

جامعة قاصدي مرباح ورقلة

كلية الرياضيات وعلوم المادة

قسم الفيزياء



مذكرة ماستر أكاديمي

مجال: علوم المادة

فرع : فيزياء

التخصص: فيزياء إشعاعات، كاشف، وبصريات إلكترونية

من إعداد الطالبة: سماحي سهيلة

الموضوع

فعالية أداء الخلايا الشمسية الكهروضوئية في ورقلة وتأثير شدة الإشعاع الشمسي و العوامل المناخية عليها

تاريخ المناقشة : 2016/05/26

أمام لجنة المناقشة المكونة من الأساتذة:

رئيسيا .	جامعة ورقلة	أستاذ محاضر	بن طويلة عمر
مؤطرا .	جامعة ورقلة .	أستاذ مساعد أ	سوداني محمد البار
مناقشا .	جامعة ورقلة	أستاذ محاضر .ب	بن مبروك لزهر
مناقشا .	جامعة ورقلة	أستاذ محاضر	محسن حسين

الموسم الجامعي 2015/2016

الشكر والاعتراف

الحمد لله رب العالمين ،والصلاة والسلام على سيدنا محمد المبعوث

رحمة للعالمين ومنار هداية ودليل رشاد للناس أجمعين

الشكر والفضل لله الذي أعانني ووفقني إلى إتمام هذه المذكرة ، ثم

إلى والدي الكريمين والي كل أفراد عائلة سماحي

كما أتقدم بالشكر الجزيل للأستاذ المشرف علي هذه المذكرة محمد البار سوداني وما بذله من

جهد ونصح وتوجيه كما أتقدم بشكري وعرفاني للأساتذة الكرام الذين قبلوا مناقشة مذكرتي وعلى

جهوداتهم المبذولة في تقييم هذا البحث وهم :

أ. / بن طويلة عمر..... ب. / بن مبروك لزهر

ج. / محسن حسين

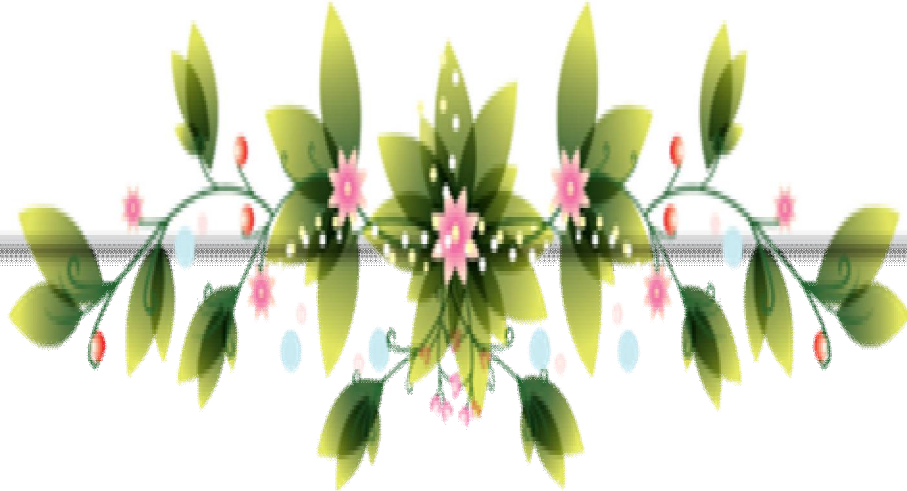
والي كل أساتذة وطلبة قسم ماستر فيزياء اشعاعية

كما أتوجه بخالص المشاعر والفخر والاعتزاز والتقدير لكل صديقات اللواتي سعدت برفقتهم

والي طريق الخير والنجاح سرت معهم

كما لا أنسى رفيقة دربي في هذه الحياة حليلة أولاد سالم.

والي كل من كان له يد المساعدة من قريب أو بعيد في انجاز هذا العمل.



الفهرس:

الصفحة	المحتويات
الفصل الأول : طاقة الشمسية	
1	تمهيد
2	1.I. تحويل الطاقة الشمسية
2	2.I. مصدرها
3	3.I. الثابت الشمسي
4	4.I. طيف الإشعاع الشمسي
5	5.I. العوامل المؤثرة علي شدة الإشعاع الشمسي
5	1.5.I. الغلاف الجوى
9	2.5.I. الزوايا الشمسية
12	6.I. التوقيت الشمسي T_{vs} والمحلي T_L
13	7.I. تحديد توقيت شروق وغروب الشمس
13	8.I. حساب شدة تدفق الاشعاع الشمسي المباشر والمنتشر
14	9.I. تدفق الإشعاع الشمسي على سطح خلية.
14	1.9.I. توجيه خلايا الشمسية :
الفصل الثاني: أشباه الموصلات	
15	تمهيد
15	1.II. المواد الصلبة
15	2.II. حزم الطاقة في المواد الصلبة
17	3.II. تعريف أنصاف النواقل
18	4.II. أشباه الموصلات النقية والغير النقية
18	1.4.II. المواد الشبه الموصلة النقية

19	2.4.II.المواد الشبه الموصلة الغير النقية
19	1.2.4.II. أنواع المواد شبه الموصلة الغير النقية
19	1.5.II. شبه الموصل النوع السالب
20	2.5.II. شبه الموصل النوع الموجب
20	6.II. البلورة الدخيلة
	الفصل الثالث: الخلايا الكهروضوئية
22	تمهيد
22	1.III. نبذة تاريخية عن الخلايا الكهروضوئية
23	2. III. تعريف الخلايا الكهروضوئية
24	3. III. أنواع الخلايا الكهروضوئية
24	3.III. 1. الخلايا السيليكونية
24	3.III. 1.1. الخلايا السيليكونية أحادية البلورة
25	3. III. 1. 2. خلايا سيليكونية الشريطية:
25	3. III. 1. 3. الخلايا السيلكونية متعددة البلورات
26	3. III. 1. 4. الخلايا السيليكونية العشوائية
27	3. III. 2. خلايا الغاليوم ارسنايد (GaAs)
27	3. III. 3. خلايا الكوبرانديوم ديسلنايد (CIS)
27	3. III. 4. خلايا الكادميوم تليرايد (CdTe)
28	4. III. عمل الخلية الشمسية السيليكونية
31	5. III. خصائص التيار والجهد والقدرة للخلية الكهروضوئية :
32	6. III. نقطة القدرة العظمى: Maximum Power Point
35	7. III. كفاءة التحويل للخلية الكهروضوئية

37	III. 8. تجميع الخلايا
37	III.8.1. تجميع الألواح الشمسية على التسلسل
38	III.8.2. جميع الخلايا علي التوازي وعلى التفرع
39	III.8.3. تجميع الخلايا على التسلسل وعلى التفرع
	الفصل الرابع : مناقشة وتحليل
40	تمهيد
41	IV. 1. مخطط البرنامج
42	IV. 2. تأثير شدة تدفق الإشعاع الشمسي على خرج الخلية الشمسية الفوتوفولتائية
43	IV. 3. طرق التتبع
43	IV. 3. 1. تتبع بمحور دوران
44	IV. 3. 2 تتبع بمحور دوران واحد
44	IV. 3. 1 2 . تتبع سمت الشمس
46	IV. 3. 2. 2. تتبع ارتفاع الشمس
47	IV. 3. 3. تثبيت الخلايا
51	IV.4. تأثير حرارة المحيط الخارجي والرياح على جهد و تيار الخلية الشمسية الفوتوفولتائية
	الخاتمة العامة
	المراجع

فهرس الأشكال

3	الثابت الشمسي I_0 بدلالة اليوم من السنة	1.I
4	توزيع طيف الإشعاع الشمسي	2. I
5	تأثير الغلاف الجوي على طيف الإشعاع الشمسي	3.I
6	توزيع الإشعاع الشمسي في الغلاف الجوي وعلى سطح الأرض	4.I
7	الاجزاء الاساسية للإشعاع الشمسي الساقط على سطح الكهر وشمسي	5.I
7	تأثير سماكة الغلاف الجوي على شدة الاشعاع الشمسي المباشر	6.I
8	تغير شدة الاشعاع الشمسي بين الصيف والشتاء	7.I
8	المسافة التي يخترقها الشعاع الشمسي داخل الغلاف الجوي	8.I
10	زاوية ميل الشمس δ	9.I
11	الزوايا الشمسية (h-a)	10.I
11	زاوية كل من السمات الراسية والسمت الشمسي	11.I
12	زوايا تحديد الموقع (زاوية خط العرض ρ وزاوية خط الطول L)	12.I
17	مخطط حزم الطاقة للعناصر الكهربائية	1.II
19	مستوى فيرمي لشبه الموصل النقي.	2.II
21	مستوى فيرمي لأشياء الموصلات النقية و من نوع n والنوع p	3.II
24	لوح كهر وشمسي مصنوع من خلايا كهر وشمسية أحادية	1.III
25	لوح شمسي مصنوع من خلايا كهر وشمسية متعددة البلورات	2.III
26	لوح شمسي مصنوع من خلايا كهر وشمسية عشوائية	3.III
28	ذرات السليكون مرتبطة مع بعضها البعض مشكلة تركيب بلوري منتظم لا يوجد فيه الكترولونات حرة.	4.III
29	تطعيم ذرات السليكون بذرات فسفور	5.III
30	ذرة البورون وعملية التطعيم	6.III
31	آلية عمل الخلية الكهروضوئية	7.III
32	مخطط (I-V) لخلية كهر وشمسية متالية	8.III

32	خصائص ألتيار الجهد لدا يود (اطلام خلية شمسية) و خلية تم اشعاعها مع تيار دائرة القصر I_{sc} وجهد الدائرة المفتوحة.	9.III
33	خصائص الجهد والتيار لخلية سيليكونية و يبين نقطة القدرة العظمى (MPP)	10.III
34	خط تغير نقطة القدرة العظمى	11.III
34	خط الحمل الكهربائي وخط القدرة الذي لم يصمم بشكل صحيح	12.III
35	تغير موقع نقطة الطاقة العظمى تبعاً للإشعاع الشمسي	13.III
38	الخاصية المثالية للألواح الكهروضوئية المربوطة على التسلسل	14.III
39	الخاصية المثالية للألواح الكهروضوئية المربوطة على التفرع	15.III
39	تجميع الخلايا على التسلسل وعلى التفرع:	16.III
41	مخطط البرنامج	1. IV
42	تغير قيم الجهد والتيار تبعاً للإشعاع الشمسي	2.IV
43	تغير شدة الاشعاع الشمسي ليوم 21 جوان في حالة محوري دوران	3.IV
44	تغير شدة الاشعاع الشمسي ليوم 21 جوان عند زاوية ارتفاع $\beta = 30, \beta = 15$	4.IV
44	تغير شدة الاشعاع الشمسي ليوم 21 ديسمبر عند زاوية ارتفاع $\beta = 50, \beta = 40$	5.IV
45	تغير شدة الاشعاع الشمسي ليوم 21 مارس عند زاوية ارتفاع $\beta = 40, \beta = 35$	5.IV
46	تغير شدة الاشعاع الشمسي ليوم 21 جوان عند زاوية سمت $\alpha = -30, 30, 0$	6.IV
46	تغير شدة الاشعاع الشمسي ليوم 21 ديسمبر عند زاوية سمت $\alpha = -30, 30, 0$	7.IV
47	تغير شدة الاشعاع الشمسي ليوم 21 مارس عند زاوية سمت $\alpha = -30, 30, 0$	8.IV
48	تغير شدة الاشعاع الشمسي ليوم 21 جوان عند زوايا $\beta = 30, \alpha = 0$	9.IV
48	تغير شدة الاشعاع الشمسي ليوم 21 ديسمبر عند زوايا $\beta = 50, \alpha = 0$	10.IV
49	تغير شدة الاشعاع الشمسي ليوم 21 مارس عند زوايا $\beta = 35, \alpha = 0$	11.IV
51	تأثير درجة الحرارة على الجهد والتيار الخلية	12.IV

المقدمة العامة

مقدمة:

تعتبر الطاقة الشمسية المصدر الأساسي و الرئيسي الذي يمد كوكب الأرض بالطاقة كما تعتبر المصدر الواسع الانتشار في مختلف أنحاء العالم حيث أن الطاقة التي يمكن الحصول عليها من أشعة الشمس لمدة 105 دقيقة تكفي (احتياجات واستهلاك العالم لمدة عام).

وتعود معظم مصادر الطاقة المتجددة المتوفرة على سطح الأرض إلى الإشعاعات الشمسية فجميع أنواع الطاقات بما فيها البترول والغاز والفحم تكونت بسبب أشعة الشمس وما تلى ذلك من حرارة وضغط عبر الأحقاب الزمنية بالإضافة إلى مصادر الطاقة الثانوية مثل طاقة الرياح وطاقة الكتلة الحية..... الخ .

ويمكن تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية وفق آلية التحويل الكهروضوئية ويقصد بالتحويل الكهروضوئي تحويل الإشعاع الشمسي أو الضوئي مباشرة إلى طاقة كهربائية بواسطة الخلايا الشمسية (الكهروضوئية) وكما هو معلوم هناك بعض المواد التي تقوم بعملية التحويل الكهروضوئية تدعى أشباه الموصلات كالسيلكون والجرمانيون وغيرها وقد تم اكتشاف هذه الظاهرة من قبل علماء الفيزياء في أواخر القرن التاسع عشر الميلادي حيث وجدوا أن الضوء يستطيع تحرير الإلكترونات من بعض المعادن وإنتاج طاقة الكهربائية .

وإن لتوليد الكهرباء باستخدام المنظومات الشمسية الفوتوفولتائية أصبح في الوقت الحالي من المصادر الهامة والمتنامية في مناطق كثيرة من العالم ,وقد اكتسبت المنظومات الشمسية الفوتوفولتائية أهميتها وذلك لضرورة استخدامها في كثير من التطبيقات كمنظومات الاتصالات في المناطق المعزولة ,وثلاجات الأدوية للمجمعات الصحية في المناطق النائية والتي يصعب تغذيتها بالمصادر الكهربائية التقليدية. كما تعتبر المنظومة الفوتوفولتائية الخيار الأكثر اعتمادية في المناطق الريفية النائية لاسيما البعيدة عن خطوط الشبكة الكهربائية العامة مقارنة بالمصادر الأخرى نظراً لسهولة استخدامها وعدم احتياجها للوقود.

حيث إن الدراسات وبحوث لزالمتواصلة في تحسين مردود الخلية الشمسية وكذا التقليل من تكلفتها من خلال مختلف العوامل المؤثرة ,وسوف ندرس في هذا العمل كيفية الاستفادة القصوى من شدة الإشعاع الشمسي المباشر والساقط على سطح الخلية الكهروضوئية

ولأهمية هذا الموضوع حاولنا في بحثنا هذا إجراء دراسة نظرية تضمنت أربعة فصول :

تعرضنا في **الفصل الأول** إلى الطاقة الشمسية والإشعاع الشمسي باعتباره كمولد لتشغيل الخلايا الكهروضوئية وكذلك إلى العوامل المؤثرة عليه أثناء سقوطه علي مكان معين من سطح الأرض , وفي **الفصل الثاني** قدمنا دراسة شاملة عن أشباه الموصلات المسئولة عن امتصاص الأشعة الشمسية أما في **الفصل الثالث** تطرقنا إلى دراسة الخلايا الشمسية من حيث كيفية عملها ، بعض أنواعها صنعتها وكيفية ربطها.

وفي **الفصل الرابع** قمنا بتحليل ومناقشة النتائج المتحصل عليها بواسطة برنامج حاسوبي بلغة **MATLAB** تم فيه حساب شدة الإشعاع الشمسي الساقط في منطقة ورقلة , والى العوامل المناخية المؤثرة علي خرج الخلية الشمسية.

الفصل الأول:

الطاقة الشمسية

تمهيد:

تعتبر الطاقة الواردة إلينا من الشمس من أهم أنواع الطاقات التي يمكن للإنسان استغلالها فهي طاقة دائمة لا ينتج عن استخدامها غازات أو نواتج ثانوية ضارة بالبيئة مقارنة بالمصادر الأخرى ولا تترك مخلفات علي درجة من الخطورة مثل النفايات المشعة التي تنتج عن استعمال الطاقة النووية.

وفكرة استخدام الطاقة الشمسية في التسخين أو في تحريك الآلات ليست جديدة علي الإطلاق ويحدثنا التاريخ بأن أرخميدس الذي عاش في القرن الثالث قبل الميلاد قد استخدم الأشعة الشمسية في إحراق بعض سفن العدو في احدي معارك الحربية ومن المعتقد أنه استخدم بعض المرايا لتركيز أشعة الشمس علي صواري هذه سفن [1].

ولقد أصبحت لطاقة الشمسية مكانتها اللائقة بين مصادر الأخرى الطاقة في الوقت الحاضر واعتمدت ميزانيات كبيرة في اغلب الدول لاستغلال هذه الطاقة ، كما تعددت الطرق المقترحة للاستفادة منها مثل استخدام المرايا العاكسة لتجميع ضوء الشمس أو ابتكار طرق لتجميع حرارة الشمس وامتصاصها أو تحويل ضوء الشمس الي طاقة كهربائية بواسطة الخلايا الشمسية وهذا ما سنتناوله خلال دراستنا لهذا البحث أما في هذا الفصل فسنتطرق إلي دراسة عامة حول الطاقة الشمسية حيث نذكر بعض العلاقات والمعادلات المتعلقة بحساب شدة الإشعاع الشمسي خلال فصول السنة والي العوامل المؤثرة عليه أثناء سقوطه علي منطقة من سطح الأرض.

1.I. تحويل الطاقة الشمسية:

تعتبر الطاقة الشمسية من أهم مصادر الطاقة المتجددة خلال القرن الحالي لان الطاقة التقليدية مهددة بالنضوب وكذلك بما خلفته من آثار كارثية على بيئة الأرض من تلوث وارتفاع في درجة حرارة الأرض والتي سببت تغيرات في جو الأرض.

لذلك فان جهود كثير من الدول تتوجه نحو استثمار الطاقة الشمسية والبحوث الخاصة باستغلال هذه الطاقة كإحدى أهم مصادر الطاقة البديلة للنفط والغاز وقد أعطى النصيب الأوفر في البحوث والتطبيقات مجال تحويل الطاقة الشمسية إلى كهرباء

وهو ما يعرف باسم Photovoltaïque.

وتعتمد هذه الطريقة أساسية على تحويل الأشعة الشمس إلى طاقة كهربائية وتوجد في الطبيعة مواد كثيرة تستخدم في صناعة الخلايا الكهروضوئية والتي تجمع بنظام كهربائي وهندسي محدد لتكوين ما يسمى باللوحة الشمسية الذي يعرض بدوره لأشعة الشمس بزوايا معينة لينتج أكبر قدر من الكهرباء[2]

ورغم أن الطاقة الشمسية أخذت تتبوء مكانا مهما ضمن البدائل المتعلقة بالطاقة المتجددة إلا أن مدى استفادة منها يرتبط بوجود أشعة الشمس طيلة وقت الاستخدام وعليه يبدو إن المطلوب تطوير تقنية التخزين تلك الطاقة للاستفادة منها أثناء فترة احتجاب الإشعاع الشمسي وهناك طرق تقنية عدة لتخزين الطاقة الشمسية وتشمل التخزين الحراري والكهربائي والميكانيكي والكيميائي والمغناطيسي... الخ

وتعد البحوث تخزين الطاقة الشمسية من أهم مجالات التطوير اللازمة في تطبيقات الطاقة الشمسية وانتشارها على مدى واسع , حيث إن الطاقة الشمسية رغم أنها متوفرة إلا أنها ليست في متناول اليد فسعرها الحقيقي عبارة عن معدات المستخدمة لتحويلها من طاقة كهرومغناطيسية إلى طاقة كهربائية أو حرارية وكذلك تخزينها إذا دعت الضرورة.

2.I. مصدرها:

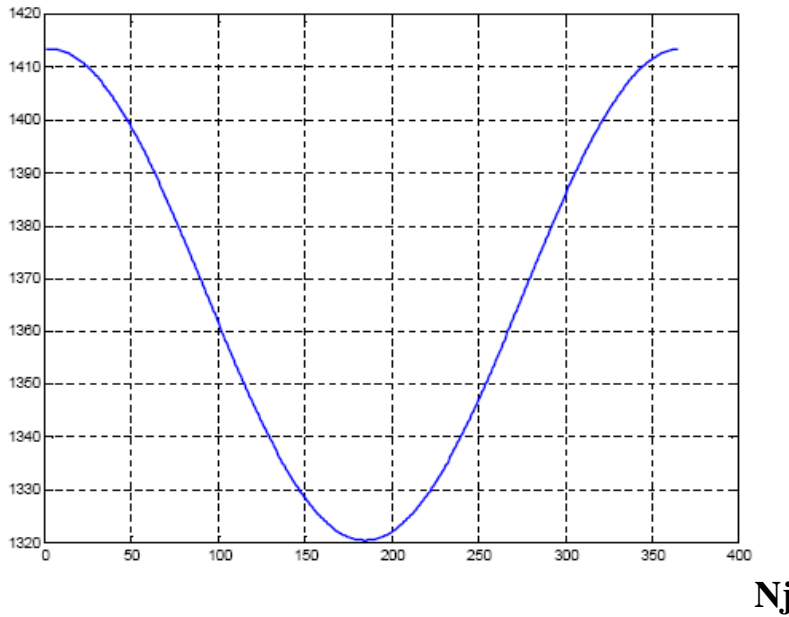
الشمس هي مصدر الطاقة على كوكب الأرض وهي عبارة عن كرة غازية يبلغ قطرها 696 مليون متر , وكتلتها حوالي 2×10^{29} طن , ودرجة حرارة سطحها حوالي 6000 درجة مئوية , ومكوناتها الأساسية هي غاز الهيدروجين (حوالي 75%) وغاز الهيليوم حوالي 25% بالإضافة إلى كميات ضئيلة من بعض العناصر الأخرى كالحديد والنيون والكربون. وتولد الطاقة الشمسية نتيجة التحول المستمر لكل أربع ذرات من الهيدروجين إلى ذرة واحدة من الهيليوم في تفاعل اندماجي نووي .

ولما كانت كتلة ذرة الهيليوم الناتجة من التفاعل اقل من مجموع كتل ذرات الهيدروجين الداخلة فيه فان فرق الكتلة هذا يتحول إلى ضوء وحرارة تنتقل على هيئة أشعة يبلغ معدل انبعاثها 3.8×10^{23} كيلوات , وتشع هذه الكمية في جميع الاتجاهات , ولا يصل منها إلا مقدار ضئيل يتناسب مع مساحة الأرض ومع المسافة بين الشمس والأرض , وترسل الشمس أشعتها على شكل تيار من الجسيمات تدعى الفوتونات وتنطلق الأشعة الشمسية على شكل حزم موجية متوازية مختلفة الأطوال وتبلغ قيمة معدل الإشعاع الشمسي الساقط على المحيط الخارجي للأرض 1367 وات لكل متر مربع وهو ما يعرف بالثابت الشمسي [1].

3.1. الثابت الشمسي:

هو تدفق الإشعاع الشمسي الذي يصل إلى سطح مساحته 1 m^2 مثبت في نهاية الغلاف الجوي الأرضي في وضع يكون فيه عمودي على أشعة الشمس وذلك باعتبار المسافة بين الشمس والأرض على قيمتها المتوسطة خلال السنة والمقدرة ب $(1.5 \times 10^8 \text{ km})$ والقيمة المتوسطة للثابت الشمسي $(I_0 = 1353 \text{ w/m}^2)$ [3]

$I_0 \text{ w/m}^2$



الشكل (1. I): الثابت الشمسي I_0 بدلالة اليوم من السنة

تتغير شدة تدفق الإشعاع الشمسي خارج الغلاف الجوي بالانحراف عن قيمة الثابت الشمسي I_0 بـ $(\pm 3.3\%)$

حسب اقتراب أو ابتعاد الشمس عن الأرض وذلك حسب اليوم من السنة , وتعطى علاقة التصحيح للثابت الشمسي :

$$I_0 = E_0(1 + 0.33\cos(Nj)) \dots\dots\dots(1.I)$$

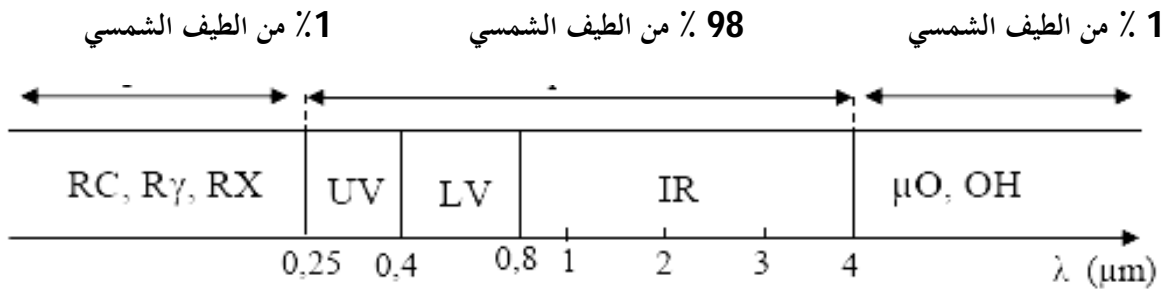
Nj : رقم اليوم من السنة ابتداء من 1 جانفي (1.....365) .

4.I طيف الإشعاع الشمسي:

إن الإشعاع الشمسي الصادر عن الشمس على شكل أمواج كهرومغناطيسية تتوزع طاقته على طيف الإشعاع حيث تكون

98% من طاقة الإشعاع ضمن أطوال الموجات $\lambda \in [0.25\mu m, 4\mu m]$

بينما نجد 1% من الطاقة تحت هذا المجال و 1% فوق هذا المجال , كما هو مبين في الشكل (2.1)



الشكل (2.I): توزيع طيف الإشعاع الشمسي

$\lambda \in [0.25, 0.4]\mu m$ المجال فوق بنفسجي ويمثل 7% من الطاقة الكلية المنبعثة من الشمس

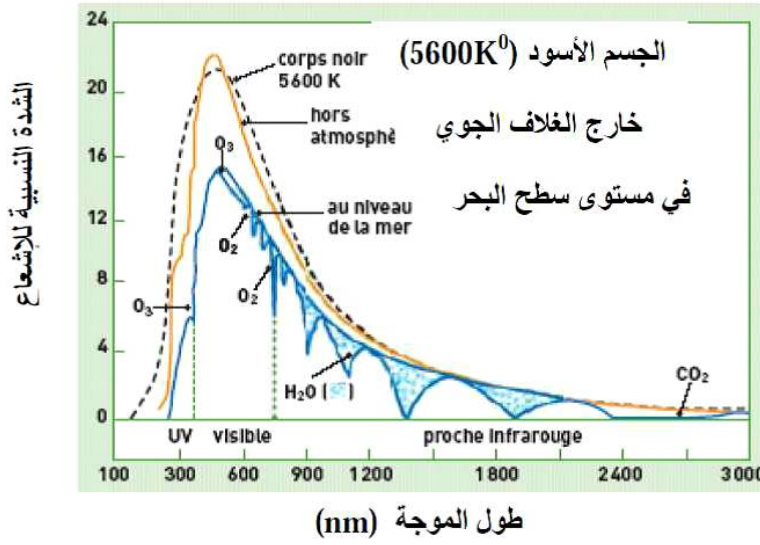
$\lambda \in [0.4, 0.8]\mu m$ المجال المرئي ويمثل 47.5% من الطاقة الكلية المنبعثة من الشمس

$\lambda \in [0.8, 4]\mu m$ المجال تحت الأحمر ويمثل 45.5% من الطاقة الكلية المنبعثة من الشمس

إن طيف الإشعاع الشمسي يحاكي إشعاع الجسم الأسود في درجة حرارة $T=5600K^0$ في مجال الطيف

الجوي , بينما يصل إلى سطح الأرض بعد بعض الامتصاصات من قبل مختلف الغازات وبخار الماء داخل الغلاف

الجوي , كما هو مبين في الشكل (3. I) [3]



الشكل: (3.I): تأثير الغلاف الجوي على طيف الإشعاع الشمسي

5.I. العوامل المؤثرة على شدة الإشعاع الشمسي:

تتأثر شدة الإشعاع الشمسي قبل وصوله إلى الأرض بعاملين أساسيين هما: الغلاف الجوي والزوايا الشمسية، التي يسقط بها الإشعاع على الأرض وتتخذ أكثر المتغيرات التي تحدد هذين العاملين أسلوباً متناسقاً يمكن به توقع شدة الإشعاع في موقع معين من الأرض اعتماداً على مكانه من الكرة الأرضية والزمن (اليوم والشهر والسنة).

وتأتي التغيرات الغير متوقعة في شدة الإشعاع في موقع معين من الأرض بسبب عوامل يصعب التحكم فيها مثل الطقس وخصائصه من الحرارة وسحب والرياح والأمطار..... الخ.

لذلك لا يمكن تقدير تأثير الطقس خلال اليوم أو الشهر لموقع معين إلا بعد رصد العوامل المؤثرة فيه لعدة سنوات ومن ثم حساب متوسط هذه المعلومات لذلك اليوم أو الشهر أو تلك الفترة.

1.5.I. الغلاف الجوي:

يتكون الغلاف الجوي من عدة طبقات يصل سمكها إلى عدة كيلوا مترات فوق سطح الأرض. وعندما تخترق الأشعة الشمسية هذه الطبقات فإن مسارها وكميتها ستتغير حسب كل طبقة وسمكها.

فغاز الأوزون مثلا (الموجود في الطبقة العليا في الغلاف الجوي علي ارتفاع 48 كلم من سطح الأرض) يمتص جميع الأشعة فوق البنفسجية. وهذه نعمة من الله علي عباده اذ لو لا قدرته ثم وجود هذا الغاز لأصبحت الحياة علي الأرض مستحيلة بسبب التأثيرات الضارة لهذه الأشعة.

كما تلعب مكونات الغلاف الجوي دورا كبيرا في تقليص الاشعاع الشمسي الذي يصل الي سطح الأرض وذلك عن طريق:

1- التشتت والامتصاص بسبب جزيئات الهواء

2- التشتت والامتصاص بسبب العوالق الصلبة في الجو.

3- الامتصاص بواسطة بخار الماء وغاز أول أكسيد الفحم وغاز ثاني أكسيد الفحم.

4- الانعكاس والامتصاص من طرف السحب في طبقات الجو.

ومنه فان الاشعاع الشمسي الواصل الي سطح الأرض ينقسم الي ثلاثة أقسام:

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

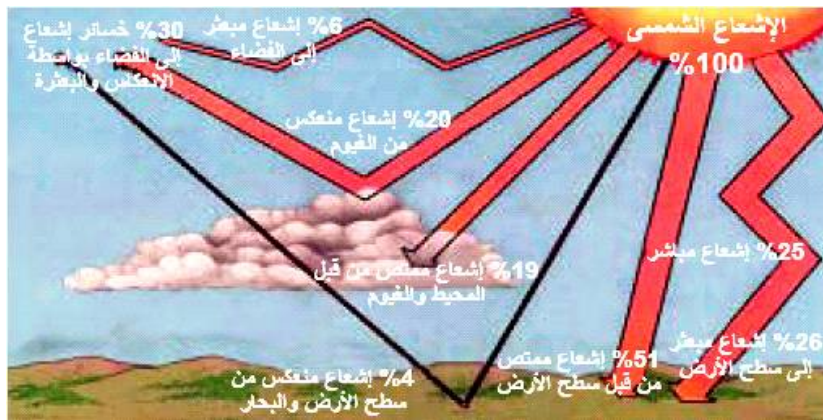
الإشعاع الشمسي المنتشر أو المشتت : وهو الإشعاع الساقط على سطح ما بعد أن تشتت خلال مروره بطبقات الجو , أو هو

الإشعاع الذي انعكس وسقط على ذلك سطح

الإشعاع الشمسي الكلي : وهو مجموع الإشعاع الشمسي المباشر والإشعاع المشتت , وعليه يكون تدفق الإشعاع الشمسي الكلي

الواصل إلى نقطة من سطح الأرض هو مجموع الشعاعين المباشر والمنتشر [2].

$$G=I +D$$



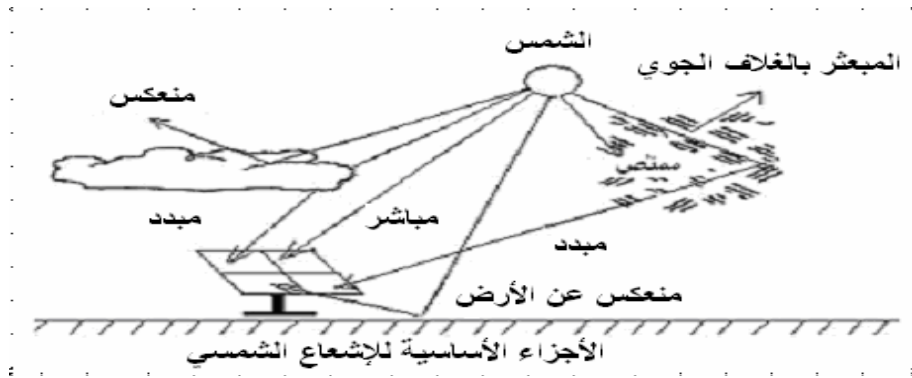
الشكل (4.I) : توزيع الإشعاع الشمسي في الغلاف الجوي وعلى سطح الأرض

حيث تتكون مجموعة الاشعاعات التي ترتطم بسطح الخلية الكهروضوئية او بمساحة معينة على سطح الارض كما هو موضح في الشكل من ثلاثة اجزاء اساسية.

1- حزمة الاشعاع المباشر (Direct Beam Radiation)

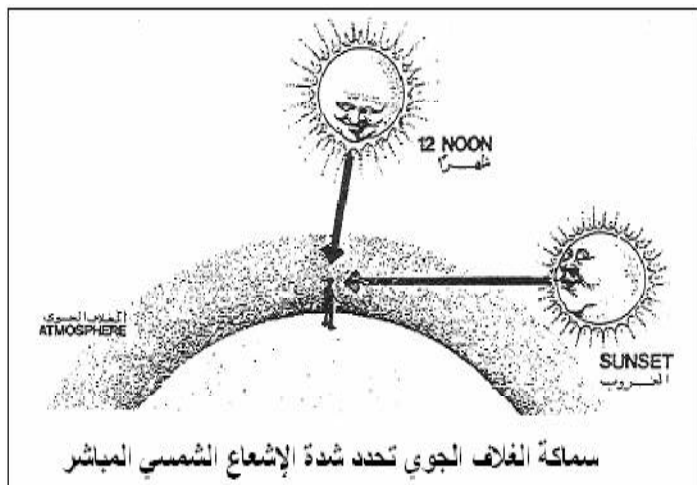
2- حزمة الاشعاع المبعثر (Diffuse Radiation).

3- حزمة الاشعاع المعكوس (Albedo Radiation).



الشكل (5.I): الاجزاء الاساسية للإشعاع الشمسي الساقط علي سطح خلية شمسية.

بالإضافة الى مكونات طبقة الغلاف الاكثر اهمية في تحديد مقدار الاشعاع الشمسي الذي يصل الي سطح الارض هو سماكة الغلاف الجوي التي سيمر خلالها الاشعاع الشمسي عند منتصف النهار تكون الشمس عمودية وبالتالي تكون سماكة الغلاف الجوي التي سيمر خلالها الاشعاع الشمسي اصغرية وطاقة الواصلة للأرض تكون اعظمية اما عند الشروق والغروب فان سماكة الغلاف الجوي التي سيمر خلالها الاشعاع الشمسي تكون اعظمية وطاقة الواصلة للأرض تكون اصغرية كما هو موضح في الشكل ولهذا السبب فان حجم الطاقة الاشعاع الشمسي يكون مرتفعا في المناطق ذات الارتفاع الكبير عن سطح البحر.

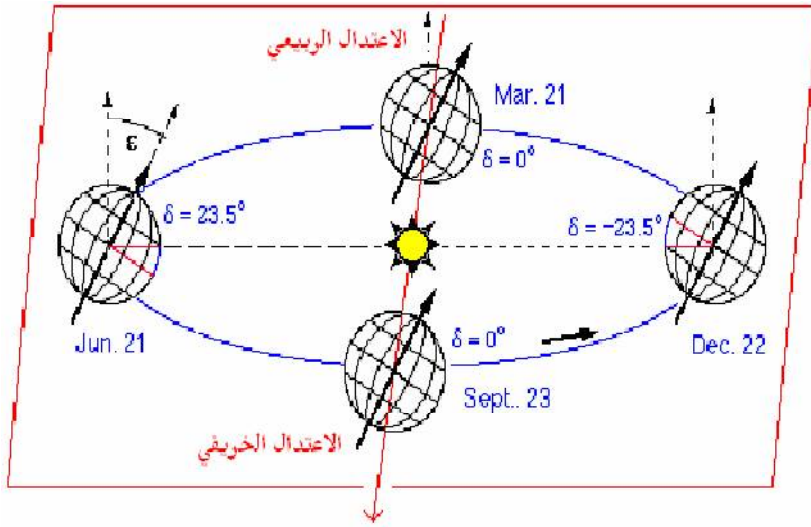


الشكل (6.I): تأثير سماكة الغلاف الجوي

علي شدة الاشعاع الشمسي المباشر

ايضا نلاحظ تغير شدة الاشعاع الشمسي بين الصيف والشتاء بسبب ميل الارض ودورانها حول الشمس، فيكون القطب الشمالي في شهر جوان مواجهها للشمس ولهذا تنطلق الاشعة الشمسية الي الجزء الشمالي من الكرة الارضية بصورة عمودية تقريبا اما في شهر ديسمبر فان القطب الشمالي ينحرف بعيدا عن الشمس باعثة اقل كثافة من الطاقة كما في الشكل (7.I).

نعرف كثافة الطاقة بأنها مقدار الطاقة الساقطة المقدرة بالكيلوات الساعة على المتر مربع من سطح الارض في زمن معين.



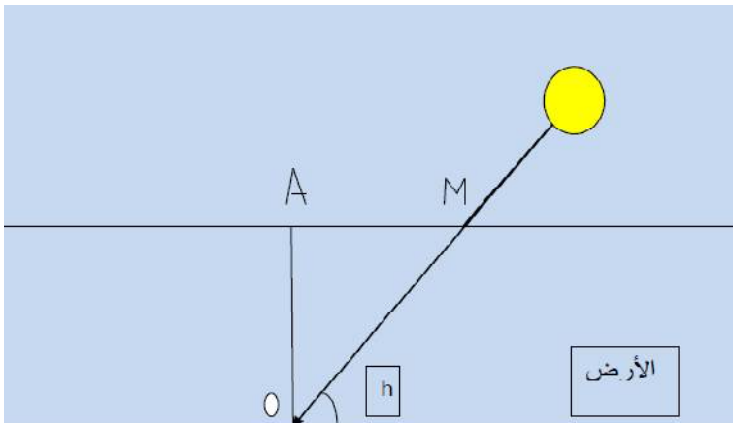
الشكل (7.I): تغير شدة الاشعاع الشمسي بين الصيف والشتاء

- عدد الهواء (كتلة الهواء)

عندما يسقط شعاع مباشر على مكان معين من سطح الارض فان طول المسافة (OM) التي يقطعها الشعاع الشمسي تساوي السمك العمودي للغلاف الجوي OA مقسوم على جيب زاوية الارتفاع h كما هو موضح في الشكل.

وعلى ذلك فان كتلة الهواء تحسب كما في العلاقة التالية : [4]

$$\frac{oA}{\sin(h)} = OM \dots\dots\dots(2.I)$$



الشكل (8.I): المسافة التي يجتريها الشعاع الشمسي داخل الغلاف الجوي

إضافة الي عوامل أخرى منها:

- الموقع الجغرافي : يمكن القول بأن المناطق الواقعة على خطوط عرض قريبة من خط الاستواء يتوفر فيها الإشعاع الشمسي أكثر من غيرها.
- موقع الخلايا : إن تواجد الخلايا الشمسية في مكان مزدحم بالعمران والأشجار قد يحول دون وصول الإشعاع المباشر

2.5.I. زوايا الشمسية:

ان استخدام الطاقة الشمسية بشكل فعال يتطلب تفصيلية للعلاقة بين الشمس والأرض والمنطقة موضع الاهتمام على سطح الأرض فعند الحديث عن استخدام الطاقة الشمسية لا بد من الاخذ بعين الاعتبار حقيقة ان الشمس هي مصدر الطاقة وان المطلوب هو رفع كفاءة استخدام هذه الطاقة .ولأجل تحقيق هذا الغرض فان الامر يتطلب المعرفة التفصيلية والدقيقة للعلاقة بين المواقع المختلفة على سطح الأرض والشمس [1].

- زاوية الميل الشمسي δ

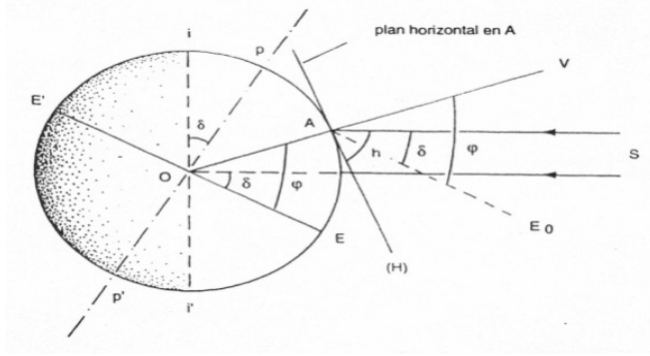
هي زاوية ميلان محور دوران الأرض عن المحور العمودي على مستوى مدار الأرض حول الشمس . أو هي الزاوية التي يصنعها الخط الواصل من مركز الأرض إلى مركز الشمس مع مستوى خط الاستواء. وتتغير هذه الزاوية على مدار السنة حيث تنعدم في الاعتدالين الربيعي (21 مارس) والخريفي (23 سبتمبر)، بينما تكون أعظمية عند الانقلاب الصيفي (22 جوان) " +23.45" والانقلاب الشتوي (22 ديسمبر) " -23.45" [3.5].

$$+23.45^0 \geq \delta \geq -23.45^0$$

نتيجة لذلك فان قيمة زاوية الانحراف لأي يوم من السنة يمكن اعتبارها ثابتة وتحسب بالعلاقة التالية [03]

$$\delta = 23.45 \sin\left(\frac{360}{365} (284 + n)\right) \dots \dots \dots (3. I).$$

حيث n: تمثل رقم اليوم من السنة من 1 الى 365



الوثيقة(9.I): زاوية ميل الشمسي

زاوية الارتفاع الشمسي **h**:

هي الزاوية المحصورة بين الخط الواصل بين نقطة على سطح الأرض و مركز الشمس الأفقي الذي تمر فيه النقطة على الأرض. هذه الزاوية تساوي الصفر عند شروق و غروب الشمس وتأخذ القيمة العظمى عند وقت الزوال الشمسي هذه الزاوية مهمة في تحديد كمية الاشعاع الواصل الي سطح الأرض. [3]

h = 0 : عند شروق وغروب الشمس. **h > 0** : في النهار . **h < 0** : في الليل.

وتكتب بالعلاقة التالية [4]

$$\sin(h) = \sin \varphi \cdot \sin \delta + \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cos \omega \dots \dots \dots (4.I)$$

- زاوية السميت الشمسي **a**:

هي الزاوية المحصورة بين الخط المار في النقطة على سطح الأرض والمتجه جنوبا وبين المسقط الأفقي للخط الواصل بين النقطة والشمس هذه الزاوية تكون موجبة إذا كانت متجهة نحو الغرب [3].

$$a \in [-180^0, +180^0]$$

a = 0 مسقط الشعاع الشمسي منطبق على المحور جنوب.

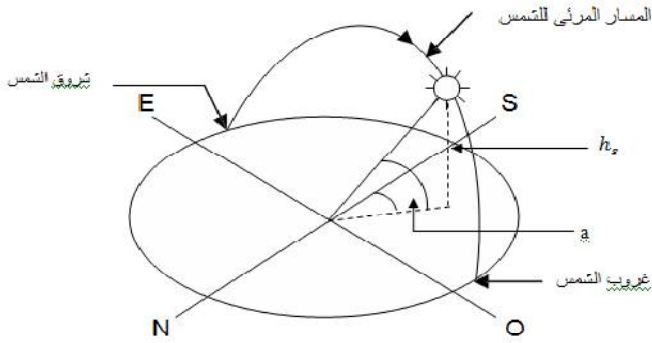
a > 0 مسقط الشعاع الشمسي منحرف عن المحور جنوب باتجاه الغرب.

a < 0 مسقط الشعاع الشمسي منحرف عن المحور جنوب باتجاه الشرق.

ويمكن حساب زاوية السميت بالعلاقة [4].

$$\sin a = \frac{\cos \delta_s \cdot \sin w}{\cos h} \dots \dots \dots (5.I)$$

هذين الزاويتين ممثلتين في الشكل (10. I)



الشكل (10.I): الزوايا الشمسية : (h-a)

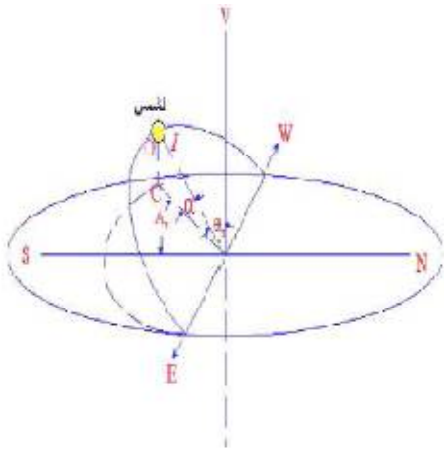
- زاوية السمات الرأسية (Z): Zenith Angle

هي الزاوية بين الشعاع الشمسي وسمت الأرض (الخط الشاقولي المار بالموقع) وبذلك فهي متممة زاوية الارتفاع الشمسي .

$$Z = \frac{\pi}{2} - h \dots\dots\dots(6.1)$$

ويمكن حسابها بالعلاقة التالية : [5]

$$\cos \theta_z = \cos \delta_s \cdot \cos L \cdot \cos \omega + \sin \delta_s \sin L \dots\dots\dots(7.1)$$



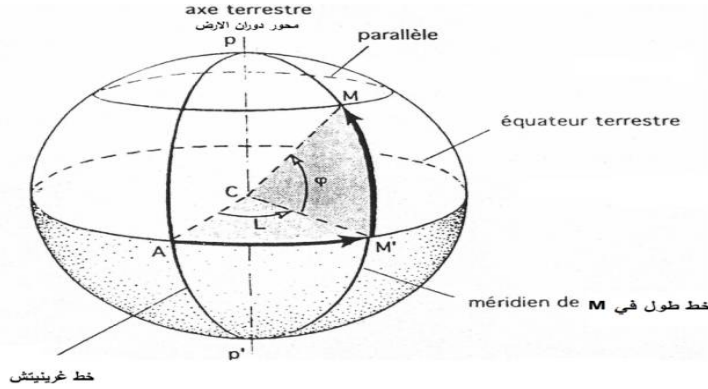
الشكل (11.I): زاوية كل من السمات الرأسية والسمات الشمسية

-زاوية دائرة العرض ϕ :

هي زاوية تحدد موقع النقطة على سطح الأرض حيث تعرف بأنها الزاوية المحصورة بين الخط الواصل بين مركز الأرض وموضع النقطة على سطح الأرض مع مستوى خط الاستواء.

-زاوية خط الطول L :

هي الزاوية التي يصنعها خط الطول المار بالمنطقة مع خط الطول المار ببلدة غرينتش البريطانية - الذي نعتبره خط الصفر - وتقرأ الزاوية موجبة شرقا وسالبة غربا.



الشكل (12.I): زوايا تحديد الموقع (زاوية خط العرض φ وزاوية خط الطول L).

-زاوية ساعة شمسية (Hour Angle (ω))

الساعة الزاوية هي وحدة قياس الوقت بدلالة الزاوية ، بحيث كل ، $1\text{heure} = 15^0$ أو $24\text{ heure} = 360^0$

اي $\omega = 0h=0^0$ وتقاس من الوقت الظهر الشمسي و يمكن استخراج قيمتها لأي ساعة من ساعات النهار من العلاقة

التالية [6].

$$\omega = 15 (Tvs - 12) \dots \dots \dots (8.I)$$

عند الساعة 12 ($w=0$) يمثل التوقيت الشمسي الحقيقي الذي يعتبر الزوال الشمسي Tvs حيث عند الزوال الشمسي

$\omega > 0$ ، مساء بعد الزوال ، $\omega < 0$ صباحا قبل الزوال .

6.I. التوقيت الشمسي Tvs والمحلي TL .

يختلف التوقيت المحلي لمنطقة عن التوقيت الشمسي ويتعلق هذا الاختلاف بثلاثة عوامل وهي:

- الفرق بين خطي الطول للمنطقة والخط المرجعي للتوقيت المحلي (خط غرينتش)
- التصحيح الزمني (المعادلة الزمنية) Et والمعبر عن الاضطراب الناتج عن حركة الأرض والذي يعطى بالعلاقة التالية بالدقائق

[3]:

$$ET=9.87\sin\left[\left(\frac{720}{365} Nj-81\right)\right]-7.53\cos\left(\frac{360}{365}Nj-81\right)-1.5\sin\left(\frac{360}{365} Nj - 81\right) \dots \dots \dots (9. I)$$

- التصحيح الناتج عن تغير التوقيت المحلي (الصيفي , الشتوي) مقارنة بتوقيت غرينتش الذي قيمته في الجزائر $C = -1$ وعليه تعطى العلاقة علاقة التوقيت الشمسي T_{vs} [3].

$$T_{vs} = TL + Et + \frac{L}{15} + C \dots\dots\dots(10.I)$$

حيث L زاوية خط الطول التي تقع عليه المنطقة وتكون موجبة إذا كانت المنطقة شرق خط غرينتش بينما تكون سالبة غرب خط غرينتش.

7.I. تحديد توقيت الشروق والغروب

عند الشروق والغروب تنعدم زاوية الارتفاع الشمس h (الشعاع الشمسي منطبق على سطح الأرض).

$$h = 0 \Rightarrow \sin(h) = 0 \dots\dots\dots(11.I)$$

ومنه تتحصل على قيمة زاوية الساعة الشمسية (WS) للشروق أو الغروب [7]

$$WS = \cos(-\tan(L) * \tan(\delta)) \dots\dots\dots(12.I)$$

ومنه يكون التوقيت الشمسي للشروق

$$T_{s_{lever}} = 12 - \frac{\omega_s}{15} \dots\dots\dots(13.I)$$

والتوقيت الشمسي للغروب

$$T_{s_{coucher}} = 12 + \frac{\omega_s}{15} \dots\dots\dots(14.I)$$

والمدة النهاري Δt : وهو المدة بين الشروق والغروب [7]

$$\Delta t = T_{s_{coucher}} - T_{s_{leve}} \dots\dots\dots(15.I) \quad [13]$$

8.I. حساب شدة تدفق الإشعاع الشمسي المباشر والمنتشر:

- التدفق المباشر : تعطى عبارة الإشعاع المباشر الواصل إلى سطح الأرض من خلال صيغة k_{stem}

$$I_{0s} = 1353 * \exp\left[\frac{-mh * u}{mh + 9.4}\right] \dots\dots\dots(16.I) \quad [13]$$

- التدفق المنتشر : لتحديد الإشعاع المنتشر الذي يصل سطح الأرض بفعل جزيئات غازات الغلاف الجوي وكذا العوالق الصلبة بالعلاقة التجريبية التالية [7] :

$$D_{os} = \left(\frac{1353}{25}\right) * (\sin(h) * (0.5 * (u - 0.5 - (\sin(h) * (0.5)))) \dots \dots \dots (17. I)$$

ومنه يكون الإشعاع الكلي الواصل لسطح الأرض هو مجموع الإشعاعين المباشر والمنتشر

$$G_0^* = I_0^* + D_0^* \dots \dots \dots (18.I)$$

9.I تدفق الإشعاع الشمسي على سطح خلية (مثبت في موقع معين وموجه بكيفية

معينة):

تتعلق شدة تدفق الإشعاع الشمسي الساقطة على أسطح الخلايا بالمنطقة الموجودة بها من سطح الأرض وكذا كيفية توجيه هذه الأسطح وباليوم من السنة وكذلك بالتوقيت (من الشروق إلى الغروب) وكل هذه العوامل تتحدد بالزوايا الشمسية السالفة ومن خلالها نستطيع تعيين زاوية سقوط الشمس على سطح الخلية في المكان واليوم والتوقيت المحدد ومن ثم حساب تدفق الإشعاع الشمسي الساقط .

1.9.I. توجيه خلايا الشمسية : يعرف كل سطح الخلية شمسية بزائيتين زاوية الارتفاع β و زاوية السم α

• زاوية الارتفاع خلية الشمسية β : هي الزاوية التي يصنعها الناظم على سطح الخلية مع مسقطه على المستوى الأفقي

$\beta = 0$: الخلية في مستوى شاقولي $\beta = 90^\circ$: الخلية في مستوى أفقي موجه نحو الأعلى.

$\beta = -90^\circ$: الخلية في مستوى أفقي موجه نحو الأسفل

• زاوية سم خلية الشمسية α : وهي الزاوية التي يصنعها مسقط الناظم على مستوى أفقي والمحور الموجه نحو الجنوب

$\alpha = 0$ الخلية موجه نحو الجنوب , $\alpha < 0$ الخلية منحرفة عن محور الجنوب غربا $\alpha < 0$ الخلية منحرفة عن محور الجنوب

غربا.

الفصل الثاني:

أشبهاه المواصلات

تمهيد:

تواصل الاهتمام بدراسة المواد شبه الموصلة منذ أوائل القرن التاسع عشر، ففي عام 1889 تم استخدام السليسيوم مقوماً (Rectifier) للتيارات المتناوبة ذات التردد المنخفض وعندها أُدخلت أشباه الموصلات في مجالات التطبيقات العملية حيث أصبح لها دور مهم وكبير في التطبيقات التكنولوجية الحالية بحيث تطورت في العديد من المجالات ذات أهمية تكنولوجية وتقنية مثل الصمامات الثنائية والترانزستورات والصمامات الثنائية الكهروضوئية وصمامات اليزر الأزرق والكواشف وفي الطبقات الرقيقة والخلايا الشمسية. حيث يتضمن هذا الفصل دراسة شاملة عن أشباه الموصلات المسؤولة عن امتصاص الأشعة الشمسية.

1.II.المواد الصلبة:

تتكون الذرة كما هو معلوم من نواة مركزية ومن الكترونات تدور حولها , تحتوي النواة علي بروتونات ذات شحنة موجبة تساوي بالقيمة المطلقة شحنة الالكترونات السالبة ,وعلي نيترونات عديمة الشحنة ,وبالتالي تكون الذرة متعادلة كهربائيا , تدور الالكترونات حول النواه علي مدارات ذات مستويات طاقة مختلفة ,تمتلك الاقرب منها الي النواة طاقة اقل من تلك التي تكون ابعد ,أي اننا كلما ابتعدنا عن النواة ازدادت طاقة الالكترون .ترتبط بذرات العنصر فيما بينها بوساطة الكترونات المدار الاخير لها , والمعروف باسم مدار التكافؤ مشكلة ما يسمى بالبنية البلورية للمادة.

2.II.حزم الطاقة في المواد الصلبة Energy Bands in Solid

إن المواد الصلبة يمكن ان تصنف علي ثلاثة اصناف وهي مواد موصلة ,مواد عازلة ,ومواد شبه موصلة ,ولقد اعتمد هذا التصنيف علي اساس تركيب الحزم للمواد وعلي مقدار فجوة الطاقة التي تفصل حزمة التوصيل عن حزمة التكافؤ وعلي قدرتها علي توصيل التيار الكهربائي كما يلي:

1.2.II. الموصلات (النواقل) Conductors:

تكون حزمة التكافؤ متداخلة مع حزمة التوصيل وبالتالي لا توجد فجوة طاقة ,ان اختفاء فجوة الطاقة في البلورات الموصلة يعني أي الكترولون تكافئي سوف يكون حرا في التجوال بين الحزمتين.

وعند درجة حرارة الصفر مطلق لا تستطيع الالكترولونات التحرك خلال البلورة وذلك لان جميعها مرتبطة بشدة الي ذراتها وبالتالي فإنها تملأ حزمة التكافؤ من أقل مستوي طاقة فيها الي اعلي مستوي الطاقة او بعبارة اخرى ان حزمة التوصيل عند درجة حرارة الصفر مطلق تكون فارغة وهذا يعني انه لا توجد طاقة كافية عند أي الكترولون لكي ينتقل الي حزمة التوصيل.

وعند ارتفاع درجة الحرارة فوق الصفر المطلق فان الطاقة الحرارية التي سوف يكتسبها الالكترولون ستمكثه من الافلات من ذرته والانتقال الي حزمة التوصيل ويكون في الحزمة التوصيل متحركا حركة عشوائية بكل الاتجاهات .

2.2.II. العوازل Insulators

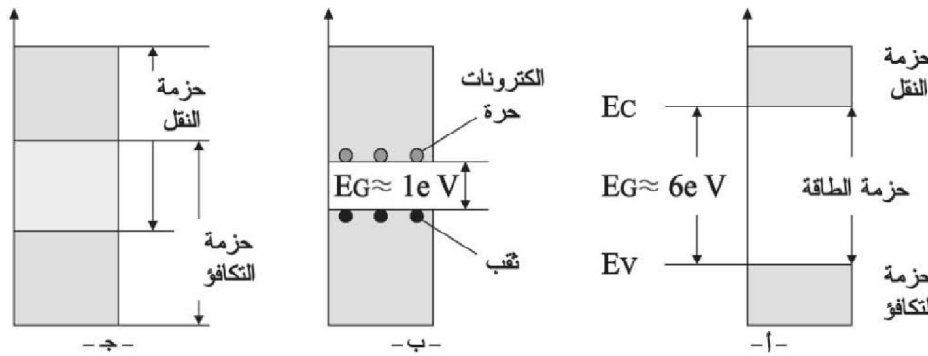
تكون حزمة التكافؤ مفصولة عن حزمة التوصيل بفجوة طاقة كبيرة تصل قيمتها الي حوالي (6ev) وبالتالي فان الالكترولونات في حزمة التكافؤ لا يمكنها الانتقال الي حزمة التوصيل الا عند استلامها الطاقة الكافية التي تساوي فجوة الطاقة

في درجات الحرارة العادية لا تمتلك الالكترولونات في حزمة التكافؤ الطاقة التي تمكنها من الانتقال الي حزمة التوصيل وبالتالي فانه يمكن القول ان البلورة العازلة تتميز بامتلاكها فجوة طاقة كبيرة وتكون حزمة التكافؤ فيها مملوءة بالالكترولونات بينها تكون حزمة التوصيل فارغة وهذا يفسر عدم وجود شحنات حرة في المواد العازلة بل شحنات مقيدة في اماكنها بقوى ذرية وجزئية .

3.2.II. أشباه الموصلات (انصاف النواقل) Semiconductors

لا يختلف مخطط الطاقة لأشباه الموصلات عن نظيره في العوازل إلا في سعة الفجوة حيث تكون قيمتها في اشباه الموصلات في حدود (1.1eV) او اقل وتتميز هذه المواد بكونها عازلة عند درجة حرارة الصفر المطلق (حيث تكون حزمة التوصيل فارغة أي لا توجد طاقة كافية عند أي إلكترون لكي ينتقل الي حزمة التوصيل) وموصلة عند الدرجات الحرارية العالية.

ومن جهة اخرى عند درجة حرارة الغرفة ($27C = 300K$) يكتسب عدد من الالكترونات لكي ينتقل الي حزمة التوصيل إلا ان التيار الناتج يكون صغيرا بحيث لا يمكن الاستفادة منه في معظم التطبيقات وعند هذه الدرجة لا تكون المادة شبه الموصلة عازلا جيدا كما لا تكون موصلا جيدا ولهذا تدعي شبه موصل , ويوضح الشكل التالي الفروق بينهما بالتفصيل. [8]



الشكل(1.II): مخطط حزم الطاقة للعناصر الكهربائية - أ للعوازل - ب للنواقل - ج - لانصاف النواقل

3.II. تعريف انصاف النواقل:

بين المواد العازلة و المواد الموصلة يوجد مادة في غاية الاهمية هي اشباه الموصلات :

وتعرف بأنها مواد عازلة عند درجات الحرارة المنخفضة ولكنها تمتلك قدرا معينا من التوصيلية الكهربائية عند ارتفاع حرارتها .

و تتأثر توصيلية شبه الموصل بالحرارة و الضوء و المجال المغناطيسي و تؤثر فيها وجود كميات ضئيلة من الذرات الشائبة وان حساسية

شبه الموصل تجاه هذه العوامل تجعل منه مادة بالغة الاهمية في التطبيقات الالكترونية.

ان أكثر المواد المستخدمة في صناعة أشباه الموصلات هما عنصرى السليكون والجرمانيون ولكن شرحنا هذا سوف نتحدث عنها بصفة عامة في هذا الفصل وستفصل فيها في الفصل الثالث من هذا البحث بشرح عنصر السليكون باعتباره شبه موصل الأكثر استعمالا في صنع الخلايا الشمسية.

4.II. اشباه الموصلات النقية والغير نقية

1.4.II. المواد شبه الموصلة النقية:

هي المواد التي تكون عازلة عند درجة حرارة الصفر المطلق ولكنها تمتلك قدرا من التوصيلية الكهربائية عند ارتفاع درجة حرارتها او بإضافة شوائب او أحداث عيوب في تركيبها البلوري وتمتلك هذه المواد حزمتين من الطاقة تبعا لنظرية الحزم في المواد الصلبة أحدهما مملوءة تماما بالالكترونات وتمثل حزمة التكافؤ (Valence band) الأخرى فارغة من الالكترونات وتمثل حزمة التوصيل (Conduction band))

وعند رفع درجة حرارة شبه الموصل الى حرارة أعلى من الصفر المطلق فإن عددا من الالكترونات سوف تنتقل بعد اكتسابها طاقة كافية تكون مساوية او أكبر من طاقة الفجوة من حزمة التكافؤ الى حزمة التوصيل. اما حزمة التكافؤ فأن الالكترونات التي غادرتها سوف تترك مكانها فارغا تسمى بالفجوات مثل هذه المواد تدعى بأشباه الموصلات الذاتية او النقية والتي تملك أعدادا متساوية من حاملات الشحنة السالبة والموجبة (الالكترونات والفجوات) أي ان كثافة الالكترونات في حزمة التوصيل تساوي كثافة الفجوات في حزمة التكافؤ. [9]

- مستوى فيرمي في شبه الموصل النقي:

يعرف بأنه ذلك المستوى الذي تكون احتمالية وجود الالكترونات

فيه عند درجة حرارة أعلى من الصفر المطلق تساوي نصفاً ويعطى بالعلاقة الآتية

$$E_f = \frac{E_c + E_v}{2} + k_B \ln\left(\frac{m_h}{m_e}\right) \dots \dots \dots (1. II)$$

إذ إن: E_c : مستوى الطاقة عند حافة حزمة التوصيل , E_v : مستوى الطاقة عند حافة حزمة التكافؤ

kB : ثابت بولتزمان ، mh^* ، الكتلة الفعالة للفجوات ، me^* : الكتلة الفعالة للإلكترونات

وعندما تكون ($me = mh$) فان مستوى فيرمي يكون في وسط فجوة الطاقة الممنوعة.

$$E_f = \frac{E_c + E_v}{2} \dots\dots\dots(2.II)$$

$$E_f = \frac{E_g}{2} \dots\dots\dots(3.II)$$

اذ ان E_g : فجوة الطاقة . [10]



الشكل (2.II) مستوى فيرمي لشبه الموصل النقي.

2.4.II. المواد الشبه الموصله الغير النقية:

هي عبارة عن مواد شبه موصله نقيه مطعمه بذرات مادة اخرى تسمى (الشوائب) حيث يعرف التطعيم علي انه اضافة ذرات معينة وبنسب قليلة الي المادة شبه الموصله النقيه لزيادة توصيلتها.

1.2.4.II. انواع المواد شبه الموصله الغير النقيه:

▪ اشباه الموصلات نوع السالب N type semiconductor

اذا اضيفت كميات معلومة من العناصر المجموعة الخامسة من الجدول الدوري كالفسفور او الزرنيخ او الانتيومون الي اشباه الموصلات النقيه كالسليكون مثلا فان الذرات الشائبة التي لها خمسة الكترونات تكافؤ تدخل في تركيب السيلكون وتكون روابط التساهمية مع الذرات الاربعه المحيطة بكل منها ويبقى الالكتران واحد معلق بذرة الام , ان فصل هذا الالكتران عن الذرة لا يحتاج الي طاقة كبيرة

حيث ان هذه الطاقة اقل بكثير من الطاقة اللازمة لنقل الالكترتون من الحزمة التكافؤ الي حزمة التوصيل في حالة اشباه الموصلات النقية . يوجد في هذا النوع عدد كبير من حاملات الشحنة السالبة ولهذا سمي بالنوع n.

▪ شبه الموصل نوع موجب P type semiconducto

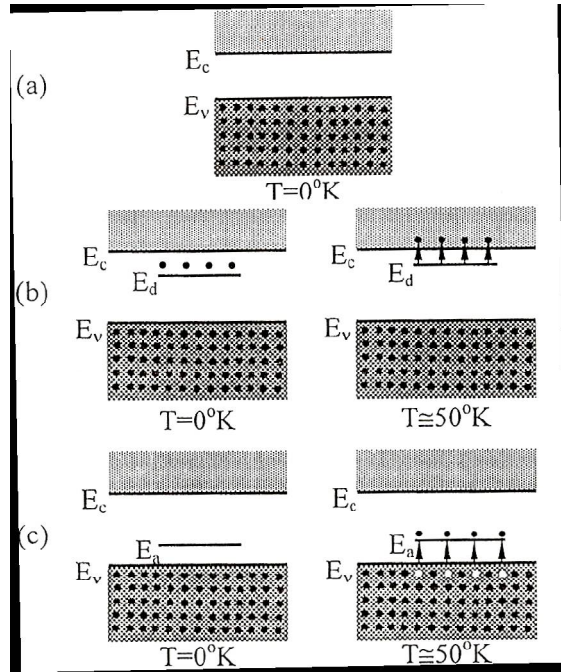
اذا اضيفت كميات معلومة من العناصر المجموعة الثالثة في الجدول الدوري كالبرون او الالمنيوم او الانديوم الي اشباه الموصلات النقية كالسليكون مثلا فسوف ينتج عن ذلك نوع جديد من اشباه الموصلات تكثر فيها الفجوات بدلا من الالكترونات , ان ذرات الشوائب ستترتبط مع السليكون وتكون مع الذرات الاربعة المحيطة بكل واحدة فيها روابط تساهمية ولما كانت ذرات الشوائب تحتوي علي ثلاثة الكترونات فقط في غلافها الخارجي فعليه سوف تبقى الرابطة تساهمية واحدة تحتوي الكترونا وتحتاج الي الكترون لاستكمال البنية البلورية الاعتيادية لشبه الموصل (ان الذرة الشائبة في هذه الحالة يمكن ان تكتسب بسهولة الكترونا من الروابط المجاورة فعندئذ تكتمل روابطها) ان هذا النوع نجد فيه فجوة موجبة (الغلبية) تطفؤ من حزمة التكافؤ لمادة شبه موصل , لهذا سمي هذا النوع P

5.II. البلورة الدخيلة (المشوبة):

إن حالة حزمي التكافؤ والتوصيل في أشباه الموصلات المطعمه وفي درجة حرارة الصفر المطلق تشابه مثلتها في أشباه الموصلات النقية كما موضحه بالشكل (1.II) إلا ان فجوة الطاقة لها تتضمن بشكل جزئي مستويات شوائب(واهبة او قابلة) فالمستويات الواهبة او المانحة (Donor Levels) تقع مباشرة تحت حزمة التوصيل وتكون ممتلئة تماما ولا ترفع الكتروناها الي مستوى التوصيل ، في حين ان المستويات القابلة (Acceptor Levels) تكون غير مشغولة , وعند رفع درجة الحرارة ترفع المستويات الواهبة الكتروناها الي حزمة التوصيل دون ان يرافق ذلك ظهور فجوات في حزمة التكافؤ ويدعى شبه الموصل نوع (n-type) ويقترب مستوى فيرمي من حزمة التوصيل كما مبين في الشكل: (II-3) b

أما المستويات القابلة فأما تتقبل الكترونات من حزمة التكافؤ تاركة خلفها فجوات في حزمة التكافؤ دون ان يصاحب ذلك ظهور الكترونات في حزمة التوصيل , ويهبط مستوى فيرمي قريبا من حزمة التكافؤ ويدعى شبه الموصل نوع (p-type) كما يوضحه

الشكل (IIc-3). [11]



الشكل (3.II): مستوي فيرمي لأشباه الموصلات النقية و من نوع n والنوع p

(a) النقية (b) المطعمة (n-type) (c) المطعمة (p-type)

الفصل الثالث:

الخلايا الكهروضوئية

تمهيد:

ان توليد الكهرباء باستخدام المنظومات الشمسية الفوتوفولتائية اصبح في الوقت الحالي من المصادر الهامة والمتنامية في مناطق كثيرة من العالم , وقد اكتسبت المنظومات الشمسية الفوتوفولتائية اهميتها وذلك لضرورة استخدامها في كثير من التطبيقات وان تحويل اشعة الشمس المباشرة الي طاقة كهربائية هو احد المنجزات العلمية الكبرى في القرن العشرين والألفية الثانية , وهو افضل التقنيات المستخدمة في مجال الطاقة المتجددة , ولقد بدأت هذه التقنية منذ العقود العديدة لكنها دخلت مرحلة الاستغلال الفعلي عند استخدامها في برامج الفضاء في نهاية الخمسينيات من هذا القرن.

ويتوقع ان يساهم تحويل الطاقة الكهروضوئية عمليا في تقليل استهلاك الوقود الاحفوري والى خفض التلوث البيئي وقد بدأت نظم الخلايا الكهروضوئية تنتشر تدريجيا في تطبيقات الانارة والاتصالات وضخ المياه وغيرها.

حيث سنتطرق في هذا الفصل الي دراسة الخلايا الشمسية من حيث كيفية عملها , بعض أنواعها , صنعها وكيفية ربطها.

1.III. نبذة تاريخية عن الخلايا الكهروضوئية:

يعود أثر اكتشاف الكهروضوئية الى القرن الماضي الميلادي عندما قام العالم بكيرل (Becquerel) في عام 1939م بدراسة تأثير الضوء على بعض المعادن والخاليل وخصائص التيار الكهربائي الناتج عنها.

كما ادخل العالمان ادم وسميث ((Adams & Smith) مفهوم الناقلية الكهربائية الضوئية لأول مرة عام 1877 وتم تركيب اول

خلية شمسية من مادة السيلينيوم (Se) من قبل العالم ((Fritts عام 1883 حيث توقع ان تساهم في انتاج الكهرباء مستقبلا , وقد

سجل عالم 1941 م تصنيع اول خلية شمسية سيليكونية بكفاءة لا تتجاوز (1%) ثم لحق ذلك انجاز مختبرات بل الامريكية (Bell

Lab) في تصنيع البطارية الشمسية (Solari Battery) في منتصف الخمسينات بكفاءة بلغت (6%) استخدمت انذاك في التطبيقات

الفضائية , كما تم في نفس الفترة تركيب اول خلية شمسية من مواد كبريت الكاديوم وكبريت النحاس اطلق عليها فيما بعد الخلايا

الشمسية ذات الافلام الرقيقة (Thin –Film Solar) بعد تلك الفترة ازداد تسارع بحوث التطوير في العلوم الفيزيائية والهندسية

لأشباه الموصلات (Semiconductors) وخاصة ما يرتبط بدراسة التبادلات الكهربائية الضوئية مما ساعد على تطور الخلايا الكهروضوئية بقدرات تتراوح بين الملي وات الى الكيلو وات .

اما الفترة الهامة للخلايا الكهروضوئية فقد حدثت في عقدي السبعينيات والثمانينات وخاصة بعد تطور علوم التركيب الجهرية الدقيقة لأشباه الموصلات وقد اعتبرت الخلايا الكهروضوئية حينئذ بأنها احدى الطرق العلمية الطموحة لتوليد الكهرباء في مصادر المتجددة للطاقة. وقد ساعد ازدياد الطلب على استخدام مجمعات الخلايا الكهروضوئية حيث انخفضت نسبيا تكلفة انتاجها بصورة معقولة ووصل انتاجها الي عشرات الميجا وات.

2.III. الخلايا الشمسية (Photovoltaïque Cellas):

عبارة عن أجهزة بسيطة جداً مصنوعة من مواد نصف ناقلة تمتلك القدرة على امتصاص الضوء وتحويل جزء من الطاقة الضوئية الممتصة إلى حوامل (carriers) التيار الكهربائي (ثقوب وإلكترونات) ،وهكذا ،فإن الخلية الشمسية ببساطة هي ثنائي (diode) مصمم ومنتج بعناية ليمتص طاقة الضوء بكفاءة من الشمس ويحولها إلى طاقة كهربائية.

تجمع وتربط الخلايا الشمسية كهربائيا مع بعضها بعضا للحصول على اللاقط الكهروضوئي (Module) ،وبتجميع اللواقط مع بعضها البعض نحصل على مصفوفة لواقط (Array) يستخدم الربط على التسلسل للحصول على الجهد اللازم كما ان الربط على التوازي يعطي التيار المطلوب [12]

3.III. انواع الخلايا الكهروضوئية:

1.3.III. الخلايا السيليكونية:

1.1.3.III. الخلايا السيليكونية أحادية البلورة : (monocrystalline silicon sells)

معظم الخلايا الفولطاضوئية المصنعة لغاية فترة قريبة كانت من سيليكون نقي ذي هيكل مستمر احادي البلورة (single crystal) وبدون شوائب ,والسيليكون احادي البلورة يصنع عادة من حبوب صغيرة من البلور مسحوبة ببطء من كتلة مذابة من السيليكون متعدد البلورية بطريقة متقدمة وغالية الثمن ,ومعظم الخلايا السيليكونية الاحادية البلورية المتوفرة في الاسواق ذات كفاءة تقارب 16% وبالرغم من ميزة الكفاءة العالية التي تختص بها الخلية الشمسية الاحادية البلورية فان سعرها مرتفع جدا لكونها مصنوعة من سيليكون أحادي البلورة وعالي النقاوة وكون طريقة التصنيع غالية وتحتاج الي عمال مهرة.

ويتم حاليا تصنيع بعض الخلايا من السيليكون اقل نقاوة ,وهذه الخلايا تكون ارخص سعرا وتنتج بكلفة ارخص باستخدام عمليات مختلفة قليلة الكلفة ولكنها ذات كفاءة اقل وعمر زمني اقل.



الشكل (1.III): لوح كهر وشمسي مصنوع من خلايا السيليكونية أحادية البلورة

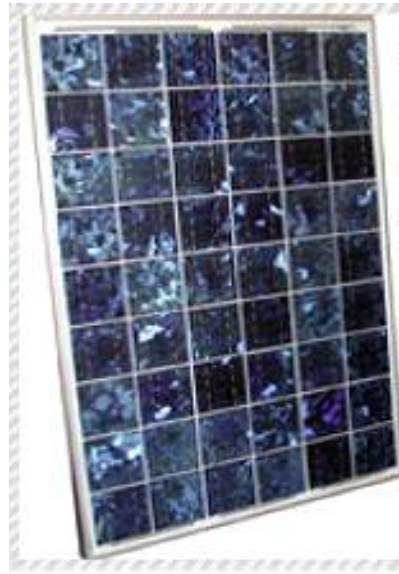
III.2.1.3. خلايا سيليكونية الشريطية:

يتم في هذه الطريقة انتاج شريط من السيلكون احادي البلورة باستخدام سيلكون متعدد البلورية او من سيلكون احادي المذاب

III.3.1.3. الخلايا السيلكونية متعددة البلورات: (polycrystalline silicon cells):

يتكون السيلكون المتعدد البلورة من الحبيبات صغيرة من البلور الاحادي , بالرغم من كون الخلايا الكهروضوئية المتعددة البلورات ارخص وأسهل تصنعا من الخلايا احادية البلورة بسبب النقاوة الاقل للمادة الاولية إلا انها اقل كفاءة , وذلك كون حاملات الشحنة (الالكترونات والثقوب) المولدة من قبل فوتونات الاشعاع الشمسي يمكن ان تتجمع علي الحدود بين الحبيبات 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 ثم توجه الخلايا من الأعلى الي الاسفل , وذلك لسماح للإشعاع الشمسي بالتغلغل بعمق خلال الحبيبات .

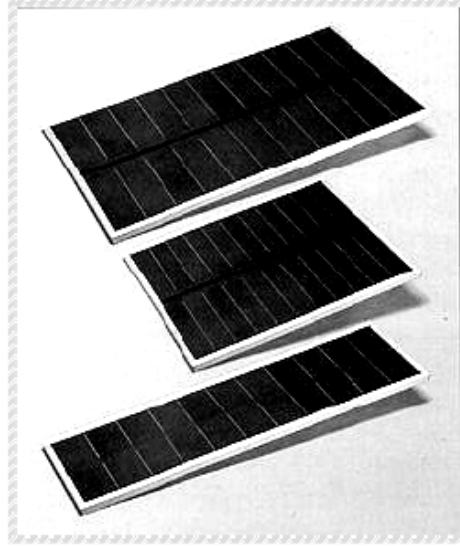
تتراوح كفاءة الخلايا السيلكونية متعددة البلورات بين 11% و 15% .



الشكل (III.2): لوح شمسي مصنوع من خلايا سيليكونية متعددة البلورات

III.4.1.3. الخلايا السيليكونية العشوائية:(amorphas silicon sells):

يمكن تصنيع الخلايا الكهروضوئية بطريقة أرخص من طرق تصنيع الخلايا السيليكونية الأحادية والمتعددة البلورات , وهذه الخلايا تسمى بالخلايا السيليكونية (A- Si) حيث تكون ذرات السيلكون فيها اقل ترتيبا من النوع البلوري , ففي السيلكون العشوائي لا ترتبط كل ذرة ارتباط كاملا مع الذرات المجاورة , انما تترك ما يسمى بالرابط المتدلي , وتستطيع امتصاص الالكترونات اضافية عند اجراء عملية الطلاء , الشكل (3.III) يبين لوحا شمسيا مصنوعا من خلايا كهر وشمسية عشوائية.



الشكل (3.III): لوح شمسي مصنوع من خلايا سيليكونية عشوائية

تختلف خلايا السيلكون العشوائي عن الخلايا المصنعة بطرق اخرى بالنسبة لمنطقة الارتباط (N-P) اذ يتكون هذا النوع من الخلايا منطقة تسمى (N-I-P) وهي رقيقة جدا من نوع (P) من السيلكون العشوائي تأتي بعدها طبقة داخلية (I) اكثر سمكا من مادة السيلكون العشوائي الخالي من الشوائب , ثم طبقة رقيقة جدا من نوع (N) من السيلكون العشوائي , كما انها ارخص سعرا

من الخلايا السيلكونية البلورية, وأكثر امتصاصا للإشعاع الشمسي اضافة الي ان درجة حرارة تصنيعها قليلة جدا مقارنة بالخلايا السيلكونية البلورية ولذلك فهي تحتاج الي طاقة اقل.

من سلبياتها انها ذات كفاءة قليلة مقارنة بالخلايا السيلكونية المذكورة سابقا , حيث تتراوح ما بين 4% و 8% وهي تتناقص مع مدة تعريضها للشمس وكذلك عمرها الزمني قليل , ان اعلي كفاءة تم الحصول عليها لا تتجاوز 12% , كما خلافاتها التي تتحول الي الزرنيخ (الارسنايد) ضارة بالبيئة

III.2.3. خلايا الغاليوم ارسنايد (GaAS):

ليس السيلكون المادة الوحيدة الملائمة للاستخدام في تصنيع الخلايا الكهروضوئية , فهناك مواد اخرى يمكن استخدامها كاليوم ارسنايد التي تمتلك هيكل بلوريا مشابها للسيلكون , وهي ملائمة جدا لاستخدام في تطبيقات الخلايا الشمسية لكونها ذات معامل امتصاص عال للضوء , كما تتمتع بكفاءة جيدة , ويمكن ان تعمل تحت ظروف درجة حرارة عالية نوعا ما بدون تناقص في ادائها كالاخلايا السيلكونية وبعض اشباه النواقل التي تعاني من هذه المشكلة

وبهذه الموصفات يمكن استخدامها في منظومات الخلايا الشمسية المركزة , ومن الامور التي يجب معرفتها هي ان كلفة تصنيع هذه الخلايا اعلى من كلفة تصنيع الخلايا السيلكونية , وذلك لكون عمليات انتاجها غير متطورة حاليا , وتستخدم عند الحاجة الي خلايا ذات كفاءة عالية كما هو الحال في تطبيقات الفضاء.

III.3.3. خلايا الكوبرانديوم ديسلنايد (CIS):

وهي مواد من اشباه النواقل مركبة من النحاس والاندنيوم والسلينايد (CIS) , وقد استخدمت في تصنيع خلايا وصلت كفاءتها خبريا الي (12%) , هذا النوع من الخلايا لا يعاني من مشكلة نقصان الكفاءة عند الاستخدام الذي ظهر في الخلايا السيلكونية العشوائية , وبما ان مادة الانديوم مادة غالية الثمن وبالرغم من ان الكمية المستخدمة قليلة فان ذلك يؤثر علي سعرها . من مساوي طريقة التصنيع هذه الخلايا هو استخدام الهيدروجين والسلينايد وهو سام جدا ويسبب مشاكل صحية كبيرة في حالة حدوث خلل عند التصنيع .

4.3.III. خلايا الكادميوم تليرايد (CdTe):

هي مواد من اشباه النواقل مناسبة لاستخدام الخلايا الكهروضوئية تتألف من الكادميوم والتليرايد , ومن محاسن هذه الخلايا امكانية تصنيعها باستخدام عملية بسيطة ورخيصة من الطلاء الكهربائي.

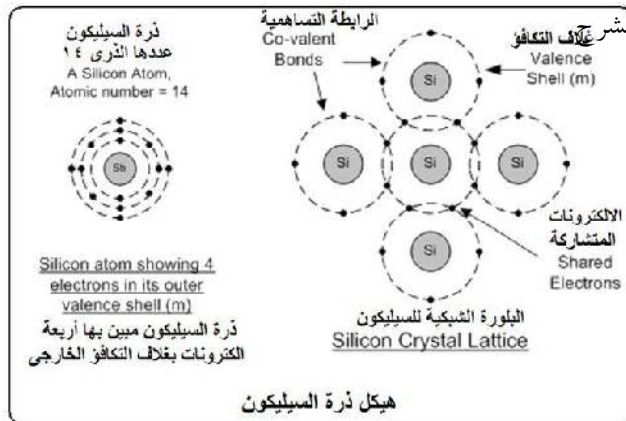
وقد وصلت كفاءة هذه الخلايا ما بين 10% بدون تناقص في الكفاءة عند الاستخدام. لكن من مساوئها ان الكادميوم مادة

سامة جدا [13]

لتوضيح تأثير الأشعة الشمسية علي الخلية الضوئية سنختار خلية سيليكونية وسنشرح تركيبها بالتفصيل لنتمكن من شرح كيفية تحويل هذه الاشعة الي تيار كهربائي .

4.III. عمل خلية الشمسية السيليكونية:

يملك السيلكون بعض الخواص الكيميائية في تركيبه البلوري , فذرة السيلكون تحتوي علي 14 الكترون موزعة علي ثلاث مستويات طاقة . مستويين الطاقة الاول والثاني الاقرب للنواة يكونان ممتلأين تماما بالالكترونات والمستوى الثالث او المستوي الخارجي يحتوي علي اربعة الكترونات فقط اي يكون نصفه ممتلئ ونصف الاخر فارغ حيث ان المدار يمتلئ ب 8 الكترونات , وتسمى ذرة السيلكون لان تكمل النقص في عدد الكترونات في المستوى الخارجي وتفعيل ذلك فإنها تشارك اربع الكترونات من ذرات السيلكون مجاورة وبهذا ترتبط ذرات السيلكون بعضها البعض في شكل تركيب بلوري (الشبكة) , وهذا التركيب البلوري له فائدة كبيرة في خلية

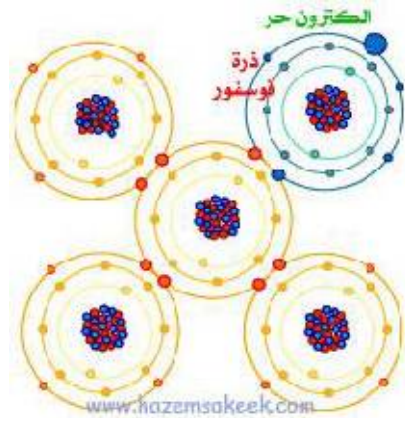


الفوتوفولتيك كما سنوضح ذلك في

الشكل (4.III): ذرات السيلكون مرتبطة مع بعضها البعض مشكلة تركيب بلوري منتظم لا يوجد فيه الكترونات حرة .

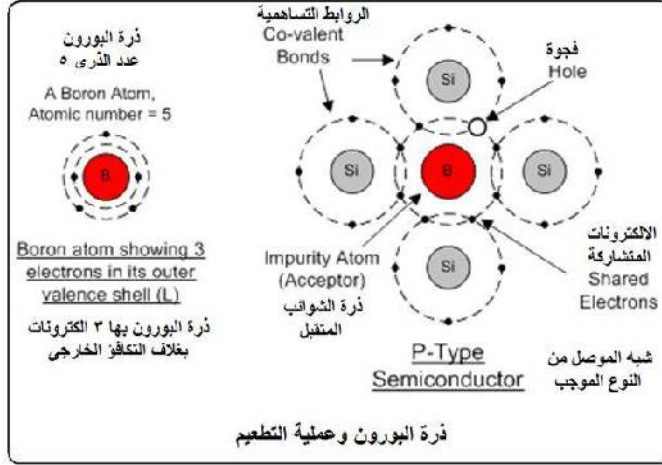
لقد قمنا بوصف بلورة السليكون النقية وللعلم بلورة السليكون النقية لا توصل التيار الكهربائي بكفاءة لأنه لا يوجد إلكترونات حرة لتنتقل التيار الكهربائي قد قيدت في التركيب البلوري , ولهذا ولكي يتم استخدام السليكون في الخلية الشمسية فإننا بحاجة إلى إجراء تعديل بسيط في التركيب البلوري . التعديل البسيط هذا هو عبارة عن إضافة ذرات عناصر أخرى (تسمى عملية التطعيم) كما شرحنا سابقاً .

يتم إضافة (تطعيم) ذرات السليكون بذرات الفسفور حيث تحتوي هذه الأخيرة على 5 إلكترونات في مدارها الخارجي ولهذا عندما تدخل الشبكة البلورية بين ذرات السليكون ستشارك بـ 4 إلكترونات ويبقى إلكترون حر . وتسمى أشباه الموصلات التي تطعم بذرات تحتوي على إلكترونات إضافية بالنوع **N - type** أي النوع السالب لأنه أضاف إلكترون للتركيب البلوري للذرات .



الشكل (5.III): تطعيم ذرات السليكون بذرات فسفور

كما أنه يوجد تطعيم بذرات توفر إلكترونات إضافية هناك تطعيم آخر بذرات لها عدد أقل من الإلكترونات كالبورون مثلاً حيث يحتوي على 3 إلكترونات في مداره الخارجي لذلك ستشارك في ارتباطها مع السليكون في الشبكة البلورية ، فتكون فجوة ويبقى إلكترون حر يحتاج إلى إلكترون آخر ليكون رابطاً تساهمياً وتسمى المواد الناتجة عن هذا التطعيم بالنوع **p-type** أي النوع الموجب



الشكل (6.III) : ذرة البورون وعملية التطعيم .

وفي الحقيقة الخلية الشمسية تحتوي علي كلا النوعين النوع الموجب والنوع السالب , والأمر المهم هو ما يحدث عن توصيل النوعين معا فان الإلكترونات (type n) تنتقل الي الفجوات (type p) وتتحد معها ولكن لا تستمر عملية الانتقال هذه الي ان تتحد كل الإلكترونات مع كل الفجوات وتتوقف العملية لان ما يحدث هو ان تنتقل المجموعة الاولى من الإلكترونات وتتحد مع الفجوات ليشكل حاجز عند المنطقة التي تصل النوع الموجب عن النوع السالب الاتحاد مع الفجوات في النوع الموجب ويتكون عند المنطقة مجال كهربائي .

هذا المجال الكهربائي يعمل عمل الديود **diode** حيث يسمح بمرور الإلكترونات من الجزء الموجب الي الجزء السالب ولكن ليس العكس , وبهذا يكون لدينا في كل خلية فوتوفولتيك مجال كهربائي يحدد اتجاه حركة الإلكترونات .

فعند سقوط فوتونات علي الجزء n من الخلية تكتسب الإلكترونات الطاقة من الفوتونات فتقفز الي منطقة التوصيل تاركنا ورائها ايون موجبا (فجوة في حزمة التكافؤ) في الشبكة البلورية للخلية.

ويمكن للإلكترون من الذرة المتعادلة مجاورة الانتقال من الذرة المتعادلة الي الفجوة الموجبة الشحنة.

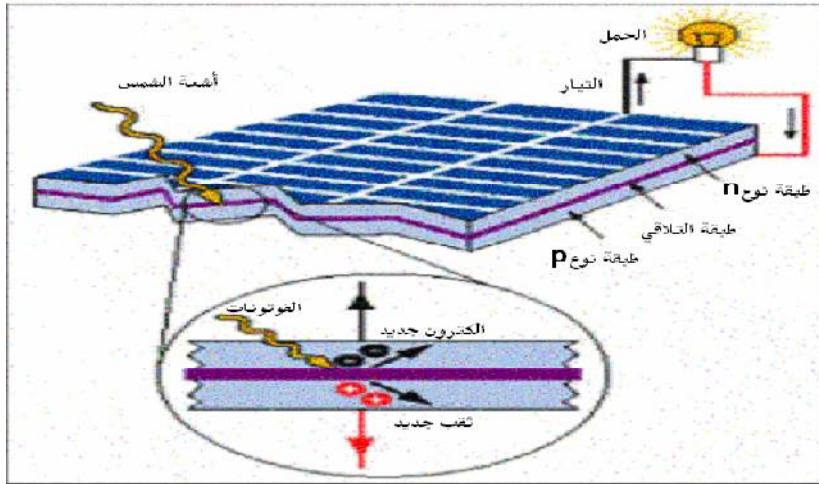
تصبح متعادلة فجوة عندما ينتقل الإلكترون منها , وتصبح الفجوة الاصلية ذرة متعادلة عندما يقبل الأيون الموجب الإلكترون المنتقل

اليه

وتمتد عملية الانتقال (الحركة) هذه الى الجزء p من الخلية [14]

تيار الالكترونات المتحركة من الفجوة الى أخرى يمكن اعتباره تيار الفجوات المتحركة في اتجاه المعاكس لجهة الالكترونات .

ان سريان الالكترونات الى جهة n والفجوات في الاتجاه المعاكس هو ما يسمى بالتيار الكهربائي , فإذا كانت هناك دارة خارجية تسمح بمرور التيار فيها فان الالكترونات المتحركة تترك الشبه الموصل الى احد الاسلاك الخارجية في اعلي الخلية وفي نفس الوقت تتجه الفجوات الى الاتجاه المعاكس خلال المادة الي ان تصل الي السلك الخارجي الاخر في قاع الخلية . وعندها ستتملى بواسطة الالكترونات القادمة من نصف الدارة الخارجية الاخر . وهذا ما يوضحه الشكل المبسط : [2]



الشكل (7.III): يوضح آلية عمل الخلية الكهروضوئية

5.III. خصائص التيار والجهد والقدرة للخلية الكهروضوئية:

تكون الطاقة الكهربائية المتولدة من الخلية الكهروضوئية بشكل تيار مستمر (DC) وتعتمد شدة هذا التيار

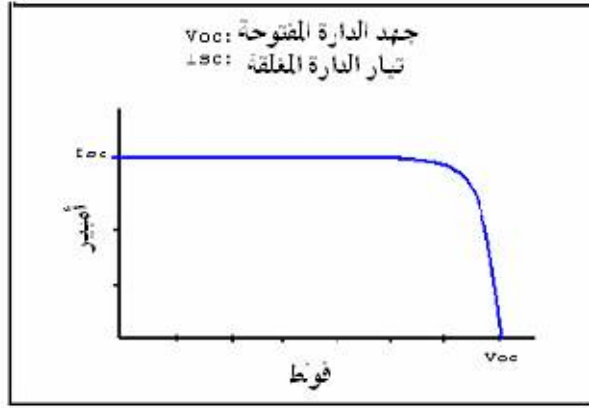
على بارامترين: الأول هو الأشعة الشمسية الساقطة، والثاني هو التيار والفولط المطلوب للحمل. ويعتمد مردود اللوح الكهروضوئي

على مردود هذه الخلايا وتعرف الخلية الشمسية ذات المساحة (100 cm²) بأنها بطارية شمسية تقوم بإنتاج فولطية مقدارها (V)

(0.5)

وتيار يتناسب مع شدة الإشعاع الشمسي يصل مقداره ما بين (3-5.A) في حالة شدة الإشعاع الشمسي القصوى .

تحدد الخلية الكهروضوئية بفرق جهد دارتها المفتوحة وتيار دارتها المغلقة والشكل (8.III) يوضح مخطط (I-V) لخلية



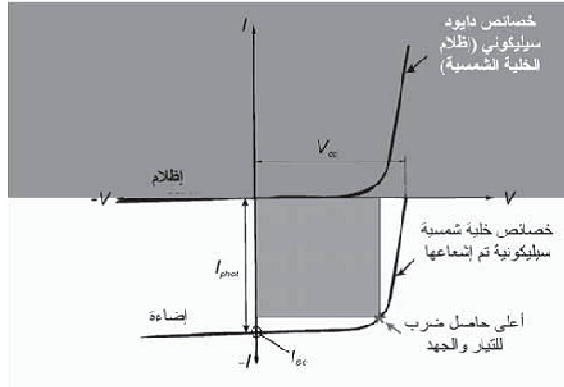
كهر وشمسية مثالية:

الشكل (8.III) مخطط (I-V) لخلية كهر وشمسية مثالية

فرق جهد الدارة المفتوحة هو الفولط الذي تعطيه الخلية الكهروضوئية عندما لا يمر في الدارة أي تيار، وهو الفولط الأعظمي الذي تعطيه الخلية الكهروضوئية من الإشعاع الشمسي أما تيار الدارة المغلقة فهو التيار المار في الخلية الكهروضوئية إلى دارة خارجية بدون حمل أو مقاومة وهو التيار الأعظمي الذي تستطيع الخلية الكهروضوئية توليده من الإشعاع الشمسي (تيار القصر). [2]

6.III. نقطة القدرة العظمى: Maximum Power Point

الخاصية المميزة للخلية الشمسية من دون أي اشعاعية (خاصية الاضلام) تتوافق مع الخاصية المميزة للصمام الثنائي كما هو مبين في الشكل التالي:



الشكل (9.III) خصائص التيار الجهد لدا يود (اظلام خلية شمسية) و خلية تم اشعاعها مع تيار دائرة القصر I SC وجهد الدائرة المفتوحة.

وعند سقوط الاشعة الشمسية تتزحزح هذه الخاصية بمقدار التيار الضوئي I photo في الاتجاه المانع لمرور التيار (خاصية الاضاءة) , ويتم إيجاد هذه الخاصية للخلية الشمسية بتوصيل مقاومة حمل متغيرة اليها والرسم بيانيا بين التيارات والجهود الكهربائية الناتجة لقيم مختلفة الاحمال.

تيار دائرة القصر I sc (short-circuit) هو أحد الخصائص المهمة جدا للخلية , ويحدث هذا التيار في الخلية الشمسية ذات دائرة القصر التي سقطت عليها الأشعة , جهد الدائرة المفتوحة Voc (open -circuit) , يمكن وصف الجهد بين التلامسات اذا لم يؤخذ أي تيار (دائرة المفتوحة) , والقدرة الكهربائية النظرية الممكن احرازها (المثلى) , التي يمكن أخذها من النقطة الطرفية P opt , هي حاصل ضرب تيار دائرة القصر I SC وجهد الدائرة المفتوحة Voc .

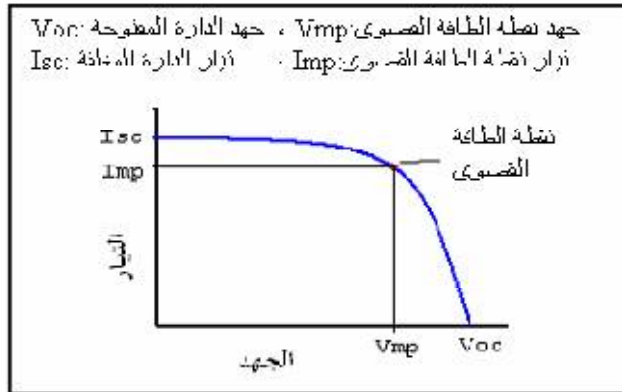
وتعطي (نقطة القدرة القصوى) Maximum power point : هي النقطة التي تكون عندها القدرة المتولدة من الخلية

الكهروضوئية أكبر ما يمكن ، أي إن نقطة القدرة العظمى (MPP) هي نقطة القمة بين خط التيار وخط الجهد على مخطط (I-V)

التي تعطي أكبر مساحة على هذا المخطط كما في الشكل [2]

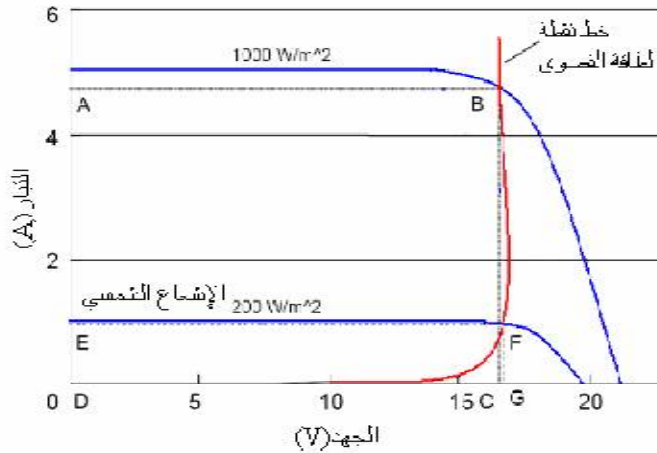
وتحسب (MPP) بحاصل الضرب بين النقطة القصوى للتيار , Imp والنقطة القصوى للجهد , Vmp.

$$P_{mp-max} = V_{mp} \cdot I_{mp} \dots \dots \dots (1.III)$$



الشكل (10.III): منحنى خصائص الجهد والتيار لخلية سيليكونية ويبين نقطة القدرة العظمى (MPP)

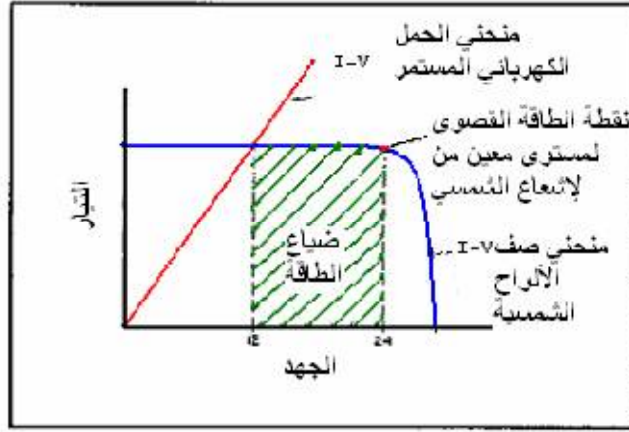
ان تغير في شدة الإشعاع الشمسي الساقط ودرجة حرارة الخلية الكهروضوئية يؤدي إلى تغيير موقع نقطة القدرة العظمى (MPP) والشكل (11.III) يبين خط تغير نقطة القدرة العظمى ابتداء من شدة اشعاع 200W/m² حتى من شدة إشعاع 1000 W/m² علي المخطط :



الشكل (11.III) : خط تغير نقطة القدرة العظمى

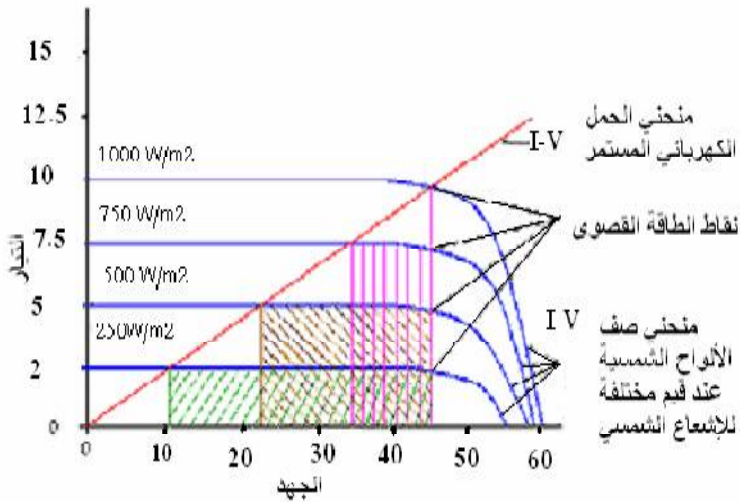
يكون تيار الحمل الكهربائي المستمر (DC) وفولطه على مخطط (I-V) بشكل خط مستقيم مائل, فعند زيادة الطاقة الكهربائية الأولية يرتفع التيار بنسبة ثابتة للفولط.

- فإذا تم تصميم المولد الكهروضوئي لتوليد (24) فولتًا والحمل يتطلب (12) فولتًا فقط فإن الحمل سيستجر الطاقة التي تقابل (2) (1) فولتًا وبالتالي , سيكون هناك ضياع في الطاقة الشكل يبين خط الحمل الكهربائي وخط القدرة الذي لم يصمم بشكل صحيح



الشكل.(III.12): خط الحمل الكهربائي وخط القدرة الذي لم يصمم بشكل صحيح

أيضا هناك اختلاف مستمر في مستوى تيار الطاقة الكهروضوئية الذي يتغير بدوره حسب التغير في مستوى الإشعاع الشمسي الساقط المتوفر على مدار اليوم، وبالتالي: يتغير موقع نقطة الطاقة العظمى بشكل مستمر على المخطط (I-V) أدت هذه التقلبات في موقع نقطة الطاقة العظمى وعدم تساوي هذه النقاط مع بعضها البعض إلى وجود عدة نقاط على طول الخط المستقيم المائل للحمل



الكهربائي المستمر على مخطط (I-V) كما في الشكل :

الشكل (III.13): تغير موقع نقطة

الطاقة العظمى تبعاً للإشعاع الشمسي

لذلك يجب أن يؤخذ بعين الاعتبار أثناء تصميم النظام الكهروضوئي مساواة خط الحمل الكهربائي على مخطط

(I-V) مع نقاط القدرة العظمى لتصميم نظام يعمل بكفاءة عالية بشكل عام [2]

7.III. كفاءة التحويل للخلية الكهروضوئية.

تعرف كفاءة التحويل الفولتضوئي η_{pv} بأنها النسبة بين القدرة الكهربائية الخارجية الي القدرة التي تم اشعاعها علي الخلية الشمسية . ويتم إيجاد كفاءة التحويل تحت ظروف فحص معيارية :

اشعاعية قدرها 1000 w/m^2 عمودية علي السطح الأمامي , ودرجة حرارة 25° للخلية وتوزيع طيفي وفقا للإشعاعية المارة بزاوية ارتفاع 8.41 خلال الغلاف الجوي (بكتلة هواء 5.1) ولأسباب فيزيائية , فان كفاءة التحويل الفولتضوئي لها حد أعلى نظري . ويبلغ هذا الحد الأعلى النظري 28 في المائة تقريبا لبلورة السليكون وله ثلاث مسببات رئيسة :

1- السليكون معروف بأنه شبه موصل غير مباشر . هذا يجعل امتصاص الفوتون يعتمد علي ظهور الفوتون (الاهتزاز الشبكي) وحيث ان هذا يحدث نسبيا بشكل نادر , فان معمل الامتصاص منخفض نسبيا .

2- طاقة شريط الفجوة للسليكون مقدارها 1.1 eV : الفوتونات ذات الطاقة الأقل لا يتم امتصاصها اطلاقا , بينما الفوتونات ذات الطاقة الأعلى تقوم بتحويل فائض من الطاقة الي فوتونات كاهتزازات شبكية , أي علي شكل حرارة , هذه العملية , وعمليات الفقد الاضافية أيضا , تعرف ما يسمى ب (الحساسية الطيفية) أو (الاستجابة الطيفية) للخلية الشمسية والتي تعرف بكثافة الفوتون $J_{\text{phot}}(\lambda)$ مقسومة علي شدة الاشعاع الساقط (الاشعاعية) $E(\lambda)$ أو $G(\lambda)$.

3- الجهد الكهربائي الأقصى (جهد الدارة المفتوحة) V_{oc} يعتمد علي فرق الجهد المعطي بواسطة الانتقال $p-n$ ويبلغ مقدارها تقريبا 7.0 للسليكون .

كفاءة التحويل النظرية هذه تنخفض في الحقيقة باليات فقد مختلفة تتضمن :

-عمليات الفقد الضوئية , مثل الفقد بالانعكاس والتظليل الناتجان عن التلامسات الأمامية , والفقد بالاشعاعية الغير الممتصة (النافذة) أيضا.

- عمليات الفقد باعادة الاتحاد :

امكانية الخلية الشمسية علي تحويل فوتون ساقط بطول موجي معين الي زوج من الالكترن والفجوة تسمى (كفاءة كمية)

وتقوم (الكفاءة الكمية الداخلية) باهمال الفقد بالانعكاس علي سطح الخلية الشمسية , بينما تقوم (الكفاءة الكمية الخارجية) بتضمينها.

بالرغم من أن طاقة الفوتونات تزداد مع زيادة ترددها (طبقا لقانون ماكس بلانك) , إلا أن كلا منها يقوم عادة بإنتاج زوج واحد فقط من الالكترن والفجوة بإمكانية طاقة ثابتة .

لهذا فان الكفاءة المعرفة بالنسبة بين الطاقة الكهربائية الخارجة الي الطاقة الاشعاعية , تنخفض كلما قلت الأطوال الموجية .

وأفضل كفاءة طيفية تحدث عندما يصبح مقدار الطاقة الناتج من الفوتون الساقط كافيا فقط لايجاد زوج واحد من الالكترن والفجوة . وإذا كانت طاقة الفوتون ليست كافية لهذا , فان التأثير الكهروضوئي يساوي صفر وهذا يحدث عند الأطوال الموجية الأكثر nm

1100 للخلايا الشمسية السيليكونية للخلايا الشمسية السيليكونية , ونتيجة الشوائب الموجودة في بلورة السليكون , فان الخاصية

الطيفية الحقيقية تختلف الى حد ما ان الخاصية المثالية المذكورة أعلاه وبتالي يجب قياسها . [15]

8.III. تجميع الخلايا:

بحكم أن الجهد وتيار الخلية ضعيف جدا فيتم توصيل عدد كبير من الخلايا على التوالي وعلى التوازي للحصول على

جهد والتيار اللازمين , فعند توصيل الخلايا على التسلسل يكون الجهد الحاصل هو مجموع جهد هذه الخلايا ولكن

التيار يكون تيار الخلية الواحدة , وعند توصيل الخلايا بالتوازي يكون الجهد مساويا لجهد الخلية الواحدة والتيار مجموع

تيارات الخلايا الموصلة على التفرع:

1.8.III. تجميع الألواح الكهروضوئية على التسلسل: Modules in Series

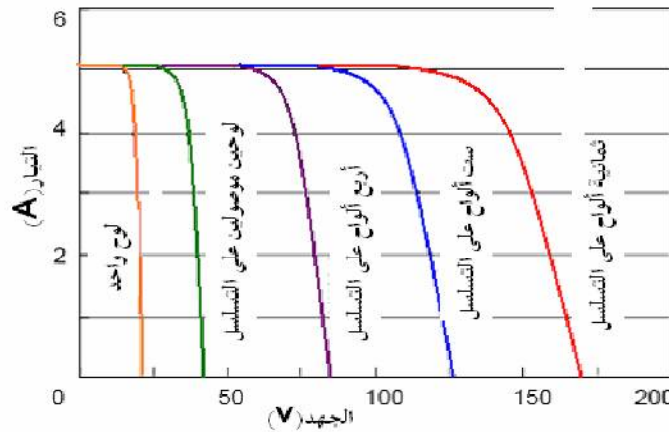
في الحالة المثالية عند ربط مجموعة من الألواح الكهروضوئية المتماثلة عددها n على التسلسل فان فرق جهد الدارة المفتوحة يساوي عدد الألواح مضروباً بفولط لوح واحد :

$$V_{sg} = V = n \times V_{oc1} = n \times V_{oc2} = n \times V_{oc3} = \dots = n \times V_{ocn} \rightarrow (I=0) \dots (2.III)$$

أما عندما يكون التيار ($I > 0$) أي عند وجود حمل كهربائي فان :

$$V_{sg} = \sum V_n = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n \rightarrow (I > 0) \dots (3.III)$$

الشكل (14.III) يوضح الخاصية المثالية ل (n) لوح شمسي متماثل مربوط على التسلسل :



الشكل (14.III) : الخاصية المثالية للألواح الكهروضوئية المربوطة على التسلسل

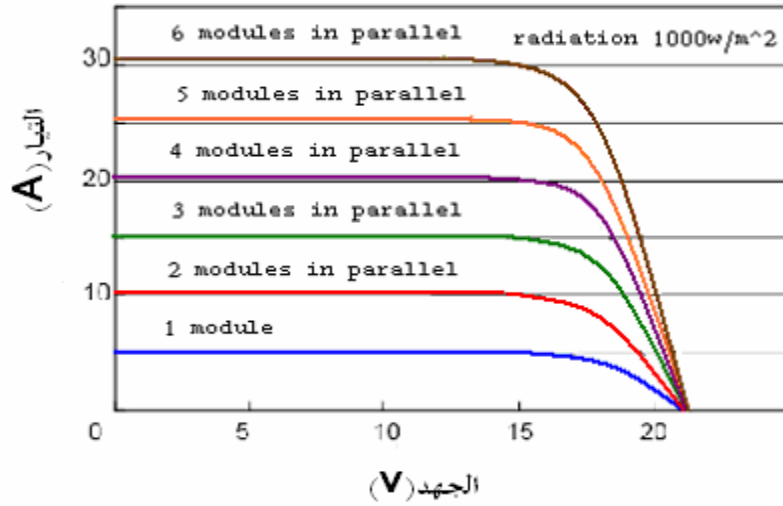
2.8.III. تجميع الألواح الشمسية على التفرع :

في حال ربط عدد (n) من الألواح الشمسية المتماثلة على التفرع فان الفولط الناتج يساوي الفولط لوح واحد والتيار الناتج يساوي مجموع التيارات الخاصة لكل لوح ($1 \dots \dots \dots n$)

$$I_{sg} = \sum I_n = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n \dots (4.III)$$

$$V_{sg} = V_1 = V_2 = V_3 = \dots = V_n \dots (5.III)$$

الشكل (15.III) يوضح الخاصية المثالية للألواح الشمسية المربوطة على التفرع.



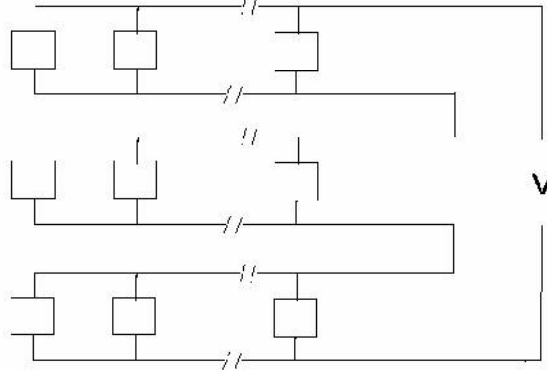
الشكل (15.III) الخاصية المثالية للألواح الكهروضوئية المربوطة على التفرع

3.8.III. تجميع الخلايا على التسلسل وعلى التفرع:

وللحصول على قدرة أكبر يتم تجميع الخلايا على التفرع وعلى التسلسل في وقت واحد. فعند ربط الخلايا بهذه

الطريقة نحصل ميزات الوصل التفرعي والوصل التسلسلي في نفس الوقت فبذلك نحصل على توتر مرتفع نسبياً

وتيار كبير نسبياً وهذه الطريقة هي الأكثر استعمالاً و يكون التوصيل كما في الشكل التالي :



الشكل (16.III): تجميع الخلايا على التسلسل وعلى التفرع

حيث توصل كل مجموعة من الخلايا على التفرع ثم توصل هذه المجموعة على التسلسل مع مجموعة أخرى من الخلايا و بدورها

توصل مع مجموعة أخرى و يوصل الطرفين النهائيين الي حمل.

الفصل الرابع:

مناقشة وتحليل

تمهيد:

ان شدة الإشعاع الشمسي ودرجة حرارة المحيط وحركة الرياح من المؤثرات المناخية الرئيسية على الخلية الشمسية حيث ان هذه العوامل المناخية تؤثر على خرج الخلية الشمسية الفوتوفولتائية (أالجهد , التيار ونقطة القدرة القصوى).

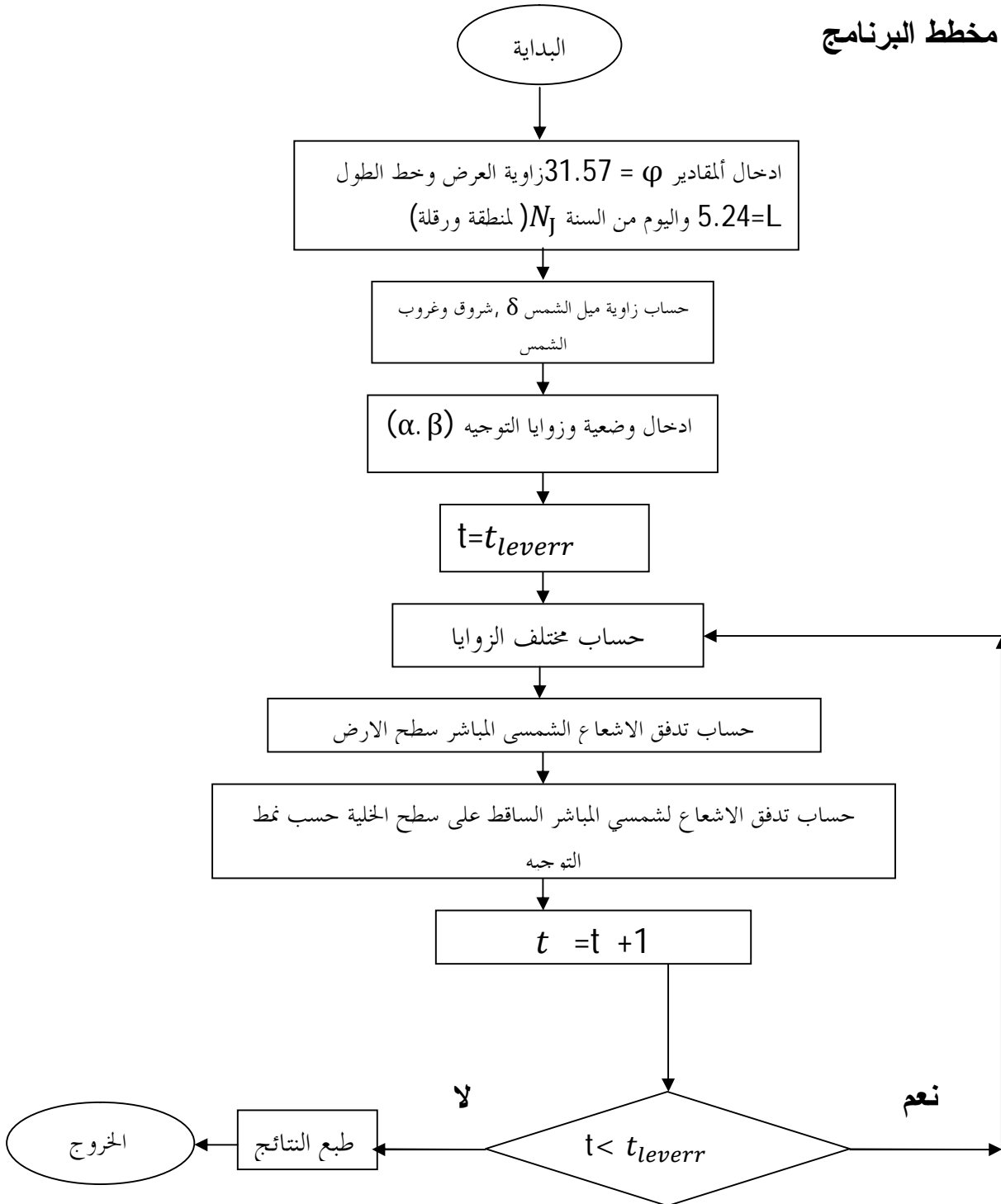
لهذا قمنا بإعداد برنامج حاسوبي بلغة (MATLAB) لتقدير الاستفادة القصوى من شدة الاشعاع الشمسي

الواصل إلى سطح الخلية الشمسية في المكان والزمان المحددين وذلك وفق لمختلف أنماط التوجيه بحيث اخترنا منطقة ورقلة الواقعة بين خط الطول (5.19 شرقاً) ودائرة العرض (31. 57⁰ شمالاً) ونظراً لموقعها من الكرة الأرضية بحيث يجعلها منطقة غنية بالطاقة الشمسية.

حيث سيتم في هذا الفصل عرض قياسات ونتائج موضحة لتأثير شدة الاشعاع الشمسي على قدرة الألواح الشمسية الفوتوفولتائية عند مستويات شدة الاشعاع الشمسي المختلفة.

ويبين الشكل التالي المخطط البرنامج الذي اعتمدنا عليه في حساب شدة الاشعاع الشمسي الواصل الي سطح خلية شمسية فوتوفلتائية :

IV. 1. مخطط البرنامج

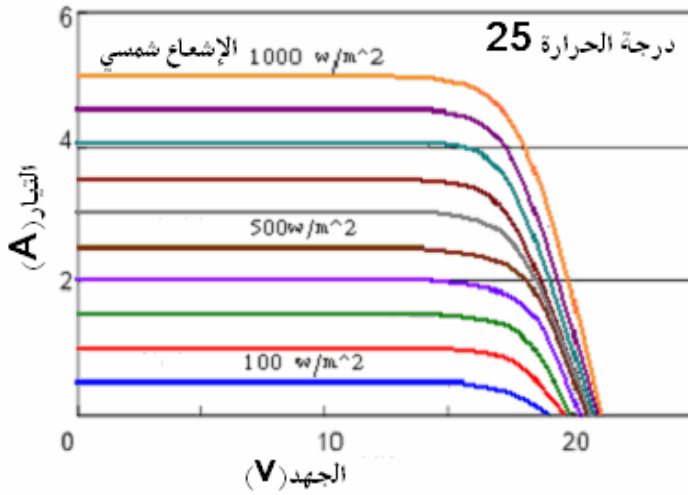


الشكل: (1.I): مخطط البرنامج الحسائي.

1.IV. تأثير شدة تدفق الإشعاع الشمسي على خرج الخلية الشمسية الفوتوفولتائية:

في هذه الحالة اعتمدنا علي نتائج سابقة لخلية شمسية بينما شدة الاشعاع الشمسي الساقطة تحصلنا عليها من خلال البرنامج الذي اعتمدنا عليه.

حيث تعرف خلية شمسية ذات الأبعاد التالية (1m*0.8m) بأنها بطارية شمسية تقوم بإنتاج فولتية مقدارها (20v) و تيار يتناسب مع شدة الاشعاع الشمسي يصل مقداره الي (3A) في حالة اشعاع شمسي تصل قيمته الي 600w/m² , كما هو مبين



في الشكل التالي [2]:

الشكل (1.IV): تغير قيم الجهد والتيار تبعاً للإشعاع الشمسي

هذا حسابيا بينما اذا أردنا الحصول علي هذا الخرج للخلية خلال فترات زمنية أطول وتكاليف أقل فإننا بحاجة الي طرق تتبع الاشعاع الشمسي وذلك بحسب زوايا وغط توجيه هذه الخلية لأجل الاستفادة القصوى من شدة الاشعاع الشمسي خلال أيام السنة.

2.IV. طرق التتبع

1.2.IV. عند تتبع بمحورى دوران: سطح الخلية يتتبع ارتفاع الشمس (h) وسمت الشمسي (a) في كل لحظة وبذلك فان

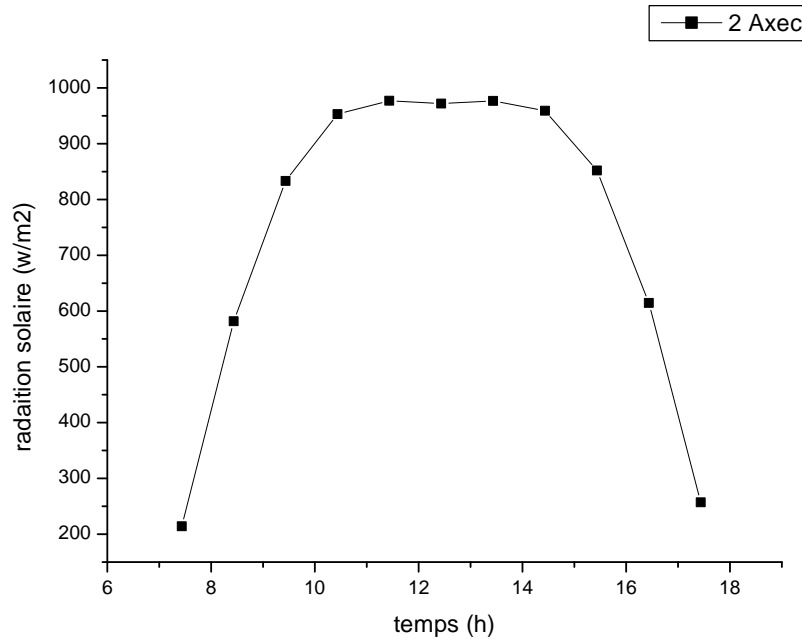
أشعة الشمس الساقطة تكون عمودية علي سطح الخلية من الشروق الي غاية الغروب وبذلك نحصل في هذه الحالة على شدة تدفق

للإشعاع الشمسي علي سطح الخلية أعظمية وتعتبر هذه الحالة بمثابة الحالة المثالية للاستفادة القصوى من شدة الإشعاع الشمسي , حيث

$$\alpha = a \quad \beta = h$$

تكون زوايا توجيه الخلية

ويبين الشكل التالي تغير شدة الإشعاع الشمسي خلال ساعات النهار ليوم 21 جوان بتوجيه محوري دوران وهذا في منطقة ورقلة



الشكل (2.IV) : تغير شدة الإشعاع الشمسي ليوم 21 جوان في حالة محوري دوران

عند التتبع بمحوري دوران فان سطح الخلية يبقى عموما عموديا علي أشعة الشمس في كل لحظة من اليوم , حيث نلاحظ من خلال

المنحنى ان شدة التدفق التي تم اشعاعها علي الخلية الشمسية السابقة توافق اقصى قيمة لها خلال يوم وبالتالي خرج خلية أفضل.

وتوافق هذه الحالة الاستفادة العظمى من شدة الإشعاع الشمسي لكن عملية التتبع بمحوري دوران مكلفة حيث تتطلب طاقة اظافية

وتكاليف صيانة , فلهذا سنلجأ الي طرق تتبع أخرى تكون أقل تكلفة.

2.2.IV. التتبع بمحور دوران واحد:

1.2.2.IV. تتبع سمت الشمس:

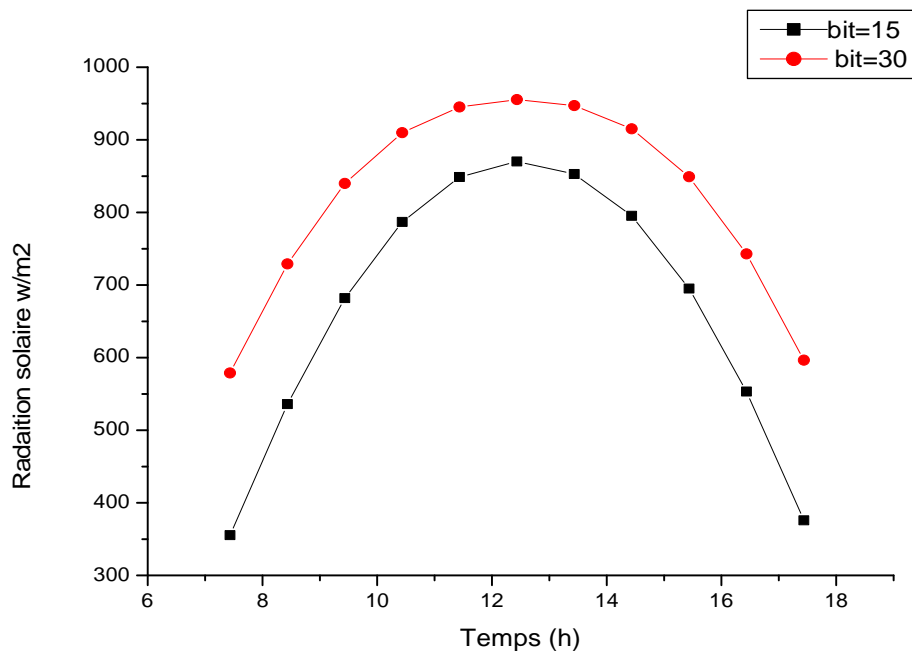
يثبت توجيه ارتفاع الخلية بزاوية β على الأفق ويتم تتبع سمت الشمس من الشروق نحو الغروب حيث تكون زاوية سمت الأفق

$$(\alpha=a)$$

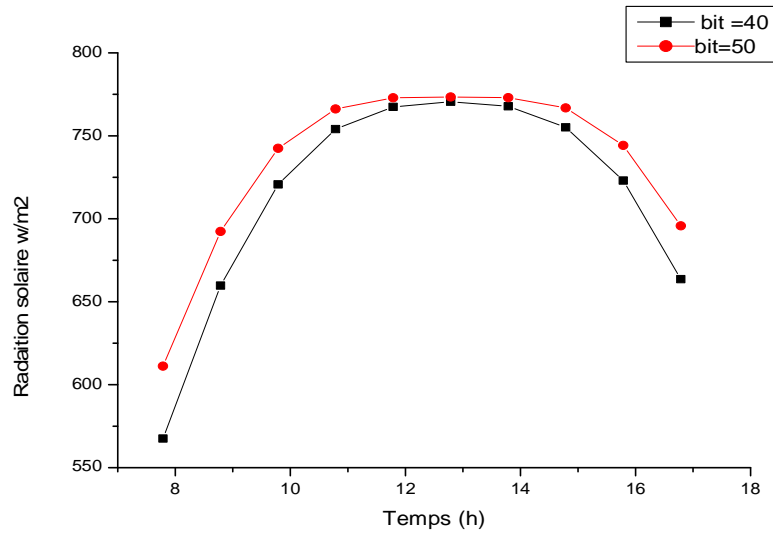
عند التتبع سمت الشمس ($\alpha=a$) فان زاوية الارتفاع β التي تعطي أعظم تدفق للإشعاع الشمسي خاصة عند الزوال تتغير خلال اليوم

وعلي مدار السنة , و بتغير زاوية الارتفاع اللوح الكهروضوئي بعدة قيم مختلفة ل β وهذا من اجل الحصول علي طاقة شمسية أكثر.

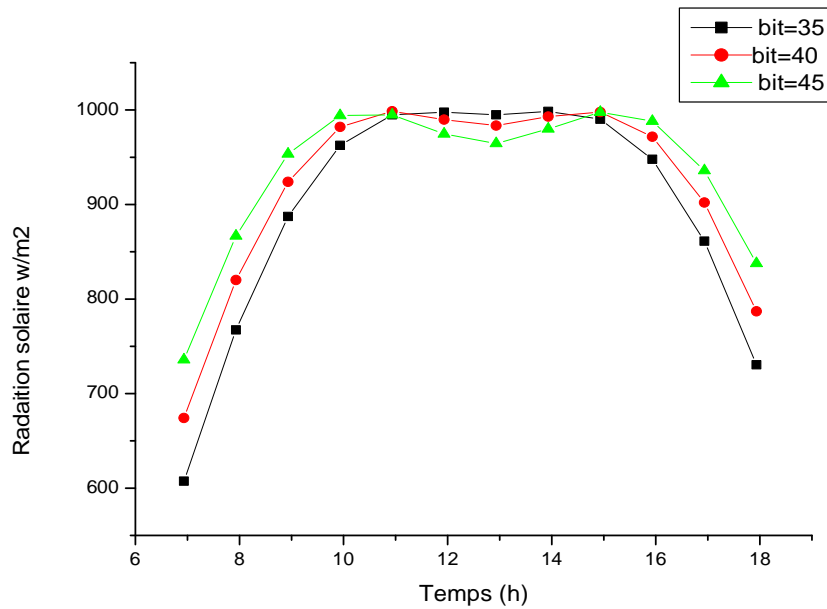
حيث تمثل البيانات التالية تغير شدة الاشعاع الشمسي خلال النهار وفي فصول مختلفة في منطقة ورقلة وهذا بتغير زاوية الارتفاع β :



الشكل (3.IV): تغير شدة الإشعاع الشمسي ليوم 21 جوان عند زاوية ارتفاع $\beta = 15$, $\beta = 30$



الشكل (4.IV): تغير شدة الاشعاع الشمسي ليوم 21 ديسمبر عند زاوية ارتفاع $\beta = 50$, $\beta = 40$



الشكل (5.IV): تغير شدة الاشعاع الشمسي ليوم 21 مارس عند زاوية ارتفاع $\beta = 40$, $\beta = 35$

من خلال المنحنيات كمية شدة الاشعاع الشمسي الساقطة فاننا نلاحظ تغيرات تمثلت في ساعات ذروة الاشعاع الشمسي وهذا خلال فصول السنة المختلفة :

ففي يوم جوان نلاحظ ان كمية الطاقة الشمسية الساقطة تغيرت شدتها وهذا حسب زاوية ارتفاع , فعند زاوية $\beta=15$ نلاحظ أن شدة التدفق $600w/m^2$ كانت ما بين الساعة 9.30 الي غاية 16.00 أما عند تغير زاوية ارتفاع اللوح الشمسي من 15 الي 30 $\beta=$ فان شدة الاشعاع $600w/m^2$ تكون في حدود الساعة 7.30 الي غاية 17.30 , ومنه فان زاوية السميت المناسبة في هذه الحالة هي $\beta= 30$ لأنها توافق مدة زمنية أطول وتدفق إشعاعي مناسب .

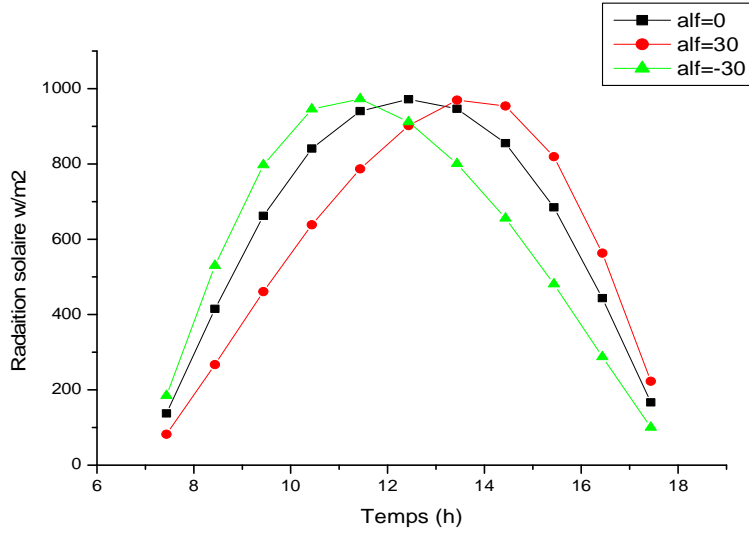
أما شتاء (ديسمبر) فكانت زاوية الارتفاع المناسبة هي $\beta= 50$ لأنها توافق مدة زمنية لتدفق اشعاعي أفضل وكانت في حدود 8.30 الي غاية 17.00 .

أما ربيعا (مارس) فكانت زاوية الارتفاع المناسبة هي $\beta= 35$ لأنها توافق مدة زمنية لتدفق اشعاعي أفضل وكانت في حدود 7.00 الي غاية 18.00 .

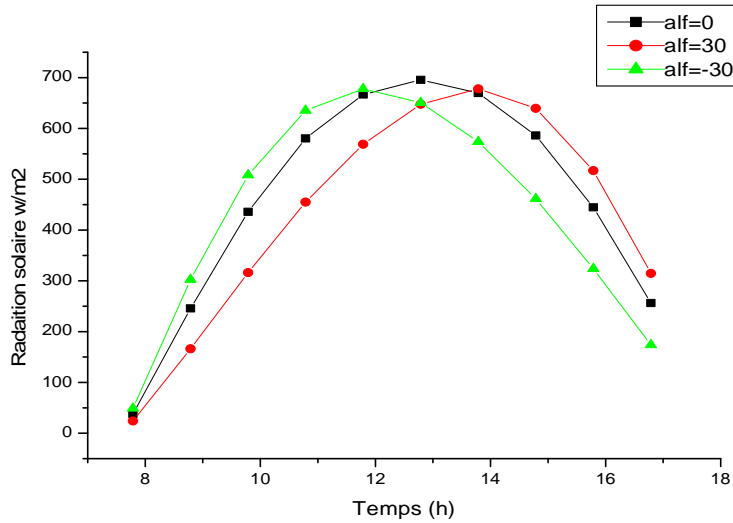
- في حالة تتبع سمت الشمس فان زاوية الارتفاع المناسبة تكون صيفا في حدود 30 بينما تزداد ربيعا الي نحو 35 وشتاء الي نحو 50 وذلك يعود الي زاوية ميلان الشمس δ وتعتبر هذه الحالة أقل تكلفة من محوري دوران .

2.2.2.IV.تتبع ارتفاع الشمس :

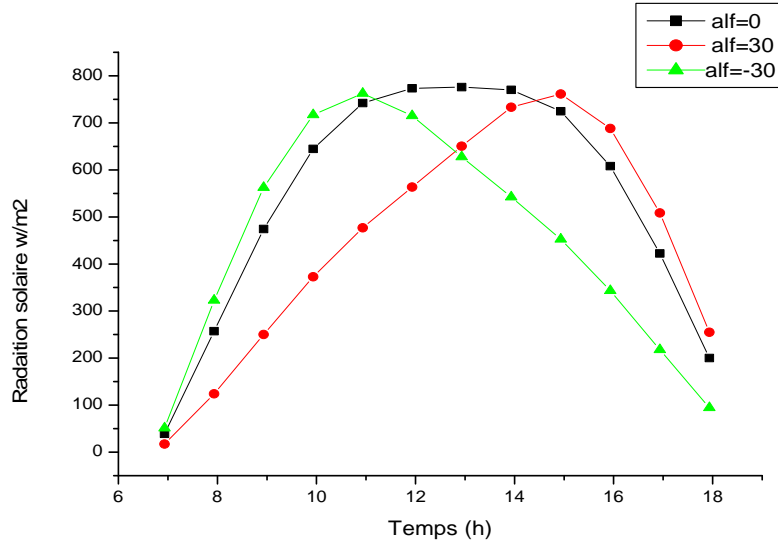
يثبت توجيه سمت الخلية بزاوية α عن محور الجنوب (N -S) ويتم تتبع ارتفاع الشمس بحيث تصبح زاوية ارتفاع الخلية في كل لحظة ($\beta =h$) حيث تمثل البيانات التالية تغير شدة الاشعاع الشمسي خلال ساعات النهار وفي فصول مختلفة في منطقة ورقلة وهذا بتغير زاوية السميت .



الشكل (6.IV): تغير شدة الاشعاع الشمسي ليوم 21 جوان عند زاوية سمت $\alpha = -30, 30, 0$



الشكل (7.IV): تغير شدة الاشعاع الشمسي ليوم 21 ديسمبر عند زاوية سمت $\alpha = -30, 30, 0$



الشكل (8.IV): تغير شدة الاشعاع الشمسي ليوم 21 مارس عند زاوية سمت $\alpha = -30, 30, 0$

نلاحظ من خلال منحنيات كمية شدة الاشعاع الشمسي الساقطة علي أسطح الخلايا وبزاويا مختلفة أنها تغيرت بتغير زاوية السمت وكذا بتغير اليوم من السنة ويتمثل التغير في ساعات ذروة الاشعاع من الشروق الي غاية الغروب .

ففي يوم جوان وعند تتبع ارتفاع الشمس ($\beta=h$) فإننا نحصل على أقصى شدة تدفق للإشعاع الشمسي في حالة الزاوية ($\alpha=30$) بعد الزوال بينما في حالة ($\alpha=-30$) تكون الشدة أعظمية قبل الزوال.

أما في حالة التوجيه سطح الخلية نحو الجنوب ($\alpha=0$) تكون الشدة أعظمية عند الزوال بحيث نستفيد من شدة تدفق أكثر ومنه فان زاوية السمت المناسبة في هذه الحالة هي ($\alpha=0$).

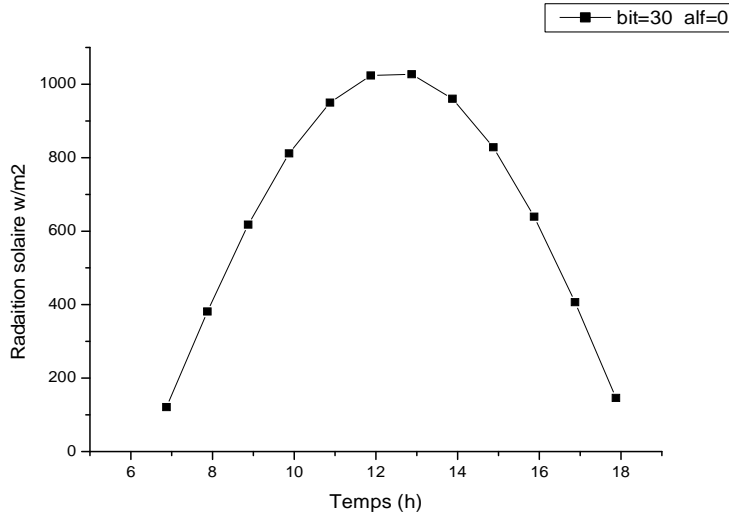
أما شتاءا وربيعا فنلاحظ أن شدة تدفق الاشعاع الشمسي خلال ساعات النهار انخفضت شدتها مقارنة بيوم صيفي وهذا الأمر طبيعي أما بالنسبة لزوايا المناسبة لتوجيه سطح الخلية الشمسية تبقى ثابتة , حيث عند توجيه سطح الخلية بزوايا $\alpha = -30$ نحصل على أقصى شدة تدفق قبل الزوال أما عند تغيير الزوايا ب $\alpha = 30$ تكون الاستفادة من شدة الاشعاع بعد الزوال.

بينما اذا وجهنا سطح الخلية نحو الجنوب ($\alpha = 0$) تكون الاستفادة وقت الظهيرة وهو مناسب لأن الاشعاع الشمسي يكون في أقصى ذروته وبتالي فان الزوايا المناسبة لتوجيه سطح الخلية في حالة التتبع ارتفاع الشمسي ($\alpha = 0$)

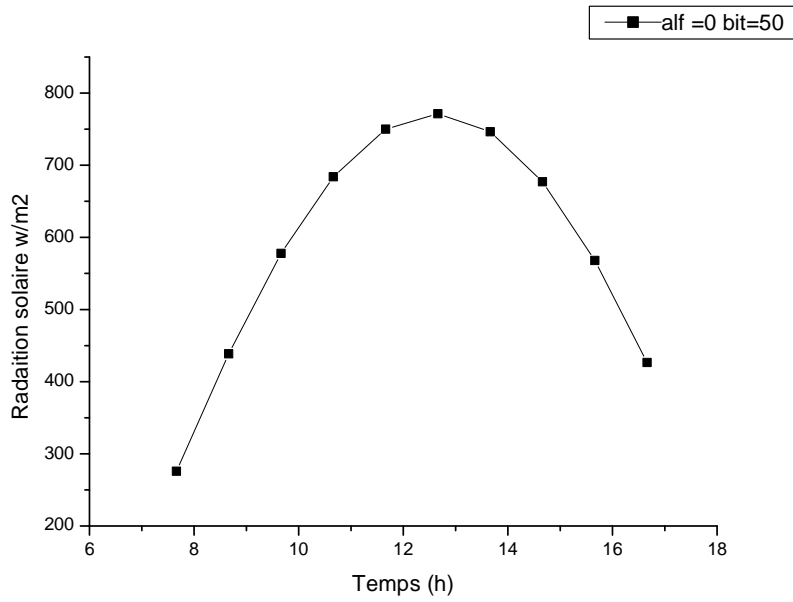
3.2.IV. عند تثبيت الخلايا:

تثبت الخلية في زاوية ارتفاع مناسبة β وزاوية سمت α حيث تكون الزوايا (β, α) مناسبة حسب الزمان من السنة وحسب الموقع علي سطح الأرض (ونخص في درستنا منطقة ورقلة) وهذا من أجل الحصول على متوسط فصلي أعظمي لشدة تدفق الإشعاع الشمسي .

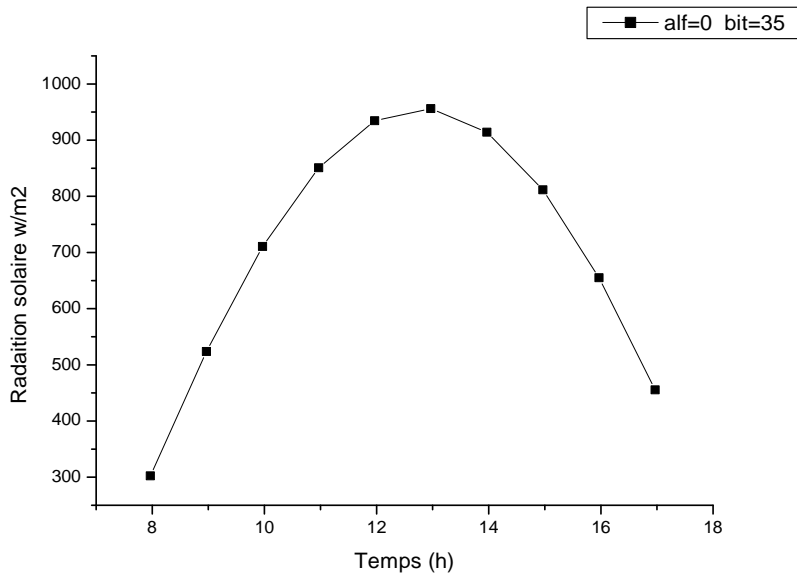
حيث تمثل البيانات التالية تغير شدة الاشعاع الشمسي وهذا عند تثبيت الخلية بزوايا مختلفة ل (β, α) حيث ان الزوايا المختارة في هذه الحالة راجع الي النتائج التجريبية السابقة حيث أخذنا أحسن قيمة توجيه ل α و β وهذا خلال ثلاثة أيام من فصول السنة المختلفة



الشكل (9.IV): تغير شدة الاشعاع الشمسي ليوم 21 جوان عند زوايا $\beta = 30$, $\alpha = 0$



الشكل (10.IV): تغير شدة الاشعاع الشمسي ليوم 21 ديسمبر عند زاويا $\beta = 50$, $\alpha = 0$



الشكل (11.IV): تغير شدة الاشعاع الشمسي ليوم 21 مارس عند زاويا $\beta = 35$, $\alpha = 0$

نلاحظ عند تحريك الألواح الكهروضوئية لتتبع سمت وارتفاع الشمس خلال النهار تبين أن منحنيات تدفق الإشعاع الشمسي قد تغيرت بشكل واضح خلال الأيام الثلاثة من فصول السنة :

ففي يوم جوان نلاحظ أن شدة التدفق 600w/m^2 توافق مدة زمنية ما بين 7.00 الي غاية 18.00 وهذا عند تثبيت اللوح بزوايا

$\alpha = 0$ نحو محور الجنوب وزاوية ارتفاع $\beta = 30$ وهي توافق الاستفادة العظمى من شدة الإشعاع الشمسي

أما شتاء وعند تثبيت اللوح شمسي عند زاوية $\alpha = 0$ وارتفاع $\beta = 50$ فان الاستفادة من شدة التدفق 600w/m^2 توافق مدة زمنية ما بين 9.30 الي غاية 15.30.

أما ربيعا وعند تثبيت اللوح شمسي عند زاوية $\alpha = 0$, ارتفاع $\beta = 35$, فان الاستفادة من شدة التدفق 600w/m^2 توافق مدة زمنية ما بين 9.30 الي غاية 16.00.

وعليه فان زوايا التوجيه المناسبة للخلية الكهروضوئية عند تثبيتها تختلف حسب اليوم من السنة وتكون

صيفا ($\alpha = 0$ $\beta = 30$) شتاء ($\alpha = 0$ $\beta = 50$) ربيعا ($\alpha = 0$ $\beta = 35$)

وتكون الحاجة الضرورية لتثبيت في حالة الخلايا المركزية ذات الأطوال الكبيرة.

• الاستنتاج:

نستطيع بعد دراسة تأثير شدة الإشعاع الشمسي على الخلية الشمسية أن نصل الي تحسين في أداءها وذلك من خلال :

-اختيار الزوايا المناسبة لتوجيه سطح الخلية الشمسية وهذا حسب الزمان والمكان.

-اختيار أوقات ذروة تدفق الإشعاع الشمسي.

-أبعاد الخلايا ومميزاتها (لأن جهد و تيار الخلية مرتبط بعدد الخلايا الموصولة مع بعضها).

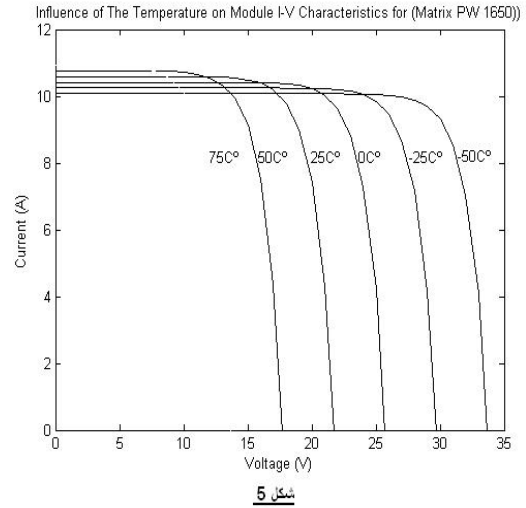
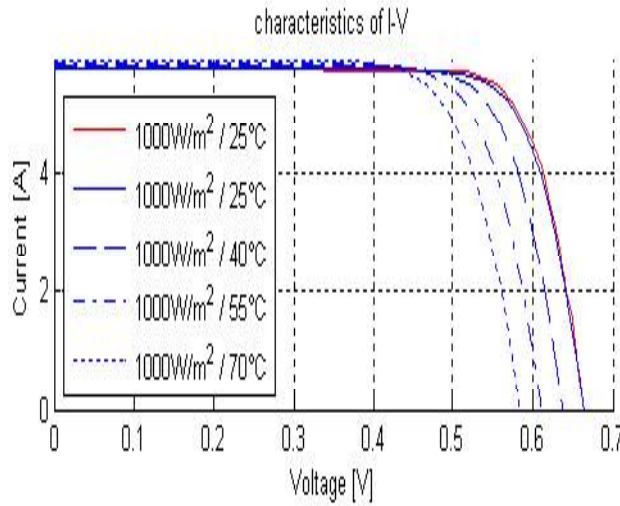
2.IV. تأثير حرارة المحيط الخارجي والرياح على جهد وتيار الخلية الشمسية

الفوتوفولتائية:

تؤثر الظروف المحيطة بالمنظومة الشمسية الفوتوفولتائية على قدرة الخرج للألواح الشمسية خلال ساعات النهار ، ويمكن تقليل هذا الفاقد بالاحتبار الأمثل للألواح الفوتوفولتائية المستخدمة في المنظومة الشمسية ، وكذا مراعاة هذه العوامل عند تصميم المنظومة الفوتوفولتائية. والقصور في مراعاة العوامل المناخية قد يؤدي إلى سوء تشغيل هذه المنظومة وضعف الاستفادة من الطاقة المتاحة من المنظومة الفوتوفولتائية.

وفي هذه الحالة اعتمدنا على نتائج سابقة لتأثير درجة الحرارة المحيط على تيار وجهد الخلية الشمسية.

يوضح الشكل (12.IV) تأثير درجة الحرارة محيط على الجهد والتيار وكيف يكون لدرجة الحرارة تأثير مباشر على خرج الخلية.



الشكل (12.IV): تأثير درجة الحرارة على الجهد والتيار الخلية.

نلاحظ من خلال المنحنيات أن ارتفاع حرارة المحيط الخارجي تؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة الخلية الشمسية وهذا بدوره يؤثر على

كفاءة الخلية الشمسية.

بمعنى آخر ان الخلية الشمسية تتأثر عكسيا بدرجة الحرارة , بحيث كلما ارتفعت درجة الحرارة نلاحظ هناك انخفاض في جهد وتيار الخلية , وبالتالي ينخفض أداؤها , وهذا يعني ان الطاقة الكهربائية المتولدة من الخلية الشمسية تنخفض بارتفاع درجة الحرارة .

لكن هناك عامل ايجابي يلعب دورا مهما في تخفيف و انخفاض من حرارة سطح الخلية الشمسية:

وهو الرياح , بحيث ان الرياح لا تؤثر بشكل مباشر على خرج الخلية الشمسية ولكن تؤثر على حرارة السطح للخلية الشمسية وبالتالي الحرارة الداخلية للخلية الشمسية.

ومن المعلوم أن حركة الرياح تؤثر على تيارات الحمل وبالتالي تعمل على رفع معامل انتقال الحرارة بالحمل والذي بدوره يساعد في انتقال الحرارة من سطح الخلية إلى المحيط الخارجي.

الخاتمة العامة

الخاتمة العامة:

نستطيع من خلال المعادلات السابقة تقدير شدة تدفق الإشعاع الشمسي الواصل إلى موقع ما من سطح الأرض في أي يوم من أيام السنة ($Nj=1, \dots, 365$) من لحظة شروق الشمس إلى غايه غروبها وهذا اعتمادا على معطيات جغرافية وفلكية وجوية للمكان والزمان المحددين وكذا كيفية توجيه السطح الخلية للإشعاع الشمسي.

للاستفادة القصوى من شدة الاشعاع الشمسي يتطلب توجيه سطح الخلية بمحوري دوران وتوافق هذه الحالة الاستفادة العظمى من شدة الاشعاع الشمسي لكن عملية التتبع بمحوري دوران مكلفة ولهذا فإننا تتبعنا طرق أخرى أقل تكلفة ومردود اشعاعي أفضل منها، حالة تتبع بمحور دوران واحد التي تتضمن طريقتين لتوجيه الخلية:

تتبع سمت الشمس والذي يتطلب اختيار زاوية ارتفاع مناسبة حسب اليوم من السنة حيث تكون في حدود 30 صيفا و 35 ربيعا و 50 شتاء

بينما عند تتبع ارتفاع الشمس والذي يتطلب اختيار زاوية سمت مناسبة حيث تكون في حدود 0 على طول السنة

ولتفادي تكاليف التتبع الشمسي وما تتطلبه من صيانة فان تثبيت الخلية الشمسية يتطلب زوايا ارتفاع وسمت مناسبة لمنطقة ورقلة والزمان من السنة والتي توصلنا اليها في هذه الدراسة.

ورغم التأثير السلبي لارتفاع درجة حرارة الهواء في منطقة ورقلة والتي تصل الي 45° فان وجود الرياح في المنطقة عامل ايجابي يؤدي الي زيادة مردود الخلية حيث تعمل علي تخفيف درجة حرارة سطح الخلية وذلك بفعل الحمل الحرارى.

قائمة المراجع

قائمة المراجع:

- 1- تكنولوجيا الطاقة البديلة تأليف د. سعود يوسف عياش - المجلس الوطني للثقافة والعلوم الكويت 1990 م
- 2- مذكرة دراسة وتنفيذ وتحسين أداء محطة ضخ مياه تعمل بالطاقة الشمسية - علي تاجي حمودي . جامعة تشرين كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية قسم القوى الميكانيكية 2008-2009
- 3- الطاقة الشمسية واستخداماتها - محمد أحمد سيد خليل - دار الكتب العلمية للنشر وتوزيع القاهرة.
- 4 - HELITHERMIQUO le gisement solaire méthodes et calculs - pierre Henri COMMUNAY
- 5- كتاب هندسة الأغذية بالطاقة الشمسية أسعد رحمان سعيد الحلفي - مكتبة الزهراء البصرة 2010 م
- 6- مذكرة العلاقة المتداخلة بين الاشعاع الشمسي والغيوم - مصطفى أحمد محمد نجيب - جامعة الموصل 2008م
- 7 - سوداني محمد البار - دراسة نظرية لمجمع شمسي أسطوانى مقعر ذي غطاء زجاجي مذكرة ماجستير . جامعة ورقلة 2009
- 8- Introduction a la physique des semi Conduiture- Jérôme faist. Meuchatel mais -2001
- 9- كتاب اشباه الموصلات - م مؤيد فايز القواسمة -مكتبة المجتمع العربي للنشر والتوزيع - عمان 2006 م .
- 10-.S. O. Kasap, "Principles of Electronic Materials and Devices", 2nd ed
(McGraw-Hill, New York, (2002
- 11-دراسة الخصائص التركيبية والبصرية لأغشية $Ni(1-x) Zn_x O$ المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري رسالة تقدمت بها ردينه صديق عبد الستار الدليمي وهي جزء من متطلبات نيل درجة الماجستير في علوم الفيزياء 2013 م

12- مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية المجلد الثامن والعشرون - العدد الثاني - 2012 ادريس - الرمحين - القادري

نمذجة ومحاكاة لاقط كهروضوئي في بيئة الحزمة البرمجية LABVIEW

13- حقيية الخلايا الشمسية - المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم - تونس - 2000 م

14- كتاب الطاقة التقنية وتوجيهات للمستقبل - ترجمة عبد الباسط علي صالح كرمان - مركز دراسات الوحدة العربية - بيروت

مارس 2011

15- كتاب توليد القدرة الكهربائية من الطاقة الشمسية أنظمة الطاقة الفولتاضوئية - ترجمة عبد الباسط علي صالح كرمان - مركز

الدراسات الوحدة العربية بيروت 2011

الملخص:

قمنا بدراسة شدة تدفق الاشعاع الشمسي في مدينة ورقلة وذلك من خلال اعداد برنامج حاسوبي بلغة MATLAB تم فيه حساب شدة الاشعاع الشمسي الواصل الي سطح الخلية في مكان وزمان محددين ووفقا لأنماط توجيهه وتتبع مختلفة لهذا الاشعاع بغرض التحسين من أداء الخلية ورفع من مردودها وكذا التقليل من تكاليفها.

الكلمات المفتاحية: الاشعاع الشمسي - الزوايا الشمسية - أنصاف النواقل - الخلايا الكهروضوئية - خرج الخلية

Résumé :

Nous avons étudié l'intensité du flux de rayonnement solaire dans la ville de Ouargla et à travers le développement d'un langage MATLAB a été l'intensité de l'énergie solaire compte Linker de rayonnement à la surface cellulaire dans le lieu et l'heure spécifique programme informatique, selon des schémas d'orientation et de diverses traces de ce rayonnement dans le but d'améliorer la performance des cellules et augmenter le remboursements ainsi que de réduire les coûts.

Mots-clés: Aachaaa solaires - angles solaires - demi Alnoaql- cellules cellule Alkahrodoiah- out

Summary :

We studied the intensity of the flow of solar radiation in the city of Ouargla and through the development of a computer program language MATLAB has been the intensity of solar radiation Linker account to the cell surface in the place and time specific, according to patterns of orientation and various trace of this radiation for the purpose of improvement of the cell performance and raise the paybacks as well as reduce the costs.

Keywords: solar radiation - solar angles - half Alnoaql- cells Alkahrodoiah- cell out