Journal of Azzaytuna University (JAZU)
JAZU Homepage: https://azzujournal.azu.edu.ly
ISSN (Print):2523-1006, ISSN (Online): 3105-4420 DOI: 10.35778/ jazu. i56.a675

تأثير درجة الحرارة الخارجية على كفاءة منظم جهد يعمل بالطاقة الشمسية

سالمة فنير*[1]، علي المثناني[2] ، علي الأسيود[3], امحمد صفور[4]

[1]قسم الفيزياء، جامعة وادي الشاطئ ، وادي الشاطئ، ليبيا

[2]قسم الهندسة الإلكترونية والكهربية، جامعة وادي الشاطئ ، وادي الشاطئ، ليبيا

[3]قسم الهندسة الكهربية والإلكترونية، جامعة الزيتونة, ترهونة، ليبيا

[4]قسم الفيزياء، جامعة سبها, سبها، ليبيا

s.fennir@wau.edu.ly، aliomar.almathnani@wau.ly ،ali_lesewed@yahoo.com

المؤلف المرسل: (*s.fennir@wau.edu.ly)

تاريخ النشر : 31 ديسمبر 2025

الملخص: تقوم فكرة هذا البحث على استخدام الطاقة الكهروضوئية في شحن الهاتف المحمول عن طريق دائرة إلكترونية مصممة لتنظيم الجهد الناتج من اللوح الشمسي, حيث تم استخدام لوح شمسي من السيليكون عديد التبلور نظرًا لكونه أقل تكلفة وأكثر شيوعًا، ذلك بسبب أن الألواح الشمسية لا تعطي جهد منتظم في حين أن بطاريات الهاتف المحمول تحتاج لجهد منتظم لتتم عملية الشحن, أي أن الدائرة هي المسؤولة عن تنظيم الجهد الداخل إلى بطارية الهاتف المحمول. يهدف هذا البحث إلى دراسة وتطبيق كيفية شحن الهاتف المحمول باستخدام هذه الطاقة وكذلك تأثير درجات الحرارة المنخفضة والمرتفعة للجو على عملية الشحن، أيضا بيان مدى تأثير هذه التغيرات على سرعة وكفاءة شحن الهاتف المحمول, من خلال هذه الدراسة تبين تأثير درجة الحرارة الخارجية على خصائص اللوح الشمسي وبالتالي تأثيرها على عملية شحن الهاتف المحمول وقد تمت مقارنة البيانات العملية للدراسة بنماذج نظرية لتأكيد النتائج وكانت النتائج متقاربة بين التجارب العملية والنماذج النظرية للدراسة, لقد تبين لنا أنه كلما زادت درجة الحرارة المحيطة تناقص الجهد وازداد التيار للوح الشمسي وأن عملية الشحن للهاتف المحمول تكون أفضل عند ازدياد درجة الحرارة إلى حد ما, حيث اكتمل الشحن في 2:40 ساعة بمتوسط درجة حرارة $33.8^{\circ}C$، وفي 2:15 ساعة بمتوسط درجة حرارة $42.9^{\circ}C$.

الكلمات المفتاحية **:الطاقة الكهروضوئية, الألواح الشمسية, درجات الحرارة, دوائر منظم الجهد.**

ABSTRACT: The core idea of this research is to utilize photovoltaic energy for mobile phone charging. This is achieved through an electronic circuit designed to regulate the voltage produced by a solar panel. A polycrystalline silicon solar panel was chosen due to its lower cost and widespread availability. This selection is crucial because solar panels do not provide a stable voltage, whereas mobile phone batteries require a constant voltage for efficient charging. Therefore, the designed circuit is responsible for regulating the input voltage to the mobile phone battery. This research aims to investigate and implement mobile phone charging using photovoltaic energy, as well as to assess the impact of varying ambient temperatures (low and high) on the charging process. Furthermore, it seeks to elucidate how these temperature changes affect the speed and efficiency of mobile phone charging. Through this study, the influence of ambient temperature on the characteristics of the solar panel, and consequently on the mobile phone charging process, became evident. Practical data from the study were compared with theoretical models to validate the findings, and the results showed close agreement between experimental observations and theoretical predictions. It was observed that as the ambient temperature increased, the voltage decreased and the current from the solar panel increased. Mobile phone charging was more efficient with a moderate increase in temperature. Specifically, charging was completed in 2 hours and 40 minutes at an average temperature of 33.8°C, and in 2 hours and 15 minutes at an average temperature of 42.9°C.

Keywords: Solar panels, **Temperatures, Voltage regulator circuits, Photovoltaic energy.**

 This is an open access article under the CC BY-SA license.

I. المقدمة

أوضحت بعض التوقعات بأنّ عدد السكان على سطح الأرض في عام 2050 سيكون حوالي 9 مليار شخص, حوالي 5مليار منهم تقريبا سوف يستخدمون الهواتف المحمولة(Kamble et al., 2014) , أي أنّ الزيادة في طلب الطاقة سيكون مستمرّاً في المستقبل, في الوقت الحاضر نستخدم أجهزة محمولة مختلفة وجميعها تعمل بالبطاريات وهذا بدوره يؤدي إلى زيادة الطلب على الطاقة ممّا دفع إلى التفكير باستخدام الطاقة الشمسية لشحن هذه الأجهزة بدلا من الاعتماد على الطاقة المكتسبة من موارد الطاقة الأحفورية كالنفط والفحم والغاز(Mohanty et al., 2016) , كذلك تأتي أهمية استغلال الطاقة الشمسية في مشاكل انقطاع التيار الكهربائي المتكرر من الشبكة الكهربائية المحلية (خصوصا في ليبيا). يُقدَّر الإشعاع الشمسي في ليبيا حوالي $7.5kWh/m^2.day$ مع 3000 إلى 3500 ساعات سطوع سنويا، هذا الإشعاع موزّع على مساحة قدرها $1,750,000km^2$, هذا الكم الهائل من الإشعاع الشمسي لو تمّ استغلاله الاستغلال الأمثل يمكنه توفير احتياجات ليبيا وجيرانها من الكهرباء(Khalil & Asheibi, 2015) . يتم استهلاك الطاقة الشمسية المنبعثة من الشمس عن طريق تقنية الألواح الكهروضوئية التي تعمل على توليد التيار الكهربائي من الفوتونات المنبعثة من أشعة الشمس، حيث إنّ هذه الألواح مُصنّعة من مواد شبه موصلة وأكثرها شيوعا السيليكون (Chen, 2011) .

للطاقة الشمسية تطبيقات متعددة منها استخدام الطاقة الشمسية لإضاءة الشوارع كتقنية فعالة ومستدامة للحد من استهلاك الطاقة وانبعاثات الغازات المسببة للانحباس الحراري، حيث يمكن تشغيل مصابيح الشوارع بكفاءة من خلال استغلال ضوء الشمس وتحويله إلى كهرباء(El-Khozondar et al., 2024) , كذلك من تطبيقات الطاقة الشمسية استخدامها في ضخ المياه، حيث في ليبيا تم تركيب منظومة خلايا شمسية لضخ المياه بقدرة 1200W في شمال شرق ليبيا(Sbeta & Sasi, 2012) وغيرها من التطبيقات.إن درجة الحرارة تؤثر على كفاءة الألواح الشمسية، حيث أن زيادة درجة الحرارة يؤدي إلى انخفاض في قدرة الخرج للألواح الشمسية (Kumar et al., 2019),كذلك هناك العديد من العوامل الأخرى تؤثر على آداء الألواح الشمسية كالإشعاع الشمسي الساقط على اللوح الشمسي ودرجة الحرارة المحيطة ودرجة حرارة اللوح الشمسي وسرعة الرياح(Hadi et al., 2021) , والعامل الأكثر تأثرا بارتفاع درجة الحرارة هو جهد الدائرة المفتوحة V_{oc} مما يؤدي إلى إنخفاض في قدرة الخرج وكذلك كفاءة الخلايا الشمسية المكونة للوح الشمسي(Sani & Sule, 2020) .

تقوم فكرة هذا البحث على إستخدام الطاقة الشمسية في شحن بطارية الهاتف المحمول عن طريق تصميم دائرة إلكترونية لتنظيم الجهد الناتج من اللوح الشمسي بمقدار5v مصّممة ومبنّية بالإعتماد على إحدى الدوائر المتكاملة (IC) وهو منظّم الجهد 5087 كجزء رئيسي في دائرة تنظيم الجهد, حيث أّ ن الألواح الشمسية لا تُعطي جهد منتظم أي لا يتناسب مع جهد بطارية الهاتف المحمول, في حين بطارية الهاتف المحمول تحتاج لجهد منتظم لتتم عملية شحنها, أي أّ ن الدائرةُ هنا هي المسؤولة عن تنظيم الجهد الداخل إلى البطارية, أيضا تقوم فكرة هذا البحث على دراسة تأثير درجات حرارة الجو أو المحيط على عملية الشحن وكذلك تأثيرها على تيار وجهد المسطح الشمسي حتى يتسنى لنا معرفة الأوقات المناسبة التي تتم فيها عملية الشحن بشكل أفضل.

يهدف هذا البحث إلى دراسة وتطبيق كيفية شحن بطارية الهاتف المحمول عن طريق استخدام الطاقة الشمسية, وسوف يركّز على تحقيق عدّة أهداف ومنها:

أ- تصميم دائرة إلكترونية (منظم جهد) تُعطي جهداً كافياً لشحن بطارية الهاتف المحمول.

ب-تقييم آداء الشاحن الشمسي في درجات الحرارة المنخفضة والمرتفعة للجو والتي من خلالها يتم توضيح مدى تأثير درجة الحرارة على عملية الشحن.

الطاقة الشمسية

بشكل عام الطاقة الشمسية تنقسم إلى نوعين من الطاقة، طاقة كهروضوئية وطاقة حرارية، وهنا نحن ركّزنا على الطاقة الكهروضوئية، وهي عملية تحويل أشعة الشمس إلى طاقة كهربية عن طريق التحويل الكهروضوئي أو التأثير الكهروضوئي، وهو فرق الجهد المتولد عند التصاق مادتين مختلفتين في الاستجابة للإشعاع الشمسي(Távora & Maia, 2012) . التقنية المستخدمة لتحويل أشعة الشمس مباشرة إلى طاقة كهربية تُعرف بالخلية الشمسية أو الخلية الكهروضوئية حيث إنّ أشعة الشمس تتكون من فوتونات وهذه الفوتونات تمتلك كميات مختلفة من الطاقة المتوافقة مع أطوال موجية مختلفة من الطيف الشمسي. الخلية الشمسية لا تستخدم حرارة الشمس لإنتاج الكهرباء، بل تُنتِج الكهرباء مباشرةً عندما يتفاعل ضوء الشمس مع المادة الشبه موصّلة المصنّعة منها الخلية الشمسية، وعند توصيل مجموعة من الخلايا على التوالي/التوازي معاً تُكوّن ما يُعرف باللوح الشمسي، أي أنّنا نستطيع تحويل طاقة شمسية لا نهائية ومجانية إلى طاقة كهربية باستخدام الألواح الشمسية وتُسمّى أيضا الألواح الكهروضوئية(Carvajal et al., 2012) .

II. إجراءات البحث والتصميم

تمّ تصميم الدائرة الإلكترونية التي ستستخدم في تنظيم الجهد الناتج من اللوح الشمسي وذلك لشحن بطارية الهاتف المحمول بواسطة البرنامج الحاسوبي EWB ثم تصميم الدائرة الإلكترونية في المعمل.

اللوح الشمسي المستخدم

لوح شمسي من السيليكون عديد التبلور وذلك لما له من مميزات جيدة منها أقل تكلفة وأكثر شيوعا وله سماحية ظل أعلى من خلايا السليكون أحادي التبلور(Kamble et al., 2014) , وهو موضح في الشكل 1 بمواصفات تتلائم مع العناصر الإلكترونية المكونة للدائرة المصمّمة خصوصا منظّم الجهد 7805 , كذلك ملائم لمتطلبات بطارية الهاتف المحمول .

الشكل1:المسطح الشمسي المستخدم مع الملحقات

مواصفات اللوح الشمسي المستخدم في هذا البحث موضحة في الجدول 1 كالآتي:

جدول:1مواصفات المسطح الشمسي المستخدم

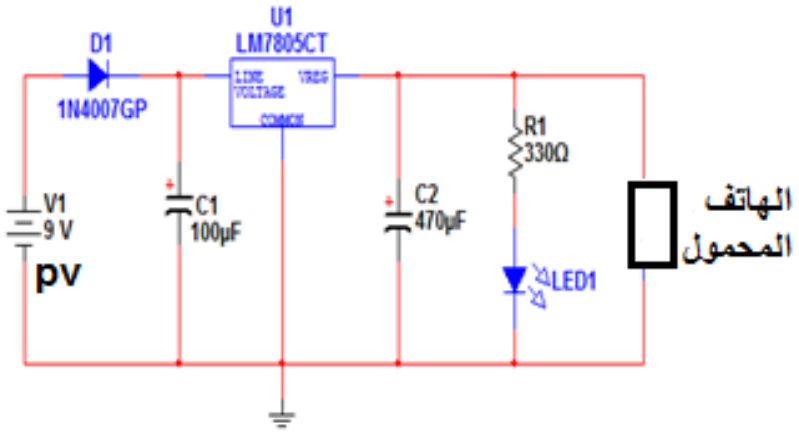
الخاصية	القيمة
V_m أقصى جهد تشغيل	9v
I_m أقصى تيار تشغيل	1.11A
V_{oc} جهد الدائرة المفتوح	10.8v
I_{sc} تيار الدائرة القصيرة	1.38A
الحجم	(360x300x17)mm
المساحة	$0.11m^2$
الوزن	1.2kg

دائر ة تنظيم الجهد

إنّ الشحن بالطاقة الشمسية مفيد في حالات الطوارئ بدلا من البحث عن أماكن بها مقابس أو منافذ كهربية، ويكون استخدام الطاقة الشمسية في شحن الهواتف المحمولة بتصميم نموذج مناسب لدائرة إلكترونية لشحن بطارية الهاتف المحمول بالطاقة الشمسية،

دائرة الشحن الإلكترونية هذه تستخدم كوسيط بين اللوح الشمسي وبطارية الجهاز المراد شحنها، وتكمن أهمية دائرة الشحن في تنظيم الجهد الناتج من الخلايا الشمسية المكونة للوح الشمسي لكي يكون مناسب وملائم لبطارية الهاتف المحمول (Fenir, 2022).

من خلال تطبيقات منظّم الجهد العديدة ومن خلال ما يحتويه من مميزات رأينا فكرة إمكانية استخدامه لشحن الهاتف المحمول مع إضافة بعض العناصر الإلكترونية معه للحصول على التيار والجهد المطلوب، هذه الدائرة تمّ تصميمها باختيار العناصر الإلكترونية اللازمة وهذه العناصر هي: دايود1N4007, مكثفان (470µF,100µF), منظم جهد KIA7805P, مقاومة(330Ω), دايود ضوئي أحمر، مدخل USB, تم تثبيتها على اللوحة المطبوعة وتوصيلها ولحامها بالكاوية والشكل2 يوضح الدائرة الإلكترونية مع منظّم الجهد.



الشكل2: الدائرة الإلكترونية بمنظّم الجهدKIA7805P

III. النتائج

تأثير درجة الحرارة الخارجية على جهد وتيار اللوح الشمسي

تمّ إجراء التجارب العملية على اللوح الشمسي لدراسة تأثير درجة الحرارة الخارجية على خصائص اللوح الشمسي وقياس درجة الحرارة الخارجية بجهاز خاص، حيث تم بدء أخذ البيانات والقراءات من الساعة الثامنة صباحا إلى الساعة الثالثة مساءا حيث كانت درجات الحرارة تتراوح مابين $11^{\circ}c$ **إلى** $29^{\circ}c$ أما الجهد فكان يتراوح ما بين 9.60v إلى 10.20v والتيار يتراوح ما بين 0.16A إلى 1.65A.

أيضا تم حساب الجهد والتيار (نظريا) للّوح الشمسي بواسطة المعادلتين التاليتين(Walter, 1990) :

$$V = V_{ref}[1 - 0.002(T - 25)] \quad (1)$$

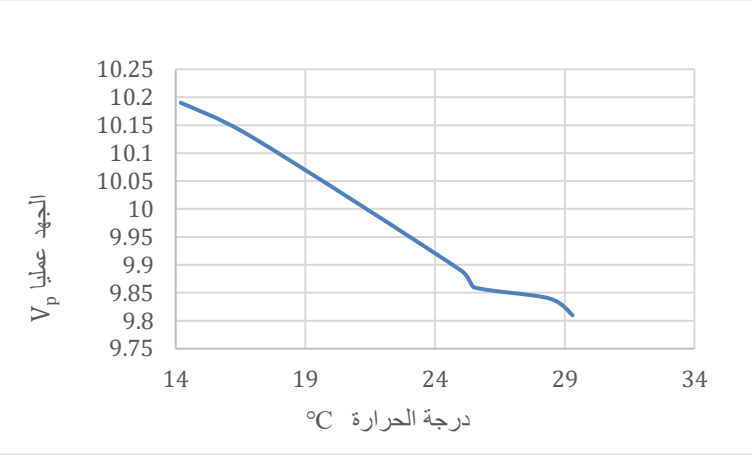
$$I = I_{ref}[1 + 0.025\,A(T - 25)] \quad (2)$$

حيث: V_{ref} جهد المسطح الشمسي عند $25^{\circ}C$ وهو 9.89v

I_{ref} تيار المسطح الشمسي عند $25^{\circ}C$ وهو 1.51A

T درجة الحرارة الخارجية المقاسة.

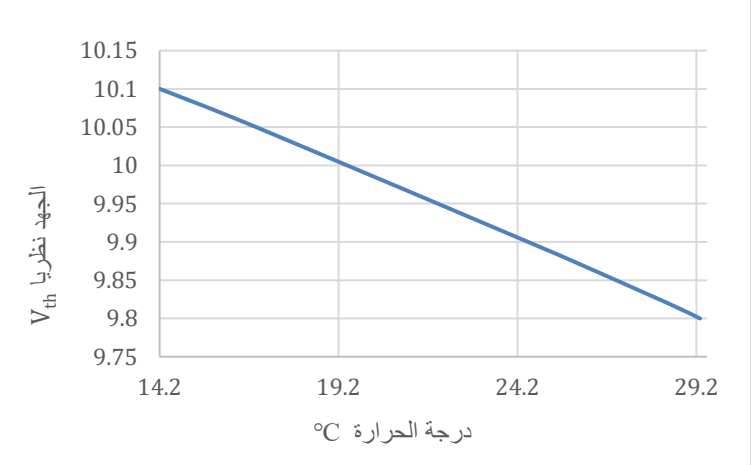
هذه البيانات تم تمثيلها بيانيا بين درجات حرارة الخارجية والجهد (عمليا) V_p, كما موضح في الشكل 3 .



الشكل3: العلاقة بين درجات الحرارة الخارجية والجهد (عمليا) V_p للمسطح الشمسي

من خلال الشكل3 الذي يوضح العلاقة بين الجهد (عمليا) V_p الذي تم قياسه للوح الشمسي و درجة الحرارة الخارجية التي تتراوح ما بين $14^{\circ}C - 29^{\circ}C$ تبين انخفاض في جهد اللوح الشمسي مع زيادة درجة الحرارة الخارجية.

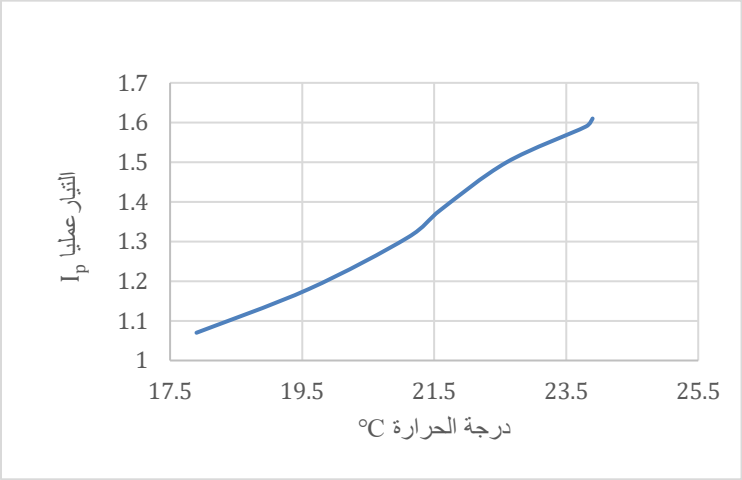
كذلك تم تمثيل البيانات بين درجات حرارة الخارجية والجهد (نظريا) V_{th} كما موضح في الشكل 4 .



الشكل4: العلاقة بين درجات الحرارة الخارجية والجهد (نظريا) V_{th} للوح الشمسي

من خلال الشكل4 والذي يوضح العلاقة بين الجهد (نظريا) V_{th} ودرجات الحرارة الخارجية تبين أيضا انخفاض في الجهد بزيادة درجة الحرارة الخارجية .

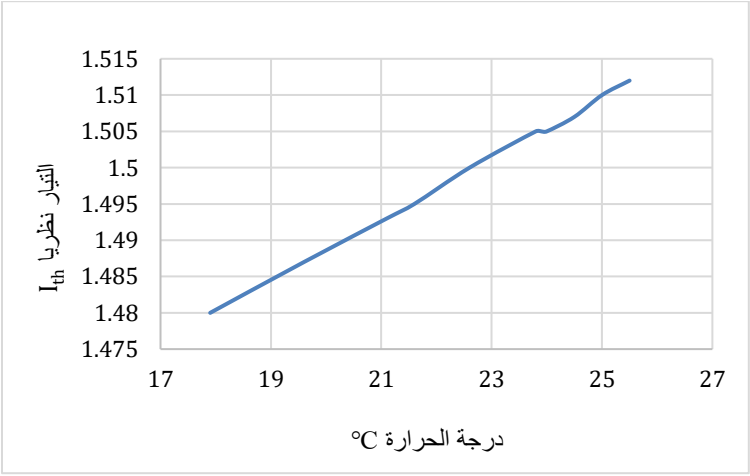
كذلك تم التمثيل بيانيا بين درجات الحرارة الخارجية والتيار (عمليا) I_p الذي تم قياسه من اللوح الشمسي كما هو موضح في الشكل 5.



الشكل5: العلاقة بين درجات الحرارة الخارجية و التيار (عمليا) I_p للوح الشمسي

إن الشكل5 يبين زيادة في تيار اللوح الشمسي مع ازدياد درجة الحرارة الخارجية التي تتراوح ما بين $17^{\circ}C - 25^{\circ}C$.

كذلك تم التمثيل بيانيا بين درجات حرارة الخارجية والتيار (نظريا) I_{th} كما هو موضح في الشكل 6.



الشكل6: العلاقة بين درجات الحرارة الخارجية والتيار (نظريا) I_{th} للوح الشمسي

كذلك الشكل6 يُظهر زيادة مستمرة وثابتة للتيار بارتفاع درجة الحرارة الخارجية.

2.3 تأثير درجة الحرارة الخارجية على عملية شحن الهاتف المحمول

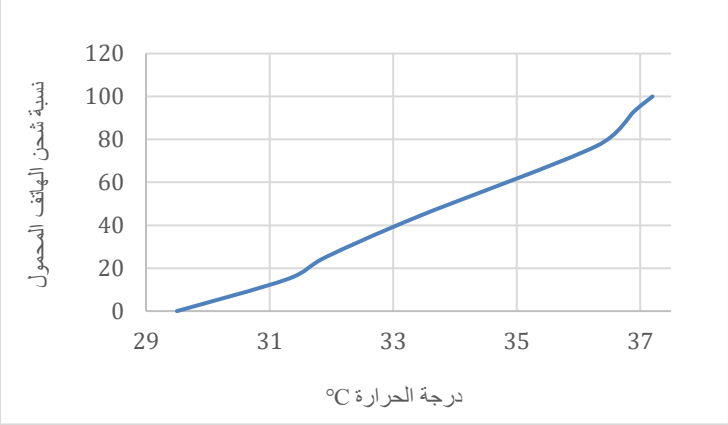
تم شحن الهاتف المحمول في درجات الحرارة الخارجية المنخفضة كما موضح في الجدول 2.

الجدول2: تأثير درجات الحرارة المنخفضة على شحن الهاتف المحمول

الوقت	درجة الحرارة °C	نسبة الشحن
8:00ص	29.5	0
8:15	31.3	15
8:30	31.9	25
8:45	32.1	34
9:00	32.7	40
9:15	33.4	44
9:30	34	47
9:45	35.1	50
10:00	35.9	61
10:15	36.3	77
10:30	36.9	93
10:40	37.2	100

حيث بدأت عملية شحن الهاتف المحمول من الساعة 08:00 ص واكتملت عند الساعة 10:40ص حيث كان متوسط درجات حرارة الجو $33.8^{\circ}C$.

تم تمثيل العلاقة بين درجات الحرارة المنخفضة ونسبة شحن الهاتف المحمول كما في الشكل7.



الشكل7: العلاقة بين درجات الحرارة المنخفضة بمتوسط $33.8^{\circ}c$ ونسبة شحن الهاتف المحمول

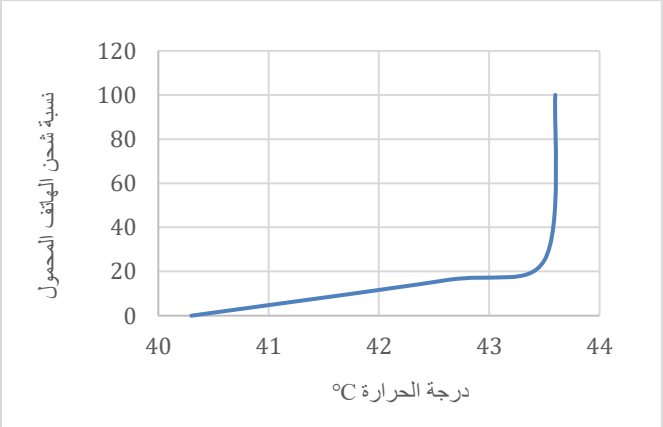
أيضا تم شحن الهاتف المحمول في درجات الحرارة الخارجية المرتفعة كما موضح في الجدول 3.

الجدول3: تأثير درجات الحرارة المرتفعة على شحن الهاتف المحمول

الوقت	درجة الحرارة $^{\circ}C$	نسبة الشحن
12:00م	40.3	0
12:15	42.6	16
12:30	43.5	25
12:45	42.9	35
1:00	43.4	42
1:15	44.3	47
1:30	43.1	50
1:45	42.9	66
2:00	42.9	80
2:15	43.6	100

حيث بدأت عملية شحن الهاتف المحمول من الساعة 12:00م واكتملت عند الساعة 02:15م حيث كان متوسط درجة حرارة الجو $42.9^{\circ}C$.

وتم تمثيل العلاقة بين درجات الحرارة الخارجية المرتفعة ونسبة شحن الهاتف المحمول كما في الشكل8.



الشكل8: العلاقة بين درجات الحرارة المرتفعة بمتوسط $42.9^{\circ}c$ ونسبة شحن الهاتف المحمول

IV. المناقشة

بينت هذه الدراسة تأثير درجة الحرارة الخارجية على تيار وجهد اللوح الشمسي حيث تبين أن الجهد عمليا ونظريا ينخفض مع ازدياد درجة الحرارة، هذا يتوافق مع الدراسات السابقة التي تشير إلى أن ارتفاع درجة الحرارة يؤدي إلى انخفاض في قدرة الخرج للألواح الشمسية وجهد الدائرة المفتوحة (Voc) مما يقلل من كفاءة الخلايا الشمسية. ,أيضا كان هناك توافق بين البيانات العملية والحسابات النظرية. فيما يخص التيار أظهرت النتائج العملية زيادة في تيار اللوح الشمسي مع ازدياد درجة الحرارة وأيضا القيمة النظرية للتيار تزداد مع ازدياد درجة الحرارة الخارجية, أي متوافق مع القيمة العملية للتيار تقريبا.

أيضا من خلال هذه الدراسة تبين التأثير الواضح لدرجات الحرارة الخارجية على كل من الجهد والتيار الناتجين من منظم الجهد واستنتجنا من هذه الدراسة أن عملية شحن الهاتف المحمول تزداد بزيادة التيار, أي أن عملية الشحن تزداد بازدياد درجات الحرارة عند حدود معينة حيث عند درجات الحرارة المرتفعة استغرقت عملية الشحن 2ساعة و15 دقيقة فقط بينما استغرقت عملية الشحن عند درجات الحرارة المنخفضة 2ساعة و40 دقيقة أي بفارق 25 دقيقة, قد يشير هذا إلى أن الأداء الأمثل للشحن بواسطة هذا النظام يحدث ضمن نطاق معين من درجات الحرارة ولكن يجب مراعاة أن الارتفاع المفرط في درجة الحرارة قد يؤثر سلبًا على عمر البطارية وكفاءتها على المدى الطويل. إن تصميم دائرة تنظيم الجهد باستخدام منظم الجهد KIA7805P كان فعالاً في توفير جهد منتظم لبطارية الهاتف المحمول، مما يؤكد أهمية دوائر تنظيم الجهد في أنظمة الشحن بالطاقة الشمسية.

V. الخلاصة

أظهرت الدراسة أن درجة الحرارة الخارجية تؤثر بشكل كبير على كفاءة الألواح الشمسية ومنظم الجهد المستخدم في شحن الهاتف المحمول, فمع ارتفاع درجة الحرارة لوحظ انخفاض في الجهد الناتج عن اللوح الشمسي سواء على المستوى النظري أو العملي, بينما زاد التيار الكهربائي الناتج عن اللوح الشمسي مع ارتفاع درجة الحرارة الخارجية على الرغم من تقارب البيانات العملية مع الحسابات النظرية إلا أن النتائج العملية قد تختلف عن التوقعات النظرية بسبب العوامل البيئية التي تؤثر على الآداء الفعلي للوح الشمسي.

أما بالنسبة لمنظم الجهد، فقد أثبتت الدراسة أن زيادة درجة الحرارة الخارجية أدت إلى زيادة في التيار الكهربائي الناتج مما أدى بدوره إلى تسريع عملية شحن الهاتف المحمول الذي بدوره قلل من وقت الشحن بشكل ملحوظ وعلى الرغم من أن ارتفاع درجة الحرارة أدى إلى شحن أسرع للهاتف المحمول إلا أنه من الضروري مراعاة الآثار طويلة المدى لدرجات الحرارة المرتفعة على مكونات النظام وكفاءة البطارية.

قائمة المراجع

1) Carvajal, D., Nortilien, A., & Obeng, P. (2012). *Portable Solar Power Supply*. Published by University of Central Florida website.
2) Chen, C. J. (2011). *Physics of Solar Energy*. Published by John Wiley & Sons.

3) El-Khozondar, H. J., Asfour, A. A., Nassar, Y. F., Shaheen, S. W., El-Zaety, M. F., El-Khozondar, R. J., Khaleel, M. M., Ahmed, A. A., & Alsharif, A. H. (2024). Photovoltaic solar energy for street lighting: A case study at Kuwaiti Roundabout, Gaza Strip, Palestine. *Power Eng. Eng. Thermophys.*, *3*(2), 77–91.

4) Fenir, S. A. (2022). *Study and design of electronic circuits to charge mobile phone using solar cells from polycrystallin silicon* .MSC Thesis. University of Sebha, Sebha, Libya.

5) Kamble, R., Yerolkar, S., Shirsath, D., & Kulkarni, B. (2014). Solar Mobile Charge. *International Journal of Innovative Research in Computer Science & Technology (IJIRCST)*, *2* (July). ISSN: 2347-5552.

6) Khalil, A., & Asheibi, A. (2015). The Chances And Challenges For Renewable Energy In Libya. *4th international conference on renewable energy research and applications* (November).

7) Kumar, M. S., Balasubramanian, K., & Maheswari, L. (2019). Effect of Temperature on Solar Photovoltaic Panel Efficiency. *International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT)*, *8* (August). ISSN: 2249-8958.

8) Mohanty, P., Muneer, T., Gago, E. J., & Kotak, Y. (2016). *Solar Radiation Fundamentals And PV System Components*. Springer International Publishing Switzerland.

9) Sani, M., & Sule, A. (2020). Effect of Temperature on the Performance of Photovoltaic Module. *International Journal of Innovative Science and Research Technology*, *5* (September). ISSN: 2456-2165.

10) Sbeta, M., & Sasi, S. (2012). On the Field Performance of PV Water Pumping System in Libya. *Solar Energy and Sustainable Development Journal*, *1*(1).

11) Távora, F., & Maia, A. S. (2012). Solar Battery Charger For Portable Devices Application. Published by website docuri.com (June).

12) Walter, C. P. (1990). *The Energy Alternative*. London.

13) Hadi, M. A., Aldali, Y., & Celik, A. N. (2021). Validation of Thermal Models for Polycrystalline Photovoltaic Module Under Derna City Climate Conditions. (February).