



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة قاصدي مرباح ورقلة

كلية الرياضيات وعلوم المادة

مذكرة التخرج لنيل شهادة

ماستر أكاديمي

فرع: فيزياء

تخصص: طاقوية وطاقات متجددة

من إعداد الطالبتين

بلعالم سماح

بن عمار شريفة

الموضوع

دراسة مردود تهجين الخلايا الكهروضوئية والمركبات الشمسية من
نوع PTC في منطقة ورقلة

نوقشت يوم: 23/06/2021

أمام اللجنة المكونة من السادة:

رئيسا	جامعة ورقلة	أستاذ محاضرا	الأستاذ: الزين عبد الله
مناقشا	جامعة ورقلة	أستاذ محاضرا	الأستاذ: محسن حسين
مشرفا	جامعة ورقلة	أستاذ محاضرا	الأستاذ: بن منين جمال
مساعد مشرفا	جامعة ورقلة	أستاذ محاضرا	الأستاذ: سوداني محمد البار

السنة الجامعية: 2021/2020

الإهداء

إلهي لا يطيب الليل إلا بشكرك و لا يطيب النهار إلا بطاعتك و لا تطيب اللحظات إلا بذكرك

الله جل جلاله

إلى منارة العلم إلى الأمي الذي علم المتعلمين إلى سيد الخلق أجمعين إلى رسولنا الكريم سيدنا محمد صلى الله عليه وسلم.

إلى ملاكي في الحياة ... إلى معنى الحب ومعنى الحنان ... إلى بسملة الحياة وسر الوجود ... إلى من قامت بدور الأب والأم في تربيتي ... إلى من عانت وضحت من أجلي ومن أجل تعليمي

إلى من كان دعائها سر نجاحي وحنانها بلسم جراحي إلى أعلى الحبايب

أسأل الله تعالى أن يرزقها من العافية أضعاف ما أعانتني على شقوة هذه الحياة ... اللهم بقدر حبي لها أرزقني برها...

أمي الحبيبة

إلى من أحمل اسمه بكل إفتخار ... إلى من رحل عن الدنيا ولا زالت ذكره تحينا ... أسأل الله تعالى أن يتغمده برحمته الواسعة ويرزقه الجنة بلا حساب ولا سابقة عذاب...

أبي رحمه الله

إلى من شملوني بالعطف وحفزوني للتقدم ... إلى من حبهم بجري بعروقي ويلهج بذكراهم فؤادي ... إلى من أرى التفاؤل بأعينهم ... والسعادة في بسمتهم ... رياحين حياتي في الشدة والرخاء إخوتي الأحبة

زهيرة * جميلة * سيد علي * أحمد * نجاح * غنية * عدلان * محسن

إلى الأخوات اللواتي لم تلدهن أمي ... إلى من تحلو بالإخاء وتميزوا بالوفاء والعتاء إلى يبابيع والصدق الصافي ... إلى من معهم سعدت وبرفقهم في دروب الحياة الحلوة والحزينة سرت إلى من كانوا معي على طريق النجاح والخير صديقتي

إشراق * لينة * منال * كوثر * خديجة * إيمان *

من سرنا سويا ونجن نشق طريق العلم نحو النجاح إلى من تكاتفنا يدا بيد إلى صديقتي التي تنوقت معها أجمل اللحظات و تقاسمت معها تعب و جهد هذا البحث

بلعالم سماح

كما أتقدم بالشكر الجزيل لكل من ساعدني لإنجاز هذه المذكرة ولو بكلمة طيبة

شريفة بن عمار

الإهداء

الحمد لله الذي هدانا إلى طريق العلم والمعرفة ووفقنا لإنجاز هذه المذكرة و إتمام هذا البحث العلمي المتواضع الذي أهديه :إلى من رضاها غايتي و طموحي أعطني الكثير ولم تنتظر الشكر إلى باعثة العزم و التصميم و الإرادة صاحبة البصمة الصادقة في حياتي

والدتي الغالية أطل الله في عمرها

إلى الإنسان الذي علمني كيف يكون الصبر طريقنا للنجاح السند و القدوة

والدي العزيز أطل الله في عمره

إلى من شملوني بالعطف، و أمدوني بالعون و حفزوني للتقدم ، إلى من حبهم يجري في عروقي و يلهج بذكراهم فؤادي، رياحين حياتي في الشدة والرخاء إخوتي و أخواتي

إيناس مروى منار أية أسيل إسحاق تقي الدين

إلى من سرنا سويا ونحن نشق الطريق معا نحو النجاح إلى من تكاتفنا يد بيد إلى صديقاتي و زميلاتي

فطيمة شيماء زينب خولة إبتسام نور الهدى

و أخص بالذكر صديقتي التي تذوقت معها أجمل اللحظات و تقاسمت معها تعب و جهد هذا البحث:

بن عمار شريفة

إلى كل من ساهم في دعمنا و تشجيعنا في هذا البحث:

أمين عبد الرحمان يوسف بوبكر زكريا موسى لطفي منال

إلى من علمونا حروف ا من ذهب و كلمات من درر أناروا لنا طريق المعرفة و النجاح جميع أساتذتي الكرام طيلة مشواري الدراسي.

سماح بلعالم



شكر و عرفان

قبل كل شيء نحمد الله عز وجل و نشكره الذي أنعم علينا بنعمة العلم ، و أنار طريقنا نحو سبيل النور
و المعرفة

من باب الإعراف بالجميل لا يسعنا إلا أن نتقدم ببالغ عبارات الشكر و التقدير للأستاذ بن منين جمال
على قبول إشرافه لنا في هذا العمل ، و على المجهودات الكبيرة و نصائحه العلمية القيمة.

و نشكر الأستاذ سوداني محمد البار ، على توجيهه و نصائحه القيمة لنا.

كما نتقدم بالشكر الجزيل لأعضاء اللجنة المناقشة الأستاذ الزين عبد الله على قبوله ترأس لجنة
المناقشة ، و الأستاذ محسن حسين لقبوله مناقشة هذه المذكرة ، كما نشكر الأستاذ تخته محمد على
قيامه مشرف و نتمنى أن يفيدونا بأرائهم القيمة.

كما نتقدم بالشكر إلى كل أساتذتنا الأفاضل بقسم علوم المادة و بالأخص الذين قاموا بتدريسنا طيلة
التعليم الجامعي.

وإلى الذين كانوا نورا لنا يضيء الظلام الذي كان يقف أحيانا في طريقنا لهم منا كل الشكر.

كما نشكر كل من ساهم و مد يد العون لنا لإكمال هذا العمل .

و نتقدم بالشكر إلى كافة الزملاء و الزميلات بجامعة قاصدي مرباح ورقلة دفعة 2021.

و شكرا.

فهرس المحتويات

II الإهداء

III الإهداء

IV شكر وعرفان

VI فهرس المحتويات

..... فهرس الاشكال

..... فهرس الجداول

..... جدول الرموز و الإختصارات

الفصل الأول : الخلايا الكهروضوئية والمركزات الشمسية

4 تمهيد:

I- الخلايا الكهروضوئية

4 1.I. أشباه الموصلات:

5 2.I. أشباه الموصلات النقية وغير النقية.

5 1.2.I. أشباه الموصلات النقية.

5 2.2.I. أشباه الموصلات الغير نقية .

7 3.I. تعريف الخلايا الكهروضوئية.

8 4.I. تاريخ فكرة نشأة الخلايا الكهروضوئية.

8 5.I. أنواع الخلايا الكهروضوئية.

9 1.5.I. الخلايا السيليكونية

9 1.1.5.I. الخلايا السيليكونية أحادية البلورة :

11	3.1.5.I. الخلايا السيلكونية العشوائية (الأمورفية):
12	2.5.I. الخلايا الشريطية:
13	3.5.I. خلايا الكوبرانديوم أرسنايد: (CIS)
13	4.5.I. خلايا الغاليوم أرسنايد: (GaAS)
14	6.I. مبدأ عمل الخلية الكهروضوئية:
15	7.I. الفعل الكهروضوئي:
17	9.I. أهم تطبيقات الخلايا الكهروضوئية:
17	10.I. الجوانب الإيجابية والسلبية لإستخدام الخلايا الكهروضوئية:
I- المركبات الشمسية	
19	تمهيد:
19	11.I. الإشعاع الشمسي:
20	12.I. طيف الإشعاع الشمسي:
21	13.I. الثابت الشمسي:
21	14.I. أنواع الإشعاع الشمسي:
21	1.14.I. الإشعاع المباشر:
22	2.14.I. الإشعاع المنتشر أو المتشتت D:
22	3.14.I. الإشعاع المنعكس:
22	15.I. نسبة التركيز الشمسي:
22	16.I. الزوايا الشمسية:
23	17.I. أهم الزوايا الشمسية:

23	.....زاوية إرتفاع الشمس: 2.18.I
24	.....زاوية السمث الشمسي a: 3.18.I
25	.....الزاوية الساعية ω : 4.18.I
25	.....تحويلات الطاقة الشمسية: 19.I
25	.....تعريف المركزات الشمسية: 20. I
26	.....أنواع المركزات الشمسية: 21. I
26	.....1.21.I المركزات النقطية:
27	.....1.1.21.I الأبراج الشمسية:
28	.....2.1.21.I طبق القطع المكافئ PTC:
28	.....2.21.I المركزات الخطية:
29	.....1.2.21.I مركز أسطواني قطع مكافئ:
30	.....2.2.21.I عاكس فرينيل الخطي:
30	.....22.I آلية عمل المركزات الشمسية:
31	.....23.I مبدأ الإنعكاس:
31	.....24.I الخاتمة :

الفصل الثاني : الدراسة النظرية للتهجين

33	.....وصف النظام: 1.II
34	.....تعريف التهجين: 2.II
35	.....أنواع التهجين: 3.II
35	.....1.3.II مجمعات الحرارة PV/T:
43	.....4.II دراسات وتجارب تقنية للتكنولوجيا الهجينة:

44	.....1.1.4.II النظام المحين PV-CSP المسطح:
46	.....2.1.4.II النظام المحين PV-CSP:
48	.....2.4.II النظام المحين المضغوط PV-CSP:
50	.....5.II مزايا التهجين:
51	.....6.II الخاتمة:

الفصل الثالث: نمذجة التهجين

53	.....تمهيد:
53	.....1.III دراسة هندسة ال PTC:
54	.....2.III مكونات ال PTC:
55	.....3.III الموازنة الحرارية لنموذج ال PTC:
56	.....4.III معادلة موازنة الطاقة للمائع HTF:
56	.....5.III معادلة موازنة الطاقة للأنبوب الماص:
57	.....6.III معادلة موازنة الطاقة للظرف الزجاجي:
57	.....7.III معادلة موازنة الطاقة للغطاء الزجاجي المسطح:
59	.....9.III المردود:
61	.....1.9.III المردود الضوئي:
60	.....2.9.III المردود الحراري للقطع المكافئ:
61	.....10.III خصائص الجهد والتيار:
63	.....1.10.III نقطة القدرة العظمى:
66	.....11.III كيفية ربط الخلايا الكهروضوئية:
69	.....12.III كفاءة تحويل طاقة الخلية الكهروضوئية:

69	12.III. وصف نمذجة التهجين:
69	1.12.III. وصف نموذج PTC المستعمل:
71	2.12.III. وصف الخلية الكهروضوئية المقاسة:
73	15.III. الخاتمة:

الفصل الرابع : مناقشة النتائج

75	تمهيد:
77	1.IV. دراسة تأثير تغيرات التركيز الشمسي على اللوح الشمسي
75	1.1. IV. كيفية حساب المردود η_{ptc} :
79	2.1.IV. كيفية حساب مردود η_p
101	المراجع

فهرس الأشكال

فهرس الاشكال

الصفحة	عنوان الشكل	الشكل
05	الترتيب البلوري لمادة السيلكون و الجرمانيوم.	الشكل(1-I)
06	أنواع أشباه الموصلات.	الشكل(2-I)
07	طبقات الخلية الكهروضوئية.	الشكل(3-I)
09	خلية سيلكونية أحادية التبلور ولوح شمسي مصنوع من خلايا أحادية التبلور.	الشكل(4-I)
10	خلية سيلكونية متعددة التبلور و لوح شمسي مصنوع من خلايا متعددة التبلور.	الشكل(5-I)
12	لوح شمسي مصنوع من خلايا سيلكونية عشوائية(الأمورفية).	الشكل(6-I)
12	الخلايا الشريطية.	الشكل(7-I)
15	مبدأ عمل الخلية الكهروضوئية.	الشكل(8-I)
16	زاوية ميل اللوح الشمسي.	الشكل(9-I)
17	الدارة الكهربائية المكافئة للخلية الكهروضوئية.	الشكل(10-I)
20	توزيع طيف الأشعاع الشمسي.	الشكل(11-I)
23	تغير شدة الأشعاع الشمسي بين الصيف و الشتاء.	الشكل(12-I)
24	الزوايا الشمسية.	الشكل(13-I)
26	بعض المركبات النقطية.	الشكل(14-I)
27	أبراج الطاقة الشمسية.	الشكل(15-I)
28	صحن القطع المكافئ.	الشكل(16-I)
29	بعض المركبات الخطية(عاكس فرنيل الخطي و الأسطواناني القطع المكافئ).	الشكل(17-I)
30	عاكس فرنيل الخطي.	الشكل(18-I)

فهرس الأشكال

31	الإنعكاس الكلي للشمع الضوئي .	الشكل (I-19)
	نظام الطاقة الهجين PV-CSP .	الشكل (II-1)
35	مقارنة بين أنظمة PV/T الكهروضوئية و الحرارية الهجينة.	الشكل (II-2)
37	أنواع مجمعات PV/T: الصفيحة والأنبوب (a) والقناة (b) والتدفق الحر (c) والممتص المزدوج (d).	الشكل (II-3)
38	رسم تخطيطي لتركيز مجمع PV/T .	الشكل (II-4)
39	رسم تخطيطي للنظام الكهروضوئي المكثف.	الشكل (II-5)
40	رسم تخطيطي لمجمع الماء الهجين PV/T .	الشكل (II-6)
41	رسم تخطيطي لمجمع الهواء PV/T (a) عرض المقطع العرضي (b) عرض الانفجار (c) عرض الصفيف	الشكل (II-7)
41	رسم تخطيطي لأنواع مختلفة من أنظمة PV/T الهوائية	الشكل (II-8)
42	عملية التزجيج الكهروضوئية ذات التهوية لبناء أنظمة متكاملة PV/T	الشكل (II-9)
43	صورة فوتوغرافية ل DSWH ونوع السقف BIPV.	الشكل (II-10)
43	تصنيف الأنظمة الهجينة PV-CSP .	الشكل (II-11)
46	تقديم النظام الهجين PV-CSP .	الشكل (II-12)
48	النظام الهجين CPV-CSP الذي اقترحه ISE لـ SKA.	الشكل (II-13)
48	النظام الهجين التحريبي PV-CSP .	الشكل (II-14)
53	بؤرة السطح القطع مكافئ.	الشكل (III-1)
54	مخطط الشكل العام لل PTC.	الشكل (III-2)
55	مجمع PTC بوجود غطاء زجاجي مسطح.	الشكل (III-3)
59	مكثف مكافئ.	الشكل (III-4)
62	مخطط (I-V) لخلية كهروضوئية.	الشكل (III-5)

فهرس الأشكال

62	تغير قيم الجهد والتيار تبعاً لتغير الإشعاع الشمسي.	الشكل (III-6)
63	منحنى خصائص الجهد و التيار لخلية سيليكونية و يبين نقطة القدرة العظمى (MPP).	الشكل (III-7)
64	خط تغير نقطة القدرة العظمى.	الشكل (III-8)
64	خط الحمل الكهربائي و خط القدرة الذي لم يصمم بشكل صحيح.	الشكل (III-9)
65	تغير موقع نقطة الطاقة العظمى تبعاً للإشعاع الشمسي.	الشكل (III-10)
66	الخصائص الكهربائية.	الشكل (III-11)
67	الخاصية المثالية للخلايا الكهروضوئية المربوطة على التسلسل.	الشكل (III-12)
68	لخاصية المثالية للخلايا الكهروضوئية المربوطة على التفرع.	الشكل (III-13)
68	منحنى تجميع الخلايا على التسلسل و على التفرع.	الشكل (III-14)
71	صورة توضح التركيب التحريبي للمركز الشمسي الأسطواني القطع المكافئ.	الشكل (III-15)
72	الخلية الكهروضوئية المقاسة.	الشكل (III-16)
79	تحديد الموقع الجغرافي لمدينة الجزائر.	الشكل (IV-1)
80	منحنى تغيرات الإشعاع الشمسي والإشعاع المركز بدلالة الزمن يوم 07 جانفي الجزائر.	الشكل (IV-2)
80	منحنى تغيرات الإستطاعة والإستطاعة المركزة بدلالة الزمن يوم 07 جانفي الجزائر.	الشكل (IV-3)
82	منحنى تغيرات الإشعاع الشمسي والإشعاع والمركز بدلالة الزمن يوم 8 مارس الجزائر.	الشكل (IV-4)
82	منحنى تغيرات الإستطاعة والإستطاعة المركزة بدلالة الزمن يوم 8 مارس الجزائر.	الشكل (IV-5)
84	منحنى تغيرات الإشعاع الشمسي والإشعاع المركز بدلالة الزمن يوم 12 جوان الجزائر.	الشكل (IV-6)
84	منحنى تغيرات الإستطاعة والإستطاعة المركزة بدلالة الزمن يوم 12 جوان الجزائر.	الشكل (IV-7)
86	منحنى تغيرات الإشعاع الشمسي والإشعاع المركز بدلالة الزمن يوم 9 أكتوبر الجزائر.	الشكل (IV-8)

فهرس الأشكال

86	منحنى تغيرات الإستطاعة والإستطاعة المركزة بدلالة الزمن يوم 9 أكتوبر الجزائر.	الشكل (9-IV)
87	تحديد الموقع الجغرافي لمدينة ورقلة.	الشكل (10-IV)
88	منحنى تغيرات الإشعاع الشمسي والإشعاع المركز للوح بدلالة الزمن يوم 7 جانفي ورقلة.	الشكل (11-IV)
88	منحنى تغيرات الإستطاعة والإستطاعة المركزة بدلالة الزمن يوم 7 جانفي ورقلة.	الشكل (12-IV)
90	منحنى تغيرات الإشعاع الشمسي والإشعاع المركز بدلالة الزمن يوم 8 مارس ورقلة.	الشكل (13-IV)
90	منحنى تغيرات الإستطاعة والإستطاعة المركزة بدلالة الزمن يوم 8 مارس ورقلة.	الشكل (14-IV)
92	منحنى تغيرات الإشعاع الشمسي والإشعاع المركز بدلالة الزمن يوم 12 جوان ورقلة.	الشكل (15-IV)
92	منحنى تغيرات الإستطاعة والإستطاعة المركزة بدلالة الزمن يوم 12 جوان ورقلة.	الشكل (16-IV)
94	منحنى تغيرات الإشعاع الشمسي والإشعاع المركز بدلالة الزمن يوم 9 أكتوبر ورقلة.	الشكل (17-IV)
94	منحنى تغيرات الإستطاعة والإستطاعة المركزة بدلالة الزمن يوم 9 أكتوبر ورقلة.	الشكل (18-IV)

فهرس الجداول

فهرس الجداول

الصفحة	العنوان	الجدول
70	المقادير العددية ل PTC المنجز	الجدول (1-III)
71	المقادير الكهربائية للخلية الكهربائية المقاسة	الجدول (2-III)
76	نتائج المقاييس التي تم قياسها خلال تاريخ التجربة 2019/05/13	الجدول (1-IV)
78	تغيرات تأثير تركيز الإشعاع الشمسي على اللوح	الجدول (2-IV)
79	تغيرات تركيز الإشعاع الشمسي والإستطاعة للوح في منطقة الجزائر في يوم 07 جانفي	الجدول (3-IV)
81	تغيرات تركيز الإشعاع الشمسي والإستطاعة للوح في منطقة الجزائر يوم 08 مارس	الجدول (4-IV)
83	تغيرات تركيز الإشعاع الشمسي والإستطاعة للوح في منطقة الجزائر يوم 12 جوان	الجدول (5-IV)
86	تغيرات تركيز الإشعاع الشمسي والإستطاعة للوح في منطقة الجزائر يوم 09 أكتوبر	الجدول (6-IV)
88	تغيرات تركيز الإشعاع الشمسي والإستطاعة للوح في منطقة ورقلة يوم 07 جانفي	الجدول (7-IV)
90	تغيرات تركيز الإشعاع الشمسي والإستطاعة للوح في منطقة ورقلة يوم 08 مارس	الجدول (8-IV)
92	تغيرات تركيز الإشعاع الشمسي والإستطاعة للوح في منطقة ورقلة يوم 12 جوان	الجدول (9-IV)
94	جدول تغيرات تركيز الإشعاع الشمسي والإستطاعة في منطقة ورقلة يوم 09 أكتوبر	الجدول (10-IV)

جدول الرموز والإختصارات

جدول الرموز و الإختصارات

الوحدة	المقدار الفيزيائي	الرمز
[W]	كمية الطاقة	E
[J/s]	ثابت بلانك	H
[$\mu\text{m/s}$]	سرعة الضوء	C
[W/m^2]	شدة الأشعاع المباشر	I
[Hz]	عدد تردد الإشعاع في الثانية	G
[يوما]	رقم اليوم في السنة	Nj
[$^{\circ}$]	زاوية ميل الشمس	δ
[$^{\circ}$]	زاوية إرتفاع الشمس	H
[$^{\circ}$]	زاوية دائرة العرض	φ
[$^{\circ}$]	زاوية الساعة الشمسية	Ω
[$^{\circ}$]	زاوية سمت الشمسي	a
[$^{\circ}$]	الزاوية الساعية	ω
[h]	التوقيت الشمسي الحقيقي	TSV
[m]	البعد البؤري	F
[m]	الطول	L
[m]	العرض	W
[m]	إرتفاع حافة العاكس	Hc
[μm]	بجمل طيف الاشعاع الشمسي	λ
[W/m^2]	الثابت الشمسي	I_0
/	علاقة التصحيح للثابت الشمسي	I
/	التدفق الحراري المخزن	Φ_{st}
/	التدفق الحراري الداخلى	Φ_e
/	التدفق الحراري الخارج	Φ_s
/	التدفق الحراري المتوالد	Φ_g
/	مردود الطاقة	H

جدول الرموز والإختصارات

/	الخلية الكهروضوئية	PV
/	محطات الطاقة المركزة	CSP
/	النظام المهجين	SH
/	أنظمة الطاقة الكهروضوئية المركزة	CPV
/	المجمعات حرارية كهروضوئية	PVT
A	تيار مستمر	DC
V	جهد دائرة مفتوحة	V _{co}
A	تيار دائرة القص	I _{cc}
W	الإستطاعة الأعظمية	P _{max}
m ²	المساحة	A _s
/	معامل التركيز	C
W/ m ²	الإشعاع الشمسي المباشر	G
W/ m ²	الإشعاع الشمسي المركز	G*
W	الإستطاعة	P
W	الإستطاعة المركزة	P*
/	مردود الخلية الكهروضوئية	η _p
/	مردود القطع المكافئ	η _{ptc}
/	المردود المتوسط	η _{moy}



مقدمة:

خلق الله الشمس والقمر و كافة الكواكب و الأجرام السماوية كآيات و شواهد دالة على إتساع ملكوته وكمال قدرته وعظم سلطانه و جعل شعاع الشمس مصدرا للضياء على الأرض و جعل الشعاع الساقط على سطح القمر المنعكس منه نورا، فالشمس آية من آيات الكون ولأهميتها تكرر ذكرها في القرآن الكريم 33 مرة سخرها المولى لتحقيق الحياة لكل الكائنات على وجه الأرض لقوله تعالى: ﴿هو الذي جعل الشمس ضياء و القمر نورا﴾ [سورة يونس- الآية 05]. [1] حيث أضحت الشمس المصدر الرئيسي للطاقة في كوكب الأرض و منها توزعت و تحولت إلى مصادر الطاقة الأخرى كتلك المخزونة في طاقة الرياح و الطاقة الحرارية في جوف الأرض و الطاقة المولدة من مساقط المياه و الطاقة الشمسية و غيرها من مصادر الطاقة كالفحم الحجري و الأخشاب.

إن تزايد الطلب على الطاقة الكهربائية اليوم وإرتفاع أسعار المشتقات النفطية اللازمة و إنخفاض إحتياطها فضلا على صعوبة الحصول عليها، جميعها مشكلات باتت تهدد إستقرار الطاقة في العالم مما دفع بالباحثين على إستحداث بدائل جديدة ومتعددة تكون متوفرة بكثرة في بلادنا كالتقنية الشمسية التي لم يتم إستغلالها بشكل ملموس و جيد حتى الآن و بالتالي قد أصبح إستخدام الطاقة الشمسية في الوقت الحاضر لتغذية الأحمال الكهربائية ليس أمراً ملحاً فقط بل حتمياً يجب العمل عليه. وقد أدت هذه الحاجة الماسة إلى الطاقة الشمسية لإبتكار تقنية جد متطورة تعمل على تحويل أشعة الشمس إلى طاقة حيث يعتبر التحويل المباشر للإشعاعات الشمسية إلى طاقة كهربائية وحرارية عبر الخلايا الكهروضوئية والمركبات الشمسية تقنية جديدة ومتطورة وهي صناعة إستراتيجية بإعتبارها مصدرا طاوياً مستقبلياً وهذا مايسمى بالنظام الهجين الذي سيكون له الأثر الأكبر في المحافظة على مصادر الطاقة التقليدية ولأغراض أهم وإستغلال أئمن ومفيد. حيث يعتبر مصدر هذه الطاقة نظيف وغير ملوث للبيئة ودون مخلفات. حيث إستغل الإنسان هذه التقنية بشكل مباشر منذ القدم في التدفئة و تخفيف المحاصيل الزراعية والطباخات الشمسية ثم تطور هذا الإستغلال إلى إستحداث الطاقة الشمسية لإنتاج الكهرباء عن طريق التحويل الكهروضوئي (PV) بواسطة الخلايا الشمسية و بالتحويل الحراري بواسطة محطات الطاقة الشمسية المركزة (CSP) و إستمر التطوير من خلال رفع كفاءة المجمعات الشمسية الحرارية الكهروضوئية، ويعتبر هذا التحويل الناتج عن التهجين الأكثر مردودا والأطول عمرا.

المقدمة

وإنطلاقاً من هذه الأهمية جاءت دراستنا من خلال هذا الموضوع وهو دراسة مردود تهمجين الخلايا الكهروضوئية والمركّزات الشمسية من نوع PTC في مدينة ورقلة سوف ندرس المردود الناتج عن تهمجين بين هاتين التقنيتين وذلك بعمل نظري بحث. حيث خصصنا :

- ❖ الفصل الأول للخلايا الكهروضوئية والمركّزات الشمسية (تعريفاتهما ، خصائصهما ، أنواعهما ، آلية عملهما) .
- ❖ الفصل الثاني تطرقنا للدراسة النظرية للتهمجين (تعريفه ، خصائصه ، مزاياه ، تحسيناته ، تجارب عنه) وركزنا في هذه الدراسة بصفة عامة عن التهمجين .
- ❖ الفصل الثالث قمنا بنمذجة التهمجين (هندسة ووصف نموذج PTC ومكوناته ومعادلات الموازنة الحرارية ، ووصف الخلية المستعملة وأبعادها وكيفية ربط الخلايا الكهروضوئية وخصائصها وقمنا بوصف التهمجين الذي بين الخلية الكهروضوئية والمركّزات الشمسية من نوع PTC)
- ❖ الفصل الرابع تطرقنا إلى حساب مردود PTC وكذلك حساب مردود الخلية الكهروضوئية وحساب الإستطاعة المركّزة والإشعاع المركّز باستخدام تطبيق Data cder.dz ثم لخصنا النتائج المتحصل عليها في جدول وتحميدها في منحنيات و من ثم تحليلها و تفسيرها .وفي الأخير سننهي بحثنا هذا بملخص عامة نبرز فيها أهم النتائج و الملاحظات المتحصل عليها مع اقتراح حلول و توصيات مستقبلية.

الخلايا الكهروضوئية و المراكز الشمسية

I-الخلايا الكهروضوئية

تمهيد:

أصبح إستخدام الخلايا الكهروضوئية في الوقت الحالي من المصادر المهمة والمتطورة في مناطق كثيرة من العالم، حيث تستخدم الخلايا الشمسية (الكهروضوئية) في عملية تحويل الإشعاع الشمسي مباشرة إلى كهرباء، وتعرف هذه الآلية بالتحويل الفوتوفلطائي (photovoltaïque conversion) للطاقة الشمسية، ويتوقع أن يساهم في تحويل الطاقة الكهروضوئية عمليا في تقليل إستهلاك الوقود الأحفوري وإلى خفض التلوث البيئي. وقد بدأت نظم الخلايا الكهروضوئية تنتشر تدريجيا في بعض دول العالم وخاصة في تطبيقات الإنارة والإتصالات وضخ المياه وغيرها. وهي أحد المنجزات العالمية الكبرى في القرن العشرين والألفية الثانية منذ عقود عديدة لكنها دخلت مرحلة الإستغلال الفعلي عند إستخدامها على نطاق واسع ومن قبل عموم الناس هو كلفتها العالية، ولقد إنخفض سعر الخلايا الشمسية مئات المرات في الوقت الحاضر عما كان عليه في بداية الستينات، ولكنها لا تزال مكلفة نسبيا إلى حد الآن، والحقيقة هي عدم وجود أية صعوبات تقنية تمنع توسيع إنتشار هذه المنظومات، فمدى إنتشار إستخدامها يعتمد على كلفة الإنتاج وزيادة الكفاءة. وخلال الأعوام المنصرمة حدث تقدم واسع في إنتاج الخلايا بكلفة معقولة وإزدادت كلفتها إلى أن وصلت حوالي 30% في الظروف المخبرية.

1.I. أشباه الموصلات:

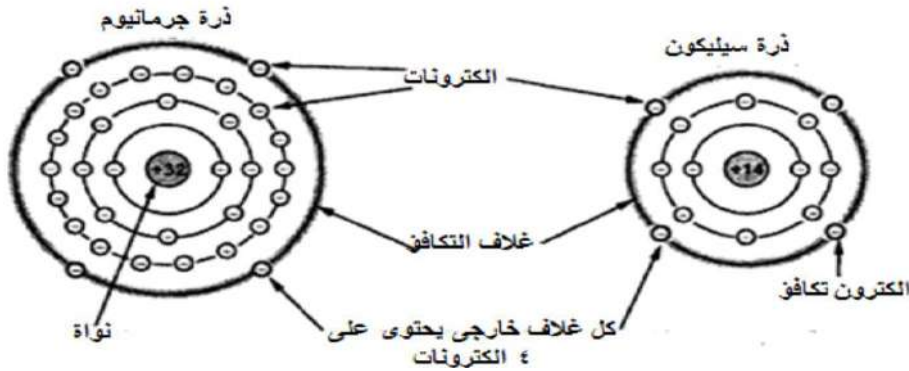
أشباه الموصلات تتميز بخصائص كهربائية تقع بين خصائص جيدة التوصيل للكهرباء وبين خصائص المواد العازلة، فهي مواد عازلة عند درجة حرارة الصفر المطلق، وتقل مقاومتها بإرتفاع درجة الحرارة أو عند تسليط فرق جهد كهربائي عليها أو عند تعرضها لإشعاع بطاقة مقبولة، وهي المواد التي تحتوي على نسبة قليلة

من الإلكترونات الحرة ، البعض بواسطة مثل السيليكون والجرمانيوم هذه المواد التي تحتوي هي عناصر رباعية التكافؤ (أي يحتوي غلاف الذرة الخارجي على أربعة إلكترونات) ترتبط ذراتها مع بعضها روابط تساهمية . [2]

2.I. أشباه الموصلات النقية وغير النقية:

1.2.I. مواد شبه موصلة نقية:

تتصف بأن لها ترتيبا بلوريا حيث تترتب ذراتها وفق نظام هندسي منسق ومن أمثلتها السيليكون (Si) الذي يحتوي على 14 إلكترونات منهم عشرة مرتبطة بالنواة وأربعة في المدار الخارجي لنواة الذرة، والجرمانيوم (Ge) الذي يحتوي على 32 إلكترونات منها 28 إلكترونات مرتبطة بالنواة وأربعة في المدار الخارجي لنواة الذرة، عند وصل المادة شبه الموصلة النقية مع بطارية فإن الإلكترونات تتحرك عكس اتجاه المجال الكهربائي . [2]



الشكل (1.I): الترتيب البلوري لمادة السيليكون والجرمانيوم [2]

2.2.I. مواد شبه موصلة غير نقية:

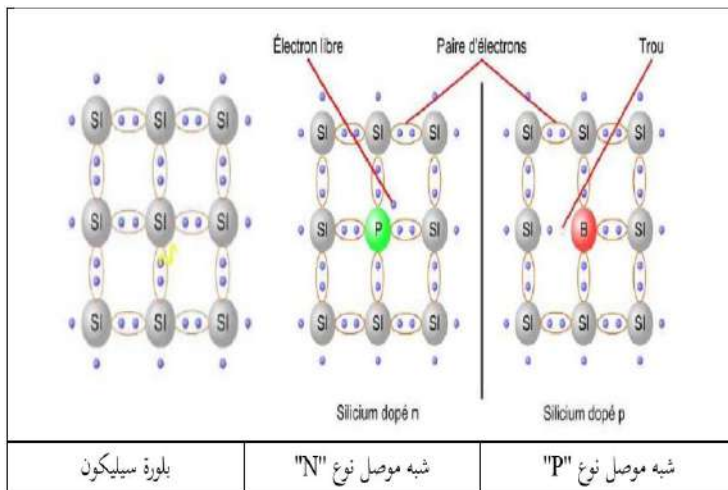
هي عبارة عن نفس المواد النقية السيليكون والجرمانيوم ولكن مضافة إليها نسبة من الشوائب مثل: الزنك، الأنثيمون، الفوسفور، الجاليوم، الأنديموم، والبورون، لجعل شبه الموصلة غير النقية تقبل عملية التوصيل الكهربائي. تنقسم المواد شبه الموصلة غير النقية إلى:

- مواد شبه موصلة مضاف إليها شوائب ذات ذرات عناصر خماسية التكافؤ:

مثل: الزرنيخ (As) أو الأنتيمون (Sb) أو الفسفور (P) وتكون ناقلات الشحنة الكهربائية فيها هي الإلكترونات الحرة حيث نجد أن كل أربعة إلكترونات تكافؤ من إلكترونات المادة الشائبة الفوسفور (P) ترتبط بروابط تساهمية مع ذرات السيليكون ليكتمل المدار الخارجي لذرة السيليكون ، ويبقى إلكترون زائد من الفسفور ليصبح حر خلال البلورة ، ومنه تزداد الإلكترونات السالبة الحرة وتعرف بالنوع "N".

- مواد شبه موصلة مضاف إليها شوائب ذات ذرات عناصر ثلاثية التكافؤ :

مثل الألمنيوم (Al) أو الأنديموم (In) أو البورون (B) وتكون ناقلات الشحنة الكهربائية فيها هي الفجوات (أو الفراغ الذي يخلفه الإلكترون المتحرر من الرابطة) حيث إن إلكترونات التكافؤ الثلاثة للبورون ترتبط مع ذرات السيليكون برابطة تساهمية، وهنا نجد أن ذرة السيليكون ينقصها إلكترون واحد حتى يكتمل البناء الترابطي التساهمي وهذا يعني وجود فجوة (trou) والتي تمثل شحنة موجبة لها قدرة قوية على جذب إلكترون وبهذه الطريقة يزداد عدد الفجوات وتعرف هذه المواد بالنوع "P". [2]



الشكل (2.1): أنواع أشباه الموصلات [2]

3.I. تعريف الخلايا الكهروضوئية:

الخلية الكهروضوئية تتكون من كلمتين (photo) هي كلمة من أصل يوناني تعني الضوء

و(voltaïque) هي وحدة تستخدم لقياس الطاقة الكهربائية ، وبهذا تعني الكهروضوئية التحويل المباشر

للأشعة الشمسية إلى كهرباء مستمرة وهي عبارة عن أجزاء مركبة مصنوعة من مواد شبه ناقلة وهي أصغر نظام

كهروضوئي [3].

تتكون الخلية الكهروضوئية من عدة طبقات :

• الرئيستان الحساستان للضوء (N) و(P)

• الطبقة (N) تمثل مادة السيلكون التي يكون فيها عدد الإلكترونات هو الغالب مضافة إليها عنصر خماسي

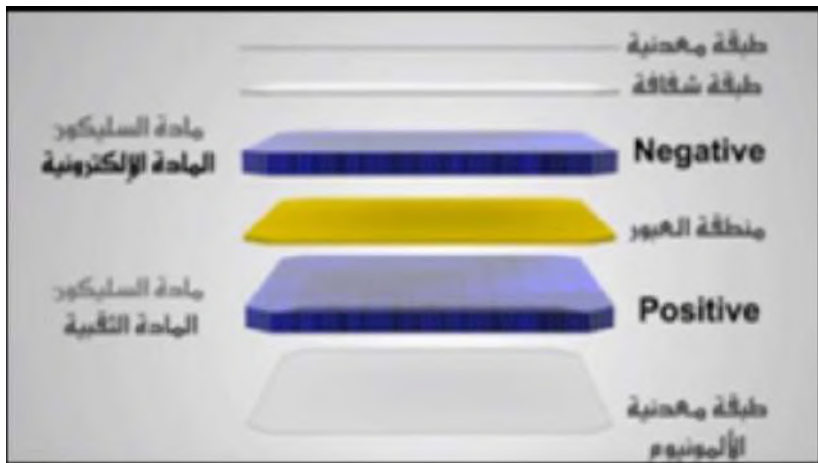
التكافؤ.

• الطبقة (P) تمثل السيلكون التي يكون فيها عدد الفجوات (الثقوب) هي الغالبة مضافة إليها عنصر ثلاثي

التكافؤ.

• تضاف إلى السطح الأمامي طبقة من الزجاج شفافة لضوء لزيادة إمتصاص الفوتونات الضوئية وحماية الخلية.

• تضاف إلى السطحين الأمامي و الخلفي طبقة معدنية كالألمنيوم مثلا لتشكيل أقطاب الخلية.



الشكل (3.I): طبقات الخلية الكهروضوئية [3]

4.I. تاريخ فكرة نشأة الخلايا الكهروضوئية:

إكتشف أنطوان بيكريل (Antoine Becquerel) التفاعل الكهروضوئي في عام 1839م ولكن في عام 1883م فقط طور المخترع الأمريكي تشارلز فريتس أول خلايا سيليكونية شمسية ، تظل هذه التطبيقات محدودة للغاية لفترة طويلة حيث تستخدم هذه الخلايا الكهروضوئية الأولى لقياس شدة الضوء أثناء أوضاع التصوير. كان عليه الإنتظار حتى الخمسينيات من القرن الماضي ليرى ظهور أول أنظمة كهروضوئية عالية الكفاءة من السيليكون ، في عام 1954م قام الباحثون الأمريكيون الثلاثة:

(Pearson – chapin – prince) بتصميم خلية سيليكونية بقدرة تحويلية تصل إلى 6% ، في وقت كانت فيه شركة الفضاء الناشئة تبحث عن حلول جديدة لتزويد أقمارها الصناعية بالطاقة ، إنها بداية سباق بين المختبرات لتحسين الأداء من عام 1958م تم تطوير خلية بكفاءة 9% وإرسال الأقمار الصناعية الأولية التي تعمل بالخلايا الشمسية إلى الفضاء. وفي 1973م تم بناء أول منزل مدعوم من الخلايا الكهروضوئية في جامعة ديلاوير ، وفي 1983م كانت أول سيارة تعمل بالطاقة الضوئية تبعد مسافة 4000 كلم في أستراليا ، وفي 1995م تم إطلاق برامج تسقيف الشبكة الكهروضوئية في اليابان وألمانيا.

مع تطور صناعة أشباه الموصلات السيليكونية ، بدأت تكاليف الإنتاج في الإنخفاض نسبيا بصورة معقولة ووصل إنتاجها إلى عشرات الميغا وات ، في حين أن تقدم البحث يجعل من الممكن زيادة إستعادة الخلايا الشمسية تدريجيا. [4]

5.I. أنواع الخلايا الكهروضوئية:

تطور مجال صناعة الخلايا الشمسية ، وتم صناعة أنواع مختلفة منها ، تختلف عن بعضها البعض في كفاءتها وإستعمالها ومن حيث مادة التصنيع أو التبلور أو عدمه على إعتبار أن معظمها سيليكونية ومن أنواعها:

1.5.I. الخلايا السيليكونية

1.1.5.I. الخلايا السيليكونية أحادية البلورة :

معظم الخلايا الفولطاضوئية المصنعة لغاية فترة قريبة كانت من سيليكون نقي ذي هيكل مستمر أحادي البلورة (Single Crystal) وبدون شوائب ، والسيليكون أحادي البلورة يصنع عادة من حبوب صغيرة من البلور مسحوبة ببطء من كتلة مذابة من السيليكون متعدد البلورية بطريقة متقدمة وغالية الثمن , ومعظم الخلايا السيليكونية الأحادية البلورية المتوفرة في الاسواق ذات كفاءة تقارب 16% وبالرغم من ميزة الكفاءة العالية التي تختص بها الخلية الشمسية الأحادية البلورية فإن سعرها مرتفع جدا لكونها مصنوعة من سيليكون أحادي البلورة وعالي النقاوة ولكون طريقة التصنيع غالية وتحتاج الي عمال مهرة. ويتم حاليا تصنيع بعض الخلايا من السيليكون اقل نقاوة ، وهذه الخلايا تكون أرخص سعرا وتنتج بكلفة أرخص باستخدام عمليات مختلفة قليلة الكلفة ولكنها ذات كفاءة أقل وعمر زمني أقل.[5]



الشكل (4.I): خلية سيليكونية أحادية التبلور ولوح شمسي مصنوع من خلايا أحادية البلورة[5]

2.1.5.I. الخلايا السيلكونية متعددة البلورات:

يتكون السيلكون المتعدد البلورة من الحبيبات صغيرة من البلور الأحادي ، بالرغم من كون الخلايا الكهروضوئية المتعددة البلورات أرخص وأسهل تصنعا من الخلايا أحادية البلورة بسبب النقاوة الأقل للمادة الأولية إلا أنها أقل كفاءة ، وذلك كون حاملات الشحنة (الإلكترونات والثقوب) المولدة من قبل فوتونات الإشعاع الشمسي يمكن أن تتجمع على الحدود بين الحبيبات داخل السيلكون المتعدد البلورات ، وقد وجد أن 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 الى الأسفل ، وذلك لسماع للإشعاع الشمسي بالتغلغل بعمق خلال الحبيبات.

تتراوح كفاءة الخلايا السيلكونية متعددة البلورات 11% و 15%. [5]



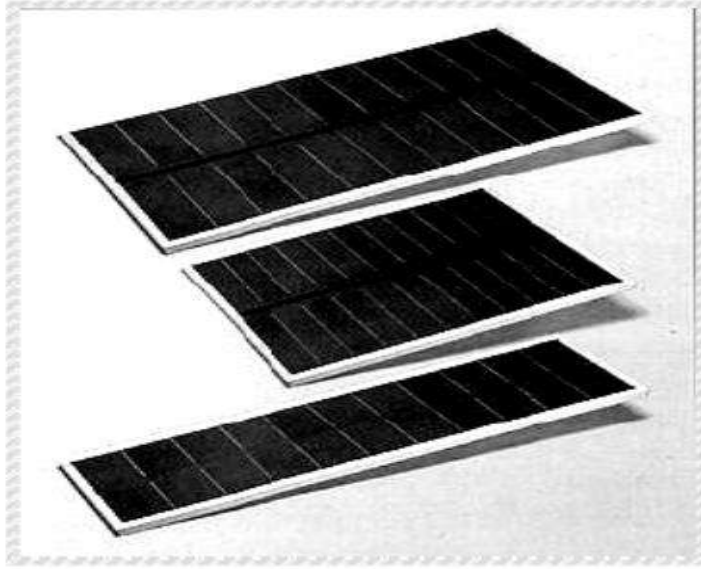
الشكل (5.I): خلية سيلكونية متعددة البلورات لوح شمسي مصنوع من خلايا متعددة التبلور [5]

I.3.1.5.1. الخلايا السيليكونية العشوائية (الأمورفية):

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 أقل ترتيباً من النوع البلوري ، ففي السيلكون العشوائي لا ترتبط كل ذرة إرتباط كاملاً مع الذرات المجاورة ، إنما تترك ما يسمى بالرابط المتدلي ، وتستطيع إمتصاص الإلكترونات إضافية عند إجراء عملية الطلاء.

تختلف خلايا السيلكون العشوائي عن الخلايا المصنعة بطرق أخرى بالنسبة لمنطقة الارتباط (N-P) إذ يتكون هذا النوع من الخلايا منطقة تسمى (N-I-P) رقيقة جداً من نوع (P) من السيلكون العشوائي تأتي بعدها طبقة داخلية (I) أكثر سمكاً من مادة السيلكون العشوائي الخالي من الشوائب ، ثم طبقة رقيقة جداً من نوع (N) من السيلكون العشوائي ، كما أنها أرخص سعراً من الخلايا السيليكونية البلورية ، وأكثر إمتصاصاً للإشعاع الشمسي إضافة إلى درجة حرارة تصنيعها قليلة جداً مقارنة بالخلايا السيليكونية البلورية ولذلك فهي تحتاج إلى طاقة أقل. [5]

إلا أنها ذات كفاءة قليلة مقارنة بالخلايا السيليكونية المذكورة سابقاً ، حيث تتراوح ما بين 4% و 8% وهي تتناقص مع مدة تعريضها للشمس وكذلك عمرها الزمني قليل ، أن أعلى كفاءة تم الحصول عليها لا تتجاوز 12% خلافاً التي تتحول إلى الزرنيخ (الأرسنيد) الضارة بالبيئة. [5]



الشكل (6.I): لوح شمسي مصنوع من خلايا سيلكونية عشوائية (الأمورفية)

2.5.I. الخلايا الشريطية:

يتم في هذه الطريقة إنتاج شريط من السيليكون أحادي البلور باستخدام سيلكون متعدد البلورية أو من سيلكون أحادي المذاب.



الشكل (7.I): الخلايا الشريطية [5]

3.5.I. خلايا الكوبرانديوم أرسنايد: (CIS)

وهي مواد من أشباه النواقل مركبة من النحاس والاندنيوم والسليينايد (CIS) وقد إستخدمت في تصنيع الخلايا وصلت كفاءتها مخبريا إلى 12% ، هذا النوع من الخلايا لا يعاني من مشكلة نقصان الكفاءة عند الإستخدام الذي ظهر في الخلايا السيليكونية العشوائية ، وبما أن مادة الانديوم مادة غالية الثمن وبالرغم من أن الكمية المستخدمة قليلة فان ذلك يؤثر على سعرها ، من مساوئ طريقة التصنيع هذه الخلايا هو إستخدام الهيدروجين والسليينايد وهو سام جدا ويسبب مشاكل صحية كبيرة في حالة حدوث خلل عند التصنيع [5].

4.5.I. خلايا الغاليوم أرسنايد: (GaAS)

ليس السيلكون المادة الوحيدة الملائمة للإستخدام في تصنيع الخلايا الكهروضوئية ، فهناك مواد أخرى يمكن استخدامها كالأليوم أرسنايد التي تمتلك هيكلا بلوريا مشابها للسيلكون ، وهي ملائمة جدا للإستخدام في تطبيقات الخلايا الشمسية لكونها ذات معامل إمتصاص عال للضوء ، كما تتمتع بكفاءة جيدة ، ويمكن أن تعمل تحت ظروف درجة حرارة عالية نوعا ما بدون تناقص في أدائها كالأليوم السيليكونية وبعض أشباه النواقل التي تعاني من هذه المشكلة.

وبهذه المواصفات يمكن إستخدامها في منظومات الخلايا الشمسية المركزة ، ومن الأمور التي يجب معرفتها هي أن كلفة تصنيع هذه الخلايا أعلى من كلفة تصنيع الخلايا السيليكونية ، وذلك لكون عمليات إنتاجها غير متطورة حاليا ، وتستخدم عند الحاجة إلى خلايا ذات كفاءة عالية كما هو الحال في تطبيقات الفضاء [5].

5.5.I. خلايا الكادميوم تليرايد: (CdTe)

هي مواد من أشباه النواقل مناسبة لإستخدام الخلايا الكهروضوئية تتألف من الكادميوم والتليرايد ، ومن محاسن هذه الخلايا إمكانية تصنيعها بإستخدام عملية بسيطة ورخيصة من الطلاء الكهربائي . وقد وصلت كفاءة

هذه الخلايا ما بين 10% بدون تناقص في الكفاءة عند الاستخدام. لكن من مساوئها أن الكاديوم مادة سامة جدا، ولهذا يجب أخذ الإحتياطات اللازمة أثناء التصنيع. [5]

I.6.5. الخلايا العضوية:

إستطاع العلماء في جامعة بيل الأمريكية زيادة قدرة من الخلايا الشمسية الواعدة على إمتصاص الضوء و تحويله إلى طاقة كهربائية عبر إضافة صبغة عضوية متفلورة إلى طبقة الخلية الشمسية . هذه الصبغة المتفلورة (صبغة السكوارين) تزيد من إمتصاص الضوء و تحرك الإلكترونات ، محسنة بذلك القدرة على تحويل الضوء لطاقة كهربائية و تشهد هذه الخلايا الإقبال الأكبر بسبب سعرها المنخفض ، وزنها الخفيف ، مساحتها الواسعة و مرونتها ، إلا أن كفاءتها منخفضة. حيث أن حوالي 50 بالمئة من الضوء الذي تمتصه لا يتم تحويله إلى طاقة كهربائية مطلقا ، والسبب الرئيسي هو أن شبكة جزيئاتها ليست مصطفة بشكل كاف على مستوى النانوي بشكل يسمح للطاقة بأن تخرج من الخلية الشمسية.

إن أكثر الخلايا إنتشارا في السوق العالمية هي الخلايا السيليكونية متعددة التبلور و ذلك بسبب أدائها الجيد ، كما أنها منخفضة التكاليف بالنسبة للخلايا الأخرى.

I.6. مبدأ عمل الخلية الكهروضوئية:

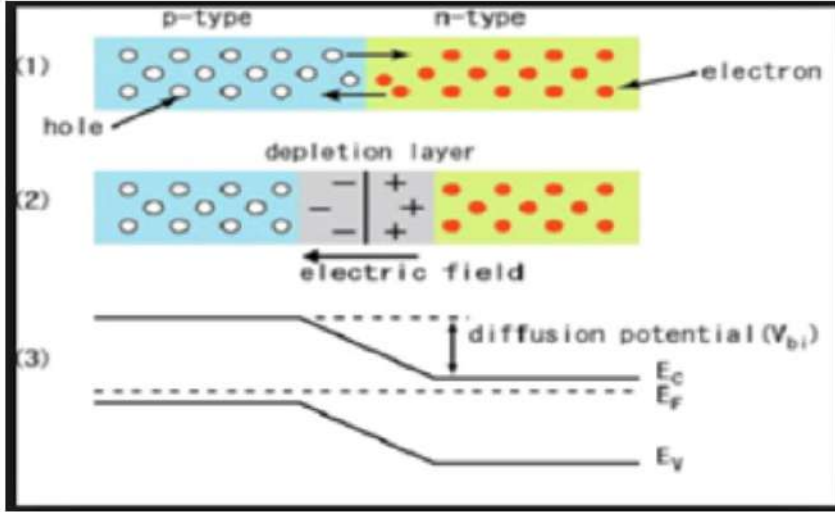
الخلية الضوئية هي جهاز يحول الطاقة الشمسية إلى طاقة كهروضوئية يعتمد هذا التحويل على ثلاث

آليات:

- إمتصاص الفوتونات التي تكون طاقتها أكبر من طاقة الفجوة (واسطة المادة التي تشكل الجهاز)
- تحويل طاقة الفوتون إلى طاقة كهربائية و التي تتوافق مع إنشاء أزواج (الإلكترون / ثقب) في مادة أشباه الموصلات.

- للخلايا الضوئية مستويات للطاقة وأن تكون موصلة بما فيه الكفاية للسماح بتدفق التيار وبالتالي من أجل جمع الجزيئات المتولدة، من الضروري وجود مجال كهربائي لفصل أزواج (الإلكترون / ثقب) التي تم إنشاؤها لهذا الغرض.

[6]



الشكل (8.I): مبدأ عمل الخلية الكهروضوئية [6]

7.I. الفعل الكهروضوئي:

هو عملية تحويل الطاقة المنبعثة من الشمس على شكل فوتونات إلى طاقة كهربائية ، باستخدام مكونات أشباه الموصلات تدعى الخلايا الكهروضوئية ، وهذا يعني تحويل ضوء الشمس إلى كهرباء. تستند الخلية الكهروضوئية على ظاهرة فيزيائية تدعى الفعل الفوتوضوئي الذي يتكون في إنشاء قوة كهرومغناطيسية عند تعرض سطح الخلية إلى الضوء . الجهد المتولد يمكن أن يتغير بين (0.3V–0.7V) حسب وظيفة المواد المستخدمة و قواعدها ، وكذلك درجة حرارة الخلية وعمر الخلية . [3]

ومن أسباب إختيار المواد السيليكونية :

– أنه عالي التوصيل الحراري .

- الثبات الجيد مع الطقس المحيط .

- عازل ممتاز للكهرباء .

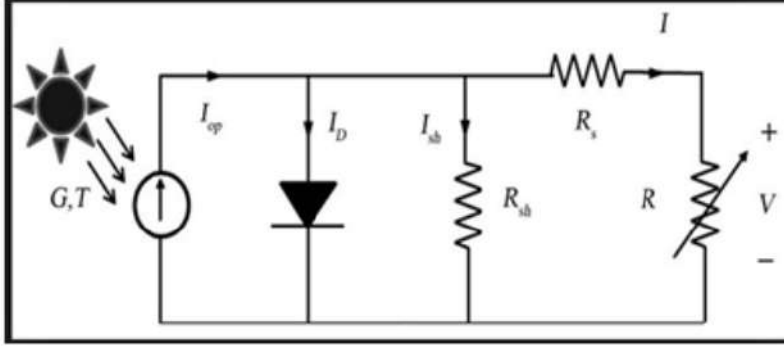
- عالي القدرة .



الشكل (9.I): زاوية ميل اللوح الشمسي

8.I. الدارة المكافئة للخلية الكهروضوئية:

لفهم جيدا سلوك الخلية الكهروضوئية لابد من إنشاء نموذج كهربائي مكافئ لها، والذي يكون مزودا بمكونات كهربائية معروفة وسهلة الدراسة و التحليل ، في النموذج المثالي للخلايا الشمسية يتم تمثيل الخلية بمصدر للتيار الكهربائي معه موحد ثنائي ديود، ولكن عمليا لا توجد خلية كهروضوئية مثالية لذلك يتم وضع مقاومة على التوازي ومقاومة أخرى على التوالي كمحاكاة للواقع.[7]



الشكل (10.I): الدارة الكهربائية المكافئة للخلايا الكهروضوئية [7]

9.I. أهم تطبيقات الخلايا الكهروضوئية:

- الفضائية: إنارة المركبات والأقمار الصناعية.
- البحرية: تحلية مياه البحار.
- الاتصالات الأرضية: محطات الإتصال والإستقبال.
- البترولية: حماية أنابيب النفط والغاز الطبيعي من التآكل المعدني.
- التبريد: الثلجات المتنقلة في المدن والمناطق النائية لحفظ الأدوية ، والأطعمة.
- الزراعية: الري وتبريد المنتجات الزراعية.
- الحماية والأمن: الأجهزة التحذيرية المدنية والعسكرية في الإنارة وكهربية السياجات المعدنية.
- الطاقة: إنتاج الهيدروجين. [8]

10.I. الجوانب الإيجابية والسلبية لإستخدام الخلايا الكهروضوئية:

❖ الجوانب الإيجابية:

- عديمة التلوث للبيئة.
- لا تحتوي على أي عناصر كيميائية.

- هادئة لا تصدر ضوضاء صديقة للبيئة.

- تعمل في أي مكان مشمس. [9]

❖ الجوانب السلبية:

- إنتاج الطاقة يكون ضعيف عند إنعدام الأشعة الشمسية في حالة الغيوم وتساقط الأمطار

والثلوج.

- تدهور كفاءة الألواح بمرور الوقت.

- لا يمكنها إنتاج الطاقة في الليل.

- إرتفاع تكلفة إنتاج اللوح الشمسي ، الأمر الذي لا يمكن معه التوسع في إستغلالها. [10]

I -المركزات الشمسية

تمهيد:

الشمس هي مصدر الطاقة على كوكب الأرض وهي عبارة عن كتلة غازية يبلغ قطرها 696 million m وكتلتها حوالي $2 \times 10^{29} \text{Tn}$ ودرجة حرارة سطحها حوالي 6000°C ومكوناتها الأساسية هي غاز الهيدروجين (حولي 75%) وغاز الهيليوم (حولي 25%) بالإضافة إلى كميات ضئيلة من بعض العناصر الأخرى كالحديد والنيون والكربون . وتولد الطاقة الشمسية نتيجة تحول المستمر لكل أربع ذرات من الهيدروجين إلى ذرة واحد من الهليوم لتفاعل اندماجي نووي . [11]

11.I.الإشعاع الشمسي:

تحصل الأرض على الطاقة الشمسية عن طريق لاشعاع الشمسي وهذه الطاقة الاشعاعية تأتي إلينا بواسطة جسيمات متناهية الصغر عديمة الوزن تسمى فوتونات التي تصرف كالموجات الكهروضوئية لها نفس الخصائص الطول الموجي والتوتر والطاقة .

تكون هذه الفوتونات على شكل تيار من الجسيمات , تنطلق بسرعة الضوء على شكل موجات حيث لكل فوتون طول موجي و كمية من الطاقة تتناسب عكسيا مع الطول الموجي ويتجسد ذلك حسب نظرية بلانك التي توضح المعادلة التالية: [12]

$$E=hc/ \lambda \quad (1-I)$$

حيث:

E: كمية الطاقة الناتجة .

$h=6,625.10^{34}J/s$ ثابت بلانك

$c=3.10^{14} \mu m/s$ سرعة الضوء

I : شدة الإشعاع المباشر $W | m^2$

ويمكن كتابة المعادلة كالتالي :

$E=hg$ (2-I)

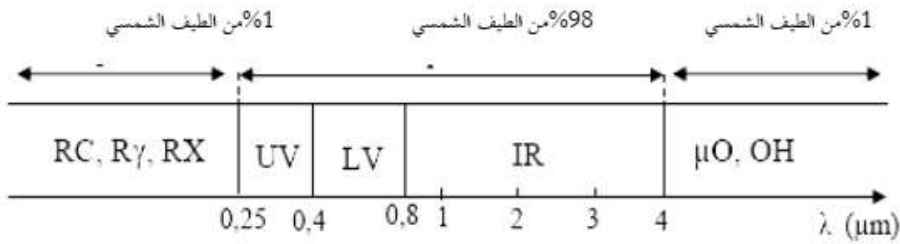
حيث $g=(C/ I)$ تمثل عدد تردد الإشعاع في الثانية (Hz).

12.I. طيف الإشعاع الشمسي:

إن الإشعاع الشمسي الصادر عن الشمس يكون على شكل أمواج كهرومغناطيسية تتوزع طاقته على

طيف الإشعاع حيث تكون 98% من طاقة الإشعاع ضمن أطوال الموجات [11] .

بينما نجد 1% من الطاقة تحت هذا المجال $\lambda \in [0.25, 0.4]$ كما هو موضح في الشكل:



الشكل (11.I): توزيع طيف الإشعاع الشمسي [11]

- $\lambda \in [0.25, 0.4] \mu m$ 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.

13.I. الثابت الشمسي:

هو شدة تدفق الإشعاع الشمسي التي تتلقاه وحدة مساحة ($1m^2$) خارج الغلاف الجوي للأرض ، بحيث تكون عمودية على أشعة الشمس والمسافة بين الأرض والشمس عند قيمتها المتوسطة خلال السنة والمقدرة بـ $1.5 \times 10^8 km$ وتعطى قيمة الثابت الشمسي المقيسة من طرف Gueymard في 2004 .

$$I_0 = 1366.1 W/m^2 \quad [13]$$

وخلال أيام السنة تعطى علاقة التصحيح للثابت الشمسي [14]:

$$I = I_0 \left[1 + 0.034 \cos \left[(N_j - 2) \frac{360}{365} \right] \right] \quad (3 - I)$$

حيث N_j يمثل رقم اليوم من السنة الشمسية ($N_j = 1, 2, \dots, 365$)

14.I. أنواع الإشعاع الشمسي:

عموما يصل الإشعاع الشمسي إلى سطح الأرض عبر ثلاث عمليات يتعرض لها أثناء عبوره لغلاف

الجوي :

1.14.I. الإشعاع المباشر:

وهو الإشعاع الشمسي الذي يصل إلى سطح الأرض بدون تعرضه لتبعثر أو الانعكاس عند عبوره

الغلاف الجوي. [15]

I.14.2. الإشعاع المنتشر أو المتشتت D:

هو مجموع الإشعاع الشمسي الساقط على سطح ما بعد تشتته نتيجة مروره بطبقات الجو مع الإشعاع

الذي انعكس وسقط على ذلك السطح . [16]

I.14.3. الإشعاع المنعكس:

ويقصد به مقدار الأشعة الشمسية التي تعكسها الأرض مرة ثانية من غير ان يتحول اي جزء منها الى

طاقة حرارية وتضل في جو الأرض . [15]

I.15. نسبة التركيز الشمسي:

الإشعاع الشمسي الساقط على سطح الأرض يمكن تحويله إلى كهرباء مباشرة من خلال امتصاص

الفتونات الضوئية بواسطة الألواح الشمسية الكهروضوئية (PV)، أو من خلال الطاقة الشمسية المركزة (CSP)

في هذه الحالة يتم إمتصاص الحرارة الناتجة من الإشعاع الشمسي المركز على سطح الامتصاص ، و من ثم تنتقل

إلى المائع المستعمل ، حيث نحصل على درجات حرارة عالية ، وتوجد طريقتان لتركيز الإشعاع الشمسي [17].

I.16. الزوايا الشمسية:

يتأثر مستوى الإشعاع الشمسي الواصل إلى الأرض بحركة دورانها اليومية حول محورها وكذلك حركة

دورانها السنوية حول الشمس وهما اللتان تحددان الزاوية والتي يسقط بها الإشعاع الشمسي على موقع معين من

الأرض. [12]

17.I. أهم الزوايا الشمسية:

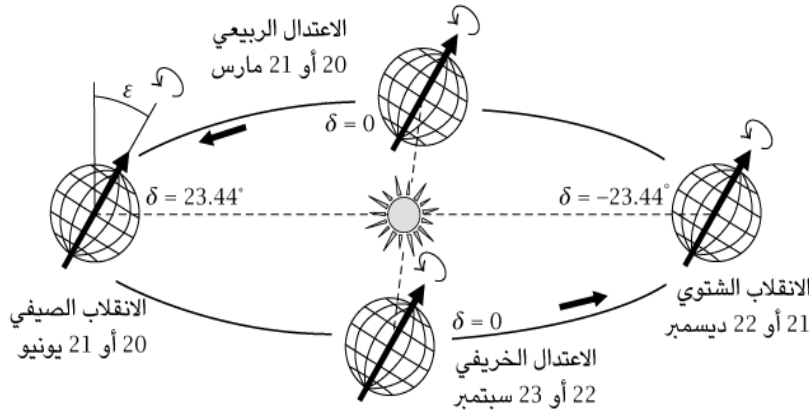
1.17.I. زاوية ميل الشمس δ :

هي الزاوية التي يصنعها الأشعاع الشمسي الذي يسقط على الأرض عند خط الاستواء ، وتراوح قيمة

هذه الزاوية $(-23,45^\circ + 23,45^\circ)$ وتحسب بالعلاقة التالية:

$$\delta = 23.45 \sin\left(360 \times \frac{284 + N_j}{365}\right) \quad (4-I)$$

N_j : رقم اليوم في السنة. [17]



الشكل (12.I): تغير شدة الإشعاع الشمسي بين الصيف والشتاء [17]

2.18.I. زاوية إرتفاع الشمس:

وهي الزاوية المحصورة بين أشعة الشمس و الأفق . هذه الزاوية تساوي صفر عند شروق و غروب الشمس

و تأخذ قيمة عظمى عند وقت الزوال الشمسي. [18]

وتكتب بالعلاقة التالية :

$$\sin(h) = \sin(\varphi) \cdot \sin(\delta) + \cos(\varphi) \cdot \cos(\delta) \cdot \cos(\omega) \quad (5-I)$$

حيث :

φ : زاوية دائرة العرض

ω : زاوية الساعة الشمسية

3.18.I. زاوية السميت الشمسي α :

هي الزاوية المحصورة بين الخط الذي يمر في نقطة ما على سطح الأرض ، و المتجه جنوبا بين المسقط

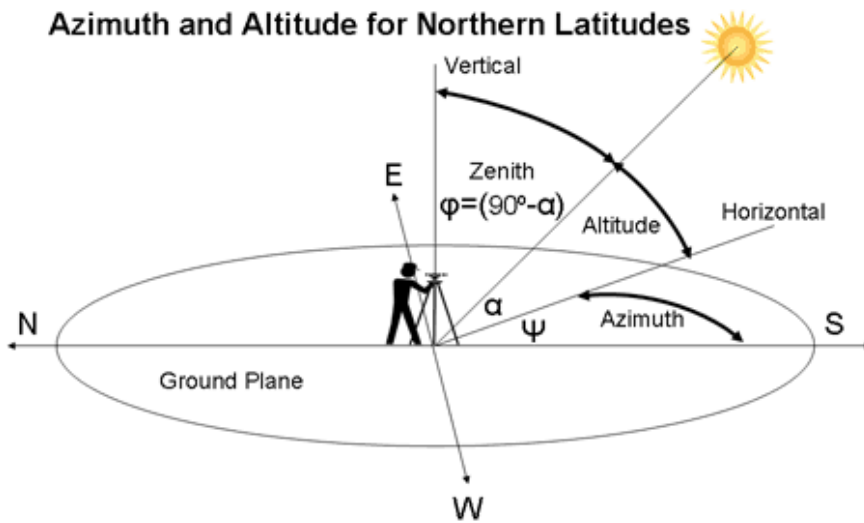
الأفقي بين النقطة و الشمس . [16]

كما تعرف على انها مقياس البعد الزاوي للشمس عن اتجاه الجنوب وقيمتها سالبة قبل الظهر و موجبة بعده.

[19]

و تعرف بالعلاقة التالية :

$$\sin \alpha = \frac{\cos \delta \times \cos \omega}{\cos h} \quad (6-I)$$



الشكل (13.I): الزوايا الشمسية [16]

4.18.I. الزاوية الساعية ω :

تعتمد الزاوية الساعية لموقع محدد من سطح الأرض على الموقع اللحظي في حركة دورانها حول محورها ، إذ يوجد إرتباط مباشر للتوقيت الشمسي الحقيقي و هو متغير أساسي يسمح بالحساب الصحيح للإحداثيات الزاوية للشمس. [16-19]

$$\omega = (TSV - 12) \frac{360}{24} \quad (7 - I)$$

حيث :

TSV : التوقيت الشمسي الحقيقي .

19.I. تحويلات الطاقة الشمسية:

تعتبر الطاقة الشمسية من أهم مصادر طاقة فهي طاقة نظيفة صديقة للبيئة لا تفد موجودة في أي مكان، حيث تتمثل في الإشعاع الشمسي الساقط على سطح الأرض ،والذي بإمكاننا إستغلاله كهر وضوئيا لإنتاج الطاقة الكهربائية بشكل مباشر عن طريق الألواح الشمسية ، أو حراريا من أجل طاقة حرارية أو كهربائية عن طريق المركبات الشمسية. [11]

20. I. تعريف المركبات الشمسية:

هي أنظمة تستخدم المرايا لتركيز الأشعة الشمسية و تكون معظمها مزودة بأنظمة تتبع الشمس و التي تعمل على توفير أشعة الشمس الساقطة على مساحات واسعة ضيقة لتضمن أطول فترة لتركيز الشمس. كما تعرف أيضا على أنها أجهزة خاصة لتحويل الطاقة الشمسية الى طاقة حرارية وكهربائية يمكن إستخدامها لأغراض عديدة ، و تصنف من الناحية التقنية إلى مجموعتين رئيسيتين تعمل أحدهما في درجات الحرارة المنخفضة

(75c° إلى 150c°) و تستخدم في تطبيقات مثل: سخانات المياه، التدفئة، الطباخات الشمسية و غيرها. بينما تستخدم الأخرى في مجال درجات الحرارة المرتفعة أكثر من (150c°) و من أهم تطبيقاتها المحركات الشمسية المستخدمة في توليد الطاقة الكهربائية. [20]

I. 21 أنواع المركبات الشمسية:

تصنف المركبات الشمسية الى صنفين الخطية و النقطية حيث تتركز الاشعة الساقطة على العاكس في

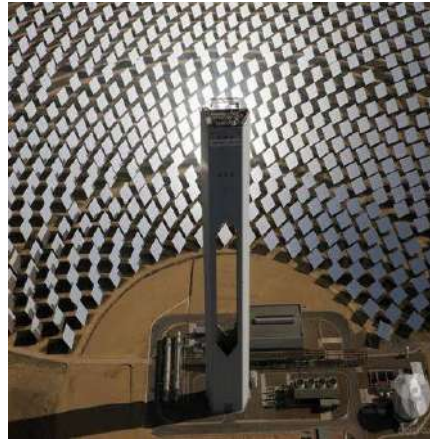
نقطة و تسمى البؤرة او في خط و يسمى المحور البؤري. [11]

I.21.1 المركبات النقطية:

هذا النوع من المركبات تركز الإشعاع في نقطة وتحتوي على نظام تتبع الشمس بمحوري دوران للحفاظ

على تركيز الاشعاع النقطة البؤرية ، و هي مركبات ثلاثية الابعاد و يتم اختيارها في تراكيز العالية حيث تصل

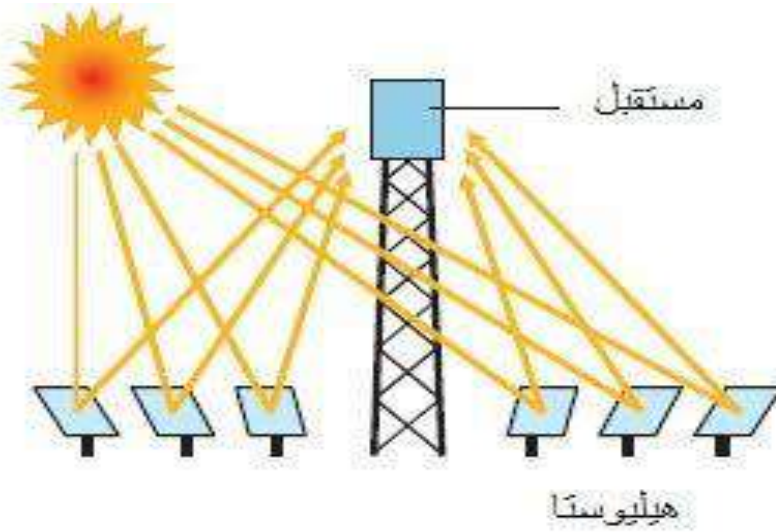
درجة حرارتها 1500c ° كما هو الحال عند الأبراج الشمسية و أطباق القطع المكافئ. [21]



الشكل (I.14): بعض المركبات النقطية (أبراج شمسية وأطباق قطع مكافئ) [21]

1.1.21.I الأبراج الشمسية:

تتكون من مجموعة اسطح عاكسة مستوية تغطي مساحات كبيرة، تعتمد هذه التقنية على استخدام الآلاف من المرايا والتي تعرف بـ الهليوستات (مراة مسطحة تعكس الشمس في اتجاه واحد)، تعمل الهليوستات كعاكسات مسطحة و تكون مزودة بنظام تتبع شمسي على محوري الدوران و تعكس الاشعاع الشمسي نحو مستقبل مثبت في أعلى البرج يعمل كغلاية لتوليد البخار المشبع، و بتركيز أشعة الشمس من 700 C° و حتى 1000 C° و يمكن الحصول على درجات حرارة مرتفعة تصل الى 1000 C° بحسب السائل المستخدم [17-22].

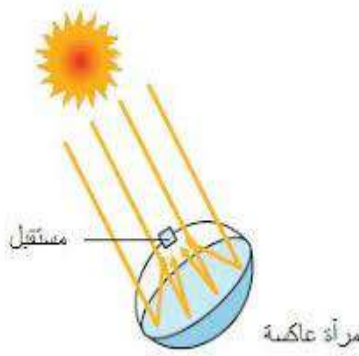


الشكل (I.15): أبراج الطاقة الشمسية [17-22]

2.1.21.I. طبق القطع المكافئ PTC.

تتكون هذه المركزات من سطوح عاكسة مقعرة ذات شكل قطع مكافئ . يتم التتبع الشمسي وفق محوري دوران من أجل المحافظة على تركيز الاشعاع الشمسي في النقطة البؤرية , حيث يكون مثبت بها جهاز استقبال الذي يلتقط حرارة الشمس و يكون يحتوي على غاز لتشغيل توربينات و تصل درجة حرارة هذا النوع الى

1500°C . [17]



الشكل (I.16): صحن القطع المكافئ [17]

2.21.I. المركزات الخطية:

هذا النوع من المركزات تركز الاشعاع الشمسي خطيا بواسطة عاكس على سطح أنبوب مثبت في المحور البؤري و يتم التتبع وفق محور دوران واحد ، و هي مركزات ثنائية الأبعاد ، يتم إختيارها عندما يكون التركيز صغير أو متوسط و درجة حرارة المائع إلى 400°C من أهمها عاكس فرينيل الخطي و الأسطواني القطع

المكافئ . [23]



الشكل (17.I): بعض المركزات الخطية (عاكس فرنيل الخطي و الأسطوانى القطع المكافئ) [23]

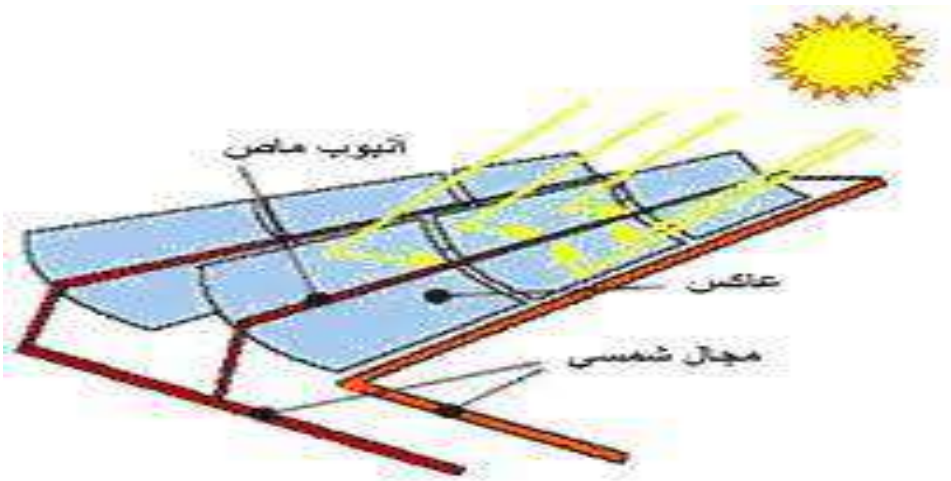
1.2.21.I. مركز أسطوانى قطع مكافئ:

تتكون هذه المركزات من سطح عاكس ممتثل في مرايا تثبت طوليا على صورة قطع مكافئ أسطوانى،

تكون ذات وزن خفيف لسهولة تتبع الشمس ، يقوم بتجميع الإشعاع الشمسى المركز المعكوس من طرف سطح

العاكس نحو المحور البؤرى ، الذى يتوفر على أنبوب المستقبل به سائل لنقل الحرارة (ماء ، .. زيت ..) حيث

تصل درجة حرارته حوالى 400°C [24].



الشكل (18.I): المركز الشمسى شكل القطع الأسطوانى المكافئ [24]

I.2.2.21. عاكس فرينيل الخطي:

يتكون هذا المركز من مرايا مسطحة متوازية ، تقوم بتركيز الإشعاع نحو جهاز إستقبال خطي يقع على بعد أمتار فوق حقل المرآة الاولية و هذا يتطلب مرآة ثانوية فوق جهاز الإستقبال من أجل إعادة تركيز المجموعة أو البديل عن ذلك زيادة عرض جهاز الإستقبال يجعله يتكون من عدة أنابيب متوازية كما هو موضح في

الشكل: [17]

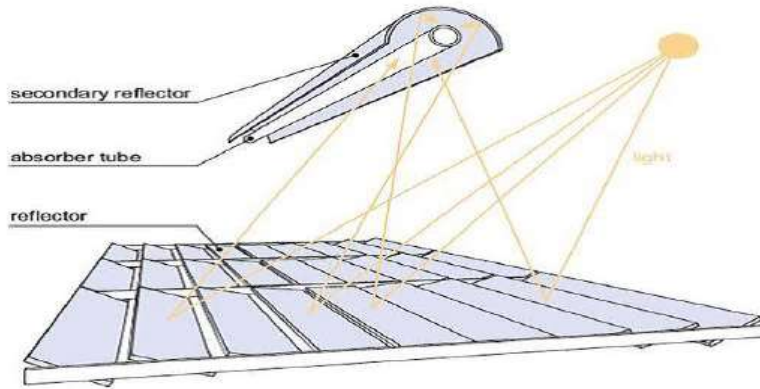


Fig. 15. Schematic representation of a linear Fresnel reflector collector [80].

الشكل (19.I): عاكس فرينيل الخطي [17]

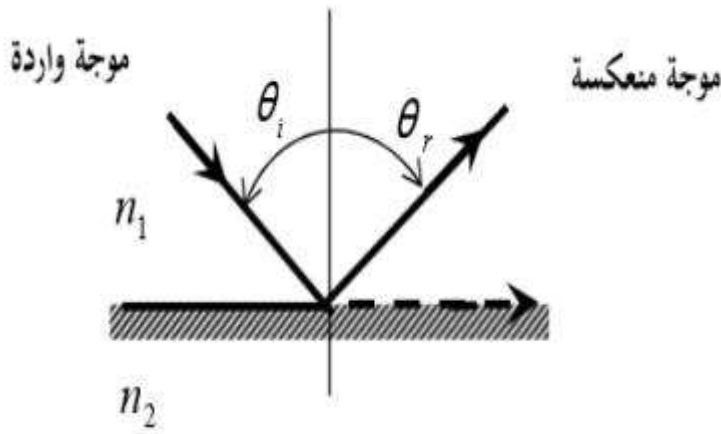
I.2.2. آلية عمل المركبات الشمسية:

يتم تركيز الأشعة الشمسية الساقطة على المرآة فتنعكس على سطح الامتصاص الذي هو عبارة عن جسم أسود يمتص الإشعاع على شكل حرارة فترتفع درجة حرارته و من ثم تنتقل هذه الحرارة إلى المائع الناقل للحرارة لإنتاج البخار المضغوط و من ثم يقوم هذا الأخير بتدوير العنفات التوربينات لتوليد الطاقة الكهربائية. كما تلعب الزوايا التي يسقط بها الإشعاع و الشكل الهندسي لسطح المركز دور فعال في سرعة حركته و بوجه عام يعد نصف قطر إنحناء المقاطع الهندسية عاملا هاما من حيث تأثيره على تصميم نظم المركبات الشمسية من أبرز هذه

التصاميم العاكس البيضاوي و الخطي و العاكس شكل قرص دائري و أبراج الطاقة الشمسية. [20]

23.I. مبدأ الإنعكاس:

هو قانون إنعكاس الأشعة الضوئية على سطح العاكس حسب قانون لستال ديكرت ، هو صيغة رياضية تصف العلاقة ما بين زوايا السقوط و الإنعكاس لإنتقال الضوء في وسط متجانس و شفاف وفق خطوط مستقيمة لنموذج الضوء الهندسي وينص هذا المبدأ على تساوي زاويتي السقوط و الانعكاس إذا سقط ضوء على سطح عاكس مستوي [11].



الشكل (20.I): الإنعكاس الكلي للشعاع الضوئي [11]

24.I. الخاتمة :

من خلال دراسة هذا الفصل تم التعرف على الخلايا الكهروضوئية والمركزات الشمسية أنواعهما وكيفية عملهما وأهم تطبيقات الخلايا الكهروضوئية والإيجابيات والسلبيات لها ، وتطرقنا أيضا للإشعاع الشمسي والزوايا الشمسية وأنواعها . وفي الفصل القادم سوف نقوم بالدراسة النظرية للتهجين.

الدراسة النظرية للتجهيز

تمهيد:

تعتبر التكنولوجيا الهجينة للخلايا الكهروضوئية والطاقة الشمسية المركزة (PV-CSP) مستقبلاً مهماً في جميع أنحاء العالم إتجاه البحث في هندسة الطاقة الشمسية .يمكن حل مشكلة الطاقة المتغيرة والغير المؤمنة التي تنتجها مصادر الطاقة المتجددة من خلال إقتران مصادر الإمداد وتشكيل ما يسمى بالنظام الهجين (SH) للطاقة المتجددة وهو نظام كهربائي يشتمل على أكثر من مصدر واحد للطاقة ، بحيث يكون فيها على الأقل مصدر واحد قابل للتجديد ، ففكرة التهجين بين (PV-CSP) هو مزيج من المكونات الكهروضوئية ومركزات الطاقة الشمسية و التي تمكننا من إنتاج الكهرباء والحرارة في آن واحد .

1.II. وصف النظام:

يتكون نظام الطاقة الهجين (CSP-PV) من نظام الطاقة الشمسية المركزة والنظام الكهروضوئي كما هو موضح في الشكل: (1.II) مربع الخط المتقطع العلوي هو الخلايا الكهروضوئية النظام الفرعي لتوليد الطاقة ، والمربع المتقطع السفلي هو النظام الفرعي للطاقة الشمسية المركزة. يشتمل نظام توليد الطاقة الكهروضوئية على صفيف PV ونظام فرعي عاكس و نظام التخزين الإلكتروني. تتكون مجموعة PV من رقم من المصفوفات الفرعية ، كل منها يتكون من 20 وحدة PV مع القدرة المقدرة 250W. كل مجموعة فرعية PV متصلة بالعاكس لضمان تحويل التيار المستمر إلى تيار متردد. في نفس الوقت ، تم تجهيز كل عاكس بحد أقصى بجهاز تتبع باور بوينت (MPPT) للتأكد من أن ملف يمكن تشغيل المصفوفة الكهروضوئية عند أقصى نقطة طاقة. يتم وضع الوحدات الكهروضوئية جنوباً ولها إمالة معينة الزاوية ، والتي تزيد من التوليد السنوي لأنظمة توليد الطاقة الكهروضوئية، التكنولوجيا المتطورة والنظام بسيط ومتوفر تصميم مرن وتكاليف تشغيل منخفضة. ومع ذلك فإن موارد الطاقة الشمسية متقلبة ومتقطعة ، والتي تجعل الطاقة الناتجة من الطاقة الكهروضوئية غير مستقرة،

وسيكون له تأثير كبير على شبكة الكهرباء إلى حد ما مدى. لتحسين إستقرار إخراج الطاقة الكهروضوئية بتكوين البطاريات.

يتكون نظام CSP من نظام فرعي لتجميع الحوض الصغير ،خزانان فرعيان للتخزين الحراري ، ونظام فرعي لكتلة الطاقة. يستخدم الزيت لنقل الحرارة كمائع ، ويستخدم الملح المصهور كوسيط لتخزين الحرارة. في المدخل درجة حرارة زيت لنقل الحرارة 295 درجة ، وفي المخرج درجة الحرارة 395 درجة مياه التغذية هي الحرارة بواسطة نقل الزيت ليصبح بخارًا شديد السخونة والعمل في توربينات البخار. عندما تكون الطاقة الشمسية كافية، جزء واحد منها يتم إرسال طاقة نظام التجميع إلى الحرارة دورة لتوليد الطاقة ، والآخر هو التخزين بواسطة الملح المصهور لدورة الطاقة عندما تكون الطاقة الشمسية فقيرة. عندها يتم إستخدام الطاقة المخزنة ، يمكن بدء النسخ الإحتياطي للغاز بالحمل المطلوب. نظام الطاقة الشمسية المركزة يعتمد شكل تحويل الطاقة للكهرباء الخفيفة والحرارة ، حيث التأخير الحراري للنظام وتخزين الحرارة يجعل النظام الطاقة الناتجة من الطاقة الشمسية المركزة نظام الطاقة مستقر ، وتقليل تذبذب الطاقة الشمسية ، و تحسين إدارة الطاقة المتجددة. لذلك، من المتوقع أن تنتج طاقة شمسية منخفضة التكلفة يمكن التحكم فيها بإنشاء نظام التوليد عن طريق إقتران الطاقة الكهروضوئية بتركيز نظام الطاقة الشمسية الذي يمكن استخدامه لتحقيق الذروة. العوامل الرئيسية التي تؤثر على الطاقة والإقتصاد أداء النظام هي منطقة مجال التجميع ، وسعة التخزين ، طاقة دورة رانكين ، السعة الكهروضوئية المركبة وسعة البطارية. في هذه الدراسة على أساس نظام 30 ميغاوات CSP، يتم تحديد سعة التخزين والسعة الكهروضوئية المركبة وسعة البطارية ككائنات التحسين لجعل توليد الطاقة الحد الأدنى من تكلفة النظام.[25]

2.II. تعريف التهجين:

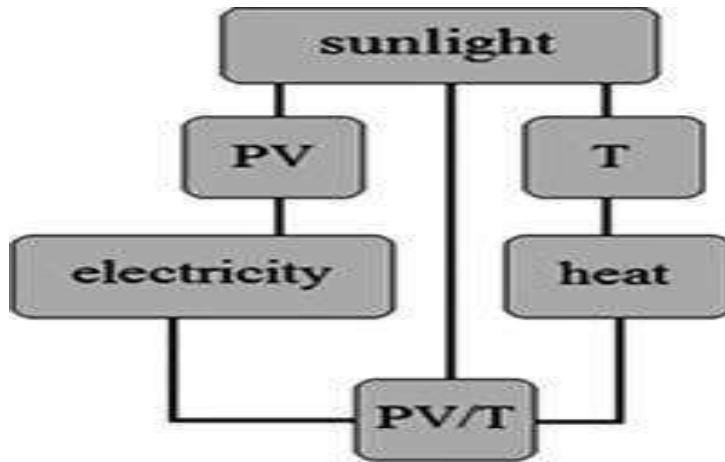
هو عبارة عن دمج أو تجميع بين مكونات الخلايا الكهروضوئية والمركبات الشمسية وتوجيهها لأجهزة الإستقبال الخاص بهم للتحويل إلى كهرباء والطاقة الحرارية في آن واحد بشكل أكثر كفاءة. وتحويل الطاقة بشكل

متوازي من خلال دمج الحزمة الطيفية ، حيث يتم توجيه جزء من الطيف الشمسي للخلايا الشمسية والذي بدوره يحقق كفاءة تحويل عالية وإسترداد الإشعاع خارج هذا النطاق عن طريق تحويله إلى المستقبل الثاني والذي يمكن أن يعمل كمستقبل حراري أو كيميائي. [26- 27]

3.II. أنواع التهجين:

1.3.II. مجمعات الحرارية PV/T :

مجمعات PV/T الهجينة هي أجهزة مفيدة للغاية تنتج الكهرباء والحرارة في وقت واحد كما هو موضح في الشكل: (2.II.) ببساطة ، تتكون أنظمة PV/T من وحدات PV مقترنة لتسخين وحدات الاستخراج. [28] على الرغم من تحويل الوحدات الكهروضوئية لضوء الشمس مباشرة إلى الكهرباء ، ومعظم وإمتصاصه من الطاقة الشمسية يتم التخلص من الإشعاع في الوحدات الكهروضوئية كحرارة مهدرة. يتم نقل الحرارة المتولدة إلى المبادل الحراري بشكل حراري والاتصال مع الوحدات الكهروضوئية من أجل تلبية الطلب على الحرارة. يمكن تصميم مجمعات PV/T على أنها لوحة مسطحة أو مركزة ويتم تصنيفها وفقاً لنوع إزالة الحرارة لسوائل المستخدمة. [29]



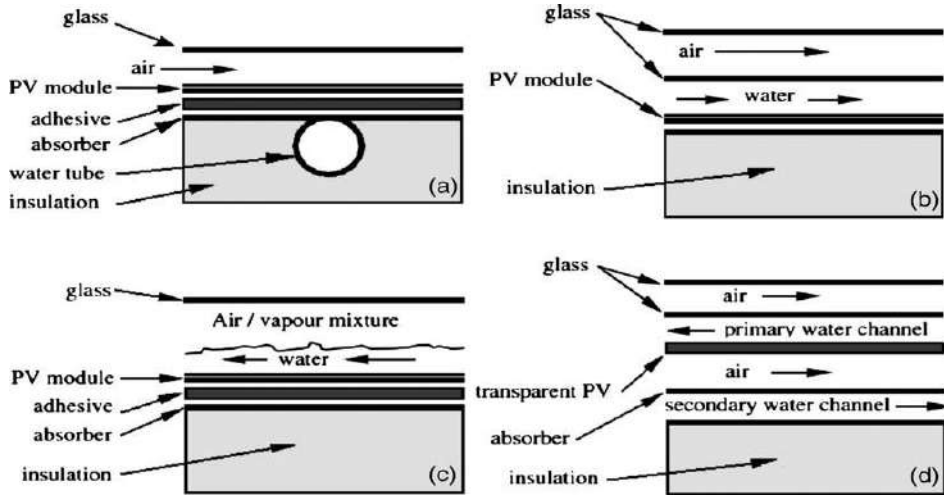
الشكل(2.II): مقارنة بين أنظمة PV/T الكهروضوئية و الحرارية الهجينة [29]

II.1.1.3.1.1.3. مجمعات PV/T ذات الألواح المسطحة:

كانت المفاهيم الرئيسية لمجمعات PV/T المسطحة هي الأولى ، من طرف كيرن و رسل Kern and Russell في عام 1978. ثم هندري Hendrie قدم نموذجًا نظريًا لأنظمة PV/T باستخدام تقنيات المجمعات الحرارية الشمسية التقليدية. فلورشويتز وسعت نموذج Hottel-Whillier الشهير الذي تم تطويره من أجل التحليل الحراري لمجمعات الألواح المسطحة لتحليل مجمعات PV/T الهجينة.

يمكن تصنيف مجمعات الألواح المسطحة PV/T وفقًا لنوع سائل العمل المستخدم: نوع الماء ، نوع الهواء أو مجمعات PV/T ذات الألواح المسطحة (الماء / الهواء) مجتمعة.

زونداغ Zondag وآخرون. حلل الأنواع المختلفة من مجمعات PV/T (صفيحة والأنبوب والقناة والتدفق الحر والممتص المزدوج) كما هو موضح في الشكل: (II. 3) لوحظ أفضل كفاءة لقناة تحت تصميم شفاف PV. جامعي الهواء PV/T هي ليست فعالة بما فيه الكفاية مقارنة مع السوائل. برغم من تكاليف تصنيع مجمعات الهواء PV/T منخفضة جدًا، تطبيقاتهم قليلة نسبيًا. يمكن استخدام مجمعات الألواح الكهروضوئية المسطحة إما كنظم متصلة بالشبكة أو قائمة بذاتها. تالافيرا Talavera وآخرون. قدم دراسة لتقدير معدل العائد الداخلي للأنظمة الكهروضوئية وأشار إلى أن الأنظمة المتصلة بالشبكة أكثر ربحية للإستثمارات عند استيفاء بعض الشروط الاقتصادية. [30]



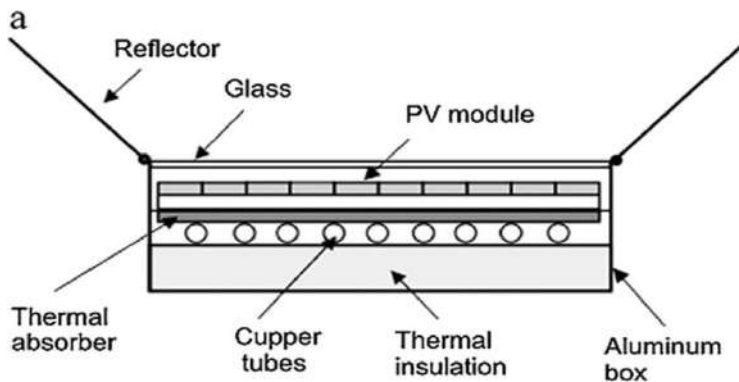
الشكل (II.3): أنواع مجمعات PV/T: الصفيحة والأنبوب (a) والقناة (b) والتدفق الحر

(c) والممتص المزدوج (d) [30]

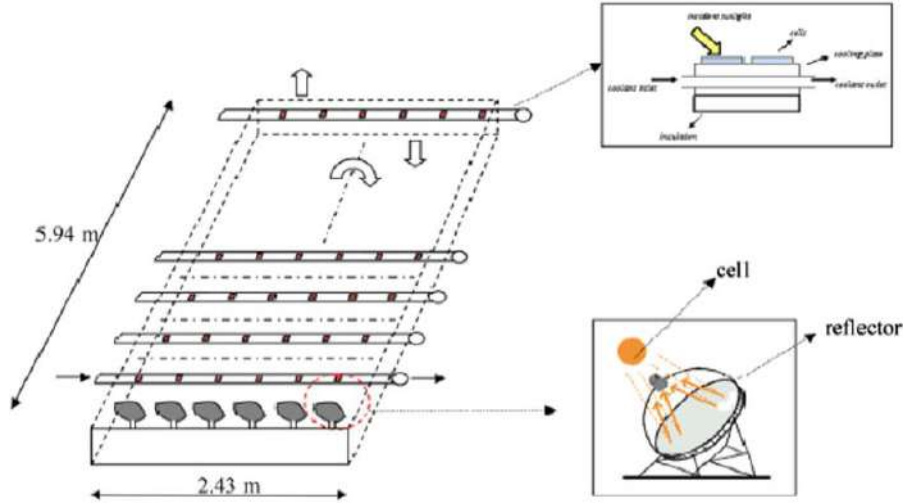
II.2.1.3.2.1.3. مجمعات PV/T المركزة:

يمكن أن تعمل أنظمة الطاقة الكهروضوئية المركزة في درجات حرارة أعلى من تلك الخاصة بمجمعات الألواح المسطحة. يؤدي جمع الحرارة المرفوضة من نظام CPV إلى إنشاء نظام حراري (CPVT) يوفر كلاً من الكهرباء والحرارة في درجات حرارة متوسطة. هذا النهج بسبب تكلفة أقل بكثير للعاكسات بالنسبة للخلايا الشمسية. يظهر الرسم التخطيطي لـ CPV في الشكل: (4.II). استخدام CPVT في الدمج مع عاكسات التركيز لديه إمكانية كبيرة لزيادة إنتاج الطاقة من منطقة خلية شمسية معينة. تم تحسين حجم Renno بالإضافة إلى حجمها الكهربائي والحراري وأداء CPVT للتطبيقات المحلية. النظام المقترح معروض في الشكل: (5.II) جنباً إلى جنب مع الإختيار والحجم في النظام ، تم العثور على نسبة التركيز في كل منهما حيث يتم تقييم الحالة والقيمة المثلى. بسبب الإنخفاض في القيمة ، يتناقص الشكل والحجم. يمكن أن تكون الخلايا الشمسية عالية الكفاءة التي تتعامل مع تيار أعلى على الرغم من أنها أعلى من وحدة اللوحة المسطحة للخلايا. تنخفض كفاءة الخلية عندما تكون غير موحدة حيث توجد زيادة في جهد المخرج وتقليل التيار عند مخرج معين للطاقة ، وبالتالي

تقليل الخسائر الأومية. يمكن للمكثفات باستخدام العدسات أو العاكسات يتم تجميعها بشكل عام في ثلاث فئات: خلايا مفردة ، الهندسة الخطية و أنظمة الوحدات النمطية معبأة بكثافة للتركيز العالي ، لكل خلية وحدة / مساحة إمتصاص. عندئذٍ يكون استخدام العدسات أكثر ملاءمة من العاكسات نظراً لانخفاض وزنها وتكاليفها المادية. ومع ذلك ، فإن أنظمة المكثف التي تستخدم العدسات غير قادرة على التركيز المتناثر للضوء ، وهذا يحد من استخدامها في الأماكن إلى حد كبير مع الوضوح الجوى. من ناحية أخرى ، فإن استخدام "السائل" كمبرد أكثر فعالية من استخدام "الهواء" للحصول على إخراج كهربائي أفضل ، أنظمة CPVT من النوع العاكس شائعة لأنظمة الماء الساخن ذات درجة الحرارة المتوسطة إلى العالية المطبقة للتبريد أو تحلية المياه أو العمليات الصناعية الأخرى. في التشغيل المنخفض درجات الحرارة ، قد يعطي مجمع الألواح الشمسية المسطحة أعلى الكفاءة من المجمع من نوع المكثف عندما يكون كلاهما يواجهان الشمس مباشرة. لكن فجوة الأداء سوف تتضاءل عندما تزداد درجة حرارة العمل تدريجياً. هذا هو لأنه عند إرتفاع درجة الحرارة التفاضلية ، يتعرض سطح المجمع ذو اللوح المسطح الكبير لزيادة من الفقد الحراري. حالياً ستعمل الأبحاث على تطوير مجمع CPVT لمزيد من الكهرباء وكذلك توليد الحرارة. تم تصميم المجمع الحراري في النموذج الأولي Buonomano et al بنومانو. في هذا النظام سوف يتم توصيل خلايا الوصلات الثلاثية مع المجمع والحصول على كل من الكفاءة الحرارية والكهربائية عالية جداً. [31]



الشكل (4.II): رسم تخطيطي لتركيز مجمع PV/T [31]



الشكل (5.II): رسم تخطيطي للنظام الكهروضوئي المكثف [31]

3.1.3.II مجمعات المياه PV/T:

على غرار نظام تسخين المياه ذو الألواح المسطحة ، السائل تُستخدم المجمعات الحرارية الكهروضوئية (PV/T) لتسخين المياه وإنتاج الكهرباء في نفس الوقت لمختلف التطبيقات المنزلية والصناعية ، المياه المنزلية يستخدم السخان بشكل عام مجمعات الألواح المسطحة في إتصال متوازي وتشغيله تلقائيًا باستخدام إجراء السيفون الحراري أثناء تشغيل نظام تسخين المياه الصناعي عدد من مجمعات الألواح المسطحة في السلسلة ، وبالتالي ، فهي تستخدم المياه التي تعمل بالطاقة الكهروضوئية مضخة للحفاظ على تدفق المياه داخل المجمع. يظهر الرسم التخطيطي لمجمع المياه PV/T في الشكل: (6.II) ، تستخدم مواد الإمتصاص بشكل عام في ألواح PV/T المسطحة السائلة. المجمعات (عبارة عن ممتص للصفائح والأنبوب المعدني) ، أثناء الإستهلاك تم

فحص ممتص البوليمر المشترك على نطاق واسع. يقدم هذا البديل عدة مزايا:

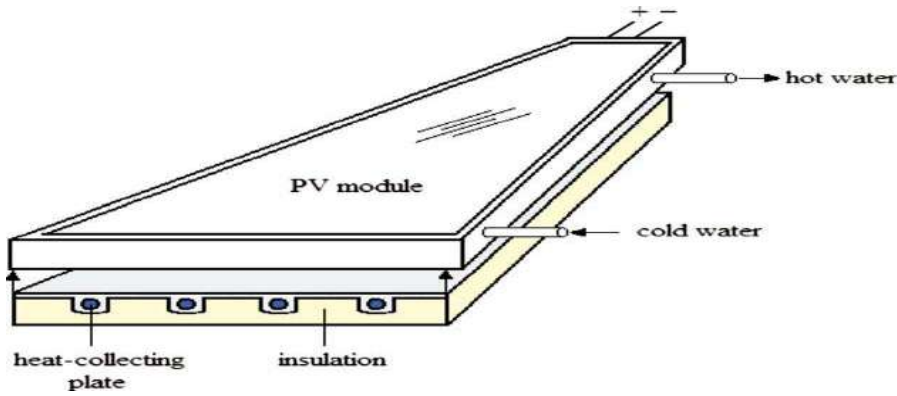
- أنه يؤدي إلى إنخفاض الوزن أي إلى تقليل إستخدام المواد ويكون أسهل للتثبيت.

- يتم تبسيط عملية التصنيع بسبب عدد أقل من المكونات المعنية.

- يمكن خفض الإستثمار نتيجة لخفض تكاليف المواد والتركيب.

ومع ذلك ، هناك عيوب مثل الموصلية الحرارية المنخفضة والكبيرة التمدد الحراري ودرجة حرارة الخدمة المحدودة. يجب أن يكون البوليمر المشترك جيدًا في القوة البدنية ، ومحميًا من الأشعة فوق البنفسجية ومستقر

كيميائياً. [31]

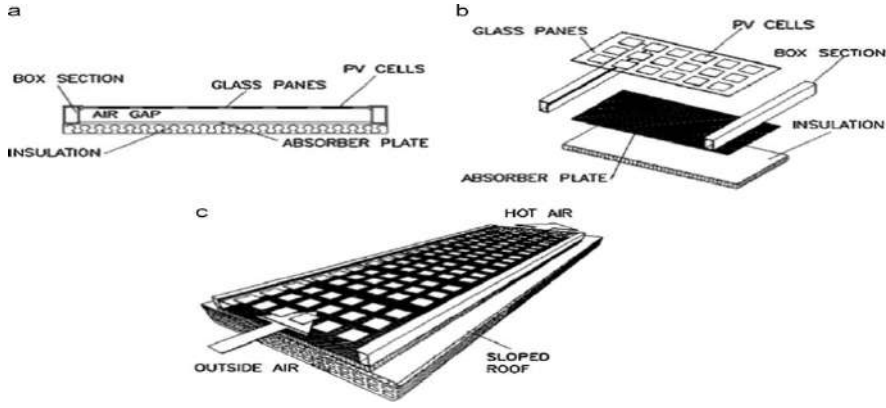


الشكل (6.II): رسم تخطيطي لمجمع الماء الهجين PV/T [31]

4.1.3.II مجمعات الهواء PV/T:

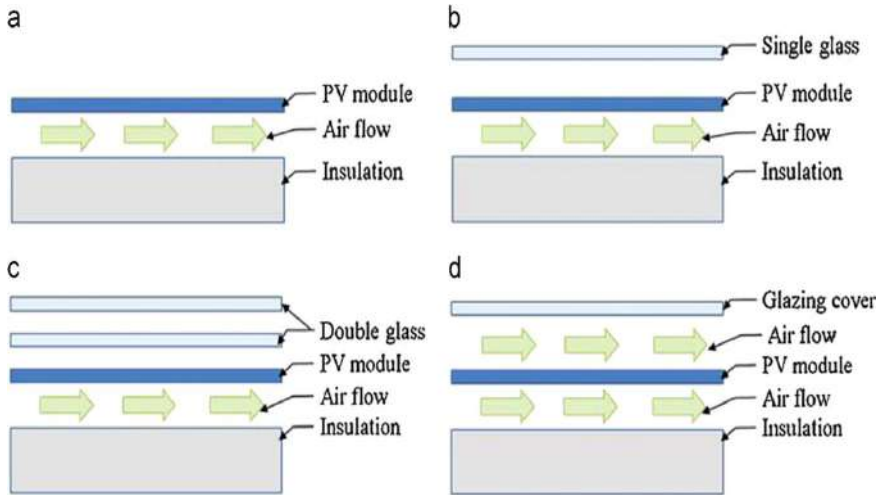
تم استخدام كل من الهواء والماء كسوائل لنقل الحرارة في مجمعات الطاقة الشمسية PV/T العملية ، مما ينتج عنه PV/T هواء و ماء أنظمة التدفئة ، على التوالي. تعد أنظمة PV/T المياه أكثر كفاءة من تلك الخاصة بأنظمة PV/T الهواء نظرًا للخصائص الفيزيائية الحرارية العالية للماء مقارنة بالهواء ، ومع ذلك ، PV/T الهواء يتم استخدام الأنظمة في العديد من التطبيقات العملية بسبب انخفاض البناء (الحد الأدنى من استخدام المواد) وتكلفة التشغيل فيما بين الآخرين. تم تقديمه في الشكل: (7.II) والشكل (8.II) يوضح نوع

مختلف من مجمعات الهواء PV/T. [31]



الشكل (7.11): رسم تخطيطي لمجمع الهواء (a) عرض المقطع العرضي (b) عرض الإنفجار (c) عرض

الصفيف [31]



الشكل (II.8): رسم تخطيطي لأنواع مختلفة من أنظمة PV/T الهوائية (a) مجمع PV/T الهواء

غير المطلي. (b) مجمع PV/T للهواء الزجاجي المفرد. (c) مجمع PV/T للهواء الزجاجي

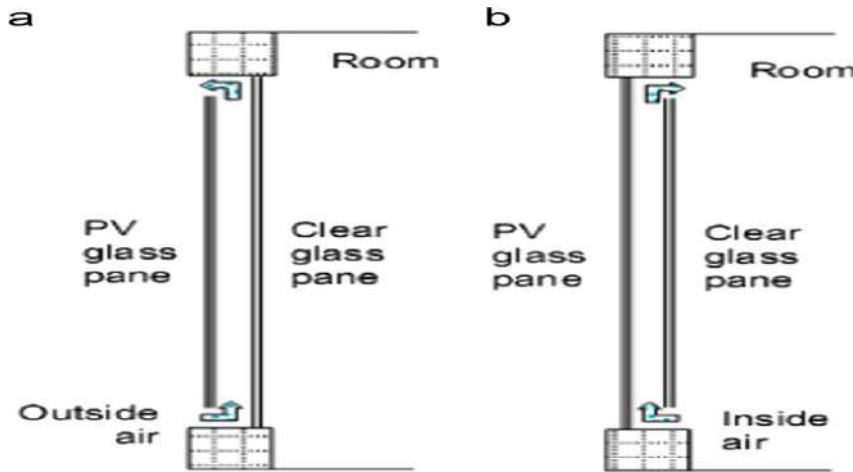
المزدوج. (d) المزدوج مجمع الهواء PV/T بتمريرة مزدوجة [31]

II.5.1.3 نظام PV/T الهوائي المتكامل للمباني (BIPVT):

من وجهة نظر أكثر شملا، بازيليان وآخرون Bazilian قدم التطبيقات المحتملة التي تلخص

التوليد المشترك للطاقة PV/T في البيئة المبنية. تم تحديد الواجهة / السقف الخارجي متعدد الوظائف جيد

لتركيب PV/T الذي ينتج الحرارة والضوء والكهرباء في الوقت ذاته. بخلاف إستخدام تدفق الهواء خلف الكهروضوئية الوحدات النمطية ، لا يتطلب نظام PV/T المصمم لنقل الضوء تكلفة إضافية للنظام باستثناء مستشعرات الإضاءة المحيطة لتحسين الكسب من إضاءة النهار كما هو موضح في الشكل: (7.II) وي وآخرون Wei. قاموا بمسح إمكانية تطبيق المياه الشمسية المنزلية سخان (DSHW) ومبنى من نوع السقف الكهروضوئي المتكامل أنظمة (BIPV) للصين. تم إجراء المسح في 96 عينات في مدينة شيان ، الصين. صورة النظام مبينة في الشكل: (8.II) المساحة المثلى المطلوبة لـ 3-4 DSWH م² لكن بالنسبة لـ BIPV تتطلب 6 م² كحد أدنى. تظهر الدراسة أن 84٪ من المنازل لديها سقف حوالي 3-4 م² وبالتالي لهذا DSWH ولكن فقط 18 ٪ من المنازل مناسبة لتركيب سقف من نوع BIPV. [31]



الشكل (7.II): عملية التزجيج الكهروضوئية ذات التهوية لبناء أنظمة PV / T متكاملة (a) وضع

التبريد. (b) وضع التدفئة [31]

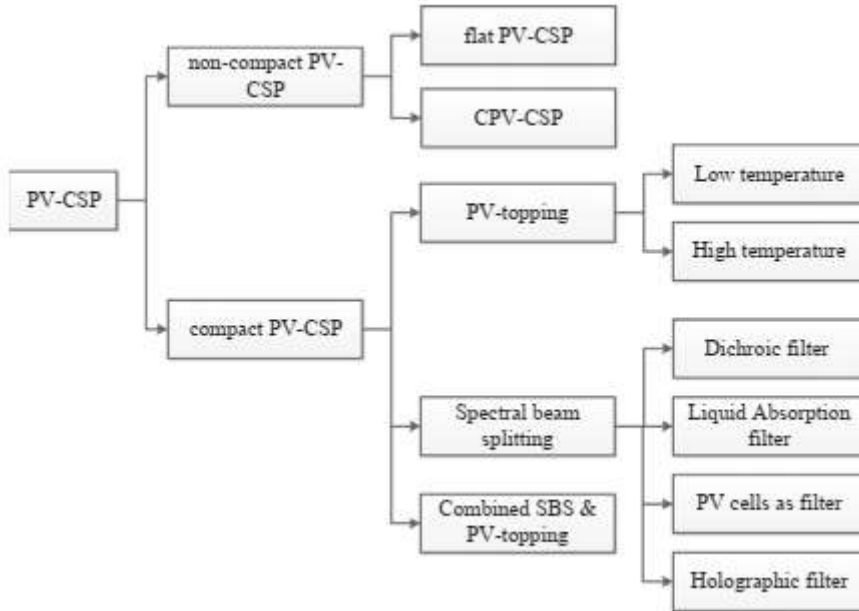


الشكل (8.II): صورة فوتوغرافية لـ DSWH ونوع السقف BIPV [31]

II.4. دراسات وتجارب تقنية للتكنولوجيا الهجينة:

تتضمن التكنولوجيا الهجينة PV-CSP دراسات مختلفة من نهج التهجين حيث تصنف هذه

التكنولوجيا PV-CSP إلى المدمجة وغير المدمجة كما هو مبين في الشكل: (II.9) [32]



الشكل (II.9): تصنيف الأنظمة الهجينة PV-CSP [32]

1.4.II. النظام الهجين PV-CSP غير مضغوط:

في النظام الهجين PV-CSP غير مضغوط ، يكون النظام الكهروضوئي (بما في ذلك يمكن تشغيل لوحة PV المسطحة و CPV ونظام CSP بشكل مستقل. تم دمج النظام الهجين معًا بواسطة الكهرباء نظام توزيع الطاقة أو نظام التحكم ، يهدف إلى توفير جودة عالية الطاقة للشبكة أو متطلبات الطاقة خارج الشبكة. نظام الكهروضوئية يمكن أن توفر جزءًا من طاقة خدمة المحطة لنظام CSP ، و بالتالي يمكن تخفيض تكلفة الكهرباء لنظام CSP مع مساعدة النظم الكهروضوئية. مخرج طاقة مستقر مع عامل سعة عالية للغاية (CF) ، وهي نسبة متوسط الطاقة الناتج إلى الطاقة المقدرة لمحطة الطاقة الشمسية المركزة من خلال هذا النهج ، بحيث يمكن استخدام النظام الهجين لتوفير الحمل الأساسي الطاقة للشبكة. كأساس النظام الهجين غير المضغوط PV-CSP ، تم نضج تقنيات الطاقة الكهروضوئية والطاقة الشمسية المركزة في السنوات الأخيرة ، و بالتالي لا يوجد سوى عدد قليل من التحديات التقنية لهذا النوع من التهجين. العديد من المصانع الهجينة التجارية غير المدججة PV-CSP يتم التخطيط لها حاليًا أو قيد الإنشاء. معظم الأبحاث تهتم بالنظام الهجين PV-CSP غير المضغوط بإستراتيجية الإرسال والتحليل الاقتصادي.[32]

1.1.4.II. النظام الهجين PV-CSP المسطح:

الشركة الرائدة في نظام الطاقة الشمسية المركزة ، Abengoa s.a. تقوم الآن ببناء ملف محطة توليد الطاقة الهجينة المسطحة PV-CSP بقدره 210 ميغاوات ، والتي تسمى Atacama I ، في صحراء أتاكاما بشمال تشيلي. القوة الهجينة Atacam I محطة تتكون من 100 ميغاواط من المسطحات الكهروضوئية وبرج 110 ميغاواط CSP تم إطلاق نظام TES مع الملح المصهور لمدة 17.5 ساعة في عام 2013. بعد ذلك ، تم إنشاء محطة طاقة هجينة أخرى بقدره 210 ميغاوات تسمى Atacama II ، تم إطلاقها في عام 2015. محطة Atacama II هي أيضًا نظام برج شمسي بمساحة 250² م². 11000 heliostats ونظام

TES بالملح المنصهر لمدة 15 ساعة. ب 100 ميغاوات يحتوي مصنع Atacama II على 392000 أحادية محور البلورية من وحدات السيليكون. ومن المتوقع أن تعمل Atacama II محطة لتوليد الكهرباء إنتاج وحقن الطاقة مباشرة على مدار 24 ساعة في اليوم.

Abengoa s.a إقترح أيضًا إختراع لتصميم النظام الهجين PV-CSP المسطح غير المدمج. محطة CSP البرجية ذات التجويف يمكن وضع جهاز الإستقبال ونظام الكهروضوئية والأنظمة المساعدة في المنطقة الجنوبية والشمالية التي تم الكشف عنها بواسطة الهليوستات ، لتوفير الكهرباء لكل من الشبكة والنظام الفرعي CSP. النظام الهجين يمكن أن يكون مجهزًا أيضًا بالمبادلات الحرارية ، والتي من خلالها يمكن إستخدام مياه التبريد للنظام الفرعي PV لتسخين نقل حرارة السائل (HTF) للنظام الفرعي CSP ، وبالتالي الإقتصاد الحراري ، يمكن تحسين النظام الهجين. إلى جانب ذلك حيث يمكن للوحدات الكهروضوئية دمجها أيضًا مع حقل heliostat عن طريق تركيب الخلايا الكهروضوئية في وسط أو حواف الهليوستاتس. في صحراء أتاكاما في تشيلي ، هناك مشروع آخر للطاقة الشمسية الكهروضوئية تم وضعه يسمى كوبيابو Copiapo على جدول الأعمال منذ عام 2015 المبين في الشكل:(10.II) والذي سيتضمن محطة الطاقة الشمسية المركزة البرجية بقدرة 130 ميغاوات ومحطة الطاقة الكهروضوئية بقدرة 150 ميغاوات. كان المشروع يهيمن عليها SolarReserve، LLC الذي يتمتع أيضًا بخبرة تطوير العديد من مشاريع الطاقة الشمسية المركزة. المشروع المخطط لبناء نبات هجين مع نظام TES بالملح المنصهر لمدة 14 ساعة ، وبالتالي يمكن توفير إجمالي 260 ميغاوات ، طاقة تحميل أساسية على مدار الساعة طوال أيام الأسبوع. محطة ريدستون تم تأسيسها في جنوب إفريقيا بواسطة شركة SolarReserve LLC للطاقة الشمسية المركزة 100 ميغاوات سيتم توحيدها أيضًا مع 75 ميغاوات ليسيدي ومحطات جاسبر الكهروضوئية بقوة 96 ميغاوات ، تشكيل أول حديقة شمسية مجمعة في العالم -CSP PV بإجمالي بقدرة 271 ميغاوات. تم الإنتهاء من إنشاء المحطتين الكهروضوئية في عام 2014 وهما قيد

التشغيل حاليًا. و Redstone CSP وهو مصنع برج شمسي مزود بنظام TES الملح المصهور لمدة 12 ساعة ، من المتوقع أن يبدأ التشغيل في أوائل عام 2018. الهجين مع المحطات الكهروضوئية يمكن أن يحسن بشكل كبير CF من طاقة CSP النباتات بطريقة فعالة من حيث التكلفة. قامت شركة SolarReserve ، LLC بتحليل التشغيل المشترك لمشروع PV-CSP الهجين في صحراء أتاكاما في تشيلي إذا تم إرسال محطة الطاقة الشمسية المركزة استجابة للإخراج من محطة PV ، يمكن أن يصل CF للنظام الهجين PV-CSP إلى 80-90 % ، وهو أعلى بكثير من محطات الطاقة الشمسية المركزة التقليدية بين (20% و 50%) ويمكن مقارنتها حتى بالطاقة الحرارية التقليدية للنباتات. بالإضافة إلى ذلك ، مع مراعاة الاختلاف الموسمي. [32]



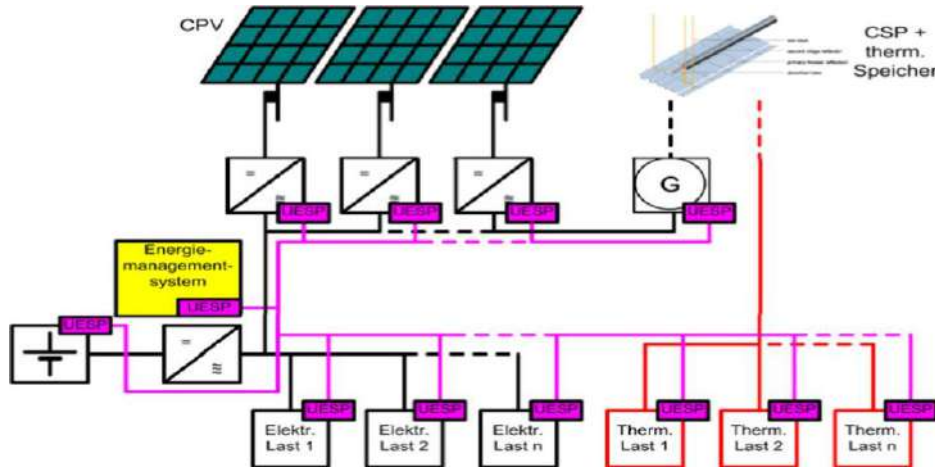
الشكل(II.10):تقديم النظام الهجين PV-CSP المسطح في شمال تشيلي [32]

II.2.1.4.2. النظام الهجين PV-CSP:

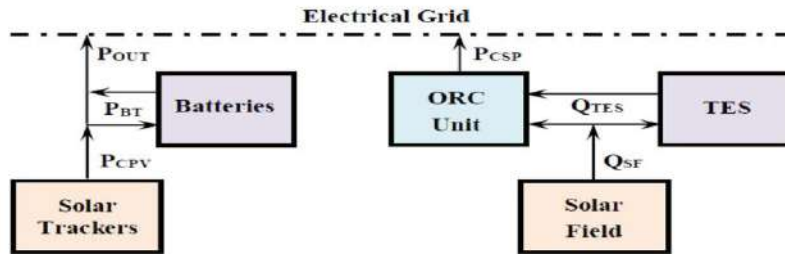
يمكن أيضًا استخدام وحدات CPV في النظام الهجين PV-CSP غير المضغوط. قدم معهد ISE في فراونهورف حلاً لطاقة نظيفة 100% لراديو مصفوفة الكيلومتر المربع (SKA) مشروع التلسكوب ، الذي كان قائمًا على CPV-CSP غير المدمج نظام هجين كما هو مبين في الشكل(II.11) ، نظام CPV يتم الجمع بين نظام Fresnel CSP الخطي في التصميم النظري والليثيوم. يتم استخدام البطاريات

وبطاريات تدفق الأكسدة لتخزين الكهرباء في وقت واحد. بإستثناء توليد الطاقة ل SKA ، يمكن للنظام أيضاً توفير الحرارة بمساعدة نظام CSP من أجل تقليل التكلفة العالية للمساحة الزائدة التقليدية.

إقترح Platzer من ISE حقول مرآة لمحطات الطاقة الشمسية المركزة إستخدام نظام PV منخفض التكلفة للتعامل مع الطلب على الطاقة خلال النهار، وإستخدام نظام الطاقة الشمسية المركزة لتوليد الطاقة بالحرارة المخزنة بموجب إستراتيجية التشغيل هذه ، كل من حجم نظام CSP ويمكن تخفيض سعر التوربينات البخارية وغيرها من المعدات. تم إعداد نموذج محاكاة بناءً على مصنع الأنظمة الكهروضوئية المركزة و حوض مكافئ لمحطة الطاقة الشمسية المركزة مع 12 ساعة TES. أظهرت النتائج أنه في المجموع قدرة 50 ميغاوات ، CF للنظام المحجين يصل إلى أكثر من 50٪ مدة تشغيل النظام المحجين أكثر من 7300 ساعة/سنة ويمكن تخفيض LCOE إلى kWh/€ 0.124 ، وهو أفضل بكثير من نظام CSP وحده 5880 ساعة/سنة و kWh/€ 0.152 وفي الوقت نفسه ، فإنه يمكن تحسين جدولة المصنع بشكل كبير بسبب TES. في الآونة الأخيرة ، كان مصنع هجين تجريبي CPV-CSP قيد الإنشاء في المنطقة الصناعية في أوتانا بإيطاليا. كما هو مبين في الشكل: (II.12) إعتمدت محطة توليد الكهرباء الهجينة على محطة طاقة كهروضوئية بقوة 600 كيلو وات و 400 كيلو وات للوحدة الفولت ضوئية المركزة للنبات. إستخدم مصنع الطاقة الشمسية المركزة عاكسات فريزل الخطية مثل المكثف ، الزيت الحراري مثل HTF ، خزان TES مباشر بقدرة 15 ميغاوات ودورة رانكين عضوية (ORC) وحدة لتوليد الطاقة. يستخدم مصنع الأنظمة الفولت ضوئية المركزة محوِّراً مزدوجاً تتبع الوحدات الكهروضوئية ثلاثية الوصلات مثل المحول ، ونيكل الصوديوم بطاريات بسعة 430 كيلو واط. يمكن لهذا المرفق توفير الخدمات المساعدة على مستوى التوزيع. كان يهدف إلى التظاهر إمكانية إنتاج الكهرباء بملفات تعريف الطاقة المطلوبة حسب توقعات الطقس. [32]



الشكل (11.II): النظام الهجين CPV-CSP الذي اقترحه ISE ل SKA [32]



الشكل (II.12): النظام الهجين التجريبي CPV-CSP قيد الإنشاء في إيطاليا [32]

II.2.4.2. النظام الهجين المضغوط PV-CSP:

إلى جانب الطريقة الهجينة PV-CSP غير المدججة ، يمكن أيضًا دمج الأنظمة "بشكل أكثر إحكاما" مع مراعاة منهجيات تحويل الطاقة المختلفة ل PV و CSP التقنيات بشكل تقريبي ، الفوتونات ذات الطاقة أقل تنتقل من فجوة الحزمة للخلايا الكهروضوئية وتحويلها إلى حرارة في الركيزة ، يمكن تحويل الخلايا جزئيًا إلى كهرباء بواسطة العملية الكهروضوئية ، ويتم تبديد الجزء الآخر كحرارة من خلال عملية المعالجة الحرارية

نتيجة لذلك ، يمكن أن تكون الطاقة الشمسية العارضة للخلايا الكهروضوئية جزئياً فقط تتحول إلى كهرباء ، وهناك مجال للاندماج مع الآخرين لتحسين كفاءة التحويل الشاملة.

يهدف النظام الهجين PV/CSP المدمج إلى الاستفادة الكاملة من الطاقة الشمسية ، والتي هي نفسها مع تقنيات الطاقة الشمسية الهجينة الأخرى مثل الكهروضوئية / الكتلة الحيوية والكهروضوئية / الكهروحرارية و الكهروضوئية / الحرارية PV/T التقنيات الهجينة. النظام الهجين المضغوط PV-CSP يمكن أيضاً اعتبار النظام كتطبيق خاص لـ PV/T الذي يستخدم الطاقة الحرارية لتوليد الطاقة. الميثاق الأساسي طرق التهجين لنظام PV-CSP ، تم تطوير طريقة SBS في أبحاث PV/T أنظمة هجينة في السبعينيات والثمانينيات ، كما استعرضها Chow تشاو و موجيري Mojiri وآخرون. تطوير النظام الهجين المضغوط PV-CSP ، ترتبط التكنولوجيا إرتباطاً وثيقاً بتكنولوجيا PV/T منذ ذلك الحين. يمكن تصنيف النظام الهجين PV-CSP المدمج إلى ثلاثة طرق مختلفة حسب مناهج التهجين المختلفة:

الأول: هو تقنية PV التي تصدر والتي تولد الطاقة باستخدام النظام الكهروضوئي كدورة تتصدر ونظام CSP كقاعدة واحدة.

والثاني: هو تقنية SBS التي تقسم الحزمة الطيفية من الإشعاع الشمسي لتحويل الضوء المرئي مباشرة إلى كهرباء في الخلايا الكهروضوئية وتحويل الأشعة تحت الحمراء القريبة أو الأشعة فوق البنفسجية إلى حرارة عالية درجات حرارة لتوليد الطاقة في أنظمة الطاقة الشمسية المركزة.

والثالث: هو الجمع بين تكنولوجيا SBS و PV حيث يتم إمتصاص الحرارة والإشعاع الشمسي غير المرغوب فيه للخلايا الكهروضوئية ويتم إمتصاصهما ، ثم تستخدم لقيادة محرك حراري لتوليد الطاقة. لا يرث النظام الهجين PV/CSP المدمج مزايا النظام غير المضغوط فقط. واحد يمكنه تحقيق CF عالي وجودة طاقة جيدة ، ولكن

أيضاً يحسن بشكل كبير من كفاءة التوليد الكلية مهما يكن ، هي تحديات تقنية أكثر بكثير مقارنة مع غير المدججة وفقاً للطرق الهجينة الثلاثة المختلفة . [32]

II.5. مزايا التهجين:

- جودة أفضل للطاقة يمكن إستخدام النظام الكهروضوئي لتلبية الحمل على شبكة الكهرباء خلال النهار ، بينما CSP يخزن النظام الطاقة الحرارية لإنتاج الكهرباء أثناء تقلبات الجو ليلاً أو نهاراً. PV و CSP يكملان بعضهما البعض بشكل جيد لتوفير طاقة قابلة للنشر .

- كفاءة توليد أعلى باستخدام تقنيات PV-topping و SBS.

- تكلفة أقل على الرغم من أن إقتصاد النظام الهجين PV-CSP لا يزال قيد المناقشة ، ولا يزال يظهر بعض الإحتمالات أو إحصائية خفض تكلفة توليد الطاقة الشمسية.

- منتج نهائي ملائم وسوق واسع، المنتج النهائي الوحيد من النظام الهجين PV-CSP الكهرباء ، والتي يمكن نقلها وإستخدامها بشكل ملائم. بالمقارنة مع نظام PV/T الهجين .

- مناسبة لتطوير محطات الطاقة الشمسية على نطاق واسع. تعمل تقنية PV/T في أنظمة الطاقة الصغيرة التي توفر الطاقة الحرارية والكهربائية للمباني ، لكن التقنيات الهجينة PV-CSP هي أكثر ملاءمة لإستخدامها في محطات توليد الطاقة واسعة النطاق التي يمكن توفير طاقة قابلة للنشر للشبكة.

- يمكن أيضاً تطوير نظام توليد الطاقة للمناطق النائية بواسطة التكنولوجيا الهجينة PV-CSP المدججة.

[33-34]

II.6. الخاتمة:

تطرقنا في هذا الفصل للدراسة النظرية للتهجين بين PV-CSP حيث قمنا بوصف هذا النظام ومعنى التهجين وأنواعه وبعض الدراسات والتجارب عن التهجين ومزاياه. فالنظام الهجين يعتبر مستقبلا هاما في إنتاج الكهرباء ، وحلا مناسباً لتطوير الطاقة الشمسية. وفي الفصل الثالث سوف نقوم بنذجة التهجين بشكل مفصلا.

نمذجة التهجين

تمهيد:

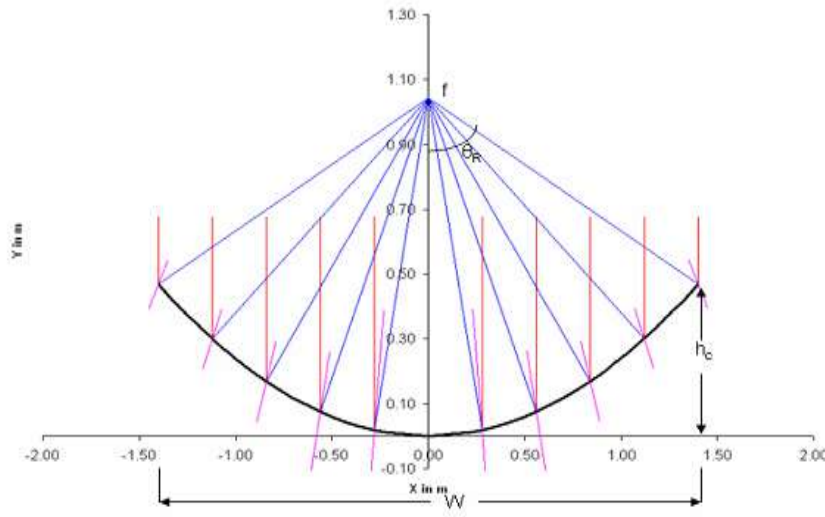
تطوير النظام الهجين PV-CSP الذي يتصدر الكهروضوئية لاستعادة الحرارة المتشعة للخلايا الشمسية نظرا لإستخدام الخلايا الشمسية أيضا كمستقبل حراري ، يتم التعرف عليها أيضا على أنها النظام الهجين المقترن حراريا .بعد ذلك يمكن إستخدام الحرارة المتشعة للخلايا الشمسية لتوليد الطاقة الشمسية من خلال نظام الطاقة الشمسية المركزة.

1.III دراسة هندسة ال PTC:

يتكون من عاكس اسطواني ذي مقطع عرضي قطع مكافئ , حيث تنعكس الاشعة الساقطة على المحور

الخطي [17] البؤري وتعطى معادلة الشكل القطع المكافئ بالمعادلة:

$$y = \frac{1}{4f} x^2 \quad (1-III)$$



الشكل (1.III): بؤرة السطح القطع مكافئ [17]

حيث f : البعد البؤري ، وأبعاد PTC المتمثلة في الطول L و العرض W وإرتفاع حافة العاكس h_c ،

($x = \pm \frac{W}{2}$) ، $Y=hc$) حيث حافتي العاكس تتميز بالإحداثيات الديكارتية

وبتعويض إحداثيات الحافة في المعادلة الديكارتية نحصل على عبارة البعد البؤري f بدلالة أبعاد PTC:

$$f = \frac{W^2}{16hc} \quad (2-III)$$

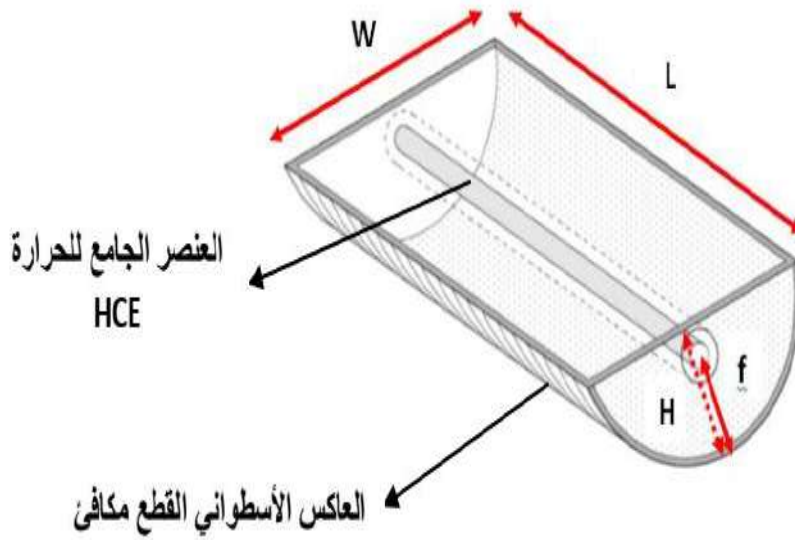
2.III. مكونات ال PTC:

يتكون نظام ال PTC من سطح عاكس أسطواني قطع مكافئ يركز الإشعاع الشمسي نحو العنصر

الجامع للحرارة (HCE) المثبت بالمحور البؤري، و يسري هذا الأخير مائع ناقل للحرارة (HTF) يكتسب

الحرارة المفيدة لينقلها إلى وسيط التخزين. و يملك الأبعاد التالية: الطول L ، عرض الفتحة W ، البعد

البؤري F ، الإرتفاع H ، [17] كما هو موضح بالشكل: (2.III)



الشكل (2.III): مخطط الشكل العام لل PTC [17]



الشكل (3.III): مجمع PTC بوجود غطاء زجاجي مسطح [17]

3.III. الموازنة الحرارية لنموذج ال PTC:

الإشعاع الشمسي المباشر الوارد على سطح الفتحة ينفذ من خلال الغطاء الزجاجي المسطح إلى العاكس ، حيث يمتص جزء الغطاء الزجاجي منه $Q_{abs} \rightarrow c$ ، و يتم تركيز الإشعاع الشمسي النافذ نحو العنصر الجامع للحرارة ، حيث يمتص الظرف الزجاجي $Q_{abs} \rightarrow e$ ، و ينفذ الباقي إلى الأنبوب الماص ، حيث يتم إمتصاص الإشعاع على شكل حرارة $Q_{abs} \rightarrow f$ ، ينفذ من هذه الحرارة الممتصة جزء إلى المائع الناقل للحرارة (HTF) بواسطة الحمل على شكل حرارة مفيدة $Q_{net} \rightarrow f$. ينفذ من هذه الحرارة الممتصة جزء إلى المائع الناقل للحرارة (HTF) بواسطة الحمل على شكل حرارة مفيدة $Q_{net} \rightarrow f$ ، بينما الباقي ينتقل إلى الظرف الزجاجي بواسطة الحمل الطبيعي والإشعاع جنباً إلى جنب مع الحرارة التي إمتصها الظرف ، لتنتقل بالحمل الطبيعي والإشعاع نحو الغطاء المسطح، ونحو السماء بالإشعاع ، ونحو هيكل الدعم بالتوصيل وسنقوم بكتابة معادلات الموازنة الحرارية لكل أسطح مكونات ال PTC ، عبر مقطع عرضي للنظام وذلك اعتماداً على

القانون الأول للترموديناميك: [17]

$$\Phi_{st} = \Phi_e - \Phi_s + \Phi_g \quad (3-III)$$

حيث Φ_s : التدفق الحراري المخزن

Φ_e : التدفق الحراري الداخلى

Φ_s : التدفق الحراري الخارج

Φ_g : التدفق الحراري المتوالد

4.III. معادلة موازنة الطاقة للمائع HTF:

يستقبل المائع (HTF) الحرارة من الأنبوب الماص عبر السطح الحراري بواسطة الحمل القسري حسب

طبيعة تدفق المائع (رقائقي أو مضطرب)، ليتم تخزينها من طرف المائع على شكل حرارة محسوسة (في غياب

التغير التطوري للمائع)، تؤدي الى رفع درجة حرارته و نكتب معادلة الموازنة [17]:

$$\rho_f \cdot A_f \cdot C_{p_{if}} \frac{dT_f}{dt} = h_{conv(r \rightarrow f)} (T_r - T_f) \pi \cdot D r_{int} \quad (4-III)$$

5.III. معادلة موازنة الطاقة للأنبوب الماص:

يستقبل الأنبوب الماص الإشعاع الشمسي بعد النفاذ من الغطاء الزجاجي المسطح ثم الانعكاس ثم النفاذ

من الظرف الزجاجي ليتم تخزينه على شكل حرارة، و تنتقل الحرارة منه الى المائع بالحمل القسري وإلى الظرف

الزجاجي بالحمل والإشعاع ونكتب معادلة الموازنة :

$$\rho_r A_r C_{p_r} \frac{dT_r}{dt} = + (h_{conv(r \rightarrow e)} + h_{rad(r \rightarrow e)}) (T_e - T_r) \pi D r_{ext} + h_{conv(r \rightarrow f)} (T_f - T_r) \pi D r_{int} \quad (5-III)$$

$$A_r = \frac{\pi}{4} (D r_{ext}^2 - D r_{int}^2) \quad (6-III)$$

يكون إنتقال الحرارة بين الأنبوب الماص و الظرف الزجاجي بالحمل الحراري الجزئي الحر عند تفريغ الظرف الزجاجي. [17]

6.III. معادلة موازنة الطاقة للظرف الزجاجي:

يستقبل الظرف الزجاجي الإشعاع الشمسي بعد النفاذ من الغطاء الزجاجي المسطح ثم الانعكاس ، ويتبادل الحرارة مع الأنبوب الماص بالحمل والإشعاع ، وكذلك مع الغطاء الزجاجي المسطح بالحمل والإشعاع ، ونكتب معادلة الموازنة :

$$\rho_e A_e C_{pe} \frac{dT_e}{dt} = IC_g \rho \tau_c \alpha_e \pi De_{ext} + [h_{conv(e \rightarrow r)} + h_{rod(e \rightarrow r)}] \pi De_{int} (T_r - T_e) + [h_{conv(e \rightarrow c)}] \pi De_{ext} [T_c - T_e] \quad (7-III)$$

حيث مساحة مقطع جدار الظرف الزجاجي :

$$A_e = \frac{\pi}{4} (De_{ent}^2 - De_{int}^2) \quad (8-III)$$

إنتقال الحرارة بالحمل بين الظرف الزجاجي والهواء المحتبس تحت الغطاء المسطح. [17]

7.III. معادلة موازنة الطاقة للغطاء الزجاجي المسطح:

يستقبل الغطاء الزجاجي المسطح الإشعاع الشمسي المباشر، ويتبادل الحرارة مع الظرف الزجاجي بالحمل الطبيعي والإشعاع ، كما يتبادل الحرارة مع الهواء الجوي المحيط بالحمل ، ومع السماء بالإشعاع ، ومع هيكل الدعم المعدني بالتوصيل ، ونكتب معادلة الموازنة : [17]

$$\rho_c e_c C_{p_c} dT_c \frac{dT_c}{dt} = I \alpha_c + (h_{\text{conv}}(c \rightarrow e) + h_{\text{rad}}(c \rightarrow e))(T_e - T_c) + (h_{\text{conv}}(c \rightarrow \text{amb}) + h_{\text{cond}}(c \rightarrow \text{support}))(T_{\text{amb}} - T_c) + h_{\text{rad}}(e \rightarrow \text{sky})(T_{\text{sky}} - T_c) \quad (9\text{-III})$$

V: معامل انتقال الحرارة بالحمل مع الهواء الجوي المحيط والذي يتعلق بسرعة الرياح.

8.III. خاصية جامع التركيز الشمسي:

θ : زاوية فتح المكثف.

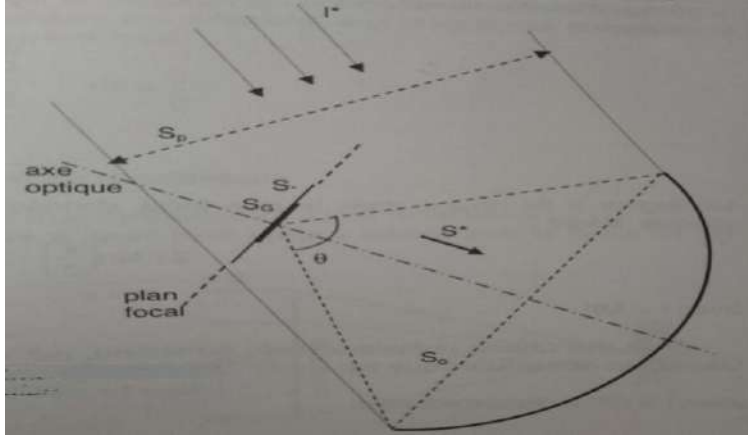
I: الإشعاع الشمسي.

S^* : الإشعاع الشمسي المباشر على قسم الفتحة للمركز.

S_0 : قسم الفتحة.

S_G : سطح صورة Gauss للشمس.

S^* : مساحة صورة الشمس الحقيقية في المستويات البؤرية. [35]



الشكل (4.III): مكثف مكافئ [35]

نحدد الكميات التالية:

$$C^* = \frac{QG^*}{S^*} \quad (10-III)$$

\$QG^*\$: التدفق الشمسي المتوسط.

\$C^*\$: التركيز الطاقوي.

\$C_G\$: التركيز المثالي

$$C_G = \frac{S_0}{S_G} \quad (11-III)$$

\$C\$: التركيز الهندسي

$$C = \frac{S_0}{S^*} \quad (12-III)$$

9.III. المردود:

1.9.III. المردود الضوئي للمجمع الشمسي:

يتعلق المردود الضوئي للمجمع الشمسي بالخواص الضوئية للمواد (انعكاسية السطح العاكس ρ ، النفاذية τ لكل من الظرف و السطح الزجاجيين، الإمتصاصية α للأنبوب الماص) كما يتعلق بمعامل الإعتراض γ و معامل التراجع الهندسي A_f و زاوية الورود للإشعاع الشمسي i و تعطى عبارته [17] :

$$\eta_{op} = \rho \cdot \tau c \cdot \tau e \cdot \alpha r \cdot \gamma [1 - A_f \cdot \tan i] \cos i \quad (13-III)$$

و من أجل الإشعاع الشمسي ناظمي على سطح الفتحة ($i=0$) (و يتحقق هذا بصورة مستمرة في حالة التتبع بمحوري دوران) يكون المردود [18] :

$$\eta_{op} (i = 0) = \rho \cdot \tau c \cdot \tau e \cdot \alpha r \cdot \gamma \quad (14-III)$$

III.2.9. المردود الحراري للقطع المكافئ:

$$\eta_{ptc} = \frac{\dot{m} \cdot c_p \cdot \Delta T}{I \cdot S} \quad (15-III)$$

\dot{m} : التدفق الحجمي

C_p : السعة الحرارية للماء

ΔT : الفرق في درجة الحرارة بين المدخل والمخرج

I : الإشعاع الشمسي

S : المساحة

III.10. خصائص الجهد والتيار:

تكون الطاقة الكهربائية المتولدة من الخلية الكهروضوئية بشكل تيار مستمر (DC) و تعتمد شدة هذا التيار على الأشعة الساقطة و على التيار و الجهد المطلوب للحمل . و يعتمد مردود اللوح الشمسي على مردود هذه الخلايا و تعرف الخلية الكهروضوئية ذات المساحة 100cm^2 بأنها بطارية شمسية تقوم بإنتاج جهد مقداره (0.5V) و تيار يتماثل مع شدة الإشعاع الشمسي يصل مقداره ما بين $(3-5\text{A})$ في حالة شدة الإشعاع الشمسي القصوى [36].

تتحد الخلية الكهروضوئية بفرق جهد دارتها المفتوحة و تيار دارتها المغلقة والشكل: (III.5) يوضح مخطط $(I-V)$ لخلية كهروضوئية مثالية.

• جهد دائرة مفتوحة V_{CO} :

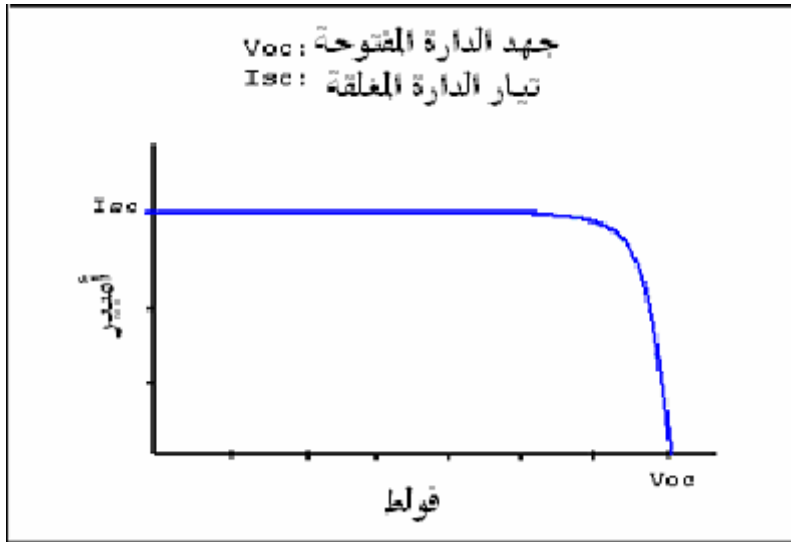
وهو الجهد المقاس عند أطراف الخلية الشمسية عندما لا يمر في الدارة أي تيار، وهو أقصى فولت تعطيه الخلية الشمسية يزيد بسرعة مع بداية الإشعاع الشمسي. و يعطى بالعلاقة التالية:

$$V_{CO} = \eta V_{th} \log \left(1 + \frac{I_{ph}}{I_s} \right) \quad (16-III)$$

• تيار الدارة المغلقة (تيار دائرة القصر):

هو التيار المار في الخلية الشمسية إلى دائرة خارجية بدون حمل (أو بدون مقاومة) ، هو أقصى تيار تستطيع خلية شمسية إنتاجه من الإشعاع الشمسي. غالبا يتناسب مع الإشعاع الشمسي.

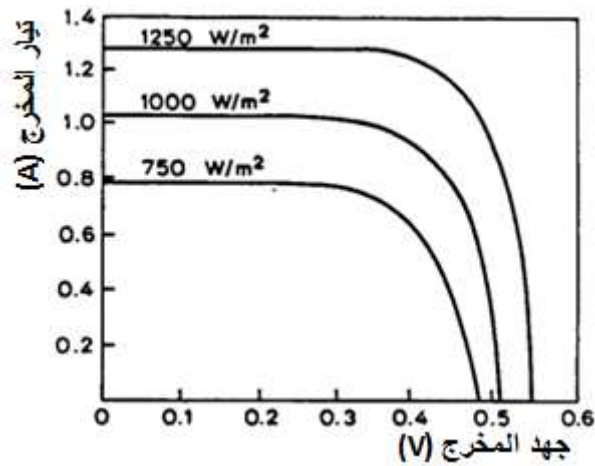
$$I_{CC} = I_{ph} \quad (17-III)$$



الشكل (5.III): مخطط (I-V) لخلية كهروضوئية [36]

أما تيار الدارة المغلقة فهو التيار المار في ، و هو التيار الأعظمي الذي تستطيع الخلية توليده من الإشعاع الشمسي. (عند قيم 750 W/m^2 ، 1000 W/m^2 ، 1250 W/m^2) وعند درجة حرارة 25 C° .

[37]



الشكل (6.III): تغير قيم الجهد والتيار تبعاً لتغير الإشعاع الشمسي [36]

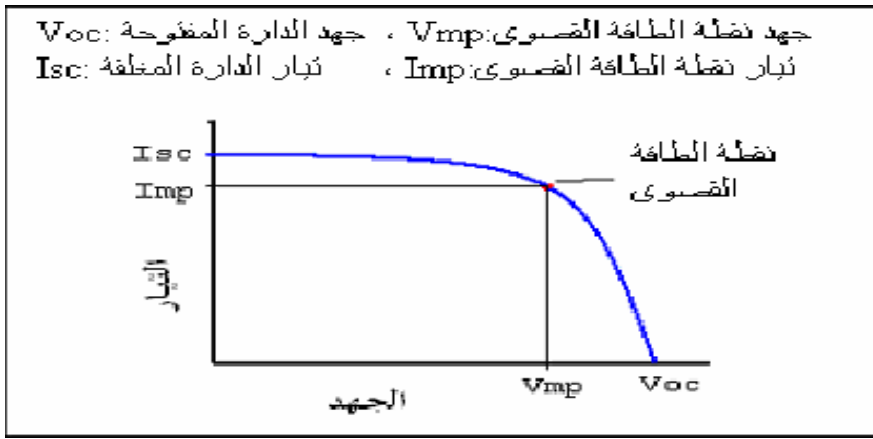
1.10.III. نقطة القدرة العظمى:

وتعطي نقطة القدرة القصوى (Maximum power point) أي النقطة التي تكون عندها

القدرة المتولدة من الخلية الكهروضوئية أكبر ما يمكن ، أي أن نقطة القدرة العظمى (MPP) هي نقطة القمة بين

خط التيار و خط الجهد على مخطط (I-V) التي تعطي أكبر مساحة على هذا المخطط كما في الشكل:

(7.III)



الشكل (7.III): منحني خصائص الجهد و التيار لخلية سيليكونية و يبين نقطة

القدرة العظمى (MPP) [36]

ونحسب نقطة القدرة العظمى (MPP) بحاصل الضرب بين النقطة القصوى للتيار $I(mp)$ و النقطة القصوى

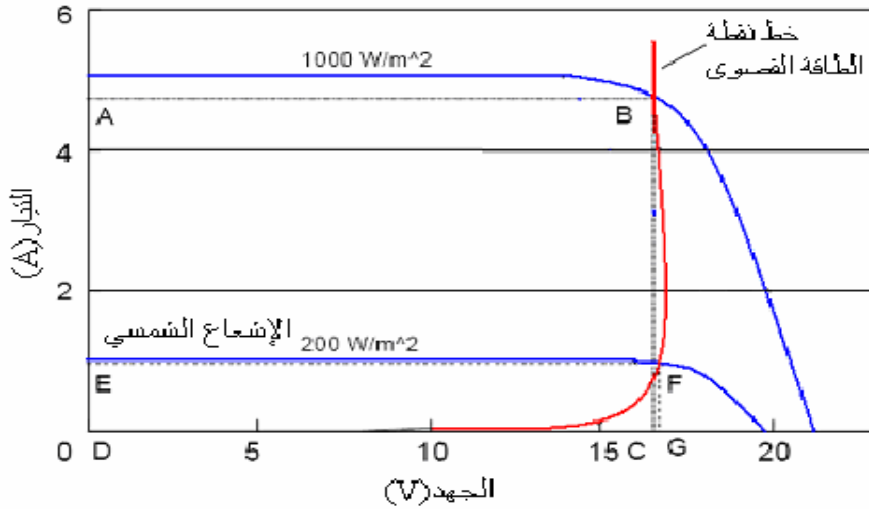
للجهد $V(mp)$.

$$P(mp) = V(mp) \cdot I(mp) \quad (18-III)$$

إن تغير في شدة الإشعاع الشمسي الساقط و درجة حرارة الخلية الكهروضوئية يؤدي إلى تغير موقع نقطة القدرة

العظمى (MPP) والشكل: (8.III) يبين خط تغير نقطة القدرة العظمى إبتداءاً من شدة إشعاع

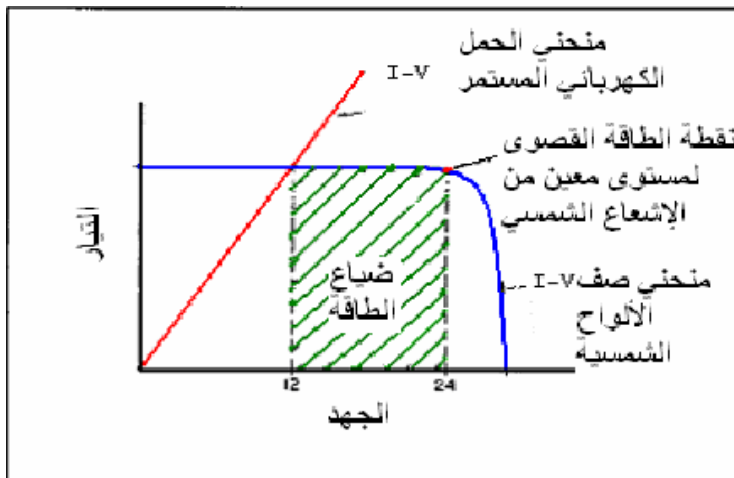
حتى شدة إشعاع $1000W/m^2$.



الشكل (8.III): خط تغير نقطة القدرة العظمى [36]

يكون تيار الحمل الكهربائي المستمر (DC) و جهده على مخطط (I-V) بشكل خط مستقيم مائل ، فعند زيادة الطاقة الكهربائية الأولية يرتفع بنسبة ثابتة للجهود.

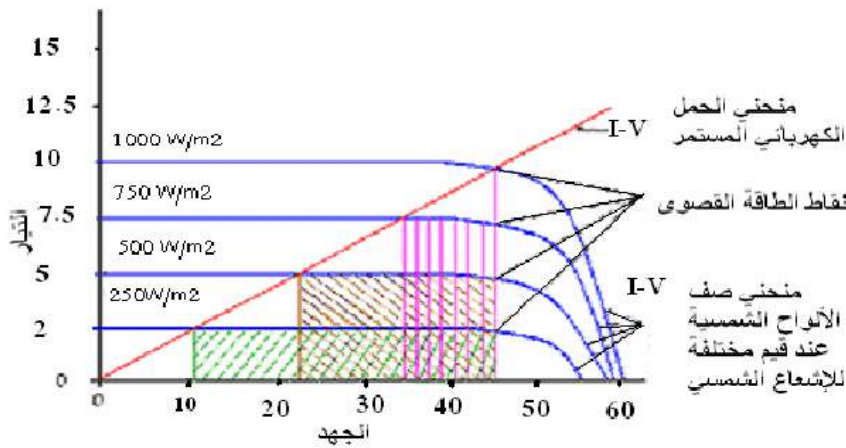
فإذا تم تصميم المولد الكهروضوئي لتوليد (24V) و الحمل يتطلب (12V) فقط فإن الحمل سيستجر الطاقة التي تقابل (12V)، و بالتالي سيكون هناك ضياع في الطاقة ، الشكل: (9.III) يبين خط الحمل الكهربائي و خط القدرة الذي لم يصمم بشكل صحيح.



الشكل (9.III): خط الحمل الكهربائي و خط القدرة الذي لم يصمم بشكل صحيح [36]

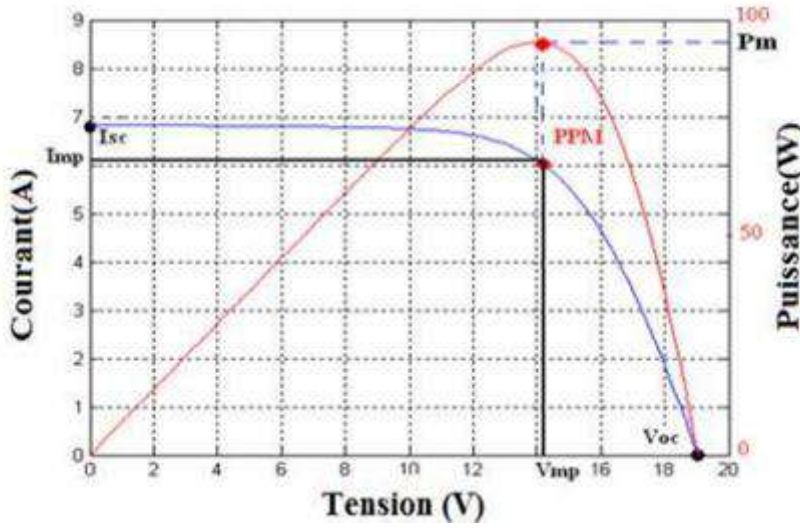
أيضاً هناك إختلاف مستمر في مستوى تيار الطاقة الكهروضوئية الذي يتغير بدوره حسب التغير في مستوى الإشعاع الشمسي الساقط المتوفر على مدار اليوم ، و بالتالي : يتغير موقع نقطة الطاقة العظمى بشكل مستمر على المخطط (I-V) هذه التقلبات في موقع نقطة الطاقة العظمى و عدم تساوي هذه النقاط مع بعضها البعض إلى وجود عدة نقاط على طول الخط المستقيم المائل للحمل الكهربائي المستمر كما في الشكل .

(10.III)



الشكل (10.III): تغير موقع نقطة الطاقة العظمى تبعاً للإشعاع الشمسي [36]

لذلك يجب أن يؤخذ بعين الإعتبار أثناء تصميم النظام الكهروضوئي مساواة خط الحمل الكهربائي على مخطط (I-V) على نقاط القدرة العظمى لتصميم نظام يعمل بكفاءة عالية بشكل عام



الشكل (11.III): الخصائص الكهربائية [36]

11.III. كيفية ربط الخلايا الكهروضوئية:

بحكم أن الجهد و تيار الخلية ضعيف جدا ، فيتم توصيل عدد كبير من الخلايا على التسلسل (التوالي) و

على التفرع (التوازي) حسب الحاجة. [38]

1.11.III. ربط الخلايا على التسلسل:

عند ربط مجموعة من الخلايا الكهروضوئية المتماثلة عددها (N_s) على التسلسل ، فإن فرق جهد الدارة

المفتوحة هو مجموع جهد هذه الخلايا أو هو عدد الخلايا مضروباً في جهد الخلية الواحدة ، و لكن التيار يكون

تيار الخلية الواحدة، (أي أننا بهذه الطريقة نزيد من جهد الخلية).

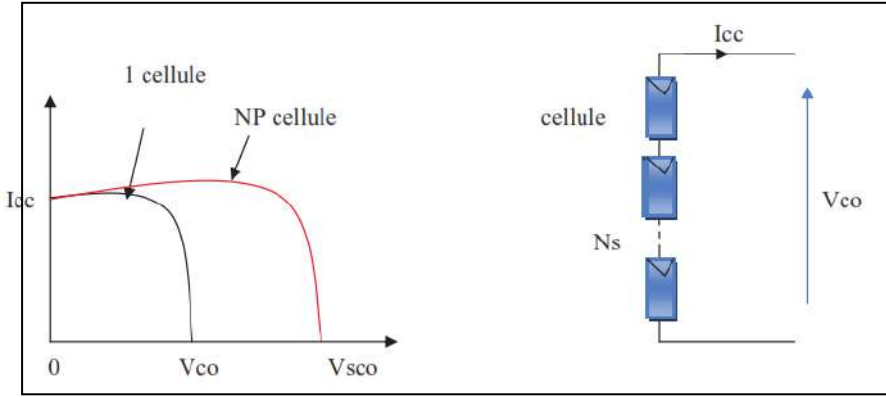
$$V_{co} = N_s \times V_{co} \quad (19-III)$$

$$I_{cc} = I_{cc} \quad (20-III)$$

$V_{CO}(N_s)$: مجموع الجهد في دائرة مفتوحة لعدد من الخلايا المتسلسلة

I_{CC} : التيار في دائرة مغلقة لعدد من الخلايا المتسلسلة.

N_s : عدد الخلايا المربوطة على التسلسل.



الشكل (12.III): الخاصية المثالية للخلايا الكهروضوئية المربوطة على التسلسل [38]

2.11.III. ربط الخلايا على التفرع:

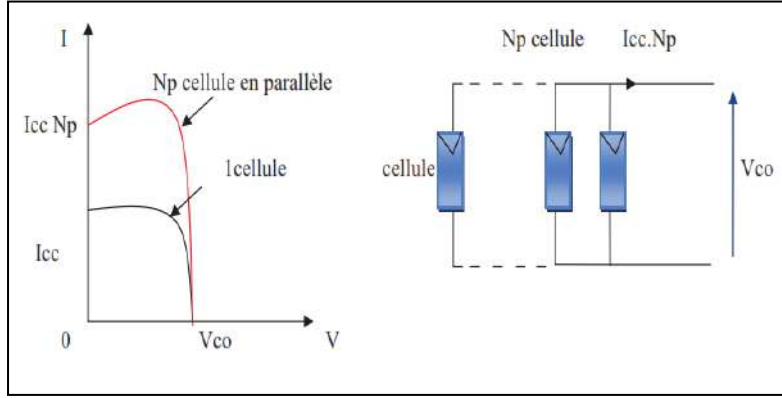
في حال ربط عدد (N_p) من الألواح الكهروضوئية المتماثلة على التفرع فإن الجهد الناتج مساويا لجهد

الخلية الواحدة و التيار الناتج يساوي مجموع التيارات الخاصة لكل خلية (و هنا زيادة في شدة التيار)

$$I_{CC} = \sum I(N_p) = I_1 + I_2 + \dots + I(N_p) \quad (21-III)$$

$$V_{CO} = V_1 = V_2 = \dots = V(N_p) \quad (22-III)$$

N_p : عدد الخلايا المربوطة على التفرع.

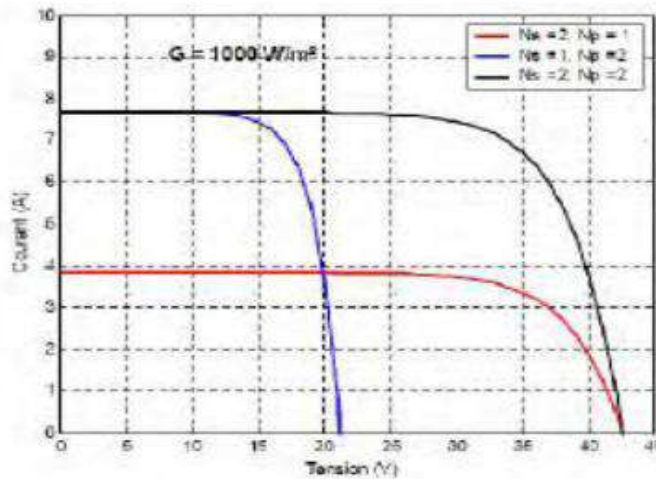


الشكل (III.13): الخاصية المثالية للخلايا الكهروضوئية المربوطة على التفرع [38]

III.11.3 ربط الخلايا على التسلسل والتفرع:

للحصول على قدرة أكبر يتم تجميع الخلايا على التسلسل و على التفرع في وقت واحد، فعند ربط الخلايا بهذه الطريقة نحصل على ميزات الوصل التسلسلي و الوصل التفرعي في نفس الوقت فبذلك نحصل على جهد مرتفع نسبيا وتيار كبير نسبيا ، وهذه الطريقة هي الأكثر إستعمالا و يكون التوصيل كما هو موضح في الشكل:

(14. III)



الشكل (III.14): منحنى تجميع الخلايا على التسلسل و على التفرع [38]

12.III. كفاءة تحويل طاقة الخلية الكهروضوئية:

تعرف كفاءة تحويل الطاقة للخلية (أو الموديول) الشمسية بأنها النسبة المئوية للقدره المحولة من الإشعاع الضوئي الممتص، عندما تكون الخلية (أو الموديول) الشمسية متصلة بدائرة كهربائية، و تحسب من المعادلة الآتية [2]:

$$\eta = \frac{P_{max}}{G \times A_s} \quad (23-III)$$

حيث:

P_{max} : القدرة الكهربائية المولدة ب W .

G : مدخل إشعاع الضوء ب W/m^2 .

A_s : مساحة سطح الخلية الشمسية ب m^2 .

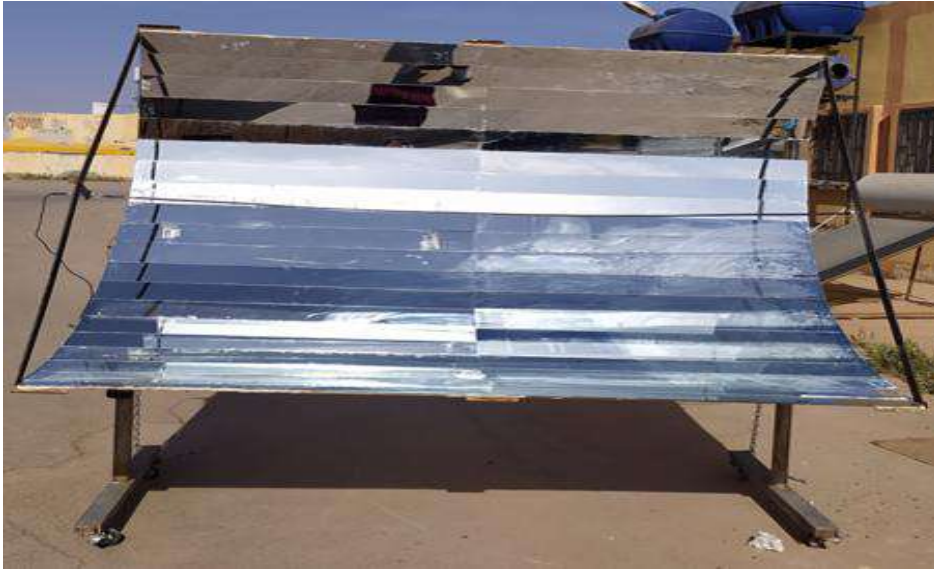
12.III. وصف نمذجة التهجين:

1.12.III. وصف نموذج PTC المستعمل:

بعد إستكشاف ومعاينة مختلف المواد المطلوبة للتصنيع والمتواجدة في السوق المحلي، تم إختبار مدى صلاحية وفاعلية هذه المواد، وإستنادا على مذكرة د. محمد البار سوداني لنيل شهادة الدكتوراة تحت عنوان تحقيق عملي لمركز شمسي أسطواني مكافئ ذي غطاء زجاجي بجامعة ورقلة. والذي قام بتصنيع نموذج PTC والذي يتكون من الوحدة الميكانيكية (إطار الدعم المعدني)، و قاعدة التثبيت على سطح الأرض، و السطح العاكس الأسطواني القطع مكافئ، وعنصر تجميع الحرارة HCE و نظام التتبع الشمسي والتحكم في التوجيه. وتعطى المقادير العددية ل PTC المستعمل في الجدول. [17] (1.III)

الجدول (1.III): المقادير العددية ل PTC المنجز [17]

المقدار	القيمة
الطول L	1.80 m
العرض W	1.60 m
البعد البؤري f	0.20 m
الإرتفاع h_c	0.80 m
مساحة الفتحة A_{ap}	2.88 m ²
التركيز الهندسي C	42.1
زاوية الحافة θR	126.8°
قطر الأنبوب الماص D_r	25 mm
قطر الظرف الزجاجي D_e	51 mm
سمك الغطاء الزجاجي d	2.5 mm



الشكل (III.15): صورة ضح التركيب التجريبي للمركز الشمسي الأسطواني القطع المكافئ [17]

III.12.2. وصف الخلية الكهروضوئية المقاسة:

الجدول (III.2): المقادير الكهربائية للخلية الكهربائية المقاسة

القيمة	المقدار
m1.16	الطول L
m0.51	العرض W
متعددة البلورات	نمط الوحدة
W80	الإستطاعة الأعظمية P_{max}
V17.4	الجهد V
A4.61	I التيار
A4.85	I_{CC} تيار المار في دائرة القصر
V22.0	V_{CO} جهد الدارة المفتوحة



الشكل (16.III): الخلية الكهربائية المقاسة

حيث تعتمد هذه الدراسة للتهجين على إستبدال الأنبوب الماص في التجربة الذي قام بها الدكتور محمد البار سوداني تحقيق عملي لمركز الشمسي أسطواني مكافئ ذي غطاء زجاجي بخلية كهروضوئية ، وذلك بأخذ أبعاد الخلية نفس أبعاد الأنبوب حيث $L=1.8m$ وعرضها قطر الظرف الزجاجي $W=De=51mm$.

13.III. حساب الإشعاع المركز:

$$G^* = G \cdot C \cdot \eta_{ptc} \quad (24-III)$$

14.III. حساب الإستطاعة المركزة:

$$P = G^* \cdot S_{ab} \cdot \eta_p \quad (25-III)$$

III.15. الخاتمة:

تطرقنا في هذا الفصل إلى معرفة هندسة ال PTC ومكوناتها ، وكذلك تطرقنا لمعرفة الموازنة الحرارية لنموذج ال PTC وكيفية حساب المردود الضوئي للخلية والمردود الحراري للقطع المكافئ ومعرفة الخصائص الكهربائية للخلايا الكهروضوئية وكيفية ربطها وكفاتها ، وسوف نهتم في الفصل الرابع بتحليل ومناقشة هذه الدراسة .

مناقشة النتائج

تمهيد:

يشكل تطوير الأنظمة الكهروضوئية – التهجين الحراري إستراتيجية واعدة بهدف إنتاج الكهرباء الشمسية بتكلفة منخفضة ومتاحة على مدار اليوم، وهما شرطان لا غنى عنهما للنشر المكثف للكهرباء الشمسية في مشهد الطاقة العالمي. يتيح دمج المحول الكهروضوئي إمكانية الاستفادة من تكلفة الإنتاج المنخفضة للكهرباء الكهروضوئية ، بينما يضمن المحول الحراري إنتاج الكهرباء الشمسية دون إنقطاع ، وذلك بفضل إمكانية التخزين الحراري للحرارة. وتحقيقا لهذه الغاية يجري حاليا النظر في عدة إستراتيجيات. يهدف البحث العلمي في فصلنا هذا إلى حساب مردود تهجين الخلايا الكهروضوئية والمركبات الشمسية والإشعاع المركز والإستطاعة المركزة في منطقة ورقلة ومنطقة الجزائر.

1.IV. دراسة تأثير تغيرات التركيز الشمسي على اللوح الشمسي:**1.1.IV. كيفية حساب المردود η_{ptc} :**

إستنادا على مذكرة الماستر للطالبين – عبد الواحد حفار وآمغار ماسيف – تخصص طاقات متجددة تحت عنوان دراسة أداء القطع المكافئ المكثف بهدف إستخدامه في عملية التحفيف من أجل حساب المردود الخاص بالقطع المكافئ η_{ptc} : ونتائج التي تم الحصول عليها من المكثف الشمسي هي درجات حرارة المياه الداخلة والخارجة ومعدل تدفق الإشعاع الشمسي والمقاييس التي تم قياسها خلال تاريخ التجربة التي أُنجزت يوم 2019/05/13 في منطقة ورقلة. [39]

الجدول (1.IV): نتائج المقاييس التي تم قياسها خلال تاريخ التجربة 2019/05/13

Time (Heur)	Eclairment (w/m ²)	Débit (l/s)	Te (c ⁰)	Tm ms (c ⁰)
10:00	650	0.011	29	35,6
10:30	683	0.011	29	38,6
11:00	698	0.011	29	40
11:30	690	0.011	29	41,3
12:00	705	0.011	29	44,5
12:30	708	0.011	29	50
13:00	711	0.011	29	51,6
13:30	707	0.011	29	45
14:00	695	0.011	29	45,8
14:30	692	0.011	29	45,3
15:00	688	0.011	29	44,9
15:30	668	0.011	29	42,6
16:00	652	0.011	29	43,9

حيث:

Te: درجة حرارة مدخل الماء.

Ts: درجة حرارة مخرج الماء.

ومنه نحسب المردود η_{ptc} وفق العلاقة التالية:

$$\eta_{ptc} = \frac{\dot{m}.cp.\Delta T}{I.S} \quad (1-IV)$$

لكن في هذه الدراسة إعتمدنا على معامل التركيز الخاصة بمذكرة الأستاذ د. محمد البار سوداني

حيث أخذنا معامل التركيز :

$$C=42.1$$

-حساب مساحة PTC الخاص بالغطاء الزجاجي:

$$De=51\text{mm} \quad L=1.8\text{m}$$

$$S=L \times De=1.8 \times 0.051=2.88\text{m}^2$$

IV.2.1. كيفية حساب مردود η_p :

-حساب مساحة الخلية الكهروضوئية:

$$W=51\text{cm} \quad L=1.16\text{m}$$

$$S_p=L \times W=1.16 \times 0.51=0.5916$$

ويمكننا حساب المساحة الخلية المستبدلة بالأنبوب كالتالي:

$$S_{ab}=L \times W=1.8 \times 0.051=0.0918\text{m}^2$$

والجدول التالي يوضح القيم المتحصل عليها:

الجدول (2.IV): تغيرات تأثير تركيز الإشعاع الشمسي على اللوح

Heure	Eclaircement	Debit	Te	Ts	C	S	η_{ptc}	$S_{panneax}$	S_{ab}	G^*	P
10H00	650	0,01	29	35,6	42,1	2,88	0,1621	0,5916	0,092	4435,867	55,0551
10H30	683	0,01	29	38,6	42,1	2,88	0,2244	0,5916	0,092	6452,465	80,0839
11H00	698	0,01	29	40	42,1	2,88	0,2516	0,5916	0,092	7393,467	91,763
11H30	690	0,01	29	41,3	42,1	2,88	0,2845	0,5916	0,092	8264,441	102,573
12H00	705	0,01	29	44,5	42,1	2,88	0,351	0,5916	0,092	10417,86	129,3
12H30	708	0,01	29	50	42,1	2,88	0,4735	0,5916	0,092	14113,52	175,168
13H00	711	0,01	29	51,6	42,1	2,88	0,5074	0,5916	0,092	15188,05	188,504
13H30	707	0,01	29	45	42,1	2,88	0,3613	0,5916	0,092	10753,99	133,472
14H00	695	0,01	29	45,8	42,1	2,88	0,3859	0,5916	0,092	11291,24	140,14
14H30	692	0,01	29	45,3	42,1	2,88	0,376	0,5916	0,092	10954,08	135,955
15H00	688	0,01	29	44,9	42,1	2,88	0,3689	0,5916	0,092	10685,11	132,617
15H30	668	0,01	29	42,6	42,1	2,88	0,325	0,5916	0,092	9139,91	113,439
16H00	652	0,01	29	43,9	42,1	2,88	0,3648	0,5916	0,092	10013,47	124,281

• حساب المردود المتوسط η_{moy} :

$$\eta_{moy} = \frac{\sum \eta_i}{i} \quad (2-IV)$$

• حساب الإستطاعة P^* :

$$P^* = G^* \cdot S_{ab} \cdot \eta_{moy} \quad (3-IV)$$

حيث إختارنا منطقتين لهذه الدراسة بإستعمال تطبيق Data cder.dz وهي منطقة الجزائر

ومنطقة ورقلة في أربعة فصول مختلفة وفي أيام مختلفة. [40]

– المنطقة الأولى: الجزائر

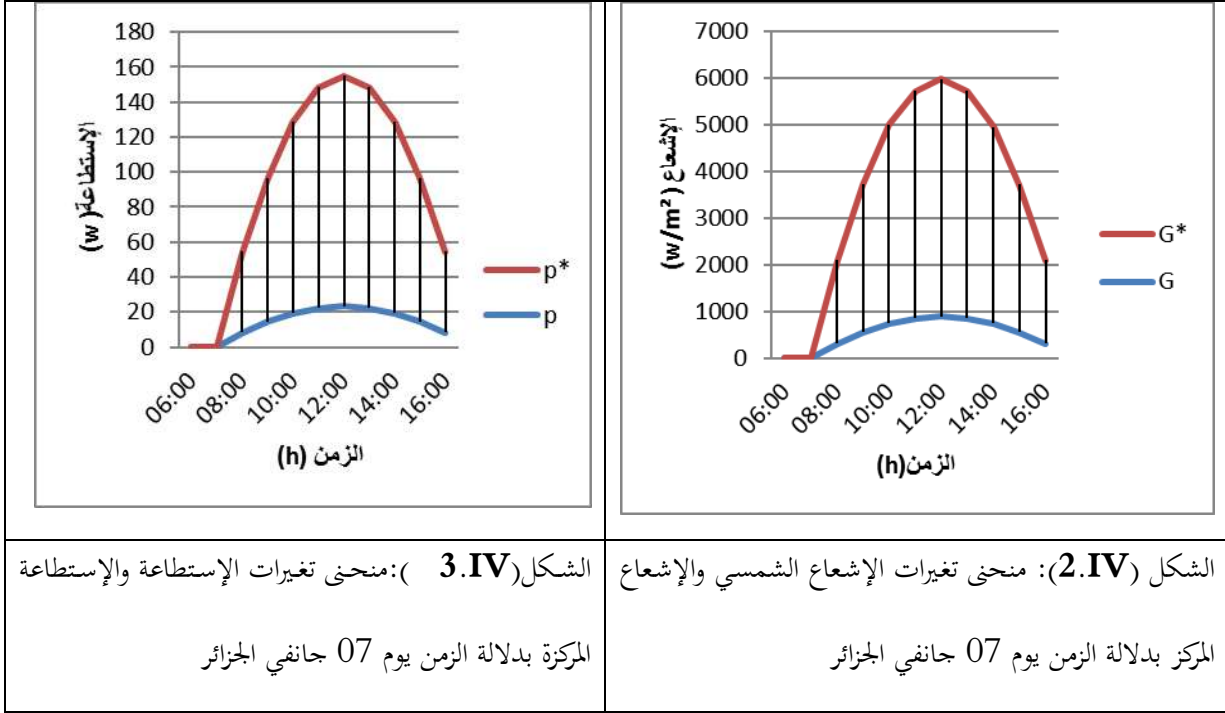


الشكل (1.IV): تحديد موقع الجغرافي لمدينة الجزائر [40]

– في فصل الشتاء يوم 07 جانفي تحصلنا على النتائج التالية:

الجدول (3.IV): تغيرات تركيز الإشعاع الشمسي والإستطاعة للوح في منطقة الجزائر في يوم 07 جانفي

Heure	G	C	η moy	G*	S ab	P	P*
6h00	0	42,1	0,1352	0	0,1918	0	0
7h00	0	42,1	0,1352	0	0,1918	0	0
8h00	313	42,1	0,1352	1781,571	0,1918	8,116516	46,19856
9h00	557	42,1	0,1352	3170,399	0,1918	14,44377	82,21277
10h00	741	42,1	0,1352	4217,713	0,1918	19,21514	109,371
11h00	855	42,1	0,1352	4866,592	0,1918	22,17131	126,1973
12h00	894	42,1	0,1352	5088,576	0,1918	23,18264	131,9537
13h00	855	42,1	0,1352	4866,592	0,1918	22,17131	126,1973
14h00	741	42,1	0,1352	4217,713	0,1918	19,21514	109,371
15h00	557	42,1	0,1352	3170,399	0,1918	14,44377	82,21277
16h00	313	42,1	0,1352	1781,571	0,1918	8,116516	46,19856



الملاحظة:

- نلاحظ أن عند الساعة 6:00 كانت قيمة الإشعاع المباشر الغير مركز 0 ثم بدأت في تزايد إلى أن وصلت لقيمة أعظمية 894 w/m^2 عند الساعة 12:00 أي قيمة الذروة ثم بدأت في تناقص لتصل إلى 313 w/m^2 على الساعة 16:00.

- أما بالنسبة لقيمة الإشعاع الشمسي المركز فقد لاحظنا عند الساعة 6:00 هو أيضا كان منعدم ثم بدأ في تزايد لتصل إلى قيمته إلى $5088,576 \text{ w/m}^2$ عند الساعة 12:00 و تمثل الذروة ثم بدأت هي كذلك بالتناقص لتصل إلى $1781,571 \text{ w/m}^2$ عند الساعة 16:00.

- نلاحظ أن عند الساعة 6:00 كانت قيمة الإستطاعة 0 ثم بدأت في تزايد إلى أن وصلت لقيمة أعظمية $23,18264 \text{ w}$ عند الساعة 12:00 أي في قيمة الذروة ثم بدأت في تناقص لتصل إلى $8,116516 \text{ w}$ على الساعة 16:00.

-أما بالنسبة لقيمة الإستطاعة المركزة فقد لاحظنا عند الساعة 6:00 هو أيضا كانت منعدمة ثم بدأت في تزايد إلى أنوصلت قيمتها إلى $w = 131,9537$ عند الساعة 12:00 و تمثل الذروة ثم بدأت هي كذلك بالتناقص لتصل إلى $w = 46,19856$ عند الساعة 16:00

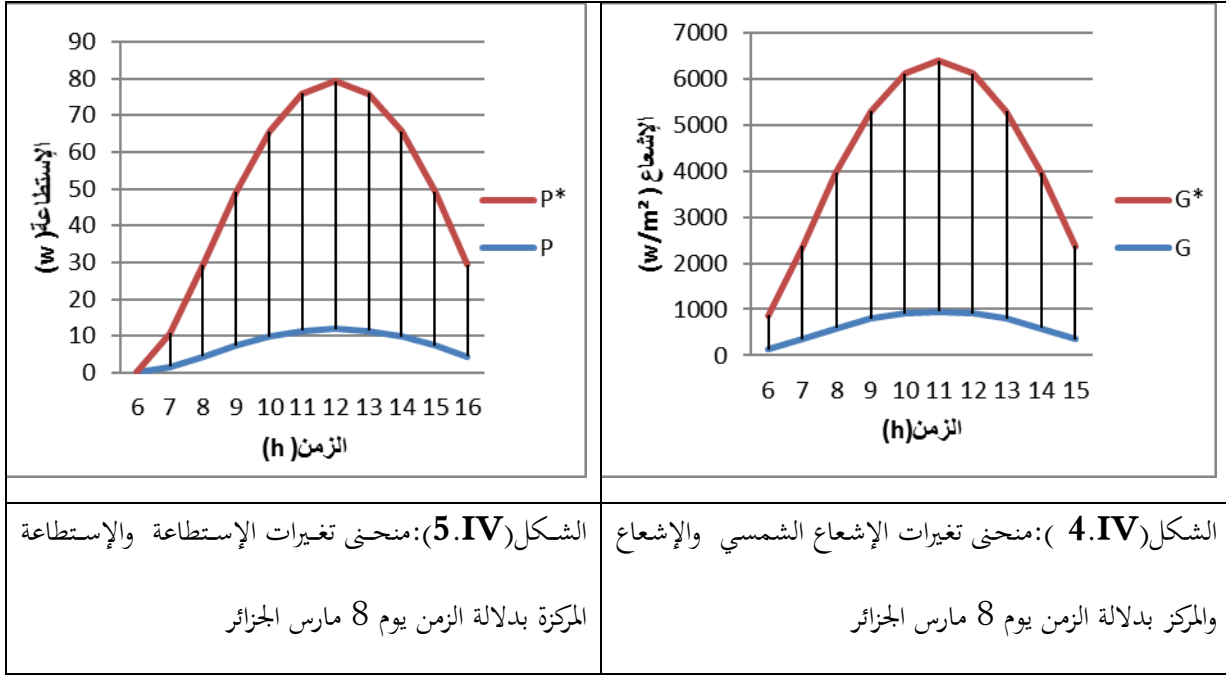
التفسير:

نفسر زيادة الإستطاعة المركزة والإشعاع الشمسي المركز نتيجة لزيادة الإشعاع الشمسي خاصة عند وصوله للذروة و ذلك مع الساعة 12:00 يوم 7 جانفي.

في فصل الربيع يوم 08 مارس تحصلنا على النتائج التالية:

الجدول (4.IV): تغيرات تركيز الإشعاع الشمسي والإستطاعة للوح في منطقة الجزائر يوم 08 مارس

Heure	G	C	η moy	G*	S ab	P	P*
6h00	0	42,1	0,1352	0	0,0918	0	0
7h00	129	42,1	0,1352	734,2577	0,0918	1,601065	9,113136
8h00	354	42,1	0,1352	2014,94	0,0918	4,393621	25,00814
9h00	593	42,1	0,1352	3375,309	0,0918	7,359936	183743
10h00	791	42,1	0,1352	4502,309	0,0918	9,817386	55,87977
11h00	915	42,1	0,1352	5208,107	0,0918	11,35639	64,63969
12h00	955	42,1	0,1352	5435,784	0,0918	11,85285	67,46547
13h00	915	42,1	0,1352	5208,107	0,0918	11,35639	64,63969
14h00	791	42,1	0,1352	4502,309	0,0918	9,817386	55,87977
15h00	593	42,1	0,1352	3375,309	0,0918	7,359936	41,89217
16h00	354	42,1	0,1352	2014,94	0,0918	4,393621	25,00814



الملاحظة:

- نلاحظ أن عند الساعة 6:00 كانت قيمة الإشعاع المباشر الغير مركز 0 ثم بدأت في تزايد إلى أن وصلت لقيمة أعظمية 976 w/m^2 عند الساعة 13:00 أي قيمة الذروة ثم بدأت في تناقص لتصل إلى 361 w/m^2 على الساعة 16:00.

- أما بالنسبة لقيمة الإشعاع الشمسي المركز فقد لاحظنا عند الساعة 6:00 هو أيضا كان منعدم ثم بدأ في تزايد إلى أن وصلت قيمته إلى $5555,314 \text{ w/m}^2$ عند الساعة 13:00 و تمثل الذروة ثم بدأت هي كذلك بالتناقص لتصل إلى $2054,783 \text{ w/m}^2$ على الساعة 16:00 .

- نلاحظ أن عند الساعة 6:00 كانت قيمة الإستطاعة 0 ثم بدأت في تزايد إلى أن وصلت لقيمة أعظمية $12,11349 \text{ w}$ عند الساعة 13:00 أي قيمة الذروة ثم بدأت في تناقص إلى أن وصلت $4,480501 \text{ w}$ على الساعة 16:00.

-أما بالنسبة لقيمة الإستطاعة المركزة فقد لاحظنا عند الساعة 6:00 هو أيضا كانت منعدمة ثم بدأت في تزايد إلى أن وصلت قيمتها إلى w 68,949 عند الساعة 13:00 و تمثل الذروة ثم بدأت هي كذلك بالتناقص إلى أن وصلت w 25, 50265 عند الساعة 16:00 .

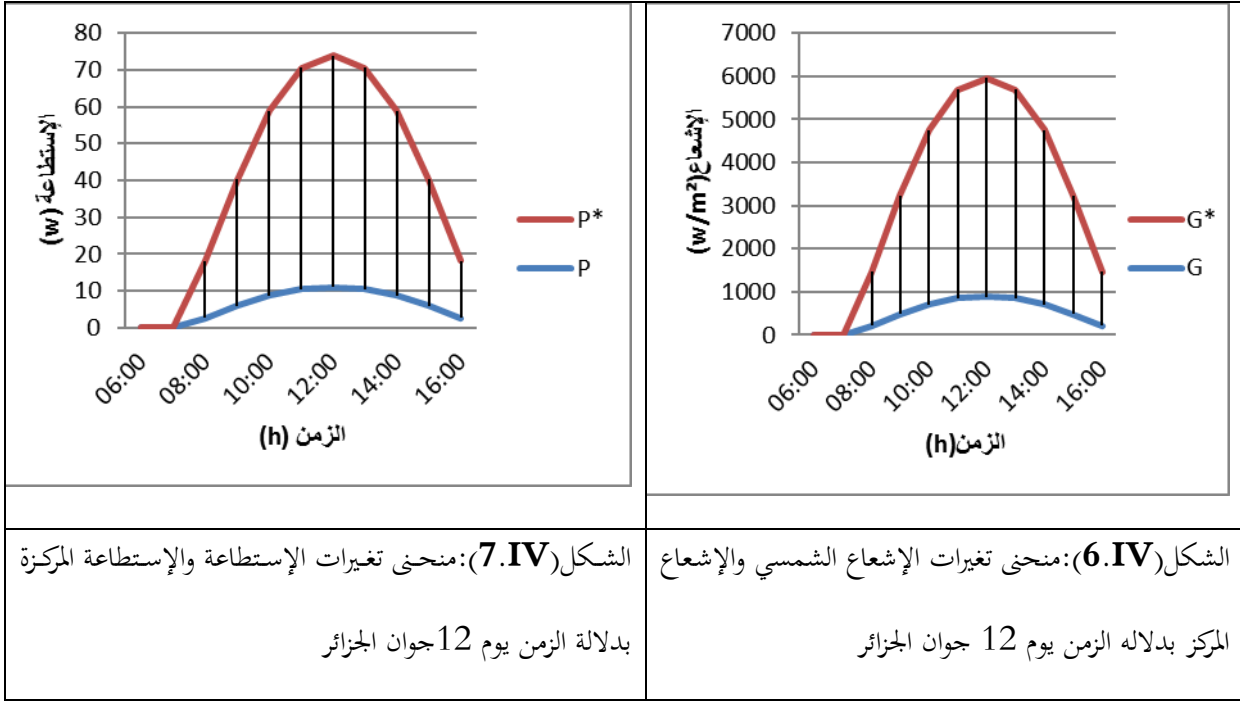
التفسير:

نفسر زيادة الإستطاعة و نسبة التركيز الشمسي للإشعاع بأنها تنتج هذه الزيادة نتيجة لزيادة الإشعاع الشمسي خاصة عند وصوله للذروة و ذلك مع الساعة 13:00 يوم 8 مارس.

- في فصل الصيف يوم 12 جوان تحصلنا على النتائج التالية:

الجدول (5.IV): تغيرات تركيز الإشعاع الشمسي والإستطاعة للوح في منطقة الجزائر يوم 12 جوان

Heure	G	C	η moy	G*	S ab	P	P*
6h00	0	42,1	0,1352	0	0,0918	0	0
7h00	17	42,1	0,1352	96,76264	0,0918	222,3993	1,200956
8h00	252	42,1	0,1352	1434,364	0,0918	3,127663	17,80241
9h00	507	42,1	0,1352	2885,803	0,0918	6,29256	35,81675
10h00	716	42,1	0,1352	4075,415	0,0918	8,886534	50,58144
11h00	840	42,1	0,1352	4781,213	0,0918	10,42554	59,34135
12h00	875	42,1	0,1352	4980,43	0,0918	10,85994	61,81391
13h00	840	42,1	0,1352	4781,213	0,0918	10,42554	59,34135
14h00	716	42,1	0,1352	4075,415	0,0918	8,886534	50,58144
15h00	507	42,1	0,1352	2885,803	0,0918	6,29256	35,81675
16h00	252	42,1	0,1352	1434,364	0,0918	3,127663	17,80241



الملاحظة :

- نلاحظ أن عند الساعة 6:00 كانت قيمة الإشعاع المباشر الغير مركز 0 ثم بدأت في تزايد إلى أن وصلت

لقيمة أعظمية 889 w/m^2 عند الساعة 12:00 أي قيمة الذروة ثم بدأت في تناقص لتصل إلى w/m^2

219 على الساعة 16:00

- أما بالنسبة لقيمة الإشعاع الشمسي المركز فقد لاحظنا عند الساعة 6:00 هو أيضا كان منعدم ثم بدأ في تزايد

إلى أن وصلت قيمته إلى $5060,117 \text{ w/m}^2$ عند الساعة 12:00 و تمثل الذروة ثم بدأت هي كذلك

بالتناقص لتصل إلى

$1246,53 \text{ w/m}^2$ عند الساعة 16:00

- نلاحظ أن عند الساعة 6:00 كانت قيمة الإستطاعة 0 ثم بدأت في تزايد إلى أن وصلت لقيمة أعظمية

w 11,0337 عند الساعة 12:00 أي قيمة الذروة ثم بدأت في تناقص لتصل إلى w 2,718088 على الساعة 16:00

-أما بالنسبة لقيمة الإستطاعة المركزة فقد لاحظنا عند الساعة 6:00 هو أيضا كانت منعدمة ثم بدأت في تزايد إلى أن وصلت قيمتها إلى w 62,80293 عند الساعة 12:00 و تمثل الذروة ثم بدأت هي كذلك بالتناقص لتصل إلى w 15, 47114 عند الساعة 16:00 .

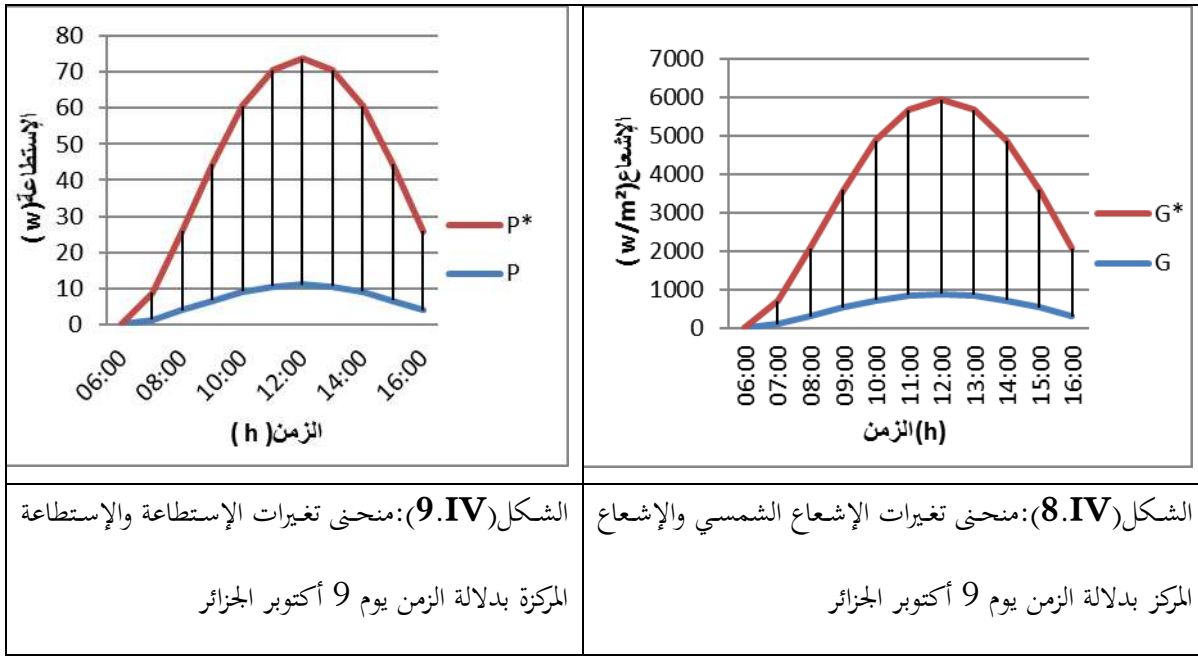
التفسير:

نفسر زيادة الإستطاعة و نسبة التركيز الشمسي للإشعاع بأنها تنتج هذه الزيادة نتيجة لزيادة الإشعاع الشمسي خاصة عند وصوله للذروة و ذلك مع الساعة 12:00 يوم 12 جوان.

- في فصل الخريف 09 أكتوبر تحصلنا على النتائج التالية:

الجدول (6.IV):تغيرات تركيز الإشعاع الشمسي والإستطاعة للوح في منطقة الجزائر يوم 09 أكتوبر

Heure	G	C	η moy	G*	S ab	P	P*
6h00	0	42,1	0,1352	0	0,0918	0	0
7h00	97	42,1	0,1352	552,1162	0,0918	1,203902	6,852513
8h00	298	42,1	0,1352	1696,192	0,0918	3,698585	21,05205
9h00	519	42,1	0,1352	2954,106	0,0918	6,441496	36,66448
10h00	704	42,1	0,1352	4007,112	0,0918	8,737597	49,73371
11h00	820	42,1	0,1352	4667,374	0,0918	10,17732	57,92846
12h00	859	42,1	0,1352	4889,359	0,0918	10,66136	60,6836
13h00	820	42,1	0,1352	4667,374	0,0918	10,17732	57,92846
14h00	704	42,1	0,1352	4007,112	0,0918	8,737597	49,73371
15h00	519	42,1	0,1352	2954,106	0,0918	6,441496	36,66448
16h00	298	42,1	0,1352	1696,192	0,0918	3,698585	21,05205



الملاحظة:

- نلاحظ أن عند الساعة 6:00 كانت قيمة الإشعاع المباشر الغير مركز 0 ثم بدأت في تزايد إلى أن وصلت لقيمة أعظمية 887w/m² عند الساعة 12:00 أي قيمة الذروة ثم بدأت في تناقص لتصل إلى 310w/m² على الساعة 16:00.

- أما بالنسبة لقيمة الإشعاع الشمسي المركز فقد لاحظنا عند الساعة 6:00 هو أيضا كان منعدم ثم بدأ في تزايد إلى أن وصلت قيمته إلى 5048,733 w/m² عند الساعة 12:00 و تمثل الذروة ثم بدأت هي كذلك بالتناقص لتصل إلى 1764,495 w/m² عند الساعة 16:00 .

- نلاحظ أن عند الساعة 6:00 كانت قيمة الإستطاعة 0 ثم بدأت في تزايد لتصل إلى لقيمة أعظمية 11,00888 w عند الساعة 12:00 أي قيمة الذروة ثم بدأت في تناقص لتصل إلى 3,847522 w على الساعة 16:00.

–أما بالنسبة لقيمة الإستطاعة المركزة فقد لاحظنا عند الساعة 6:00 هو أيضا كانت منعدمة ثم بدأت في تزايد إلى أن وصلت قيمتها إلى $62,66164 w$ عند الساعة 12:00 و تمثل الذروة ثم بدأت هي كذلك بالتناقص لتصل إلى $21, 89979w$ عند الساعة 16:00.

التفسير:

نفسر زيادة الإستطاعة و نسبة التركيز الشمسي للإشعاع بأنها تنتج هذه الزيادة نتيجة لزيادة الإشعاع الشمسي خاصة عند وصوله للذروة و ذلك مع الساعة 12:00 يوم 9 أكتوبر.

المنطقة الثانية: ورقلة

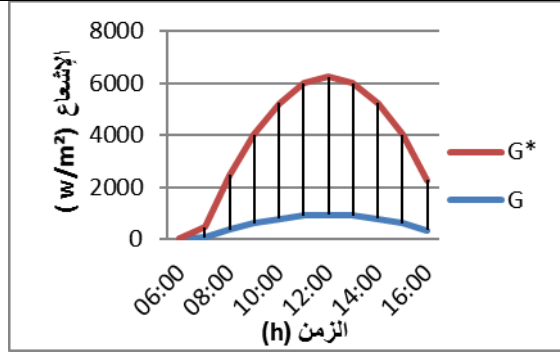
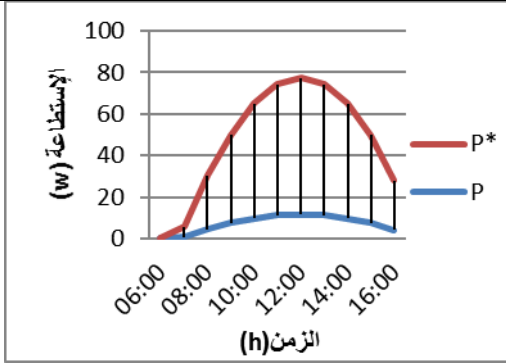


الشكل (10.IV): تحديد الموقع الجغرافي لمدينة ورقلة [40]

- في فصل الشتاء يوم 07 جانفي تحصلنا على النتائج التالية:

الجدول (7.IV): تغيرات تركيز الإشعاع الشمسي والإستطاعة للوح في منطقة ورقلة يوم 07 جانفي

Heure	G	η moy	C	G*	Sab	P	P*
6h00	0	0,1352	42,1	0	0,0918	0	0
7h00	67	0,1352	42,1	381,3586	0,0918	0,831561	4,733179
8h00	366	0,1352	42,1	2083,243	0,0918	4,542558	25,85588
9h00	600	0,1352	42,1	3415,152	0,0918	7,446816	42,38668
10h00	781	0,1352	42,1	4445,39	0,0918	9,693272	55,17333
11h00	894	0,1352	42,1	5088,576	0,0918	11,09576	63,15615
12h00	933	0,1352	42,1	5310,561	0,0918	11,5798	65,91129
13h00	894	0,1352	42,1	5088,576	0,0918	11,09576	63,15615
14h00	781	0,1352	42,1	4445,39	0,0918	9,693272	55,17333
15h00	600	0,1352	42,1	3415,152	0,0918	7,446816	42,38668
16h00	336	0,1352	42,1	1912,485	0,0918	4,170217	23,73654



الشكل (12.IV): منحنى تغيرات الإستطاعة والإستطاعة

المركزة بدلالة الزمن يوم 7 جانفي ورقلة

الشكل (11.IV): منحنى تغيرات الإشعاع الشمسي

والإشعاع المركز للوح بدلالة الزمن يوم 7 جانفي ورقلة

الملاحظة:

- نلاحظ أن عند الساعة 6:00 كانت قيمة الإشعاع المباشر الغير مركز 0 ثم بدأت في تزايد إلى أن وصلت لقيمة أعظمية 933 w/m^2 عند الساعة 12:00 أي قيمة الذروة ثم بدأت في تناقص إلى أن وصلت w/m^2 336 على الساعة 16:00.

- أما بالنسبة لقيمة الإشعاع الشمسي المركز فقد لاحظنا عند الساعة 6:00 هو أيضا كان منعدم ثم بدأ في تزايد إلى أن وصلت قيمته إلى $5310,561 \text{ w/m}^2$ عند الساعة 12:00 و تمثل الذروة ثم بدأت هي كذلك بالتناقص إلى أن وصلت $1912,485 \text{ w/m}^2$ عند الساعة 16:00 .

- نلاحظ أن عند الساعة 6:00 كانت قيمة الإستطاعة 0 ثم بدأت في تزايد إلى أن وصلت لقيمة أعظمية $11,5798 \text{ w}$ عند الساعة 12:00 أي قيمة الذروة ثم بدأت في تناقص إلى أن وصلت $4,17021 \text{ w}$ على الساعة 16:00.

- أما بالنسبة لقيمة الإستطاعة المركزة فقد لاحظنا عند الساعة 6:00 هو أيضا كانت منعدمة ثم بدأت في تزايد إلى أن وصلت قيمتها إلى $65,91129 \text{ w}$ عند الساعة 12:00 و تمثل الذروة ثم بدأت هي كذلك بالتناقص إلى أن وصلت $23,73654 \text{ w}$ عند الساعة 16:00.

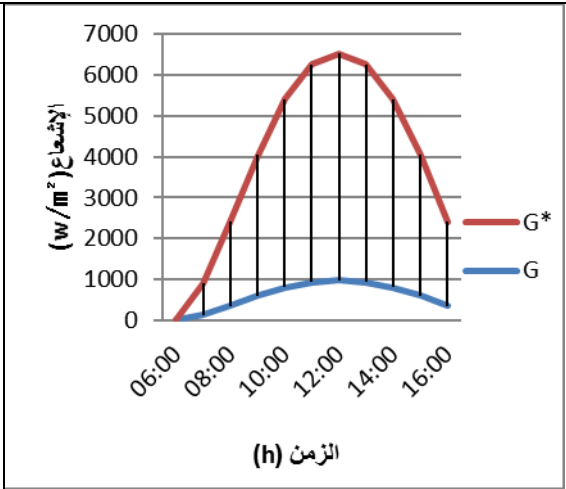
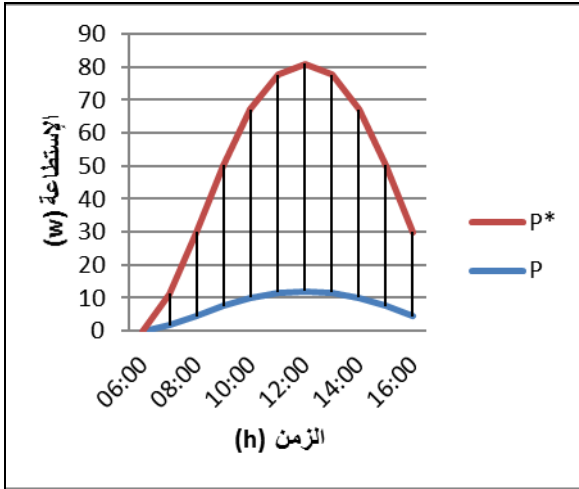
التفسير:

نفسر زيادة الإستطاعة المركزة والإشعاع الشمسي المركز نتيجة لزيادة الإشعاع الشمسي خاصة عند وصوله للذروة و ذلك مع الساعة 12:00 يوم 7 جانفي.

- في فصل الربيع 08 مارس تحصلنا على النتائج التالية:

الجدول (8.IV): تغيرات تركيز الإشعاع الشمسي والإستطاعة للوح في منطقة ورقلة يوم 08 مارس

Heure	G	η moy	C	G*	Sab	P	P*
6h00	0	0,1352	42,1	0	0,0918	0	0
7h00	135	0,1352	42,1	768,4092	0,0918	1,675534	9,537003
8h00	361	0,1352	42,1	2054,783	0,0918	4,480501	25,50265
9h00	605	0,1352	42,1	3443,612	0,0918	7,508873	42,7399
10h00	808	0,1352	42,1	4599,071	0,0918	10,02838	57,08073
11h00	935	0,1352	42,1	5321,945	0,0918	11,60462	66,05258
12h00	976	0,1352	42,1	5555,314	0,0918	12,11349	68,949
13h00	935	0,1352	42,1	5321,945	0,0918	11,60462	66,05258
14h00	808	0,1352	42,1	4599,071	0,0918	10,02838	57,08073
15h00	605	0,1352	42,1	3443,612	0,0918	7,508873	42,7399
16h00	361	0,1352	42,1	2054,783	0,0918	4,480501	25,50265



الشكل (14.IV): منحنى تغيرات الإستطاعة والإستطاعة

المركزة بدلالة الزمن يوم 8 مارس ورقلة

الشكل (13.IV): منحنى تغيرات الإشعاع الشمسي

والإشعاع المركز بدلالة الزمن يوم 8 مارس ورقلة

الملاحظة:

-نلاحظ أن عند الساعة 6:00 كانت قيمة الإشعاع المباشر الغير مركز 0 ثم بدأت في تزايد إلى أن وصلت لقيمة أعظمية 976 w/m^2 عند الساعة 13:00 أي قيمة الذروة ثم بدأت في تناقص إلى أن وصلت 361 w/m^2 على الساعة 16:00.

-أما بالنسبة لقيمة الإشعاع الشمسي المركز فقد لاحظنا عند الساعة 6:00 هو أيضا كان منعدم ثم بدأ في تزايد إلى أن وصلت قيمته إلى $5555,314 \text{ w/m}^2$ عند الساعة 13:00 و تمثل الذروة ثم بدأت هي كذلك بالتناقص لتصل إلى $2054,783 \text{ w/m}^2$ عند الساعة 16:00.

-نلاحظ أن عند الساعة 6:00 كانت قيمة الإستطاعة 0 ثم بدأت في تزايد لتصل إلى لقيمة أعظمية $12,11349 \text{ w}$ عند الساعة 13:00 أي قيمة الذروة ثم بدأت في تناقص لتصل إلى $4,480501 \text{ w}$ على الساعة 16:00.

-أما بالنسبة لقيمة الإستطاعة المركزة فقد لاحظنا عند الساعة 6:00 هو أيضا كانت منعدمة ثم بدأت في تزايد لتصل قيمتها إلى $68,949 \text{ w}$ عند الساعة 13:00 و تمثل الذروة ثم بدأت هي كذلك بالتناقص لتصل إلى $25,50265 \text{ w}$ عند الساعة 16:00.

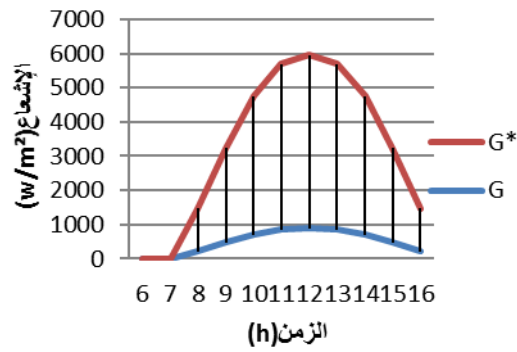
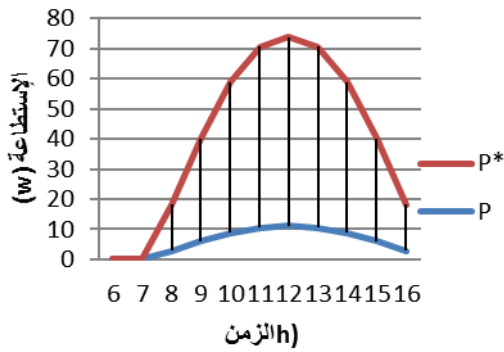
التفسير:

نفسر زيادة الإستطاعة المركزة و الإشعاع المركز نتيجة لزيادة الإشعاع الشمسي خاصة عند وصوله للذروة و ذلك مع الساعة 13:00 يوم 8 مارس.

- في فصل الصيف 12 جوان تحصلنا على النتائج التالية:

الجدول (9.IV): تغيرات تركيز الإشعاع الشمسي والإستطاعة للوح في منطقة ورقلة يوم 12 جوان

Heure	G	η moy	C	G*	Sab	P	P*
6h00	0	0,1352	42,1	0	0,0918	0	0
7h00	0	0,1352	42,1	0	0,0918	0	0
8h00	219	0,1352	42,1	1246,53	0,0918	2,718088	15,47114
9h00	484	0,1352	42,1	2754,889	0,0918	6,007098	34,19192
10h00	710	0,1352	42,1	4041,263	0,0918	8,812066	50,15757
11h00	849	0,1352	42,1	4832,44	0,0918	10,53724	59,97715
12h00	889	0,1352	42,1	5060,117	0,0918	11,0337	62,80293
13h00	849	0,1352	42,1	4832,44	0,0918	10,53724	59,97715
14h00	710	0,1352	42,1	4041,263	0,0918	8,812066	50,15757
15h00	484	0,1352	42,1	2754,889	0,0918	6,007098	34,19192
16h00	219	0,1352	42,1	1246,53	0,0918	2,718088	15,47114



الشكل (16.IV): منحنى تغيرات الإستطاعة والإستطاعة المركزة بدلالة الزمن يوم 12 جوان ورقلة

الشكل (15.IV): منحنى تغيرات الإشعاع الشمسي والإشعاع المركز بدلالة الزمن يوم 12 جوان ورقلة

الملاحظة:

- نلاحظ أن عند الساعة 6:00 كانت قيمة الإشعاع المباشر الغير مركز 0 ثم بدأت في تزايد إلى أن وصلت لقيمة أعظمية 889 w/m^2 عند الساعة 12:00 أي قيمة الذروة ثم بدأت في تناقص إلى أن وصلت w/m^2 219 على الساعة 16:00.

- أما بالنسبة لقيمة الإشعاع الشمسي المركز فقد لاحظنا عند الساعة 6:00 هو أيضا كان منعدم ثم بدأ في تزايد إلى أن وصلت قيمته إلى $5060,117 \text{ w/m}^2$ عند الساعة 12:00 و تمثل الذروة ثم بدأت هي كذلك بالتناقص لتصل إلى $1246,53 \text{ w/m}^2$ عند الساعة 16:00 .

- نلاحظ أن عند الساعة 6:00 كانت قيمة الإستطاعة 0 ثم بدأت في تزايد إلى أن وصلت لقيمة أعظمية $11,0337 \text{ w}$ عند الساعة 12:00 أي قيمة الذروة ثم بدأت في تناقص إلى أن وصلت $2,718088 \text{ w}$ على الساعة 16:00.

- أما بالنسبة لقيمة الإستطاعة المركزة فقد لاحظنا عند الساعة 6:00 هو أيضا كانت منعدمة ثم بدأت في تزايد إلى أن وصلت قيمتها إلى $62,80293 \text{ w}$ عند الساعة 12:00 و تمثل الذروة ثم بدأت هي كذلك بالتناقص لتصل إلى $15,47114 \text{ w}$ عند الساعة 16:00.

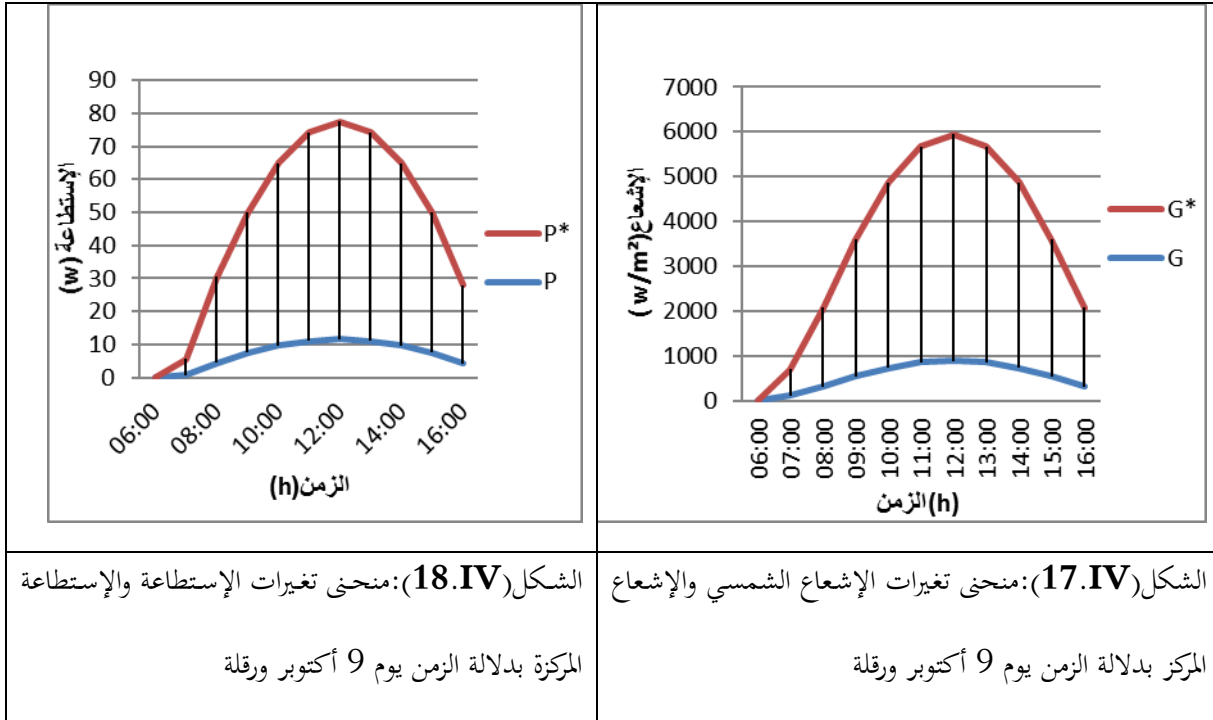
التفسير:

نفسر زيادة الإستطاعة المركزة والإشعاع الشمسي المركز نتيجة لزيادة الإشعاع الشمسي خاصة عند وصوله للذروة و ذلك مع الساعة 12:00 يوم 12 جوان.

- في فصل الخريف 09 أكتوبر تحصلنا على النتائج التالية:

الجدول (10.IV): جدول تغيرات تركيز الإشعاع الشمسي والإستطاعة في منطقة ورقلة يوم 09 أكتوبر

Heure	G	η_{moy}	C	G*	Sab	P	P*
6h00	0	0,1352	42,1	0	0,0918	0	0
7h00	105	0,1352	42,1	597,6516	0,0918	1,303193	7,417669
8h00	310	0,1352	42,1	1764,495	0,0918	3,847522	21,89979
9h00	536	0,1352	42,1	3050,869	0,0918	6,652489	37,86543
10h00	728	0,1352	42,1	4143,718	0,0918	9,03547	51,42917
11h00	848	0,1352	42,1	4826,748	0,0918	10,52483	59,90651
12h00	887	0,1352	42,1	5048,733	0,0918	11,00888	62,66164
13h00	848	0,1352	42,1	4826,748	0,0918	10,52483	59,90651
14h00	728	0,1352	42,1	4143,718	0,0918	9,03547	51,42917
15h00	536	0,1352	42,1	3050,869	0,0918	6,652489	37,86543
16h00	310	0,1352	42,1	1764,495	0,0918	3,847522	21,89979



الملاحظة:

- نلاحظ أن عند الساعة 6:00 كانت قيمة الإشعاع المباشر الغير مركز 0 ثم بدأت في تزايد إلى أن وصلت لقيمة أعظمية 887 w/m^2 عند الساعة 12:00 أي قيمة الذروة ثم بدأت في تناقص لتصل w/m^2 310 على الساعة 16:00.

- أما بالنسبة لقيمة الإشعاع الشمسي المركز فقد لاحظنا عند الساعة 6:00 هو أيضا كان منعدم ثم بدأ في تزايد لتصل قيمته إلى $5048,733 \text{ w/m}^2$ عند الساعة 12:00 و تمثل الذروة ثم بدأت هي كذلك بالتناقص لتصل إلى $1764,495 \text{ w/m}^2$ عند الساعة 16:00.

- نلاحظ أن عند الساعة 6:00 كانت قيمة الإستطاعة 0 ثم بدأت في تزايد إلى أن وصلت لقيمة أعظمية $11,00888 \text{ w}$ عند الساعة 12:00 أي قيمة الذروة ثم بدأت في تناقص إلى أن وصلت $3,847522 \text{ w}$ على الساعة 16:00.

- أما بالنسبة لقيمة الإستطاعة المركزة فقد لاحظنا عند الساعة 6:00 هو أيضا كانت منعدمة ثم بدأت في تزايد إلى أن وصلت قيمتها إلى $62,66164 \text{ w}$ عند الساعة 12:00 و تمثل الذروة ثم بدأت هي كذلك بالتناقص إلى أن وصلت $21,89979 \text{ w}$ عند الساعة 16:00.

التفسير:

نفسر زيادة الإستطاعة المركزة و الإشعاع الشمسي المركز للإشعاع نتيجة لزيادة الإشعاع الشمسي خاصة عند وصوله للذروة و ذلك مع الساعة 12:00 يوم 9 أكتوبر.

IV.2. الخاتمة:

في هذا الفصل توصلنا إلى حساب مردود القطع المكافئ لل PTC وكذلك حساب مردود الخلية الكهروضوئية والمردود المتوسط وحساب الإشعاع الشمسي والإشعاع الشمسي المركز وكذلك الإستطاعة والإستطاعة المركزة وذلك بإختيار منطقتين الجزائر وورقلة .



إن نقص المواد الأحفورية أوجب على الباحثين إيجاد طرق جديدة و وسائل بديلة عن هذه المواد الغير قابلة للتجدد لهذا و مع متطلبات العيش للإنسان وجد الباحثين عدة حلول في مجال الطاقات المتجددة و التي تعتبر الطاقة الأمثل خاصة من ناحية أنها غير مضرّة للبيئة فلهذا كما ذكرنا سابقا من بين الحلول في هذا المجال التي لا تزال تحت التطوير ألا و هي التهجين بين الخلايا الكهروضوئية و المركزات الشمسية و هذا ما تطرقنا له في بحثنا المتواضع هذا لمعرفة إيجابيات و سلبيات هذه الدراسة. لمعرفة إن كانت قابلة للتطبيق و إلى التعميم أم لا قصد إفادة المجتمع من مصدر جديد للطاقة و هذا أيضا بغية إيجاد حل إقتصادي و بديل يكون متجدد و غير منتهي.

دراسة مردود تجميع الخلايا الكهروضوئية و المركزات الشمسية هو موضوع دراستنا هذه حيث قمنا بإستبدال الأنبوب الماص للمركز الشمسي من نوع PTC بخلية كهروضوئية . كانت هذه الدراسة نظرية بالرغم من هذا إلا أننا إستعنا بدراسات تجريبية لتساعدنا على تأكيد نتائج المردود و إيجاد العلاقات الصحيحة لحسابه حيث قمنا بدراسته خلال الفصول الأربعة لولايتين أحدهما في الجنوب والأخرى في الشمال قصد زيادة معرفة الفرق بينهما من أجل التعميم في بعد إذ أثبتت صحة هذه الدراسة من حيث إيجابياتها . بفضل هذه الدراسة تمكنا من معرفة الذروة التي يصلها المردود في كل من المنطقتين بإستخدام الخلية الكهروضوئية ذات الإستطاعة 80W التي إستبدلناها بالأنبوب الماص ، بعد عملية الحساب وجدنا أن المردود الكهروضوئي η_p وكانت قيمته $\eta_p=13\%$ والمردود الحراري والتي كانت قيمته الأعظمية في منطقة ورقلة $\eta_{ptc}=50\%$ ، وحساب الإشعاع الشمسي المركز و الإستطاعة المركزة في كل من منطقتي الجزائر ووقلة . وذلك من أجل رفع كفاءة التحويل الكهروضوئي من جهة والتقليل من الضياعات الحرارية من جهة أخرى . وهذا من أجل الإستفادة من الطاقة الشمسية بواسطة الأنظمة الهجينة PV-CSP.

الخاتمة

ونوصي الباحثين بما يلي :

- ❖ القيام بالتتبع الشمسي من أجل الإستفادة من أقصى كمية للطاقة.
- ❖ القيام بدراسات من خلال تغيير مختلف المواد المناسبة.
- ❖ إستعمال المواعع النانوية من أجل تحسين المرود.

المراجع

المراجع

المراجع باللغة العربية:

[1] - سورة يونس الآية 05.

[2] - د.م. كاميليا يوسف محمد - كتاب الطاقة الكهروشمسية - الإسكندرية - جمهورية مصر العربية - أكتوبر

2016م

[3] - ستيفان .ك.و. كراو تر - كتاب توليد القدرة الكهربائية من الطاقة الشمسية - ترجمة الدكتور عبد الباسط

علي صالح الطبعة الأولى 2011م.

[4]- Michel Tissot-L énergie solaire-thermique et photovoltaïque-Achévé d
imprimé en France en juin 2008.

[5] - حقيية الخلايا الشمسية - المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم - تونس - 2000م.

[6]- Amara Karima- Contribution à l'étude de conception d'une centrale
photovoltaïque de puissance (1MW) interconnectée au réseau de distribution
électrique moyenne tension -Mémoire de Master - Université Mouloud
Mammeri De TIZI-OUZOU- 2014/2015.

[7]- Book Solar Energy Fundamentals – Technology –and Systems -2014.

[8] - د. أسامة العوني أحمد العاني - كتاب الخلايا الكهروضوئية.

[9] - د. رائد خضر سلمان الفهداوي - محاضرات في الطاقات المتجددة - قسم الفيزياء - جامعة الأنبار

العراق 2015-2016م.

قائمة المراجع

[10]- د . سمير سعدون مصطفى - د . بلال عبد الله ناصر - أ . محمود خضر سليمان - كتاب الطاقة

البديلة مصادرها وإستخداماتها - دار اليازوريا العلمية للنشر والتوزيع - الأردن -2011م.

[11]- تجاني بوثينة- نصير هيفة- دراسة المركز الشمسي ذي القطع المكافئ- مذكرة ماستر أكاديمي- جامعة

حمة لخضر الوادي 2017م.

[12]- م. محمد بن يسلم محفوظ - الإشعاع الشمسي - العلوم التقنية- ربيع الثاني 1416 هـ- العدد الرابع

والثلاثون.

[13]- Gueymard.C.2004 - The sun 's total and spectral irradiance for solar energy applications and solar radiation models - solar energy. 76.(4). pp. 453.42

[14]- capdrou. M.1987 .Atlas solaire de l'Algérie - modèles Théoriques et Expérimentaux .volume 1 -Tome 2 -Office des publications universitaires- Algérie.

[15]- علجية حسونة - دراسة وتحليل التبريد الشمسية بالإمتياز - مذكرة ماستر أكاديمي - جامعة حمة لخضر

الوادي 2019م.

[16]- سلمى سميحة - عوينات نور الهدى - دراسة كفاءة الليزر الشمسي بواسطة الضخ عند الطرف ل Nd

: YAG - مذكرة ماستر أكاديمي جامعة الوادي 2018م.

[17] - سوداني محمد البار - تحقيق عملي لمركز الشمسي أسطوانى مكافئ ذي غطاء زجاجي مذكرة دكتوراه-

جامعة قاصدي مرباح ورقلة 2018م.

قائمة المراجع

[18]- شبعوات أحلام - فارسي إيمان - الحساب النظري و العلمي لزوايا الميل المثلى للمرايا المسطحة في المركزات الشمسية الكهروضوئية بمنطقة ورقلة -مذكرة ماستر أكاديمي تخصص فيزياء طاوقية - جامعة قاصدي مرياح ورقلة - 2019م.

[19]- د. صلح عبد الرحمان العدل-الطاقة الشمسية -العلوم التقنية - سبتمبر 1995 -العدد الرابع و الثلاثون .

[20] - م.محمود العجمي - المركزات الشمسية -العلوم التقنية -ربيع الثاني1416هـ -العدد الرابع و الثلاثون.

[21]- سعود فتيحة -الشارف عفاف- إنتاج الليزر بالطاقة الشمسية بواسطة المركزات الشمسية -مذكرة ماستر أكاديمي تخصص فيزياء إشعاعية - جامعة قاصدي مرياح ورقلة 2018م.

[22]- د. مهندس محمد مصطفى محمد الخياط - محطات مركزات الطاقة الشمسية - مجلة الكهرباء العربية - العدد 99 يناير 2010م.

[23]- TABET ISMAIL - Etude Réalisation et simulation d'un capture solaire-
thèse doctoraten sciences en physique spécialité physique énar.

[24]- بن عبد الله نجاح - طقيع سامية - المساهمة في تعميم المركزات الشمسية الكهروضوئية الحوضية عبر كامل الولايات الجزائرية- جامعة قاصدي مرياح ورقلة 2019م.

[25]- Boer KW. Tamm G- Solar conversion under consideration of energy and entropy- Sol Energy 2003.

[26]- Wolf M. Performance analysis of combined heating and photovoltaic power systems for residences- Energy Convers 1976.

[27]- Posnansky M. Gnos S. Coonen S. The importance of hybrid PV-building integration. First World Conference on Photovoltaic Energy Conversion Hawaii-

USA-5–9 December 1994.

[28]- Posnansky M. Hochreutener. H. Gnos S. Building integrated photovoltaic systems: examples of realized PV-roof and PV-façade power plants with specially conceived PV-modules for building integration. 11th European Photovoltaic Solar Energy Conference. Montreux- Switzerland. 12–16 October 1992.

[29]-Tripanagnostopoulos Y. Nousia Th. Souliotis M. et al- Hybrid photovoltaic/thermal- solar Sol Energy 2002.72:217–34.

[30]- Tonui JK. Tripanagnostopoulos Y. Improved PV/T solar collectors with heat extraction by forced or natural air circulation. Renew Energy 2007.32:623–37.

[31]- Kern EC. Russell MC. Combined photovoltaic and thermal hybrid collector systems. 13th IEEE Photovoltaic Specialists Conference. Washington DC- USA- 5–8 June 1978.

[32]- Hendrie SD. Evaluation of combined photovoltaic/thermal collectors. ISES Solar World Congress- Atlanta- USA- 28 May–1 Juéne 1979.

[33] -Florschuetz LW. Extension of the Hottel-Whillier model to the analysis of combined photovoltaic / thermal flat plate collectors. Sol Energy 1979:22:361–6.

[34]- Zondag HA. de Vries DW. van Helden. WGJ, et al. The yield of different combined PV thermal collector designs. Sol Energy 2003:74:253-69.

[35]- Dr.Djamel Benmenine.Solaire thermique et application-Energies renouvelables en mécanique.

قائمة المراجع

[36]- سماحي سهيلة - فعالية أداء الخلايا الشمسية الكهروضوئية في ورقلة و تأثير شدة الإشعاع الشمسي و

العوامل المناخية عليها - مذكرة لنيل شهادة الماستر في فيزياء الإشعاعات و بصريات إلكترونية . جامعة ورقلة

.2016

[37]- د.مهندس .كاميليا يوسف محمد- كتاب الطاقة الكهروشمسية- جمهورية مصر العربية -وزارة الكهرباء

والطاقة المتجددة.

[38]- جعرون فاطمة . جوغي إكرام- تغذية منزل عن طريق لوح شمسي فوتوضوئي - مذكرة لنيل شهادة الماستر

في فيزياء الطاقة والطاقات المتجددة . جامعة ورقلة 2018.

[39]-Haffar Abdelouahed- Amghar Massiv- Etude de la performance d'un
concentrateur cylindro –parabolique en vue de son utilisation dans procédé de
séchage-Université ouargla2019.

[40] - برنامج Data.Cder.dz

المخلص:

تعتبر الطاقة الشمسية من أهم الطاقات المتجددة والتي يمكن إستغلالها من خلال التحويل الكهروضوئي لإنتاج الكهرباء مباشرة أو التحويل الحراري لإستغلاله في مختلف المجالات ، ومن أجل التقليل من الضياعات الحرارية من جهة ، ورفع كفاءة التحويل الكهروضوئي من جهة ثانية ، فإننا نلجأ إلى الأنظمة الهجينة الكهروضوئية- الحرارية -PV CSP لما لها من إيجابيات للإستفادة من الطاقة الضائعة. ولذلك قمنا في هذه الدراسة النظرية لإستعمال نظام هجين يتكون من الخلايا الكهروضوئية والمركزات الشمسية من نوع PTC في منطقة ورقلة حيث تحصلنا على مردود كهروضوئي $\eta_p=13\%$ والمردود الحراري لل PTC كانت قيمته الأعظمية $\eta_{ptc}=52\%$.

الكلمات المفتاحية: الإشعاع الشمسي – مركزات القطع المكافئ – الخلايا الكهروضوئية

Summary:

Solar energy is one of the most important renewable energies that can be exploited through photoelectric conversion to produce electricity directly or thermal conversion to exploit it in various fields. -PV-CSP because of its advantages to take advantage of wasted energy. Therefore, in this theoretical study, we used a hybrid system consisting of photovoltaic cells and PTC solar concentrators in the region of Ouargla, where we obtained a photoelectric yield $\eta_p=13\%$ and the thermal yield of PTC was the maximum value of $\eta_{ptc}=52\%$.

Keywords: solar radiation - parabola concentrators - photovoltaics