

## Improving the Performance of Photovoltaic Panels by Cooling them with Water

Dr. Rami George\*  
Dr. Masoud Sbaih\*\*  
Meral Askndar\*\*\*

(Received 6 / 12 / 2023. Accepted 30 / 1 / 2024)

### □ ABSTRACT □

Syria is blessed with plenty of sunshine over the whole year. The solar photovoltaic system is an appropriate alternative for the production of electricity. One of the major problems of photovoltaic plates PV is high temperature due to excessive solar radiation and high ambient temperature leads to reduced efficiency in solar panels.

The hybrid photovoltaic thermal (PV/T) systems are one of the most common methods for cooling photoelectric panels and improve performance. The (PV/T) systems are a solar technology that enables simultaneous the conversion of solar energy into electrical and thermal energy. The heat from the PV panel is transferred through working fluids such as water. The extracted heat is used in low temperature applications, including household hot water.

This paper discusses indoor experimental studies of the water-based (PV/T) system and compares this system with a normal PV panel without a cooling system. The (PV/T) system combined with solar water heater.

The results of the tests showed that the value of the current and voltage of the panel (PV/T) increased compared to the reference pane (PV). As well as a decrease in the temperature of the back surface of the panel (PV/T) compared to the reference panel (PV), where the value of the decrease reached from 8 [°C] to 12 [°C], and increase in the temperature of the water coming out of the solar water heater, where the value of the increase reached from 6[°C] to 10 [°C].

**Keywords:** Solar Energy, Cell temperature, PV/T

**Copyright**



:Tishreen University journal-Syria, The authors retain the copyright under a CC BY-NC-SA 04

---

\* Professor - Department of Mechanical Engineering - Faculty of Mechanical and Electrical Engineering - Tishreen University - Lattakia – Syria- email: [dr.ramigeorge@gmail.com](mailto:dr.ramigeorge@gmail.com)

\*\* Professor - Department of Power Engineering - Faculty of Mechanical and Electrical Engineering - Tishreen University - Lattakia – Syria-

\*\*\* Postgraduate Student (Master) - Faculty of Mechanical and Electrical Engineering - Tishreen University – Lattakia- Syria- email: [meral.askndar@tishreen.edu.sy](mailto:meral.askndar@tishreen.edu.sy)

## تحسين أداء الألواح الكهروضوئية من خلال تبريدها بالماء

د. رامي جورج\*

د. مسعود صبيح\*\*

ميرال اسكندر\*\*\*

(تاريخ الإيداع 6 / 12 / 2023. قُبِلَ للنشر في 30 / 1 / 2024)

### □ ملخص □

تتعم سوريا بالكثير من أشعة الشمس على مدار العام، ويعتبر نظام الطاقة الشمسية الكهروضوئية بديلاً مناسباً لإنتاج الكهرباء، واحدة من المشاكل الرئيسية للألواح الكهروضوئية هي ارتفاع درجة الحرارة بسبب الإشعاع الشمسي الزائد وارتفاع درجة الحرارة المحيطة، والتي تؤدي إلى انخفاض كفاءة الألواح الشمسية.

تعد الأنظمة الحرارية الكهروضوئية الهجينة (PV/T) إحدى أكثر الطرق شيوعاً لتبريد الألواح الكهروضوئية وتحسين الأداء، أنظمة (PV/T) هي تقنية شمسية تتيح تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية وحرارية في وقت واحد. يتم نقل الحرارة من اللوحة الكهروضوئية من خلال سوائل العمل مثل الماء، وتستخدم الحرارة المستخرجة في تطبيقات درجات الحرارة المنخفضة، بما في ذلك المياه الساخنة المنزلية.

يتناول بحثنا الدراسة التجريبية لنظام (PV/T) المعتمد على الماء ومقارنة هذا النظام مع لوح كهروضوئي (PV) بدون نظام تبريد. وتم توصيل نظام (PV/T) مع سخان ماء شمسي، تمت هذه الدراسة في محافظة اللاذقية. أظهرت نتائج الاختبارات ازدياد قيمة التيار والجهد الكهربائي للوح (PV/T) بالمقارنة مع اللوح المرجعي (PV)، وكذلك انخفاض درجة حرارة السطح الخلفي للوح (PV/T) بالمقارنة مع اللوح المرجعي (PV)، حيث انخفضت من  $8^{\circ}\text{C}$  إلى  $12^{\circ}\text{C}$ ، وارتفاع درجة حرارة الماء الخارج من سخان الماء الشمسي، حيث ارتفعت من  $6^{\circ}\text{C}$  إلى  $10^{\circ}\text{C}$ .

**الكلمات المفتاحية:** الطاقة الشمسية، درجة حرارة الخلية، الوحدة الكهروضوئية/الحرارية.

حقوق النشر : مجلة جامعة تشرين- سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص



CC BY-NC-SA 04

\* أستاذ - قسم هندسة القوى الميكانيكية - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية - إيميل

[dr.ramigeorge@gmail.com](mailto:dr.ramigeorge@gmail.com)

\*\* أستاذ - قسم هندسة الطاقة الكهربائية - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية -

\*\*\* طالبة دراسات عليا (ماجستير) - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية - إيميل :

[meral.askndar@tishreen.edu.sy](mailto:meral.askndar@tishreen.edu.sy)

**مقدمة:**

الطاقة ضرورية لإبقاء الحضارة على قيد الحياة، فمنذ بداية الثورة الصناعية في القرن الثامن عشر، استخدمت البشرية مصادر الطاقة الغير المتجددة، مثل الفحم والنفط. يتشكل الوقود الأحفوري بشكل طبيعي عبر ملايين السنين، ولكن يتم استهلاكه بمعدل كبير مقارنة بمعدلات تجديده. ولذلك، سيتم استنفاد هذه الموارد قريباً [1]. وبسبب أزمة الطاقة العالمية، اعتمدت دول العالم طرقاً متجددة لتوليد الطاقة من أجل تحقيق أمن الطاقة والاستقرار الاقتصادي [2,3]. هنالك أنظمة مختلفة للطاقة المتجددة لتوليد الطاقة المستدامة. ومن بين جميع مصادر الطاقة المتجددة، نجد أن الطاقة الشمسية المتاحة هي البديل المناسب لمصادر الطاقة التقليدية. وذلك لأنها اقتصادية وموثوقة بسبب توفر الإشعاع الشمسي في جميع أنحاء العالم والتطورات التكنولوجية [4]. توجد العديد من التقنيات للحصول على الطاقة المفيدة من الطاقة الشمسية، والتي تتصف بأنها اقتصادية ومستدامة. إن التقنيتان الرئيسيتان لاستخراج الطاقة الشمسية هما استخدام المجمعات الكهروضوئية (PV) والحرارية الكهروضوئية الهجينة (PV/T).

تعد تقنية المجمعات الكهروضوئية (PV) تقنية شائعة وفعالة لالتقاط الطاقة الشمسية، تقوم بتحويل الإشعاع الشمسي الساقط عليها إلى طاقة كهربائية. ويتكون الإشعاع الشمسي من ثلاثة أنواع رئيسية: أولها الضوء المرئي والذي يشكل 38.3%، وثانياً الأشعة فوق البنفسجية (UV) والتي تشكل 8.7%، وثالثاً الأشعة الكهرومغناطيسية تحت الحمراء (IR) والتي تشكل 47.4% [5,6]. إن الوحدة الكهروضوئية النموذجية، تقوم بتحويل 5-25% من الإشعاع الشمسي الساقط على السطح الأمامي الخاص بها (الضوء المرئي) إلى طاقة كهربائية والباقي غير مستغل، وتؤدي الأشعة تحت الحمراء الغير مستغلة إلى ارتفاع درجة الحرارة الوحدة الكهروضوئية [7,8]. وبالتالي، إن ارتفاع درجة الحرارة الخلية الكهروضوئية يؤدي إلى انخفاض كفاءتها [9].

ولحل هذه المشكلة وجد الباحثون التقنية الثانية، الأنظمة الحرارية الكهروضوئية الهجينة (PV/T)، وهي تقنية شمسية تتيح تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية وحرارية في وقت واحد، وهي تستخدم الأشعة الشمسية فوق البنفسجية والأشعة تحت الحمراء لإنتاج الطاقة الحرارية [10]. وتعد أنظمة (PV/T) إحدى أكثر الطرق شيوعاً لتبريد الألواح الكهروضوئية وتحسين أداءها. يتم التبريد من خلال استخدام سوائل العمل مثل الماء أو الهواء أو أي سائل آخر. فأما نحصل على ماء ساخن للاستخدامات المنزلية أو للمصانع، أو نحصل على هواء ساخن يستخدم للتدفئة أو لتجفيف المحاصيل الزراعية. ويمكن أيضاً استخدام أنظمة (PV/T) من خلال ربطها بتوربينات الهواء لإنتاج الكهرباء.

إن استخدام الماء كسائل مبرد في نظام (PV/T) سيزيد من الكفاءة الحرارية والكهربائية لأن الماء لديه سعة حرارية أعلى من الهواء. ويمكن للقيمة الحرارية العالية للماء أن تمتص حوالي أربعة أضعاف الحرارة التي يمتصها الهواء [11]. أجريت العديد من الأبحاث النظرية والتجريبية على نظام (PV/T)، استخدم الباحثون الماء كسائل عامل، وآخرون استخدموا الهواء، تم تصنيع الأنابيب بتصاميم مختلفة، وباستخدام مواد متنوعة.

تم تصنيع نظامين (PV/T)، الأول صممت الأنابيب فيه على شكل مستطيل، والثاني كان بتصميم حلزوني للأنابيب. أظهرت النتائج أن تصميم الأنابيب ذات التدفق الحلزوني هو التصميم الأفضل بأعلى كفاءة حرارية وكهربائية [12].

**أهمية البحث وأهدافه:**

يهدف البحث إلى حل مشكلة ارتفاع درجة حرارة الألواح الكهروضوئية، وذلك باستخدام لوح كهروضوئي / ضوئي (PV/T)، تم استخدام الماء فيه كسائل عامل، وبالتالي تحسين الكفاءة الكهربائية للوح.

وتحسين الكفاءة الحرارية لسخان الماء الشمسي، وذلك عن طريق استخدام الماء الساخن الناتج عن عملية تبريد اللوح الشمسي، عوضاً عن استخدام ماء الخزان، واستخدام الماء الساخن الناتج في الاستخدامات المنزلية. وتكمن أهميته باكتساب خبرة من الناحية العملية عند إجراء التجارب على اللوح وسخان الماء الشمسي، واستخدام مقاييس التيار والجهد الكهربائي.

### طرائق البحث ومواده:

1. تم تصنيع شبكة من الأنابيب النحاسية، بشكل يتناسب مع أبعاد اللوح المستخدم، كما هو موضح بالشكل (1)، وتثبيتها على السطح الخلفي للوح الكهروضوئي مع العزل المناسب، كما هو موضح بالشكل (2)، واستخدام الماء كوسيط عامل داخل الأنابيب.



الشكل (1) شبكة الأنابيب النحاسية



الشكل (2) تثبيت شبكة الأنابيب على السطح الخلفي للوح مع العزل

2. كما تم تصنيع سخان الماء الشمسي، باستخدام أنابيب مصنوعة من الحديد، مزودة بشبك معدني وصفحة معدنية لزيادة كفاءة التسخين الشمسي، تم وضعها في صندوق خشبي معزول بمادة الصوف الزجاجي، وغطاء زجاجي، كما هو موضح بالشكل (3).



الشكل (3) سخان الماء الشمسي

3. وقمنا بربط مخرج الأنابيب النحاسية مع مدخل سخان الماء الشمسي، كما هو موضح بالشكل (4).



الشكل (4) وصل اللوح مع السخان الشمسي

4. المواصفات القياسية للوحين المستخدممين موضحة في الشكل (5).



الشكل (5) المواصفات القياسية للوحين الشمسيين

### القسم التجريبي:

تمّ قياس قيمة التيار والجهد الكهربائي لخرج اللوح (PV/T) واللوح (PV) عند عدة قيم للمقاومات، باستخدام مقياس التيار الكهربائي ومقياس الجهد الكهربائي، كما هو موضح بالشكلين (6) و(7).



الشكل (6) مقياس التيار الكهربائي



الشكل (7) مقياس الجهد الكهربائي

كما تمّ قياس قيمة الإشعاع الشمسي، باستخدام المقياس الموضح بالشكل (8)، حيث يعطي الجهاز قيمة الإشعاع الشمسي ب  $[w/m^2]$ ، ويعطي أيضاً مقدار زاوية الميل عند وضعه على سطح اللوح، حيث تمت التجارب عند زاوية ميل (35) درجة.



الشكل (8) مقياس الإشعاع الشمسي

كما تمّ قياس درجة حرارة الماء في الخزان المغذي للنظام، وكذلك عند مدخل و مخرج سخان الماء الشمسي، وللسطح الخلفي للوح (PV/T)، باستخدام مقاييس درجات الحرارة المناسبة، وكما هو موضح بالأشكال (9-10-11-12).



الشكل (9) مقياس درجة حرارة ماء الخزان



الشكل (10) مقياس درجة حرارة الماء عند مخرج اللوح (PV/T) (مدخل السخان الشمسي)



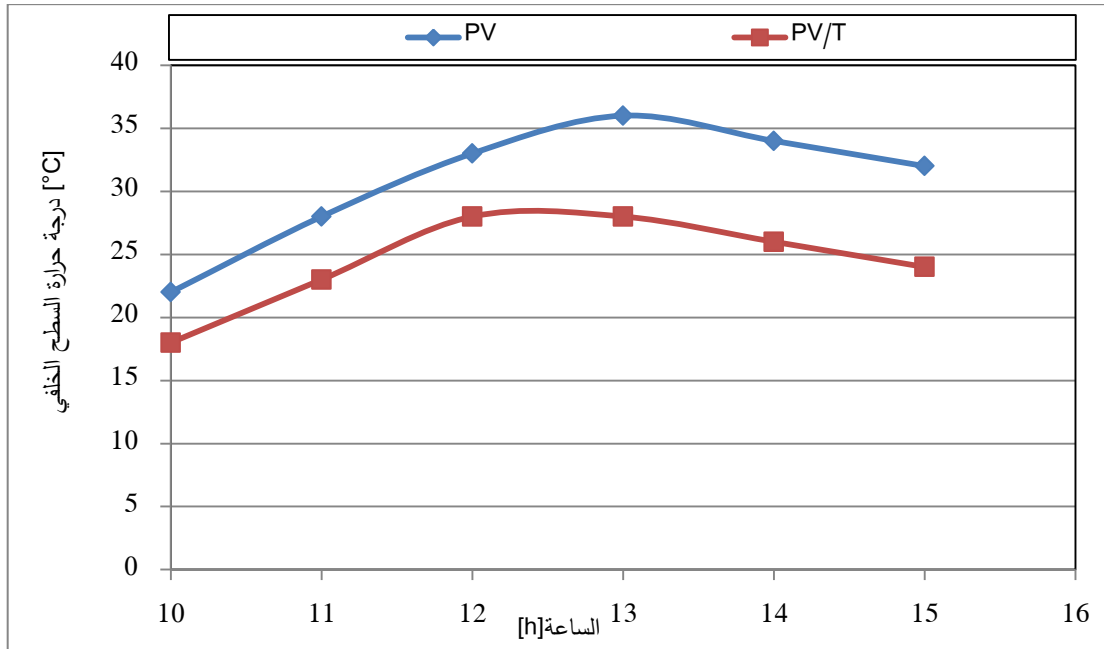
الشكل (11) مقياس درجة حرارة الماء عند مخرج السخان الشمسي



الشكل (12) مقياس درجة حرارة السطح الخلفي للوح (PV/T)

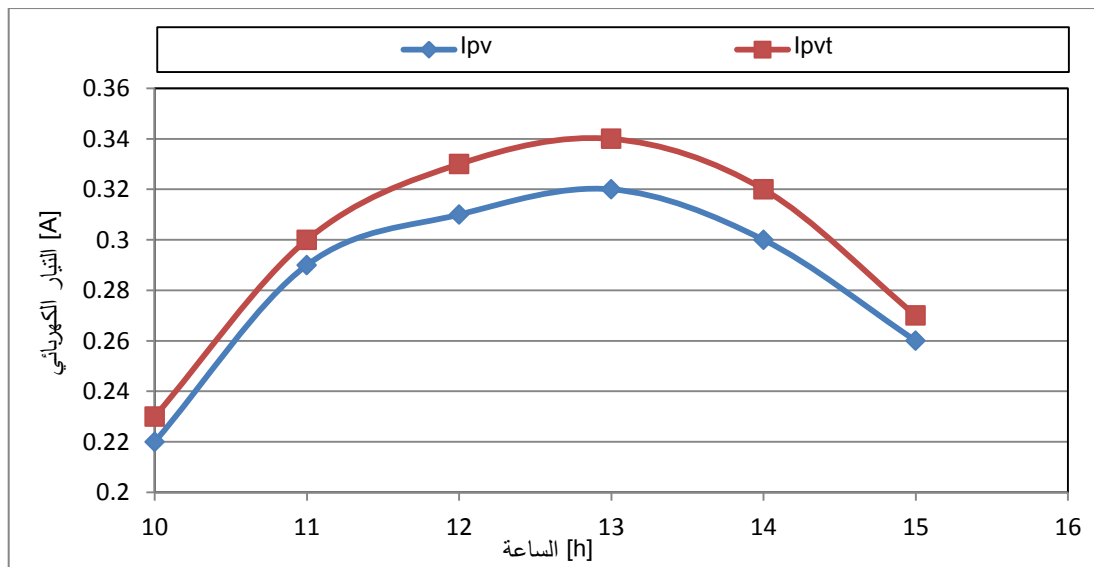
## النتائج والمناقشة:

تم إجراء التجارب وأخذ القياسات في عدة أيام على مدار السنة، تم اختيار يوم 31 كانون الأول حيث كان الطقس مشمس، قمنا بتجميع هذه القياسات وتنظيمها في المخططات التالية.



الشكل (13) درجة حرارة السطح الخلفي لكل من اللوح المرجعي (PV) واللوح (PV/T)

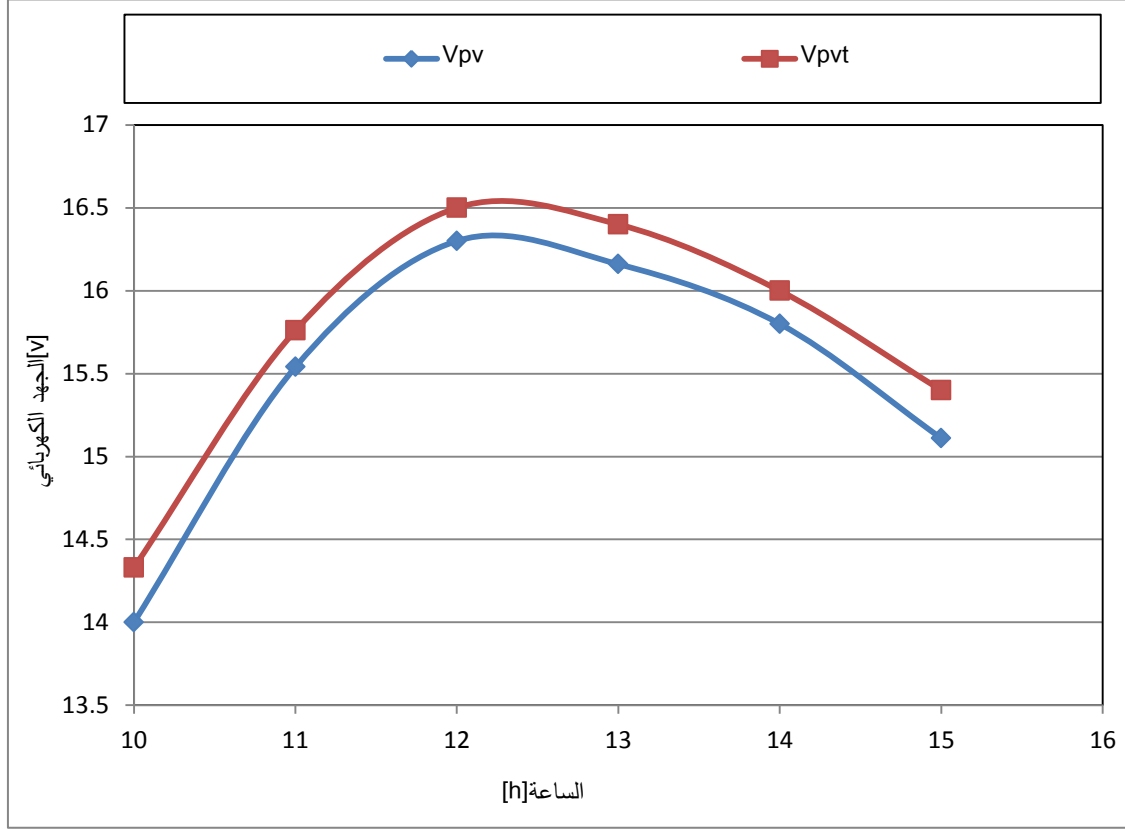
نلاحظ من الشكل (13) انخفاض درجة حرارة السطح الخلفي للوح (PV/T) مقارنة مع اللوح المرجعي (PV)، وهذا بسبب فعالية عملية التبريد المستخدمة، وكما هو واضح عند الساعة (13) كانت درجة حرارة السطح الخلفي للوح المرجعي (PV)  $36[^\circ\text{C}]$  وللوح (PV/T)  $28[^\circ\text{C}]$ ، وكانت قيمة الإشعاع الشمسي  $900 [\text{w}/\text{m}^2]$ ، وكانت درجة الحرارة المحيطة  $23[^\circ\text{C}]$ .



الشكل (14) التيار الكهربائي لكل من اللوح المرجعي (PV) واللوح (PV/T)

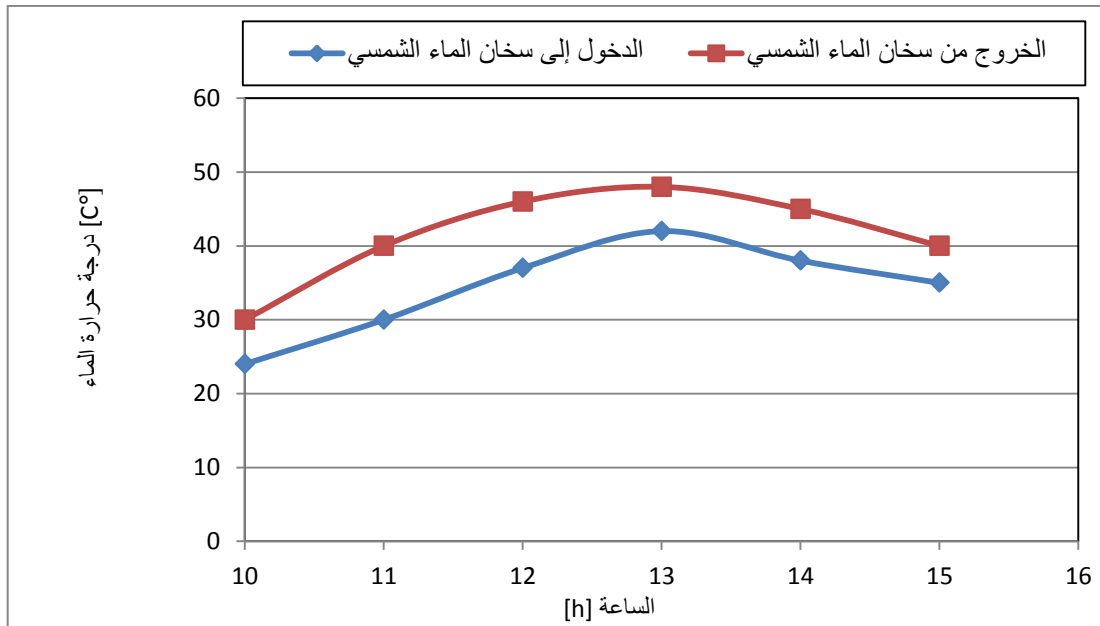


نلاحظ من الشكل (14) ازدياد قيمة التيار الكهربائي للوح (PV/T) مقارنة مع اللوح المرجعي (PV)، وكما هو واضح عند الساعة (13) كانت قيمة التيار الكهربائي عند خرج اللوح المرجعي (PV)  $0.32[A]$ ، وللوح (PV/T)  $0.34[A]$ ، وكانت قيمة الإشعاع الشمسي  $900 [w/m^2]$ ، وكانت درجة الحرارة المحيطة  $23[^\circ C]$ .



الشكل (15) الجهد الكهربائي لكل من اللوح المرجعي (PV) واللوح (PV/T)

نلاحظ من الشكل (15) ازدياد قيمة الجهد الكهربائي للوح (PV/T) مقارنة مع اللوح المرجعي (PV)، وكما هو واضح عند الساعة (12) كانت قيمة الجهد الكهربائي عند خرج اللوح المرجعي (PV)  $16.3[V]$ ، وللوح (PV/T)  $16.5[V]$ ، وكانت قيمة الإشعاع الشمسي  $900 [w/m^2]$ ، وكانت درجة الحرارة المحيطة  $23[^\circ C]$ .



الشكل (16) درجة حرارة الماء عند مدخل ومخرج سخان الماء الشمسي

نلاحظ من الشكل (16) ارتفاع درجة حرارة الماء الخارج من سخان الماء الشمسي، وكما هو واضح عند الساعة (13) كانت درجة حرارة الماء عند مدخل سخان الماء الشمسي  $42[^\circ\text{C}]$ ، وعند مخرجه  $48[^\circ\text{C}]$ ، وكانت قيمة الإشعاع الشمسي  $900 \text{ [w/m}^2\text{]}$ ، وكانت درجة الحرارة المحيطة  $23[^\circ\text{C}]$ .

### الاستنتاجات والتوصيات:

من خلال الدراسة التجريبية نستنتج ما يلي:

1. انخفاض درجة حرارة السطح الخلفي للوح (PV/T) مقارنة مع اللوح المرجعي (PV).
2. تحسن في قيم التيار والجهد الكهربائي لخرج اللوح (PV/T) مقارنة مع اللوح المرجعي (PV).
3. الحصول على ماء ساخن ذو درجة حرارة مرتفعة نسبياً، من سخان الماء الشمسي.

### References:

- [1] JUDKINS,R.R.,FULKERSON,W. *The dilemma of fossil fuel use and global climate change*. Energy Fuels , Volume 7, 1993, Pages 14–22.
- [2] AL-MAAMARY,H.M.S., KAZEM,H.A.,CHAICHAN,M.T. *The impact of oil price fluctuations on common renewable energies in GCC countries*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 75, 2017, Pages 989-1007.
- [3] DAS, D.,KALITA, P., ROY,O. *Flat plate hybrid photovoltaic- thermal (PV/T) system: a review on design and development*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 84, 2018, Pages 111–130.
- [4] PUROHIT,I.,PUROHIT,P. *Performance assessment of grid-interactive solar photovoltaic projects under India's national solar mission*. Applied Energy, Volume 222, 2018, Pages 25–41.

- [5] HERSCH,P., ZWEIBEL, K. Basic photovoltaic principles and methods. US Solar Energy Research Institute, USA,1982.
- [6] MARR,J.M.,WILKIN,F.P. *A better presentation of Planck's radiation law*. American journal of physics, Volume 80, Issue 5, 2012, Pages 399-405.
- [7] ATKIN, P., FARID, M.M. *Improving the efficiency of photovoltaic cells using PCM infused graphite and aluminium fins*. Solar Energy, Volume 114, 2015, Pages 217–228.
- [8] KANT, K., SHUKLA, A., SHARMA, A., BIWOLE, P.H. *Thermal response of polycrystalline silicon photovoltaic panels: numerical simulation and experimental study*. Solar Energy, Volume 134, 2016, Pages 147–155.
- [9] SKOPLAKI, E., PALYVOS, J.A. *On the temperature dependence of photovoltaic module electrical performance: a review of efficiency/power correlations*. Solar Energy, Volume 83, 2009, Pages 614–624.
- [10] ZHANG,X., ZHAO,X., SMITH,S., XU,J.,YU,X. *Review of R&D progress and practical application of the solar photovoltaic/thermal (PV/T) technologies*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 16, Issue 1, 2012, Pages 599–617.
- [11] PALMER,K.F., WILLIAMS,D. *Optical properties of water in the near infrared*, Journal of the Optical Society of America. Volume 64, Issue 8, 1974, Pages 1107–1110.
- [12]IBRAHIM,A.,JIN,G.L.,DAGHIGH,R.,SALLEH,M.H.M.,OTHMAN,M.Y.,RUSLAN, M.,MAT,S.,SOPIAN,K. *Hybrid photovoltaic thermal (PV/T) air and water based solar collectors suitable for building integrated applications*, American Journal Of Environmental Sciences. Volume 5, Issue 5, 2009, Pages 618–624.

