مجلة جامعة بنغازي العلمية

http://journals.uob.edu.ly/sjuob

تطبيقات الطاقة الشمسية في ضخ مياه الري والشرب لتنمية المناطق الريفية

علي يصكو دركوى *

قسم الفيزياء – كلية العلوم -جامعة بنغازي.

تاريخ الاستلام: 06 / 02 / 2022 تاريخ القبول: 19 / 06 / 2022

الملخص:

تُعَدّ الطاقة إحدى المتطلبات الرئيسة في تنمية المناطق الريفية. يمكن لمصادر الطاقة المتجددة أن تُسْهم في تنمية هذه المناطق، حيث تُعَدّ من البدائل المساعدة لمصادر الطاقة التقليدية من البترول والفحم والغاز ومشتقاته المحدودة في الطبيعة وتزايد تلوثها للبيئة والقابلة للنضوب بسبب الاستنزاف الهائل لها. واستخدام الخلايا الشمسية لإنتاج الطاقة الكهربية واستغلالها بشكل مباشر أو تخزينها في بطاريات واستغلالها عند اللزوم إحدى الطرق الواعدة للحصول على الطاقة. تهتم هذه الورقة بدراسة نظرية لمخرجات الخلايا الشمسية من الطاقة الكهربية واستغلال تلك الطاقة لتشغيل مضخة لرفع المياه من الآبار.

الكلمات المفتاحية: الضغط الديناميكي، كفاءة الخلية، اللوح الشمسي، المجال الكهربي، الوصلة p-n.

Abstract

Energy is considered one of the major requirements in developing rural areas. Renewable energy sources can be used in these areas as alternative assistance to conventional energy sources such as petroleum, coal and gas which derivatives are finite in nature and increasing environmental pollution and depletion because of massive attrition. Use of solar cells to produce electrical energy and exploit it directly or store it in batteries and used it when necessary is one of the most promising methods for obtaining energy. This paper is concerned with a theoretical study for solar cell electric energy output and utilize the energy to operate a pump to raise water from wells.

Keywords: Cell efficiency, Dynamic pressure, Electric field, p-n junction, Solar plates.

1. المقدمة:

تعود معظم مصادر الطاقة المتجددة (طاقة الرياح، وطاقة الأمواج، والطاقة الكهرومائية و الكتلة الحيوية) المتوافرة على سطح الأرض إلى الإشعاع الشمسي الذى يمثل الضوء و الحرارة المنبعثين من الشمس. يستقبل كوكب الأرض 174 بيتا وات من الإشعاعات الشمسية عند طبقة الغلاف الجوي العليا وهو ما يعادل 10000 ضعف إجمالي الطاقة المستخدمة من قبل البشر على الأرض [1]. ينعكس ما يقرب من 30% من هذه الإشعاعات عائدة إلى الفضاء بينما تمتص النسبة الباقية بواسطة السحب والمحيطات والكتل الأرضية [2]. وإلى الآن لم يُسْتَخْدَم سوى جزء صغير من الطاقة الشمسية المتوافرة في حياتنا، حيث إن الطاقة التي تطلقها الشمس في ساعة واحدة تكفي لإنتاج كمية من الطاقة تلبي جميع احتياجات البشر على سطح الأرض لمدة عام كامل[3].

تضم تقنيات تسخير الطاقة الشمسية استخدامات متعددة كالتدفئة والتجفيف والتسخين المباشر أو إنتاج الكهرباء ضمن غليان الماء بواسطة عدة مرايا مركزة وإمرار بخار الماء الناتج عبر توربين توليد الكهرباء. تطبيقات السخانات الشمسية هي الأكثر انتشارا في مجال التحول الحراري للطاقة الشمسية. كما أن للتأثير الضوئي دوراً مهماً في عملية توليد الكهرباء عبر الظواهر الكهروضوئية باستخدام الخلايا الشمسية.

تُصْنَع الخلايا الشمسية من عناصر أشباه الموصلات مثل السيليكون والجرمانيوم والسيزيوم أو أشباه الموصلات المركبة من عناصر المجموعة الثالثة والمجموعة الخامسة من الجدول الدوري مثل زرنيخ الجاليوم وذلك بعد إجراء بعض التغيرات الطفيفة عليها لكي تكون ملائمة لتحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كهربية. يعتبر السيليكون من العناصر المهمة في صناعة الخلايا الشمسية. يوجد السيليكون بوفرة في القشرة الأرضية (حوالي 27.72%) بعد الأكسجين في صورة ثاني أكسيد السيليكون [4]، المكون الرئيس للرمل فهو مادة متوافرة لا تنضب و زهيدة الثمن. صناعة الخلايا الشمسية تحتاج إلى تقنية في علوم المواد والإلكترونيات. ارتفاع كلفة صناعة الخلايا الشمسية هو العائق الرئيس لاستخدامها في الحياة العملية.

أنظمة ضخ المياه التي تعمل بالخلايا الشمسية هي إحدى الأنظمة الفعالة لتأمين احتياجات القطاع الزراعي خاصة في المناطق الريفية التي لا توجد بها شبكة للتيار الكهربي أو عدم توفر كهرباء كافية من المصادر أو حدوث انقطاعات للتيار لفترات طويلة. في الآونة الأخيرة هنالك اهتمام كبير في استخدام الطاقة الكهربية الناتجة من الخلايا الشمسية في مجال الري.[5, 6, 7]

في هذه الورقة أُعْطِيتْ فكرة عن أسس عمل الخلية الشمسية السيليكونية من نوع p-n وحساب القدرة الكهربية الناتجة منها، ثم حساب القدرة الناتجة من اللوح الشمسي و تحديد القدرة المطلوبة لتشغيل مضخة.

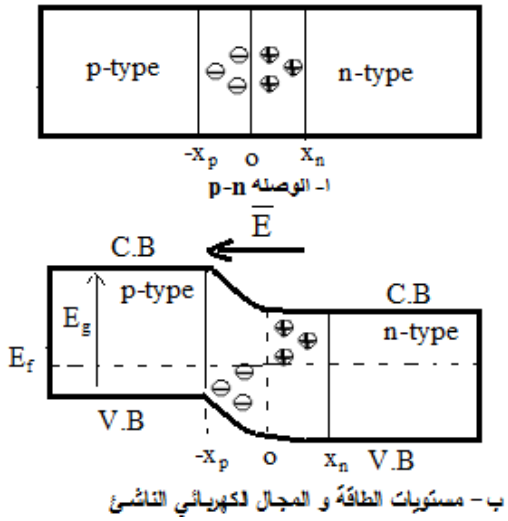
2. الخلايا الشمسية السيليكونية نوع وصلة p-n :

شرائح رفيعة من السيليكون يضاف لها بعض الشوائب بمقادير صغيرة تكسبها بعض الخواص الكهربائية. عند إضافة عنصر الفوسفور بكثافة Nd ذرة لوحدة الحجوم لشريحة السيليكون تعطيها خاصية زيادة في كثافة الإلكترونات الحرة في نطاق التوصيل، وتسمى بالطبقة n بينما عند إضافة عنصر البورون بكثافة Na ذرة لوحدة الحجوم للشريحة يعطيها خاصية زيادة كثافة الفجوات (ذرات سيليكون موجبة الشحنة لفقدها للإلكترونات و ترك فجوات عوضا عنها) في نطاق التكافؤ وتسمى بالطبقة p. عند تكوين الوصلة p-n (صناعيا)، الإلكترونات في شبه الموصل n تنتشر في اتجاه شبه الموصل p بينما الفجوات تنتشر في الاتجاه المعاكس وبذلك يكون جانب من الوصلة به شحن موجبة و الجانب الآخر شحن سالبة، وينشأ بذلك جهد كهربي يحد من انتقال الشحنات. ينتج عن هذا الجهد مجال كهربائي داخلي عند الوصلة بمنطقة الاستنزاف $(W = |-x_p| + x_n)$ الخالية من الشحنات الحرة كما في شكل (1). يُعَدُّ المجال الكهربائي الداخلي أساس عمل الخلية الشمسية حيث إنه له دور فعال في فصل الشحنات الكهربية المتولدة من امتصاص الضوء عندما يسقط على الخلية الشمسية.

* للمراسلات إلى: علي يصكو دركوى

البريد الإلكتروني: alidarkwi@uob.edu.ly

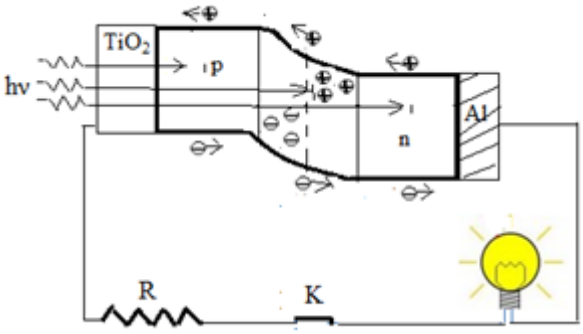
©2022 جامعة بنغازي. جميع الحقوق محفوظة. الرقم الدولي/ الإلكتروني: 2790-1637، الورقي: 2790-1629. رقم الإيداع القانوني: 2018/154 دار الكتب الوطنية



شكل 1: الوصلة لأشباه الموصلات p و n واتجاه المجال الكهربائي الناشئ

3. إنتاج الطاقة الكهربائية من الإشعاع الشمسي:

الضوء (فوتونات) الساقط على الخلية الشمسية الذي طاقته تساوى أو أعلى من طاقة الفجوة ($E_g \leq h\nu$) يُمْتَصُّ في شريحتي السيليكون pو n وذلك بإعطاء طاقة للإلكترونات في نطاق التكافؤ(V.B) لتصعد إلى نطاق التوصيل (C.B)حيث تنجرف تحت تأثير المجال الكهربائي الداخلي إلى أحد طرفي الخلية، بينما الفجوات تنجرف إلى الطرف الآخر للخلية. تطلا الواجهة الأمامية للخلية بطبقة أكسيد معدن مثل ثاني أكسيد التيتانيوم (TiO_2) لتقليل انعكاس الضوء وأيضا يعمل قُطْبَ توصيل بالدائرة الكهربية. ، بينما الجانب الآخر للخلية يُطْلَى بمعدن مثل الألومينيوم (Al) الذى يعمل على انعكاس الضوء داخل الخلية وكذلك يعمل موصلاً للدائرة الخارجية، عندما تكون الدائرة مغلقة يمر تيارا في الدائرة كما في شكل 2.



شكل 2: تحويل الإشعاع الشمسي إلى تيار كهربي بالوصلة p-n

يمكن حساب القدرة الناتجة وكفاءة أداء الخلية وذلك باستخدام مقياس متعدد رقمي (digital multimeter) لقياس التيار والجهد ومن ثم دراسة خواص المنحنى (I-V) للخلية الشمسية.

من الناحية النظرية يمكن تحليل معادلات الحركة للشحنات الكهربية داخل الخلية الذى يعطي العلاقة بين الجهد و كثافة التيار علي الصورة [9, 8]:

$$J(V) = J_{ph} - J_D\left(e^{\frac{qV}{kT}} - 1\right) \qquad (1)$$

حيث J_{ph} - كثافة تيار الاضاءة، q – شحنة الإلكترون، V- الجهد الكهربي، k- ثابت بولتزمان، T- درجة الحرارة بالكلفن و J_D– كثافة تيار التشبع.

كثافة تيار التشبع تعطي بالعلاقة

$$J_D = qn_i^2\left[\frac{1}{N_d}\sqrt{\frac{D_n}{\tau_n}} + \frac{1}{N_a}\sqrt{\frac{D_p}{\tau_p}}\right] \qquad (2)$$

حيث n_i - كثافة الشحنة في الحالة النقية لشبه الموصل، N_d- كثافة الذرات المانحة ، N_a- كثافة الذرات المستقبلة، D_n- ثابت الانتشار للإلكترونات، D_p- ثابت الانتشار للفجوات، τ_n- زمن عمر الإلكترونات، τ_p- زمن عمر الفجوات .

في حالة اعتبار الشحنات المتولدة من امتصاص الضوء التي تقع علي مسافة L_n و L_p من طبقة الاستنزاف تسهم في تيار الاضاءة ، فإن كثافة تيار الإضاءة تعطي بالعلاقة [10]:

$$J_{ph} = q\,G(\,L_p + W + L_n\,) \qquad (3)$$

حيث L_n -طول الانتشار للإلكترونات، L_p-طول الانتشار للفجوات، W- عرض طبقة الاستنزاف وG-معدل توليد الشحنات.

4. الألواح الشمسية:

تنتج الخلية الشمسية الواحدة قيماً صغيرة للتيار والجهد. وقيمة الجهد الناتج من الخلية الشمسية يعتمد على نوع شبه الموصل المستخدم، في حالة السيليكون يكون الجهد الناتج في حدود 0.5 فولت، كما تعتمد شدة التيار على وقت سطوع الشمس، وكذلك على كفاءة الخلية الشمسية في تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية. يتألف اللوح الشمسي من خلايا شمسية توجد داخل لوح واحد، حيث تستخدم هذه التجمعات من الخلايا في زيادة شدة التيار والجهد. في حالة توصيل عدد من الخلايا الشمسية على التوالي يزداد فرق الجهد مع ثبات شدة التيار، بينما توصيل عدد من الخلايا الشمسية على التوازي تزداد شدة التيار مع ثبوت فرق الجهد أما في حالة التوصيل المركب فيزداد فرق الجهد وشدة التيار. يوضح شكل(3) لوح شمسي مكون من 60 خلية شمسية.



شكل 3: لوح شمسي مكون من 60 خلية شمسية

عند توصيل 10 ألواح مع بعضها مهما كانت طريقة التوصيل (توالي أو توازي أو مزدوج) وقدرة كل لوح 250 وات فإن الطاقة الإجمالية تصبح 2500 وات .من المهم أن تكون جميع الألواح من نفس النوع والقدرة والحالة [11].

©2022 جامعة بنغازي. جميع الحقوق محفوظة. الرقم الدولي/ الإلكتروني: 2790-1637، الورقي: 2790-1629. رقم الإيداع القانوني: 2018/154 دار الكتب الوطنية

5. مضخات المياه بالطاقة الشمسية:

الطاقة الكهربائية التي تنتجها الألواح الشمسية يمكن استخدامها في تشغيل مضخات رفع المياه من الآبار. تعمل بعض المضخات بالتيار المستمر وبعضها الآخر يعمل بالتيار المتردد كما في المشاريع الأكبر حجما. وبعض المضخات صممت بأن تشتغل على كلا التيارين المستمر والمتردد وذلك بعد إمرار التيار خلال محول كهربائي [12]. بتقدير معدل استهلاك المياه للأفراد والمحاصيل الزراعية والمواشي لليوم الواحد، يمكن اختيار مضخة الطاقة الشمسية المناسبة حسب معدل التدفق.

6. الحسابات والنتائج:

بالمعطيات المدونة بالجدول (1)، وُجِدَت العلاقة بين الجهد V و كثافة التيار J لخلية السيليكون للوصلة p-n . من هذه العلاقة وُجِدَت فعالية الخلية والقدرة الناتجة.

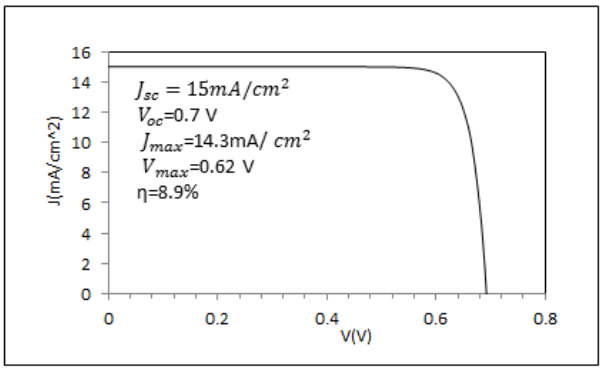
جدول 1: الكميات الفيزيائية للشحنات الناقلة للتيار لعنصر السيليكون

الكمية الفيزيائية	مقدار الكمية
شحنة الإلكترون	$q = 1.6 \times 10^{-19} C$
ثابت بولتزمان	$K = 8.62 \times 10^{-5} eV/K$
درجة الحرارة بالكلفن	$T = 300K$
كثافة الشحنات في شبه الموصل النقي	$n_i = 1.5 \times 10^{10} m^{-3}$
كثافة الذرات المانحة	$N_d = 10^{16} cm^{-3}$
كثافة الذرات المستقبلة	$N_a = 5 \times 10^{18} cm^{-3}$
زمن عمر للإلكترونات	$\tau_n = 5 \times 10^{-7} sec$
زمن عمر للفجوات	$\tau_p = 10^{-7} sec$
ثابت الانتشار للإلكترونات	$D_n = 25\ cm^2/\text{sec}$
ثابت الانتشار للفجوات	$D_p = 10\ cm^2/\text{sec}$
طول الانتشار للإلكترونات	$L_n = 35.4\ \mu m$
طول الانتشار للفجوات	$L_P = 10\ \mu m$
عرض فجوة الاستنزاف	$W = 0.36\ \mu m$

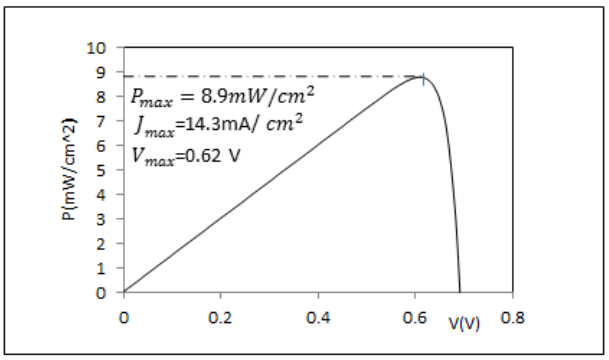
يوضح شكل (4) العلاقة بين كثافة التيار والجهد في الخلية الشمسية. يتبين من هذه العلاقة أن كثافة تيار الدائرة المغلقة $J_{sc} = 15\ mA/cm^2$ و جهد الدائرة المفتوحة $V_{oc} = 0.7\ V$. يبين شكل(5) العلاقة بين الجهد و القدرة، حيث إنّ أقصى قيمة للقدرة $P_{max} = 8.9\ mW/cm^2$، هذه القدرة تمثل القدرة P_{out} الناتجة من التحويل الضوئي عند أقصى كثافة تيار $J_{max} = 14.3\ mA/cm^2$ و أقصى جهد $V_{max} = 0.62\ V$. يمكن حساب كفاءة الخلية الشمسية (η) من الناحية النظرية لإشعاع شمسي ساقط على الخلية بقدرة $100\ mW/cm^2$ من المعادلة التالية:-

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} = \frac{8.9\ mW/cm^2}{100\ mW/cm^2} = 8.9\% \qquad (4)$$

القدرة الناتجة من خلية شمسية واحدة قيمة صغيرة جدا. تُوَصَّل عدة خلايا شمسية على التوالي وتُوَصَّل على التوازي وتُوَصَّل مزدوجاً لزيادة فرق الجهد وشدة التيار والقدرة كما هو في الألواح الشمسية.



شكل 4: منحنى كثافة التيار والجهد



شكل 5: منحنى القدرة والجهد

7. حساب القدرة اللازمة لتشغيل المضخة:

بتقدير معدل استهلاك المياه للأفراد والمحاصيل الزراعية والمواشي لليوم الواحد، يمكن اختيار مضخة الطاقة الشمسية المناسبة ذات قدرة تلبي الاحتياجات اليومية للمياه. حجم مصفوفة ألواح الطاقة الشمسية المناسبة لتوفير الكهرباء اللازمة لإدارة المضخة، يكون بناء على متوسط سطوع الشمس، معدل التدفق، ارتفاع الضغط الديناميكي والفقد بالاحتكاك حسب قطر الأنبوب. يوضح جدول(2) بعض المعطيات الحسابية.

جدول 2: الكمية ومقدارها

اسم الكمية	المقدار
الاستهلاك اليومي للمياه	لتر5000
متوسط سطوع الشمس يوميا	5 ساعات
معدل تدفق المضخة	1000 لتر/ساعة
قدرة اللوحة الشمسية الواحدة	250 وات
قدرة 4 الواح شمسية	1000 وات
قدرة المضخة	1حصان (1حصان يكافئ 0.745 كيلو وات)

يمكن حساب ارتفاع الضغط الديناميكي من خلال معرفة المسافة الراسية لسحب وضخ المياه. يوجد طريقتان في حساب خصائص الضغط الديناميكي للمضخات المائية [13]:

1. الطريقة الأوربية التي يُحْسَب الارتفاع المانومتري الجملي HMT من خلال المعادلة الآتية،

©2022 جامعة بنغازي. جميع الحقوق محفوظة. الرقم الدولي/ الإلكتروني: 2790-1637، الورقي: 2790-1629. رقم الإيداع القانوني: 2018/154 دار الكتب الوطنية

$$HMT = Ha + HR + Pc + \Pr \qquad (5)$$

حيث Ha، هو ارتفاع السحب ويمثل المسافة بين سطح المياه ومحور المضخة وهذا الارتفاع =0 في حالة استعمال المضخات الغاطسة.

HR، هو ارتفاع التفريغ ويمثل الارتفاع بين محور المضخة وأعلى نقطة تفريغ مياه بالنسبة للمضخة السطحية، بالنسبة للمضخة الغاطسة فهو يمثل الارتفاع بين سطح المياه وأعلى نقطة تفريغ مياه.

Pc، وهو متوسط فقدان الأحمال وتمثل الطاقة الضائعة في أنابيب المياه.

Pr ، الضغط المستعمل المطلوب عند فتح الحنفية ويتراوح بين 1 و 3 بار أي بين 10_ 30 متر.

2. الطريقة الأمريكية التي تستخدم ارتفاع الضغط الديناميكي TDH. ولحساب هذا الضغط تستخدم المعالة

$$TDH = Hh + Ja + Jr \qquad (6)$$

حيث Hh تمثل المسافة بين مستوى المياه و أعلى نقطة تفريغ بالمتر.

Ja يمثل فقدان الأحمال في أنابيب السحب، وقيمتها 0 في حالة المضخات الغاطسة لأنه لا يوجد أنابيب سحب في هذه الحالة.

Jr يمثل فقدان الحمل بالاحتكاك داخل الأنابيب.

فمثلا، حساب **الضغط الديناميكي بالطريقة الأمريكية**:

1. المسافة الرأسية من سطح الأرض إلى منسوب الماء في البئر 100متر.
2. المسافة الرأسية من سطح الأرض إلى أعلي نقطة في الخزان 10متر.
3. الفقد بالاحتكاك داخل المواسير مثلا يعادل 5% من مجموع القيمتين السابقتين الذي يساوى 5.5متر.

الضغط الديناميكى $= \rho g h$

$$= 10^3 \times 9.81 \times (100 + 10 + 5.5)$$

$$= 1133.1 \times 10^3 N/m^2 \qquad (7)$$

قدرة الضخ $=$ الضغط الديناميكى $\times$ معدل التدفق بوحدة $\left(\frac{m^3}{s}\right)$

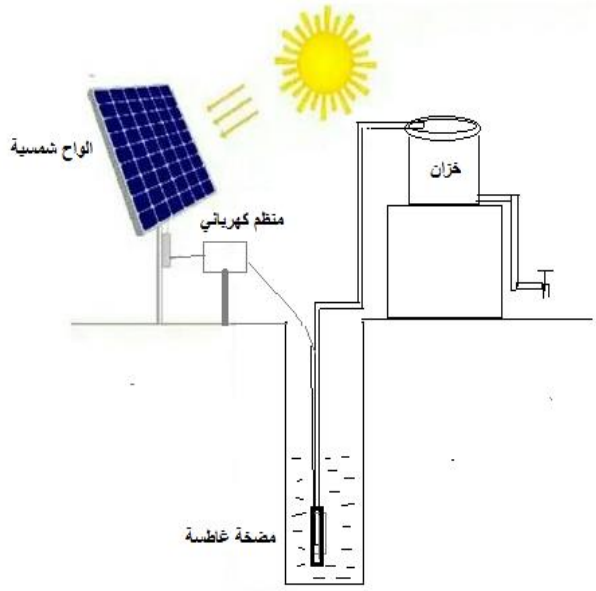
$$= 1000 \times \frac{10^{-3}}{3600}\left(\frac{m^3}{s}\right) \times 1133.1 \times 10^3 \left(\frac{N}{m^2}\right)$$

$$= 314.8\ Watt = 0.3148\ Kwatt \qquad (8)$$

نظرا لوجود فواقد في مكونات الدائرة الكهربية وأيضا احتياطا لتقلبات ظروف الجو، نضرب هذه القيمة في 1.5 عامل أمان.

$$\text{قدرة الضخ المثالية} = 0.3148 \times 1.5\ KWatt$$
$$= 0.4722\ Kwatt \qquad (9)$$

لتشغيل مضخة نصف حصان (0.373 كيلو وات) نحتاج حجم مصفوفة ألواح بقدرة نصف كيلو وات (وهذا عادة سيكون عبارة عن لوحين قدرة الواحد منها 250 وات) . اختيار المضخة يتم بمعرفة معدل التدفق وارتفاع الضغط الديناميكي وذلك عن طريق الدخول إلى خرائط منحنيات الاداء الخاصة بالشركة المصنعة للمضخة. عادة عند صناعة المضخة توضع بعض المواصفات على المضخة من ضمنها القدرة، معدل التدفق وعامل الأمان.



شكل 6: مضخة غاطسة متصلة بألواح شمسية

يوجد نوعان من المضخات لرفع المياه من الآبار غاطسة وسطحية. تستخدم المضخات الغاطسة عادة لضخ المياه من الآبار العميقة بينما تستعمل المضخات السطحية التي توضع على سطح الأرض للآبار الضحلة ومجريات الأنهار والمستنقعات. يمر التيار الناتج من الخلايا الشمسية خلال منظم كهربائي الذي بدوره ينظم الجهد والتيار المعطي للمضخة. تُجْمَع المياه في خزان سطحي أو على ارتفاع معين، وبالتالي تحت تأثير الجذب الأرضي يتم ري بعض الخضروات عن طريق الغمر أو ري بعض الأشجار كالنخيل، الزيتون، اللوز عن طريق التقطير. استخراج المياه بهذه الطريقة يمكن الاستفادة منها في سقي قطعان الموشي.

8. الجدوى الاقتصادية لاستخدام نظام الري بالطاقة الشمسية:

المضخة الشمسية تشبه المضخة الكهربائية التقليدية حيث إنها تستخدم الطاقة الشمسية بدلا من الكهرباء الناتجة من الوقود الاحفوري. تتفاوت أسعار مضخات الطاقة الشمسية حسب نوع المضخة، وكفاءة المضخة، وماركة المضخة، والعمر الافتراضي للمضخة، ومكونات المضخة، وسرعة تشغيل المضخة. تكلفة تركيب أنظمة الري بالطاقة الشمسية تشمل الألواح الشمسية، مضخة، حوامل، وكابلات توصيل بسعر تقريبي حسب قدرة المحطة على النحو التالي [14].

1. محطة قدرة 5.5 حصان 12000 د.ل (US$2,400).
2. محطة قدرة 8 حصان 18000 د.ل (US$3,600).
3. محطة قدرة 27 حصان 63000 د.ل (US$12,600).

تدعم المزارع الكبيرة بمحطات ذات قدرة عالية، أما في القرى فعادة ما تكون المزارع صغيرة وبذلك محطة ذات قدرة صغيرة تلبي الاحتياجات من المياه. يوجد بالسوق محركات عديده تشتغل بالديزل لضخ المياه. يعتمد سعر المحرك على المواصفات الفنية للمحرك. محرك الديزل 6 حصان تقريبيا 1200د.ل (US$240). يبين جدول (3) مقارنة بين مضخات تعمل بالديزل و مضخات تعمل بطاقة الخلايا الشمسية.

©2022 جامعة بنغازي. جميع الحقوق محفوظة. الرقم الدولي/ الإلكتروني: 1637-2790، الورقي: 1629-2790. رقم الإيداع القانوني: 2018/154 دار الكتب الوطنية

جدول 3-مقارنة بين مضخات تعمل بالديزل ومضخات تعمل بطاقة الخلايا الشمسية

وجه المقارنة	مضخة تعمل بالديزل	طاقة الخلايا الشمسية
تكلفة الانشاء	تكلفة بسيطة	التكلفة الأولية عالية
الوقود	تحتاج الى وقود باستمرار	لا تحتاج
الصيانة	تحتاج الى صيانة	لا تحتاج
ظروف التشغيل	يلزم الحضور	يمكن ربطها بتشغيل ذاتي
مدة التشغيل	سنوات، حسب الصيانة	حدود 20عاما

يمر التيار الناتج من الخلايا الشمسية خلال منظم كهربائي الذي بدوره ينظم الجهد والتيار المعطي للمضخة. المضخات الغاطسة تعمل بالتيار المتردد وهذا يستوجب وجود انفيرتر للتحويل من تيار مستمر الى تيار متردد.

9. الخلاصة:

تركيب نظام مضخات الطاقة الشمسية لضخ المياه لا يحتاج إلى بطاريات تخزين للطاقة، حيث إن العمل بالزرعة عادة يتم نهارا، وهذا يؤدى إلى تقليل الكلفة مقارنة بالمشاريع الأخرى التي تحتاج إلى الطاقة ليلا. من خلال تحديد عمق البئر وكمية المياه المطلوبة يوميا يمكن تحديد قدرة المضخة وحجم مصفوفة الألواح الشمسية المطلوبة لتشغيلها. مع أن التكلفة الأولية لتشغيل المضخات التي تعمل بالطاقة الشمسية عالية، لا أنها على المدى البعيد أكثر اقتصادا ويرجع ذلك أساسًا إلى انخفاض تكاليف التشغيل والصيانة وتأثير أقل على البيئة.

10. المراجع:

1. Rhodes C. J. Solar energy: principles and possibilities, Science Progress 93(1); 2010. 37–112
2. Chen J. C. Physics of Solar Energy, John Wiley & Sons. Inc; 2011. 175-177
3. كريم رشدي . أهم 10 استخدامات للطاقة الشمسية وأكثر تطبيقاتها:2020/12/31

   Available from;*www.notstory.com/2020/12/solar-energy-uses.html*
4. Email I. W., Sani N. A., Abdulsalam A. K., Abdullahi U. A. Extraction and Quantification of Silicon from Silica Sand Obtained from Zauma River, Zamfarastate, Nigeria. European Scientific Journal vol.9,No.15 ISSN: 1857 – 7881; 2013.160-168
5. Samar A. Hassan, M.K. Abd El-Wahab, A.M. El-Shal, W.E. Abd Allah. Performance Evaluation of a Small ac/dc Solar Water Pumping System for Roof Cultivation. Zagazig J. Agric. Res., Vol. 46 No. (1); 2019. 65-80
6. Harishankar S., Sathish Kumar R., Sudharsan K.P, Vignesh U., Viveknath, T. Solar Powered Smart Irrigation System, Advance in Electronic and Electric Engineering. ISSN 2231-1297, Volume 4, Number 4; 2014. 341-346
7. Smith .D. V., Stephen V. Allison. Micro irrigation with photovoltaics, MIT Energy Laboratory Report, MIT. EL.78006; 1978. 5-23
8. Lewis M. F., Larry D. P. Solar Cells and Their Applications, Second Edition. John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, New Jersey; 2010. 53-55
9. EL Faituri F. Y. R., Darkwi A. Y. Computer Simulation for Current Density in p-n Silicon Solar Celles. International Symposium on Solar Physics and Solar Eclipses (SPSE); 2006. 163-171
10. Green Martin A. Solar Cells, Operation Principles, Technology, and System Applications, Prentice-Hall, Inc., Englewood, N. J. 1982. 78
11. حمزة خالد. كيفية توصيل مصفوفة الألواح الشمسية. 2019/02/25

    Available from;*http://engrhamzah.blogspot.com/2019/02/blog-post_84.html*
12. Keerthi Unni, Sushil S. Thale. Design and Development of a Solar PV Inverter for Water Pumping Applications. International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), ISSN: 2278-0181 Volume 3, Issue 01; 2015. 1-6
13. Asenath W. Kiprono, Alberto Ibáñez Llario. Solar Pumping for Water Supply Harnessing solar power in humanitarian and development Contexts. Practical Action Publishing Ltd; 2020. 188-189
14. قاسم عبدالسلام الزين و امراجع حمد لالى . مقارنة اقتصادية-تقنية مبسطة لمنظومة ضخ الماء بالطاقة الكهربية الشمسية مقابل ضخ الماء بالطاقة الكهربية التقليدية للأغراض الزراعية في منطقة (أوجلة). مجلة الطاقة الشمسية والتنمية المستدامة المجلد (5) العدد (1): 2016، ص. 30-43

©2022 جامعة بنغازي. جميع الحقوق محفوظة. الرقم الدولي/ الإلكتروني: 1637-2790، الورقي: 1629-2790. رقم الإيداع القانوني: 2018/154 دار الكتب الوطنية