HNSJ Humanitarian & Natural Sciences Journal
ISSN: (e) 2709-0833
www.hnjournal.net
مجلة العلوم الإنسانية والطبيعية
مجلة علمية محكمة (التصنيف: NSP)
معامل التأثير العربي للعام 2020 = 0.44

عنوان البحث

تحسين عمل الخلايا الشمسية السيلكونية

د. عثمان زكي مبارك علي[1]

[1] اختصاصي مختبر علمي وزارة التربية والتعليم، الإمارات – مكتب العين
بريد الكتروني: alizaki2010zaki@gmail.com

HNSJ, 2022, 3(2); https://doi.org/10.53796/hnsj3239

تاريخ النشر: 2022/02/01م تاريخ القبول: 2022/01/25م

المستخلص

تناولت الدراسة تحسين عمل الخلايا الشمسية السيلكونية وحساب الاشعاع الشمسي في مدينة الخرطوم، هدفت الدراسة الى سبل تحسين عمل الخلايا الشمسية السيلكونية. نبعت مشكلة الدراسة من الحوجة الشديدة لاستخدام الطاقة الشمسية وتطوير عمل الخلايا الشمسية السيلكونية، تم اجراء الدراسة بجامعة ام درمان الإسلامية خلال ثلاث اعوام. تبرز أهمية الدراسة من ان الطاقة الشمسية طاقة متوفرة وخالية من الآثار السالبة، تم استخدام المنهج التجريبي لإجراء الدراسة. توصلت الدراسة الى عدة نتائج أهمها ان الطاقة الناشئة من الخلايا الشمسية طاقة خالية من الآثار السلبية ويمكن تحسين عمل الخلايا الشمسية، وظهرت ان هنالك علاقة عكسية بين كفاءة الخلايا الشمسية ودرجة الحرارة، وهنالك علاقة بين كفاءة الخلايا الشمسية وزاوية ميلان الخلية الشمسية. توصي الدراسة بمزيد من البحث في العلاقة بين كفاءة الخلية وزاوية الميلان.

RESEARCH TITLE

OPTIMIZING THE WORK OF SILICON SOLAR CELLS

Dr. Osman Zaki Mubarak Ali [1]

[1] Scientific laboratory specialist, Ministry of Education, UAE - Al Ain office
Email: alizaki2010zaki@gmail.com

HNSJ, 2022, 3(2); https://doi.org/10.53796/hnsj3239

Published at 01/02/2022 **Accepted at 25/01/2021**

Abstract

The study dealt with improving the work of silicon solar cells and calculating solar radiation in the city of Khartoum. The study aimed at ways to improve the work of silicon solar cells. The problem of the study stemmed from the great need to use solar energy and develop the work of silicon solar cells. The study was conducted at Omdurman Islamic University for three years. The importance of the study is that solar energy is available and free of negative effects. The experimental method was used to conduct the study. The study reached several results, the most important of which is that the energy arising from solar cells is free from negative effects, and the work of solar cells can be improved. It appeared that there is an inverse relationship between the efficiency of solar cells and temperature, and there is a relationship between the efficiency of solar cells and the angle of inclination of the solar cell. The study recommends further investigation into the relationship between cell efficiency and tilt angle.

الباب الاول

المقدمة

1.1تمهيد:

الشمس مصدر الحياة ومصدر الطاقات على الأرض، فالطاقة الشمسية الواصلة الى سطح الأرض تتحول الى شكلين رئيسيين هما: طاقة كيميائية وطاقة حرارية، وكل منهما يتجلى بعدة مظاهر تؤدي لنشوء عدد من الطاقات. فعند سقوط اشعة الشمس على أوراق النباتات تدخر في النباتات على شكل طاقة كيميائية عضوية، وتشكل هيكلا للنباتات ومصدرا لغذائه ولغذاء الكائنات الحية بشكل عام.

إن تراكم الكميات الكبيرة من هذه العضويات الحية عبر السنين، وخضوعها لظروف مناسبة من الاكسدة والارجاع حولت الطاقة الكيميائية المختزنة فيها الى طاقة كيميائية أخرى شكلت مصدر الوقود الاحفوري من النفط والغاز والفحم.

اما الأثر الحراري للطاقة الشمسية فيتجلى ظاهرا عند سقوط الاشعة الشمسية على الغلاف الجوي فيؤدي لتسخينه تسخينا متفاوتا، وبالتالي: لحدوث التيارات الهوائية، وبالنتيجة ظهور طاقة الرياح، ويشكل تبخر كميات هائلة من مياه البحار والمحيطات مصدرا للطاقة المائية على الأرض.

ان التسخين المباشر لسطح البحار والمحيطات يؤدي لارتفاع درجة حرارة السطح مع المحافظة على درجة حرارة منخفضة في القاع، وتعرف الطاقة الناتجة من هذه الظاهرة بالطاقة الحرارية في البحار والمحيطات.

ترتبط طاقة المد والجزر مباشرة مع الشمس ولو بشكل ضئيل أي بمدى قربها او بعدها عن الأرض، ويعتقد ان الطاقة الكامنة الجوفية في باطن الأرض هي طاقة مستمدة من الشمس، لان معظم النظريات الحديثة تؤكد ان الأرض تعود في منشئها الى الشمس إذ انها انفصلت عنها (الكوكب الام) وبردت قشرتها الخارجية، اما اعماقها فما زالت ملتهبة تشع الحرارة الى الجهات كافة.

بدأ الانسان استخدام الطاقة الشمسية منذ القرن الثالث قبل الميلاد، وذلك باستخدام المرايا لتركيز اشعة الشمس، ثم تناولت هذه الاستخدامات وتطورت تطورا كبيرا حتى استخدام هذه الطاقة في إطلاق الأقمار الصناعية التي تتردد بالطاقة الشمسية عن طريق الخلايا الكهرو شمسية. [1]

1.2مشكلة البحث:

لاحظ الباحث أن هناك بعض المشكلات التي يعاني منها السودان، ومنها الكهرباء التي تُعتبر روح الحياة للإنسان وعليه توجه الباحث الى اعداد دراسة تناول الطاقة النظيفة التي يمكن ان تعتبر بديل للكهرباء.

ان المشروع البحثي يهدف الى تحسين عمل الخلايا الشمسية السيلكونية من خلال ايجاد اجوبة للأسئلة التالية:

1.3 اسئلة البحث:

1- ما هي ايجابيات وسلبيات وأهمية واستخدام الخلية الشمسية؟

2- مم تتكون الخلية الشمسية؟

3- كيف تعمل الخلية الشمسية؟

4- كيف توصل الخلايا الشمسية؟

5- مم يتكون وكيف يوصل النظام الشمسي؟

6- كيف نحسب الاشعاع الشمسي في مدينة الخرطوم؟

7-كيف نستنتج العلاقة بين درجة الحرارة والكفاءة وقدرة الخلايا والاشعاع الشمسي؟

8- كيف نحسن عمل الخلايا الشمسية؟

1.4أهدف البحث:

يهدف البحث الى دراسة كيفية تحسين عمل الخلايا الشمسية السي لكونية للحصول على اعلى كفاءة لإنتاج الطاقة من ضوء الشمس وبأقل تكلفة.

تتمثل الاهداف في:

1- دراسة الخلايا الشمسية من حيث تعريفها واهميتها واستخدامها وسلبياتها وإيجاباها.
2- تحديد مكونات الخلية الشمسية.
3- دراسة عمل الخلية الشمسية.
4- كيفية توصيل الخلايا الشمسية.
5- تحديد مكونات النظام الشمسي.
6- حساب الاشعاع الشمسي لمدينة الخرطوم.
7- إجراء تجربة لمعرفة العلاقة بين درجة الحرارة والكفاءة.
8- تحسين عمل الخلايا الشمسية.

1.5اهمية البحث:

تنبع أهمية البحث من ان الطاقة الشمسية طاقة نظيفة ويمكن انتاجها في السودان، السودان بلد مترامي الاطراف يذخر بشمس ساطعة طوال العام تقريبا، ومن الدول القريبة من خط الاستواء مما يجعل الشمس أقرب للعمودية على الارض بالإضافة للمساحات الزراعية الشاسعة والحوجة الدائمة للطاقة النظيفة، كل ذلك جعل من الاهمية بمكان تطوير البحث العلمي في مجالات الطاقة النظيفة على العموم والطاقة الشمسية على وجه الخصوص.

1.6 منهجية البحث:

تم اتباع (المنهج التطبيقي) برنامج افتراضي، يتناسب مع مفردات البحث العلمي لحساب انتاجية الخلايا الشمسية في مدينة الخرطوم وتجربة تستنتج العلاقة بين درجة الحرارة والكفاءة وقدرة الخلايا وتجربة لدراسة تحسين عمل الخلايا الشمسية السي لكونية وكذلك ينتمي هذا البحث الي فئة البحوث التي تستهدف استخدام النمذجة الرياضية لاستنتاج وحساب القيم.

1.7 أدوات البحث:

1. مقابلات شخصية مع الخبراء والاساتذة المهتمين بالطاقة النظيفة.
2. برنامج افتراضي لحساب الاشعاع الشمسي.
3. تجربة علمية لمعرفة العلاقة بين درجة الحرارة والكفاءة.
4. برنامج افتراضي لتحديد زاوية تركيب الخلية الشمسية.
5. برنامج افتراضي لحساب حجم ومواصفات منزل، ومواصفات مضخة، يعملان على الطاقة الشمسية.
6. مصادر المعلومات المتاحة في المكتبات وشبكة الانترنت للحصول على معلومات كافية عن الاشعاع الشمسي والخلايا الشمسية.

1.8 حدود البحث:

الحدود الزمانية: 2019-2021م، تم في هذه المدة تحديد الموضوع والمصادر واجراء التجارب المعملية وتسجيل النتائج وتحليلها وكتابة مسودة البحث.

الحدود المكانية: تم اجراء البحث بمعامل جامعة ام درمان الإسلامية بالإضافة الى الاستفادة من بعض معامل ولاية الخرطوم.

1.9 متغيرات البحث:

المتغير المستقل:

تجربة علمية لرفع الكفاءة زائدا التطبيقات الافتراضية التي يستخدمها الباحث وينفذها لحساب الاشعاع في مدينة الخرطوم، وحساب حجم ومواصفات منزل، ومواصفات مضخة، يعملان على الطاقة الشمسية، تحديد زاوية التركيب.

المتغير التابع:

تنمية مهارات استخدام الادوات والاجهزة المعملية واجراء النمذجة الرياضية لحساب كمية ما.

الباب الثاني
الإطار النظري

2.1 الالواح الشمسية؟

الالواح الشمسية هي المكون الأساسي في الأنظمة الشمسية التي تقوم بتوليد الكهرباء، تصنع الخلايا الشمسية من مواد شبه موصلة مثل السيلكون تمتص الضوء من الشمس، السيليكون بطبيعته لامع جدا، فمن اجل الاستفادة من الفوتونات ومنعها من الانعكاس بعيدا عن الخلية، يتم تطبيق طلاء مضادة للانعكاس للخلايا، يتم وضع غطاء زجاجي اعلى اللوح الشمسي لحماية pv cell مادة السيليكون من العوامل الخارجية والخدش، يتكون اللوح من مجموعة من الخلايا المتصلة مع بعضها البعض في اطار واحد وموصلة بينها، الخلايا مقاسها القياسي 15.6*15.6 سم.

بعض الشركات تعطي للعميل صورة وردية للنظم الشمسية كأنها دون عيوب ولكن هنالك عدد من العيوب منها على سبيل المثال:

1/ التكلفة الأولية لشراء النظام عالية الى حد ما. يشمل ذلك دفع ثمن الالواح والانفرتر والبطاريات والاسلاك وهيكل التثبيت. هذه التكلفة عائق امام محدودي الدخل الذين يحصلون الآن على الكهرباء المدعومة من الحكومة ولا يحتاجون الى نظام شمسي يكلف الآلاف.

2/ كفاءة النظام تقل في أيام المطر والغيوم. لذلك في النظم المستقلة عن الشبكة يجب عمل بطاريات تخزين تسع ثلاث او أربع أيام لتفادي انقطاع التيار خلال سوء الأحوال الجوية. على الرغم ان عدد أيام الغيوم في الدول العربية قليل ولكن تصميم النظام يجب ان يضع في الاعتبار عدم انقطاع التيار الكهربائي نهائيا.

3/ تخزين الطاقة في البطاريات مكلف وعمرها الافتراضي قليل بالنسبة الى سعرها. يتم شحن البطاريات خلال النهار وتستخدم الطاقة ليلا. في نظم الري يتم استخدام الطاقة الشمسية خلال النهار فقط والاستغناء عن بطاريات التخزين. فأصبحت الطلمبات الشمسية ناجحة اقتصاديا في المناطق الريفية مثل الواحات في مصر والهند التي أصبحت دولة رائدة في هذا المجال.

4/ بالنسبة للاستخدام المنزلي قد لا يتطلب التركيب مساحة كبيرة للنظام لتكون فعالة في توفير الكهرباء على أساس ثابت بالتالي عنصر المساحة وتكلفتها له وزن كبير في دراسة جدوى النظام الشمسي داخل المدن الكبرى والمواقع ذات أسعار الأراضي المرتفعة.[1]

2.2 الجوانب الإيجابية والسلبية لاستخدام الطاقة الشمسية:

ان الطاقة الشمسية كغيرها من مصادر الطاقة لها جوانب إيجابية وسلبية

أولا – الجوانب الإيجابية:

1/ الطاقة الشمسية طاقة هائلة من حيث مخزونها وكميتها، من حيث مخزونها: ان الشمس منبع لا ينتهي من الطاقة. ومن حيث كميتها: ان ما يصل للأرض من اشعة الشمس يعادل عدة اضعاف احتياج البشرية من الطاقة.

2/ الطاقة الشمسية مجانية، لذلك يعتمد استخدامها على الكلفة التأسيسية فقط.

3/ تتوزع الطاقة الشمسية على سطح الكرة الأرضية، وتصل الى الجميع فلا حاجة لنقلها وتوزيعها.

4/ على الرغم من الفرق في توزع الطاقة الشمسية بين خط الاستواء والقطبين الا ان توزعها حسب خطوط العرض منتظم تقريبا، ويعتمد على المنطقة الجغرافية مما يسهل عملية دراستها واستخدامها وتبادل المعلومات والدراسات حولها.

5/ تعد هذه الطاقة الشمسية عملية من ناحية استخدامها، فهي قابلة للتحول الى أنواع أخرى من الطاقة كالطاقة الحرارية والميكانيكية والكهربائية.

6/ تعد هذه الطاقة لا مثيل لها في بعض الاستخدامات الخاصة فيما يتعلق بحياة الانسان والنبات مثل (المشاريع الضخمة التي تعتمد على تبخير كميات هائلة من المياه وعمليات التركيب الضوئي وغيرها).

7/ تعد هذه الطاقة مصدرا نظيفا للطاقة من حيث تأثيرها على البيئة وغير خطرة الاستعمال.

ثانيا – الجوانب السلبية:

1/ تعد الطاقة الشمسية قليلة الكثافة الواحدة السطح إذا ما قورنت بأنواع الطاقة التقليدية.

2/ عدم استمرارية الطاقة الشمسية خلال اليوم، حيث تتوفر فقط لساعات معينة مما يسبب مشاكل عملية استخدامها.

3/ جهل المستخدم بأهمية هذه الطاقة، مما يتطلب وضع خطة تفهيم وتوجيه بما يتناسب مع التحولات الاجتماعية التي ترافق استخدام هذه الطاقة.

4/ ان نظام الطاقة الذي عاشه الانسان خلال التطور الصناعي نتج عنه نظام الطاقة الشمسية الجديد قد يتطلب تغيرا نوعيا في بعض أسس هذا النظام.[3]

2.3 أهمية الطاقة الشمسية:

تأتي أهمية الطاقة الشمسية من اعتبارها اهم مصادر الطاقة المتجددة خلال القرن الحالي، لان الطاقة التقليدية (الاحفورية) مهددة بالنضوب، وكذلك بما خلقه من آثار كارثية على بيئة الأرض من تلوث وارتفاع في درجة حرارة الأرض، والتي سببت تغيرات مناخية في جو الأرض.

لذلك فان جهود كثير من الدول تتوجه نحو استثمار الطاقة الشمسية، وترصد لها المبالغ اللازمة لتطوير المنتجات، والبحوث الخاصة باستغلال الطاقة الشمسية كإحدى اهم مصادر الطاقة البديلة للنفط والغاز، وقد اعطى النصيب الاوفر في البحوث والتطبيقات لمجال تحويل الطاقة الشمسية الى كهرباء وهو ما يعرف باسم Photovoltaic وهذا المصدر من الطاقة هو امل الدول النامية في التطور حيث اصبح توفر الطاقة الكهربائية من اهم العوامل الرئيسية لإيجاد البنى الأساسية فيها، ولا يتطلب انتاج الكهرباء من الطاقة الشمسية مركزية في التوليد بل تنتج الطاقة، وتستخدم بالمنطقة نفسها او المكان، وهذا ما يوفر الكثير من التكلفة في النقل والمواصلات.

وتعتمد هذه الطريقة بصورة أساسية على تحويل اشعة الشمس الى طاقة كهربائية، وتوجد في الطبيعة مواد كثيرة تستخدم في صناعة الخلايا الكهرو شمسية، والتي تجمع بنظام كهربائي وهندسي محدد لتكوين ما يسمى باللوح الشمسي الذي يعرض بدوره لأشعة الشمس بزاوية معينة لينتج أكبر قدر من الكهرباء.

ورغم ان الطاقة الشمسية اخذت تتبوأ مكانا مهما ضمن البدائل المتعلقة بالطاقة المتجددة، الا ان مدى الاستفادة منها يرتبط بوجود اشعة الشمس طيلة وقت الاستخدام اسوة بالطاقة التقليدية، وعليه يبدو ان المطلوب (إضافة الى تطوير التحويل الكهربائي والحراري للطاقة الشمسية) تطوير تقنية تخزين تلك الطاقة للاستفادة منها في اثناء فترة احتجاب الاشعاع الشمسي. وهنالك طرق تقنية عدة لتخزين الطاقة الشمسية تشمل التخزين الحراري والكهربائي والميكانيكي والكيميائي والمغناطيسي ... الخ[2]

وتعد بحوث تخزين الطاقة الشمسية من اهم مجالات التطوير اللازمة في تطبيقات الطاقة الشمسية وانتشارها على مدى واسع، حيث ان الطاقة الشمسية رغم انها متوفرة الا انها ليست في متناول اليد وليست مجانية بالمنعى المفهوم. فسعرها الحقيقي عبارة عن المعدات المستخدمة لتحويلها من طاقة كهرومغناطيسية الى طاقة كهربائية او حرارية، وكذلك تخزينها إذا دعت الضرورة. ورغم ان هذه التكاليف حاليا تفوق تكلفة انتاج الطاقة التقليدية الا انها تعطي صورة كافية عن مستقبلها لأنها اخذة في الانخفاض المتواصل بفضل البحوث الجارية والمستقبلية.

2.4 استخدامات الطاقة الشمسية:

استفاد الانسان منذ القدم من طاقة الاشعاع الشمسي مباشرة في تطبيقات عديدة كتجفيف المحاصيل الزراعية وتدفئة المنازل، كما استخدمها في مجالات أخرى وردت في كتب العلوم التاريخية، فقد احرق أرخميدس الاسطول الحربي الروماني في حرب عام (212) ق.م عن طريق تركيز الاشعاع الشمسي على سفن الأعداء بواسطة المئات من الدروع المعدنية، وفي العصر البابلي كانت نساء الكهنة يستعملن آنيات ذهبية مصقولة كالمرايا لتركيز الاشعاع الشمسي للحصول على النار.

حاول الانسان منذ فترة بعيدة الاستفادة من الطاقة الشمسية واستغلالها ولكن بقدر قليل ومحدود، ومع التطور الكبير في التقنية والتقدم العلمي الذي وصل اليه الانسان فتحت آفاق علمية جديدة في ميدان استغلال الطاقة الشمسية.[2]

الاستخدامات الحرارية:

تشمل منظومات التدفئة وتسخين المياه للأغراض المنزلية والصناعية، حيث تعد من الاستخدامات الأساسية الأكثر عملية لأنظمة الطاقة الشمسية في الأبنية السكنية، ومنظومات تحلية المياه، ومنظومات تجفيف المحاصيل الزراعية، والطباخات الشمسية،

ومنظومة التبريد حيث تعد الطاقة الشمسية افضل وسيلة للتبريد فكلما زاد الاشعاع الشمسي حصلنا على تبريد افضل، وكانت أجهزة التبريد الشمسي اكثر كفاءة، ولكن تكلفة التبريد الشمسي تكون اعلى من السعر الحالي للتبريد من ثلاثة الى خمسة اضعاف تكلفته الاعتيادية، ويعود السبب لارتفاع كلفة مواد التبريد الشمسي، ومعدات تجميع الحرارة وتوليد الكهرباء.

الاستخدامات الكهربية:

يعد التحويل بالخلايا الشمسية من اهم وسائل تحويل الطاقة الشمسية الى طاقة كهربائية، وتمتاز هذه المنظومات بسهولة النصب والتشغيل والموثوقية في الإنتاج وعدم الاحتياج الى الصيانة المستمرة وعدم تلوث البيئة وعمرها التشغيلي أكثر من (25) سنة.

ويمكن تقسيم هذه المنظومات حسب القدرة الكهربائية الى ثلاث اقسام:

1/ تطبيقات ذات قدرة منخفضة تشمل الأجهزة والمنظومات التالية:

- الحاسبات والألعاب الالكترونية والساعات.
- أجهزة الإذاعة المسموعة وشاحنات وسائط القدرة المنخفضة.

2/ تطبيقات ذات قدرة متوسطة وتشمل المنظومات التالية:

الانارة – أجهزة الإذاعة المرئية – ثلاجات اللقاح والامصال – إشارات المرور والانذار – مراوح الاسقف (التهوية) – هواتف الطوارئ – شاحنات السياج الكهربي (حيث يشحن السياج المحاط بالمزارع وأماكن تربية الحيوانات لمنعها من الاقتراب منها).

3/ تطبيقات ذات قدرة متوسطة وعالية وتشمل المنظومات التالية: ضخ المياه – محطات اتصالات الموجات السنتيمترية – محطات الأقمار الصناعية الأرضية – الوقاية المهبطية لحماية انابيب النفط والغاز والمنشآت المعدنية من التآكل – تغذية شبكة الكهرباء العامة.[4]

بعض مشاكل استخدام الطاقة الشمسية:

ان اهم مشكلة تواجه الباحثين في مجالات استخدام الطاقة الشمسية هي وجود الغبار ومحاولة تنظيف أجهزة الطاقة الشمسية منه.

ان أفضل طريقة للتخلص من الغبار هي استخدام طرق التنظيف المستمر أي على فترات لا تتجاوز ثلاثة أيام لكل فترة، وتختلف هذه الطرق من بلد الى آخر معتمدة على طبيعة الغبار وطبيعة الطقس في ذلك البلد.

اما المشكلة الثانية فهي خزن الطاقة الشمسية والاستفادة منها في اثناء الليل او الأيام الغائمة او الأيام المغبرة، ويعتمد خزن الطاقة على طبيعة الطاقة الشمسية نفسها وكميتها، ونوع الاستخدام وفترته بالإضافة الى التكلفة الاجمالية لطريقة التخزين، ويفضل عدم استعمال أجهزة للخزن لتقليل التكلفة والاستفادة بدلا من ذلك من الطاقة الشمسية مباشرة حين وجودها فقط، ويعد موضوع تخزين الطاقة الشمسية من المواضيع التي تحتاج الى بحث علمي أكثر واكتشافات جديدة.

والمشكلة الثالثة في استخدامات الطاقة الشمسية هي حدوث التآكل في المجمعات الشمسية بسبب الاملاح الموجودة في المياه المستخدمة في دورات التسخين، وتعتبر الدورات المغلقة واستخدام ماء خال من الاملاح فيها أفضل الحلول للحد من مشكلة التآكل والصدأ في المجمعات الشمسية.

- أجهزة الإذاعة المسموعة وشاحنات وسائط القدرة المنخفضة.

2/ تطبيقات ذات قدرة متوسطة وتشمل المنظومات التالية:

الانارة – هواتف – ثلاجات اللقاح والأمصال – إشارات المرور والانذار – الاسقف (التهوية) – هواتف الطوارئ – شاحنات السياج الكهربي (حيث يشحن السياج المحاط بالمزارع وأماكن تربية الحيوانات لمنعها من الاقتراب منها).

3/ تطبيقات ذات قدرة متوسطة وعالية وتشمل المنظومات التالية: ضخ المياه – محطات الأقمار الصناعية الأرضية – الوقاية المهبطية لحماية انابيب النقط والغاز والمنشآت المعدنية من التآكل – تغذية شبكة الكهرباء العامة.

2.5 مميزات الالواح الشمسية:

1- الطاقة الشمسية مستدامة ومتجددة اي انها لا تنفذ، فهي مصدر طبيعي من الشمس.

2- الألواح سهلة التركيب ولا تحتاج الى مهارات او معدات خاصة ذلك خلافا لمحطات الرياح التي تتطلب إمكانيات تنفيذية خاصة.

3- مكن تثبيت الالواح الشمسية فوق أسطح المباني.

4- يمكن استخدامها في المواقع النائية التي لا تصلها الكابلات والتوصيلات الكهربائية.
5- هي أفضل وسيلة للحصول على الكهرباء في الصحاري والبحار والمرتفعات الجبلية.
6- تستطيع ان تلبي حاجة الاقمار الصناعية للكهرباء.
7- يتم تركيبها مرة واحدة ولا تحتاج الى صيانة عدا نظافتها للمحافظة على استمرارية عملها.
8- لا تسبب ازعاج او ضرر بيئي عند استخدامها في المباني والمنازل.
9- تعتبر مصدر للكهرباء يمكن عبرها الاستغناء عن الفواتير العالية للكهرباء.[3]

2.6 الخلايا الضوئية:

نبذة تاريخية عن الخلايا الكهروضوئية:

(Becquerel) يعود اثر اكتشاف الكهروضوئية الى القرن الماضي الميلادي عندما قام العالم بيركلي في عام 1939م بدراسة تأثير الضوء على بعض المعان والمحاليل وخصائص التيار الكهربائي الناتج عنها.

ادخل العالمان (Smith)-(Adams) ادم وسيمس مفهوم الناقلية الكهربائية الضوئية لأول مرة عام 1877م وتم اول تركيب خلية شمسية من مادة الليثيوم (Se) من قبل العالم) (Fritts) عام 1883م حيث ان تعمل في انتاج الكهرباء في المستقبل ، وتم تصنيع اول خلية شمسية تعمل بكفاءة 1% وكان ذلك في العام 1941م وتبع ذلك انتاج بطارية الشمسية تعمل بكفاءة 6% من قبل مختبرات بل الاميركية (Bell Lap) واستخدمت آنذاك في التطبيقات الفضائية ، وتم عمل خلية شمسية من مواد كبريتيد الكاديوم وكبريت النحاس اطلق عليها فيما بعد الخلية الشمسية ذات الافلام الرقيقة (Solar Film – Thin) ومن بعد ذلك ازداد تسارع بحوث التطوير في العلوم الفيزيائية والهندسة واشباه الموصلات (Semiconductors) وكذلك ما يختص بدراسة التبادلات الكهربائية الضوئية مما ساعد على تطور الخلايا الكهروضوئية بقدرات تتراوح بين الميلي وات الى الكيلووات.

2.7 الخلايا الشمسية:

اجهزة بسيطة جدا مصنوعة من مواد ناقلة تمتلك القدرة على امتصاص الضوء وتحويل جزء من الطاقة الضوئية الممتصة الى حوامل (Carriers) التيار الكهربائي (ثقوب والكترونات) ، ان الخلية الشمسية هي ثنائي (Diode) مصمم ومنتج بعناية ليمتص طاقة الضوء بكفاءة من الشمس ويحولها الى طاقة كهربائية.

تربط الخلايا الشمسية كهربائيا مع بعضها البعض لنحصل على لواقط كهروضوئية (Module) وبتجميعها نحصل على مصفوفة لواقط (Array) يستخدم الربط على التسلسل للحصول على الجهد اللازم كما ان الربط على التوازي يعطي التيار المطلوب.

2.8 انواع الخلايا الكهرو شمسية:

- الخلايا السي لكونية: ومنها

1- الخلايا البلورة احادية السي لكونية (Monocrystalline silicon sells):

معظم الخلايا الفولط ضوئية المصنعة لغاية فترة قريبة كانت من السيلكون النقي احادي البلورة (crystal single) خالي من الشوائب، السيلكون متعدد البلورية بطريقة متقدمة وعالية السعر، وكفاءتها حوالي 16% وبالرغم من كفاءتها العالية التي تتميز بها الخلية الاحادية البلورية فان سعرها مرتفع وذلك لنقائها وتحتاج الى عمال مهرة، وحاليا تصنع الخلايا من سيلكون اقل نقاوة وهذه الخلايا تكون رخيصة وكذلك التكلفة ولكن كفاءتها اقل وعمرها اقل.

2- بلورات السيلكون المتعددة البلورة (Polycrystalline silicon cells):

يتكون السيلكون متعدد البلورات من حبيبات صغيرة من البلور الاحادي ،بالرغم من كون الخلايا الكهرو شمسية المتعددة البلورات ارخص واسهل صنعا من الخلايا احادية البلورة بسبب نقاوة اقل للمادة الاولية الا انها اقل كفاءة ،وذلك كون حاملات الشحنة الالكترونات والثقوب المولدة من قبل فوتونات الاشعاع الشمسي يمكن ان تتجمع على الحدود بين حبيبات داخل السيلكون المتعدد البلورات وقد وجد ان كفاءة هذه الخلايا تتحسن عند عملية تصنيع المادة بطريقة تكون فيها الحبيبات كبيرة الحجم ويتم ذلك بتبريد السيلكون المذاب ببطء وتوجه الخلايا من الاعلى للأسفل ويساعد ذلك في في السماح للإشعاع الشمسي بالتغلغل عميقا من خلال الحبيبات وتبلغ كفاءتها تقريبا 13%.

الخلايا الشمسية العشوائية (Thin film/amorphous):

الخلايا السي لكونية (A – Si) تصنع بطريقة أرخص من غيرها، حيث تكون ذرات السيلكون فيها اقل ترتيبا من النوع البلوري، ففي السيلكون العشوائي لا ترتبط كل ذرة ارتباطا كاملا مع الذرات المجاورة، انما تترك ما يسمى بالرابط المتدلي وتستطيع بذلك امتصاص الالكترونات بالإضافة الى اجراء عملية الطلاء.

يتضح من ذلك ان النوع الاول يصنع من خلايا قطعت من بلورة السيلكون والثاني من كشط بلورة السيلكون والثالث من ترسبات السيلكون على شكل طبقات.

2.9 كيفية انتاج الكهرباء:

الخلايا الشمسية المستخدمة في الاقمار الصناعية والحاسبات هي عبارة عن خلايا فوتو فولتيك (Photovoltaic–cells) وهي عبارة عن مجموعة من الخلايا الكهربية موصلة مع بعضها البعض في إطار واحد على شكل لوحة وكلمة فوتو فولتيك هو اسم مشتق من طبيعة عمل الخلية وكلمة فوتو photo تعني ضوء وكلمة فولتيك voltaic تعني الكهرباء وهذا يعني تحويل ضوء الشمس الى كهرباء.

وفي البداية كانت خلايا الفوتو فولتيك تستخدم في الاقمار الصناعية ومحطات الفضاء للحصول على الكهرباء من اشعة الشمس مباشرة والآن بدأت تدخل العديد من الاجهزة الالكترونية وفي السيارات قريبا سوف تستخدمها مصدرا للطاقة الكهربائية في منازلنا.[1]

شكل (2.1) ارتباط ذرات السيلكون في شبكة

2.10 كيفية عمل خلية الفوتو فولتيك؟:

تصنع هذه الخلايا من اشباه الموصلات Semiconductor مثل السيلكون وكل خلية مكونة من بلورة واحدة من السيلكون وتشكل مجموعة كبيرة من خلايا الفوتو فولتيك الخلية الشمسية. عندما تسقط اشعة الشمس على الخلية فان جزء من الضوء يتم امتصاصه من قبل ذرات السيلكون، اي ان طاقة الضوء قد امتصت من قبل مادة الخلية. تعمل هذه الطاقة على اثارة الالكترونات غير المرتبطة في المادة وتجعلها تتحرك بحرية داخل المادة. وعندما تتعرض هذه الالكترونات الحرة لمجال كهربائي فأنها سوف تتحرك

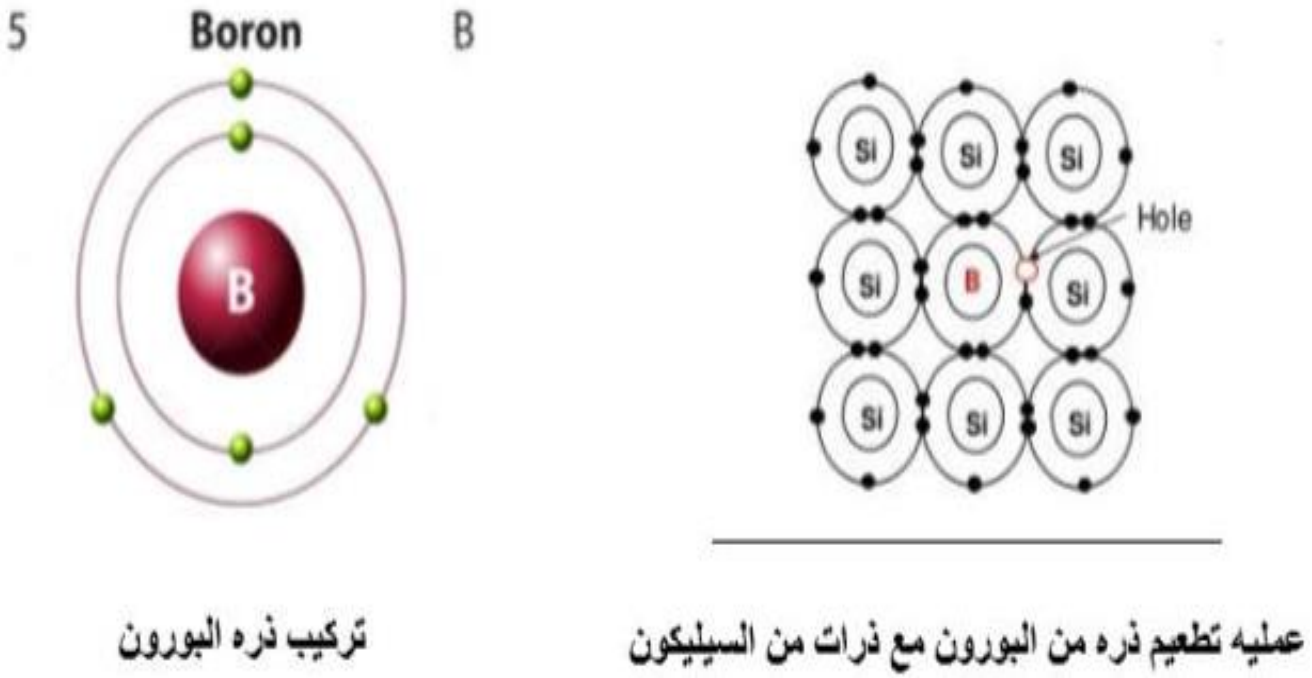
كلها في اتجاه واحد وهذا يعني تيار كهربائي وعند ربط طرفي الخلية الفوتو فولتيك بنقطتي توصيل على السطح العلوي والسطح السفلي للخلية نحصل على تيار كهربائي طالما استمر سقوط الضوء على خلية الفوتو فولتيك. وهذا التيار الكهربي هو الذي يشغل الآلة الحاسبة وبمعلومية قيمة التيار الكهربي المار في الدائرة وفرق الجهد الكهربي المتولد على طرفي خلية الفوتو فولتيك يمكن ان نحصل على قيمة الطاقة الكهربية التي يمكن ان تولدها الخلية الشمسية. وتحسب بالطريقة التالية:

الطاقة الكهربية (watt) = فرق الجهد الكهربي (volt) × التيار الكهربي (ampere)

2.11 كيفية عمل السيلكون كخلية شمسية؟:

يمتلك السيلكون بعض الخواص الكيميائية في تركيبه البلوري فذرة Si تحتوي على 14 الكترون موزعة على ثلاث مستويات طاقة. مستويين الطاقة الاول والثاني الاقرب للنواة يكونان ممتلئان تماما بالإلكترونات والثالث (الخارجي) يحتوي على 4 الكترونات فقط اي نصفه فارغ لان المدار يمتلئ ب8 الكترونات ،لذلك تسعى ذرة Si لتكمل النقص ولتفعيل ذلك فنها تعمل على ان تشارك اربع الكترونات من ذرات السيلكون المجاورة وبذلك ترتبط ذرات السيلكون بعضها البعض في شكل تركيب بلوري (شبكي) ،وهذا التركيب له فائدة كبيرة في خلية فوتو فولتيك بلورة Si النقية لا توصل التيار الكهربائي بكفاءة والسبب لا توجد الكترونات حرة لتنقل التيار الكهربي وقد قيدت في التركيب البلوري ،ولنستخدم السيلكون في الخلية الشمسية فأننا بحاجة لأجراء تعديل بسيط في التركيب البلوري ،وهو عبارة عن اضافة ذرات عناصر اخرى وتسمى هذه العملية بالتطعيم او اضافة شوائب.

يوجد تطعيم بذرات توفر الكترونات اضافية وهنالك آخر بإضافة ذرات لها عدد اقل كالبورون (يحتوي على 3 الكترونات في مداره الخارجي لذلك ستشارك في ارتباطها مع السيلكون في الشبكة البلورية من خلال تعديل وهو عبارة عن اضافة ذرات عناصر اخرى تسمى عملية تطعيم وهي ضرورية impurities وهذه الذرات الاضافية تسمى شوائب doping لعمل الخلية الشمسية بغض النظر عن اسمها شوائب وقد يفهمها البعض ذرات غير مرغوب فيها ،وفي عملية اضافة البورون B الى السيلكون Si تتكون فجوة ويبقى الكترون حر يحتاج الى الكترون آخر ليكون رابطة تساهمية وتسمى المواد الناتجة عن التطعيم بالنوع type–p اي الموجب.



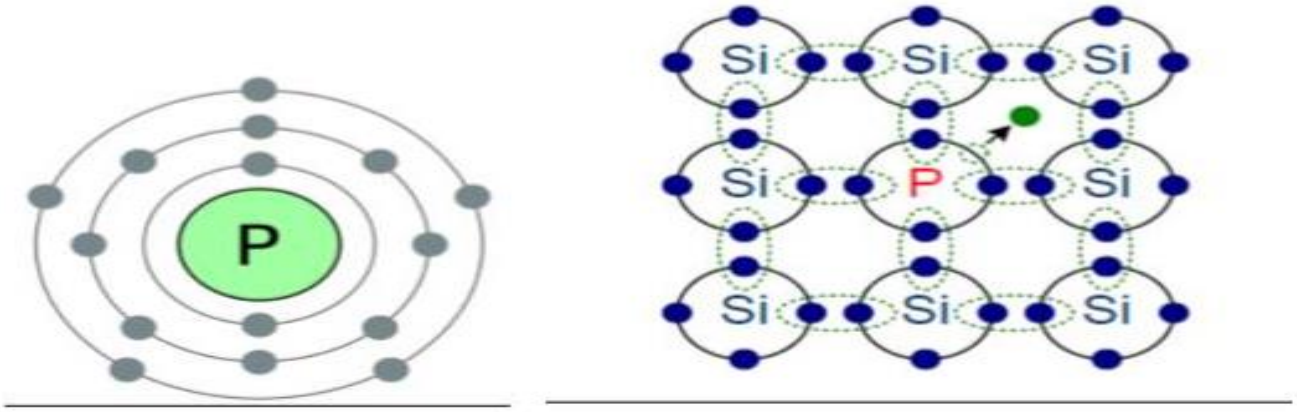
شكل (2.2) البورون

ولأجل تشكيل النوع السالب N–type، يتم اضافة تطعيم ذرات الفسفور P بنسبة بسيطة جدا تصل الى 1:1,000.000 وذرة p تحتوي على 5 الكترونات في مدارها الخارجي ولهذا عندما تدخل الشبكة البلورية بين ذرات Si ستشارك 4 الكترونات ويبقى الكترون حر.

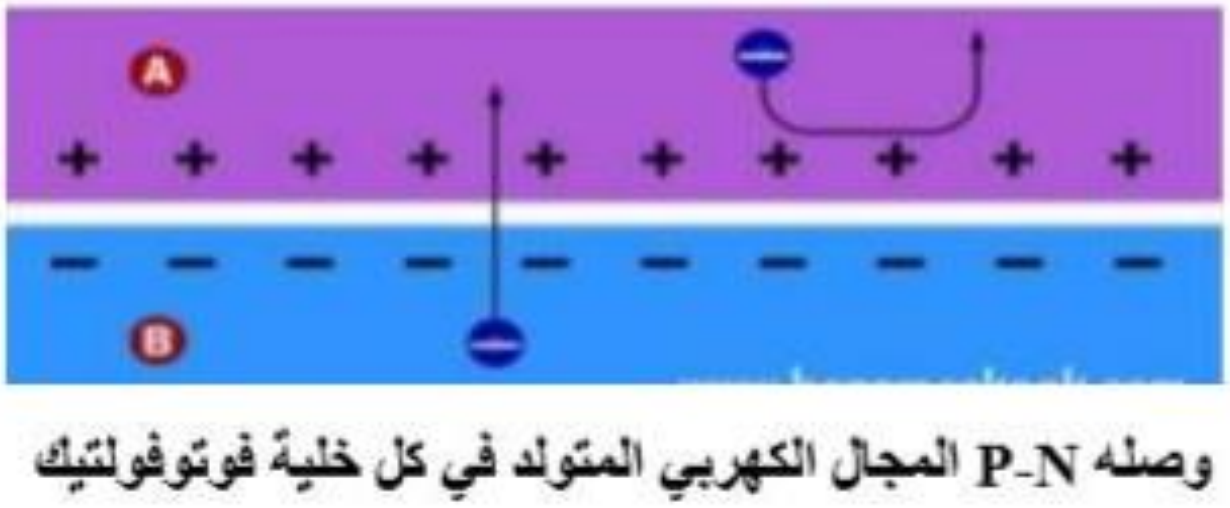
الآن تتضح فكرة عمل الشوائب في ذرة السيلكون فلو تم تزويد السيلكون النقي بالطاقة ولتكن طاقة حرارية مثلا فان بعض الالكترونات تتحرر وتترك مكانها فجوة تعمل هذه الفجوة على السماح لإلكترون في الجوار (hole) شاغر نسميه فجوة بالانتقال اليها تاركا فجوة اخرى وهكذا تستمر حركة الالكترونات في اتجاه وحركة الفجوات في الاتجاه المعاكس وهذه الحركة هي التيار الكهربائي، في حالة ذرة الالكترون

المطعمة بالفسفور يصبح الامر مختلف من ناحية ان الطاقة اللازمة لبدأ تحريك الالكترونات اقل بكثير من حالة السيلكون النقي وتسمى اشباه موصلات اي N–type التي تطعم بذرات تحتوي على الكترونات اضافية بالنوع السالب لأنه اضاف الكترون للتركيب البلوري للذرات ويعتبر السيلكون المطعم بالفسفور موصل أفضل من السيلكون النقي.

الخلية الشمسية تحتوي على كل من النوعين الموجب والسالب، والاهم ما يحدث في توصيل النوعين معا حيث تنتقل الالكترونات الحرة في النوع السالب الى الفجوات في النوع الموجب.



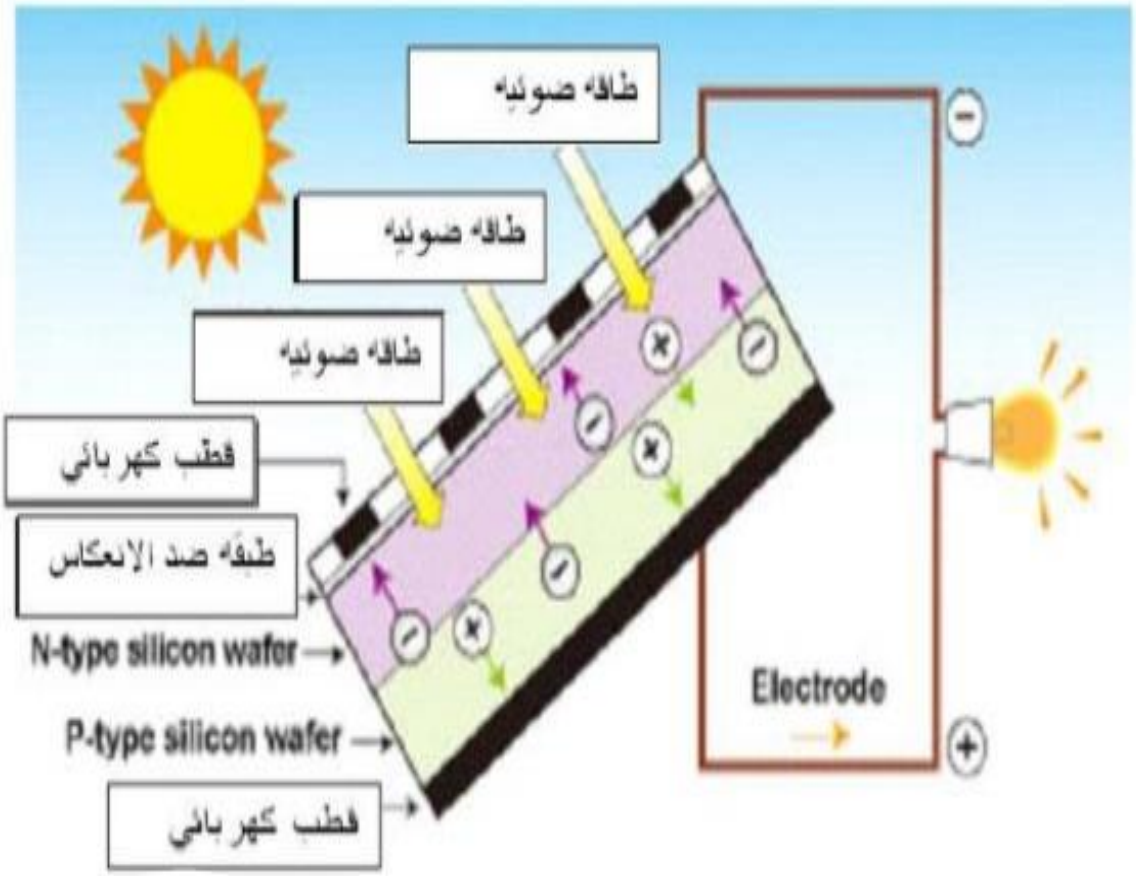
شكل (2.3) الفسفور



شكل (2.4) المجال الكهربائي

2.12 تركيب الخلية الشمسية:

ان الالكترونات تنتقل الى الفجوات وتتحد معها ولكن لا تستمر عملية الانتقال هذه الى ان تتحد كل الالكترونات مع كل الفجوات وتتوقف العملية لان ما يحدث هو ان تنتقل المجموعة الاولى من الالكترونات وتتحد مع الفجوات يشكل حاجز عند المنطقة التي تفصل النوع الموجب عن السالب ويمنع هذا الحاجز المزيد من الالكترونات الاخرى في النوع السالب الاتحاد مع فجوات النوع الموجب ويتكون عن المنطقة بين النوعين مجال كهربائي.



شكل (2.5) تركيب الخلية الشمسية

هذا المجال الكهربائي يعمل عمل الدايود diode حيث يسمح بمرور الالكترونات من الجزء الموجب الى الجزء السالب ولكن ليس العكس. وبهذا يكون لدينا في كل خلية فوتو فولتيك مجال كهربي يحدد اتجاه حركة الالكترونات ،عندما يسقط الضوء المكون من فوتونات عند طاقة معينة على الخلية الفوتو فولتيك فانه يعمل على تحرير الكترون وفجوة بالقرب من الحاجز حيث المجال الكهربي فيتم تمرير هذا الالكترون في اتجاه الجزء السالب تحت تأثير المجال في حين تنتقل الفجوة الى الجزء الموجب تحت تأثير المجال وعندما يتم توصيل طرفي الخلية النوع السالب طرف والموجب طرف بدائرة خارجية فان هذه الالكترونات سوف تتحرك لتعود لموضعها الاصلي وكذلك الفجوات وتعتبر تلك الحركة حركة التيار الذي نريد. يتم وضع طبقة رقيقة جدا على سطح شريحة السيلكون وظيفتها منع انعكاس الضوء وبعد ذلك نضع شريحة زجاجية وظيفتها حماية الخلية.[3]

2.13 تجميع اللوح الشمسي:

وعمليا ندمج تقريبا 36 خلية فوتو فولتيك على التوالي لنحصل على مستوى فرق الجهد والتيار الكهربي المطلوب وتوضع هذه الخلايا في إطار زجاجي لحمايته مع وضع نقطتي توصيل موجبة على السطح الامامي وسالبة على السطح الخلفي.

A غطاء زجاجي

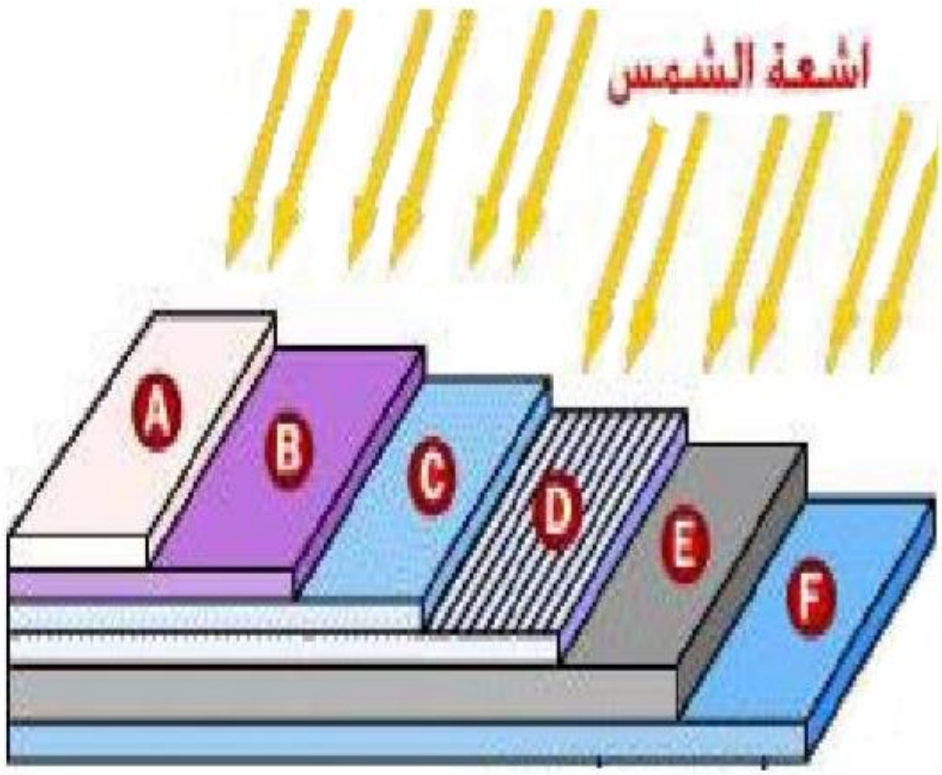
B طبقة ضد الانعكاس

C قطب كهربي

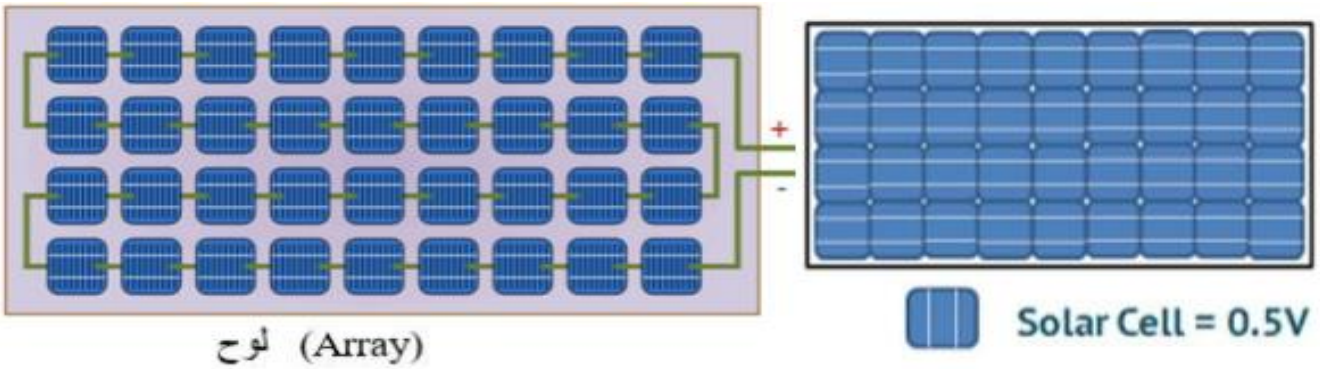
D وصلة N

E وصلة P

F قطب كهربي



شكل (2.6) اللوح الشمسي



جهد الخليه الواحده= ٠,٥فولت

جهد اللوح الواحد مكون من ٣٦ خليه = ١٨فولت

شكل (.72) جهد اللوح الواحد المكون من 36 خلية

2.14 مصطلحات وحدات الكهروضوئية:

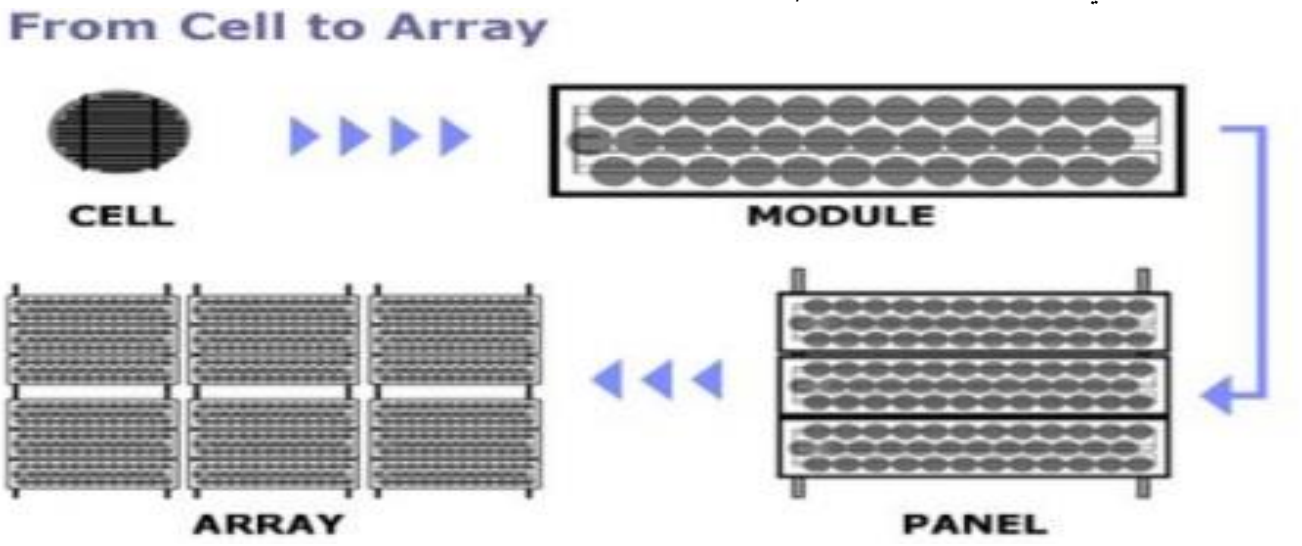
1- الخلايا Cell: جهاز اشباه الموصلات الذي يحول اشعة الشمس الى تيار كهربائي مباشرDC وقد تكون من السيلكون الاحادي البلورة او متعدد البلورة او مورفين.

2- الوحدات النمطية Model: تتكون الوحدات الكهروضوئية من دوائر الخلايا الكهروضوئية المختومة في صف معزول وهي اللبنة الاساسية للنظم الكهروضوئية وحدة مغلفة بالزجاج المختوم او بعض المواد الشفافة الاخرى على السطح الامامي، ومع مواد واقية ومضادة للماء على السطح الخلفي، يتم غلق الحواف لعزل الطقس الخارجي مطر، رطوبة، هواء.....الخ. وغالبا ما يكون هنالك إطار من الالمنيوم يحمل كل شيء معا في وحدة قابلة للتركيب في الجزء الخلفي، او ربط الاسلاك ووصلات كهربية.

3- لوحات الالواح الكهروضوئية Panel: تشمل واحد او أكثر من الوحدات الكهروضوئية يتم تجميعها وتثبيتها كوحدة.

4- صفيف الشبكة Array: شبكة pv هي وحدة توليد الطاقة الكاملة وتتألف من عدد من الوحدات الكهروضوئية الفردية او الالواح التي تم توصيلها معا توالي ام توازي لتوصيل التيار. صفيف يمكن ان تكون صغيرة مثل زوج واحد من الالواح او كبيرة بما فيه الكفاية لتغطية فدان وهنالك عدة نظم منها:

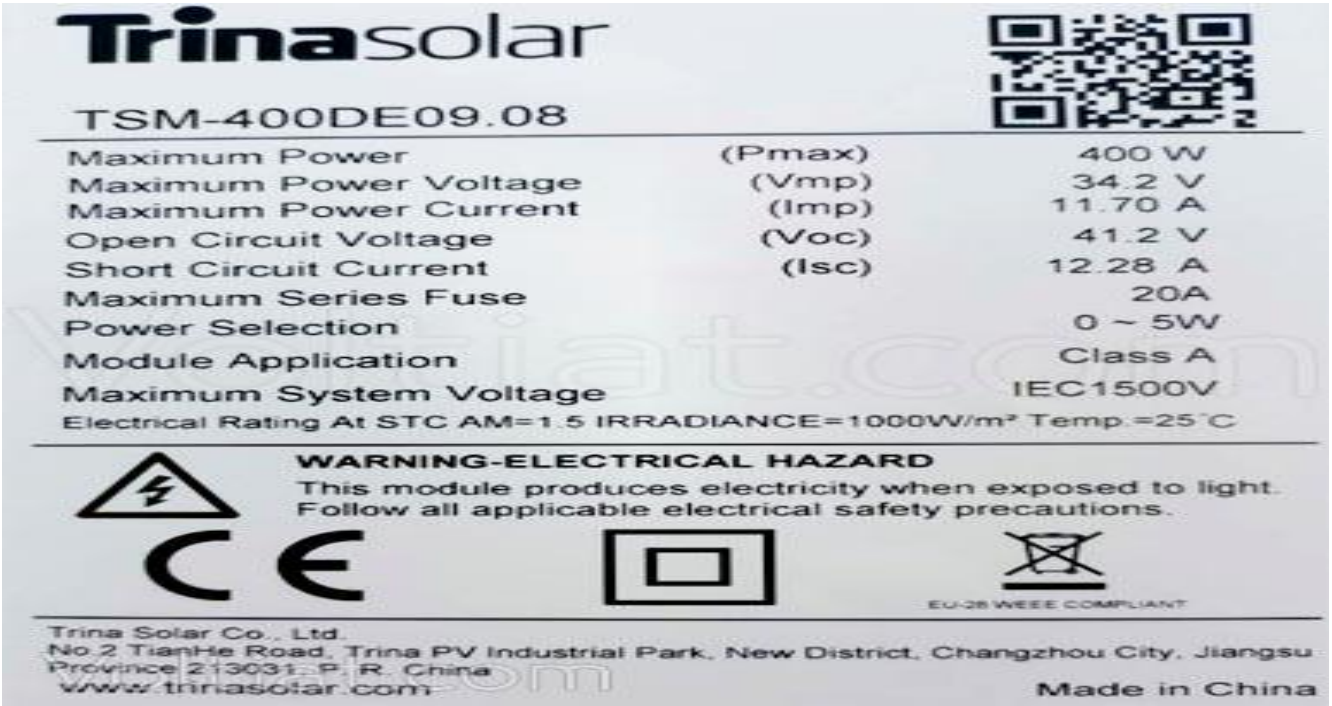
- نظام 12 فولت وحدة وهو معيار الصناعة لشحن البطارية (يجب ان تكون انظمة معالجة تصل حوالي 2000 وات/ساعة من الواح 12 فولت.
- ونظام 24 فولت وانظمة المعالجة تصل الى 2000-7000 وات/ساعة.
- والانظمة التي تعمل أكثر من 7000 وات/ساعة تعمل على 48 فولت.



شكل (2.8) وحدات الكهروضوئية

●خلف كل لوح شمسي يوجد بطاقة المقاييس والتشغيل

كما يظهر بالصورة التالية:



شكل (2.9) بطاقة المقاييس والتشغيل للوح شمسي

●الالواح الكهروضوئية انواعها ومميزاتها وعيوبها:

الالواح الكهروضوئية pv:

مميزات لوح pv–mono si:

1- كفاءة عالية.

2- يحتاج الى مساحة كبيرة.

3- تستمر مدة طويلة تصل الى 25 سنة مع الصيانة الدورية.

4- عند الاضاءة المنخفضة اداءها أفضل.

عيوب اللوح:

1- غالي الثمن.

2- عند تغطية جزء من الخلية تفقد اداءها.

3- عند انتاجها تصدر نسبة عالية من العوادم التي تسبب احتباس حراري.

4- كفاءتها عالية في الطقس الدافئ وتفقد كفاءتها في القس ذو درجات الحرارة العالية.

مميزات لوح pv–poly si:

1- تصنيعها غير مكلف وبسيط.

2- اداءها أفضل من لوح pv–mono si في طقس درجات حرارته عالية.

عيوب لوح pv–poly si:

1- كفاءتها قليلة.

2- تحتاج لمساحة أكبر من pv–mono si.

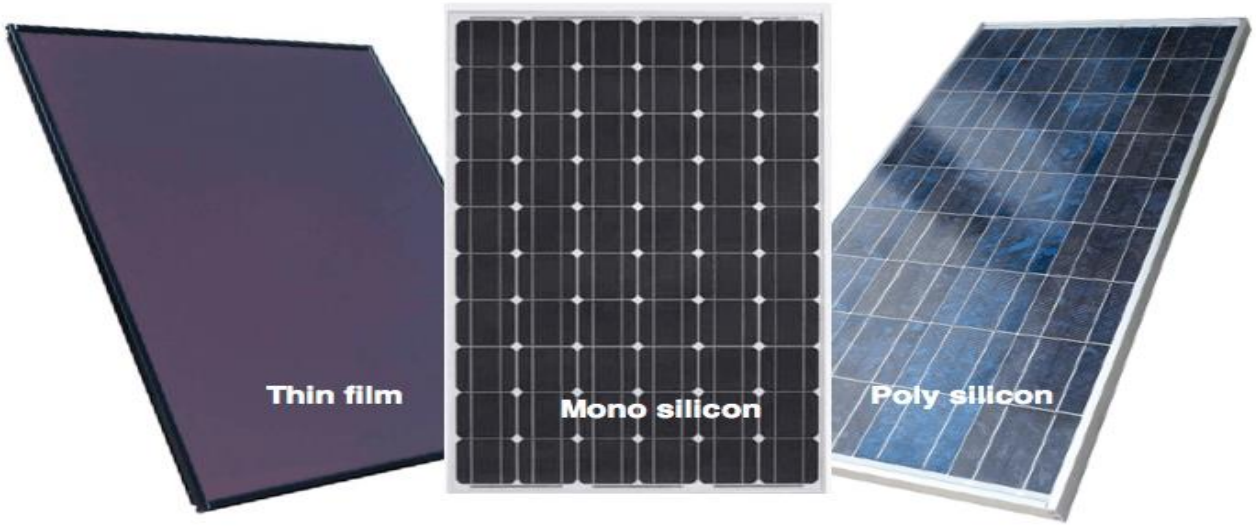
3- شكلها الهندسي اقل جمالا من pn–mono si.

لوح Thin film:

هي الجيل الثاني من الخلايا الشمسية.

مميزاتها وعيوبها:

تقنية الاغشية الرقيقة أرخص ولكنها اقل كفاءة، تحتاج لمساحة صغيرة، تصميمها الهندسي سهل.



شكل (2.10) الواح السليكون

2.15 الظروف المعيارية للخلايا الكهروضوئية:

يتم قياس اداء انتاج الكهرباء من السيلكون البلورية والوحدات الكهروضوئية الرقيقة بشكل عام تحت ظروف الاختبار القياسية STC–Standard test condition، وضمان مقارنة مستقلة نسبيا وتقييم الناتج من الوحدات الكهروضوئية الشمسية المختلفة.

STC هو معيار على مستوى الصناعة للإشارة الى اداء الوحدات الكهروضوئية ويحدد:

- درجة حرارة الخلية من 25 درجة مئوية.
- اشعاع من $1000w/m^2$.
- كتلة الهواء 1.5AM الطيف وتتوافق هذه مع الاشعاعات وطيف حادث اشعة الشمس في يوم واضح على الشمس التي تواجه 37° سطح مفلطح مع الشمس في زاوية 41.81° فوق الافق.

هذا الشرط يمثل تقريبا الظهيرة الشمسية بالقرب من الاعتداليات الربيع والخريف في الولايات المتحدة القريبة مع سطح الخلية التي تهدف مباشرة الى الشمس. ومع ذلك، نادرا ما تواجه هذه الظروف في العالم الحقيقي. يتم تطبيق قياسات الاداء المستندة الى ست اختبارات لكثير من المصنعين.

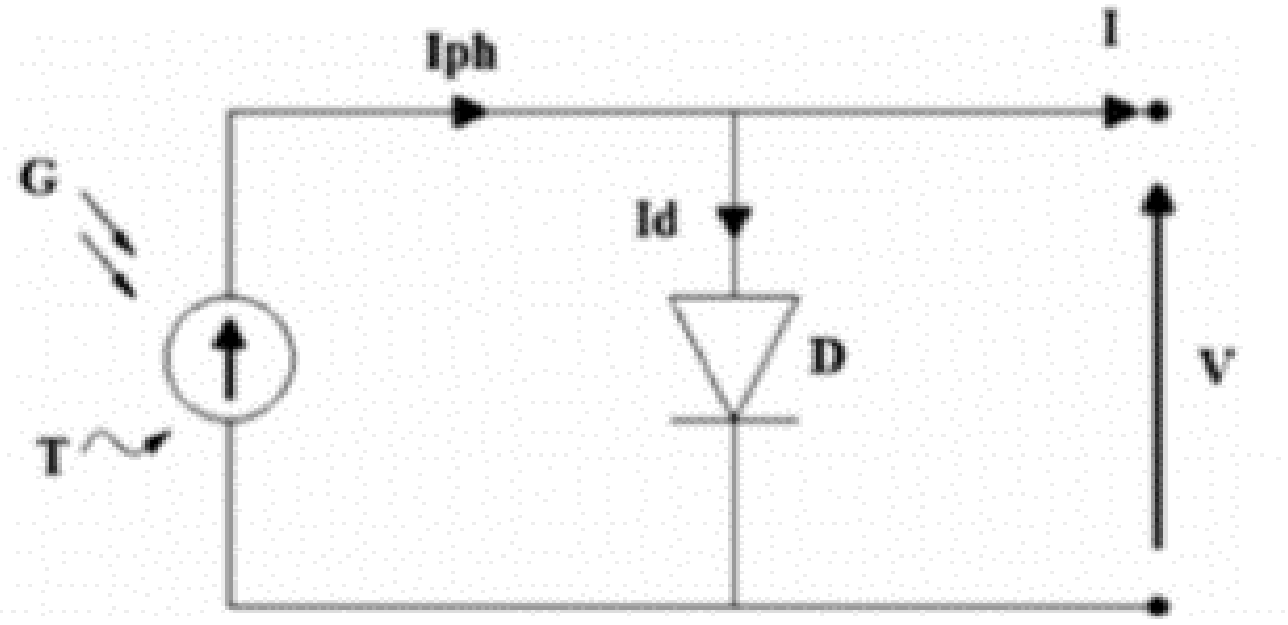
يتم قياس اداء انتاج الكهرباء للسيلكون في جميع اشكاله في ظروف الاختبار القياسية وضمان مقارنة مستقلة نسبيا وتقييم الناتج. ويوضح الشكل ادناه منحنى الجهد– التيار تحت تأثير الظروف المعيارية $1000w/m^2$ ودرجة حرارة 25° – كتلة هواء 1.5 اداء ومنحنى الجهد – التيار:

عند سقوط الاشعاع الشمسي على pv تتولد حوامل الشحنة والتي تسمح للتيار بالتدفق عبر خاصية الحمل والتيار الناتج عن الضوء هو I_{ph} ويمثل التيار المولد في وصله p–n ويكون تيار الخرج مساويا الفرق بين تيار الاضاءة وتيار الديود الطبيعي I_d

$$I_{cell} = I_{ph} - I_d$$

$$I_d = I_0(e^{\frac{qu}{kt}} - 1)$$

I_0 تيار الاشباع saturation current



شكل (2.11) تيار الدايود

يتأثر الاداء بالوقت وموقع الشمس اي زاوية ارتفاع الشمس كما هو مبين في الشكل اعلاه وكذلك يتأثر بالتغيير الصيفي والشتوي.

2.16عامل الاملاء Fill Factor – FF:

هو النسبة بين القدرة القصوى المنتج من الخلية الى محصلة جهد الدائرة المفتوحة وتيار الدائرة المغلقة. وبيانيا هو المساحة باللون الاخضر الى المساحة باللون الازرق كما هو موضح بالشكل ادناه، ويكون اداء الخلية أفضل كلما اقتربت قيمة FF من 1 اي كلما

أصبح في الشكل السابق المساحة باللون الازرق مطابقة للمساحة باللون الاخضر.[3]

$$FF = \frac{P_{max}}{P_T} = \frac{I_{MP}V_{MP}}{I_{SC}V_{OC}}$$

2.17 الاشعاع الشمسي والانظمة الشمسية:

يعد الاشعاع الشمسي المصدر الرئيسي للطاقة في الغلاف الجوي اذ يساهم بأكثر من 99.97% من الطاقة المستغلة بالغلاف الجوي وعلى سطح الأرض اما المصادر الباقية للطاقة والمتمثلة بطاقة باطن الأرض وطاقة النجوم والمد والجزر فأنها لا تسهم الا بقسط ضئيل جدا لا يزيد عن 0.3%، والطاقة الشمسية هي المسئولة عن جميع العمليات التي تحدث في الغلاف الجوي كالاضطرابات الجوية والسحب والامطار والرياح والبرق والرعد وغيرها وكما انها السبب الرئيسي في الحركة المستمرة للغلاف الجوي وتقلب الطقس وتغيره، وكما ان الاختلافات الرئيسية القائمة بين مكان وآخر هي وفرة الطاقة الشمسية.

ويعرف الاشعاع بانه انتقال الطاقة غير المجسمة وانتشارها كما هو الحال في الطاقة الحرارية والضوئية والكهرومغناطيسية، وأحيانا يطلق على هذا النوع من الاشعاع الاثيري مصدرها الشمس والشمس كتلة غازية ملتهبة أكبر من قطر الأرض بمئة مرة وحجمها بقدر مليون مرة بحجم الأرض وتقدر درجة حرارة سطحها بنحو 6000م بينما تبلغ حرارة مركزها بأكثر من 20 مليون م.

يمكن توظيف الاشعاع الشمسي لأجل:

1/ انتاج الطاقة الحرارية.

2/ انتاج الطاقة الكهروضوئية.

وعلى ذلك يمكن تقسيم الاشعاع الى ثلاثة أنواع رئيسية أنواع رئيسية هي:

أولا: الاشعاع الشمسي (Solar radiation)

وينقسم بدوره الى ثلاث أنواع من الاشعة أيضا هي:

1/ الاشعة فوق البنفسجية (Ultraviolet Rays)

2/ الاشعة الضوئية (Light Rays)

3/ الاشعة الحرارية (Heat Rays)

ثانيا: الاشعاع الارضي (Earths Radiation)

ثالثا: الاشعاع الجوي (Atmospheres Radiation)

الاشعة فوق البنفسجية (Ultraviolet Rays)

وهي اشعة غير مرئية (أي لا يستطيع ان يراها الانسان بعينه المجردة)، وتمثل هذه الاشعة 9؟ من جملة الاشعاع الشمسي، ويتراوح طول موجاتها ما بين حوالي 0.2 الى 0.4 ميكرون * ولهذه الاشعة عدة فوائد منها انها تساعد على نمو الكائنات الحية، وكذلك تساعد في علاج بعض الامراض كالسل والكساح، ولذلك تقام المسطحات وحمامات الشمس في المناطق الجبلية المرتفعة حيث الجو النقي والصافي، والذي يساعد على وصول هذه الاشعة الى سطح الأرض لان العوالق (الغبار) يقلل من نسبتها.

الاشعة الضوئية (Light rays)

اشعة مرئية وهي التي تعرف بضوء النهار، وتؤلف حوالي 41. أجمالي الاشعاع الشمسي، وتتراوح اطوال موجاتها ما بين 0.7-0.4 ميكرون، وتصل الى اقصى حد لها في منتصف النهار وتزيد في الصيف عنها في الشتاء ، وتتصل اتصالا وثيقا بنمو النباتات وعميلة ازهاها ، وتتكون هذه الاشعة من الوان متعددة أهمها البنفسجية والزرقاء والخضراء والصفراء والحمراء ، والتي ينتج عن اختلاطها مع بعضها تكون الضوء Rain Bow الأبيض الذي نعرفه بواسطة منشور زجاجي ، او عند سقوط هذه الاشعة على السحب العالية وظهورها بشكل قوس ضوئي ملون يعرف باسم قوس قزح ، والذي ينتج عن انتشار هذه الاشعة فوق اسطح البلورات الثلجية المكونة للسحب العالية.

الاشعة الحرارية (Heat ray)

Infrared Rays وتسمى أيضا بالأشعة تحت الحمراء وهي اشعة غير مرئية وتؤلف اعلى نسبة من نسب اشعة الاشعاع الشمسي، حيث تمثل 50؟ من اجمالي الاشعاع الشمسي وتتراوح اطوال موجاتها ما بين 0.7 الى 0.8 ميكرون، وهي بذلك أطول أنواعا الاشعة والممثلة الشمسي من حيث الموجات.

2.18 أجهزة قياس الاشعاع الشمسي:

1/ جهاز بير هيلي وميتر (Pyrheliometers)

جهاز الكتروني حديث يستخدم لقياس الاشعاع به لوحتان احداهما بيضاء والأخرى سوداء، وفكرته بسيطة اذ انه يقيس الفرق بين تأثير الاشعة على السطحين الأسود والأبيض، على أساس ان اللون الأسود يمتص الاشعة أسرع من اللون الأبيض.

وكلما زادت قوة الاشعة زاد الفرق بين تأثيرها على السطحين وهذا الفرق يسجل أتوماتيكي بطريقة خاصة، بحيث تقدر على أساس قوة الاشعاع الشمسي.

2/ ترمومتر النهاية العظمى للإشعاع الشمسي

ويستخدم هذا الترمومتر لقياس النهاية العظمى للحرارة المستمدة من اشعة الشمس في اليوم. ويتكون الترمومتر من ترمومتر عادي موضوع داخل غلاف زجاجي مفرغ تماما من الهواء حتى لا يتأثر بحرارة الجو، بل يتأثر فقط بقوة الاشعار الشمسي، الذي يخترق الغلاف الزجاجي، وبالتالي ترتفع درجة حرارة الزئبق داخل مستوع الترمومتر.

3/ جهاز الأكتينُ ميتر (Actinometer)

يقوم هذا الجهاز بقياس تأثير الاشعة الشمسية على الاجسام المعتمة والاجسام اللامعة، وهو عبارة عن ترمومترين كل منهما محاط بغطاء زجاجي مفرغ من الهواء حتى لا يتأثر بحرارة الهواء المحيط ولكن بموجات الاشعاع الشمسي فقط، واحد هذان الترمومتران لكل منهما فقاعة واحدة مغطاة بمادة سوداء والثانية مغطاة بمادة لامعة ، تعرض كلا الفقاعتان لأشعة الشمس طوال مدة سطوعها ، ويدل الفرق بينهما على قدرة الاجسام المعتمة على امتصاص الاشعة، وقدرة الاجسام اللامعة على ردها ، ومن خلال مقارنة القراءتين من جدول خاص يمكن حساب كمية الاشعاع.

2.19 طيف الاشعاع الشمسي:

ان الاشعاع الشمسي الصادر عن الشمس على شكل أمواج كهرومغناطيسية تتوزع طاقته على طيف الاشعاع حيث تكون 98% من طاقة الاشعاع ضمن اطوال الموجات 0.25 الى 4 ميكروميتر.

الاشعاع الشمسي الواصل الى سطح الأرض ينقسم الى ثلاثة اقسام:

– الاشعاع الشمسي المباشر: وهو الاشعاع الساقط على سطح ما مباشرة من قرص الشمس.

– الاشعاع الشمسي المنتشر او المتشتت: وهو الاشعاع الساقط على سطح ما بعد ان تشتت خلال مروره بطبقات الجو، او هو الاشعاع الذي انعكس وسقط على ذلك السطح.

– الاشعاع الكلي: وهو مجموع الاشعاع الشمسي المباشر والاشعاع المشتت، وعليه يكون تدفق الاشعاع الشمسي الكلي الواصل الى نقطة من سطح الأرض هو مجموع تدفق الشعاعين المباشر والمنتشر.

حيث تتكون مجموعة الاشعاعات التي ترتطم بسطح الخلية الكهرو شمسية او بمساحة معينة على سطح الأرض:

1– حزمة الاشعاع المباشر (Direct Beam Radiation)

2–حزمة الاشعاع المبعثر(Radiation Diffuse)

4– حزمة الاشعاع المعكوس (Radiation Albedo)

2.20كمية الاشعاع:

للحصول على كمية من الاشعاع يجب اولا عمل زاوية ميلان للخلية الشمسية تناسب خط العرض لجعل الاشعاع يسقط بشكل عمودي، وثانيا من خلال نظام التتبع لجعل الاشعاع عمودي وتتبع الشمس التي تغير مكانها بمقدار درجة كل أربع دقائق.

تستقبل الارض 175 ضرب 10 اس5 كيلوواط في الساعة الواحدة.[4]

2.21 كفاءة الخلايا الكهروضوئية:

تتوقف كفاءة الخلايا الكهروضوئية على الآتي:

1- كميات الاشعاع الشمسي الساقط على pv.

2- مساحة الخلايا.

3- فترة السطوع للشمس خلال اليوم – الشهر – السنة.

4- كفاءة الخلايا الشمسية ومعدل الحرارة.

كفاءة انظمة pv

$$\eta_{PV} = \frac{P_{mp}}{GS} \times 100\%$$

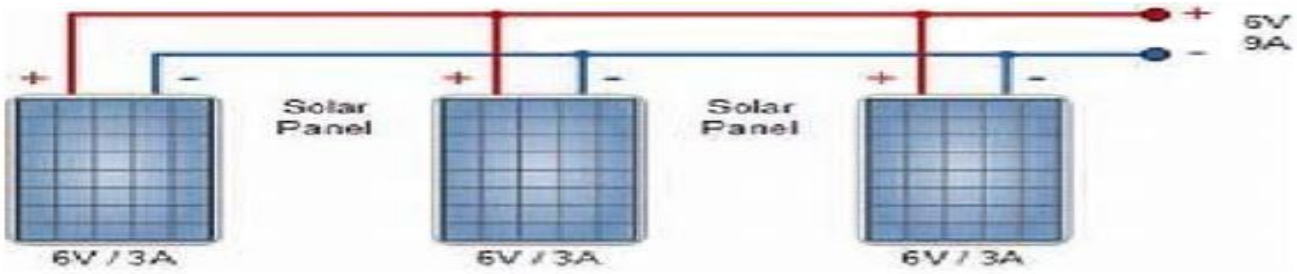
$$\eta_{PV} = \frac{V_{OC} I_{SC}}{GS} \times FF \times 100\%$$

2.22 ربط الخلايا الشمسية:

يمكن ربط الالواح الشمسية بعدة طرق وذلك تبعا لحجم الشبكة ومقدار كل من التيار والجهد المراد تحصيله والذي يحدده الحمل.

1- الربط على التوازي:

الهدف منها الحصول على أكبر تيار منتج يربط الاطراف السالبة جميعها مع بعض وكذلك الموجبة.



شكل (2.12) ربط الخلايا توازي

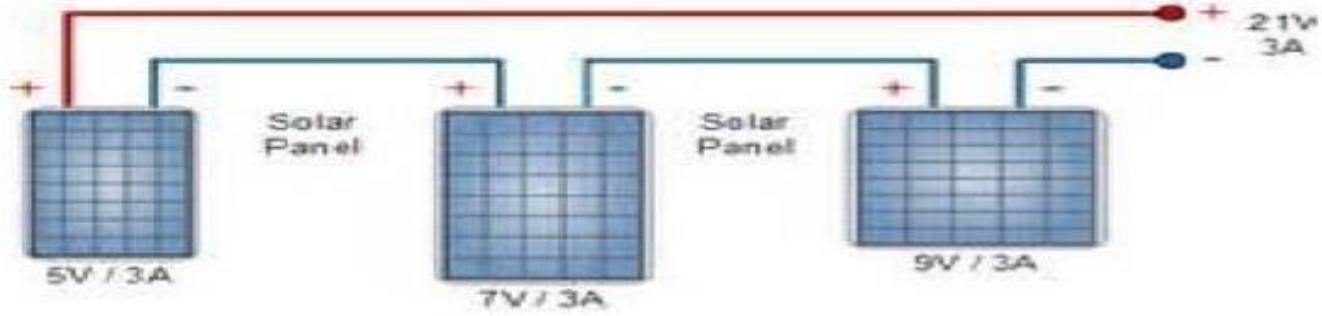
2- الربط على التوالي:

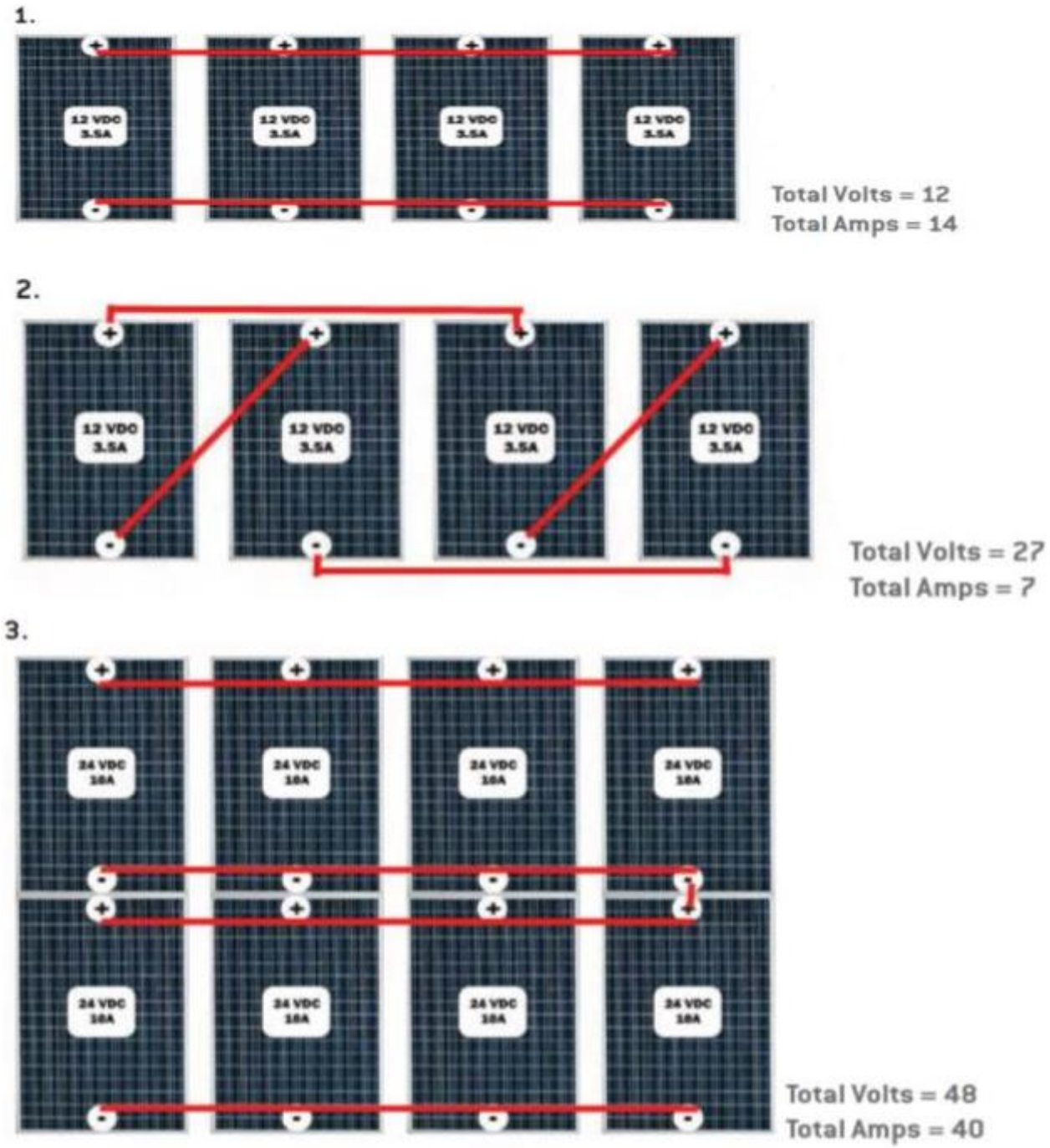
الهدف منه الحصول على اعلى جهد ويربط طرف اللوح الموجب مع طرف السالب للوح اللاحق. انظر الشكل ادناه ونجد انه يمثل ربط اللواح قدراتها مختلفة ولكن بمقدار تيار منتج متساوي وبذلك يكون ناتج الشبكة قيمة نفس التيار ولكن الجهد الكلي يمثل مجموع جهد الالواح.

3- الربط المشترك:

الهدف منه الحصول على اعلى جهد وتيار، وهي دمج للربط توالي وتوازي.

شكل (2.13) ربط الخلايا توالي





شكل (2.14) الربط المشترك للخلايا

2.23توصيل البطاريات

التوازي:

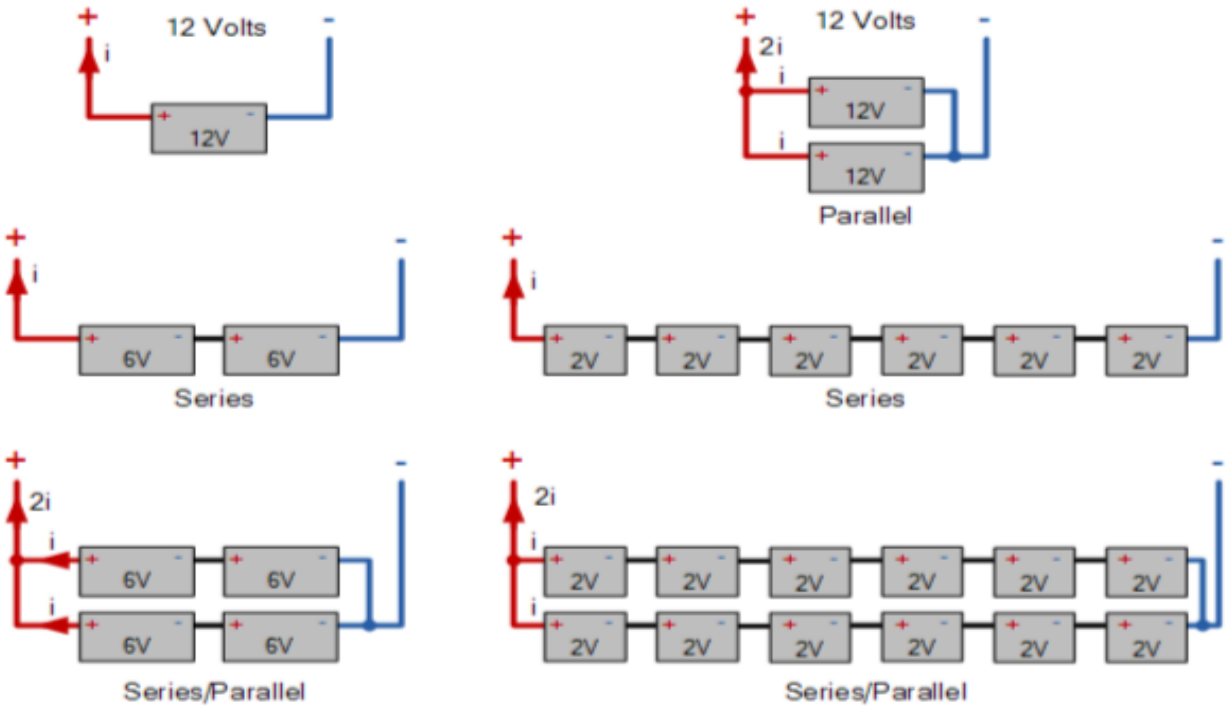
البنوك البطارية المصنوعة من بطاريات دورة عميقة التي ترتبط على التوازي لها نفس الجهد كما البطاريات الفردية ولكن التيار يساوي ناتج البطارية الواحدة ضرب عدد من البطاريات، وفي الربط على التوازي يتم ربط الاطراف الموجبة معا والاطراف السالبة معا والتوصيل للبطاريات توازي يعطي اعلى تيار لنفس الجهد.

التوالي:

يتم بناء بنك البطارية عن طريق ربط اثنين او أكثر من بطاريات دورة عميقة معا. بنوك البطارية المصنوعة من البطاريات التي ترتبط في سلسلة لديها نفس التيار، ولكن يتم ضرب الجهد المنتج من بطارية واحدة بعدد البطاريات في سلسلة الربط على التوالي او التسلسل يربط الطرف الموجب للبطارية الاولى مع الطرف السالب للبطارية الثانية والعكس صحيح.

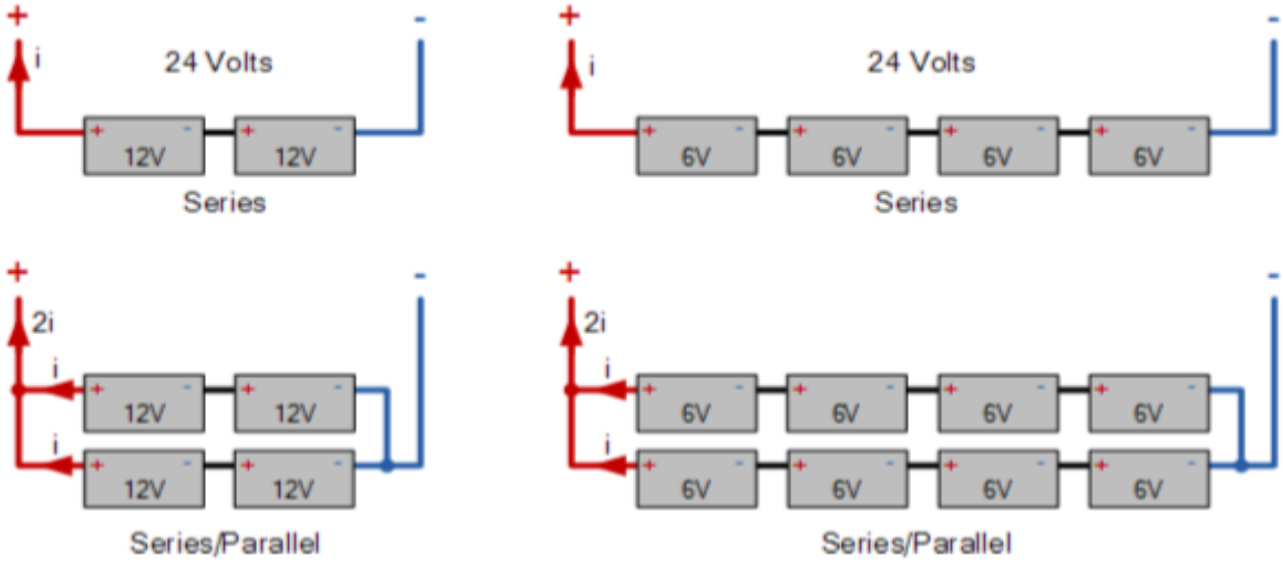
امثلة على توصيل البطاريات:

- توصيل بطاريات للحصول على 12V مربوطة بالأسلاك



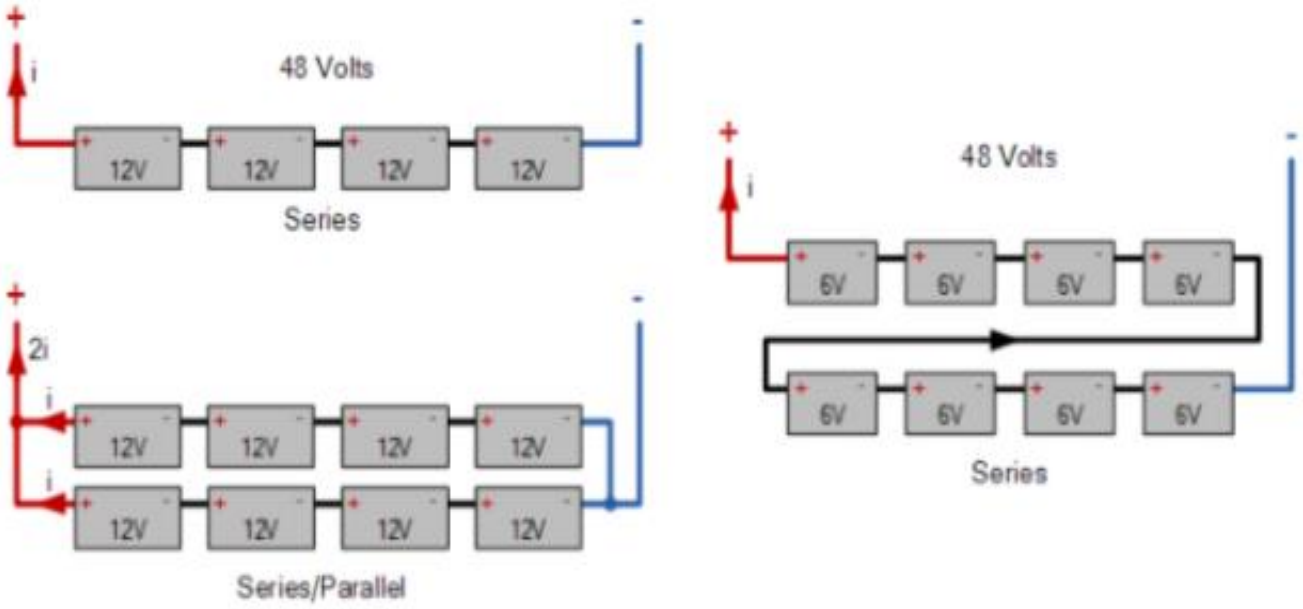
شكل (2.15) ربط البطاريات توالي – توازي للحصول على 12V

- بطاريات موصلة للحصول على 24V مربوطة بالأسلاك



شكل (2.16) ربط البطاريات توالي – توازي للحصول على 24V

- بطاريات موصلة للحصول على 48V



شكل (2.17) ربط البطاريات توالي – توازي للحصول على V48

في انظمة الطاقة البديلة القائمة خارج الشبكة، لا يمكن دائما استخدام الطاقة الكهربائية التي ينتجها جهاز التوليد عند انتاجها. ولان الطلب على الطاقة لا يتطابق دائما مع انتاجه، فان بطاريات التخزين الكهربائية تستخدم عادة في كثير من الانظمة غير المتصلة بالشبكة والشبكات المتصلة.

عند اختيار بنك الجهد للبطاريات يتم اختيار اما 12Vاو 24V او 48V غالبا ما يعتمد على متطلبات جهد الحمل للنظام، سعة التخزين المطلوبة ونوع البطاريات المتاحة لأحمال أكبر هو في بعض الاحيان أفضل لتوصيل بطاريات دورة عميقة معا لإنتاج الفولتية اعلى من اجل خفض تيارات النظام.

على سبيل المثال 240WDC تحميل التشغيل من بطارية 12V بحمل حوالي 20A، حيث 240WDC تحميل التشغيل من بطارية 48 فولت بحمل 5 امبير، ربع التيار. هذا النظام الحالي اقل لديها من العديد من المزايا عن طريق الحد من حجم الكابلات، مفاتيح العزلة والصمامات المستخدمة وبالتالي توفر لك المال.

نقطة امان اخيرة حول توصيل بطاريات الرصاص الحمضية معا بطاريات دورة العميق حمض الرصاص هي أخطر جزء من اي نظام الطاقة الشمسية او طاقة الرياح، يجب ارتداء القفازات وحماية العين بارتداء النظارات والاقنعة وكذلك الملابس القديمة عند التعامل مع بطاريات الرصاص الحمضية (حمض البطارية) على حد سواء يحرق ويهيج الجلد والعينين.

2.24العوامل المؤثرة على اداء الخلايا الكهروضوئية:

1- شدة الاشعاع الشمسي، كلما زادت شدة الاشعاع زاد اداء الخلايا الشمسية ومن اهم الاسباب باختلاف شدة الاشعاع هو الطقس واختلاف الفصول. فالنظم الشمسية تنتج دائما المزيد من الطاقة في فصل الصيف عنها في الشتاء ويرجع ذلك الى ارتفاع الشمس في السماء والايام اطول.

2- تأثير درجة الحرارة: ويتأثر الاداء الكهربائي بنوع pv المستخدمة ففي وحدة pv النموذجية يحول ما يعادل 6-20% من الاشعاع الشمسي الساقط الى كهرباء اعتمادا على نوع من الخلايا الشمسية والظروف المناخية. ويتم تحويل بقية الاشعاع الشمسي الساقط الى حرارة وبذلك ترتفع درجة حرارة اللوح.

احدى النقاط المثيرة للاهتمام التي لا يدركها معظم الناس هي ان الانظمة الشمسية يقل اداءها مع ارتفاع درجة الحرارة وسوف تنتج حوالي 20% طاقة اقل من ذروتها في يوم ذو 40^{2}°C هذا هو السبب في ان النظام الشمسي يصل انتاجه اعلى ذروته في اي نقطة واحدة في الوقت المناسب خلال الربيع او الخريف. وعموما فان النظام ينتج المزيد من وحدات الطاقة خلال أشهر الصيف بسبب

طول الايام. يمكن ان تؤثر درجة الحرارة على كيفية تدفق الكهرباء من خلال دائرة كهربائية عن طريق تغيير السرعة التي تتحرك بها الالكترونات، لان الالواح الشمسية تعمل بشكل أفضل في بعض الظروف الجوية ودرجة الحرارة، المهندسين يصممون طرق لتحسين كفاءة الالواح الشمسية التي تعمل في ظروف درجة الحرارة غير المثلى وهذا قد ينطوي على تصميم انظمة التبريد التي تستخدم الهواء الخارجي والمراوح والمضخات.

3- تأثير التظليل:

يتأثر اداء الخلايا الكهروضوئية سلبا بالتظليل، يقل انتاج الخلايا تدريجيا مع التظليل حتى يصل الى أدنى حد.

شكل (2.18) تأثير التظليل على اداء pv.

إذا كان الظل يغطي pv جزئيا او كليا، يمكن ان يكون التيار اقل من دالة المفروض في وجود الاشعاع الكامل. في مثل هذه الحالة الخلايا الكهروضوئية تنتج الفولتية السلبية وتزايد سريع للتيار التي قد تسبب بتدمير الخلايا. لتجنب هذه الاثار السلبية، يتم توصيل الثنائيات الالتفافية (Bypass Diode) على التوازي مع اللوح، وبهذه الطريقة التيار يتدفق من خلال ثنائي الالتفافية. فعليا الثنائي يعمل عندما يكون هنالك ظل ويبقى هكذا طالما التيار الناتج اعلى من تيار الدائرة المغلقة،

ونجد في الصورة ادناه مراحل عمل الثنائي، ففي الشكل الاول لا يوجد تظليل وتعمل الالواح بشكل طبيعي بينما الشكل الثاني بدأ يتغير اداء الالواح بسبب الظل ولكن مازال الثنائي لا يعمل لان التيار الناتج مازال اقل من تيار الدائرة المفتوحة للوح. واخيرا بعد فترة يزداد مقدار التيار المنتج عن قيمة تيار الدائرة المفتوحة ولذلك يبدأ الثنائي بالعمل ويمرر التيار الكهربي.

ويمكن حساب جهد المنظومة مع التظليل بالعلاقة:

$$V_{sh} = V_{n-1} - I(R_s - R_p) \quad = \quad \left(\frac{n-1}{n}\right) v - I(R_s - R_p)$$

- في يوم المشمس يكون الثنائي (الديود) متحيز عكسيا اي لا يعمل.
- في وجود الظل فان الجهد السلبي سيحيل التحيز العكسي مع ارتفاع قيمة التيار عن قيمة تيار الدائرة المفتوحة وعندها يعمل الثنائي (الديود).

درجة حرارة الخلية والتشغيل الأسمى:

يتم تصنيف وحدة الكهروضوئية عادة عند 25° تحت $1kw/m^2$ ومع ذلك عندما تعمل لانتاج الكهرباء فانها تعمل عادة في درجات حرارة اعلى وفي ظروف عزل اقل نوعا ما. من اجل تحديد انتاج الطاقة من الخلايا الشمسية، من المهم تحديد درجة حرارة التشغيل المتوقعة للوحدة الكهروضوئية. وتعرف درجة حرارة الخلية الاسمية Nominal operating cell temperature (NOCT) بانها درجة الحرارة التي تصل اليها الخلايا المفصولة (الدائرة المفتوحة) في وحدة نمطية في الظروف المبينة ادناه:

1- الاشعاع على سطح الخلية= $800\ w/m^2$

2- درجة حرارة الهواء =$20^{\circ}c$

3- سرعة الرياح=$1\ m/s$

وتحسب درجة حرارة اللوح pv من خلال المعادلة التالية:

$$T_{cell} = T_{air} + \frac{NOCT-20}{80} S$$

وعادة تحسب NOCT أفضل عند $33^{\circ}C$ واسوء عند $58^{\circ}C$.

معامل درجة الحرارة:

ان مفهوم TC– Temperature coefficient يفيد في قياس حساسية درجة الحرارة وتأثيرها على اداء الخلايا الشمسية وذلك من اجل المقارنة بين التقنيات المختلفة وتعرف درجة الحرارة الاعتيادية على انها $25^{\circ}C$ كما ذكر سابقا.

ومعاملات درجة الحرارة مهما تم الحصول عليها، تلعب دورا هاما في تصميم نظام الكهروضوئية والتحجيم، حيث في كثير من الاحيان اسوأ حالة تشغيل حالة تملي حجم الصفيف. والجدول ادناه يبين معاملات درجة الحرارة عند درجة التشغيل

Technology	TC of Power, Υ $(1^{\circ}C\%)$
c–si	-0.45
$\mu c - si$	-0.44
a–si $(-1, -2,$ and$3-$junction$)$	-0.24
CdTe	-0.29
CIGS	-0.47

ويمثل الجدول ادناه معاملات درجة الحرارة النموذجية للطاقة مقابل تقنيات مختلفة لأنواع الخلايا الكهروضوئية وعادة ما تكون ضمن بطاقة التصنيع للألواح عند درجة التشغيل:

	معامل الحرارة	قيمة C^*	المعادلة
P_{mp}	δ	-0.0041	$P_{mp} = P_{pm^*}(1 + \delta(T - 25))$
V_{OC}	$\beta\backslash$	-0.0032	$V_{OC} = V_{OC^*}(1 + \beta(T - 25))$
I_{SC}	$\propto\backslash$	$+ 0.0005$	$I_{SC} = I_{SC^*}(1 + \propto\backslash (T - 25))$
V_{mp}	β	-0.004	$V_{mp} = V_{pm^*}(1 + \beta\backslash(T - 25))$
I_{mp}	$\propto$	$-0.\ 0003$	$I_{mp} = I_{pm^*}(1 + \propto (T - 25))$

جدول (2.1) معاملات درجة الحرارة النموذجية مقابل تقنيات مختلفة

تمارين:

11–احسب مقدار الضياع بالقدرة عندما تصل درجة الحرارة الى $65^{\circ}c$ ؟

الحل:

$T = (65-25) = 40\ ^{\circ}c$

$$I_{LOSS} = 40(-0.0004) = 16.4\% = 0.164$$

22–احسب مقدار القدرة المنتجة إذا كانت قيمة القدرة عند النقطة القصوى 80W ودرجة تشغيل اللوح:

$60^{\circ}c-1$

$70^{\circ}c-2$

الحل:

$$1-P_{mp} = 80 + \left(1 + 0.00042(60 - 25)\right) = 68.24W$$

$$2-P_{mp} = 80 + \left(1 + 0.00042(70 - 25)\right) = 81.0189W$$

2.25 مكونات نظامPV:

وتسمى هذه المكونات بميزان النظام (BOS–Balance of system) وتكون المكونات معتمدة على بعضها البعض لتأدية الغرض المطلوب، وهي كما يلي:

1– البطاريات وهي وحدة التخزين وعادة ما تستخدم لأجل تشغيل الحمل ليلا عند غياب الشمس.

2- منظم الشحن (CC): ويستخدم من اجل تنظيم عملية شحن البطاريات.

3- عاكس الطورInverter: ويقوم بتحويل الاشارة من Dc الى Ac.

4-محولConverter: يقوم بتحويل الاشارة من Dc الى Dc.

5- الصندوق الموحد: وظيفته تجميع مخارج جميع الالواح عند مخرج واحد.

6- هياكل تثبيتيه: وهي جسور تحمل الالواح وتعزلها عن المحيط.

7- الاسلاك والكوابل: تقوم بتوصيل وحدات النظام معا.

8- نظام التتبع: ويقوم بتغيير اتجاه الالواح باتجاه الاشعاع الشمسي.

جميع المكونات السابقة قد تكون جميعها في النظام وقد يحتوي على بعضها والذي يحدد نوع النظام والحمل الكهربائي.

منظم الشحن:

هو جهاز الإلكتروني يقوم بتنظيم جهد البطارية اثناء الشحن والتفريغ واهم وظائفه:

1- عدم الشحن أكثر من حد معين.

2- عدم تفريغ الشحن عن حد معين.

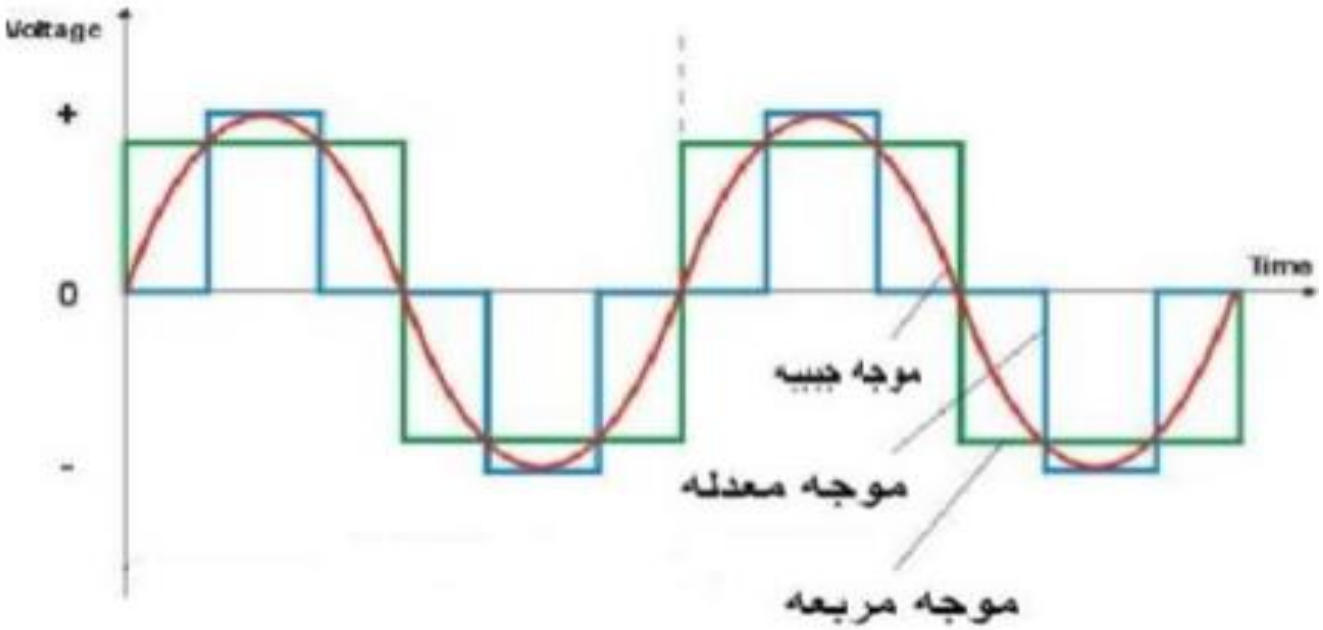
3- منع رجوع الشحن ليلا الى الخلايا الشمسية.

عادة الجهاز يحتوي على ثلاث ازواج من المداخل (كما في الشكل ادناه) كل زوج يحتوي على مدخل سالب وموجب، ويوصل زوج مع مخرج الصندوق الموحد الذي يتصل بالألواح وزوج يتصل مع الحمل الكهربائي وزوج يتصل بالبطارية، وبعضها يحتوي على شاشة رقمية تدل على مقدار الشحن وقد تكون بدون شاشة خارجية من اجل المراقبة والقياس.

قالب الطور(العاكس) Inverter:

وجهاز الإلكتروني يعمل على تحويل اشارة التيار من مستمر الى متزامن (DC – AC) والهدف منه هو انتاج تيار يتوافق مع الحمل المطلوب من اجهزة كهربية، ويتم التحكم بعرض وقيمة الاشارة المراد قلبها وتعديلها

شكل (2.19) موجه جيبية – معدلة – مربعة



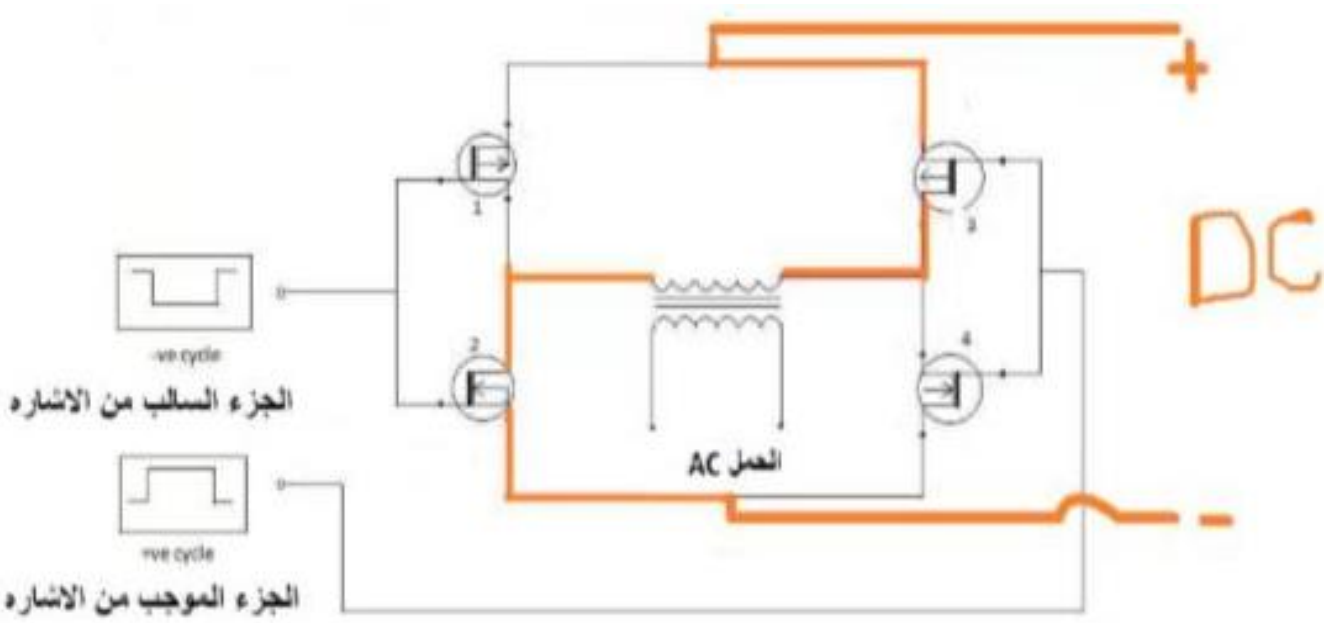
العاكس ينتج الموجة الجيبية من خلال ثلاث خطوات وهي أكثر تعقيدا وقد تنتج محركات التيار المتردد التي تعمل مباشرة على الطاقة غير الجيبية حرارة اضافية، وقد تكون لها خصائص مختلفة لعزم دوران السرعة، او قد تنتج ضوضاء مسموعة أكثر من عند تشغيلها على الطاقة الجيبية.

يمكن تبسيط عمل العاس حيث انه يتكون من:

1-أربع مفاتيح كهربائية (يغلق 2و3 وينتج الجزء الموجب من الاشارة ومن ثم يغلق 1و4 لينتج الجزء السالب من الاشارة).

شكل (2.20) إشارة التيار

2-محول Transformer.



انواع العواكس المستخدمة مع PV:

1-العاكس الشمسي القائم وحده Standalone solar Inverter –off grid:

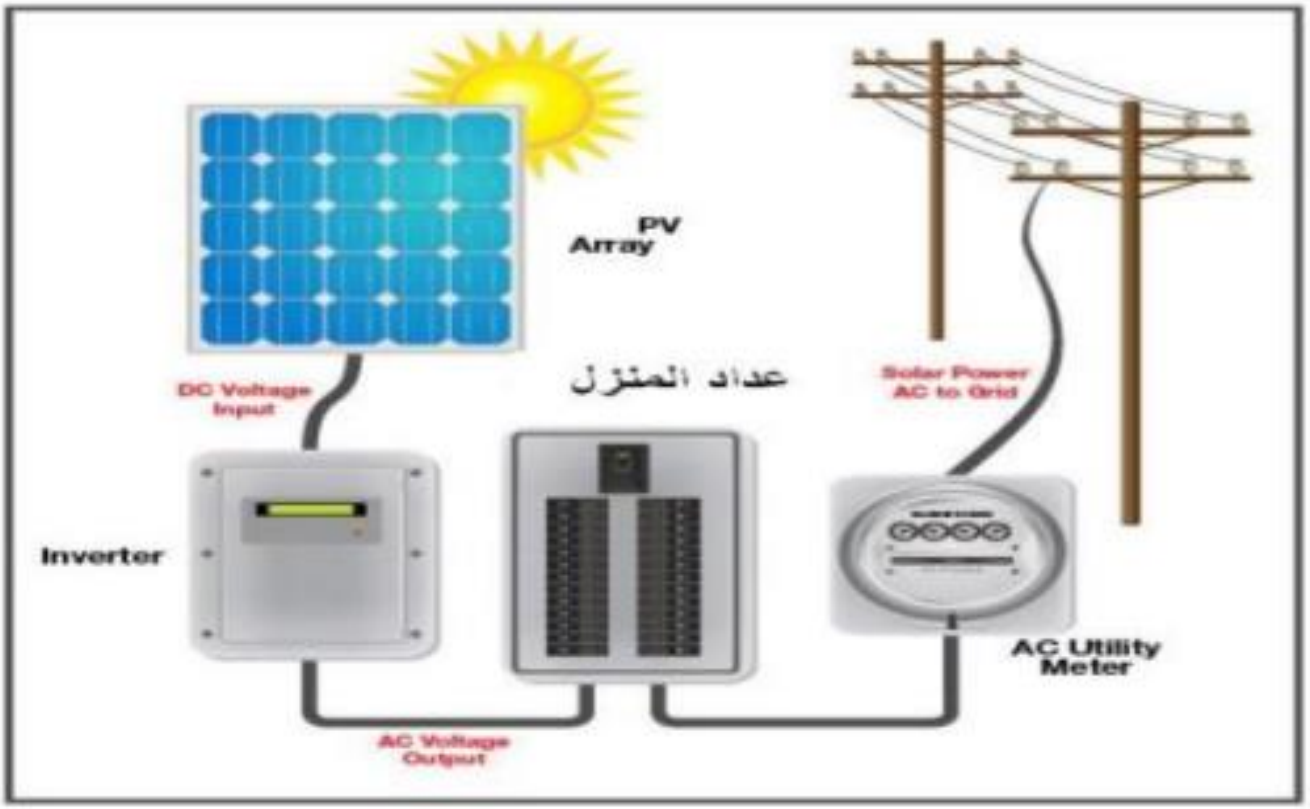
يسمى العاكس الشمسي قائم لوحده لأنها تحتاج الى ربطها الى الالواح الشمسية. بدلا من ذلك فانه يوجد تيارها المستمر DC من البطاريات التي يتم شحنها من قبل الالواح الكهروضوئية PV او غيرها من الموارد مثل مولدات المحرك، توربينات المائية وتوربينات الرياح. هنالك الكثير من هذه العاكسات التي تدمج مع اجهزة شحن البطاريات. ولان هذه المحولات معزولة عن شبكات المرافق، فأنها لا تتطلب حماية. انظر الشكل المجاور.

2-العاكس المربوط (متصل مع الشبكة) The Grid Tie Inverters – On gride:

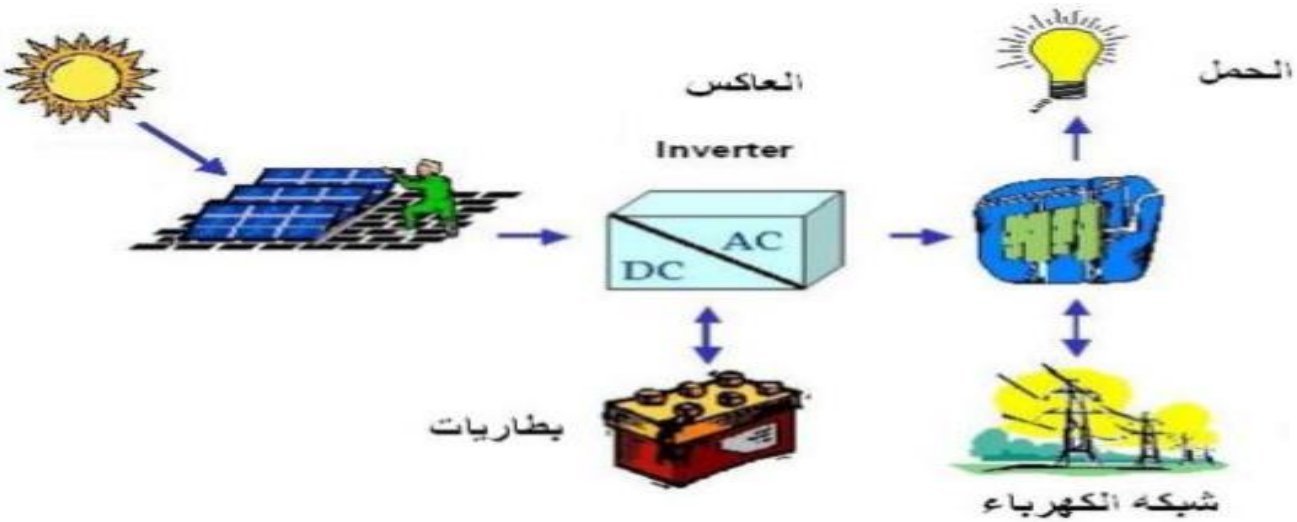
وهذا النوع يعمل على مطابقة مع طور تيار AC الحمل المطلوب، كما يتم برمجة هذا العاكس لتوقف عن العمل تلقائيا اثناء فقدان الطاقة لضمان السلامة، وبالتالي هذا العاكس لا يوفر الطاقة في حالات الطوارئ، فمن المستحسن للمنزل الذي هو مدعوم من قبل شبكة PV استخدام هذا العاكس في نظامها الشمسي للاستفادة من صافي القياس. ويتطلب هذا العاكس نظام حماية.

شكل (2.21) عاكس مربوط متصل بالشبكة

3- العاكس الثنائي Bi-modal:



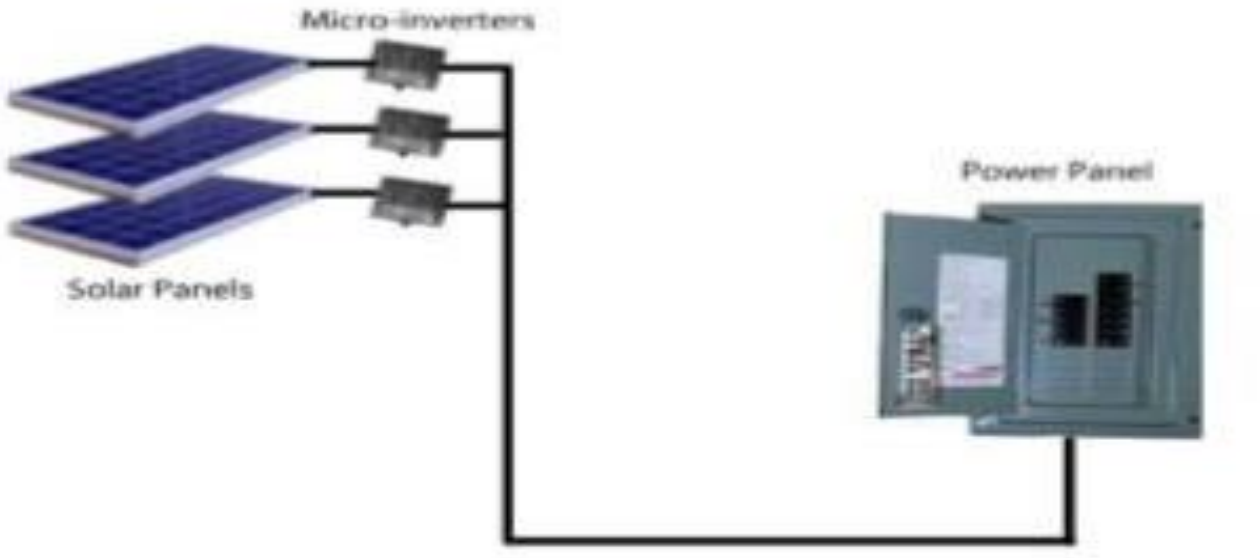
يعمل هذا النوع من العواكس كنظام منظم شحن مضلل وينتج تيار AC وينظم شحن البطاريات عندما تكون الشبكة الكهربائية هي المغذي للحمل وعندما تكون PV المغذي ينقل التيار الى الحمل.



شكل (2.22) عاكس ثنائي

4-عاكس – مايكرو Micro – inverter:

وهذا النوع يكون جهاز صغير ملاصق للوح وتكلفة هذا النوع عالية جدا لذا هو غير شائع



شكل (2.23) عاكس مايكرو

انواع العاكس/ قلب الطور من حيث تكوينه والعمل:

1-عاكس ذو تردد منخفض Low frequency inverter.

2-عاكس ذو تردد عالي High frequency inverter.

3-محول PWM.

4-محول متعدد المراحل.[2]

2.26 مكونات وانظمة النظام الشمسي وانواعه:

تتمثل مكونات النظام الشمسي في الالواح وهي تعتبر قلب النظام والانفرتر لتحويل التيار والمنظم والبطاريات وتعتبر مهمة جدا عند الرغبة في تكوين او بناء نظام شمسي، لابد ان يدرك الباحث كيف يختار هذه المكونات. ومن الانظمة الشمسية نظام متصل بالشبكة وآخر معزول ونظام المضخات واخيرا الDC .

انواع انظمة الخلايا الشمسية:

1-الفردي Stand – alone/off grid.

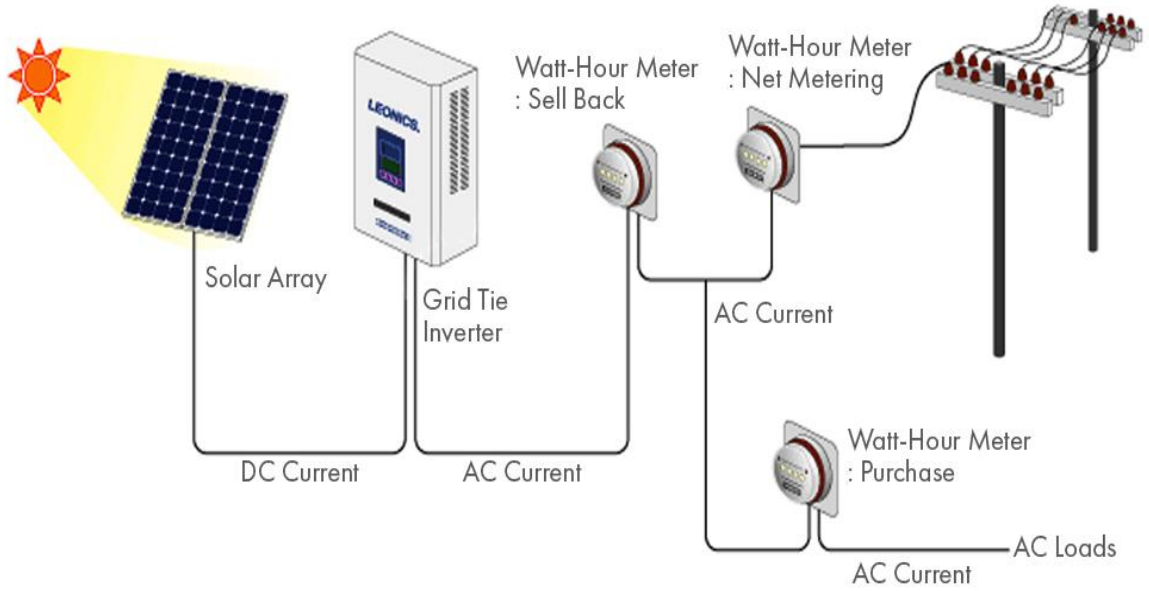
2-المزدوج Grid connected to system/on grid.

3-الهجين Hybrid system.

نظام الفردي off grid:

نظام متصل بالشبكة:

أنظمة الطاقة الشمسية على الشبكة هي تلك التي يتم فيها توصيل محطة الطاقة الشمسية في مبنى فردي أو شركة بشبكة المرافق مباشرة. الطاقة الشمسية المنتجة بعد تحويلها إلى تيار متردد تغذي الأحمال المتصلة. يتم نقل الطاقة الزائدة في أي وقت إلى الشبكة. يمكن تحويل هذه الطاقة الزائدة الناتجة إلى صافي الطاقة المستهلكة من الشبكة.



شكل (2.24) نظام متصل بالشبكة

نظام off grid:

انظمة الطاقة الشمسية الفولت ضوئية المنفصلة عن الشبكة أو ما يعرف ب Off Grid PV solar systemsهي من اسمها يتضح لك أنها أنظمة منفصلة عن الشبكة. ... .فهذا النظام لا يعتمد إطلاقا علي شبكة الكهرباء العامة بل هو مستقل تماما ويتم تصميمه بحيث انه يلبي احتياجاتك من الكهرباء ليلا ونهارا بالطاقة الشمسية.

أجري الباحث كذلك دراسة لحساب حجم نظام شمسي لمنزل يعمل على الطاقة الشمسية مصادر الطاقة الكهربائية:

من اهم مصادر الطاقة الكهربائية الطاقة المتجددة ومنها على سبيل المثال طاقة الرياح والطاقة الشمسية، والطاقة غير المتجددة ومنها الوقود الاحفوري والطاقة النووية. ونسبة لتناول الباحث للطاقة الشمسية لابد من التعرف على بعض مميزاتها فمن مميزاتها منبع لا ينتهي ولا يخشى نضوبه، مجانية(الشمس)، قابليتها للتحول، نظيفة، هادئة وغير مزعجة، ونظام تركيبها سهل وسريع. ومن عيوبها كفاءتها منخفضة نوعا ما، تحتاج الى بطاريات للتخزين نسبة لعدم وجود الشمس في الليل، تحتاج الى مساحات كبيرة للسطح

المعرض للشمس، تحتاج في تكلفتها الى رأس مال كبير، لا تعمل في الظل تقل كفاءتها.

نجد ان من اهم المفاهيم التي سيتعرض اليها دارس الخلايا الشمسية الجهد الكهربائي والتيار والمقاومة والدايود والقدرة والطاقة.

الفرق بين التيار المستمر والمتردد(AC&DC) :

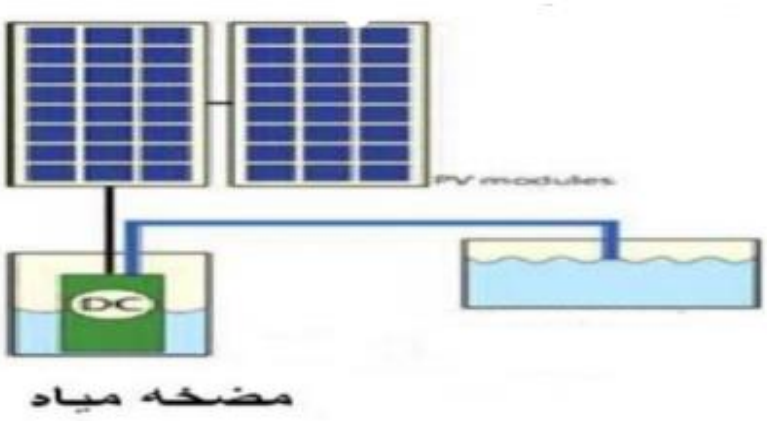
وبما ان الخلايا تنتج تيارا مستمر لابد من التعرف على الفرق بين الDC والAC

AC	DC
سهل الانتاج	انتاجه صعب لحاجته لمولدات
المحطات بعيدة عن المستهلك	المحطات قريبة من المستهلك
يمكن رفعه او خفضه بواسطة المحولات	لا يمكن رفعه او خفضه بواسطة المحولات
يرفع الجهد بدون فقد كبير الطاقة والقدرة	عند نقله لمسافات بعيدة يسبب فقد كبير للطاقة والقدرة

جدول (2.2)

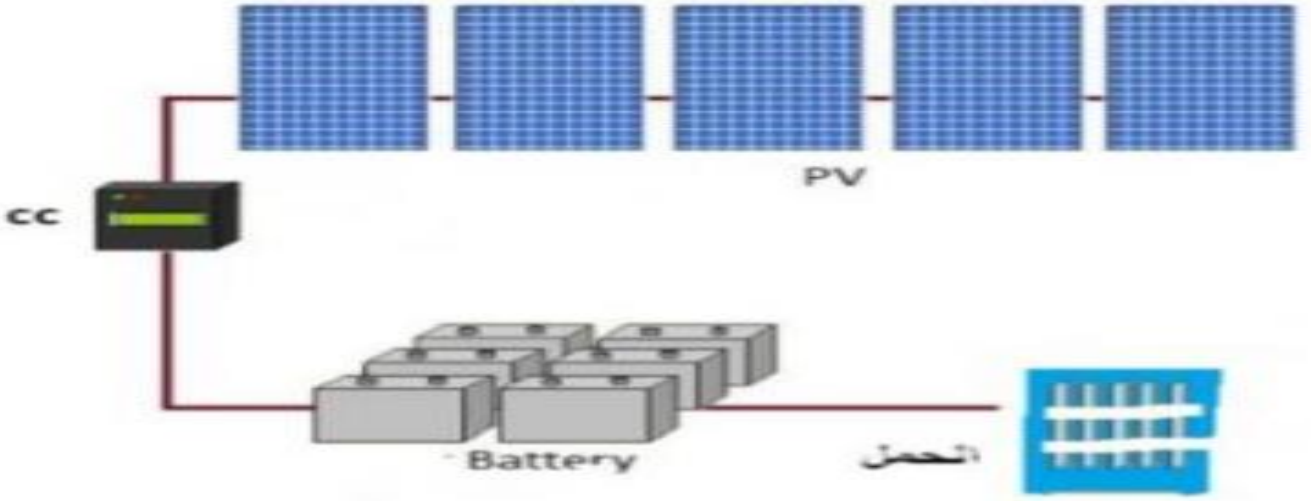
ويختلف شكل النظام حسب الحاجة وطبيعة الحمل الكهربائي ومكونات النظام تبعا لطبيعة الحمل. عموما النظام غير مرتبط بالشبكة الكهربائية وتكون انظمة الخلايا الكهروضوئية هي المغذي الرئيسي للحمل. ومن الممكن تصنيفها حسب مكوناتها على النحو الاتي:

1-المباشروهذا النظام يتكون من الخلايا والحمل فقط والحمل يتغذى على التيار المستمر DC، يتكون من مضخة المياه والالواح فقط.



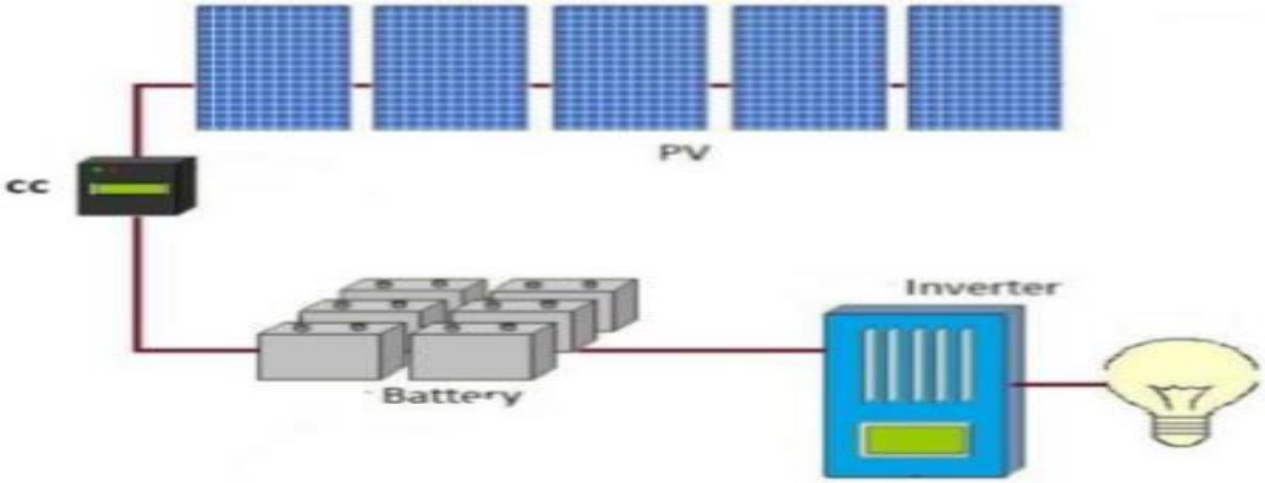
شكل (2.25) نظام مباشر

2-متصل مع بطاريات ومنظم الشحن:



شكل (2.26) نظام متصل مع بطاريات ومنظم شحن

4- متصل مع بطاريات ومنظم الشحن العاكس:



شكل (2.27) متصل مع بطاريات ومنظم الشحن العاكس

نظام المزدوج On grid:

هذا النظام يكون مرتبط مع الشبكة الكهربائية والهدف من ذلك يأخذ هذه الاسباب

1-يتم بيع فائض الانتاج للشبكة الكهربائية.

2-يتم تغذية الحمل من الشبكة عندما لا تعمل شبكة pv.

ويستخدم في المنازل والمنشئات او محطات لتوليد الكهرباء بشكل اساسي من الطاقة الشمسية. في المنازل يزود النظام بعداد يدور عكسي مما يساعد في استخدام كهرباء الشبكة الرئيسية ويحتاج هذا النظام الى عكس / قالب للطور ليتلاءم مع الاحمال اهم مميزات هذا النظام:

1-شبكة صغيرة تزود نفس الحمولة بشكل موثوق.

2-هنالك حاجة لتوازن اقل في مكونات النظام.

3-لا يحتاج الى تكاليف التخزين.

4-الاستفادة من البنية التحتية للشبكة الكهربائية.

الانظمة الهجينة:

يمكن ان تربط مع بطاريات للتخزين وقد تحتاج الى مولدات احتياطية اخرى ويمكن ان تكون متصلة مع الشبكة الكهربائية ويمكن ربطها مع مولد الديزل – مولد الرياح – مولد الغاز –مولد الكتلة الحيوية.

من انواع الانظمة الشمسية:

نظام المضخات:

الضخ بالطاقة الشمسية هو ضخ المياه عن طريق مضخات تعمل بالطاقة الشمسية سواء عن طريق الألواح أو يعتمد حجم النظام على حجم المضخة وكمية المياه المطلوبة وكمية الإشعاع.

أجرى الباحث دراسة لتصميم محطة ري تعمل بالطاقة الشمسية لمزارع يملك 30 فدان لأرض خلوية مزروعة مانجو كانت تعمل بالسولار، ارتفاع الخزان 7 متر وعمق البئر 40 متر لابد من دراسة:

اولا: استخدامات مضخات المياه الشمسية

- للاستخدامات الخدمية: لضخ المياه اللازمة في مياه الشرب.
- للاستخدامات الزراعية: لري الزراعي وسقاية المواشي.

مكونات النظام:

1. مضخة المياه: بالنسبة للتشغيل الكهربائي تنقسم إلى فئتين فئة تدار بالتيار الكهربائي المتردد والأخرى بالتيار المستمر، وتشمل المضخات أسلاك التوصيل وأنابيب ضخ المياه. وتوجد منها عدة أنواع:

أ. مضخات المياه العائمة (سطحية): وتعتبر مثالية في عمليات الري وسهلة التركيب والاستخدام وقابلة للنقل.

ب. مضخات المياه الغاطسة: تعتبر النوع الشائع والأكثر انتشارا في ضخ المياه لسهولة التركيب ومرونة أنابيبها ومغمورة معزولة عن أية أضرار قد تسبب تحطمها وتتوفر بعدة منصات وتتميز بقدرة كهربائية قليلة في تشغيلها.

ج. مضخات المياه الغاطسة ذات المحرك السطحي: تعتبر الأقدم في الاستخدام نظرا لسهولة صيانة شفرات المضخة ولكن قدرتها التشغيلية عالية وكلفة التركيب مرتفعة لذلك يفضل النوع السابق في الاستخدام.

د. مضخات المياه الارتوازية: تتناسب مع الارتفاعات العالية للضخ والتدفقات المنخفضة لها. ويشترط أن تكون ثقيلة ومتينة لتحقق توازنها وضمان كفاءتها إثناء عملية الضخ بالإضافة إلى أجهزة تحكم كهربائية عالية الدقة وذات مواصفات فنية محددة.

هـ. مضخات المياه ذات الامتصاص السطحي: تحتاج إلى مراقبة فنية دائمة ولا تصلح إلا لارتفاع أقل من 8 أمتار فقط لذلك تعتبر من النوع الغير محبذ في الاستخدام.

2. العاكس (الانفرتر): في حالة مضخات التيار المتردد يكون مزودا بمتتبع القدرة القصوى للألواح الشمسية (MPPT)، بينما في حالة مضخات التيار المستمر يوجد المتتبع مستقلا.

3. مصفوفة الألواح الشمسية اللازمة لتشغيل مضخة المياه.

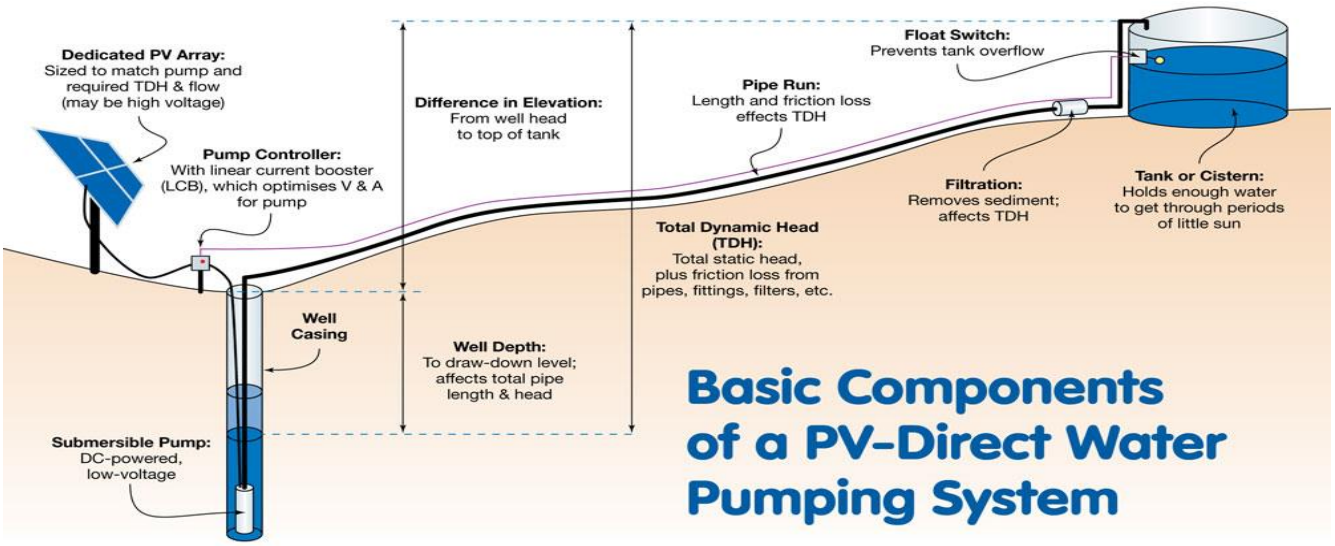
4. خزان تخزين المياه.

5. عناصر توازن النظام: وتشمل العناصر والقطع الكهربائية التي تحافظ على كفاءة النظام والمحافظة على مكوناته من أي خلل كهربائي، وتكون معظمها مرتبطة بالعاكس أو المتتبع ومن أهمها:

أ. الحساسات الكهربائية مثل حساس مستوى المياه بالبئر وحساس مستوى المياه بالخزان.

ب. القواطع والمفاتيح الكهربائية.

ج. صندوق تجميع الألواح في حالة المنظومات الكبيرة.



شكل (2.28) المكونات الأساسية لمضخة مياه تعمل بالطاقة الشمسية

الصفة المميزة	مضخات الديزل	مضخات الطاقة الشمسية
مساحة التركيب	تتطلب مساحة صغيرة	تتطلب مساحة كبيرة ومفتوحة
الكلفة التأسيسية	كلفة منخفضة	كلفة مرتفعة
الكلفة التشغيلية	كلفة مرتفعة	لا تتطلب كلفة تشغيلية
وقت التشغيل	تشغيل متاح في جميع الأوقات	تشغيل محدود بساعات سطوع الشمس
خبرة التركيب	تركيبها بسيط نوعا ما	تحتاج خبرات فنية خاصة
خبرة التشغيل	تحتاج متابعة طوال الوقت	لا تحتاج مراقبة دائمة
التأثير البيئي	ضارة على البيئة والصحة	نظيفة بيئيا
العمر الحياتي	تقل كفاءتها مع الزمن وعمرها قصير	كفاءة مستدامة وعمرها طويل
الصيانة	تحتاج صيانة وتغيير قطع دوريا	نادرا ما تتطلب صيانة
الكلفة التراكمية	مكلفة على المدى الزمني الطويل	الكلفة على المتوسط الزمني البعيد قليلة

جدول (2.3) مميزات وعيوب مضخات المياه بالطاقة الشمسية مقارنة بمضخات الديزل

أنظمة ضخ المياه بالطاقة الشمسية

قبل تركيب المضخة الشمسية يتطلب القيام بخطوات عملية تعرف بما يسمى "تحجيم النظام الشمسي لمضخة المياه" ويشمل الخطوات الفنية التالية:

1. حساب قدرة المضخة: ويتم حساب قدرة المضخة بثلاث معاملات رئيسية

أ. كمية المياه في الساعة: ويجب الأخذ في الاعتبار عند حساب كمية الماء المتدفقة من الآبار الجوفية وكذلك عند الحفر على العوامل التالية:

- كمية المياه المطلوبة في اليوم: بالنسبة للمناطق الريفية فاحتياجاتها من المياه تفوق احتياجات المناطق الحضرية (بسبب الاحتياج لري الزراعي وسقاية المواشي)
- عمق الماء الساكن.
- اختلافات العمق الموسمية.
- معدل تدفق تعويض نسبة المياه من سيول الأمطار الموسمية أو من مصادر أخرى.
- نوعية المياه (مالح أو عذب، مختلط بمواد طينية أو رملية).

ب. الارتفاع الديناميكي الكلي (TDH): ويشمل ارتفاع البئر مع المسافة العمودية حتى سطح الخزان، والعمق الإضافي الناتج من فواقد الاحتكاك، بالإضافة إلى نصف قطر الأنابيب المثالي.

$$P = \frac{Q \times g \times \rho \times H_T}{\text{Pump Eff.}} \quad (1)$$

ج. كفاءة المضخة: بحسب المعادلة:

حيث: (Q) كمية المياه (m3/sec)، كفاءة المضخة(Pump Eff.) ، ثوابت (وgρ)كثافة الماء وعجلة الجاذبية الأرضية.

ارتفاع النظام الرئيسي: ويحسب من المعادلة: $H_T = H_S + H_D$ (2)

حيث:

HS = L (ارتفاع الماء الساكن) + D (المسافة الرأسية من سطح البئر حتى الخزان).

(HD) ارتفاع النظام الديناميكي: يتطلب حساب (d) قطر الأنبوب الملائم لضخ المياه وتقاس بوحدة البوصة (inch)، ويعطى قطر الأنبوب الملائم بتطبيق المعادلة:

$$d = \sqrt{0.408 \frac{Q}{1.524}} \quad (3)$$

ويمكن حساب ارتفاع النظام الديناميكي من خلال المعادلة:

HD= معامل فقد أنبوب الضخ لكل 100 قدم + معامل الفقد أنبوب التوزيع من البئر إلى الخزان لكل 100 قدم.

عوامل الفقد للأنابيب تعرف علميا بعوامل فقد الاحتكاك وتعطى بجداول توفرها الشركات المصنعة وكمثال لهذه الجداول الشكل (2) يوضح جدول معامل الفقد للأنابيب البلاستيكية وبأقطار داخلية معينة مقابل معدل ضخ الماء بوحدة الجالون/دقيقة (gpm).

شكل (2.29) معامل الفقد (Psi loss) لأنابيب البلاستيك مقابل كمية ضخ الماء (Flow gpm)

2. قدرة العاكس (الإنفرتر): لحالة مضخات التيار المتردد، والمتتبع لمضخات التيار المستمر، وغالبا تساوي قدرة المضخة أو

PVC CLASS 40 IPS PLASTIC PIPE
Sizes ½ in through 6 in. Flow 1 through 600 gpm.

SIZE	½ in		¾ in		1 in		1¼ in		1½
OD	0.840		1.050		1.315		1.660		1.90
ID	0.622		0.824		1.049		1.380		1.61
Wall Thk	0.109		0.113		0.133		0.140		0.14
flow gpm	velocity fps	psi loss	velocity fps	psi loss	velocity fps	psi loss	velocity fps	psi loss	velocity fps
1	1.05	0.43	0.60	0.11	0.37	0.03	0.21	0.01	0.15
2	2.11	1.55	1.20	0.39	0.74	0.12	0.42	0.03	0.31
3	3.16	3.28	1.80	0.84	1.11	0.26	0.64	0.07	0.47
4	4.22	5.60	2.40	1.42	1.48	0.44	0.85	0.12	0.62
5	5.27	8.46	3.00	2.15	1.85	0.66	1.07	0.18	0.78
6	6.33	11.86	3.60	3.02	2.22	0.93	1.28	0.25	0.94
7	7.38	15.77	4.20	4.01	2.59	1.24	1.49	0.33	1.10
8	8.44	20.20	4.80	5.14	2.96	1.59	1.71	0.42	1.25
9	9.49	25.12	5.40	6.39	3.33	1.97	1.92	0.52	1.41
10	10.55	30.54	6.00	7.77	3.70	2.40	2.14	0.63	1.57
11	11.60	36.43	6.60	9.27	4.07	2.86	2.35	0.75	1.73
12	12.65	42.80	7.21	10.89	4.44	3.36	2.57	0.89	1.88
14	14.76	56.94	8.41	14.48	5.19	4.47	2.99	1.18	2.20
16	16.87	72.92	9.61	18.55	5.93	5.73	3.42	1.51	2.51
18	18.98	90.69	10.81	23.07	6.67	7.13	3.85	1.88	2.83
20	21.09	110.23	12.01	28.04	7.41	8.66	4.28	2.28	3.14
22			13.21	33.45	8.15	10.33	4.71	2.72	3.46
24			14.42	39.30	8.89	12.14	5.14	3.20	3.77
26			15.62	45.58	9.64	14.08	5.57	3.17	4.09

أعلى منها.

3. القدرة الكلية لمصفوفة الألواح الشمسية: يتم حساب القدرة الكلية للألواح الشمسية اللازمة لتشغيل المضخة بناء على قدرة المضخة بعد الأخذ في الاعتبار ما يلي:

أ. أقل متوسط ساعي للإشعاع الشمسي.

ب. معامل الأداء القياسي للمنظومة (Performance Test Conditions) وتشتمل الشروط المعيارية لأداء الألواح الشمسية ومعاملات الفقد في الأسلاك وكفاءة التحويل للعاكس.

ج. حالات الطقس في جميع فصول السنة (ممطر، غائم).

د. مساحة خزان المياه ويتعلق بالكمية المطلوبة في اليوم مع سعة إضافية في حالة الأيام الغائمة أو الممطرة.[1]

2.27 كابلات الطاقة الشمسية:

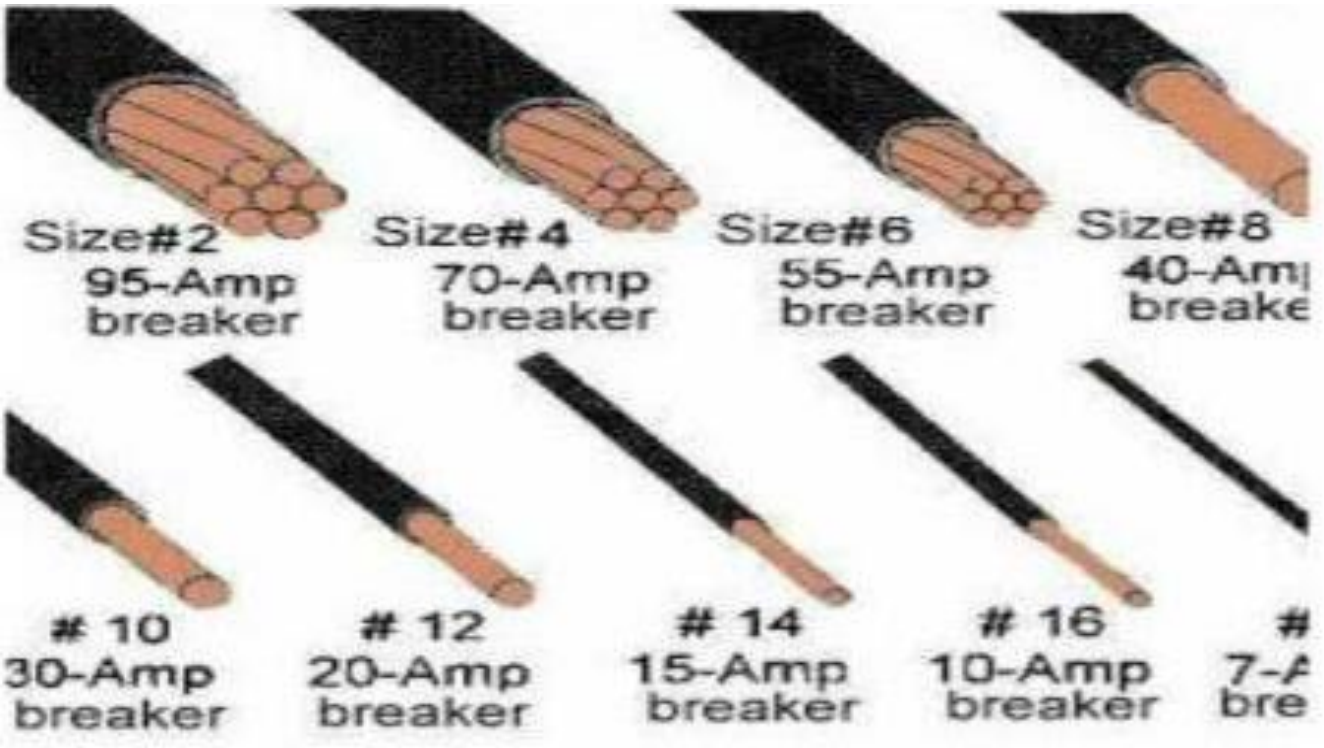
من اهم عناصر المنظومة، الكثير من مشاكل التطبيق تكون ناتجة عن اهمال الاقطار المناسبة للكابلات، يتم استخدام كابلات خاصة معزولة بعزل حراري ومائي طبقا للمواصفات الفنية. جميع كابلات الطاقة الشمسية مصنوعة من شعيرات النحاس المصدر Tinned Copper عالي الجودة.

شكل (2.30) كابلات مصنوعة من شعيرات النحاس

مواصفات ومقاييس اسلاك توصيل المنظومة الشمسية:

تفاصيل اسلاك التوصيل تمثل العنصر الهام الغائب عند معظم مهندسين الطاقة الشمسية والشركات المستوردة لها. ولشرح مدى اهميتها نبدأ بتتبع عناصر المنظومة الشمسية (الالواح الشمسية، منظم الشحن بنك البطاريات عاكس الجهد، الانفرتر، منفذ خروج تيار متردد لتشغيل الاحمال الكهربائية منفذ دخول للتيار المتردد لتنظيم الفولتية وشحن البطاريات.

نجد ان لدينا ستة عناصر للمنظومة الشمسية وبين كل عنصرين (الاسهم) لابد من اسلاك توصيل كهرباء للربط بينها. بناءً على ذلك سأحاول جاهدا التبسيط بشرح كل مرحلة ومدى اهميتها في تفسير بعض المشاكل التي يعاني منها مستخدمي الطاقة الشمسية والحيلولة من حدوثها Circuit breaker and wire size.



شكل (2.31) قواطع الدائرة وحجم السلك

اولا: التوصيل بين الالواح الشمسية ومنظم الشحن

تمثل اهم مرحلة ومعظم مشاكل النظام الشمسي 50% تكون ناتجة عن الاسلاك وخصوصا لمن لديه الواح ذات 60 خلية شمسية W (230–250–270).

عوامل مهمة في اختيار مواصفات في اختيار مواصفات الاسلاك:

1– فولتية الالواح الاجمالية.

2– أم بيرية اللواح الاجمالية.

3– المسافة بين الالواح ومنظم الشحن.

بناءً على تلك العناصر يتم تحديد مواصفات الاسلاك بناءً على العوامل التالية:

1–السعة الام بيرية للسلك الموصل (مقدار تحمل السلك لأقصى امبير مع معيار العزل كدالة في درجة الحرارة) ويمكن الحصول على جداول معيارية تعرف بي .Ampacity Insulated Conductors

2–مساحة مقطع السلك مقارنة بطوله وام بيرية التيار المار به، وذلك لحساب مقدار انحدار الفولتية في السلك. للتبسيط والمقارنة نورد المثالين التاليين:

- لوحين شمسيين 150Wوفولتية 18V واجمالي الام بيرية 18A وُصلت بسلك طوله $4mm^2$ يكون الجهد على منظم الشحن 14.8V يفقد من نسبته 18%، لكن لوكان السلك بمقطع مساحته $6mm^2$ فان الفقدان سيقل الى 12% بجهد فولتية 15.9V.

مقارنة نفس الأميرية مع لوحين 300W فان الفقدان في حالة $4mm^2$ نسبته 9% وحالة $6mm^2$ 6% فقط. اي كلما ارتفعت الفولتية مع ثبات الامبير والطول ومساحة مقطع السلك فان النقصان يقل.

- تتطلب مساحة مقطع سلك لا يتجاوز طوله $0.25mm^2/A$ $1mm^2$ 4A OR $0.25mm^2/A$) .

ثانيا: التوصيل بين منظم الشحن والبطاريات

معظم منظمات الشحن توفر معلومات عن مساحة مقطع السلك وطوله مقارنةً بالأمبير في نظام الاستخدام (الكتيب)، لذلك يفضل ان تكون المسافة لا تزيد عن 1m ومساحة مقطع السلك تُحسب من خلال اقصى ام بيرية يمررها منظم الشحن.

ثالثا: سلاك التوصيل بين البطاريات والانفرتر

تعتبر المعيار في تقليل نسبة الفقدان في الانفرتر مثال على ذلك:

- لدينا عدد 2 انفرتر كل منهما 1Kw ولكن الاول بنظام 12V والآخر 24V فما اقل مساحة لمقطع السلك الذي طوله 1m يوصى بها في الحالتين؟

الحل:

الانفرتر 1kw نظام 24v يحتاج سلك مساحة مقطعه لا تقل عن $10mm^2$ ليقل النقصان الى 3w فقط.

رابعا:

يتم التقيد بأقصى قيمة أمبيرية مقارنة بمقطع السلك بما ان التيار متردد والفولتية 220v

الطريقة العلمية لحساب مقطع الكيبل الكهربائي:

القانون P=IV ومنه نتعرف على قيمة التيار.

قانون قياس هبوط الجهد وكيفية قياسه:

$\Delta V=2LI$

ΔV الهبوط في الجهد.

L طول السلك.

2.28 حماية منظومة الطاقة الشمسية:

الفيزات والقواطع تستخدم في حماية منظومة الطاقة الشمسية من اصطياد النار إذا حدث ماس كهربائي، كما تحمي الاسلاك من السخونة الزائدة التي تسبب في الحرائق.

- خطورة الحرائق في المنظومة الشمسية لها عدة اسباب:

الشمس تقوم بتوليد الطاقة الكهربائية بصفة مستمرة، وبالتالي في حال حدوث اي ماس كهربائي لا يمكن فصل التيار إلا من خلال هذه القواطع. والوضع نفسه صحيح بالنسبة الى البطاريات التي تقوم بتفريق شحنتها الكهربائية في النظام بصرف النظر عن وجود ماس كهربائي من عدمه، حتى يتم تفريق هذه البطاريات بالكامل.

- في التيار المتناوب AC هنالك مرور الطبيعي الي جهد صفر مع كل دورة 50 مرة في الثانية الواحدة، عكس التيار المستمر DC حيث الجهد ثابت والتيار يتدفق في اتجاه واحد بصورة منتظمة.

- التيار المستمر DC بالذات له خاصية تكوين قوس ناري في حال التحميل الزائد على الكابلات او حدوث قفلة كهربائية او الفصل المفاجئ للدائرة الكهربائية، وهذا يتسبب في حرائق بنسبة أكبر بكثير من نظم التيار المستمر AC العادية وبالتالي ممنوع تماما في النظم الشمسية استخدام اي قواطع تيار AC عادية غير مخصصة للطاقة الشمسية في لوحات الحماية لأنها تؤدي عملها في نظم الطاقة الشمسية ولن تحمي من نار الحرائق في حال وجود مشكلة. يحدث هذا القوس الناري ايضا عند فصل الاحمال عن التيار المستمر.

- مفتاح تيار مستمر يستخدم في حماية منظومة الطاقة الشمسية:

الصورة ادناه توضح مكونات قاطع تيار مستمر MCB من الداخل يستخدم في حماية منظومة الطاقة الشمسية، ونرى كذلك اجزاء ودوائر معقدة وظيفتها منع تكوين القوس الناري لتفادي الحرائق، وذلك على عكس القاطع لAC البسيط العادي.

حماية الالواح الشمسية:

أكثر انواع الالواح الشمسية استخداماً تتكون من 60 خلية، وتحقق ما يقارب من 9A كأقصى تيار دائرة قصر I_{sc} وتعطي 38V كأقصى جهد لدائرة القصر V_{oc}. ويمكن مراجعة بيانات اللوحة الخاصة بك لتأكد من هذه القيم، الكابلات في ظهر اي لوحة شمسية يمكنها تحمل 30A وعليه إذا تم توصيلها على التوالي يتضاعف التيار، وعليه يجب تركيب قاطع تيار مستمر عمومي DC Circuit Breaker بين الالواح الشمسية ومنظم الشحن او الانفرتر، ولا يوجد اي حالة او وضع يغني عن تركيب هذا القاطع الهام في حماية منظومة الطاقة الشمسية.

وظيفة القاطع العمومي:

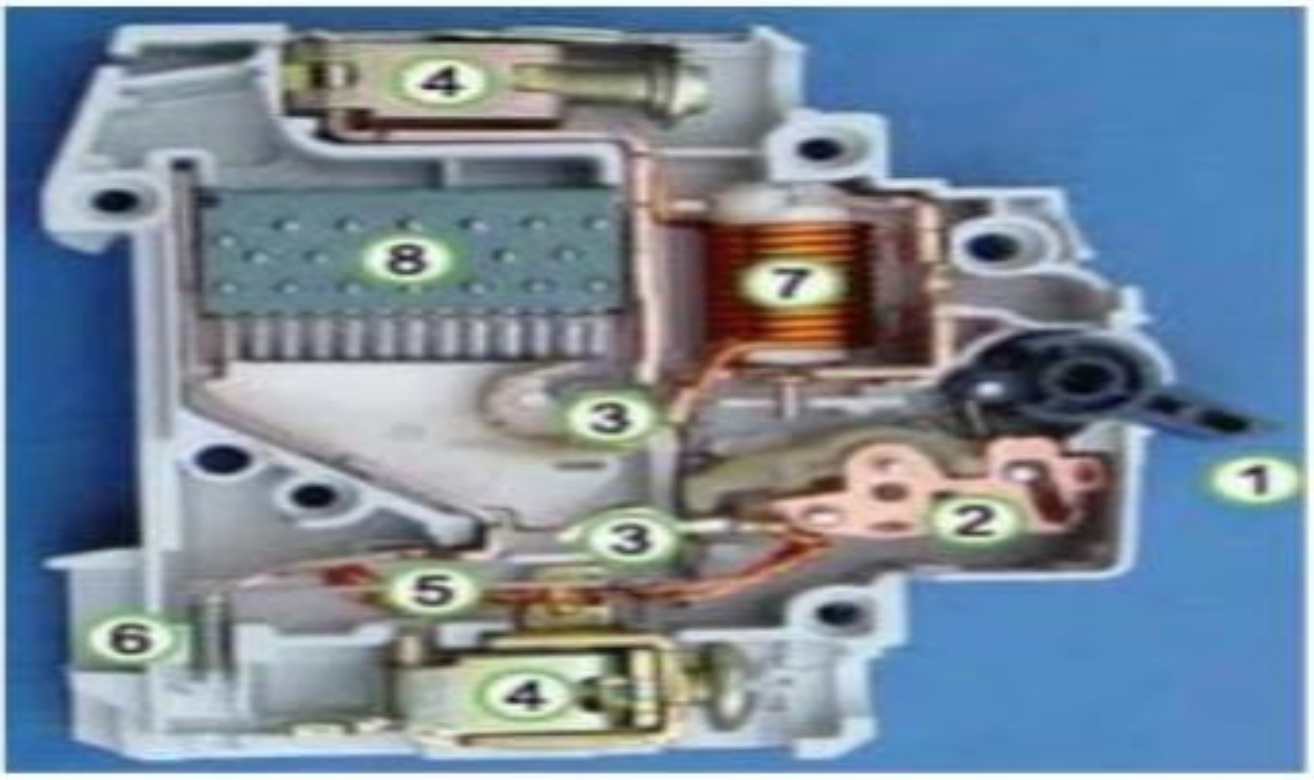
1- حماية الالواح الشمسية في حال تلف الانفرتر وحدوث ماس كهربائي.

2- حماية الانفرتر في حال حدوث ماس من ناحية الالواح الشمسية نتيجة تسرب مياه.

3- يستخدم لفصل الالواح يدويا عن باقي المكونات.

امبير القاطع العمومي = I_{sc} × 1.56 × اجمالي عدد الخطوط على التوازي في المنظومة.

حيث I_{sc} تيار دائرة القصر للالواح الشمسية ويمكن الحصول عليه من بيانات اللوح الشمسي خلفه.



شكل (2.32) القاطع

إذا كان عدد السلاسل Strings على التوازي 2 فقط يمكن استخدام موصلات مزدوجة MC4 Branch Connector لتجميع الخطين ثم تركيب قاطع تيار 30A قبل الدخول الى الانفرتر او منظم الشحن. والصورة التالية توضح كيفية تركيب هذه الوصلة، مع ملاحظة ان عدد الالواح على التوالي في السلسلة الواحدة ممكن ان تكون اي عدد في حدود المسموح به بالنسبة للجهد maximum system voltage، مع العلم ان زيادة الالواح على التوالي لا تؤدي الي اي تغيير في مقاس القاطع ال30A توصيل عدد اثنين سلسلة الواح على التوازي

في حال ان عدد السلاسل على التوازي أكثر من 2 يجب تركيب قواطع في لوحة تجميع Combiner Box ويمنع تماما توصيل أكثر من عدد 2 سلسلة على التوازي. يتم اختيار سعة قواطع التيار المستمر في لوحة التجميع طبقا للمعادلات الآتية:

امبير القاطع الفرعي = I_{sc} × 1.56 × عدد السلاسل لكل خط (1أو2 سلسلة فقط)

مثال على مصفوفة الواح شمسية:

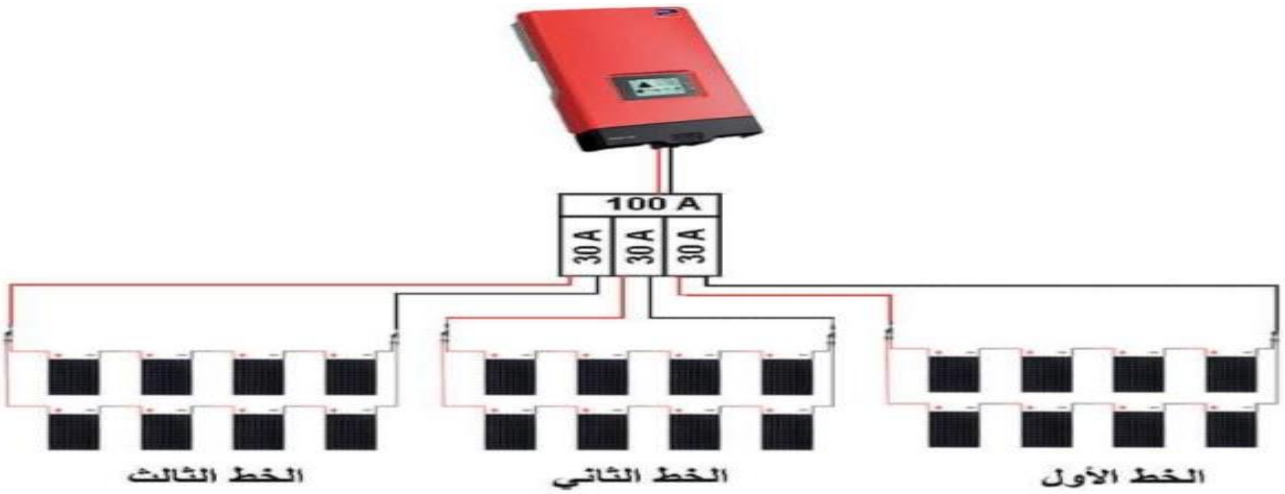
تم تجميع 24 لوح في 6 سلاسل على التوالي كل سلسلة تحتوي على 4 الواح على التوازي. تم توصيل كل سلسلتين مع بعض بواسطة وصلات مزدوجة MC4 الى ثلاث خطوط تذهب الى لوحة التجميع التي تحتوي على 3 قواطع فرعية وقاطع واحد عمومي.

الالواح الشمسية لها I_{sc} = 8.75

امبير القاطع الفرعي = 1.56 × 8.75 × 2 = 27.3 امبير، وفي هذه الحالة يستخدم قاطع 32 امبير.

امبير القاطع العمومي = 1.56 × 8,75 × 6 = 81.9 امبير، ويتم هنا استخدام قاطع 100 امبير.

(اما حديثا فيستخدم فيوزات تسمى MC4 Inline وهي عبارة عن فيوزات توضع في السلك نفسه من خلال وصلات MC4، ويغني ذلك عن استخدام القواطع وتنفيذ لوحات التجميع.)



شكل (2.33) تجميع 24 لوح

حماية الانفرتر:

يتم حمايته بواسطة عنصرين:

- قاطع بين البطاريات والانفرتر هذا القاطع ذو اهمية قصوى في حماية الانفرتر والمنظومة من الحرائق في حال زيادة التيار في الكابل بين البطاريات والانفرتر من الحد المسموح به نتيجة استخدام كابل رفيع غير مناسب.
- يراعى استخدام قاطع تيار مستمر DC وتصميمه يختلف عن قاطع التيار المتردد AC الذي لا يصلح استخدامه هنا كما سبق شرحه.

قاطع تيار مستمر 200A

امبير القاطع = $\frac{\text{اقصى قدرة للانفرتر}}{\text{جهد بنك البطاريات}}$

نموذج: انفرتر 5KVA جهد البطاريات = 48V، أقصى قدرة = 12KVA، المسافة بين البطاريات والانفرتر = 3M. احسب امبير القاطع؟

امبير القاطع = 12000\240 = 240A

ولحساب مقطع الكابل المناسب لهذه الوصلة يتم استخدام تطبيق حساب مقطع السلك مع وضع المسافة 3m، 50V و200A في المدخلات لنحصل على النتيجة $25mm^2$ حد أدنى لمقطع الكابل. ويلاحظ انه تم استخدام قاطع كبير وكابل سميك يسمح بمرور التيار اثناء ثواني القدرة القصوى Surge Power والتي تحدث اثناء بداية تشغيل المواتير. لان القاطع الصغير سوف يفصل التيار عند محاولة تشغيل المواتير.

الانفرترات الجيدة تحتوي نظام حماية بداخلها ولكن يجب تركيب القاطع وعمل هذه الطبقة الاضافية من الحماية في جميع الحالات.

قاطع بين الانفرتر واحمال التيار المستمر:

نستخدم قاطع تيار Ac عادي سعته تتناسب مع اقصى قدرة لانفرتر (انفرتر5KVA، اقصى قدرة 12KVA، جهد التيار المستمر 240V، $= \frac{12000}{240}$ = نجد ان تيار القاطع 50 امبير.

الباب الثالث

الدراسات السابقة

3.1 اولاً: الدراسات السودانية

1- محمد علي الخليفة، ماجستير فيزياء – استخدام الطاقة الشمسية في تشغيل الأجهزة الأساسية للمختبرات العلمية، كلية العلوم – جامعة ام درمان الاسلامية، 2015م.[8]

في هذه الدراسة تمت دراسة كيفية عمل مختبرات علمية تعمل على الطاقة الشمسية، وفي نهاية هذه الدراسة توصل الباحث الى أن يكون لدينا حساباتٍ دقيقةٍ عن كيفية عمل الأجهزة الكهربائية للمختبرات المتنوعة بالطاقة الشمسية وكيفية إنشاء مختبر علمي يعمل بهذه الطاقة غير النَّاضبة وتحديد الأدوات المناسبة من ألواح شمسية وبطاريات ومنظمات وغيرها والتي تُناسبُ مختبرا معيناً بمواصفاتٍ وأجهزةٍ محددةٍ وعليها يُمكن القياس لمختبراتٍ أخرى قد تختلف بالإضافة إلى مقارنة تكلفة هذه الوحدات الشمسية بتكلفة الإمداد الكهربائي المنتج من المولدات التي تُدار إما بطاقةٍ مائيةٍ أو بنفطٍ.

رأي الباحث: نقترح إنشاء مختبر متنقل يهتم في المقام الأول بصحة الإنسان الذي يَسْكن في مناطق بعيدة عن المركز ولا يصلها الإمداد الكهربائي ويمكن أن يشتمل هذا المختبر بجانب التحاليل الطبية على مختبر للتحاليل البيطرية ويمكن أن يكون هذا المختبر المتنقل والذي يعمل بالطاقة الشمسية في عدد من ولايات السودان المختلفة بحيث يتكامل عملها لتُقدِّم هذه الخدمة الواجبة.

2- تهاني غازي يعقوب الطاهر سبتمبر 2015 جامعة السودان ماجستير بحث بعنوان تحسن كفاءة خلايا السليكون الشمسية:[20]

في هذا الدراسة تمت دراسة الاثر الكهروضوئي ووجد ان بلورة السليكون النقية لا توصل التيار الكهربي بكفاءة عالية ولذلك اضيفت شوائب لذرات السليكون وكون شبه الموصل بمن النوع type–n وشبه الموصل type–p وكونت الوصلة الثنائية والتي تشكل الخلية الشمسية السيليكونية وتم معرفة انتاج الكهرباء من الخلية الشمسية مثلت الخلية الشمسية بنموذج كهربي ووجدت معادلات لحساب القدرة القصوى وكفاءة الخلية ووصلت مجموعة من الخلايا على التوالي وايضا على التوازي لزيادة انتاج الكهرباء ووجد ان عند استخدام الصفائح المتبلورة الملونة تزيد من كفاءة الخلية واستخدام الانظمة المتعددة الفجوات أيضا يذيد من الكفاءة ووجد ايضا استخدام المركزات الشمسية تزيد من كفاءة الخلية.

رأي الباحث: عند استخدام الصفائح المتبلورة الملونة تزيد من كفاءة الخلية واستخدام الانظمة المتعددة الفجوات ايضا يذيد من الكفاءة ووجد ايضا استخدام المركزات الشمسية تزيد من كفاءة الخلية.

3- دراسة سلمى أحمد الزين النور2014 جامعة السودان بحث ماجستير بعنوان دراسة تأثير ضوء ليزر الهيليوم والنيون على الخلايا الشمسية السيليكونية:[21]

تناول هذا البحث دراسة تأثير ضوء ليزر (هيليوم – نيون) على الخواص الكهربائية للخلية الشمسية السيليكونية وأدائها.

حيث تم استخدام ضوء ليزر ذو طول موجي (λ = 8.632 nm) (وقدرة lmw) لغرض تشييع الخلية

وتمت دراسة كل من تيار الدائرة القصيرةI_{oc} وفولتية الدائرة المفتوحة (v_{oc}) وعامل الملء FF ومن ثم إيجاد الكفاءة الخلية الشمسية وقد أوضحت النتائج أن تعريض الخلية لضوء الليزر أدى الى زيادة متغيرة في قيم معالم خرج الخلية، إذا ازدادت قيمة تيار الدائرة القصيرة كما ازدادت كفاءة الخلية الشمسية أيضا.

الخلاصة: بعد إجراء التجربة لوحظ وجود تحسن في أداء الخلية الشمسية وكفاءتها في حالة التشييع بضوء ليزر وعزى هذا التحسن إلى عمق اختراق أشعة الليزر من سطح الخلية إذ تؤدي إلى إمكانية توليد زواج إلكترون _فجوة في المنطقة القريبة من الوصلة مما تؤدي إلى زيادة عدد الحاملات الأقلية وتقليل الخسائر ومن ثم سوف تزداد كفاءة الخلية.

رأي الباحث: العمل على تطوير وتحسين اداء الخلية الشمسية باستخدام الليزر لزيادة كفاءة تحويل الطاقة.

3.2 ثانيا: الدراسات العربية

1- مريم أزهر علي غالب جامعة بغداد 2010 ماجستير علوم فيزياء بعنوان تقييم كفاءة خلية شمسية من مادة السيلكون ذات اخاديد مختلفة الشكل باستخدام برنامج زي ماكس:[22]

تم في هذا البحث تصميم خلية شمسية سيلي كونية ذات اخاديد تلامس سطحها العلوي لزيادة كفاءتها عن طريق تقليل الانعكاسية للأشعة الساقطة، وكذلك زيادة طول المسار البصري للأشعة الساقطة بزاوية اقل من الزاوية الحرجة، وبالتالي زيادة فرصة امتصاص الفوتونات داخل الخلية. حيث صممت الخلايا باستخدام برنامج زي ماكس، حيث استخدم نظام تتبع الاشعة غير المتسلسل.

رأي الباحث: ان نموذج الخلية الشمسية ذو الاخاديد نصف كروية الشكل هو أفضل النماذج المستخدمة حيث اعطى اعلى قراءة كاشف (3500)شعاع اي ثلاثة اضعاف ونصف العدد الاصلي.

توصيات الباحث:

أ-استخدام طلاء من مواد غير عاكسة للضوء على سطح الخلية ذات اخاديد شبه كروية

ب- استخدام اخاديد متعددة الاشكال على السطح السفلي للخلية الشمسية

ج- استخدام اخاديد هرمية الشكل فوق سطح الخلية الشمسية.

د-وضع الاخاديد داخل الخلية الشمسية.

2-دراسة تأثير اشعة ليزر الهليوم – كادميوم ذو الطاقة الواطئة على كفاءة الخلايا الشمسية السليكونية المعابة نتيجة الاستعمال

خلدون ناجي عباس -الجامعة المستنصرية – كلية العلوم -2012م

يتضمن هذا البحث دراسة تأثير استخدام اشعة ليزر (الهليوم – كادميوم) ذو الطول الموجي(6.441nm) وقدرة خرج ليزري (10mw) وهو من الليزرات الغازية ذات القدر الواطئة [LPLA] العاملة بالنمط المستمر[CW] على تحسين كفاءة الخلايا الشمسية السليكونية المعابة نتيجة الاستعمال حيث جرى دراسة المعلمات الأساسية لخرج الخلية الشمسية التي من خلالها يتم تحديد كفاءة الخلية الشمسية والمتمثلة بالخصائص الكهربائية في حالة الإضاءة والظلام قبل وبعد المعاملة الليزرية للعينات ولفترات زمنية مختلفة وصولا الى حالة الاستقرار. ففي حالة الظالم بينت الدراسة بان المعاملة الليزرية لا تسبب تأثيرا واضحا في كفاءة الخلية اذ تم ملاحظة عدم وجود تأثير يذكر في كثافة تيار الاشباع العكسي Jo وعامل المثالية n للخلية الشمسية السليكونية من خلال دراسة خصائص[J – V] في حالة الظلام ، أما في حالة الاضاءة فان خصائص[J – V] للخلية الشمسية تحسنت من خلال ملاحظة زيادة ملحوظة في قيم كل من فولتية الدائرة المفتوحة و كثافة تيار دائرة القصر Jscوالقدرة الخارجة $Pmax$ و كذلك عامل المليء F.Fمما يدل على ارتفاع كفاءة الخلية الشمسية المعابة نتيجة الاستعمال.

راي الباحث:

أن المعاملة بأشعة الليزر وبفترات زمنية مختلفة قد ادت الى تحسين اداء الخلية الشمسية المستعملة من خلال التحسن في خصائص (الفولتية – التيار) وبالتالي عامل المليء F.F اذ تتراوح قيمة عامل المليء بالنسبة للخلايا ذات الكفاءة المقبولة بين (7.0-85.0) وقيمته بالنسبة الى الخلايا المثالية هي دالة لفولتية الدائرة المفتوحة فقط. ومن خلال اجراء القياسات على المعلمات الأساسية لتقويم عمل الخلية عند حالة الاستقرار في المنحني. [6]

الا انه لوحظ عند الاستمرار في زيادة مدة المعاملة الليزرية الى (26) دقيقة او اكثر قد احدث انخفاض في منحني خصائص الخرج كما مبين في نتائج الاشكال البيانية والذي يدل على تردي خصائص الخلية الشمسية نتيجة لزيادة المدة الزمنية للمعالجة بأشعة الليزر وهذا يعني ان هناك فترة زمنية مثالية يمكن من خلالها زيادة كفاءة الخلايا الشمسية المعالجة بأشعة الليزر، وهذا يشير الى ان معالجة المواد بواسطة اشعة الليزر يعتمد على مقدار الطاقة التي توفرها حزمة اشعة الليزر ، اذا ما علمنا من خلال المصادر العلمية بان من خلال النتائج التجريبية اثبت بان فولتية الدائرة المفتوحة Voc تقل بحدود (4.0 %) لكل درجة مئوية وبالنتيجة فان عامل الملي F.F يتناقص ايضا مما يؤدي الى نقصان القدرة الخارجة والكفاءة المتحصلة من الخلية الشمسية، كذلك فان مقدار القدرة الخارجة للخلايا الشمسية المصنوعة من السليكون تحديدا تقل بمقدار (% 5.0-4.0) لكل درجة مئوية، وهو يختل عن باقي انواع اشباه الموصلات ذات الفجوات المحظورة الكبيرة .[8]

يجب ان يكون هناك مدة زمنية محددة لمعالجة الخلايا الشمسية بواسطة اشعة الليزر فاذا ما تم تجاوز هذه المدة الزمنية فان النتيجة تكون عكسية نتيجة لحدوث نقص في قيمة فولتية الدائرة المفتوحة Voc وعامل الملي F.F وبالتالي انخفاض القدرة الخارجة والكفاءة المتحصلة من الخلية الشمسية.

من الممكن استخدام جهاز مقياس الطي الضوئي spectrophotometer لمعرفة معامل النفوذية من الطيف ومنه يمكن تحديد معامل الامتصاص وحساب طاقة المجال المباشر Eg وغير المباشر Egi حسب علاقتي Pankovلدراسة هذه الطاقات للطبقة الماصة للأشعة وبيان تأثير استخدام اشعة الليزر على الخلية الشمسية.

3.3 ثالثا: الدراسات الاجنبية:

1- السكندر اكسيل فيتس، جادي جولان 2013 مجلة الطاقة الشمسية بحث بعنوان (زيادة كفاءة الخلايا الشمسية باستخدام اغشية جزيرة معدنية رقيقة)[23]

رأي الباحث: ادخل الباحث فيلم جزيرة الذهب بين الباعث والقاعدة لهيكل ثنائي اشباه الموصلات السيليكونِ، اظهرنا ان الجزر الذهبية تخلق مجموعة من ثنائيات شوكتي الاولية هذه الثنائيات في حالة انحياز امامي بسبب مجالها الكهربائي المدمج داخل هيكل الصمام الثنائي بقاعدة الباحث ويمكن لهذه الثنائيات ان تحقن الالكترونات الحرة التي تثيرها اشعة الشمس وبهذه الطريقة يزيد الحد الاقصى للتيار الذي تولده الخلية. حيث زادت الكفاءة بنسبة 17.75%.

2-تنميط فجوة النطاق لتحسين كفاءة الخلايا الشمسية غير المتبلورة من سبائك السيليكون

جوها يانغ – بأوليي كريتش – جلات فيلتر – ولشانشي 1989م

, J. Yang, A. Pawlikiewicz, T. Glatfelter, R. Ross, *and* S. R. Olshansky1989S. Guha

رأي الباحث:

تم تطوير خلية شمسية سليكونية غير متبلورة مع بنية جديدة تتغير فيها الفجوة الضوئية للطبقة الجوهرية في جزء كبير من الكتلة. تظهر دراسات المحاكاة المحوسبة ان تيار دائرة القصر المعين من الممكن استخدامه للحصول على جهد اعلى للدائرة المفتوحة وعامل تعبئته أكثر من تصميم الخلية التقليدي، وقد اظهر تصميم الخلية الجديد تحسنا كبيرا في كفاءتها.

3-خلايا شمسية صبغية ذات كفاءة تحويل 11.1٪

Yasuo Chiba1 و Ashraful Islam1 و Yuki Watanabe1 و Ryoichi Komiya1 و Naoki Koide1 و Liyuan Han1

تم النشر في 23 يونيو 2006 • حقوق النشر 2006 (c) الجمعية اليابانية للفيزياء التطبيقية

المجلة اليابانية للفيزياء التطبيقية، المجلد 45، العدد L7

الكاتب الانتماءات

1 مركز تطوير أنظمة الطاقة الشمسية، شركة Sharp Corporation، 1-282 Haji kami، Katsura Gi، Nara 639-2198 ، اليابان

رأي الباحث:

تم فحص الخلايا الشمسية الصبغية (DSCs) باستخدام أقطاب ثاني أكسيد التيتانيوم (TiO2) مع ضباب مختلف. لقد وجد أن الفوتون الساقط إلى الكفاءة الحالية (IPCE) للمراكز DSCs يزداد مع زيادة ضباب أقطاب $TiO2$ ، خاصة في منطقة الطول الموجي القريبة من الأشعة تحت الحمراء. تم تحقيق كفاءة تحويل بنسبة 11.1٪، تم قياسها بواسطة مركز اختبار عام، باستخدام أقطاب TiO2 عالية الضباب. يشير هذا إلى أن رفع ضباب أقطاب TiO2 هو أسلوب فعال لتحسين كفاءة التحويل.

4-التحكم الكمي في البلازما والتفاعلات السطحية لحفر الفيلم العازل

Yasuo Chiba1 و Ashraful Islam1 و Yuki Watanabe1 و Ryoichi Komiya1 و Naoki Koide1 و Liyuan Han1

تم النشر في 23 يونيو 2006 • حقوق النشر 2006 (c) الجمعية اليابانية للفيزياء التطبيقية

رأي الباحث:

تستعرض هذه الورقة التحكم في التفاعل في الحفر الجاف لأغشية العزل. يتطلب الأمر تدفقات أيونات عالية لمعالجة $SiO2$ عالية السرعة. ومع ذلك، نظرًا لأن توليد F الذري بسبب التفكك المفرط لغاز الفلور وكربون يؤدي إلى تقليل الانتقائية، يجب تقليل عدد تصادمات الإلكترون باستخدام فترات بقاء قصيرة. يختلف سمك البوليمر القائم على C – F والذي يتكون أثناء المعالجة بناءً على محتوى الأكسجين في المادة المراد حفرها. لتحقيق انتقائية عالية للحفر، يجب تعديل توازن تدفق الحادث كميًا لضمان أن يصبح البوليمر أرق أثناء الحفر وأكثر سمكًا عند تعرض المادة الأساسية. حتى في ظل ظروف الانتقائية العالية، تسبب أيونات الحادث ضررًا في اللحظة التي تتعرض فيها المادة الأساسية. لقمع هذا الضرر، يجب تقليل عمق اختراق الأيونات، والذي يعتمد على كل من توزيع الطاقة الأيونية وتكوين الأيونات. في الآونة الأخيرة، تمت دراسة نقش الطبقة الذرية مع ترسيب البوليمر C–F وإزالته باستخدام تشيع أيون Ar. لتحسين دقة عمليات الحفر الدورية هذه، من المهم فهم الحالات العابرة لكل من تفاعلات البلازما والسطحية والتحكم فيها كميًا.

الباب الرابع

(منهجية البحث)

تحسين عمل الخلايا الشمسية السيلكونية

4-1 تمهيد:

الطريقة التي اتبعها الباحث في هذا البحث هي الطريقة النظرية والطريقة التطبيقية (المنهج التطبيقي) باستخدام برنامج افتراضي، يتناسب مع مفردات البحث العلمي لحساب انتاجية الخلايا الشمسية في مدينة الخرطوم وتجربة لدراسة العلاقة بين درجة الحرارة والكفاءة وقدرة الخلايا والاشعاع الشمسي وتجربة افتراضية لرفع كفاءة الخلايا الشمسية السيلكونية من خلال تغيير زاوية ميلان الخلية وكذلك ينتمي هذا البحث الي فئة البحوث التي تستهدف استخدام النمذجة الرياضية لاستنتاج وحساب القيم.

4-2 اولا: حساب الاشعاع الشمسي

تطبيق حساب انتاج 1 كيلووات خلايا في مدينة الخرطوم:

بالنسبة لحساب انتاجية الخلايا الشمسية بناءً على الاشعاع الشمسي في السودان (مدينة الخرطوم) استخدم الباحث برنامج موقع شركة النصر سولار لحساب الاشعاع الشمسي (https://nasrsolar.com/#result) بناءً على الاحداثيات الموضحة في الصورة ادناه:

وفق الخطوات التالية:

1- اختار اي موقع على الخريطة لحساب انتاجية الخلايا.

2- الحساب على اساس نظام تثبيت ثابت.

3- التوجه نحو الجنوب في نصف الكرة الارضية الشمالي ونحو الشمال في نصف الكرة الارضية الجنوبي

4- للتبسيط تم اعتبار فواقد النظام 20% وهي نسبة قياسية متعارف عليها

الأحداثيات:

15.25564 خط العرض: من -90 الى 90

32.70782 خط الطول: من -180 الى 180

شكل (4.1) احداثيات بيانات مدينة الخرطوم

قام الباحث باختيار مدينة الخرطوم على الخريطة بناءً على احداثيات خطي العرض والطول كما مبين في الجدول (4.1)

بيانات الموقع وحجم النظام		
العنصر	القيمة	وحدة القياس
الاشعاع الشمسي السنوي	2860	كيلووات/م^2
خط العرض	15.12841	شمال
خط الطول	32.8836	شرق
قدرة الالواح الشمسية	1	كيلو وات

جدول (4.1) بيانات الموقع وحجم النظام

وتحصلنا على القراءات المبينة في الجداول ادناه خلال فصول الصيف والشتاء خلال اليوم والشهر والعام وفق أفضل الزوايا:

انتاج الالواح الشمسية بأفضل زاوية تركيب على مدار العام:14		
الشهر	انتاج يومي بالكيلووات	انتاج شهري بالكيلووات
يناير	4.61	143
فبراير	4.91	138
مارس	5.03	156
ابريل	5.15	154
مايو	4.97	154
يونيو	5.24	157
يوليو	4.83	150
اغسطس	4.49	135
سبتمبر	4.71	146
اكتوبر	4.58	142
نوفمبر	4.49	135
ديسمبر	4.49	139
اجمالي كيلووات في العام		1749

جدول (4.2) انتاج الالواح الشمسية بأفضل زاوية تركيب على مدار العام: 14°

انتاج الالواح الشمسية زاوية تركيب في الصيف:2		
الشهر	انتاج يومي بالكيلووات	انتاج شهري بالكيلووات
يناير	3.98	123
فبراير	4.46	125
مارس	4.84	150
ابريل	5.24	157
مايو	4.95	153
يونيو	5	150
يوليو	4.77	148
اغسطس	4.64	139
سبتمبر	4.64	144
اكتوبر	4.27	132
نوفمبر	3.95	119
ديسمبر	3.82	118
اجمالي كيلووات في العام		1658

جدول (4.3) انتاج الالواح الشمسية زاوية تركيب في الصيف: 2°

انتاج الالواح الشمسية زاوية تركيب في الشتاء:31		
الشهر	انتاج يومي بالكيلووات	انتاج شهري بالكيلووات
يناير	4.97	154
فبراير	5.08	142
مارس	4.94	153
ابريل	4.78	143
مايو	4.73	146
يونيو	4.91	147
يوليو	4.63	143
اغسطس	4.1	123
سبتمبر	4.52	140
اكتوبر	4.65	144
نوفمبر	4.78	143
ديسمبر	4.89	152
اجمالي كيلووات في العام		1730

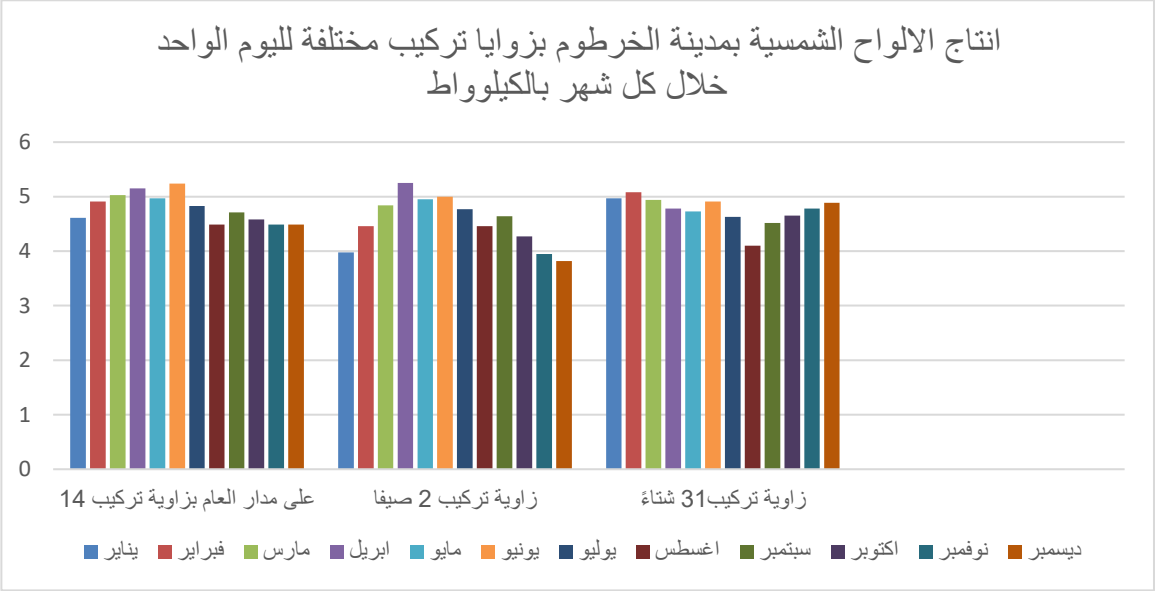
جدول (4.4) انتاج الالواح الشمسية زاوية تركيب في الشتاء: 31°

الحسابات على اساس ان توجه الالواح نحو الجنوب

هذا البرنامج تم اعداده باستخدام قاعدة بيانات وكالة ناسا الفضائية – انتاجية الالواح في الشهر والسنة لاي مكان في العالم – أفضل زوايا توجيه الالواح لفصول السنة.

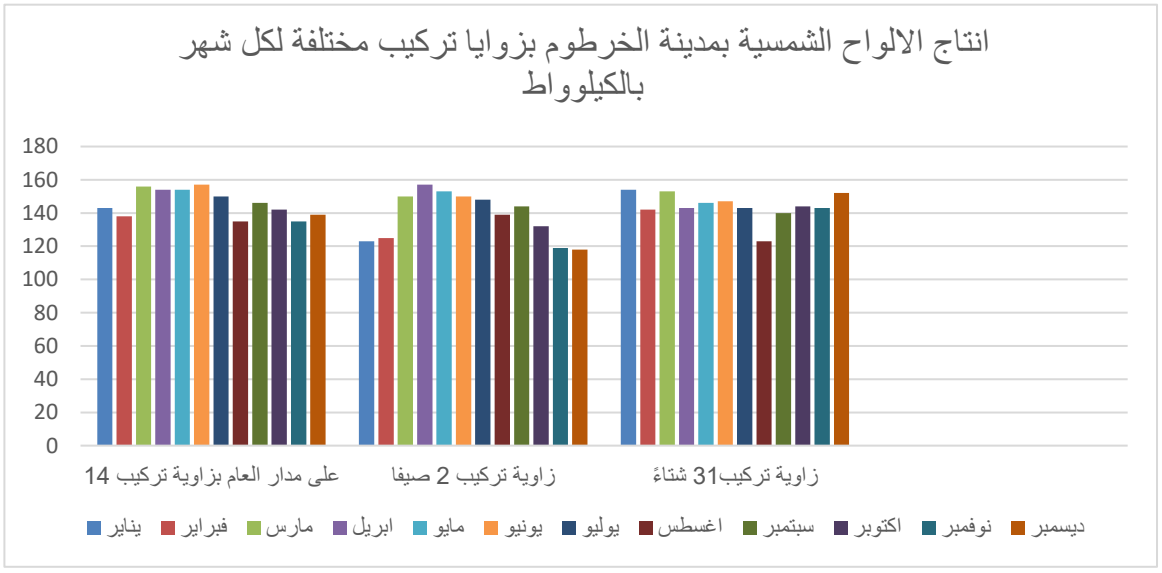
من خلال النتائج السابقة الموضحة في الجداول (4.1)، (4.2)، (4.3)، (4.4) وبعد تحديد أفضل زوايا وضع الخلايا في الصيف 2° وفي الشتاء 31° وطوال العام بشكل ثابت 14°.

نجد ان انتاج الخلية الشمسية الواحدة يتراوح ما بين (3.82kwatt5.24 –) في اليوم انظر شكل (4.2) ادناه



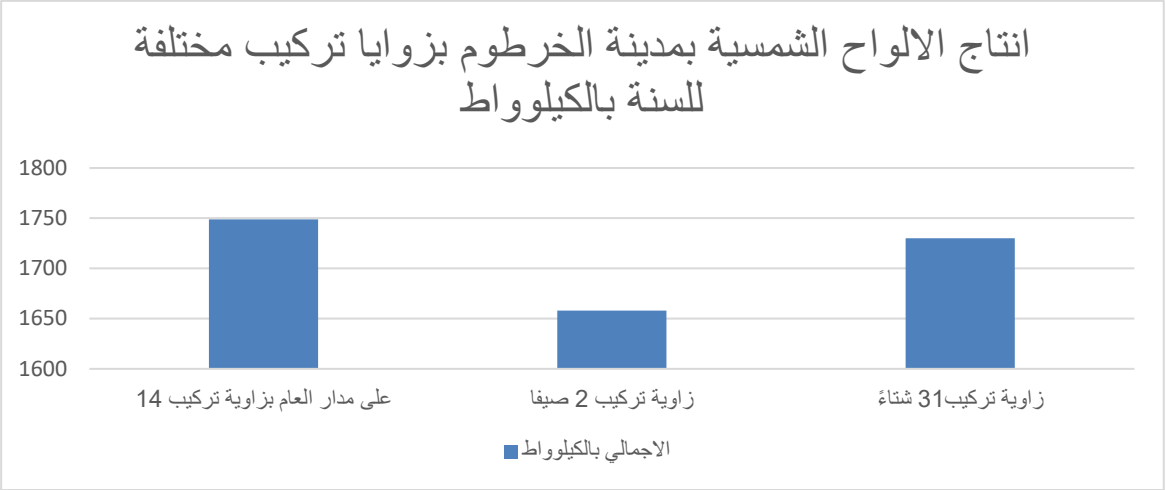
شكل (4.2)

وانتاج شهري يتراوح ما بين (118–157kwatt) في الشهر انظر الشكل (4.3) ادناه



شكل (4.3)

وانتاج يتراوح ما بين (1658 – 1749 watt) في السنة انظر الشكل (4.4) ادناه



الشكل (4.4)

وهو انتاج جيد للخلية مما يساعد على بناء منظومة خلايا تساعد وتدعم الانتاج الحراري والمائي للكهرباء خصوصا في المشاريع الزراعية وانارة الطرق في مدينة الخرطوم.

وجد الباحث انه يجب الاستفادة من الاشعاع الشمسي في مدينة الخرطوم من خلال الاهتمام بالبحوث التي تهتم بالخلايا الشمسية عامة والعمل على رفع كفاءتها بصورة خاصة ،باعتبار ان الخلايا الشمسية تعطي طاقة ولا تحتاج الى صيانة كثيرة وتناسب معظم المناطق والمدن وسرعة استجابة الخلايا الشمسية مع الاشعاع الشمسي اضف الى ذلك عمرها الافتراضي كبير جدا ،كما ان الخلايا الشمسية طاقتها ناضبة ولا تحتاج الى صيانة كبيرة وتلائم المناطق التي تُطبق عليها ،كما ان الخلايا الشمسية تقوم بتحويل الاشعاع الشمسي مباشرة الى تيار كهربائي مستخدمةً تأثير الفولتية دون الحاجة الى معالجة حرارية.

4.3 ثانياً تجربة لدراسة العلاقة بين درجة الحرارة والكفاءة وقدرة الخلايا والاشعاع الشمسي:

تمهيد

تم دراسة العلاقة بين درجة الحرارة وكفاءة وقدرة الخلايا الشمسية، ودراسة العلاقة بين الاشعاع الشمسي والتيار والجهد وتأثيره على قدرة وكفاءة الخلية الشمسية. تم اجراء التجربة في شهر أغسطس 2020 من الساعة 9am وحتى 3pm واخذت قراءات مختلفة للتيار والجهد.

الأجهزة والأدوات المستخدمة:

1- لوح شمسي:

جدول (4.5) يوضح مواصفات اللوح:

الوصف	المقدار
الفولتية V_m	17.5 V
التيار I_m	0.57 A
اقصى قدرة P_m	10W
فولتية الدائرة المفتوحة V_{oc}	22.05 V
تيار الدائرة القصيرة I_{sc}	0.64 A
المساحة A	0.06557m2

2- فولتميتر. 3- اميتر. 4- مقاومة متغيرة. 5- جهاز ثير وميتر.

طريقة العمل:

عرِض اللوح الشمسي الى الاشعاع متجه الى الجنوب بزاوية 2° ثم احسب جهد الدائرة المفتوحة V_{oc} عندما تكون R=∞Ω وكذلك احسب تيار الدائرة القصيرة I_{sc} عندما تكون R=0Ω ثم اخذت قراءات مختلفة لقيم I و V وذلك بالتغيير في قيم المقاومة المتغيرة من R=0Ω الى R=60Ω ورصدت النتائج ليومين من الساعة 9am وحتى 3pm

المعادلات الرياضية:

القدرة الكهربية = الجهد الكهربي X التيار الكهربي

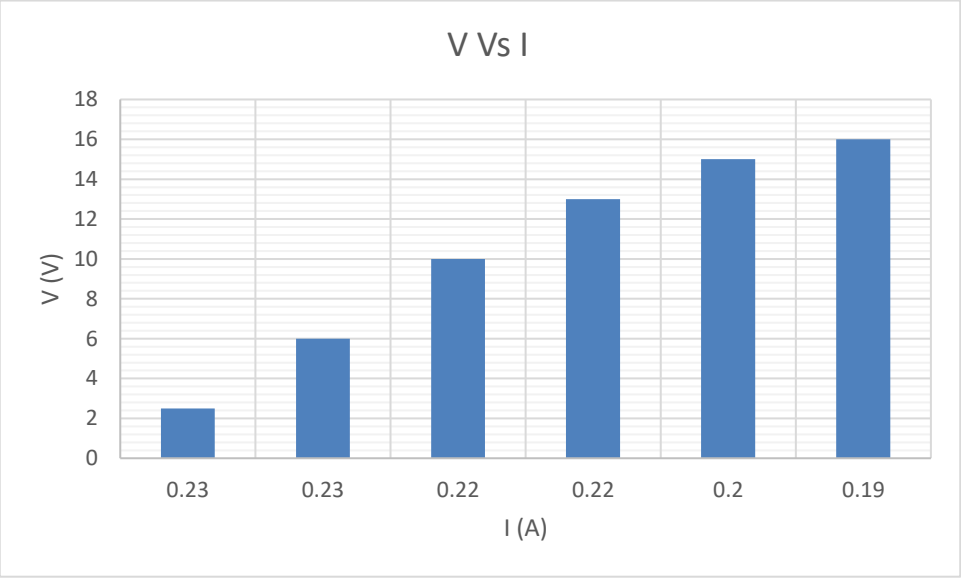
$$\eta = \frac{P_{max}}{P_{in}} = \frac{V_m I_m}{G A}$$

$$FF = \frac{V_m I_m}{V_{oc} I_{sc}}$$

النتائج:

جدول (4.6) يوضح نتائج التجربة الساعة am (9)

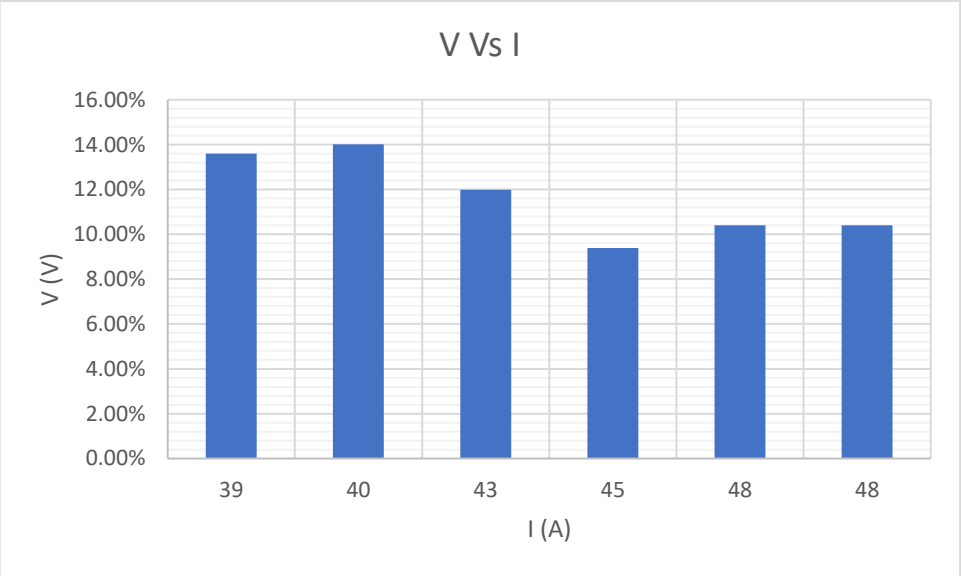
	am9Time : Temperature=39°c		
Angle = 2°	Open Circuit Voltage (V_{oc}=20V)		
	0Short Circuit Current (I_{sc}=0.3A)		
Resistance (R) Ω	V (v)	I (A)	P (w)
0	0.0	0.30	0.00
10	2.5	0.23	0.58
20	6.0	0.23	1.38
30	10.0	0.22	2.20
40	13.0	0.22	2.86
50	15.0	0.20	3.00
60	16.0	0.19	3.04
∞	20.0	0.00	0.00



شكل (4.5) يوضح العلاقة بين الجهد والتيار عند الساعة 9a

جدول (4.7) يوضح نتائج التجربة الساعة am (10)

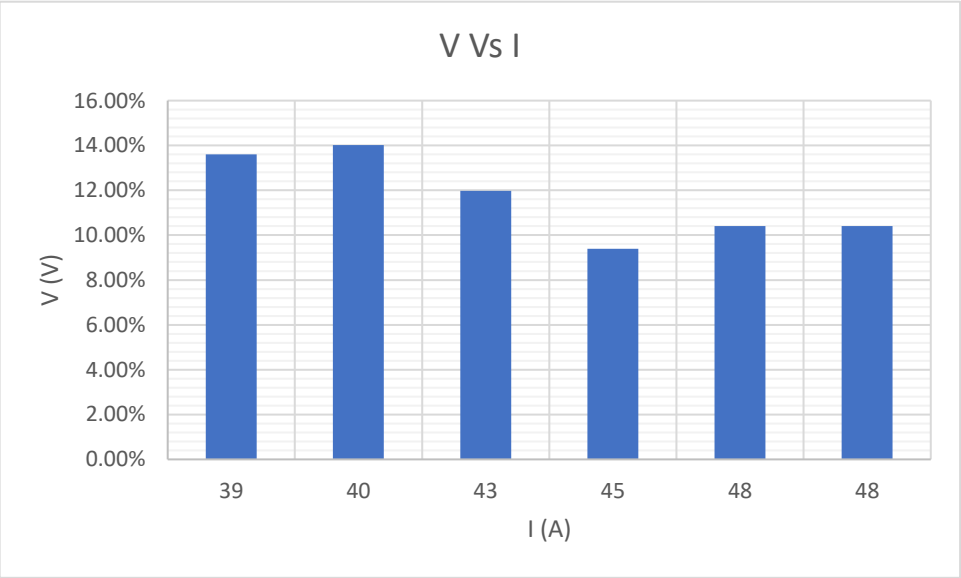
	Time :10 am Temperature= 40° c		
Angle = 2°	Open Circuit Voltage (V_{oc}=20V)		
	Short Circuit Current (I_{sc}=0.42 A)		
Resistance (R) Ω	V (v)	I (A)	P (w)
0	0	0.42	0.00
10	4	0.40	1.60
20	9	0.40	3.20
30	13	0.40	5.20
40	15	0.38	5.70
50	16	0.32	5.12
60	17	0.28	4.76
∞	20	0	0.00



شكل (4.6) يوضح العلاقة بين الجهد والتيار عند الساعة am 10.

جدول (4.8) يوضح نتائج التجربة الساعة am (11)

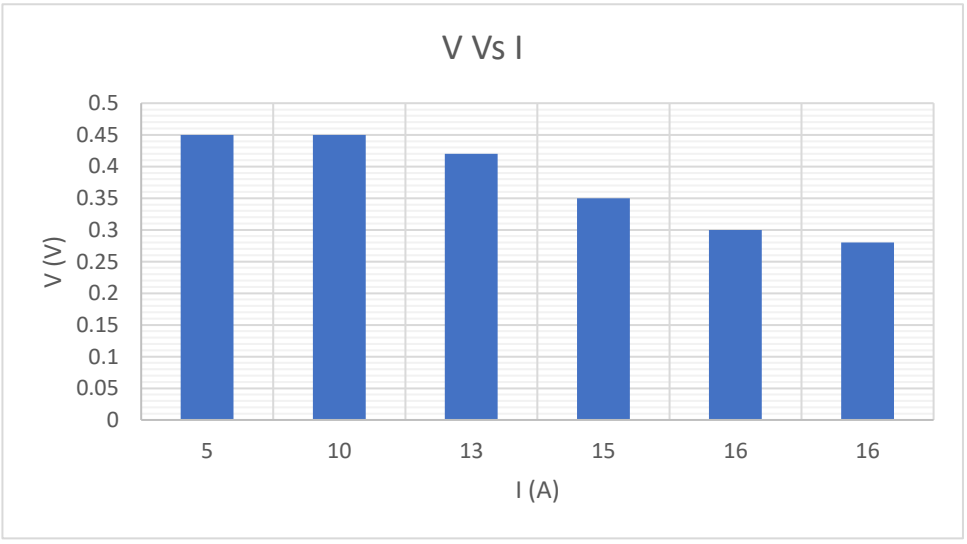
	Time :11 am Temperature= 43° c		
Angle = 2°	Open Circuit Voltage(V_{oc}=20V)		
	Short Circuit Current (I_{sc}=0.45 A)		
Resistance (R) Ω	V (v)	I (A)	P (w)
0	0	0.45	0.00
10	5	0.45	2.25
20	9	0.45	4.05
30	14	0.45	6.30
40	15	0.35	5.52
50	16	0.30	4.80
60	17	0.28	4.76
∞	20	0	0.00



شكل (4.7) يوضح العلاقة بين الجهد والتيار عند الساعة 11am.

جدول (4.9) يوضح نتائج التجربة الساعة (12) am

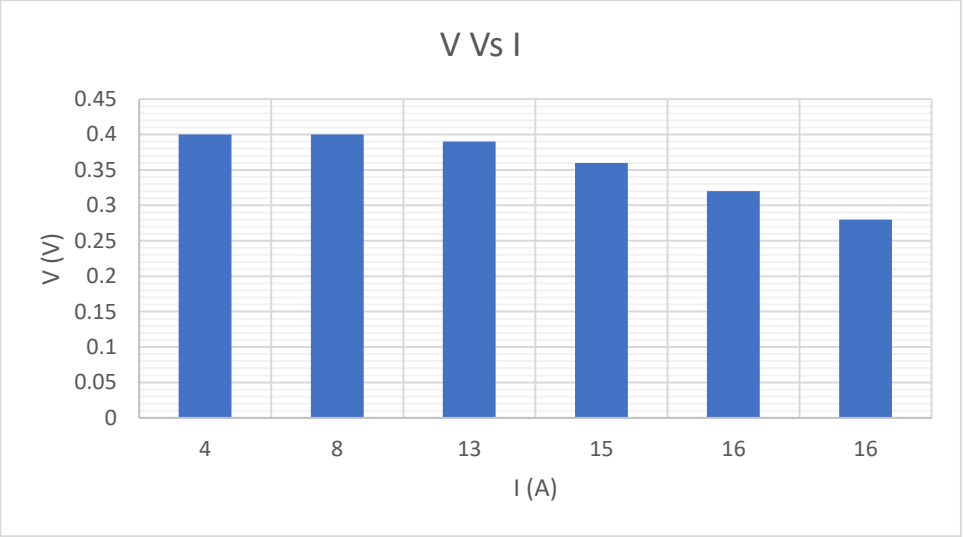
	Time :12 am Temperature= 45° c		
Angle = 2°	Open Circuit Voltage(V_{oc}=20V)		
	Short Circuit Current (I_{sc}=0.45 A)		
Resistance (R) Ω	V (v)	I (A)	P (w)
0	0	0.45	0.00
10	5	0.45	2.25
20	10	0.45	4.50
30	13	0.42	5.46
40	15	0.35	5.52
50	16	0.30	4.80
60	16	0.28	4.48
∞	20	0	0.00



شكل (4.8) يوضح العلاقة بين الجهد والتيار عند الساعة 12am.

جدول (4.10) يوضح نتائج التجربة الساعة pm (1)

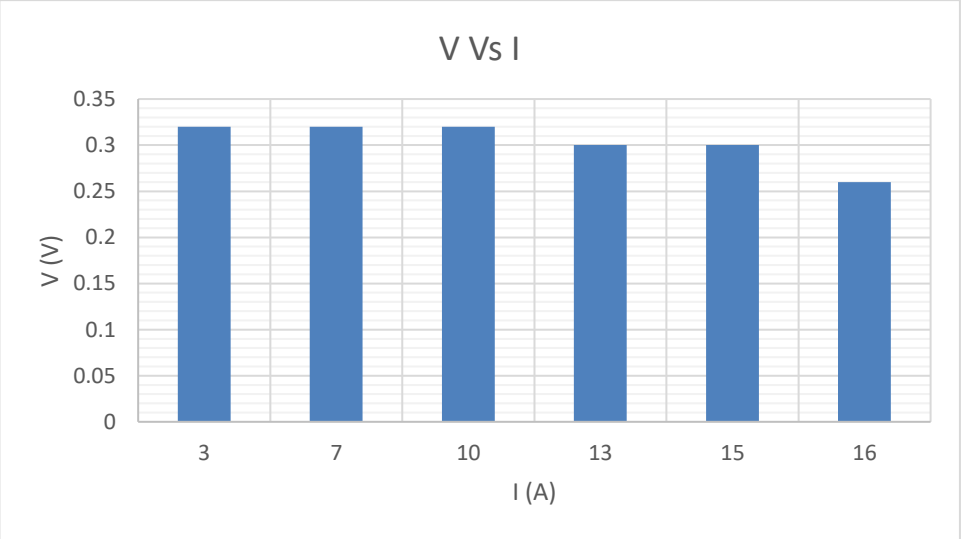
	Time :1 pm Temperature=48° c		
Angle = 2°	Open Circuit Voltage(V_{oc}=20V)		
	Short Circuit Current (I_{sc}=0.40 A)		
Resistance (R) Ω	V (v)	I (A)	P (w)
0	0	0.40	0.00
10	4	0.40	1.60
20	8	0.40	3.20
30	13	0.39	5.07
40	15	0.36	5.40
50	16	0.32	5.12
60	16	0.28	4.48
∞	20	0	0.00



شكل (4.9) يوضح العلاقة بين الجهد والتيار عند الساعة 1pm.

جدول (4.11) يوضح نتائج التجربة الساعة pm (2)

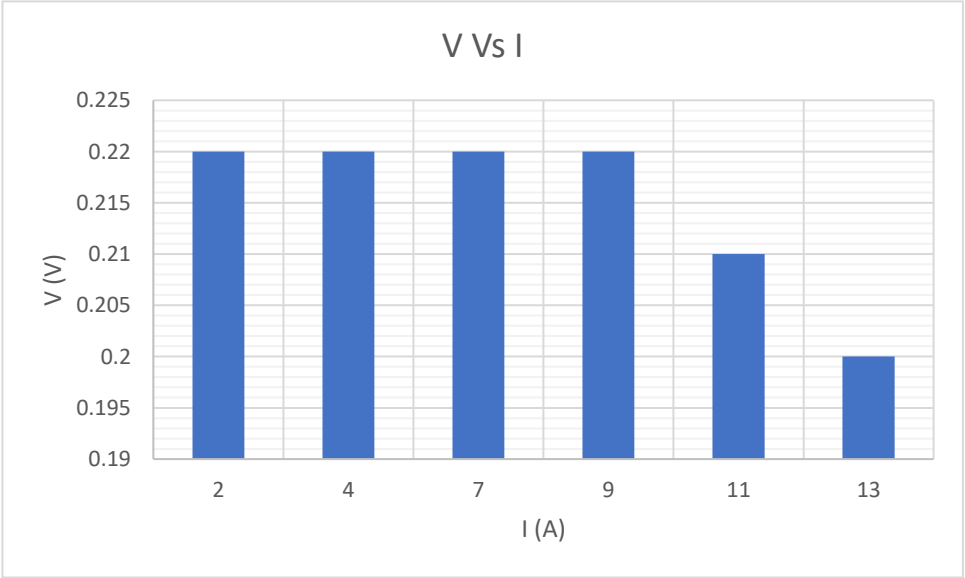
	Time :2 pm Temperature=49° c		
Angle = 2°	Open Circuit Voltage(V_{oc}=20V)		
	Short Circuit Current I_{sc}=0.32 A)		
Resistance (R) Ω	V (v)	I (A)	P (w)
0	0	0.32	0.00
10	3	0.32	0.96
20	7	0.32	2.24
30	10	0.32	3.20
40	13	0.30	3.90
50	15	0.30	4.50
60	16	0.26	4.16
∞	20	0	0.00



شكل (4.10) يوضح العلاقة بين الجهد والتيار عند الساعة 2pm.

جدول (4.12) يوضح نتائج التجربة الساعة pm (3)

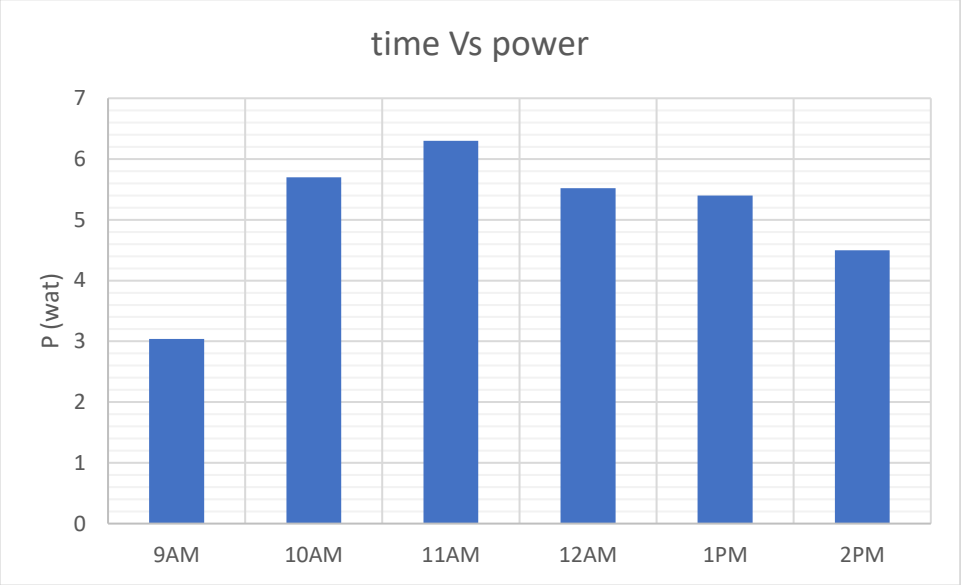
	Time :3 pm Temperature= 53° c		
Angle = 2°	Open Circuit Voltage(V_{oc}=20V)		
	Short Circuit Current (I_{sc}=0.22 A)		
Resistance (R) Ω	V (v)	I (A)	P (w)
0	0	0.22	0.00
10	2	0.22	0.44
20	4	0.22	0.88
30	7	0.22	1.54
40	9	0.22	1.98
50	11	0.21	2.31
60	13	0.20	2.60
∞	20	0	0.00



شكل (4.11) يوضح العلاقة بين الجهد والتيار عند الساعة 3pm.

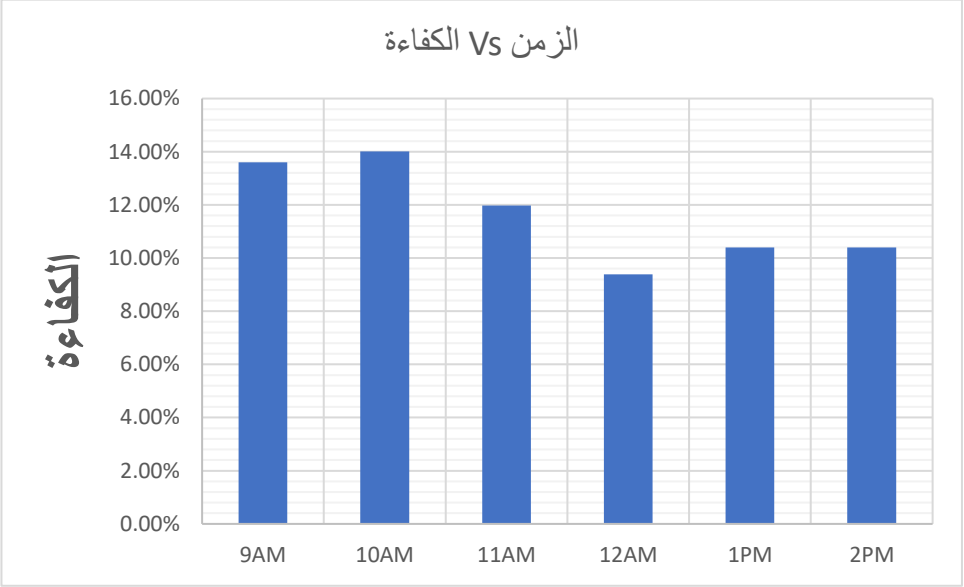
جدول (4.13) يوضح تأثير الثابت الشمسي ودرجة الحرارة على معامل الامتلاء وكفاءة الخلية الشمسية.

الزمن (t)	أقصى قدرة pm	معامل الامتلاء FF	الكفاءة η	الثابت الشمسي W/m^2 (G)	درجة الحرارة (c)
9AM	3.04	0.5067	13.6%	340.2	39
10AM	5.70	0.6786	14.01%	620.5	40
11AM	6.30	0.7000	11.98%	801.7	43
12AM	5.52	0.5833	9.39%	852.3	45
1PM	5.40	0.6750	10.40%	792.2	48
2PM	4.50	0.7031	10.40%	659.4	49
3PM	2.60	0.5909	9.17%	432.5	53



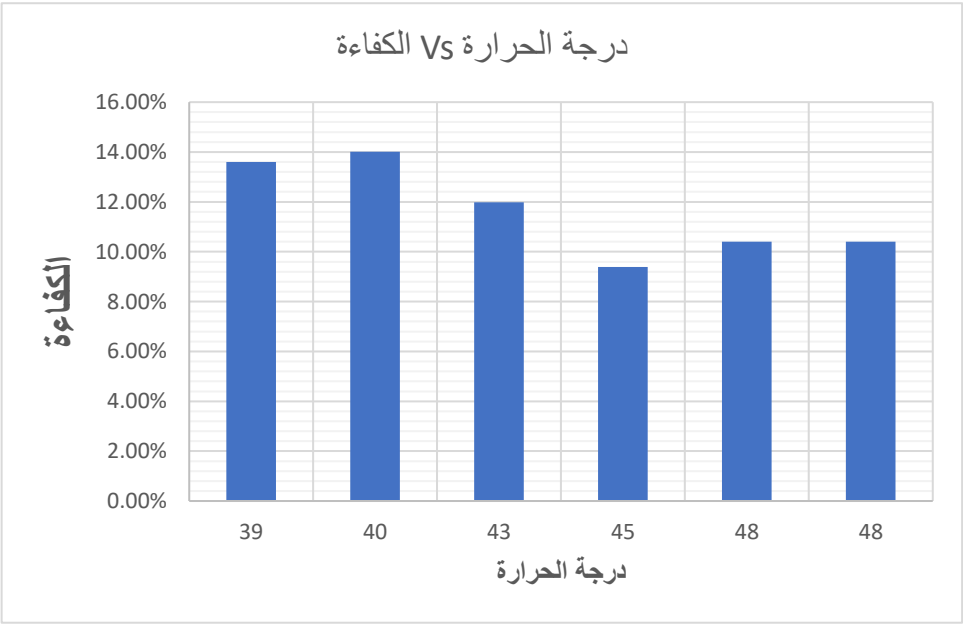
شكل (4.12) يوضح العلاقة بين الزمن والقدرة الكهربية.

يتضح من الشكل (4.12) أن القدرة تصل إلى أعلى قيمها في منتصف النهار



شكل (4.13) يوضح العلاقة بين الزمن والكفاءة.

يتضح من الشكل (4.13) أن الكفاءة عند الساعة 9 و10 صباحاً في أعلى قيمها وتقل ما بين الساعة 11 وحتى الساعة 2 ظهراً



شكل (4.14) يوضح العلاقة بين درجة الحرارة والكفاءة.

يتضح من الشكل (4.14) أن الكفاءة تقل بزيادة درجة الحرار .

4.4 ثالثا تجربة باستخدام برامج افتراضية:

بما ان الارض تدور حول محورها دورة كل 24 ساعة، فان وضع كل نقطة على سطح الارض بالنسبة للخط الواصل بين مركزي الشمس والارض يتغير بشكل مستمر على مدى 24 ساعة. فاذا اعتبرنا نقطة الصفر بالنسبة لاي نقطة هي اللحظة التي يقع فيها الخط الواصل من مركز الارض الى مركز الشمس في نفس مستوى خط الطول لهذه النقطة فان هذه اللحظة تحديدا هي لحظة منتصف اليوم او الظهر في هذا المكان. وحيث ان الارض تدور 360 درجة في مدة 24 ساعة فهذا يعني ان الارض تدور حول محورها 15 درجة كل ساعة. وهذا يعني ان مرور ساعة بعد وقت الظهر (الساعة الثانية عشرة ظهرا حسب التوقيت الشمسي) ان النقطة المقصودة قد انحرفت بزاوية 15 درجة عن وضع الظهيرة. وعلى هذا تعرف زاوية الساعة بالإنجليزية:(Hour angle) والتي يرمز لها بالرمز H من خلال العلاقة التالية:

$$H = \pm 1/4 * (\text{عدد الدقائق من الظهر الشمسي})$$

حيث تأخذ الاشارة الموجبة في فترة ما بعد الظهر والاشارة السالبة في فترة ما قبل الظهر.

التجربة تتناول رفع الخلية الشمسية باستخدام تغيير زاوية التركيب لمضخة تعمل على الطاقة الشمسية، تتلخص الفكرة في تعديل وضع الخلية بزيادة زاوية تركيب المنطقة بإضافة معدل دوران الارض حول محورها، بالإضافة لاستخدام برامج افتراضية لتحديد زاوية التركيب(Solar CT)(Sun Locator Lite) ، الاحداثيات، زاوية السمت، زاوية الارتفاع ومعدل الظل.

زاوية الارتفاع: تمثل الارتفاع الزاوي الذي يقاس من افق الراصد الى موقع الشمس في السماء.

زاوية السمت: زاوية ميلان الاشعاع الشمسي من جهة الشمال الجغرافي.

زاوية السقوط: الزاوية المحصورة بين شعاع الشمس والعمودي على السطح إذا كان السطح افقيا تسمى زاوية السمت اما إذا كان السطح مائلا عن المستوى الافقي فان زاوية السقوط Incidence angle ويرمز لها I تحسب بدلالة الزوايا الشمسية الاخرى من العلاقة التالية:

$$cos_i = sin_L sin_\delta cos_S - cos_L sin_\delta cos_\varphi + cos_L cos_\delta cos_s cos_h + sin_L cos_\delta cos_h sin_s cos_\varphi + cos_\delta sin_h sin_s sin_\delta$$

حيث:

L زاوية العرض

δ زاوية الانحراف

h زاوية الساعة

I زاوية السقوط

اسم التجربة:

كفاءة الخلايا الشمسية

الهدف من التجربة:

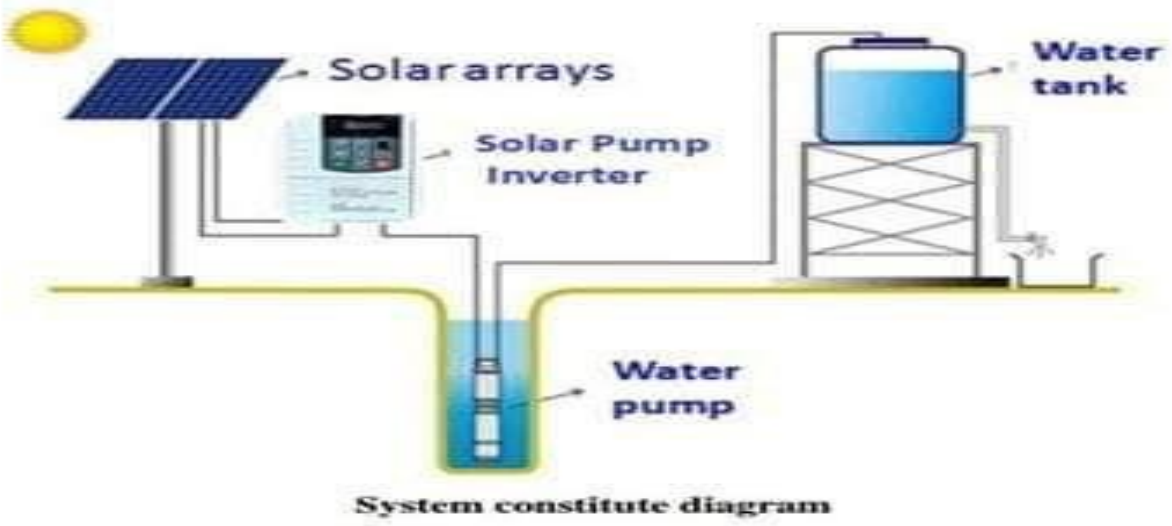
رفع كفاءة الخلايا الشمسية

الادوات المستخدمة:

لوح شمسي – مضخة – اسلاك توصيل – مخبار مدرج – انفرتر – محكم توصيل – ملتميتر – برنامج حساب اشعاع شمسي

الخطوات:

أولا: نوصل الادوات المذكورة اعلاه كما في الشكل (4.11) ادناه



شكل (4.15)

ثانيا: استخدام الموقع عند خط العرض 15.9505 وخط الطول 31.6308 (مدينة الخرطوم).

ثالثا: نركب الخلية بزاوية 5.8° الساعة 4AM11.

رابعا: نعد تركيب الخلية بزاوية مقدارها 27.8° الساعة PM12:44

خامسا: نعد تركيب الخلية بزاوية 29.6° الساعة PM 5:03

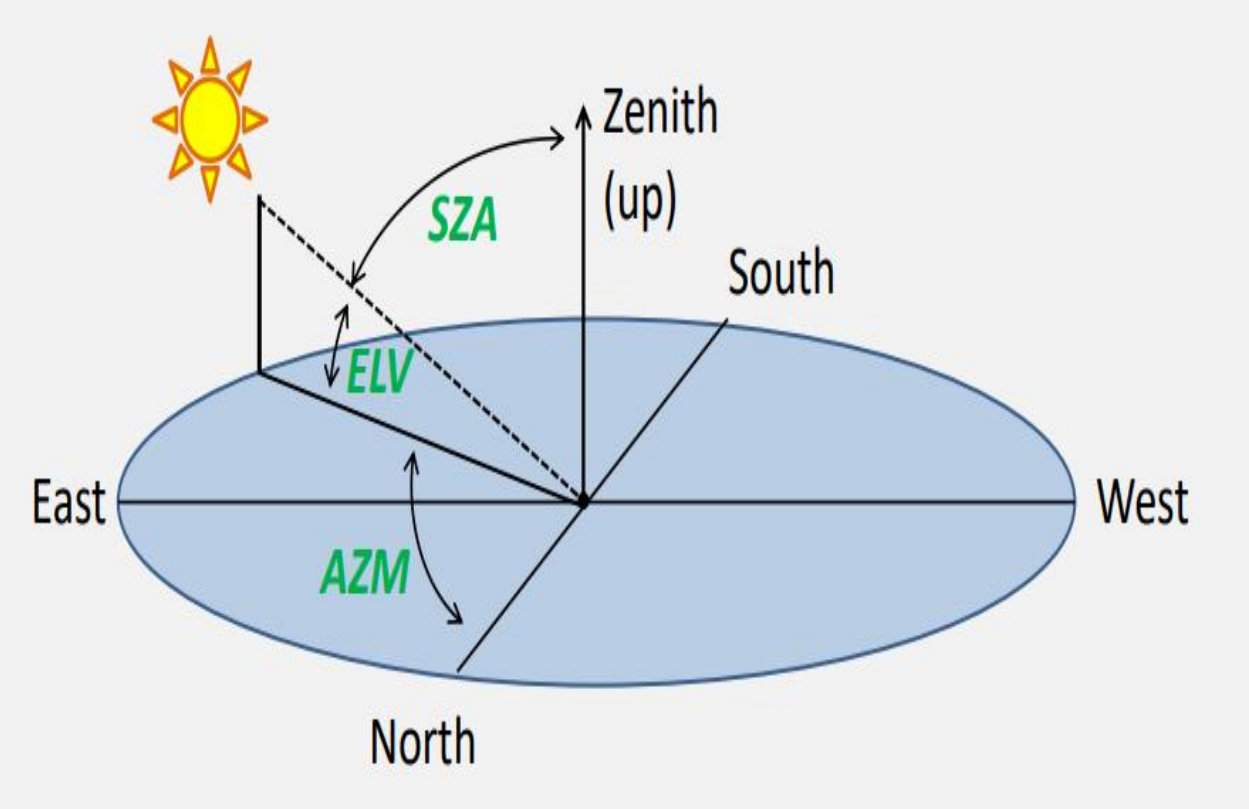
سادسا: نعد تركيب الخلية بزاوية 34.1° الساعة 16:24PM

سابعا: نحدد المواقع الشمسية

زاوية السمت (AZM): الزاوية تقاس في اتجاه عقارب الساعة من الشمال

زاوية الارتفاع (ELV): تُقاس الزاوية لأعلى من الأفق

زاوية ذروة الطاقة الشمسية (SZA): الزاوية تقاس لأسفل من الرأسي



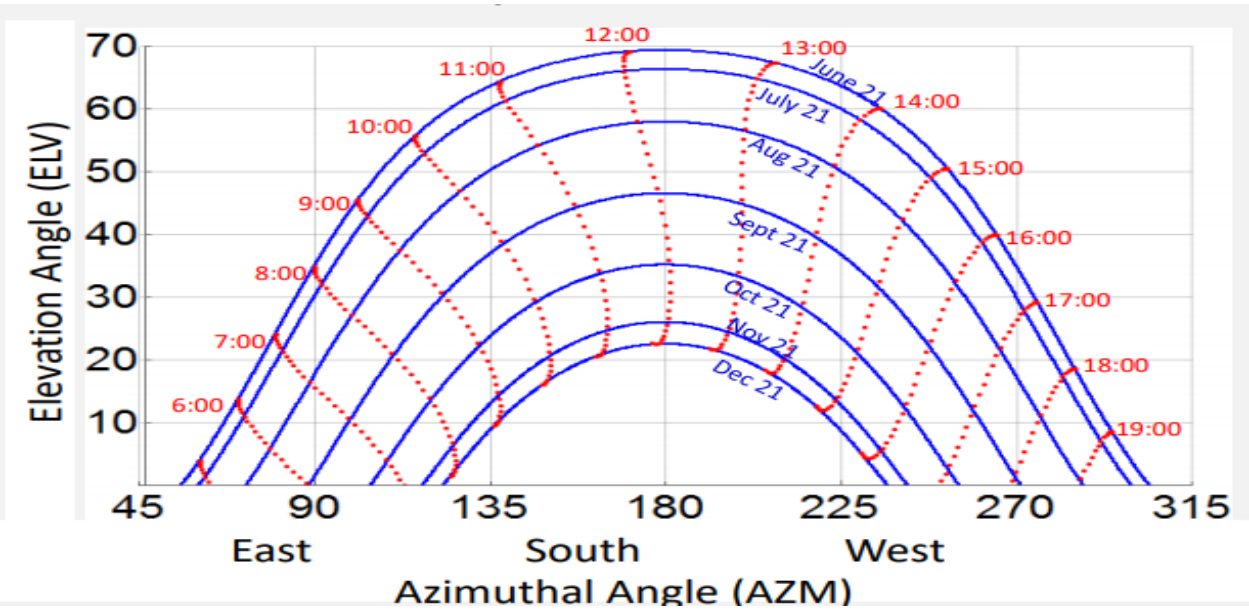
شكل (4.16) مخطط مسار الشمس

تظهر المنحنيات الزرقاء موقع الشمس في أيام محددة.

تظهر المنحنيات الحمراء موقع الشمس في ساعات محددة.

المحور الرأسي هو ارتفاع الشمس فوق الأفق.

المحور الأفقي هو الموقع الشرقي / الغربي للشمس.



شكل (4.17) يوضح زاوية السمت (AZM)، زاوية الارتفاع (ELV)

الجداول والنتائج: القراءات في 02 اغسطس 2021م ما بين الساعة 11:00AM – 5:00PM

قام الباحث باختيار مدينة الخرطوم على الخريطة بناءً على احداثيات خطي العرض والطول كما مبين في الجدول (4.14)

التاريخ	الزمن	زاوية السمت	زاوية الارتفاع	معدل الظل	زاوية اللوح	الزاوية باتجاهN	الزاوية باتجاهS	حجم الماء(لتر)
02اغسطس 2021	09.4AM	**80.8°**	**49.0°**	0.87:1	**5.8°**	**346°**	**165°**	1.6
02اغسطس 2021	10:44AM	**87.7°**	**71.2°**	0.34:1	**27.8°**	**351°**	**170°**	1.55
02اغسطس 2021	13:03PM	**279.9°**	**73.7°**	0.29:1	**29.6°**	**357°**	**175°**	1.61
02اغسطس 2021	14:24PM	**278.8°**	**54.5°**	071:1	**34.1°**	**356°**	**175°**	1.52
03اغسطس 2021	10:38AM	**81.5°**	**71.3°**	0.34:1	**75.9°**	**358°**	**176°**	1.56
03اغسطس 2021	11:41AM	**60.1°**	**86.1°**	0.07:1	**41.0°**	**357°**	**175°**	1.44
03اغسطس 2021	12:43PM	**280.9°**	**78.7°**	0.21:1	**74.6°**	**359°**	**178°**	1.47
03اغسطس 2021	01:42PM	**277.9°**	**64.4°**	0.48:1	**47.6°**	**358°**	**177°**	1.54
04اغسطس 2021	10:26AM	**82.5°**	**68.6°**	0.39:1	**29.2°**	**356°**	**175°**	1.48
04اغسطس 2021	11:31AM	**73.7°**	**83.9°**	011:1	**60.3°**	**358°**	**176°**	1.49
04اغسطس 2021	12:50PM	**278.8°**	**76.7°**	024:1	**26.3°**	**357°**	**175°**	1.56
04اغسطس 2021	01:42PM	**277.3°**	**64.3°**	048:1	**25.7°**	**357°**	**175°**	1.60
05اغسطس 2021	09:45AM	**82.9°**	**58.8°**	061:1	**21.1°**	**358°**	**177°**	1.50
05اغسطس 2021	11:12AM	**81.8°**	**79.5°**	0.19:1	**15.8°**	**357°**	**176°**	1.61
05اغسطس 2021	02:04PM	**277.0°**	**59.0°**	0.60:1	**45.2°**	**358°**	**177°**	1.56
05اغسطس 2021	03:36PM	**279.6°**	**37°**	0.33:1	**23.5°**	**355°**	**173°**	1.63

دول (4.15) بيانات المضخة:

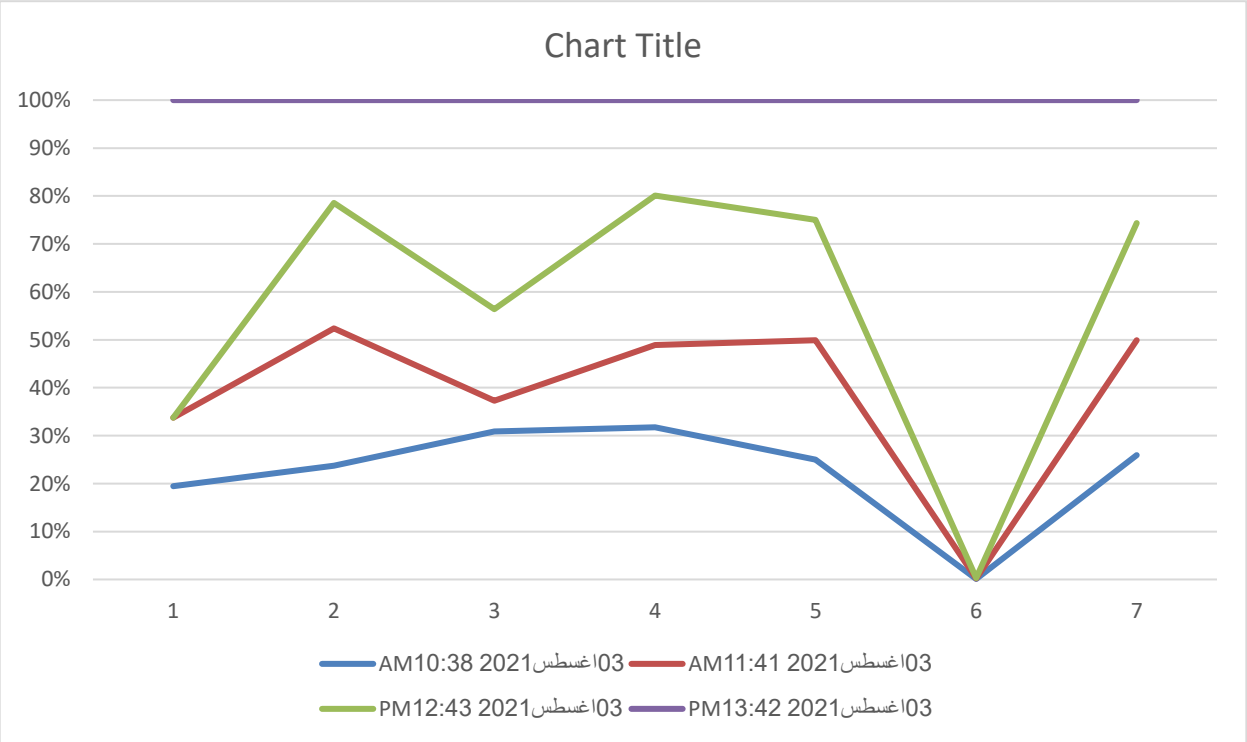
كفاءة المضخة	كفاءة المحرك	ضغط الراس	سرعة تفريغ المياه
80%	80%	0.14Bar or kg/cm2	1.448m/s
80%	80%	13.92kpa	86.893m/min

بعد إجراء التجربة لوحظ زيادة حجم الماء الناتج من المضخة وذلك يعني وجود تحسن في أداء الخلية الشمسية وكفاءتها في حالة تغيير زاوية التركيب وعزى هذا التحسن إلى ان الخلية تأخذ الوضع العمودي او قريب منه في كل الحالات المظللة باللون الاصفر.

4.8 ثالثا: تحسين عمل الخلايا الشمسية

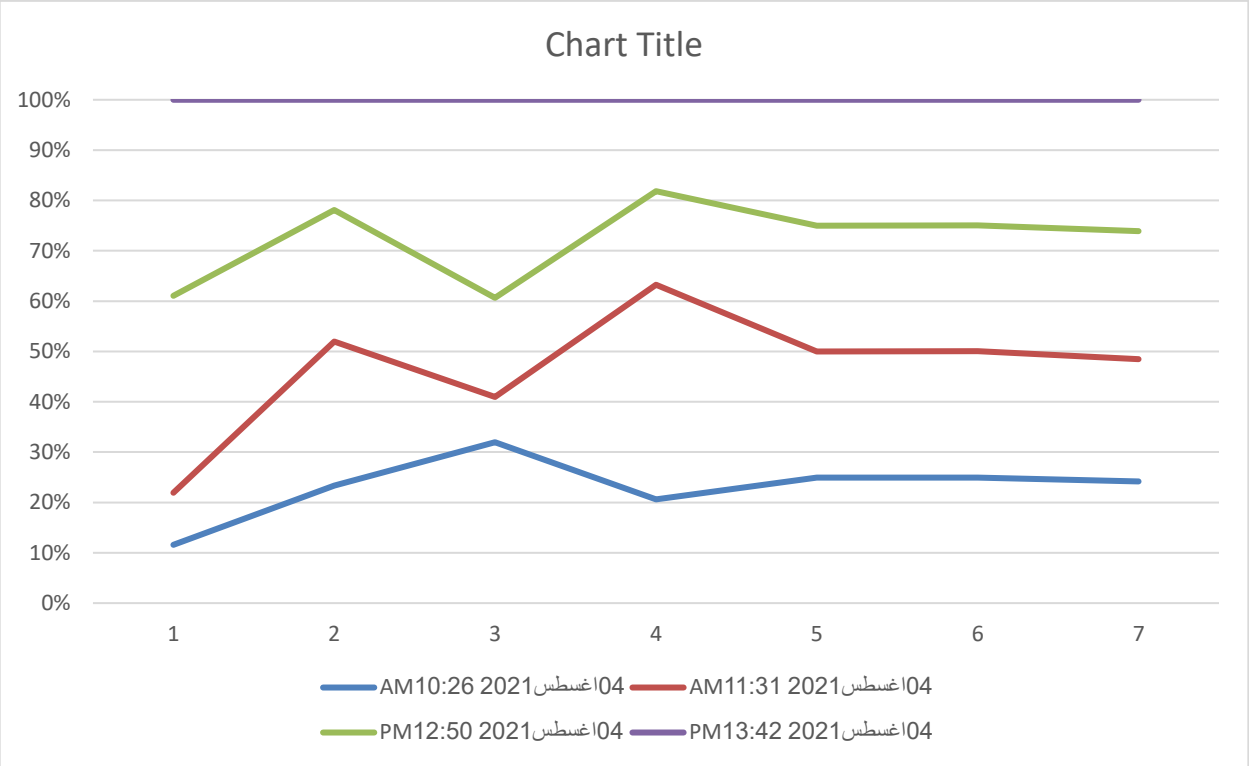
من خلال النتائج السابقة الموضحة في الجدول (4.14) وبعد تحديد أفضل زوايا وضع الخلايا بعد اجراء التجربة لقياس كفاءة الخلية توصل الباحث الى الاتي:

لوحظ زيادة حجم الماء الناتج من المضخة وذلك يعني وجود تحسن في أداء الخلية الشمسية وكفاءتها في حالة تغيير زاوية التركيب وعزى هذا التحسن إلى ان الخلية تأخذ الوضع العمودي او قريب منه في كل الحالات.

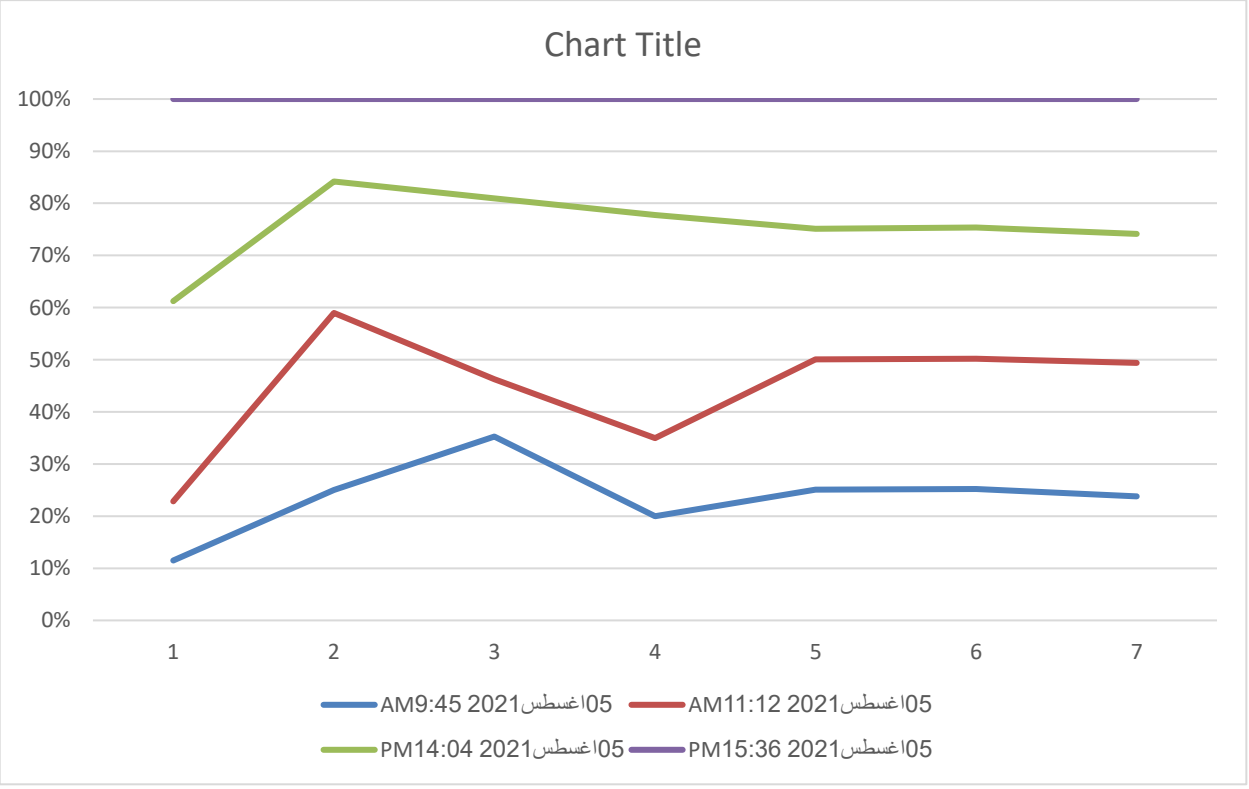


شكل (4.18)

شكل (4.19)



شكل (4.20)



شكل (4.21)

ومن الجدول (4.14)، توصل الباحث الى ان تغيير زاوية اللوح يؤدي الى تغيير حجم الماء مما يؤكد على رفع كفاءة الخلية الشمسية.

الباب الخامس

الخلاصة والتوصيات

5.1 الخلاصة:

في هذه الدراسة اعتمدت منهجية البحث على ثلاث أهداف رئيسية:

أولاً: حساب الاشعاع الشمسي بمدينة الخرطوم، ووجد أن قيمة الإشعاع الشمسي في حدود 2860 كيلوواط في السنة لكل متر مربع وتم تحديد قيمة الاشعاع الشمسي صيفاً بزاوية تركيب 14° على مدار العام وبلغ اجمالي الاشعاع الشمسي 1749 كيلوواط لكل متر مربع وبزاوية تركيب 2° وجد إجمالي الاشعاع الشمسي 1658 كيلوواط لكل متر مربع وعند الحساب شتاءاً بزاوية تركيب 31° وجد الاشعاع 1730 كيلو واط لكل متر مربع ويتضح زيادة الاشعاع في الشتاء وهذا ما دفع الباحث لدراسة علاقة الكفاءة ودرجة الحرارة في المرحلة الثانية.

ثانياً: تم دراسة العلاقة بين درجة الحرارة والكفاءة وقدرة الخلايا الشمسية من حيث العلاقة بين الاشعاع والتيار والجهد في شهر أغسطس 2020 ووجد الآتي:

- عند دراسة العلاقة بين الزمن والقدرة وجد أن القدرة تزداد 5,7 واط ابتداءً من الساعة التاسعة صباحاً وتصل إلى أعلى قيمة لها 6,3 واط عند الساعة الحادية عشر ثم تبدأ في الانخفاض التدريجي.
- عند دراسة العلاقة بين الكفاءة والزمن وجد أن أعلى كفاءة لها في حدود 14% ما بين التاسعة والعاشرة صباحاً ثم تبدأ في الانخفاض تدريجياً.
- نجد عند الساعة التاسعة صباحاً كان الاشعاع 340 ودرجة الحرارة $39^{\circ}C$ والكفاءة 13,6% وعند زيادة الاشعاع عند العاشرة صباحاً عند درجة حرارة $40^{\circ}C$ والاشعاع 620,5 ازدادت الكفاءة وأصبحت 14% وعند الساعة الحادية عشر صباحاً وعند درجة حرارة $43^{\circ}C$ وأعلى اشعاع 801 نجد أن الكفاءة قلت واصبحت 11,98% وذلك بسبب ازدياد درجة الحرارة وعليه نجد أن عند زيادة درجة الحرارة عن $40^{\circ}C$ تقل الكفاءة واتضح ذلك عند القراءات المواضحة في الجدول (4.13)

ثالثاً: تم دراسة تأثير زاوية ميلان الألواح الشمسية عن طريق تصميم محطة ري تعمل على الطاقة الشمسية ووجد أن أفضل زاوية ميلان لمحطة في ولاية الخرطوم عند خط عرض 15,12841شمال وخط طول 32,8836 شرق ووجد أن أفضل زاوية للوح الشمس 29,6 مقارنة من عدة زوايا سابقة كما موضح في الجدول (4.17)وقد لوحظ زيادة حجم الماء الناتج من المضخة وذلك يعني وجود زيادة في كفاءة عمل الخلية الشمسية في حالة تغير زوايا التركيب وتعزى هذه الزيادة إلى أن الخلايا الشمسية تأخذ الوضع العمودي أو الأقرب من العمودي.

5.2 التوصيات:

في ضوء نتائج هذه الدراسة يوصي الباحث بما يلي:

تعتبر الخلايا الشمسية من اكثر التقنيات الواعدة في مجال الطاقة المتجددة لذا يجب الاهتمام ببحوث تسهم في تطوير الخلايا الشمسية وكيفية عملها ويجب ان تتناول البحوث احدث انواع الخلايا الشمسية والتي يمكن ان تكون البديل للطاقة.

ونكرر نوصي باستخدام الخلايا الشمسية نسبة لإنتاجها طاقة نظيفة غير ضارة بالبيئة وهذا هو الاهم للإنسان في بيئته.

وكذلك نوصي باستخدام هذا الكم الهائل من الاشعاع الشمسي في مدن السودان المختلفة من خلال بحوث تعدل في معالجة كفاءة الخلايا الشمسية.

إن التَّكلفة الاقتصادية لتشغيل الأجهزة الكهربائية بالطاقة الشمسية تبدو في بدايتها أعلى من غيرها ولكن بالنَّظر إلى عدم نضوب الطاقة الشمسية وديمومتها وتوفرها في معظم مناطق العالم بشكل مستمر يجعل استغلال الطاقة الشمسية والاعتماد عليها في تشغيل الأجهزة الكهربائية ذا ميزة أكثر من غيرها بالإضافة إلى أن التكلفة العالية لوحدات الطاقة الشمسية وأجزاءها يكون فقط في مرحلة الإنشاء والتركيب ولكن بعد ذلك يصبح استخدام الطاقة الشمسية مُجدِي وقليل التكلفة أكثر من غيرهِ، وكذلك فإن عوامل الخطورة

التي تُسبّبُها المصادر التقليدية تُحسَب أيضا من التكلفة الاقتصادية الزائدة لهذا النوع من مصادر الطاقة.

الاهتمام بالجانب الزراعي وذلك بعمل نظام المضخات الشمسية.

توجيه شركات الكهرباء بالاتجاه الى الطاقة الشمسية.

العمل على تطوير وتحسين اداء الخلية الشمسية باستخدام التغيير في زوايا التركيب لزيادة كفاءة تحويل الطاقة.

التعديل للمناطق الواقعة على خطوط عرض أكبر من 23.5 درجة

إذا كنت موجودًا بمنطقة مدارية، فستبدو الشمس وكأنها تتبع مسارًا رأسيًا بشكل مباشر. أما في المناطق التي تقع شمال المناطق المدارية أو جنوبها (مثل، عند دوائر العرض الأكبر من 23.5 درجة)، فلا تصل الشمس أبدًا إلى وضع رأسي بشكل مباشر. وإنما تتبع مسارًا عبر الجزء الشمالي أو الجنوبي للسماء.

اجراء دراسات عملية للخلية الشمسية في مناطق اقل درجة حرارة في مناطق قريبة من النهر او البحر.

اجراء دراسات عن تأثير زاوية ميلان الاشعاع الشمسي على الكفاءة من خلال تتبع الشمس من الشروق الى الغروب.

5.3 المقترحات:

1-التسهيلات من قبل المسؤولين للباحثين المتخصصين في المجال وتشجيع الدارسين على البحث في الطاقة النظيفة.[3]

2-الاهتمام بدراسة كفاءة الخلايا الشمسية.

3-تطوير مقترح تغيير زاوية التركيب للخلايا وذلك باستخدام برنامج الاردينيو او الحساسات لتدوير الخلايا بزوايا معينة خلال فترات زمنية معينة.

4-ضرورة إعداد فهرس بالتطبيقات العملية الواعدة في مجال الطاقة الشمسية والطاقة المتجددة عموما ونشرها بين دول الإقليم لتبادل الخبرات.

5-إتاحة فرص التدريب الداخلي والخارجي للدارسين والباحثين في مجال الطاقة الشمسية.

6-طرح دراسات الباحثين في مجال الطاقة الشمسية للدارسين في نفس المجال وذلك لتحقيق التراكم المعرفي وتقديم ما هو جديد وذا قيمة.

7-دعم الدارسين في مجال الطاقة المُتجدِّدة وذلك بتوفير فرص دراسة في جامعات متخصصة في هذا المجال.

8-الاهتمام بتوفير مصادر المعلومات عن الطاقة الشمسية والطاقة المتجددة عموما في عدد من المكتبات بالجامعات والمعاهد والمتخصصة والعمل على توفير كل جديد في هذا المجال.

9-الإعفاء الجمركي الشامل للأجهزة المُستوردة والتي تُعتَبر الأجزاء الأساسية لتشغيل وحدات الطاقة الشمسية مثل الألواح الشمسية والمنظمات والبطاريات.

10-دعم الإنتاج الصناعي لوحدات الطاقة الشمسية.

11-تشجيع القطاع الخاص للاستثمار في مجال الطاقة الشمسية باستيراد الأجهزة والمعدات التي تُشغِّل وحدات الطاقة الشمسية.

12-تسهيل إجراءات منح رخص الاستيراد ورخص التَّصنيع المحلي.

13-وضع ترتيبات لتحفيز المستخدمين لأجهزة الطاقة الشمسية كالإعفاء من العوائد للمصانع التي تعمل بالطاقة الشمسية.

14-تسهيل امتيازات القروض الميسرة من البنوك والمؤسسات المالية لدعم تفعيل استخدام الطاقة الشمسية بصورة عامة واستخدامها في الصناعة في مختلف مؤسساتها.

وبصورة عامة نوصي بوضع سياسة عامة تسهل الاستفادة من الطاقة الشمسية واعتبارها موردا متاحا وخاما وتشجيع تطويعه لخدمة البشرية ولما كانت الكهرباء هي من أهم المرافق التي تسهم في خدمة الإنسان نوصي بالنظر بعين الاعتبار والاهتمام في مجال استغلال الطاقة الشمسية الاستغلال الأمثل.

15-دراسة تأثير الحرارة والرطوبة على عمر الخلية الشمسية.

16- اجراء دراسات عملية للخلية الشمسية في مناطق اقل درجة حرارة في مناطق قريبة من النهر او البحر.

17- اجراء دراسات عن تأثير زاوية ميلان الاشعاع الشمسي على الكفاءة من خلال تتبع الشمس من الشروق الى الغروب.

المراجع والمصادر

أولا: القران الكريم.

ثانيا: الكتب العربية:

1- موسوعة الطاقة المستدامة (القدرة الشمسية)، احمد شفيق الخطيب-يوسف سليمان خير الله، مكتبة لبنان ناشرون- برقم 99531483 العام 2002م.

2- الطاقة الشمسية وإمكانية استغلالها - إعداد: البروفسور/أحمد خوجلي -رقم الإيداع 75 صدرت/2007م.

3- الطاقة الكهرو شمسية -مصر-وزارة الطاقة المتجددة - د. مهندس كاميليا يوسف محمد اكتوبر 2016م.

4- فيزياء الطاقة الشمسية سي جوليان تشن، ترجمة مصطفى محمد فؤاد مراجعة محمد فتحي خضر، الناشر مؤسسة هنداوي برقم 1058597 بتاريخ 26-01-2017م،

5- يوسف خليل مظهر، ترشيد الطاقة، ضمن سلسلة العلوم التي تصدرها الهيئة المصرية العامة للكتاب 1996م.

6- ابحاث الطاقة المتجددة، مجموعة ابحاث مختارة - رينة فراسوا بيزك ترجمة ميشيل خوري - دمشق 1993م.

7- سعد يوسف عياش تكنولوجيا الطاقة البديلة، المجلس الوطني للثقافة والفنون والادب-الكويت -1981م.

8- حمزة. (2001) الكورس التدريبي في مجال تكنولوجيا الطاقة الشمسية معهد ابحاث الطاقة، السودان.

9- عبد القادر نعيمة. وسليمان محمد. (2009) الطاقة الشمسية المصدر الرئيسي للطاقة النظيفة. مصر: دار الفكر العربي.

10- عبد الهادي أحمد (2002) الشمس مصدر الحياة ومخزن الطاقة المتجددة. الامارات: مركز زايد للتنسيق والمتابعة.

11- الحسين محجوب. 2013 مبادئ علم الفلك. السودان: لجنة البحوث والنشر جامعة افريقيا.

12- وأجدر سول ترجمة جابر شاكر وآخرون (1989) مقدمة في الطاقة الشمسية. العراق: دار الكتب للطباعة والنشر.

13- عياش سعود (1981) تكنولوجيا الطاقة البديلة. الكويت: دار الفكر العربي.

14- النواوي محمد (1998) الفلك. الامارات: مطبوعات جامعة الامارات.

15- القلق، أمين (1993) اللجنة العربية الدائمة للطاقة المتجددة الاجتماع الرابع، المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم، تونس.

ثالثا: الكتب الاجنبية:

16- T. Maruyama, R. Kitamura, A. Eno moto, and K. Shirakawa," Solar Cell Module Colored with Fluorescent Plate", Solar Energy Materials and Solar Cells, 69,61,2000.

17- T.A. Yates," Solar Cell in Concentrating Systems and their High Limitations ", Senior Thesis, University of California (Santa Cruz), Sept. 3 ,2003.

18- Solar Electric System Design, Operation, and Installation An overview for builders in the U.S.A. Pacific Northwest October 2009

19- DUFFIE, J.A. and BECKMAN.W.A.(1991) solar engineering of thermal process.2nd edition.

رابعا: الدراسات

20. تهاني غازي يعقوب الطاهر سبتمبر 2015 جامعة السودان ماجستير بحث بعنوان تحسن كفاءة خلايا السيلكون الشمسية:

21. دراسة سلمى أحمد الزبن النور 2014 جامعة السودان بحث ماجستير بعنوان دراسة تأثر ضوء ليزر الهيليوم والنيون على الخلايا الشمسية السيليكونية:

22. دراسة مريم أزهر علي غالب جامعة بغداد 2010 ماجستير علوم فيزياء بعنوان تقييم كفاءة خلية شمسية من مادة السيلكون ذات اخاديد مختلفة الشكل باستخدام برنامج زي ماكس

23. دراسة السكندر اكسيل فيتس، جادي جولان 2013 مجلة الطاقة الشمسية بحث بعنوان (زيادة كفاءة الخلايا الشمسية باستخدام اغشية جزيرة معدنية رقيقة)

24. محمد علي الخليفة، ماجستير فيزياء – استخدام الطاقة الشمسية في تشغيل الأجهزة الأساسية للمختبرات العلمية كلية العلوم – جامعة ام درمان الاسلامية، 2015م.

خامسا: الأنترنت

25. http://play.google.com/store/apps/details?id=com.mnn.solarct
26. https://play.google.com/store/apps/details?id=com.genewarrior.sunlocator.pro&referrer=utm_source%3DshareLink
27. https://play.google.com/store/apps/details?id=appinventor.ai_ahaanwar2.Sun
28. https://play.google.com/store/apps/details?id=com.genewarrior.sunlocator.pro&referrer=utm_source%3DshareLink
29. https://scholar.google.com/schhp?hl=ar
30. http://solardat.uoregon.edu/SunChartProgram.html
31. http://solardat.uoregon.edu/SunChartProgram.html
32. https://pvsyst.software.informer.com/download/

https://nasrsolar.com/#result