

تأثير تبريد الألواح الشمسية بالماء على القدرة الكهربائية المنتجة (حالة عملية بمدينة مصراته)

د. عبد الحميد عبدالسلام الشريف م. مصطفى عبد الحميد الشلتات

م. أيوب مصطفى الهلوب

كلية التقنية الصناعية مصراته، قسم الهندسة الكهرو ميكانيكية، مصراته ، ليبيا

a_sharif66@cit.edu.ly

المخلص

في هذه الورقة تم تنفيذ منظومة تبريد لوح شمسي لمعرفة تأثير درجة الحرارة على متغيرات (مخرجات) الخلية الشمسية من قدرة كهربائية وجهد وتيار، وكذلك تأثير مستوى التدفق ووقت التبريد حيث أستخدم لوحين شمسيين متماثلين تم تبريد اللوح الأول واللوح الثاني لم يتم تبريده للمقارنة، وقد تبين ان تأثير التبريد على القدرة بحدود 8.6% بالزيادة في حين ان تأثير التبريد على الجهد كان بحدود 6.45% بالزيادة وهذه القيم كانت في اوقات ذروة الاشعاع الشمسي منتصف النهار لمدينة مصراته خلال شهر اغسطس من عام 2019م وايضا كانت نسبة انخفاض درجة الحرارة جده بحدود 20% وهذه القيم تأثر بصورة كبيره على كفاءة واداء اللوح الشمسي وإطالة عمره. الكلمات المفتاحية: الطاقات المتجددة، الطاقة الشمسية، الخلايا الشمسية، توليد الطاقة الكهروضوئية، كفاءة الطاقة الكهربائية.

Abstract

In this paper, a solar panel cooling system was implemented to know the effect of temperature on the variables (output) of the solar cell in terms of electrical power, voltage and current, as well as the effect of flow level and cooling time, as I used two identical solar panels. The first panel was cooled and the second panel was not cooled for comparison. The effect of cooling on the capacity was about 8.6%, while the effect of cooling on the voltage was

around 6.45%, and these values were at the times of peak solar radiation at midday for the city of Misurata during the month of August 2019 AD and also the rate of temperature drop was good about 20% and these values were affected Greatly on the efficiency and performance of the solar panel.

Key words: renewable energies, solar energy, solar cells, photovoltaic power generation, electric energy efficiency.

1. المقدمة

تتمتع ليبيا بمميزات جغرافية ومناخية مناسبة وملائمة لمشاريع الطاقة الشمسية حيث أنها احدي دول منطقة الحزام الشمسي الأكثر سطوعاً ، وتتوفر فيها عدد ساعات سطوع للشمس وشدة اشعاع شمسي ممتازين خاصة في المناطق الشمالية التي تبعد عن البحر 100 الي 150 كلم حيث ينخفض قليلا شدة الاشعاع الشمسي بما لا يزيد عن 10% عنه في المناطق الجنوبية ويقل متوسط درجات الحرارة سنويا بما يعادل 20% عنه في الجنوب. تتأثر الألواح الشمسية بالعوامل الطبيعية مثل الغبار والأترية وارتفاع درجات الحرارة، وقد تناولت العديد من الدراسات والبحوث العلمية السابقة في موضوع هذه الورقة والتي تهتم بالطاقة الشمسية وكفاءة الطاقة الكهروضوئية.

2. الدراسات السابقة

تضمن بحث زكريا وآخرون (2017) دراسة جدوى اقتصادية وتقنية لمنظومة تسخين مياه شمسية وقد اقترح الباحث في هذه الورقة استبدال سخانات الكهرباء بسخانات شمسية وقد تمت دراسة الجدوى الفنية والاقتصادية باستخدام برنامج RET Screen، وتمت المقارنة بين سخانات المياه بالطاقة الشمسية وسخانات المياه بالطاقة الكهربائية من حيث توفير الكهرباء، وتكلفة رأس المال، وتكاليف الصيانة، وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون وقد تم دراسة حالة عن 5000 منزل في بنغازي وكان الزمن المحدد أكثر من 20 عاما [1]. وقد قام الباحثان ترمبولس وكالوقيرو (2021) بدراسة أنظمة PV/T

الهجينة مع استخلاص حرارة الهواء على نطاق أوسع ، بشكل أساسي كحل بديل وفعال من حيث التكلفة لأنظمة PV المتكاملة (BIPV). يعتبر استخراج حرارة الماء أكثر تكلفة من الهواء، لكن المياه من الأنابيب الرئيسية تبقى عادة أقل من 20 درجة مئوية في البلدان الواقعة على خطوط العرض المنخفضة، والتي ترتفع فيها درجات حرارة الهواء خلال الصيف، وبالتالي يمكن استخدام تسخين المياه خلال جميع الفصول [2]. قدم رجب وآخرون (2018) الجدوى التقنية والاقتصادية لمحطة توليد الطاقة الكهروضوئية بقدرة 14 ميغاوات بالقرب من مدينة هون الواقعة في وسط جنوب ليبيا في منطقة الجفرة، ومن أجل إثبات التصميم وصلاحيته النظام المقترح فقد تم نمذجة ومحاكاة النظام عن طريق برنامج NEPLAN من أجل شبكة توزيع عملية، وتظهر النتائج أن محطة توليد الطاقة الكهروضوئية مجدية اقتصادياً ومستدامة [3]. تقدم ورقة كليب وآخرون (2017) تطوير لجهاز يستخدم الماء لتبريد لوحة الكهروضوئية من أجل زيادة كفاءة الخلية من خلال انخفاض درجة حرارة التشغيل. النظام يتكون من الألواح الكهروضوئية وأنبوب مثقب من الألمونيوم مربوط بمصدر من المياه وتم تطوير الانارة من أجل محاكاة الأشعاع الشمسي وتم وضعها فوق الألواح الكهروضوئية في غرفة مغلقة خالية من تأثير الظروف المناخية الخارجية [4]. عمل الباحثان مادي واودي (2009) على تحسين الكفاءة والحد من معدل التدهور الحراري للوحدة الكهروضوئية عن طريق خفض درجة حرارة التشغيل باستخدام سريان الماء على السطح الخارجي للخلية. يتكون النظام المستخدم في هذه الورقة لأغراض الري من وحدة كهروضوئية مبردة بالماء ومضخة مياه غاطسة، وخزان مياه. يتم تحقيق التبريد للوح الشمسي عن طريق تقاطر المياه على السطح العلوي للوح [5]. قام ستيفان (2004) باقتراح أفكار عديدة لتقليل الانعكاس، لكن معظمها له عيوب (باهظة الثمن، تراكم الغبار ومن الصعب تنظيفها)، ووجد ان الماء، مع معامل الانكسار 1.3، هو وسيط بين الهواء (1.0) والزجاج (1.5) يقلل من الانعكاس بنسبة 2-3% بالإضافة إلى

المساعدة في الحفاظ على سطح نظيف ، ويقلل من درجة حرارة الخلايا [6]. أجرى تيوهان (2012) التجارب مع وبدون تبريد نشط، كانت درجة حرارة الوحدة مرتفعة ولا يمكن للخلايا الشمسية تحقيق كفاءة إلا بنسبة 8-9%. ومع ذلك، عندما تم تشغيل الوحدة في حالة التبريد النشط انخفضت درجة الحرارة بشكل كبير مما أدى إلى زيادة كفاءة الخلايا الشمسية إلى ما بين 12% و 14%. [7]. قام ارفن وسودة (2007) بإجراء محاولة لتقييم الأداء العام لمجمع الهواء الحراري الهجين، من خلال التكوينات المختلفة لمجمعات الهواء الهجينة، وتم اشتقاق التعبيرات التحليلية لدرجات حرارة الخلايا الشمسية، والسطح الخلفي للوحدة، ومخرج الهواء ومعدل استخراج الطاقة الحرارية المفيدة من مجمعات الهواء الهجينة، ويلاحظ أن الهجين يعطي أفضل أداء [8].

3. درجة حرارة الألواح الكهروضوئية

نظرا لانخفاض مردود الخلايا الكهروضوئية مع ازدياد درجة الحرارة بسبب الاشعاع الشمسي، لذلك تستخدم طرق لتبريد هذه الألواح، حيث يعمل تبريد الألواح على تحسين أداء التحويل الكهربائي للخلايا وتوجد عدة طرق لتبريد الخلايا الكهروضوئية (عن طريق الهواء بشكل قسري - عن طريق الماء) [9]. ويمكن حساب درجة حرارة الخلية T_c من المعادلة رقم (1) [5]:

$$T_c = T_a + (T_{cnoct} - T_{rnoct}) * (\theta / 0.8) \quad (1)$$

حيث أن: T_a : درجة حرارة الجو، T_{cnoct} : درجة حرارة الخلية في الظروف القياسية
 T_{rnoct} : درجة حرارة الخلية المقاسة عملي، θ : شدة الاشعاع الشمسي [5].
تحدد كمية الحرارة التي يكتسبها او يفقدتها الجسم خلال عملية التبادل الحراري حسب قانون حفظ الطاقة. عند تسخين مادة كتلتها (m) وحرارتها النوعية (c) تتغير حرارتها

بمقدار (ΔT) لذلك تكسب او تفقد كمية من الحرارة (Q) حسب المعادلة رقم (2)، تغيير حرارة المادة قد يحدث حالات تغير مغناطيسية او كهربائية او تركيب المادة [10].

$$Q = m.c.\Delta T \quad (2)$$

4. المنظومة المستخدمة في البحث

تم تصميم قاعده سفلية مثبت عليها بشكل عمودي الجزء الخاص بمنظومة التبريد ومثبت في منتصفها عمود يحمل قاعدة متحركة لتثبيت الألواح الشمسية بزوايا واتجاهات مختلفة وتحتوي القاعدة المتحركة على حوض لاستقبال الماء الساقط من اللوح الشمسي واستخدامه في اي اغراض اخرى مثل ري الاشجار، وتتكون منظومة التبريد من وصلة حديدية لربط خرطوم المياه بالمنظومة ثم صمام للتحكم في معدل تدفق الماء الداخل لجهاز قياس معدل التدفق وبعد ذلك تم توصيل أنبوب من جهاز قياس معدل التدفق الي الأنبوب المثقب بحيث يسمح بتحريك القاعدة المتحركة ولا يعيق عملها وفي نهاية منظومة التبريد وتم تثبيت أنبوب مثقب على القاعدة المتحركة أعلى اللوح الشمسي كما موضح بالشكل (1) أ،، حيث يسمح بانسياب المياه من أعلى اللوح الي حوض تجميع المياه ومن أسباب تثبيت الانبوب المثقب على القاعدة وليس على اللوح هو السماح باستخدام أي لوح شمسي وعدم التقيد باستخدام لوح شمسي معين، وربطت اسلاك كهربائية من خرج الخلية الى نقاط توصيل مثبتة على لوح لأخذ قراءات الجهد والتيار الخاصة بكل خلية بشكل مستقل، وقد استخدمنا منقله مائلة لتحديد زاوية الميل المطلوبة وكذلك قمنا باستخدام بوصلة الكترونية لتحديد اتجاه زاوية الميل، اما بالنسبة لقياس درجة حرارة جسم الخلية فقد تم باستخدام جهاز متحسس للحرارة بالليزر، واستخدمنا لقياس خرج الخلايا المتمثل في التيار والجهد جهاز الافوميتر والشكل (1) يوضح المعدات المستخدمة في المنظومة العملية.

5. موقع البحث والقراءات

اجري البحث في مدينة مصراته خلال شهر اغسطس من عام 2019م، وتم استخدام لوحين كهروشمسيين متماثلين من نوع فوتونات فرنسية الصنع بالموصفات التالية :

$$\begin{aligned} -P_{\max} &= 80 \text{ W} & -V_{\text{mp}} &= 17.3 \text{ V} & -I_{\text{mp}} &= 4.6 \text{ A} \\ -I_{\text{sc}} &= 5.0 \text{ A} & -V_{\text{oc}} &= 21.9 \text{ V} & -P_{\text{min}} &= 75.1 \text{ W} \end{aligned}$$



ب. جهاز قياس درجة الحرارة



أ. الخلية الشمسية أثناء عملية التبريد



و. منقلة مائة



هـ. بوصلة الكترونية



ج. جهاز قياس معدل التدفق

شكل (1) المعدات المستخدمة في المنظومة العملية

وقد سجلت القراءات عند للظروف التالية:

- تم تبريد أحد اللوحين وترك الآخر من أجل المقارنة - تم قياس درجة حرارة الجو عن طريق ترمومتر - تم قياس درجة حرارة الألواح عن طريق جهاز متحسس للحرارة بالليزر - تم تركيب الألواح بزواوية ميل 30 درجة - تم تسجيل القراءات كل ساعة - تم أخذ القراءات خلال يومين مختلفين.

6. اختبار اليوم الاول

يبين الجدول رقم(1) والجدول رقم(2) القراءات المسجلة خلال يوم 8 من شهر اغسطس من عام 2019 للوح الكهروضمسي الغير مبرد واللوحة الكهروضمسي المبرد وتم تثبيت معدل التدفق على 1 لتر في الدقيقة وكانت متوسط سرعة الرياح 19 كيلو متر في الساعة ودرجة الحرارة 50 درجة مئوية في وقت الظهيرة ثم بدأت في الانخفاض تدريجيا الى 30 درجة وكانت السماء صافيه، وتم سحب المياه المستخدمة في التبريد من خزان أرضي (مدفون تحت الأرض) عن طريق مضخة.

جدول (1) قراءات مسجلة خلال اليوم الأول 2021/3/8 للوح المبرد

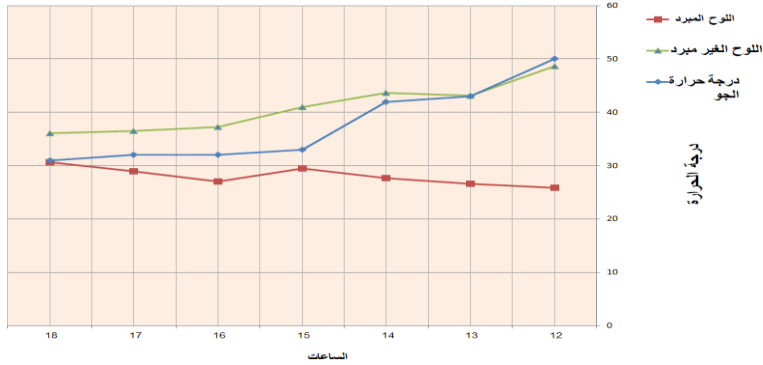
C1	C2	C3	P(w)	V(v)	I(A)	C4	الساعة
25.9	28	23.8	82.83	.9619	4.15	50	12
26.6	29	25.7	75.04	19.80	3.79	43	01
27.7	30.7	27.8	73.74	20.04	3.68	42	02
29.5	33.9	32.3	48.46	19.78	2.45	33	03
27	34.2	33.1	26.88	19.20	1.40	32	04
29	34.5	33.1	25.08	19	1.32	32	05
30.7	34.7	33.2	15	18.52	0.81	31	06

حيث أن: C1 درجة حرارة اللوح، C2 درجة حرارة الماء الخارج، C3 درجة حرارة الماء الداخل، C4 درجة حرارة الجو، P القدرة المنتجة

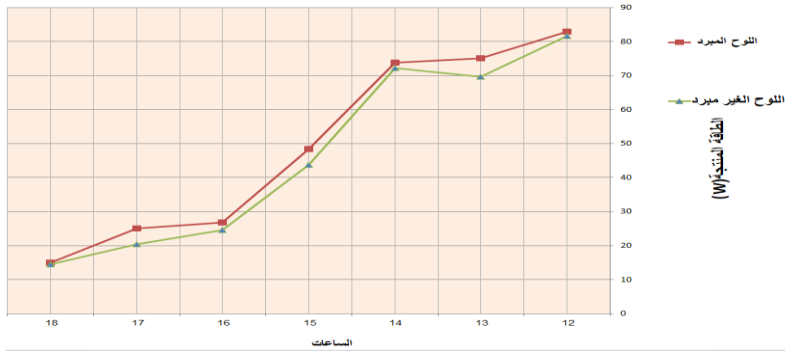
جدول (2) قراءات مسجلة خلال اليوم الأول 2021/3/8 للوح الغير مبرد

P(w)	V(v)	I(A)	C4	الساعة
81.61	18.59	4.39	48.7	12
69.60	18.71	3.72	43.1	01
72.15	18.84	3.83	43.7	02
43.79	19.04	2.30	41.0	03
24.57	18.62	1.32	37.3	04
20.35	18.50	1.10	36.5	05
14.48	18.10	0.80	36.1	06

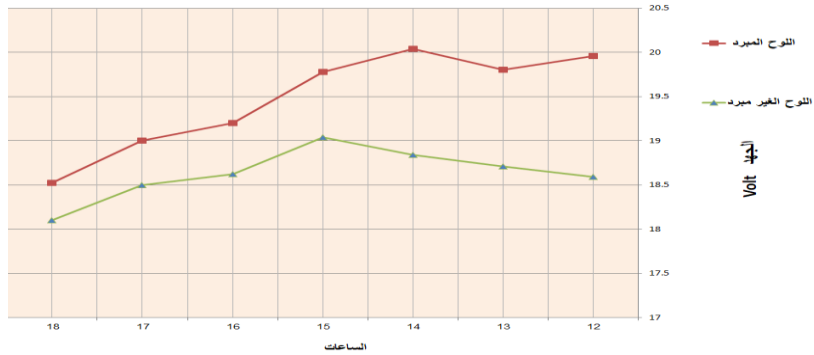
يعرض الشكل (2) المخطط البياني للنتائج التي تم تسجيلها في اليوم الاول حيث تظهر في الشكل مقارنه لدرجة حرارة اللوح خلال ساعات اليوم وكذلك مقارنة حرارة اللوح مع حرارة الجو، حيث يتضح في المخطط ان عملية التبريد تكون اكثر تأثيرا عند الساعة 15 أي ظهرا وكان التغير بحدود 20% (41 الى 33) درجة مئوية. في حين يعرض الشكل (3) مخطط بياني للطاقة المنتجة من الخلايا الشمسية للوح المبرد وغير المبرد وايضا تلاحظ تحسن مردود الخلايا الشمسية حيث يصل الفارق الى 6 وات تقريبا أي بنسبة تحسن حوالي 8.6% عند الساعة 13 (الواحدة ظهرا). ويعرض الشكل (4) المخطط البياني للمقارنة بين الجهد لألوح المبرد والوح غير المبرد وحيث نلاحظ التباين الكبير بين جهد اللوح المبرد وغير المبرد (18.6 الى 19.8) بنسبة زيادة مقدارها 6.45%.



شكل (2) مقارنة درجات حرارة جسم الخلايا مع الجو ليوم 2021/3/8



شكل (3) التغيرات في الطاقة المنتجة للوحة المبردة والغير المبردة ليوم 2021/3/8



شكل (4) التغيرات في الجهد للوحة المبردة والغير المبردة ليوم 2021/3/8

7. اختبار اليوم الثاني

يبين الجدول رقم(3) والجدول رقم(4) القراءات المسجلة خلال يوم 9 من شهر اغسطس من عام 2019 لألوح كهروشمسي غير مبرد ولوح كهروشمسي مبرد وتم تثبيت معدل التدفق على 0.5 لتر في الدقيقة وكانت متوسط سرعة الرياح 21 كيلو متر في الساعة وكانت درجة الحرارة منخفضه مقارنة باليوم الاول وكانت الاجواء تحتوي على بعض السحب، وتم سحب المياه المستخدمة في التبريد من خزان أرضي عن طريق مضخة.

جدول (3) قراءات مسجلة خلال اليوم الثاني 2021/3/9 للوح المبرد

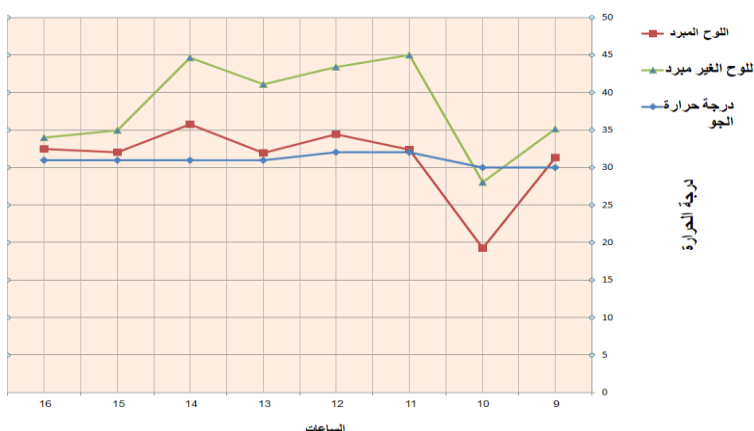
C1	C2	C3	P(w)	V(v)	I(A)	C4	الساعة
31.3	31.2	29.4	17.71	18.65	0.95	30	9
19.2	15.7	13.4	77.57	20.15	3.85	30	10
32.4	34.1	30.1	91.20	20.45	4.46	32	11
34.4	30.1	27.9	99.88	20.51	4.87	32	12
31.9	30.1	28.7	32.16	20.75	1.55	31	01
35.8	34.3	32.1	86.98	18.91	4.60	31	02
32	33.5	33	22.60	18.53	1.22	31	03

من خلال نتائج اليوم الثاني للوح المبرد وغير المبرد تم رسم المخطط البياني في الشكل (6) حيث يعرض اختلاف درجات الحرارة مع مقارنة بين درجة حرارة الجو، حيث تبين ان في اوقات ذروة النهار قد تغيرت الحرارة من (30- 41.3) درجة مئوية بنسبة زيادة 27%. القراءة عند الساعة 10 صباحا غير متوافقة لكون الجو كان باردا اصلا.

جدول (4) قراءات مسجلة خلال اليوم الثاني 2021/3/9 للوح الغير المبرد

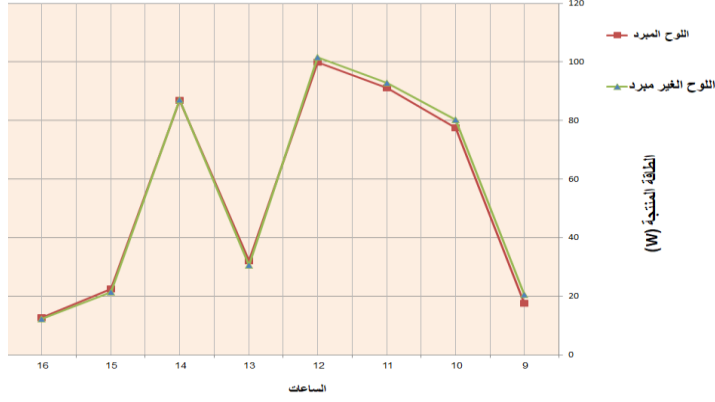
P(w)	V(v)	I(A)	C4	الساعة
20.58	19.79	1.04	35.1	9
80.27	19.39	4.14	28	10

92.78	19.70	4.71	45	11
101.66	19.55	5.20	43.4	12
30.71	18.50	1.66	41.1	01
87.03	18.17	4.79	44.6	02
21.45	18.18	1.18	35	03
12.25	17.51	0.70	34	04

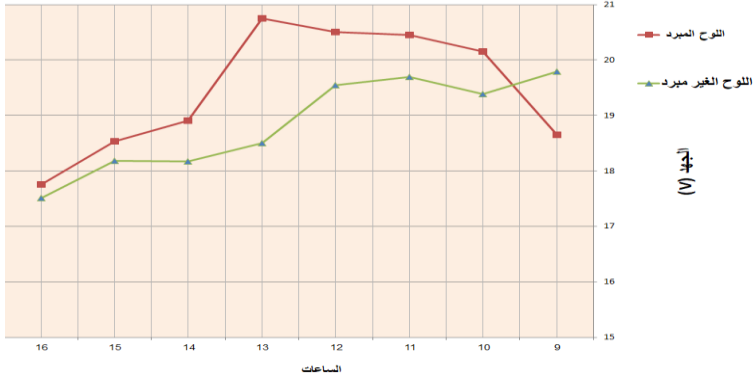


شكل (6) اختلاف درجة حرارة جسم الخلايا مع الجو ليوم 2021/3/9

الشكل (7) يعرض ايضا مقارنة للطاقة المنتجة في اللوح المبرد وغير المبرد حيث نلاحظ ان التباين كان قليل ويعود السبب الي ان الجو كان يحتوي على بعض الغيوم ومستوى تدفق المياه 0.5 لتر في الدقيقة (اليوم السابق كان 1 لتر في الدقيقة). والشكل (8) يعرض مخطط بياني للمقارنة بين الجهد حيث نلاحظ ان الجهد قد تغير بشكل كبير في وسط النهار (الساعة 13 ظهرا) من 18.5 فولت الي 20.8 فولت في حين ان تغيره عند الساعة 9 عكسي ويعود ذلك الي ان درجة حرارة الصباح منخفضه.



شكل (7) التغيرات في الطاقة المنتجة للوح المبرد والغير المبرد ليوم 2021/3/9



شكل (8) التغيرات في الجهد للوح المبرد والوح الغير مبرد 2021/3/9

8. الاستنتاجات

استدلألا بالجانب العملي للبحث والذي تم تنفيذه يمكن التوصل الى الاستنتاجات التالية :
يتحول جزء من الاشعاع الشمسي الساقط على اللوح الكهروضمسي الى طاقة كهربائية ،بينما يؤدي الجزء الآخر الي ارتفاع درجة حرارة اللوح أما عند استخدامنا للماء في تبريد اللوح الكهروضمسي انخفضت درجة حرارته بشكل كبير مقارنة باللوح الغير مبرد حسب تدفق المياه وازداد الجهد الخارج من الخلية بشكل ملحوظ وتحسن مردود اللوح، في اليوم الأول تم تثبيت

التدفق على 1 لتر في الدقيقة انخفضت درجة حرارة اللوح في المتوسط حوالي (12) درجة مئوية والزيادة المسجلة في القدرة المنتجة من اللوح كانت حوالي (2.92) وات وكانت كمية الحرارة الممتصة من اللوح حوالي (9.59) كيلوجول . في اليوم الثاني تم تثبيت معدل التدفق على 0.5 لتر في الدقيقة، انخفضت درجة حرارة اللوح حوالي (7) درجات مئوية وكان هناك شبه تطابق في القيم المسجلة في القدرة المنتجة من اللوحين وكانت كمية الطاقة الحرارية الممتصة من اللوح حوالي (4.29) كيلو جول وبالتالي يمكن القول :

ان تبريد اللوح الكهروضويسي بالماء يؤدي الى امتصاص الحرارة المتولدة فيه نتيجة سقوط الاشعاع الشمسي عليه وكذلك يحافظ على نظافة اللوح من الغبار والذي يؤثر سلبا على عمل اللوح الكهروضويسي وبالتالي انخفاض درجة حرارة اللوح يؤدي الي زيادة واضحة في الجهد VOC مقارنة باللوح الكهروضويسي غير المبرد مما يؤدي الى تحسن في القدرة المنتجة من اللوح وخاصة في الأيام التي تكون فيها درجات الحرارة مرتفعة جدا. أن تدفق الماء على سطح اللوح الكهروضويسي حسن من الاداء الكهربائي وهذا كان واضحا عندما كانت درجة حرارة الجو مرتفعة وساعد في تبريد اللوح الشمسي مما يساعد في الحفاظ على اللوح اطول فترة من العمر الافتراضي المحدد للوح، وعندما كانت درجة حرارة الجو معتدلة وكان الفرق بين درجة حرارة اللوح المبرد والغير مبرد متقاربة ساعد تدفق المياه على ابقاء سطح اللوح نظيف ولم يؤثر على انعكاس الاشعة الشمسية الساقطة على اللوح . يمكن استخدام تبريد الألواح الكهروضويسية بهذه الطريقة بفعالية كبيرة في أنظمة ضخ المياه بالطاقة الشمسية مثل تشغيل مضخة بئر في مزرعة بالألواح الشمسية بحيث يستخدم جزء من الماء الذي تم ضخه في تبريد الألواح، ثم يعاد استخدام المياه المستخدمة في التبريد في تطبيقات أخرى.

المراجع

- [1] Zakariya R., Ashraf K. and Mohammad Z. 2017. Techno-Economic Feasibility Study Of Solar Water Heating System In Libya. The 8th International Renewable Energy Congress (IREC) Amman, Jordan.
- [2] Y. Tripanagnostopoulos and S. Kalogirou 2021. DESIGN ASPECTS AND APPLICATION OF HYBRID PV/T SOLAR

- SYSTEMS. Physics Department, University of Patras, Patra 26500, Greece. ResearchGate, Jan 2021.
- [3] Zakariya R., Ashraf K., Ahmed T. and Asma A. 2018. A Comparison between Centralized PV Plants and Fossil Fuel Plant in Libya. The 9th International Renewable Energy Congress (IREC 2018) Tunisia .
- [4] Calebe A., Licínio M., Aylton J., Wesley P. 2017. Increasing photovoltaic panel power through water cooling technique. TRANSACTIONS ON ENVIRONMENT AND ELECTRICAL ENGINEERING ISSN 2450-5730 Vol 2, No 1 (2017).
- [5] M. Behnia, S. Odeh 2009. Improving Photovoltaic Module Efficiency Using Water Cooling. Heat Transfer Engineering, 30(6):499–505, 2009, Copyright C. Taylor and Francis Group, LLC, ISSN: 0145-7632. DOI: 10.1080/01457630802529214.
- [6] Stefan Krauter 2004. Increased electrical yield via water flow over the front of photovoltaic panels. May 2004 Solar Energy Materials and Solar Cells 82(1-2):131-137. DOI: 10.1016/j.solmat.2004.01.01.1 ISBN: 0927-0248.
- [7] Teo Han Guan 2012. An active cooling system for photovoltaic modules. February 2012 Applied Energy 90(1):309-315. DOI: 10.1016/j.apenergy.2011.01.017.
- [8] Arvind Tiwari, M.S.Sodha 2007, Parametric study of various hybrid PV/thermal air collector: Experimental validation of theoretical model. Solar Energy material & Solar Cells, 91(1):17-28 DOI: 10.1016/j.solmat.2006.06.061.
- [9] هدى محمد منير عبد القادر. (2013). استخدام المشتتات الحرارية في تبريد الخلايا الشمسية وتأثيرها على أداء الخلية. العراق/الموصل، مجلة علوم الرافدين، المجلد 24 ، العدد5، ص91-98، 2013.
- [10] علي حمودي. (2014). دراسة تأثير تبريد الألواح الكهروضوئية بالماء على مردودها وطاقاتها الكهربائية المتولدة. سوريا/اللاذقية، مجلة جامعة تشرين/العلوم الهندسية، المجلد 36، العدد 2، ص201-218، 2014.