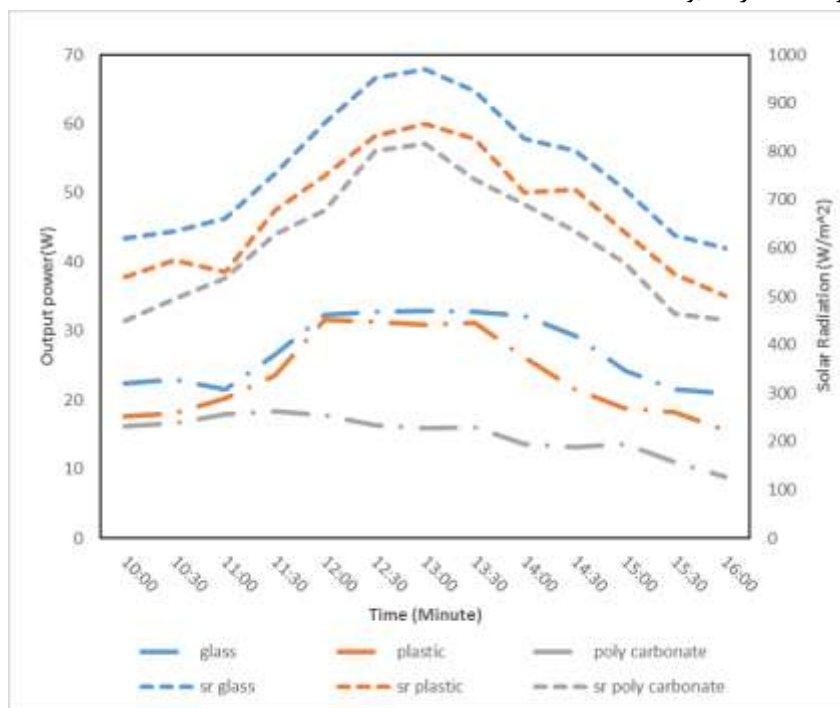
Figure 5. The surface temperature of photovoltaic panel curve: (a) in non-mass flow mode (b) in mass flow mode

شکل ۵ - منحنی دمای سطح پنل فتوولتاییک: (a) در حالت بدون دبی (b) در حالت با دبی

اثر نوع پوشش بر توان الکتریکی خروجی در حالت با دبی و بدون استفاده از سامانه ردیابی

شکل ۶ منحنی تغییرات توان الکتریکی را در حالت بدون استفاده از سامانه ردیاب خورشیدی و در ۳ پوشش سقف گلخانه نشان می‌دهد. در مقایسه با دو نمودار قبلی (شکل ۳ و ۴) که در هر دو از سیستم ردیاب خورشیدی استفاده گردید، نتایج نشان داد که روند منحنی شدت تابش در حالت بدون ردیاب خورشیدی دارای شیب نموداری بیشتری در ابتدا و انتهای بازه زمانی آزمایش است. در صورتی که در نمودارهای شکل ۳ و ۴، به دلیل

اینکه پنل‌های فتوولتاییک در هر لحظه به خورشید عمودند، شیب نموداری کمتری در ابتدا و انتهای بازه زمانی آزمایش وجود دارد. شدت تابش ورودی به سطح پنل در حالت بدون ردیاب خورشیدی در پوشش‌های شیشه، پلاستیک و پلی‌کربنات به ترتیب برابر است با  $765.48\text{W/m}^2$ ،  $671.17\text{W/m}^2$  و  $612.07\text{W/m}^2$ . در مقایسه با نمودارهای شدت تابش (شکل ۳ و ۴) مشاهده شد که شدت تابش در حالت بدون استفاده از ردیاب خورشیدی کمتر از حالت با استفاده از ردیاب خورشیدی است. پس نتیجه می‌شود که توان تولیدی پنل در این حالت و در ۳ پوشش به طور کلی کمتر از دو حالت قبل (شکل ۳ و ۴) است. توان الکتریکی تولید شده در حالت بدون استفاده از ردیاب خورشیدی در ۳ پوشش شیشه، پلاستیک و پلی‌کربنات به ترتیب ۲۷/۱۱ وات، ۲۳/۴۵ و ۱۵/۰۷ بود. اختلاف توان الکتریکی در این دو حالت در ۳ نوع پوشش شیشه، پلاستیک و پلی‌کربنات به ترتیب ۱۳/۵۵، ۱۸/۵۴ و ۱۸/۲۷ درصد بود.



**Figure 6. The effect of the type of cover on the electrical output power in mass flow mode and non-tracking system**

شکل ۶ - اثر نوع پوشش بر توان الکتریکی خروجی در حالت با دبی و بدون استفاده از سامانه ردیابی

اثر نوع پوشش بر دمای آب خروجی در حالت با دبی و بدون استفاده از سامانه ردیابی:

شکل ۷ نمودار دمای خروجی آب از سیستم فتوولتاییک-حرارتی در ۳ پوشش سقف گلخانه و در دبی ثابت  $0.025\text{Kg/s}$  نشان می‌دهد. از آنجا که توان الکتریکی با دمای سطح پنل نسبت عکس دارد، به همین دلیل، به گردش درآوردن آب در پشت پنل سبب خنک‌کاری سطح پنل می‌شود. بسته به مقادیر شدت تابش در ۳ پوشش مورد استفاده، مقادیر مختلفی از دمای آب خروجی در این ۳ پوشش ثبت شده است. میانگین دمای آب خروجی در پوشش‌های شیشه، پلاستیک و پلی‌کربنات در دبی ثابت  $0.025\text{Kg/s}$  به ترتیب برابر است با  $45/27$ ،  $47/69$  و  $34/89$  درجه سانتی‌گراد. به دلیل قرارگیری پنل‌ها در داخل گلخانه و همچنین بسته بودن سیکل جریان آب در سیستم، تغییرات دمای آب خروجی در حالت بدون استفاده از ردیاب خروجی نسبت به حالت ردیاب تفاوت چندانی مشاهده نمی‌شود. شکل ۸، نمودار دمای خروجی آب را در حالت بدون ردیاب خورشیدی نشان می‌دهد. دمای آب خروجی در حالت بدون استفاده از سیستم ردیاب خورشیدی در ۳ نوع پوشش شیشه، پلاستیک و پلی‌کربنات به ترتیب  $44/87$ ،  $47/51$  و  $34/23$  درجه سانتی‌گراد بود. همانطور که مشاهده شد اختلاف دمای آب خروجی در دو حالت با دبی  $0.025\text{Kg/s}$  و بدون استفاده از سیستم ردیاب خورشیدی تفاوت چندانی ندارد. دمای آب خروجی از سیستم در حالت استفاده از سیستم ردیاب خورشیدی (دبی  $0.025\text{Kg/s}$ ) به دلیل اینکه شدت تابش ورودی به سطح پنل بیشتر از حالت بدون ردیاب است، اندکی بیشتر است.

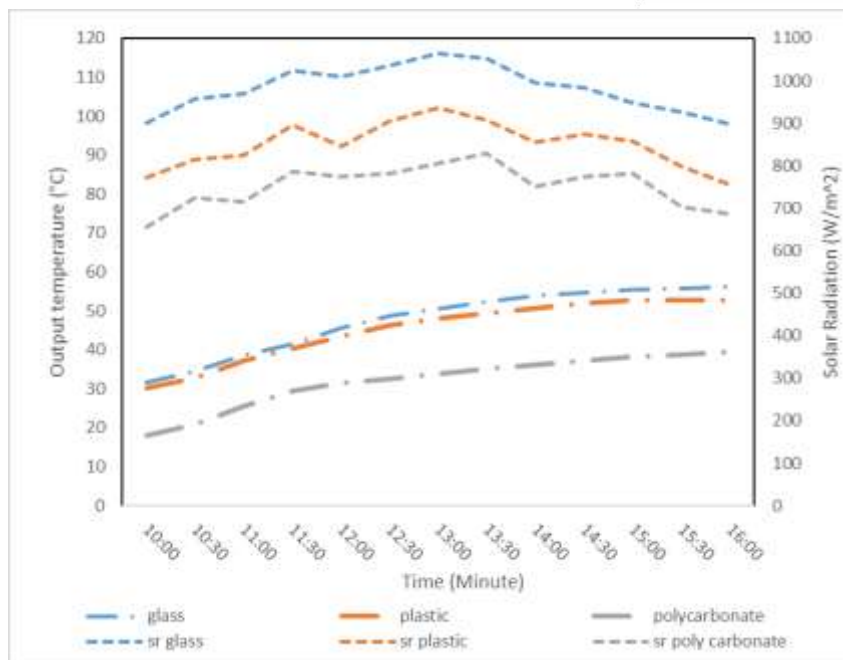


Figure 7. The effect of the type of cover on the temperature of the outlet water in mass flow mode

شکل ۷- اثر نوع پوشش بر دمای آب خروجی در حالت با جریان دبی

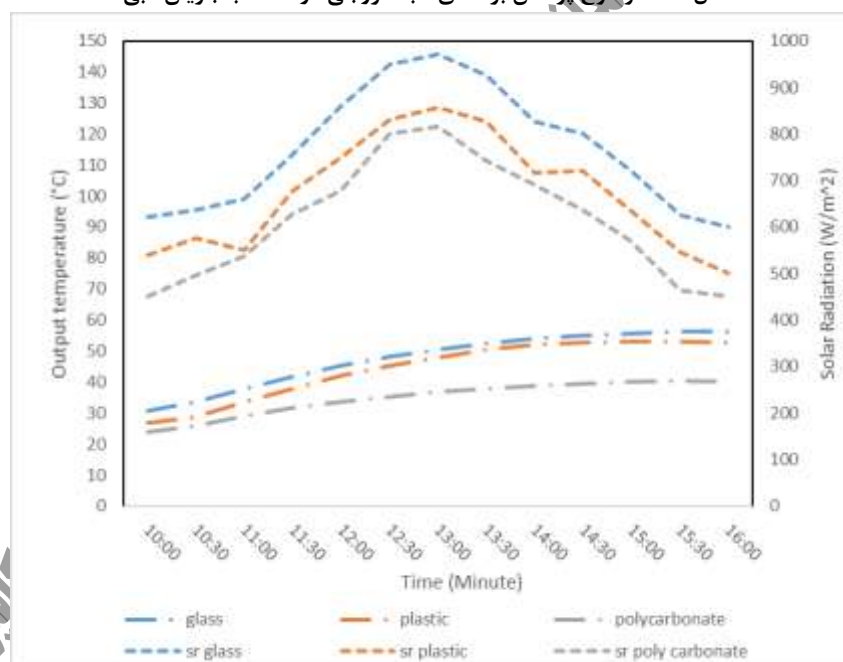


Figure 8. The effect of the type of cover on the temperature of the outlet water in non-tracking system mode

شکل ۸- اثر نوع پوشش بر دمای آب خروجی در حالت بدون استفاده از سامانه ردیابی

#### ۴- نتیجه گیری

در تحقیق حاضر عملکرد یک سیستم فتوولتائیک-حرارتی مجهز به سیستم ردیاب خورشیدی مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش‌های مربوط به ارزیابی سیستم مورد نظر تحت دو حالت با و بدون استفاده از سیستم ردیاب خورشیدی، دو حالت با دبی  $0.25 \text{ Kg/s}$  و بدون دبی و ۳ سطح پوشش سقف گلخانه شیشه، پلاستیک و پلی کربنات انجام شد. توان الکتریکی تولید شده توسط پنل فتوولتائیک در بازه زمانی آزمایش به نسبت شدت تابش در ابتدای روز کم و سپس در ساعات میانی روز به ماکزیمم مقدار خود رسیده و در انتها از مقدار آن کاسته شد. در دبی  $0.25 \text{ Kg/s}$ ، میانگین بیشترین توان الکتریکی تولید شده در پوشش شیشه به دلیل ضریب عبور نور بالاتر نسبت به ۲ پوشش دیگر به مقدار  $31/36$  وات و میانگین کمترین





## یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران



توان الکتریکی تولید شده در پوشش پلی کربنات به دلیل ضریب عبور نور پایین تر به مقدار  $18/44$  وات بود. در حالت بدون دبی، میانگین بیشترین توان الکتریکی تولید شده در پوشش شیشه با مقدار  $28/7$  وات و میانگین کمترین توان الکتریکی تولید شده در پوشش پلی کربنات با مقدار  $16/53$  وات بود که میانگین بیشترین و کمترین توان تولید شده در حالت با دبی به ترتیب  $7/48$  و  $10/35$  درصد بیشتر از حالت بدون دبی بود. در حالت بدون استفاده از سیستم ردیاب خورشیدی به ترتیب میانگین بیشترین و کمترین مقدار توان الکتریکی تولید شده مربوط به پوشش شیشه به مقدار  $27/11$  وات و پوشش پلی کربنات به مقدار  $15/07$  وات بود. در دبی  $0/25 \text{ Kg/s}$ ، میانگین بیشترین دمای آب خروجی از سیستم فتوولتائیک- حرارتی در پوشش شیشه به مقدار  $47/69$  درجه سانتی‌گراد و میانگین کمترین دمای آب خروجی از سیستم در پوشش پلی کربنات به مقدار  $34/89$  درجه سانتی‌گراد بدست آمد. در حالت بدون استفاده از سیستم ردیاب خورشیدی به دلیل این‌که پنل‌ها درون گلخانه قرار دارند اختلاف دمای آب نسبت به حالت استفاده از ردیاب خورشیدی (دبی  $0/25 \text{ Kg/s}$ ) ناچیز بوده و دمای آب خروجی صرفاً به دلیل افزایش شدت تابش ورودی به سطح پنل در استفاده از سیستم ردیاب خورشیدی اندکی بیشتر از حالت بدون استفاده از ردیاب خورشیدی بوده است. میانگین بیشترین و کمترین مقدار دمای آب خروجی به ترتیب مربوط به پوشش شیشه به مقدار  $47/51$  درجه سانتی‌گراد و پوشش پلی کربنات به مقدار  $34/23$  درجه سانتی‌گراد بود.

### ۵- مراجع

- Ameri, M., Shahsavar, A. (2009). Simulation of photovoltaic-thermal system in thermosiphon mode. Iranian journal of energy, 12(3), 67-79. (In Persian)
- Bajpai, P., & Dash, V. (2012). Hybrid renewable energy systems for power generation in stand-alone applications: a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(5), 2926-2939.
- Esen, M., & Yuksel, T. (2013). Experimental evaluation of using various renewable energy sources for heating a greenhouse. *Energy and Buildings*, 65, 340-351.
- Foley, J. A., Ramankutty, N., Brauman, K. A., Cassidy, E. S., Gerber, J. S., Johnston, M., ... & Balzer, C. (2011). Solutions for a cultivated planet. *Nature*, 478(7369), 337.
- Gómez-Gil, F. J., Wang, X., & Barnett, A. (2012). Energy production of photovoltaic systems: Fixed, tracking, and concentrating. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(1), 306-313.
- Ibrahim, A. (2012). Renewable energy sources in the Egyptian electricity market: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(1), 216-230.
- Jafarkazemi, F., Ali Saadabadi, S., & Pasdarshahri, H. (2012). The optimum tilt angle for flat-plate solar collectors in Iran. *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, 4(1), 013118.
- Montazeri, M., Banakar, A., Ghoobadian, B., Pasdar shahri, H & zar'eeforush, H. (2016). Simulation of on-Grid solar site in providing greenhouse electric energy by PVSOL software. (case study of Qom province). 10<sup>th</sup> National congress on biosystems Eng. (Agr.Machinery). (In Persian)
- Pei G, Fu H, Zhu H, Ji J. Performance study and parametric analysis of a novel heat pipe PV/T system. *Energy* 2012;37:384-95.
- Rustemli, S., Dincadam, F., & Demirtas, M. (2010). Performance comparison of the sun tracking system and fixed system in the application of heating and lighting. *Arabian Journal for Science & Engineering (Springer Science & Business Media BV)*, 35.
- Santamouris, M., Balaras, C. A., Dascalaki, E., & Vallindras, M. (1994). Passive solar agricultural greenhouses: a worldwide classification and evaluation of technologies and systems used for heating purposes. *Solar Energy*, 53(5), 411-426.
- Tiwari, A., Dubey, S., Sandhu, G. S., Sodha, M. S., & Anwar, S. I. (2009). Exergy analysis of integrated photovoltaic thermal solar water heater under constant flow rate and constant collection temperature modes. *Applied Energy*, 86(12), 2592-2597.
- [www.Satba.gov.ir](http://www.Satba.gov.ir). (2013).