

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

إهداء

الحمد لله حبا وشكرا وإمتنانا على البدء والختام " وآخر دعواهم أن الحمد لله ربي العالمين "

أرى مرحلتي الدراسية التي شارقت على الإنتهاء، بالفعل بعد تعبي ومشقة دامت سنين في سبيل الحلم والعلم حملت في طياتها وأمنيات الليالي، أصبحت عتبة تخرجي وأرفع قبعتي بكل فخر، فاللهم لك حمد قبل أن ترضى ولك الحمد إذا رضيت ولك الحمد بعد الرضا، لأنك وفققتني على اتمام هذا النجاح .

أهدي ثمرة نجاحي إلى من قال فيهما (وقضى ربك ألا تعبد إلا إياه وبالوالدين إحسانا)

إلى الذي زين إسمي بأجمل لألقاب ومن دعمني بلا حدود وإلى من كلل العرق جبينه وعلمي أن الدنيا كفاح وسلاحها العلم والمعرفة وعلمي أن النجاح لا يأتي إلا بصبر والإصرار.

لبي الغالي

أهدي رسالتي إلى من حاكت سعادتي بخيوط منسوجة من قلبها من أبصرت بها طريق نجاحي واستمدت منها قوتي واعتزازي بذاتي إلى الكفاح الذي لا يتوقف، الشاخصة التي علمتني معنى الإصرار.

لبي الغالية

إلى من زقت بهم سندا إخوتي "محمد الرياض، بدر الدين، حمزة، عبد الستار"، وأخواتي الغاليات "هجرية، رانيا، ماريا، مريم" إلى كل من ذكرهم القلب ولم يكتبهم القلم

وأخيرا من قال أنا لها نالها فأنا لها و إن أبت رغما عنها أتبت بها فالحمد لله الذي تيقنت به خيرا و أملا إلا وأغرقتي سرورا وفرحا ينسييني مشقت تعبي .

إسراء

الإهداء

ما سلكنا البدايات إلا بتوفيقه وما بلغنا النهايات إلا بتوفيقه وما حققنا الغايات إلا بفضلته فألف حمد وألف شكر لله إلى من كلل العرق جبينه وعلمي أن النجاح لا يأتي إلا بالصبر والكفاح والإصرار إلى النور الذي أثار دري والسراج الذي لا ينطفئ نوره بقلبي أبد من بذل الغالي والنفيس واستمدت منه قوتي واعتزازي بذاتي

والذي العزيز

إلى من أوصاني الرحمان برا بما الى من جعل الجنة تحت أقدامها وسهلت لي الشدائد بدعائها إلى الإنسانية العظيمة التي لطالما تمت أن تقر عينها لرؤيتي في يوما كهذا

أمي العزيزة

إلى من غمره التراب وبات في قبره وحيدا الى من رحل من الدنيا ولم يرحل من أذهاننا مهما كتبت لك من عبارات التخرج لم أجد لك أصدق من الدعاء رحمك الله واسكنك فسيح جناته

أخي الغالي

إلى الضلع الثابت وأماي أيامي إلى من شددت عضدي بجم فكانوا لي ينابيع أرزوي منها إلى خيرة أيامي وصفوتها

إخواني وأخواتي الغالين وجميع عائلتي

إلى كل من رافقني في هذه المسيرة الدراسية من بدايتها لنهايتها صديقاتي الحبيبات

إلى كل أساتذتي طيلة مشواري الدراسي من الابتدائي الى الجامعة

إلى كل من ذكرهم القلب ولم يكتبهم القلم

لكل من كان عوناً وسندا في هذا الطريق للأصدقاء الأوفياء ورفقاء السنين لأصحاب الشدائد والأزمات إلى من أفاضني بمشاعره ونصائحه المخلصة إليكم عائلتي أهديكم هذا الإنجاز وثمره نجاحه التي لطالما ما تمنيت لها أنا اليوم أكملت وأتممت أول ثماراته بفضلته سبحانه وتعالى فالحمد لله علي ما وهبني وأن يجعلني مباركا وأن يعينني أينما كنت فمن قال أنا لها نالها فأنا لها وإن أبت رغبما عنها أتيت بها فالحمد لله شكرا وحبا وامتنانا عالبدء والختام وآخر دعواهم أن الحمد لله رب العالمين

أميمة

شكر والعرفان

الحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على أشرف المرسلين سيدنا محمد المبعوث رحمة للعالمين ومنار هداية ودليل رشاد للناس أجمعين.

الشكر والفضل لله الذي أعاننا ووقفنا إلى إتمام هذه المذكرة، ثم إلى الوالدين الكريمين وكل أفراد العائلة.

كما نتقدم بالشكر الجزيل للأستاذ المشرف على هذه المذكرة "رايح بوحنان" على كل المساعدات والنصائح القيمة الثمينة المقدمة لنا.

كما نشكر أعضاء لجنة المناقشة "الأستاذ معرف ياسين" و "بالحاج محمد مصطفى" على قبولهم ومراجعة

هذا العمل وتصويبه.

كما نتوجه بأعمق وأسمى عبارات الشكر إلى أساتذتنا الكرام الذين أشرفوا على تكويننا والذين ساهموا في تأطير وتخرج

دفعتنا وإلى كل زملاء الدفعة فزياء طاقوية .

أخيرا أشكر كل من ساهم من قريب أو بعيد في إنجاز هذا العمل، وأدعوا الله أن يجعل هذا الجهد خالصا لوجهه الكريم، وأن يوفقنا جميعا لما فيه الخير والصالح.

	إهداء	
	شكر و عرفان	
	جدول الرموز	
	جدول الأشكال	
	جدول الجداول	
	جدول المنحنيات	
3-2	المقدمة العامة	
الفصل الأول: دراسة نظرية للخلايا الكهروضوئية		
5	مقدمة	
5	نشأة الخلايا الكهروضوئية	1 - 1
8	تعريف الخلايا الكهروضوئية	2-1
8	كيفية صنع الخلايا الكهروضوئية	3 - 1
9	مبدأ عمل الخلايا الكهروضوئية	4-1
10	مكونات الخلية الكهروضوئية	5-1
11	أنواع الخلايا الكهروضوئية	6-1
11	الخلايا السيليكونية	1- 6-1
11	الخلايا الشريطية	2-6-1
12	الخلايا العضوية	3- 6-1
13	الضاهرة الكهروضوئية	7-1
13	إيجابيات وسلبيات الخلايا الكهروضوئية	8-1
13	أشباه الموصلات	9-1
13	أشباه موصلات نقية	1- 9-1

14	مواد شبه موصلة غير نقية	2-9-1
14	أشباه موصلات سالبة نوع n	1-2-9-1
15	أشباه موصلات موجبة نوع p	2-2-9-1
15	مبدأ العمل	10 -1
16	الألواح الشمسية	11 -1
16	مفهوم اللوح الشمسي	1-11-1
17	الدارة المكافئة للخلية الكهروضوئية:	12 -1
18	الخصائص الكهربائية للخلية الكهروضوئية	13 -1
19	كيفية ربط الخلايا الكهروضوئية	15-1
20	كفاءة تحويل طاقة الخلية الكهروضوئية	16-1
22	الخاتمة	

الفصل الثاني: الإشعاع الشمسي والمركبات الشمسية

26	تمهيد	
26	الإشعاع الشمسي	1-2
26	طيف الإشعاع الشمسي	2-2
27	ثابت الإشعاع الشمسي	3-2
27	أنواع الإشعاع الشمسي	4-2
27	الإشعاع الشمسي المباشر	1-4-1
27	الإشعاع الشمسي المنتشر	2 -4-2
27	الإشعاع الشمسي الكلي	3 -4-2
27	أهم الزوايا الشمسية	5-2
27	زاوية الانحراف الشمسي	1-5-2
28	زاوية الساعة الساعية	2-5-2

28	زاوية الإرتفاع	3-5-2
28	استخدامات الطاقة الشمسية	6-2
28	استخدامات حرارية	1-6-2
28	استخدامات كهربائية	2-6-2
29	المركزات الشمسية	7-2
29	أنواع المركزات	8-2
29	مركزات بؤرة النقطية	1-8-2
31	مركزات البؤرة الخطية	2-8-2
31	المركز قطع مكافئ الأسطواني	9-2
31	مكوناته	1-9-2
32	العاكس	1-1-9-2
32	العنصر الجامع للحرارة (HCE)	2-1-9-2
32	المائع الناقل للحرارة (HTF)	3-1-9-2
32	هندسة ال PTC	10-2
33	معادلة الشكل	1-10-2
33	البعد البؤري f	2-10-2
34	مساحة الفتحة A_{ap}	3-10-2
34	التركيز الهندسي	4-10-2
34	المردود الضوئي η_{op}	11-2
34	أنظمة تتبع المركز الأسطواني القطع مكافئ	12-2
35	التتبع الشمسي بمحورين دوران	1-12-2
35	التتبع الشمسي بمحور دوران واحد	2_12-2
36	حالة عدم التتبع (تثبيت اللاقط الشمسي)	3_12-2

37	النمدجة الحرارية:	13-2
37	الحرارة المفيدة Q_u	1-13-2
37	الإشعاع الشمسي المعترض Q_s	2-13-2
37	الكفاءة الحرارية η_{th}	3-13-2
37	معادلات الموازنة الحرارية	14 -2
38	معادلة موازنة الطاقة للأنبوب الماص	1-14-2
38	معادلة موازنة الطاقة المائع	2-14-2
39	معادلة موازنة الصرف الزجاجي	3-14-2
40	التخزين الحراري	15-2
40	التخزين على شكل حرارة محسوسة (Sensitive Heat)	1-15-2
40	تخزين على شكل حرارة (Latent Heat)	2-15-2
40	تخزين الكيميائي للحرارة (chemical Heat)	3-15-2
41	الخاتمة	

الفصل الثالث: الدراسة التجريبية للمركز لأسطواني قطع مكافئ

46	المقدمة	
46	وصف منطقة التجربة	1-3
46	الأجهزة والأدوات المستعملة خلال هذه التجربة	2-3
47	المقادير المحسوبة خلال التجربة	3-3
47	وصف المركز الشمسي الأسطواني القطع مكافئ	4-3
48	خصائص اللوح الكهروضوئي المصغر	5-3
49	مراحل التجربة	6-3
51	النتائج المحصل عليها من القياسات	7-3
63	الخاتمة	

جدول الرموز

الوحدة	المقدار الفيزيائي	الرمز
A	التيار الضوئي الناتج من الخلية الكهروضوئية	I_{Ph}
A	تيار الدايمود	I_D
V	جهد الدايمود	U_D
Ω	مقاومة توازي	R_P
Ω	مقاومة توازي	R_S
A	تيار الخلية الكهروضوئية	I_{SG}
V	جهد الخلية الكهروضوئية	U_{SG}
Ω	مقاومة الحمل	R_L
A	تيار مقاومة الحمل	I_L
V	جهد مقاومة الحمل	U_L
V	جهد الدارة المفتوحة	V_{CO}
A	تيار الدارة المغلقة	I_{CC}
W	نقطة القدرة القصوى	P_{max}
/	معامل الشكل	FF
/	كفاءة الخلية	η
W/m ²	شدة الإشعاع الشمسي	H
°C	حرارة الخلية	T
/	كتلة الهواء	A_m
m ²	سطح الخلية	S
V	مجموع الجهد في دارة مفتوحة لعدد من الخلايا المربوطة التسلسل على	V_{CONS}
/	عدد الخلايا المربوطة على التسلسل	N_S
A	التيار في دارة مغلقة لعدد من الخلايا المتسلسلة	I_{CC}
/	عدد الخلايا المربوطة على التفرع	N_P
V	جهد الدارة المفتوحة لعدد من الخلايا المربوطة على التفرع	V_{CONP}
W/m ²	مدخل إشعاع الضوء	E
m ²	مساحة سطح الخلية الشمسية	A_C
μm	الطول الموجي	λ
°	زاوية الانحراف الشمسي	δ
/	رقم اليوم في السنة	N_J
°	الزاوية الساعية	ω
h	التوقيت الشمسي الحقيقي	TSV
°	زاوية الارتفاع	h
°	زاوية العرض للمنطقة	φ
m	الطول	L

m	عرض الفتحة	W
m	البعد اليوري	F
m	الإرتفاع	H
m	إرتفاع حافة العاكس	h_C
°	الزاوية المحصورة بين محور التراتيب ومحور تناظر المنحني	Q_r
m ²	مساحة الفتحة	A_{aP}
m ²	المساحة الخارجية لأنبوب السطح الماص	A_{ro}
/	التركيز الهندسي	CR
/	المردود الضوئي	η_{OP}
°	زاوية السقوط	θ
° c	الحرارة المفيدة	φ_U
W/m ²	الإشعاع الشمسي المعترض	φ_S
/	الكفاءة الحرارية	η_{th}
/	التدفق الحراري المخزن	Φ_{st}
/	التدفق الحراري الخارجي	Φ_S
/	التدفق الحراري الداخلي	Φ_e
/	التدفق الحراري المتوالد	Φ_g
m ²	مساحة مقطع جدار الأنبوب الماص	A_r
w/m ² .k	معامل إنتقال الحرارة بالإشعاع بين الأنبوب الماص والضرف الزجاجي	h_{rad}
m ²	مساحة مقطع الأنبوب الماص	A_F
w/m.k	معامل إنتقال الحرارة بين الأنبوب الماص والمائع HTf	h_{conv}
m ²	مساحة التبادل بين الأنبوب الماص والمائع HTf	A_{rint}
/	سريان رقائقي	Re_D
	معامل الإحتكاك	C_F
m ²	مساحة مقطع جدار الضرف الزجاجي Ae	A_e
° C	درجة حرارة السماء	T_C
° C	درجة حرارة الجو المحيط	T_a
° C	درجة حرارة الجو المحيط القصوى	T_{aMAX}
° C	درجة حرارة الجو المحيط الدنيا	T_{aMIN}
s	التوقيت المحلي معبر عنه بالساعات	t

جدول الأشكال

الصفحة	عنوانه	الشكل
6	صورة لأرشيميدس ومنظر لكيف أحرق سفن العدو	الشكل (1-1)
6	التجربة الأولى للعالم Augustin Mouchot	الشكل (2-1)
6	الخلايا الشمسية الأولى المصنوعة من السيليونيوم والمخترع الأمريكي تشارلز فريتس	الشكل (3-1)
7	ألبرت اينشتاين	الشكل (4-1)
7	صور تاريخية من أول محطة لتوليد الطاقة الشمسية المركزة في العالم بالمعادي -مصر	الشكل (5-1)
7	(1954) صور تاريخية لمعمل بيل بالولايات المتحدة الأمريكية	الشكل (6-1)
9	مبدأ عمل خلية كهروضوئية	الشكل (7-1)
10	مكونات الخلية الكهروضوئية	الشكل (8-1)
11	أنواع الخلايا السليكونية	الشكل (9-1)
12	الخلايا الشريطية	الشكل (10-1)
12	الخلايا العضوية	الشكل (11-1)
13	التوصيل في الشبه الموصل	الشكل (12-1)
14	للشبه الموصل -typeN النوع السالب	الشكل (13-1)
15	للشبه الموصل P-type لنوع الموجب	الشكل (14-1)
15	الحاملات الأغلبية والحاملات الأقلية	الشكل (15-1)
16	مكونات اللوحة الشمسية	الشكل (16-1)
16	خلية شمسية لوح شمسي مصفوفة الألواح الشمسية	الشكل (17-1)
17	الدائرة المكافئة للخلية الكهروضوئية	الشكل (18-1)
19	رسم يمثل تجميع الخلايا على التسلسل	الشكل (19-1)
20	رسم يمثل تجميع الخلايا على التفرع	الشكل (20-1)
20	رسم يمثل تجميع الخلايا على التسلسل وعلى التفرع	الشكل (21-1)
27	يوضح أنواع الإشعاع الشمسي	الشكل (1-2)
29	مخطط إستخدامات الطاقة الشمسية	الشكل (2-2)
30	مركزات البرج الشمسي	الشكل (3-2)
30	نظام صحن قطع مكافئ	الشكل (4-2)
31	نظام عاكس فريزل الخطي	الشكل (5-2)
31	المجمع الشمسي الأسطواني القطع مكافئ	الشكل (6-2)
32	مخطط ال PTC	الشكل (7-2)
33	زاوية الحافة وزاوية القبول ل PTC	الشكل (8-2)
35	تتبع شمسي (شرق - غرب) لمركز قطع مكافئ أسطواني	الشكل (9-2)
36	تتبع شمسي شمال - جنوب لمركز قطع مكافئ أسطواني	الشكل (10-2)
36	تتبع شمسي شرق - غرب قطبي لمركز قطع مكافئ أسطواني	الشكل (11-2)
47	الأجهزة والوسائل المستعملة	الشكل (1-3)
48	صورة لنموذج المركز الشمسي الأسطواني قطع مكافئ	الشكل (2-3)

48	صورة اللوح كهروضمسي مصغر وخصائصه	الشكل (3-3)
49	توصيل لوح كهروضمسي مصغر بجهاز الفولط والاميير متر	الشكل (4-3)
49	الدارة الكهربائية المكافئة لهذه الخلية	الشكل (5-3)
54	أربعة ألواح كهروضمسية مربوطة على التسلسل	الشكل (6-3)
56	أربعة ألواح كهروضمسية مربوطة على التوازي	الشكل (7-3)

جدول الجداول

الصفحة	العنوان	الجدول
13	يمثل إيجابيات وسلبيات الخلايا الكهروضوئية	الجدول (1-12)
26	الإشعاع الشمسي الواصل إلى سطح الأرض	الجدول (1-2)
48	يوضح المقادير العددية ل PTC المنجز	الجدول (1-3)
49	يوضح خصائص اللوح الكهروضوئي المصغر.	الجدول (2-3)
51	تغيرات التيار و الجهد و الإستطاعة لخلية واحدة.	الجدول (3-3)
53	تغيرات التيار و الجهد و الإستطاعة لخليتين مربوطين على التسلسل	الجدول (3-4)
54	تغيرات التيار و الجهد و الإستطاعة لأربعة خلايا مربوطة على التسلسل.	الجدول (3-5)
55	تغيرات التيار و الجهد و الإستطاعة لخليتين مربوطين على التوازي.	الجدول (3-6)
57	تغيرات التيار و الجهد و الإستطاعة لأربعة خلايا مربوطة على التوازي.	الجدول (3-7)
58	توصيل الألواح على التسلسل وعلى التفرع داخل مركز أسطواني قطع مكافئ.	الجدول (3-8)
58	توصيل الألواح على التسلسل والتفرع داخل مركز أسطواني قطع مكافئ.	الجدول (3-9)

جدول المنحنيات

50	خصائص الجهد والتيار لخلية سيليكونية وبين نقطة القدرة العظمى (MPP).	منحنى (1-3)
50	يوضح الخاصية المثالية للألواح الشمسية المربوطة على التسلسل.	منحنى (2-3)
51	يوضح الخاصية المثالية للألواح الشمسية المربوطة على التفرع.	منحنى (3-3)
52	تغيرات التيار بدلالة الجهد لخلية واحدة.	منحنى (4-3)
52	تغيرات الإستطاعة بدلالة الجهد لخلية واحدة.	منحنى (5-3)
52	تغيرات التيار و الإستطاعة بدلالة الجهد لخلية واحدة.	منحنى (6-3)
53	تغيرات التيار بدلالة الجهد لخليتين مربوطين على التسلسل.	منحنى (7-3)
53	تغيرات الإستطاعة بدلالة الجهد لخليتين مربوطين على التسلسل.	منحنى (8-3)
54	تغيرات التيار و الإستطاعة بدلالة الجهد مربوطين على التسلسل	منحنى (9-3)
55	تغيرات التيار بدلالة الجهد لأربعة خلايا مربوطة على التسلسل.	منحنى (10-3)
55	تغيرات الإستطاعة بدلالة الجهد لأربعة خلايا مربوطين على التسلسل.	منحنى (11-3)
56	تغيرات التيار بدلالة الجهد لخليتين مربوطين على التوازي .	منحنى (12-3)
56	تغيرات الإستطاعة بدلالة الجهد لخليتين مربوطين على التوازي .	منحنى (13-3)
57	تغيرات التيار بدلالة الجهد لأربعة خلايا مربوطة على التوازي .	منحنى (14-3)
57	تغيرات الإستطاعة بدلالة الجهد لأربعة خلايا مربوطة على التوازي	منحنى (15-3)

المقدمة العامة

قال تعالى(تبارك الذي جعل في السماء بروجا وجعل فيها سراجا و قمرا منيرا)[الفرقان -16]

وقال أيضا (وسخر لكم الشمس والقمر دائبين وسخر لكم الليل والنهار وأتاكم من كل ما سألتموه وإن تعدوا نعمة الله لا تحصوها إن الإنسان لظلوم كفار)[إبراهيم -36]

كما قال (والشمس والقمر بحسبان) [الرحمان -5]

وقد ذكرت كلمة الشمس في 33 موضع في القرآن الكريم فهي من أكبر وأنفع النعم التي خلقها الله سبحانه وتعالى في ملكه وجعل حرارتها الحارقة دفئا ومصدرا للطاقة لفائدة البشر ، وهي كتلة من الغازات المتوهجة التي تبلغ درجة حرارة مركزها حوالي 14 مليون طن درجة مئوية وتنتج هذه الطاقة الهائلة نتيجة نوع من التفاعلات النووية مما يجعلها مفاعلا نوويا طبيعيا ، تنتج هذه التفاعلات أشعة غاما وأشعة إكس المهلكة ولكن عندما تنتقل هذه الأشعة من مركز الشمس إلى سطحها تتحول إلى طاقة حرارية ثم يتم إعادة بثها عبر الطبقات المختلفة للشمس إلى أشعة مرئية يمكن رؤيتها بالعين المجردة تعتبر هذه الأشعة المصدر الرئيسي للطاقة الشمسية ، تعد هذه الأخيرة (الطاقة الشمسية) هي المصدر الرئيسي والأساسي لتغذية كوكب الأرض بالطاقة ، وتعتبر من المصادر الواسعة الانتشار في جميع أنحاء العالم إذ أن الطاقة الواصلة إلى الأرض من الشمس لمدة 105 دقيقة تكفي لتلبية احتياجات العالم لمدة عام . وتعود معظم مصادر الطاقة المتجددة المتوفرة على سطح الأرض إلى أشعة الشمس فجميع أنواع هذه الطاقات بما فيها البترول والفحم والغاز تكونت بفضل أشعة الشمس وما تبع ذلك من حرارة وضغط عبر الأحقاب الزمنية الماضية ، واستغل الإنسان الطاقة الشمسية منذ القدم بشكل مباشر لتلبية احتياجاته الأساسية مثل التدفئة وإشعال النار ، ومع تطور التكنولوجيا تحول استخدام الطاقة الشمسية إلى إستخدام وسائل تقنية لتجميعها بواسطة مجمعات شمسية وإستخدامها في تسخين المياه والطهي ومع تطور العلم والهندسة زادت كفاءة هذه المجمعات الشمسية عبر زيادة إمتصاص الإشعاع الشمسي وأخيرا تم التوصل إلى تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية ، وهو تطور واعد يمكن أن يؤثر إيجابيا على الإقتصاد العالمي مستقبلا وعلى البيئة . ويتم تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية في شكلين وهما :

إما بالتحويل الكهروضوئي (PV) بواسطة خلايا كهروضوئية مكونة من مواد تدعى بأشباه الموصلات وهي بكونها مسؤولة عن نقل الكهرباء وقد تم إكتشاف هذه الظاهرة من قبل علماء الفيزياء أواخر القرن التاسع عشر الميلادي حيث اكتشفوا أن الضوء يستطيع تحرير الإلكترونات من بعض المعادن إنتاج طاقة كهربائية ، وتعد المنضومة الفوتوفولتائية الخيار الأكثر إعتماذية في المناطق الريفية النائية لاسيما البعيدة عن خطوط الشبكة الكهربائية العامة مقارنة بالمصادر الأخرى كونها سهلة الإستخدم ولا تحتاج إلى وقود .

المقدمة العامة

وإما بالتحويل الحراري بواسطة المركزات الشمسية عامة والمركزات الشمسية الأسطوانية القطع مكافئة خاصة حيث تعتبر من بين تكنولوجيا الطاقة الشمسية المتاحة حاليا إذ تعتبر الحل الواعد والأكثر ملاءمة من حيث التكلفة والفعالية لتوليد الطاقة الكهربائية وإنتاج البخار وإستغلاله في مختلف الأغراض الصناعية والمنزلية. لهذا إهتمت الدراسات السابقة بتحسين الكفاءة الضوئية والحرارية وطرق التتبع الشمسي مع مراعاة تقليل زيادة مردوده من خلال إختيار مواد مناسبة .

وسنتهم نحن بتحسين كفاءة أنضمة الطاقة الشمسية (تحسين الكفاءة الضوئية والحرارية لل PTC وتحسين كفاءة الخلايا الكهروضوئية) مما يساهم في تقليل الإعتماد على الوقود الأحفوري وتعزيز إستخدام الطاقة الشمسية.

إنطلاقا من هذه الأهمية جاء اختيارنا لدراسة هذا الموضوع ألا وهو دراسة سلوك وعمل خلايا كهروضوئية تحت تأثير أشعة مكثفة في مركز أسطواني قطع مكافئ وذلك لطرح السؤال كيف يؤثر إستخدام أشعة الشمس المكثفة في مركز أسطواني قطع مكافئ على أداء الخلايا الكهروضوئية ؟ وهي الإشكالية المطروحة بهدف الحصول والتوصل إلى دراسة تأثير تركيز الأشعة المكثفة بواسطة PTC المركز الأسطواني القطع مكافئ على أداء الخلية الكهروضوئية وتحديد العوامل التي تؤثر على كفاءتها في الظروف المناسبة ،ومنه نقوم بالدراسة التجريبية لل PTC وتركيب الخلايا عبره .

لهذا فقد تم التوصل والتطرق إلى 4 فصول تناولنا فيها ما يلي :

الفصل الأول :دراسة نظرية للخلايا الكهروضوئية .

الفصل الثاني : دراسة نظرية للإشعاع الشمسي والمركزات الشمسية والمركز الشمسي الأسطواني القطع مكافئ (PTC) .

الفصل الثالث:دراسة تجريبية للمركز الشمسي الأسطواني قطع مكافئ (PTC) .

الفصل الرابع :تحليل ومناقشة النتائج .

وفي الأخير إلى خاتمة شاملة تحوي أفاق وتوصيات.

الفصل الأول:

الدراسة النظرية للخلايا

الكهروضوئية

مقدمة:

أضحت الخلايا الكهروضوئية من المصادر المهمة المقصودة حالياً في العديد من مناطق العالم حيث يتم فيها تحويل ضوء الشمس إلى كهرباء، وتعتمد الخلية الكهروضوئية على الظاهرة الفيزيائية التي تسمى بالفعل أو التحويل الفوتوضوئي الذي من خلاله تنشأ قوة مغناطيسية مجرد تعرض سطح الخلية إلى أشعة الشمس. وتفيد عملية التحويل الكهروضوئي في التقليل من استخدام الوقود الأحفوري وبالتالي التقليل من نسبة التلوث البيئي، وتستند هذه التقنية على استخدام المواد الشبه موصلة لتحرير الإلكترونات عند تعرضها للضوء مما يولد تياراً كهربائياً. [1].

بدأت صناعة الخلايا الشمسية بداية الخمسينات وقد صنعت الخلية الشمسية الأولى من السيليكون ومنذ ذلك الوقت وحتى الآن أدخلت تعديلات عديدة في كيفية صناعة هذه الخلايا وكذلك توسيع قاعدة المواد التي تصلح لهذه الخلايا [2].

وقد تطورت تقنية الخلايا الكهروضوئية وانتشرت في بعض دول العالم في العديد من التطبيقات منها ضخ المياه والتسخين والإنارة وغيرها، وقد ساعد الطلب المتكرر على استخدامها في بعض دول العالم عام التسعينات على تحقيق نجاح ملحوظ في الصناعة، وقد تراجع ثمن الخلايا الكهروضوئية مئات المرات حالياً مقارنة بثمانه في بداية الستينات لكنها لا تزال مكلفة نوعاً ما إذ يعتمد إنتشار استخدامها على كلفة الإنتاج وزيادة الكفاءة وتتنوع تطبيقاتها من الأجهزة الصغيرة إلى محطات توليد الكهرباء. [3].

ولازالت الأبحاث جارية في هذا المضمار وذلك لتخفيض تكلفة هذه الخلايا التي لازالت عالية حتى الآن ويتم حالياً البحث عن نماذج خلاف الخلايا السليكونية [2].

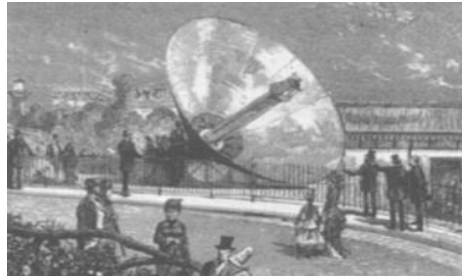
1-1 نشأة الخلايا الكهروضوئية:

استخدمت الطاقة الشمسية بطرق مختلفة منذ القرن السابع قبل الميلاد حيث استخدمت أشعة الشمس لإشعال النار حيث أحرق أرشيميدس الأسطول الحربي الروماني في حرب عام 212 ق م عن طريق تركيز الإشعاع الشمسي على سفن الأعداء باستخدام المرايا المقعرة بواسطة المئات من الدروع المعدنية. الشكل (1-1)



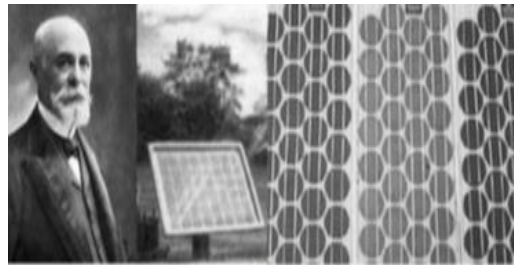
الشكل (1-1): صورة لأرشميدس ومنظر لكيف أحرق سفن العدو

- ففي عام 1839 تم إكتشاف التأثير الكهروضوئي من قبل الفيزيائي الفرنسي إدموند بيكريل.
- وفي عام 1861 قام العالم الفرنسي Augustin Mouchot في مصر بإختراع المحرك البخاري الأول في العالم المدعوم بالكامل بالطاقة الشمسية. الشكل (1-2)



الشكل (1-2): التجربة الأولى للعالم Augustin Mouchot

- وفي عام 1883 وصف المخترع الأمريكي تشارلز فريتس الخلايا الشمسية الأولى المصنوعة من رقائق السيلينيوم وبكفاءة 1 بالمئة الشكل (1-3)



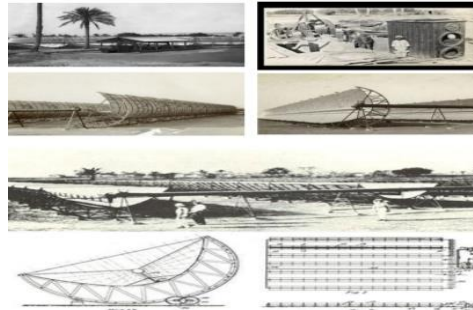
الشكل (1-3): الخلايا الشمسية الأولى المصنوعة من السيلينيوم والمخترع الأمريكي تشارلز فريتس

- في عام 1905 نشر البرت أنشتاين ورقة بحثية عن التأثير الكهروضوئي. الشكل (1-4)



الشكل (1-4): ألبرت اينشتاين

- وفي عام 1913 إفتتحت مصر أول محطة لتوليد الطاقة الكهربائية.



الشكل (1-5): صور تاريخية من أول محطة لتوليد الطاقة الشمسية المركزة في العالم بالمعادي -مصر

- في عام 1954 تمت صناعة أول خلية فوتوفولتية عالية الطاقة من السيليكون بمعامل بيل بالولايات المتحدة الأمريكية وتحقق كفاءة 6 بالمئة وكانت الأقمار الصناعية وقتها هي الاستخدام الرئيسي لهذه الخلايا ،وتنبأت صحيفة نيويورك تايمز أن الخلايا الشمسية سوف تؤدي في النهاية إلى أن تكون مصدرا للطاقة لا حدود لها من الشمس. الشكل (1-6)



الشكل (1-6): صور تاريخية لمعمل بيل بالولايات المتحدة الأمريكية (1954)

■ وفي عام 1990 أطلقت ألمانيا برنامجاً لتكريب الخلايا الشمسية على الأسطح .

شهدت الخلايا الكهروضوئية تطورات مستمرة في التقنيات والمواد المستخدمة مما أدى إلى تحسين كفاءتها مما يجعلها اليوم واحدة من أهم مصادر الطاقة المتجددة [4].

1-2 تعريف الخلايا الكهروضوئية:

الخلايا الكهروضوئية هي محولات تأخذ الطاقة الضوئية من أشعة الشمس وتحولها إلى طاقة كهربائية مباشرة دون وسيط، حيث تمتص معظم الطيف الشمسي وتحول جزءاً منه إلى طاقة كهربائية يمكن إستخدامها على الفور أو تخزينها. يمكن إستخدام خلية كهروضوئية واحدة لتوليد كميات صغيرة جداً من الكهرباء، أو تجميع عدة خلايا معاً لتوليد كميات كبيرة، حيث تنتج كل خلية حوالي 1.5 فولت من الكهرباء. الخلايا الكهروضوئية غالباً ما ترتبط معاً في مجموعات تسمى وحدات، ويمكن ربط هذه الوحدات على التوالي أو التوازي حسب الحاجة لزيادة القدرة الكهربائية. تصنع معظم الخلايا الشمسية من مادة السيليكون التي تظهر خصائص كهربائية فريدة، حيث يكون عازلاً في درجات الحرارة المنخفضة وشبه موصلاً في درجات الحرارة العالية، وتزداد قدرته على التوصيل عند إضافة كميات صغيرة من عناصر أخرى. [5]

1-3 كيفية صنع الخلايا الكهروضوئية :

يتم صنع الخلايا الكهروضوئية عادة من مادة السيليكون الناتج من صخور أو رمال السيليكا النقية، بعدها نقوم بعملية إنصهار لهذه الصخور في أفران خاصة لتكوين وإنتاج السيليكون الخام بنقاوة 95 بالمئة ثم يتم معالجتها بمواد كيميائية بغية زيادة نسبة نقاوتها لتصل إلى 99,99 بالمئة لإنتاج بلورات السيليكون بنقاوة أقل نوعاً ما لاستخدامها في تصنيع الخلايا الكهروضوئية، وبعدها تتم معالجة أسطح رقائق السيليكون هذه بمعالجة كيميائية وتضاف طبقة من مادة الفوسفور أو البورون لتشكيل الوصلة P-N لها القدرة على فصل حاملات الشحنة المنتجة عند التعرض لضوء الشمس وبعدها يتم طلاء سطح الخلية وتلوينها اللون الأزرق الذي بدوره يقوم بمنع عملية الإنعكاس للأشعة كل هذا باستخدام مادة تدعى نيترات السيليكون، ومن هنا تبدأ طباعة شبكة الموصلات الفضية على السطح الأمامي وبشبكة الألمنيوم على السطح الخلفي مع معالجتها حرارياً وأخيراً نحصل على خلية جاهزة لتوليد وإنتاج الكهرباء [6]

1-4 مبدأ عمل الخلايا الكهروضوئية:

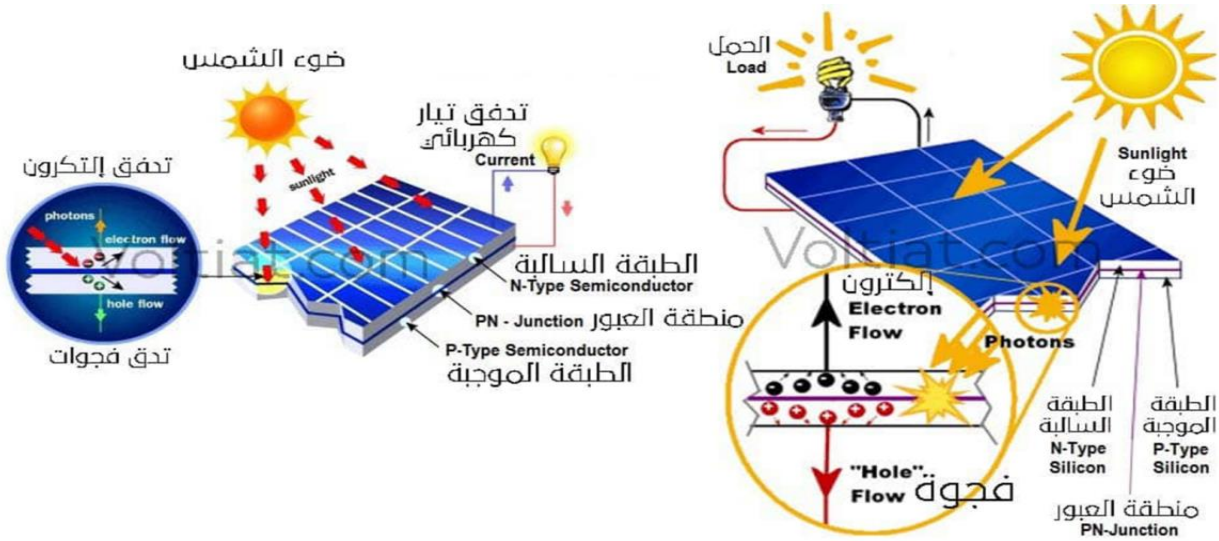
يتم تحويل الأشعة الشمسية إلى طاقة كهربائية بواسطة جهاز يسمى الخلية الكهروضوئية فكيف يتم هذا التحويل وعلى ماذا يعتمد :

عند تعرض سطح الخلية للإشعاع الضوئي فإن الإلكترونات الحرة تمتص " طاقة الفوتونات المكونة للإشعاع الضوئي ، أى أن الطاقة المنبعثة من ضوء الشمس تصطدم بسطح الخلية في شكل فوتون (الفوتون عبارة عن طاقة في صورة ضوء وإشعاع كهرومغناطيسى وليس لها شحنة ولا كتلة) و إذا كانت طاقة الفوتون كافية فإنها تعمل على تحفيز الإلكترونات في الخلية الشمسية مما يولد جهدا كافيا لدفع هذه الإلكترونات في دوائر الحمل ، أى أن عند سقوط ضوء الشمس على الخلية يمر هذا الضوء من خلال سطح الخلية و يمتص منه جزء بواسطة الطبقة الأولى للخلية و هى طبقة السيليكون و المحتوية على الفوسفور (أى النوع N) أما غالبية الضوء الساقط على هذه الخلية فيقوم بامتصاصه الجزء الخاص بذلك أى طبقة السيليكون المحتوية على البورون (أى النوع P) خلال هذه العملية تتكون إلكترونات حرة الحركة يمكنها السريان خلال الموصل المتصل في أطراف الخلية ، بزيادة كثافة الضوء الساقط على الخلية تزداد حركة الإلكترونات ، و بالتالى يتشكل تيار كهربائى مستمر و عند توصيل حمل كهربائى بين طرفي الخلية الشمسية يتم الاستفادة من حركة الإلكترونات الناتجة من سقوط ضوء الشمس على الخلية [5].

،وباختصار فإنه يحدث :

أولا: يتم إمتصاصا الفوتون بواسطة المادة التي تشكل الجهاز حيث أن طاقة الفوتون أكبر من طاقة الفجوة .
ثانيا: يتم تحويل طاقة الفوتون إلى طاقة كهربائية في حين يتم تشكيل الأزواج (إلكترون ثقب) في المادة الشبه موصلة

ثالثا: يتم جمع الجزيئات المتشكلة أو المتكونة في الجهاز. [7]



الشكل (1-7): مبدأ عمل خلية كهروضوئية

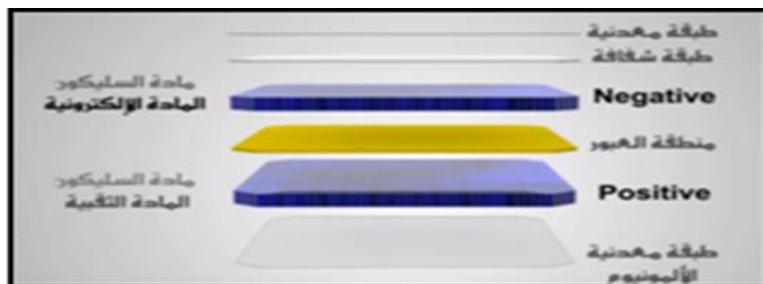
1-5 مكونات الخلية الكهروضوئية :

تتكون الخلايا الكهروضوئية من أشباه النواقل المعروفة أنها مواد عازلة في درجات حرارة منخفضة وموصلا كهربائيا في درجات حرارة مرتفعة وتحسس التوصيلية الكهربائية للشبه الناقل بالضوء والحرارة والمجال المغناطيسي ومن أبرز هذه النواقل السيليكون والجرمانيوم ،وتتكون الخلية الكهروضوئية من طبقتان رئيستان حساستان للضوء :

- الطبقة N: متكونة من مادة السيليكون وتحتوي على عدد كبير من الإلكترونات بالإضافة الى عنصر خماسي التكافؤ .

- الطبقة P: متكونة من السيليكون وعدد فجوات كبير هو الغالب عادة بإضافة إلى عنصر ثلاثي التكافؤ

حيث أن السطح الأمامي تضاف له طبقة زجاجية شفافة تمتص الضوء لزيادة إمتصاص الفوتونات الضوئية لسلامة الخلية . وأن السطحين الأمامي والخلفي تضاف لهم طبقة معدنية كالألمنيوم لتشكيل أقطاب الخلية وتسمى أيضا بالخلية الشمسية ويطلق على تحويل الطاقة في الخلية الكهروضوئية إسم التأثير الكهروضوئي [8]



الشكل (1-8): مكونات الخلية الكهروضوئية [9]

1-6 أنواع الخلايا الكهروضوئية:

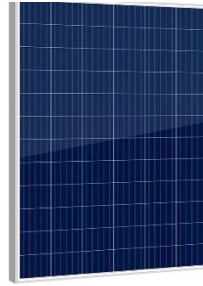
1-6-1 الخلايا السيليكونية :

1-6-1-1 خلايا سيليكونية أحادية البلورة: هي خلايا تتميز بكفاءة عالية ومرتفعة التكلفة لونها قريب من الأسود تتراوح كفاءتها بين 13-17 بالمئة ويتم صنعها من بلور مسحوب من كتلة مذابة من معتمد بلورات صناعتها مكلفة وتحتاج صناعات خبراء.

1-6-1-2 خلايا سيليكونية متعددة البلورة:

هي خلايا ذات لون أزرق شكل الخلية مستطيل وهي خلايا تتكون من مجموعة من البلورات تتراوح كفاءتها ما بين 11-15 بالمئة تكلفتها أرخص نوعا ما من خلايا أحادية البلورة متكونة من حبوب صغيرة من البلور الأحادي وصناعتها سهلة مقارنة بالأحادية البلورة

1-6-1-3 الخلايا السيليكونية العشوائية (الأمورفية): تتميز بعمر زمني قصير وتختلف ضرر للبيئة كفاءتها تتراوح ما بين 4-8 بالمئة لونها بني محمر ولها إرتباط ذري غير متكامل مع الذرات المتجاورة تمتص الإشعاع بنسبة كبيرة وبمرور الزمن تتناقص كفاءتها .



1-3 خلايا سيليكونية عشوائية (أمورفية)

1-2 خلايا سيليكونية متعددة البلورة

1-1 خلايا سيليكونية أحادية البلورة

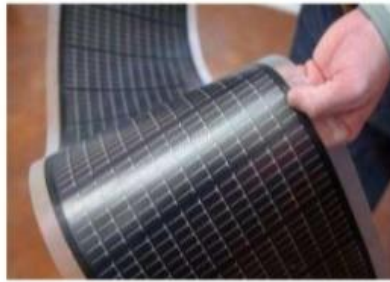
الشكل (1-9): أنواع الخلايا السيليكونية

1-6-2 الخلايا الشريطية :

1-6-2-1 خلايا الكوبرانديوم ديسلنايد: تتكون هذه الخلايا من النحاس والأنديم والسيلينايد خطيرة ومضرة بصحة الإنسان في حالة تعرضها للخلل في التصنيع الذي سببه غاز الهيدروجين والسيلينايد حيث أن ديسلنايد عنصر سام كفاءتها 12 بالمئة وهي غالية الثمن كون الأنديم غالي جدا.

1-6-2-2 خلايا الغاليوم أرسنايد: تتميز بكفاءة عالية وغالية التكلفة مقارنة بالخلايا السيليكونية إنتاجها حاليا ضئيل نوعا ما مكونة من الغاليوم أرسنايد إمتصاصه للضوء عالي تعمل في درجة حرارة عالية وتستخدم في التطبيقات الفضائية .

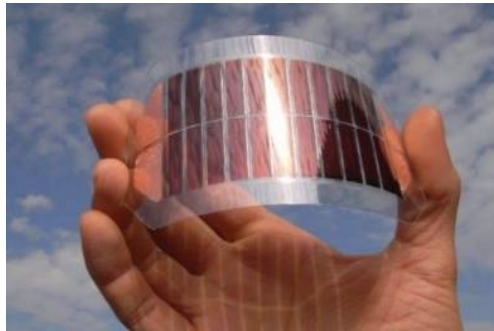
1-6-2-3 خلايا الغاليوم تليرايد: تتراوح كفاءتها ما بين 8-11 بالمئة وتمتاز بإمتصاصية عالية للضوء وتكلفتها رخيصة مكونة من الكاديوم تليرايد كفاءتها لا تتناقص عند الاستخدام ،عملية صنعها بسيطة ويجب أخذ الحيطة والحذر أثناء عملية صنعها لأن الكاديوم مادة سامة . [10]



الشكل (1-10): الخلايا الشريطية [11]

1-6-3 الخلايا العضوية:

تمتاز هذه الخلايا المصنوعة من مواد كربونية وسيليزوز بوليمر بالمرونة وخفة الوزن وإنخفاض التكاليف .يمكن إعادة تدويرها بسرعة في المياه بدرجة حرارة الغرفة تتميز بالمرونة وخفة الوزن وذات مردود منخفض



الشكل (1-11): الخلايا العضوية

1-7 الضاهرة الكهروضوئية :

تعرف الضاهرة الكهروضوئية (فوتوفولتية) بأنها عملية تحويل الأشعة الضوئية إلى طاقة كهربائية مباشرة باستخدام الخواص الإلكترونية لبعض المواد والتي تصنف ضمن أشباه الموصلات مثل السليكون أصل مصطلح فوتوفولتية أنه يتركب من جزئين وهما:

فوتو: أصل الكلمة يوناني وتعني الضوء

فولتا: إسم فولتا نسبة للعام الفيزيائي الإيطالي [4]

1-8 إيجابيات وسلبيات الخلايا الكهروضوئية:

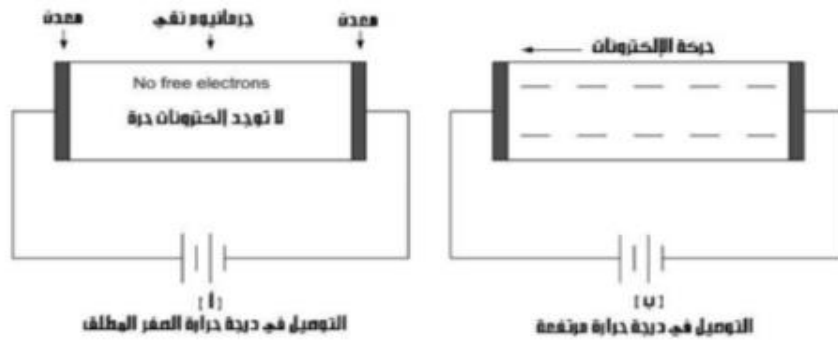
الإيجابيات	السلبيات
<ul style="list-style-type: none"> ● صيانتها غير مكلفة ● فترة استعمال طويلة تصل إلى 20 سنة ● سهولة التركيب ● صديقة للبيئة ونضيفة (غير ملوثة) 	<ul style="list-style-type: none"> ● تحتاج مساحات واسعة ● تحتاج خبراء في التصنيع ● تناقص الكفاءة بمرور الزمن ● عدم العمل في حالة انعدام الشمس

الجدول (1-1): يمثل إيجابيات وسلبيات الخلايا الكهروضوئية [12]

1-9 تعريف أشباه الموصلات : بين المواد الناقلة للكهرباء والعازلة يوجد مواد تسمى بأشباه الموصلات وهي تلك الرقائق السوداء المصنعة من السليكون أو الجرمانيوم والمتحكممة في مرور التيار الكهربائي إذ لا يعمل أي جهاز إلكتروني من دونها وهي دقيقة الحجم، تكون عازلة في حالة إنخفاض درجة الحرارة وناقلة في حالة إرتفاعها . وهي نوعان :

1-9-1 1- أشباه موصلات نقيية: وهي مواد مرتبة بلوريا حسب نظام هندسي منسق أبرزها مادة أو عنصر السيليكون يحتوي على 14 إلكترونات كلياً منهم عشرة مرتبطة بالنواة و4 في المدار الخارجي للنواة والجرمانيوم الذي يحتوي على 32 إلكترونات كلياً منهم 28 إلكترونات مرتبطة بالنواة و4 في المدار الخارجي للنواة، وعند وصل بلورة جرمانيوم نقي ببطارية في درجة حرارة صفر مطلق سلاحظ عدم وجود تيار في الدارة لعدم وجود إلكترونات حرة داخل البلورة. الإلكترونات في الغلاف الخارجي للذرات المنفردة تكون ذات توصيل جيد لكنها لاتساهم في التيار المار في البلورة بسبب تماسك الإلكترونات مع الذرات لا يمكنها المشاركة في التيار ولا توجد إلكترونات حرة

لاستقبال الفوتونات، وعند درجة الصفر المطلق تصبح المادة عازلة ولا يمر التيار، فإن درجة الصفر المطلق هي بمثابة عزل وعدم مرور التيار الشكل (1-13).

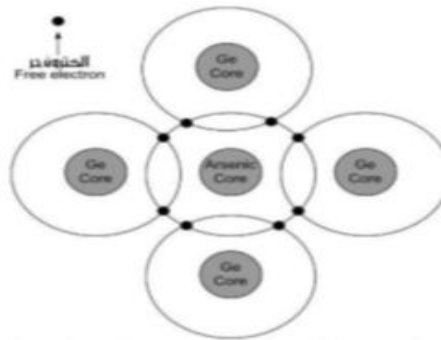


الشكل (1-12): التوصيل في الشبه الموصل

وأثناء زيادة درجة الحرارة إلى حد كبير فإنه سيتحرك عدد من الإلكترونات الحرة من الأغلفة الخارجية للذرات، وهذا يعني مرور تيار أكبر في شريحة البلورة.

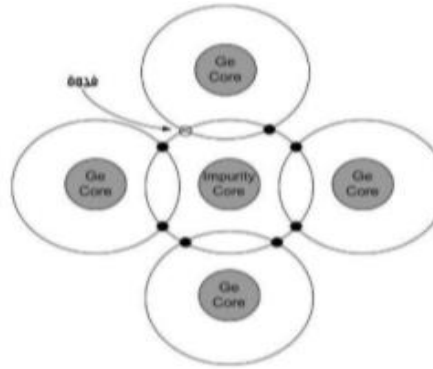
1-9-2 مواد شبه موصلة غير نقية: وهي تمثل نفس المواد المذكورة سابقا السيليكون والجرمانيوم لأنها مطعمة بذرات مادة أخرى تسمى الشوائب ونقصد بالتطعيم بأنه إضافة بعض الذرات بنسب قليلة إلى المادة الشبه موصلة النقية من أجل توصيل الكهرباء حيث تنقسم المواد الشبه موصلة غير النقية إلى:

1-2-9-1 أشباه موصلات سالبة نوع n: وهنا يتم توفير السيليكون الحر عن طريق تطعيم السيليكون بمادة شائبة وهي الفوسفور و يحتوي على خمس إلكترونات في المدار الخارجي حيث ترتبط ذرة السيليكون بأربع ذرات فوسفور بروابط تساهمية قوية ويبقى إلكترون حر، وفي هذا النوع يوجد عدد كبير من حاملات الشحنة السالبة ولهذا سمي بالنوع N Negative



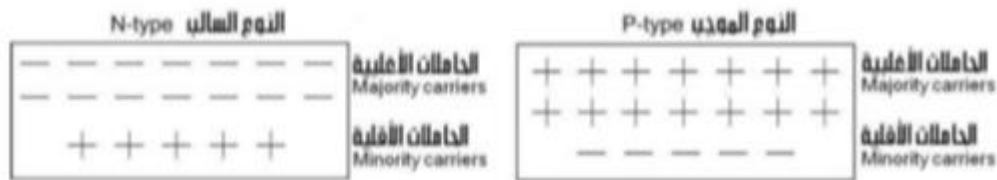
الشكل (1-13): النوع السالب-typeN للشبه الموصل

1-9-2-2 أشباه موصلات موجبة نوع **p** : هنا يتم تطعيم السيليكون بذرة البورون تحتوي على ثلاث إلكترونات في مدارها الأخير ، ترتبط ذرة البورون بثلاث ذرات سيليكون بواسطة روابط تساهمية قوية ويتبقى مكان فارغ اسمه فجوة مستعد لاستقبال الإلكترون حيث الذرة الشائبة في هذه الحالة يمكنها أن تكتسب إلكترونات بكل سهولة من الروابط المجاورة فهناك تكتمل روابطها ، وفي هذا النوع يوجد عدد كبير من الفجوات الحاملة لشحنة موجبة لهذا سمي بالنوع **p positive**



الشكل (14-1): النوع الموجب P-type للشبه الموصل

10-1 مبدأ العمل : عندما يتم وضع السيليكون من النوع **n** والسيليكون من النوع **p** معا ، تسعى الإلكترونات الحرة في النوع **n** لملا الفجوات الموجودة في النوع **p** ، مما يؤدي إلى توازن عدد الإلكترونات والفجوات ، ينشأ جهد حاجز يمنع الإلكترونات من الدخول إلى الفجوات مما يشكل منطقة الشحنات . تتحرك هذه الإلكترونات و الفجوات عندما يوصل التيار الكهربائي ، مما يؤدي إلى حدوث التوصيل داخل الخلية



الشكل (15-1): الحاملات الأغلبية والحاملات الأقلية

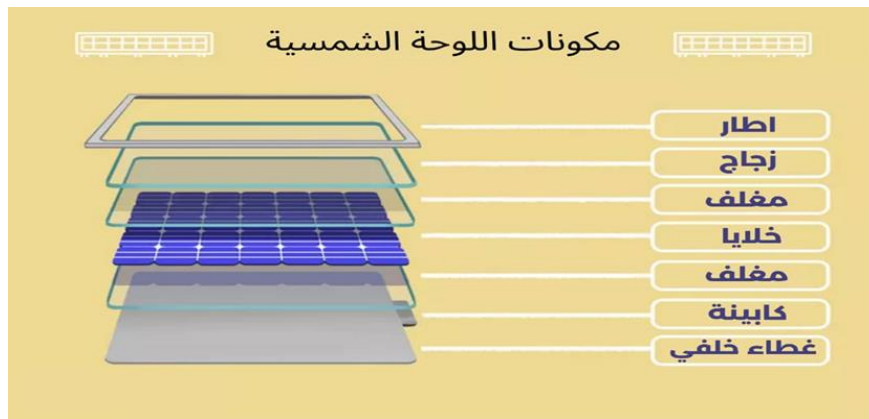
وأخيرا يمكننا القول بأن التطعيم يمكننا من الحصول على مستويات صالحة لمرور التيار في شبه الموصل. [13]

1-11 الألواح الشمسية :

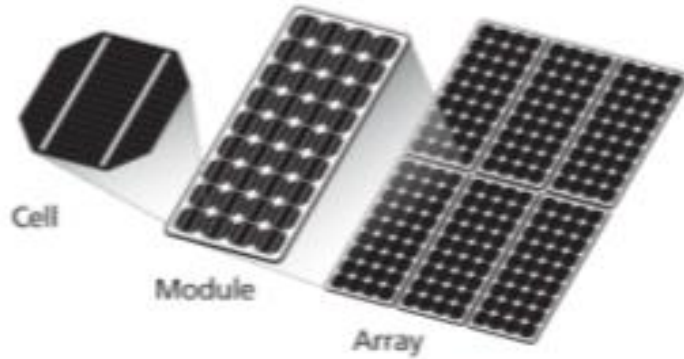
1-11-1 مفهوم اللوح الشمسي: وهو عبارة عن لوح مكون أساسا من مجموعة من الخلايا الكهروضوئية المصنعة من أشباه الموصلات ويتم توصيل هذه الخلايا مع بعضها البعض بواسطة خطوط توصيل معدنية بغية تكوين مصفوفة خلايا يطلق عليها لوح شمسي .

1-11-2 مكونات اللوح الشمسي: يتكون اللوح الشمسي أساسا من عدة مكونات رئيسية وهي :

- **طبقتان حساستان للضوء :** ونعني بالطبقتين الخلية الكهروضوئية وتتمثل في أشباه الموصلات مطعمة ببعض الشوائب لتكوين الطبقتين طبقة شبه الموصل السالب من النوع N وطبقة شبه الموصل الموجب من نوع P
- **طبقتان من الأسلاك النحاسية:** وتتكون الخلية الكهروضوئية من طبقتين مكونتين من طبقة أو شبكة من الأسلاك النحاسية طبقة في الأعلى تسمى كاثود تكون في الغلاف الأمامي، وطبقة في الأسفل وتسمى أنود وتكون في الغلاف الخلفي .
- **طبقة زجاجية:** يتم تغطية الخلايا الكهروضوئية بطبقة من الزجاج لحمايتها وصيانتها من أي خدش أو عطب إذ تسمح بمرور التيار الكهربائي خلالها .
- **طبقة مضادة للانعكاس:** وهي طبقة لا تسمح للضوء بالارتداد في جهة أخرى أو الإنعكاس في جهة أخرى ومنه يمكن إستغلال أكبر قدر ممكن من ضوء الشمس
- **الإطار:** إطار مصنوع عادة من الألمنيوم لدعم و تثبيت اللوح الشمسي وحمايته. [12]



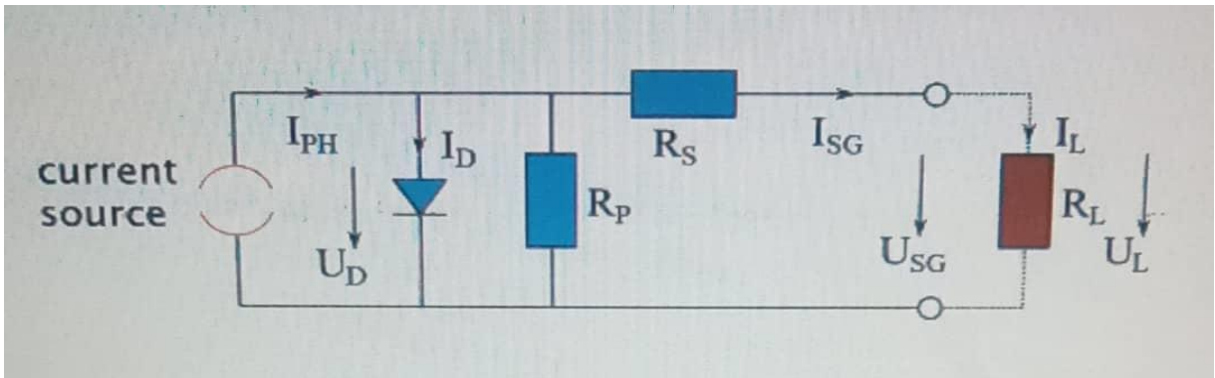
الشكل (1-16): مكونات اللوحة الشمسية



الشكل (17-1): خلية شمسية لوح شمسي مصفوفة الألواح الشمسية

12-1 الدارة المكافئة للخلية الكهروضوئية:

تعتبر الخلية الكهروضوئية بنويًا كوصلة P-N من السيليسكون النصف ناقل يتوضع سطح هذه الوصلة بشكل متعامد مع اتجاه الأشعة الشمسية يؤدي إمتصاص هذه الأشعة إلى ظهور أو توليد حوامل حرة داخل نصف الناقل (إلكترونات وثقوب) [2]، ولا بد من إنشاء نموذج كهربائي مكافئ لفهم سلوك الخلية الكهروضوئية بشكل جيد، يتضمن هذا النموذج مكونات كهربائية معروفة وسهلة الدراسة والتحليل، حيث يتم تمثيل الخلية الكهروضوئية في النموذج المثالي بمصدر التيار الكهربائي مع موحد ثنائي الديود ولكن في الواقع تحتاج الخلايا الكهروضوئية إلى مقاومات متوازية ومنتالية كمحاكات للضروف الحقيقية [8]



الشكل (18-1): الدارة المكافئة للخلية الكهروضوئية

حيث :

I_{ph} : التيار الضوئي الناتج من الخلية الكهروضوئية

I_D/U_D : تيار و جهد الدايدود

R_p : مقاومة توازي نتيجة عدم تجانس السطح والتيار المفقود عند حواف الخلية

R_s : مقاومة توالي نتيجة مقاومة السليكون وإتصال المادة

I_{SG}/U_{SG} : تيار وجهد الخلية الكهروضوئية

$R_L/I_L/U_L$: جهد وتيار ومقاومة الحمل

1-13 الخصائص الكهربائية للخلية الكهروضوئية:

- فرق جهد دائرة مفتوحة V_{c0} : وهو الجهد الذي تعطيه الخلية الكهروضوئية في حالة مالم يمر أي تيار كهربائي وهو الجهد الأعظمي .
- تيار دائرة القصر (تيار الدارة المغلقة) I_{cc} : وهو التيار الذي يعبر في الخلية الكهروضوئية إلى دائرة خارجية بدون مقاومة وهو التيار الأعظمي الذي تقدر الخلية الكهروضوئية إنتاجه من الإشعاع الشمسي .
- نقطة القدرة القصوى P_{max} : وهي النقطة التي تكون عندها القدرة المتولدة من الخلية الكهروضوئية أكبر ما يمكن ، وهي الناتج الأعلى من ضرب الجهد و التيار عند نقطة التشغيل تكتب بالعلاقة التالية:

$$P_{max}=I_{mp}\times V_{mp} \quad (1-1)$$

- معامل الشكل FF : وهو النسبة بين الطاقة القصوى والمنتجة ويعطى بالعلاقة التالية [4]

$$FF=\frac{P_m}{I_{cc}\times V_c} \quad (2-1)$$

1-14 كفاءة الخلية الكهروضوئية: وهي المردود و النسبة بين قوة الإشعاع الشمسي الذي يصل إلى الخلية والطاقة القصوى التي تنتجها الخلية ويتم قياس كفاءة هذه الخلية الكهروضوئية في الشروط النظامية التالية

• شدة الإشعاع الشمسي $H= 1000$ (w/m)

• حرارة الخلية $T=25(C^0)$

• كتلة الهواء $A_m=1.5$

وتكتب علاقة المردود بالعلاقة التالية:

$$\eta=\frac{P_m}{H_{ins}\times S} \quad (3-1)$$

حيث S : سطح الخلية في m^2

H_{ins} : شدة الإشعاع الشمسي ب (w/m^2)

أو تكتب بالعلاقة التالية : [9]

$$P_m = FF \times I_{CC} \times V_c \quad (4-1)$$

$$\eta = \frac{FF \times I_{CC} \times V_c}{H_{ins} \times S} \quad (5-1)$$

15-1 كيفية ربط الخلايا الكهروضوئية :

من أجل الحصول على أنظمة عملية للطاقة الكهروضوئية لابد من تجميع عدد معين من الخلايا بغية الحصول على توتر عالي وتيار كهربائي معين يمكننا من خلالهما الحصول على إستطاعة كهربائية لحمل معين [2]

- تجميع الخلايا على التسلسل: عند ربط مجموعة من الخلايا N_s على التسلسل في حالة التيار يساوي إلى الصفر فمن الممكن أن جهد الدارة المفتوحة يكون مساوي لحاصل ضرب عدد الخلايا مضروب في جهد خلية واحدة كالتالي :

$$V_{cons} = V = n \times V_{oc1} = n \times V_{oc2} = n \times V_{oc3} = \dots = n \times V_{ocn} \rightarrow (I=0) \quad (6-1)$$

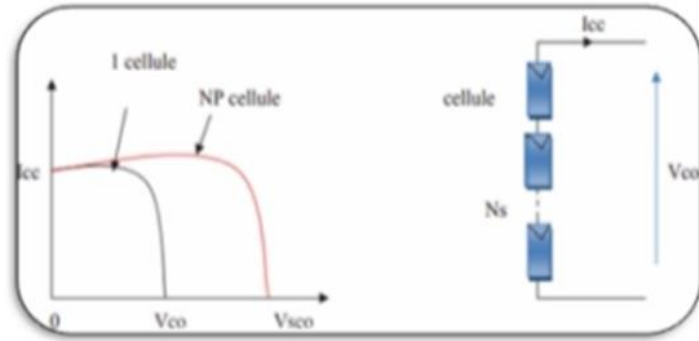
$$V_{cons} = N_s \times V_{co} \quad (7-1)$$

أما في حالة وجود حمل حراري أي التيار أكبر من الصفر فإن الجهد يصبح يساوي مجموع الجهود الموصلة على التسلسل

$$V_{cons} = \sum V_n = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n \rightarrow (I > 0) \quad (8-1)$$

V_{cons} : مجموع الجهد في دارة مفتوحة لعدد من الخلايا المربوطة على التسلسل

N_s : عدد الخلايا المربوطة على التسلسل



الشكل (19-1): رسم يمثل تجميع الخلايا على التسلسل

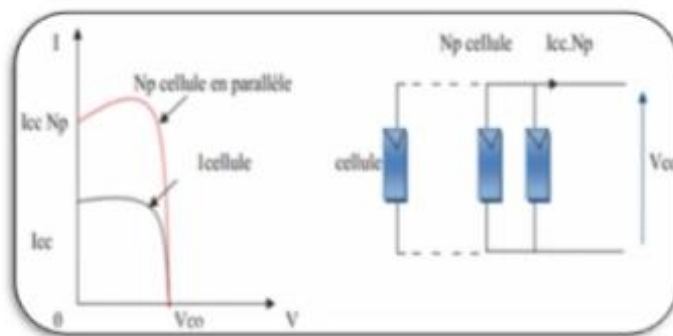
- تجميع الخلايا على التفرع: عند توصيل أو ربط مجموعة من الخلايا على التفرع أو التوازي يكون الجهد الناتج مساويا لجهد الخلية الواحدة، أما التيار فيكون مساوي لمجموعة التيارات الموصلة على التفرع، يعني زيادة في شدة التيار.

$$V_{co} = V_{conp} = V_1 = V_2 = V_3 = \dots = V_n \quad (9-1)$$

$$I_{ccnp} = \sum I_n = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n \quad (10-1)$$

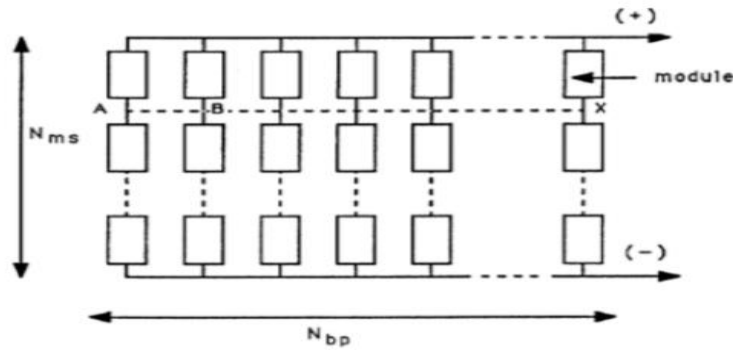
V_{conp} : جهد دائرة مفتوحة لخلايا (N_p) على التفرع

N_p : عدد الخلايا المربوطة على التفرع



الشكل (20-1): رسم يمثل تجميع الخلايا على التفرع [9]

- تجميع الخلايا على التسلسل وعلى التفرع: عندما يتم جمع الخلايا على التفرع وعلى التسلسل آنيا نحصل على قدرة توصيل أكبر فنحصل على جهد مرتفع و تيار كبير (وصل تسلسلي مع وصل تفرعي في آن واحد) وهذه الطريقة الأكثر استعمالا ويكون التوصيل كما يلي :



الشكل (1-21): رسم يمثل تجميع الخلايا على التسلسل وعلى التفرع [3]

16-1 كفاءة تحويل طاقة الخلية الكهروضوئية :وهي النسبة المئوية للقدرة المحولة من الإشعاع الضوئي الممتص للخلية الكهروضوئية في حالة إتصالها بدارة كهربائية وتحسب كما يلي:

$$\eta = \frac{P_{max}}{E \times A_c} \quad (\%) \quad (11-1) \quad \text{حيث:}$$

P_{max} : القدرة الكهربائية المولدة ب w

E : مدخل إشعاع الضوء ب w/m^2

A_c : مساحة سطح الخلية الشمسية ب m^2 [4]

17-1 تطبيقات الخلايا الكهروضوئية:

- تأمين الطاقة الكهربائية لقوارب الملاحة
- تغذي بعض الإحتياجات المنزلية كمضخة المياه
- الإمداد بالقدرة لإدارة المنازل
- إضاءة الأرصفة على سواحل الميناء والمنشآت البحرية على شاطئ وداخل البحر
- تشغيل طلمبات الري وماء الشرب
- إشارة المرور
- الحاسبات والساعات والألعاب الإلكترونية [2]

الخلاصة:

بعد دراستنا لهذا الفصل لاحظنا تقنية الخلايا الكهروضوئية وأهميتها في توليد الكهرباء وأن المادة الأولية للحصول على كهرباء من الطاقة الشمسية هي الخلايا الكهروضوئية كونها عنصر أساسي في تحويل ضوء الشمس إلى كهرباء بواسطة مواد تدعى بأشباه الموصلات التي تقوم بنقل الكهرباء في حالة تعرضها لضوء الشمس حيث تم التطرق لشرح المفاهيم وكيفية حدوث العملية بالتفصيل في الفصل . وسنتقل إلى موضوع الإشعاع والمركبات في الفصل الموالي حيث يتم إستخدام تلك التقنيات لزيادة كفاءة إستخدام الطاقة الشمسية وتقليل التكلفة وستعرف عن كيفية عمل هذه التقنيات في تحويل الطاقة الضوئية إلى كهرباء قابلة للإستخدام .

مراجع الفصل الأول

مراجع اللغة العربية:

- [1] مجلة دمشق للعلوم الهندسية المجلد الثامن والعشرون - العدد الثاني 2012 إدريس - الرمحين القادري نمذجة محاكاة لاقط كهروضوئي في بيئة الحزمة البرمجية.
- [2] كتاب الطاقة الشمسية - النظرية والتطبيق - سلسلة الطاقة (2).
- [3] سماحي سهيلة - مذكرة ماجستير أكاديمي بعنوان فعالية أداء الخلايا الشمسية الكهروضوئية في ورقلة وتأثير شدة الإشعاع الشمسي والعوامل المناخية عليها-جامعة ورقلة - نوقشت يوم 26.06.2016.
- [4] دكتور مهندس - كاميليا يوسف محمد - كتاب الطاقة الكهروضوئية - الإسكندرية - جمهورية مصر العربية - أكتوبر 2016.
- [5] كتاب الإلكترونيات - أ- د صابر رفاعي أم القرى (كتاب إلكتروني).
- [6] محمد فيصل السعيد - نحو استخدام أمثل للطاقة الشمسية في اليمن - مؤسسة ق أرر الإعلام والتنمية المستدامة (2014).
- [9] تاتي مريم وبسملة رجاء - مذكرة ماجستير أكاديمي بعنوان تأثير الغبار على الألواح الشمسية الكهروضوئية بجامعة ورقلة.
- [10] مدقن حفصة - مذكرة ماجستير أكاديمي بعنوان تأثير الإشعاع الشمسي على الخلايا الكهروضوئية .
- [11] حقيرة الخلايا الشمسية - المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم - تونس 2000 م.
- [12] حجاج محمد طالب وزناقي عادل - مذكرة ماجستير أكاديمي بعنوان تحسين مردود الألواح الشمسية باستخدام العواكس المسطحة بجامعة ورقلة.
- [13] مقالة في أشباه الموصلات - ترجمة للفصل الأول من كتاب تقريبات دوائر الترانزستور للمؤلف مالينو - مكتبة أسامة العشي.

مراجع اللغة الاجنبية :

[6] book solar Energgy fundamentals echnologg andsystems-2014.

[7] AMARA Karima-coutribution a l` etude de conception d` une contral photovoltaique depuissance(1MW) interconnectee au reseau de distribution de MASTER university Mouloud MAMMERI DE TIZI OUZOU [2014/2015].

الفصل الثاني :

الإشعاع الشمسي والمركبات

الشمسية

تمهيد:

في ظل أزمة الطاقة التي يشهدها العالم اليوم في سعيهم لإيجاد حلول بديلة تتجه أنصار العالم نحو الطاقة الشمسية التي تعد من أهم مصادر الطاقة المتجددة خلال القرن الحالي، فهي طاقة نظيفة صديقة للبيئة لاتنضب مادامت الشمس موجودة، كما تعتمد أنظمة التركيز الشمسي على إنتاج البخار وكذلك على توليد الكهرباء بالطاقة الشمسية بدلا من الطاقة الأحفورية. [1] سنتعرف في هذا الفصل على الإشعاع الشمسي وأنواعه وكذلك على المركبات الشمسية وأنواعها ثم نتطرق الى دراسة نظرية للمركز الشمسي الأسطواني القطع مكافئ الذي يعتبر من أهم أنظمة التركيز الشمسي.

2-1 الإشعاع الشمسي:

هو الطاقة الصادرة عن الشمس تصل إلى الأرض في شكل أشعة كهرومغناطيسية بسرعة الضوء بزمن قدره 499 ثانية (8 دقائق و19 ثانية). [2]

2-2 طيف الإشعاع الشمسي :

تصل الطاقة الشمسية المنبعثة من الشمس إلى كوكب الأرض على شكل أشعة كهرومغناطيسية حيث يحتوي الإشعاع الشمسي على أطوال موجية تتوزع هذه الطاقة في الإشعاع المرئي والأشعة تحت الحمراء ذات الطول الموجي القريب من المرئي [3] وعلى ذلك يمكن تقسيم إشعاع إلى ثلاثة أنواع رئيسية كما يوضحه الجدول (2-1).

الجدول (2-1): الإشعاع الشمسي الواصل إلى سطح الأرض. [3]

المجال	الطول الموجي (λ)	النسبة التقريبية للطاقة الكلية	شدة الإشعاع
الأشعة فوق البنفسجية VI	[0.38-0]	7	95
الأشعة المرئية Visible	[0.78-0.38]	47.3	640
الأشعة تحت الحمراء IR	[4 -0.78]	45.7	618

2-3 ثابت الإشعاع الشمسي:

هو معدل تدفق الإشعاع الشمسي الذي يصل إلى سطح مساحته $1m^2$ مثبت في نهايته الغلاف الجوي الأرضي بحيث يكون عمودي على أشعة الشمس وذلك باعتبار المسافة بين الشمس والأرض عند قيمتها المتوسطة خلال السنة، تعطى قيمة الثابت الشمسي في أي وقت من السنة بالعلاقة التالية:

$$I = 1367 \left[1 + 0.034 \cos \left(N_j \frac{360}{365} \right) \right] \quad (1-2)$$

2-4 أنواع الإشعاع الشمسي:

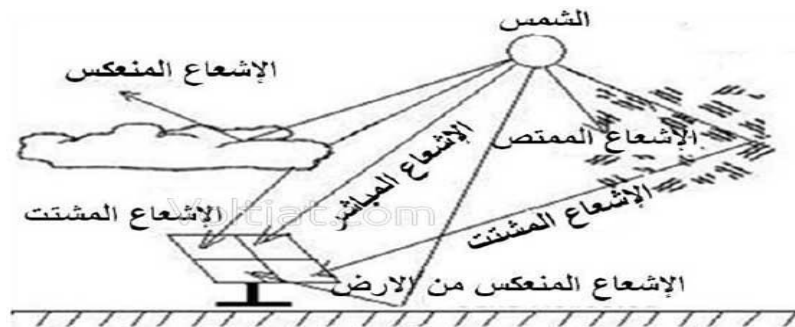
الإشعاع الشمسي الواصل إلى الأرض يتكون من ثلاثة أنواع وهي:

2-4-1 الإشعاع الشمسي المباشر: هو جزء من الإشعاع الشمسي الذي يصل إلى سطح الأرض بعد تعرضه لعوامل الامتصاص والانتشار. [4]

2-4-2 الإشعاع الشمسي المنتشر: هو جزء من الإشعاع الشمسي الذي يصل إلى سطح الأرض بعد تعرضه لعوامل الإنكسار والانعكاس. [4]

2-4-3 الإشعاع الشمسي الكلي:

هو إشعاع الشمسي الناتج عن مجموع الشعاعين المباشر و المنتشر.



الشكل (1-2): يوضح أنواع الإشعاع الشمسي. [5]

2-5 أهم الزوايا الشمسية:

2-5-1 زاوية الانحراف الشمسي (δ):

هي الزاوية التي يصنعها الإشعاع الشمسي الذي يسقط على الأرض عند خط الإستواء ، تتراوح قيمتها بين $+23.45$ و -23.45 وتحسب بالعلاقة التالية :

$$\delta = 23.45^\circ \sin \frac{360}{365} (284 + N_j) \quad (2 - 2)$$

N_j : رقم اليوم في السنة

2-5-2 زاوية الساعة الساعية (ω) :

نتيجة دوران الأرض حول نفسها فإن الإشعاع الشمسي يسمح دورة كاملة حول الأرض 360° خلال 24 ساعة وفق دائرة العرض، (15° لكل ساعة) مع إعتبار الزوال هو المبدأ ($w=0$)، تعطى عبارة الزاوية الساعية بالعلاقة التالية:

$$\omega = 15(TV_s - 12) \quad (3-2)$$

TV_s : يمثل التوقيت الشمسي الحقيقي

2-5-3 زاوية الإرتفاع (h) :

هي الزاوية المحصورة بين أشعة الشمس والأفق هذه الزاوية تساوي صفر عند شروق وغروب الشمس وتأخذ القيمة العظمى عند الزوال. حسب العلاقة التالية [6]:

$$[6] \sin h = \sin \varphi . \sin \delta + \cos \varphi . \cos . \delta \cos \omega \quad (4 - 2)$$

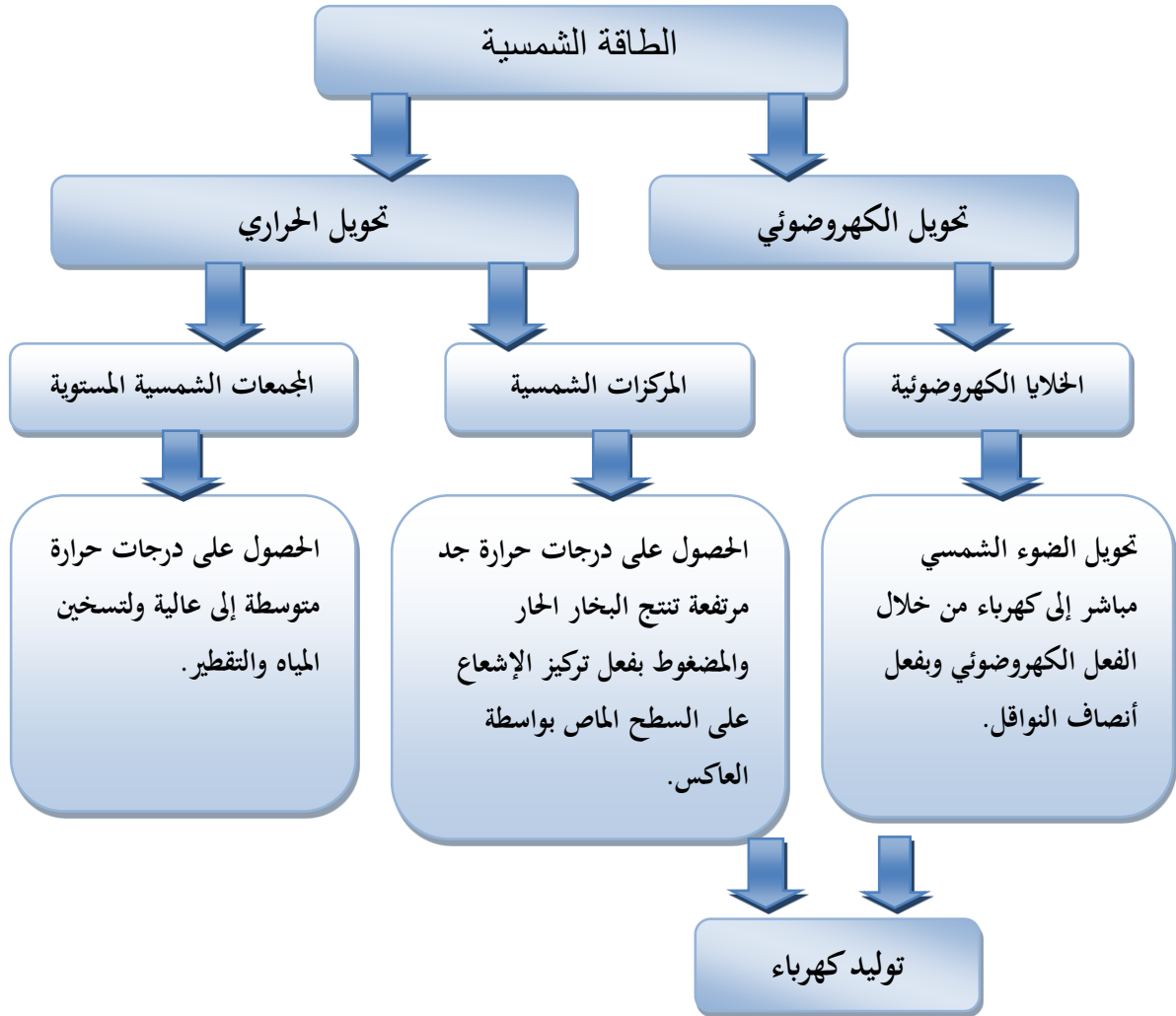
حيث φ زاوية العرض للمنطقة و ω زاوية الساعة الشمسية.

2-6 استخدامات الطاقة الشمسية:

2-6-1 استخدامات حرارية: تعتبر الأكثر تعقيدا من سابقتها نحصل عليها بمجرد تحويل الإشعاع الشمسي إلى

طاقة حرارية عن طريق المجمعات الشمسية والمواد الحرارية. [2]

2-6-2 استخدامات كهربائية: نحصل على هذه الطاقة من خلال آلية التحويل الكهروضوئي للطاقة الشمسية. [2]



الشكل (2-2): مخطط استخدامات الطاقة الشمسية. [7]

2-7 المركبات الشمسية:

هي منظومة خاصة بتركيز الطاقة الشمسية إلى طاقة حرارية أو كهربائية لكونها تمتلك سطوح عاكسة لتركيز الإشعاع الشمسي إما بشكل خطي أو نقطي.

2-8 أنواع المركبات:

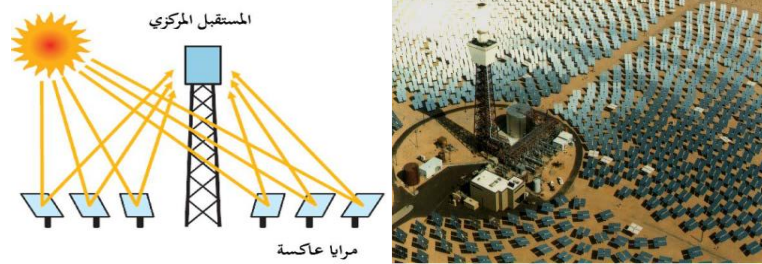
2-8-1 مركبات البؤرة النقطية:

هي المركزات التي تملك بؤرة نقطية تتجمع عندها الأشعة الشمسية ويثبت فيها مستقبل قصد تحويل الحرارة للطاقة الشمسية. [8]

2-1-8-2 نظام برج الطاقة المركزي (CRS)

يتكون (CRS) من مرايا مستوية مثبتة في مساحات شاسعة ويتم توجيهها لتعكس الإشعاع الشمسي نحو مستقبل مركزي موجود في قمة برج وتكون هذه المرايا مزودة بنظام تتبع شمسي على محوري دوران يتم تحويل الطاقة الشمسية إلى حرارة بواسطة المستقبل المركزي ومن ثم تنتقل إلى مائع التوصيل الذي يكون عادة أملاح منصهرة ويتم عندها توليد بخار بواسطة المبادلات الحرارية ومن ثم إنتاج طاقة كهربائية عبر دورة

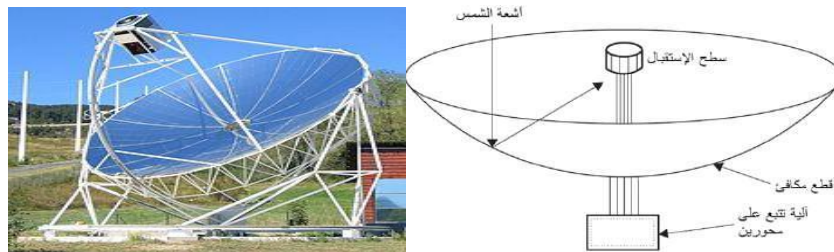
تيرموديناميكية [9]



الشكل (2-3): مركزات البرج الشمسي [10، 11]

2-1-8-2 نظام الصحن القطع مكافئ (DP)

يتكون من سطوح عاكسة مقعرة ذات شكل قطع مكافئ وجهاز استقبال مثبت في البؤرة النقطية، يتم تتبع الشمسي على محورين حيث يتم امتصاص الإشعاع الشمسي على شكل حرارة من طرف جهاز استقبال يحتوي على غاز لتشغيل توربينات حيث تصل درجة حرارة هذا النوع إلى 1500 درجة مئوية.

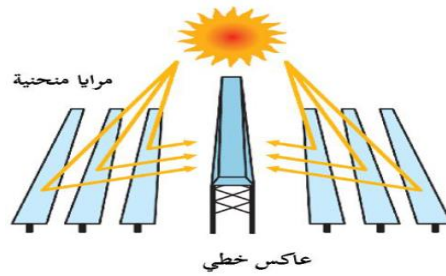


الشكل (2-4): نظام صحن قطع مكافئ. [12]

2-8-2-2 مركزات البؤرة الخطية: هي المركزات التي تملك خط بؤري خطي تتجمع فيه الأشعة الشمسية وعادة ما يثبت في هذا محور أنبوب ماص يسري به مائع ناقل للحرارة قصد التحويل الحراري للطاقة الشمسية. [8]

2-8-2-1 نظام عاكس فرينل الخطي (LFR)

يتكون هذا النظام من مرايا مسطحة تعمل على توجيه وتركيز الإشعاع الشمسي نحو جهاز الاستقبال الخطي يقع على بعد أمتار فوق حقل المرآة الأولية ولتحقيق هذا يتطلب وجود مرآة ثانوية فوق جهاز الاستقبال لإعادة تركيز الأشعة الضائعة. [10]



الشكل (2-5): نظام عاكس فرينل الخطي. [10]

2-8-2-2 المجمع الشمسي الأسطواني قطع مكافئ (PTC)

مجمع (PTC) هو مجمع على شكل حرف U له مقطع عرضي على شكل قطع مكافئ، يتكون من سطح عاكس متمثل في مرايا تثبت طولياً على صورة قطع مكافئ أسطواني تكون ذات وزن خفيف لسهولة التتبع الشمسي، يقوم بتجميع الإشعاع الشمسي المعكوس من طرف سطح العاكس نحو المحور البؤري الذي يتوفر على أنبوب مستقبل به سائل (ماء) لنقل الحرارة، حيث تصل درجة حرارته حوالي 400 درجة مئوية [13].



الشكل (2-6): المجمع الشمسي الأسطواني القطع مكافئ. [14،1]

2-9-2 المركز قطع مكافئ الأسطواني:

2-9-1 مكوناته:

يتكون (PTC) من عناصر جد مهمة تتمثل في سطح عاكس أسطواني قطع مكافئ الذي يتمركزه عنصر جامع للحرارة (HCE) مثبت بالمحور البؤري ، يسري في هذا الأخير مائع ناقل للحرارة (HTF) ليكتسب عندها حرارة لينقلها من ثم إلى وسط التخزين ، يتميز الـ(PTC) بأبعاد محددة تشمل الطول L عرض الفتحة w والبعد البؤري f والإرتفاع H .

2-1-9-2-1 العاكس:

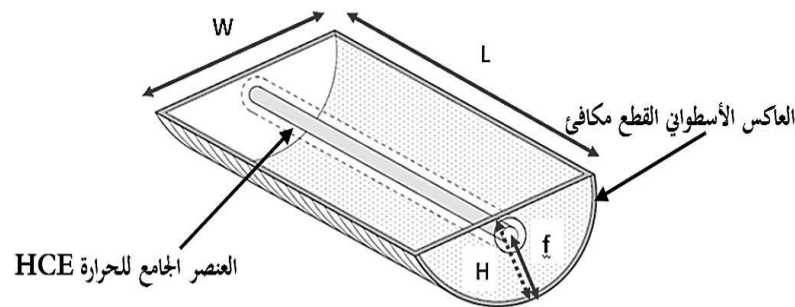
يتكون سطح العاكس من مرآة زجاجية أو Inox أو ألومنيوم يتخذ شكل قطع مكافئ أسطواني ذو مقطع عرضي ، حيث يتجاوز معامل إنعكاسه 88% يتم تثبيته طوليا وبدقة من خلال هيكل الدعم الذي يجب أن تتوفر فيه صلابة وقوة لتحمل نظام لـ PTC، كما يتميز أيضا بخفة الوزن لسهولة حركة التتبع الشمسي.

2-1-9-2-2 العنصر الجامع للحرارة (HCE) :

هو أنبوب مستقبل يقع في الخط البؤري للعاكس قطع مكافئ يتكون من أنبوب امتصاص مصنوع من النحاس عادة أو فولاذ مقاوم للصدأ يكون سطحه الخارجي مطلي بطبقة إنتقائية لتحسين خواصه الضوئية (إمتصاصية الضوء المرئي) وذلك من أجل التقليل من الضياعات الحرارية. [10]

2-1-9-2-3 المائع الناقل للحرارة (HTF) :

الموائع الأكثر شيوعا هي (الهواء ، الماء ، الأملاح المنصهرة ، الزيوت الهيدروكربونية) فعند إختيار هذه الموائع لابد من مراعاة بعض المعايير نذكر أهمها :السعة الحرارية ونقطة الغليان المرتفعة ،نقطة التجمد المنخفضة، معامل التمدد و اللزوجة المنخفض.



الشكل (7-2): مخطط الـ PTC [9]

2-10-2 هندسة الـ PTC:

2-10-2-1 معادلة الشكل :

تعطى معادلة الشكل للقطع مكافئ بالمعادلة التالية: [10]

$$[10]y = \frac{1}{4.f} x^2 \quad (5-2)$$

حيث f : البعد البؤري

تتمثل أبعاد PTC في الطول L وعرض الفتحة w وإرتفاع حافة العاكس h_c حيث حافتي العاكس تتميز بالإحداثيات الديكارتية $(x = \pm \frac{w}{2}, y = h_c)$.

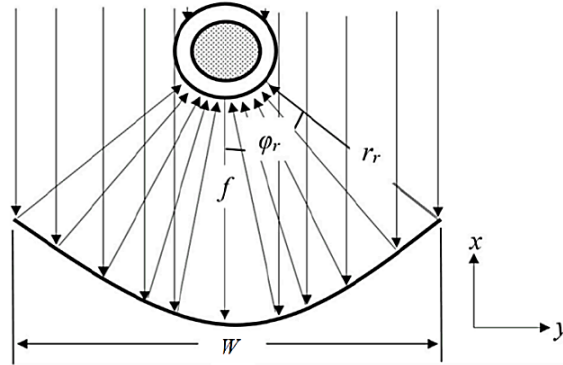
2-10-2 البعد البؤري f :

بتعويض إحداثيات الحافة في المعادلة الديكارتية نحصل على عبارة البعد البؤري f بدلالة أبعاد PTC. [9]

يكتب البعد البؤري بطريقتين:

$$f = \frac{w^2}{16h_c} \quad (6-2)$$

$$f = \frac{w}{4.\tan\left(\frac{\phi_r}{2}\right)} \quad (7-2)$$



الشكل (8-2): زاوية الحافة وزاوية القبول لل PTC [15]

حيث ϕ_r : هي الزاوية المحصورة بين محور الترتيب ومحور تناظر المنحنى القطع المكافئ (Oy) والخط الرابط بين

البؤرة وحافة العاكس. [10]

تعطى بالعلاقة التالية:

$$[10]\phi_r = \sin^{-1}\left(\frac{w}{2.r_r}\right) \quad (8-2)$$

يحسب نصف قطر العاكس (r) عند أي نقطة بالعلاقة التالية:

$$[10]r = \frac{2f}{1+\cos \theta_r} \quad (9-2)$$

نتحصل على نصف قطر الحافة عندما $\theta = \theta_r$:

$$r_r = \frac{2f}{1+\cos \theta_r} \quad (10-2)$$

2-10-3 مساحة الفتحة A_{ap} :

وهي مساحة التي تستقبل الإشعاع الشمسي المباشر وتتعلق بطول اللاقط الشمسي وعرض الفتحة، تعطى المساحة الكلية لفتحة اللاقط بالعلاقة الآتية: [10]

$$A_{ap} = W \cdot L \quad (11-2)$$

المساحة الخارجية لأنبوب السطح الماص :

$$A_{ro} = \pi \cdot D_{ro} \cdot L \quad (12-2)$$

2-10-4 التركيز الهندسي: هي النسبة بين شدة الإشعاع الشمسي الساقط على الخط البؤري _ بعد التركيز _ وشدة الإشعاع الشمسي المباشر الساقط على فتحة اللاقط. [10]

$$CR = \frac{A_{ac}}{A_{ro}} \quad (13-2)$$

2-11 المردود الضوئي η_{op} :

يتعلق المردود الضوئي للمجمع الشمسي بمعامل الإعتراض ومعامل التراجع الهندسي وزاوية الورود (السقوط)، كما يتعلق بالخواص الضوئية للمواد من بينها إنعكاسية سطح العاكس، نفاذية ظرف زجاجي، إمتصاصية الأنبوب الماص. [10]

يعطى بالعلاقة التالية:

$$[10]\eta_{op} = \rho \cdot \tau_c \cdot \tau_e \cdot a_r \cdot \gamma [1 - A_f \cdot \tan \theta] \cos \theta \quad (14-2)$$

2-12 أنظمة تتبع المركز الأسطواني القطع مكافئ:

للحصول على أكبر كمية من الإشعاع الشمسي المباشر في مختلف التطبيقات الضوئية والحرارية نحن بحاجة إلى تتبع مستمر لتوجيه فتحة المجمع نحو مسار الشمس حتى تبقى أشعة الشمس ناظمية أو شبه ناظمية على فتحة المجمع خلال مدار مدة التشميس [8].

2-12-1 التتبع الشمسي بمحوري دوران :

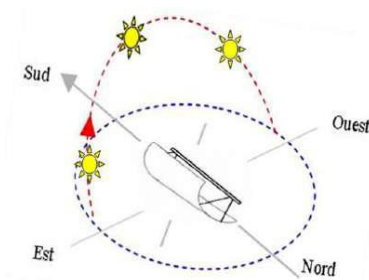
في هذه الحالة يتم تحريك المجمع الشمسي رأسيا نحو الإرتفاع الشمسي وأفقيا نحو سمت الشمس، بحيث تبقى أشعة الشمس دوما تقع في المستوى الناظمي على سطح الفتحة، ومنه تنعدم زاوية الورود ويكون المردود الضوئي أعضما. [16]

2-12-2 التتبع الشمسي بمحور دوران واحد:

تكون هذه الحالة حركة اللاقط رأسيا نحو إرتفاع الشمس بحيث تبقى أشعة الشمس دوما تقع ناظمية على سطح الفتحة ، وبالتالي التحسين في قيمة المردود الضوئي η_{op} يوجد على ثلاثة أنواع وهي (شرق_غرب)،(شمال_جنوب)،(شرق _ غرب قطبي). [9]

■ في حالة أنبوب الاستقبال متجه نحو شمال_جنوب مع تتبع شمسي (شرق_غرب) تكتب زاوية السقوط كالتالي:

$$[\text{9}] \cos \theta = \sqrt{(\cos \delta \sin \varphi \cos \omega - \cos \delta \cos \omega)^2} \quad (15_2)$$

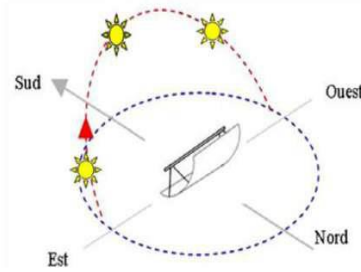


الشكل (2-9):تتبع شمسي (شرق_غرب) لمركز قطع مكافئ أسطواني [17].

■ في حالة أنبوب الاستقبال متجه نحو شرق_غرب مع تتبع (شمس_شمال) جنوب زاوية السقوط تعطى بعلاقتين :

$$[\text{9}] \cos \theta = \sqrt{1 - \cos^2 \delta \sin^2 \omega} \quad (16_2)$$

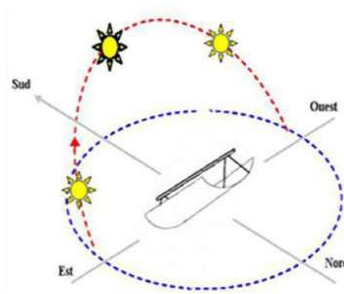
$$[\rho] \cos \theta = \sqrt{\sin^2 \delta - \cos^2 \delta \sin^2 \omega} \quad (1-2)$$



الشكل (2-10): تتبع شمسي شمال_جنوب لمركز قطع مكافئ أسطواني [17]

- في حالة أنبوب الاستقبال متجه شمال_جنوب مع تتبع شمسي (شرق_غرب قطبي) تكتب زاوية السقوط كالآتي:

$$\cos \theta = \cos \delta \quad (18_2)$$



الشكل (2-11): تتبع شمسي شرق_غرب قطبي لمركز قطع مكافئ أسطواني. [17]

2-12_3 حالة عدم التبع (تثبيت اللاقط الشمسي):

في هذه الحالة تتعلق زاوية السقوط بين الإشعاع الشمسي والناظم على سطح فتحة المجمع الشمسي بزوايا (دائرة خط العرض للمنطقة، زاوية الإنحراف الشمسي، زاوية ساعة الساعية، زاوية ميلان سطح المجمع عن الأفق، زاوية السميت) وتعطى بالمعادلة التالية:

$$\begin{aligned} \cos \theta = & \sin \varphi (\sin \delta \cdot \cos \beta + \sin \delta \cdot \cos \omega \cdot \cos w \cdot \sin \beta) \\ & + \cos \varphi (\cos \delta \cdot \cos w \cdot \cos \beta - \sin \delta \cdot \sin a \cdot \sin \beta) \\ & + (\cos \delta \cdot \sin a \cdot \sin w \cdot \sin \beta) \end{aligned} \quad (19-2)$$

في حالة سطح الفتحة أفقية تصبح زاوية الورد :

$$[9] \cos \theta = \sin \varphi \cdot \sin \delta + \cos(\varphi - \beta) \cdot \cos \delta \cos \omega \quad (20-2)$$

من أجل توجيه المجمع نحو الجنوب ($\alpha = 0$) مع ميلان عن الأفق بزاوية

$$(21-2) [9] \quad \cos i = \sin(\varphi - \beta) \cdot \sin \delta + \cos(\varphi - \beta) \cdot \cos \delta \cdot \cos \omega$$

2-13 النمذجة الحرارية:

2-13-1 الحرارة المفيدة Q_u :

يتم حساب الحرارة المفيدة لل PTC من خلال الفرق في درجات حرارة المخرج والمدخل ل HTF

المتدفق في أنبوب الماص: [10]

$$[10] Q_u = m_f \cdot C_p \cdot (T_{out} - T_{int}) \quad (22-2)$$

2-13-2 الإشعاع الشمسي المعترض Q_s :

الإشعاع الشمسي الذي يعترض فتحة اللاقط الشمسي (PTC).

$$[10] Q_s = A_{ac} \cdot G_B \quad (23-2)$$

2-13-3 الكفاءة الحرارية η_{th} : هي نسبة بين حرارة المفيدة للمجمع PTC والإشعاع المباشر تعطى

بالعلاقة التالية: [10]

$$\eta_{th} = \frac{Q_u}{Q_s \cdot \eta_{op}} \quad (24-2)$$

2-14 معادلات الموازنة الحرارية:

تحدث تبادلات حرارية بين الهواء الجوي ومكونات PTC (غطاء زجاجي، أنبوب ماص، مائع) بالإعتماد على القانون الأول التيرموديناميك، سنقوم بكتابة معادلات الموازنة الحرارية لكل أسطح مكونات PTC عبر مقطع

عرضي للنظام. [9]

$$(2-25) \quad \phi_{st} = \phi_e - \phi_s + \phi_g$$

ϕ_{st} : التدفق الحراري المخزن

ϕ_s : التدفق الحراري الخارجي

ϕ_g : التدفق الحراري المتوالد

ϕ_e : التدفق الحراري الداخلي

2-14-1 معادلة موازنة الطاقة للأنبوب الماص:

تنتقل الحرارة من أنبوب امتصاص إلى مائع بالحمل القسري ومن الطرف الزجاجي إلى الأنبوب الماص بالحمل والإشعاع تكتب معادلة الموازنة: [9]

$$\begin{aligned} \rho_r \cdot A_r \cdot C_{pr} \cdot \frac{dT_r}{dt} &= I \cdot C_g \cdot \tau_e \cdot \rho^\circ \cdot \tau_e \cdot a_r \cdot \pi \cdot D_{ext} \\ &+ (h_{conv(r \rightarrow f)} + h_{conv(r \rightarrow e)})(T_e - T_r) \pi \cdot D_{ext} \\ [9] \quad &+ h_{conv(r \rightarrow f)}(T_f - T_r) \pi \cdot D_{int} \end{aligned} \quad (26_2)$$

مساحة مقطع جدار الأنبوب الماص

$$[9] A_r = \frac{\pi}{4} (D_{ext}^2 - D_{int}^2) \quad (27-2)$$

معامل انتقال الحرارة بالإشعاع بين الأنبوب الماص والطرف الزجاجي

$$[9] \quad h_{rad(e \rightarrow r)} = \frac{\sigma(T_r + T_e)(T_r^2 + T_e^2)}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1 - \varepsilon_1}{\varepsilon_e} \left(\frac{D_{ext}}{D_{int}} \right)} \quad (28-2)$$

2-14-2 معادلة موازنة الطاقة للمائع:

يحدث تبادل حراري بين مائع وأنبوب إمتصاص بواسطة حمل القسري وذلك حسب طبيعة المائع (رقائقي أو مضطرب) بحيث يتم تخزين المائع حرارة على شكل حرارة محسوسة (في غياب التغير التطوري للمائع) تؤدي إلى رفع درجة حرارته ومنه تكتب معادلة الموازنة الحرارية طاقة المائع : [9]

$$\rho_f \cdot A_f \cdot C_{pf} \frac{dT_f}{dt} = h_{conv(r \rightarrow f)}(T_r - T_f) \pi \cdot D_{int} \quad (29-2)$$

A_f مساحة مقطع الأنبوب الماص :

$$A_f = \frac{\pi}{4} D_{int}^2 \quad (30-2)$$

معامل إنتقال الحرارة بين الأنبوب الماص والمائع HTF

$$h_{conv(r \rightarrow f)} = \frac{Nu_{rf} \lambda_f}{D_{ri}} \quad (31-2)$$

مساحة التبادل الحراري بينهما:

$$Ar_{int} = \pi \cdot Dr_{int} \cdot L \quad (32-2)$$

■ في حالة السريان الرقائقي :

$$Re_D \leq 2300$$

$$Nu_f = 4.36$$

■ في حالة سريان المضطرب والإنتقالي من أجل $Re_D \geq 2300$ و $5 \cdot 10^6 \geq Pr \geq 2000$

$$(33-2) Nu_f = \frac{\left(\frac{c_f}{2}\right)(Re_D - 1000) Pr}{1 + 12.7 \left(\frac{c_f}{\epsilon}\right)^{1/2} (Pr^{2/3} - 1)} \left(\frac{Pr}{Pr_w}\right) 0.11$$

تعطى عبارة رينولدز عند قطر الأنبوب الماص :

$$(34-2) Re_D = \frac{V_f \cdot \rho_f \cdot Dr_i}{\mu_f}$$

يمكن حساب الخواص الحرارية عند متوسط درجة حرارة بين الأنبوب الماص والمائع.

معامل الإحتكاك C_f في حالة أنابيب ملساء :

$$(35_2) C_f = (1.58 \ln Re_D - 3.28)^{-2}$$

3-14-2 معادلة موازنة الضرف الزجاجي:

يستقبل ظرف زجاجي الإشعاع الشمسي المنعكس بعد النفاذ من الغطاء الزجاجي المسطح، يتم تبادل حراري بين الأنبوب الماص بالحمل والإشعاع وكذلك مع غطاء زجاجي المسطح بالحمل والإشعاع ونكتب معادلة الموازنة :

$$\rho_e \cdot A_e \cdot Cp_e \frac{dT_e}{dt} =$$

$$I \cdot c_g a_e \rho \pi \cdot De_{ext} + (h_{rad(e \rightarrow r)})(T_r - T_e) \pi \cdot De_{int} +$$

$$(36_2) h_{conv(e \rightarrow amb)}(T_{amb} - T_e) \pi \cdot De_{ext} + h_{rad(e \rightarrow c)}(T_c - T_e) \pi \cdot De_{ext}$$

مساحة مقطع جدار الظرف الزجاجي .

$$A_e = \frac{\pi}{4} (De_{ext}^2 - De_{int}^2) \quad (37_2)$$

درجة حرارة السماء بالعلاقة :

$$(38_2)T_c = 0.0552(T_a)^{1.5}$$

درجة حرارة الجو المحيط بالعلاقة :

$$(39_2)T_a = \left[\frac{T_{aMax} - T_{aMin}}{2} \right] \sin \left[\frac{(t-8)\pi}{12} \right] + \left[\frac{T_{aMax} + T_{aMin}}{2} \right]$$

T_{aMax} : درجة حرارة الجوى المحيط القصى

T_{aMin} : درجة حرارة الجوى المحيط الدنيا

t : التوقيت المحلي معبر عنه بالساعات ، نعتبر درجة حرارة الهيكل المعدني هي درجة حرارة الجو المحيط. [9]

2-15-15 التخزين الحراري:

تصنف الطاقة الحرارية حول آلية التخزين كما يلي:

2-15-1-1 التخزين على شكل حرارة محسوسة (Sensitive Heat):

في حالة تخزين حرارة محسوسة ، يتم تخزين طاقة تم تحريرها عن طريق رفع أو خفض درجة حرارة مادة التخزين الصلبة (الحصى) أو السائلة كالزيوت الهيدروكربونية. [10]

2-15-2-2 تخزين على شكل حرارة (Latent Heat) :

يتم في هذا النوع تخزين الطاقة على شكل تغير في الحالة الفيزيائية (الصلبة_السائلة)، حيث يتطلب هذا النوع طاقة تخزين أكبر كالأملح المنصهرة. [10]

2-15-3-3 التخزين الكيميائي للحرارة (chemical Heat) :

يختلف هذا النوع حسب كمية الحرارة التي يمكن تخزينها لكل وحدة من وسط التخزين، وكذلك درجات حرارة التخزين. [9]

الخاتمة

تم في هذا الفصل التعرف على الإشعاع الشمسي أنواعه وأهم زواياه، ثم تطرقنا إلى المركزات الشمسية وأنواعها الخطية والنقطية وفي الأخير قمنا بدراسة نظرية لمنظومة المركز الأسطواناني القطع مكافئ ومعرفة مكوناته وهندسته وإستنتاج مختلف العلاقات الرياضية التي تخص هندسة العاكس وأبعاد المستقبل، و الفصل التالي سنهتم بدراسة التجريبية لهذه المنظومة .

مراجع الفصل الثاني

مراجع باللغة العربية:

- [1] د. مهندس كاميليا يوسف محمد - كتاب تكنولوجيا محطات المركبات الشمسية.
- [2] مداسي وائل - برزيقة عماد الدين - تحسين معامل الاستطاعة لنظام الضخ الكهروشمسي مذكرة ماستر أكاديمي تخصص فيزياء طاوقية جامعة قاصدي مرياح ورقلة 2018م.
- [3] كتاب الطاقة الشمسية واستخداماتها - للمهندس محمد أحمد السيد خليل - دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع القاهرة.
- [4] فراح هاجر - مهوبي خولة - مركبات الشمسية وأنظمة تخزين الطاقة الحرارية مذكرة ماستر أكاديمي تخصص فيزياء طاوقية جامعة قاصدي مرياح ورقلة 2018م.
- [5] دكتور مهندس كاميليا يوسف محمد - كتاب الطاقة الكهروشمسية - الإسكندرية - جمهورية مصر العربية - أكتوبر 2016م
- [6] شبعوات أحلام - فارسي إيمان - الحساب النظري والعملية لزاويا ميل المثلى للمرايا مسطحة في المركبات الشمسية الكهروضوئية بمنطقة ورقلة مذكرة ماستر أكاديمي تخصص فيزياء طاوقية جامعة قاصدي مرياح ورقلة 2019م.
- [7] د. مسعود يوسف عياش - تكنولوجيا الطاقة البديلة - عالم المعرفة الكويت فبراير 1981.
- [8] عيادي عائشة أطروحة نيل شهادة الدكتوراه تحت عنوان دراسة المركز الشمسي لضخ الإشعاع الشمسي لغرض التطبيقات الإلكترونية الضوئية تخصص كاشف وبصريات إلكترونية جامعة قاصدي مرياح ورقلة 2023م.
- [9] سوداني محمد البار تحقيق عملي لمركز شمسي أسطواني مكافئ ذي غطاء زجاجي مذكرة دكتوراه جامعة قاصدي مرياح ورقلة 2018.
- [10] عاشوري إنتصار أطروحة نيل شهادة الدكتوراه تحت عنوان دراسة فعالية التخزين الحراري للطاقة الشمسية المجموعة بواسطة المركز الشمسي الأسطواني القطع مكافئ (PTC) في منطقة ورقلة 2023م
- [13] بن عبد الله نجاح - طقيع سامية - المساهمة في تعميم المركبات الشمسية الكهروضوئية الحوضية عبر كامل الولايات الجزائرية - جامعة قاصدي مرياح ورقلة 2019م.
- [16] رحماني حنان - تايه فاطمة الزهراء مذكرة تخرج نيل شهادة ماستر أكاديمي بعنوان المحاكاة العددية لمركز قطع مكافئ اسطواني قائم على الموائع النانوية تخصص فيزياء طاوقية جامعة قاصدي مرياح ورقلة 2020م.
- [17] سهيلة بن زاهي - سهيلة بلخير مذكرة ماستر أكاديمي بعنوان دراسة مقارنة أنظمة التتبع الشمسي لمركز قطع مكافئ أسطواني جامعة قاصدي مرياح ورقلة 2016م.

مراجع باللغة الأجنبية :

[11] Jessica Leo. Modélisation et conduite optimale d'un cycle combiné hybride avec source solaire et stockage. Automatique / Robotique. Université Grenoble Alpes, 2015.

[12] <https://translatedengineeringbooks.wordpress.com/author/translatedengineeringbooks>.

[14] <https://www.researchgate.net/figure/The-fiberglass-reinforced-plastic-parabolic-trough-257885833>.- fig4

[15] A. M. İbrahim Halil Yılmaz, “Modeling, simulation and performance analysis of parabolic trough solar collectors: A comprehensive review,” Appl. Energy, vol. 225, pp. 135–174, 2018, doi: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.05>.

الفصل الثالث:

الدراسة التجريبية لل PTC

مقدمة

يضم هذا الفصل الدراسة التجريبية التي أجريت على المركز الشمسي الأسطواني القطع مكافئ الذي تم إنجازه من طرف الدكتور محمد البار سوداني، حيث هدف منها دراسة تأثير تركيز الأشعة الشمسية بواسطة PTC على أداء الخلية الكهروضوئية وتحديد العوامل التي تؤثر على كفاءتها ومن أجل هذا سنتعرف على طريقة العمل المتبعة لهذه التجربة للحصول على نتائج تجريبية .

3-1 وصف منطقة التجربة:

أجريت الدراسة التجريبية على مستوى مخبر الطاقات المتجددة للمناطق الجافة الصحراوية (LENREZA) التابع لجامعة قاصدي مرباح _ورقلة بكلية الرياضيات والعلوم المادة بقسم الفيزياء.

تقع منطقة ورقلة في الجنوب الشرقي للجزائر، وهي تتميز بالمواصفات الآتية:

- الموقع الجغرافي: تقع ورقلة بين خط طول (5° - 19°) شرقا ودائرة عرض (31° - 57°) شمالا.
- المناخ: ذات طابع صحراوي يكون حار و جاف صيفا وبارد شتاءا.
- الرطوبة النسبية: تتراوح بين (24%-62%) في السنة.
- درجة الحرارة: تتراوح درجة الحرارة بين (5°C - 44°C) في السنة.

3-2 الأجهزة والأدوات المستعملة خلال هذه التجربة :

- ألواح كهروضوئية مصغرة (polysilicium): ذات جهد 5 فولط والتيار 300 ميلي أمبير وأبعاد كل خلية طول 5.2cm وعرض 2.9cm .
- جهاز الأمير متر : جهاز لقياس الفولطية بين نقطتين في دائرة كهربائية ذو دقة قياس $\pm 2\%$
- جهاز الفولط متر : جهاز لقياس الفولطية بين نقطتين في دائرة كهربائية، ذو دقة قياس $\pm 0.5\%$
- مقاومة : تتميز هذه المقاومة بقيمة قصوى 33 أوم حيث يتحكم الجهد وكذلك تغير تدفق من خلال تقديم مجموعة مختلفة من القيم.
- جهاز حساسات قياس درجة الحرارة (thermocoples) : هو جهاز رقمي لقياس درجة الحرارة موصول بمزدوج حراري ويعطي قيمة درجة الحرارة في المكان الموضوع فيه.
- جهاز قياس الإشعاع الشمسي (Sohari mètre): هو جهاز يستخدم لقياس كمية الإشعاع الشمسي الواصلة إلى سطح معين.

- جهاز قياس درجة حرارة الجو (thermomètre): يوضع مقياس درجة حرارة الجو على ارتفاع واحد متر من سطح التربة في مكان به الظل ويكون متصل بجهاز الكمبيوتر.



الشكل (3-1): الأجهزة والأدوات المستعملة في التجربة.

3-3 المقادير المحسوبة خلال التجربة:

- تم أخذ القياسات المتعلقة بخلية واحدة وخليتين وأربعة خلايا في حالة توصيل على تسلسل ومن ثم قياس في كل مرة شدة التيار المنتجة والتوتر المنتج .
- تم أخذ القياسات المتعلقة بخلية واحدة وخليتين وأربعة خلايا في حالة توصيل على التفرع ومن ثم قياس في كل مرة شدة التيار المنتجة والتوتر المنتج .

3-4 وصف المركز الشمسي الأسطواني القطع مكافئ:

يتكون مركز الشمسي الأسطواني القطع مكافئ من الوحدة الميكانيكية (إطار دعم معدني)، وقاعدة التثبيت على سطح الأرض، والسطح العاكس الأسطواني القطع مكافئ، عنصر تجميع الحرارة (HCE)، ونظام التتبع الشمسي.



الشكل(3-2):صورة لنموذج المركز الشمسي الأسطواني قطع مكافئ

الأبعاد العددية لل PTC المتمثلة في الجدول (1-3):

الجدول (1_3) :يوضح المقادير العددية لل PTC المنجز

المقدار	القيمة
الطول PTC	70cm
عرض فتحة W	49,1cm
طول الحوض	60cm
البعد البؤري f	21cm
مساحة الفتحة A_{ap}	1,31 m ²
قطر الأنبوب الماص D_r	3cm
طول الأنبوب الماص (h)	80cm

3-5 خصائص اللوح الكهروضوئي المصغر:

petite cellule solaire
Matériau: polysilicium
Taille: env. 53 x 30 mm / 2,1 x 1,2 pouces
Poids: env. 48g/1,7oz
Puissance: 0,15W
Tension: 5V
Courant de fonctionnement: 300mA

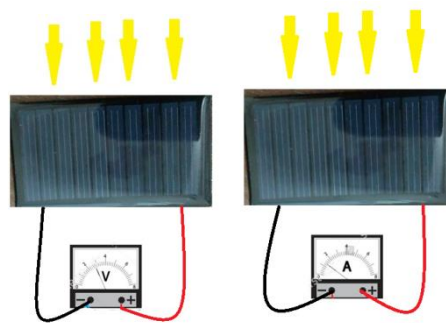


الشكل(3-3): يوضح صورة للوح كهروضوئي مصغر وخصائصه

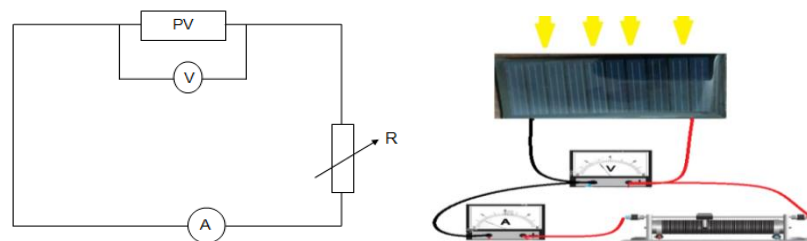
3-6 مراحل التجربة :

3-6-1 استنتاج خصائص اللوح الكهروضوئي :

في يوم 2024/1/9 قمنا بتثبيت خلية شمسية واحدة وربطها بجهاز فولط متر ثم تسليط الإشعاع الشمسي عليها وقياس جهدها (V_{CO}) وبعدها قمنا بنفس العمل باستبدال جهاز فولط متر بجهاز لأمبير متر وقياس تيارها (I_{CC}) ثم ربطها بعد ذلك بالمقاومة المتغيرة وحساب جهدها وتيارها من جديد مع التغير في المقاومة.



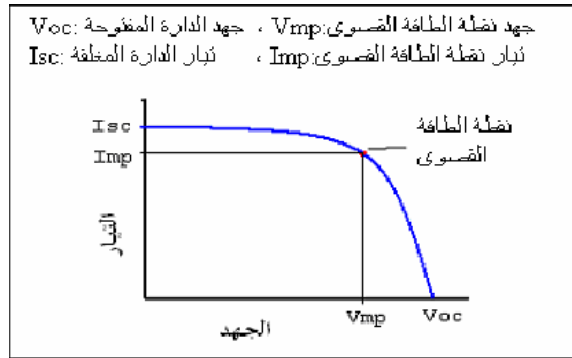
الشكل (3-4): توصيل لوح كهروضوئي مصغر بجهاز الفولط والأمبير متر.



الشكل (3-5): الدارة الكهربائية المكافئة لهذه الخلية

الجدول (3_2): يوضح خصائص اللوح الكهروضوئي المصغر.

750w/m ²	شدة الإشعاع الشمسي
10km/h	سرعة الرياح
35°c	درجة الحرارة
250mA	شدة التيار القصير I_{CC}
4,8v	الجهد V_{CO}
1,2 w	الإستطاعة العظمى P_{max}



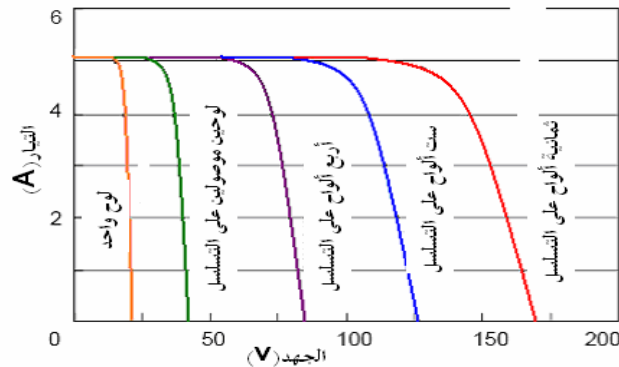
منحنى (1-3): خصائص الجهد والتيار لخلية سيليكونية وبين نقطة القدرة العظمى (MPP)

3-6-2 توصيل لوحين على التسلسل وعلى التفرع :

في يوم 2024/1/10 قمنا بتثبيت خليتين شمسيتين على التسلسل وربطهما مع جهاز الفولط والأمبير متر ثم تسليط لإشعاع الشمسي عليها ومن ثم قياس جهدهما وتيارهما مع تغير في المقاومة ، بعد ذلك قمنا بنفس العمل بالنسبة لخليتين شمسيتين مربوطين على التوازي.

3-6-2 توصيل أربعة ألواح على التسلسل:

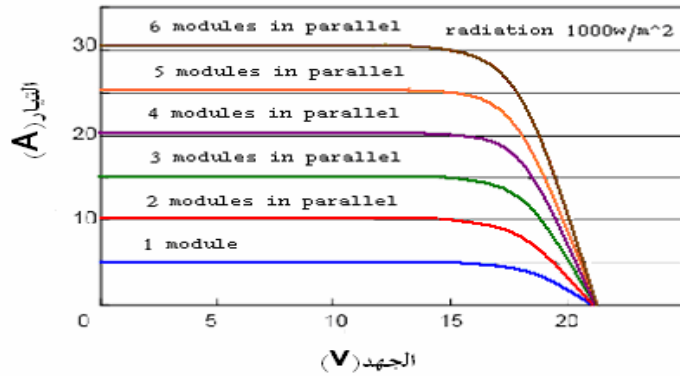
في يوم 2024/1/11 قمنا بتثبيت أربعة خلايا شمسية على التسلسل وربطهما مع جهاز الفولط والأمبير متر ثم تسليط لإشعاع الشمسي عليها ومن ثم قياس جهدهما وتيارهما مع تغير في المقاومة .



منحنى (2-3): يوضح الخاصية المثالية للألواح الشمسية المربوطة على التسلسل.

4-6-2 توصيل أربعة ألواح على التوازي:

في يوم 2024/1/12 قمنا بتثبيت أربعة خلايا شمسية على التوازي (التفرع) وربطهما مع جهاز الفولط والأمبير متر تم تسليط لإشعاع الشمسي عليها ومن ثم قياس جهدهما وتيارهما مع تغير في المقاومة.



منحنى (3-3): يوضح الخاصية المثالية للألواح الشمسية المربوطة على التفرع.

3-6-5 ربط خلايا شمسية على المركز الشمسي الأسطواني قطع مكافئ:

في يوم 2024/1/15 تم تثبيت عدد من الخلايا الشمسية على الأنبوب الماص للمركز الشمسي الأسطواني قطع مكافئ بغرض إنعكاس الإشعاع الشمسي عليهم بشكل أكبر، ومن تم ربطهم مع بعضهم على التسلسل بجهاز الفولط والأمبير متر والمقاومة المتغيرة وحساب جهدهم وتيارهم مع التغير في المقاومة، نقوم بنفس العمل وذلك في حالة ربط أو توصيل الخلايا الشمسية على التفرع من خلال هذا العمل يمكن المقارنة بين أداء خلية شمسية واحدة وخليتين وأربعة خلايا شمسية .

3-7-7 النتائج المحصل عليها من القياسات :

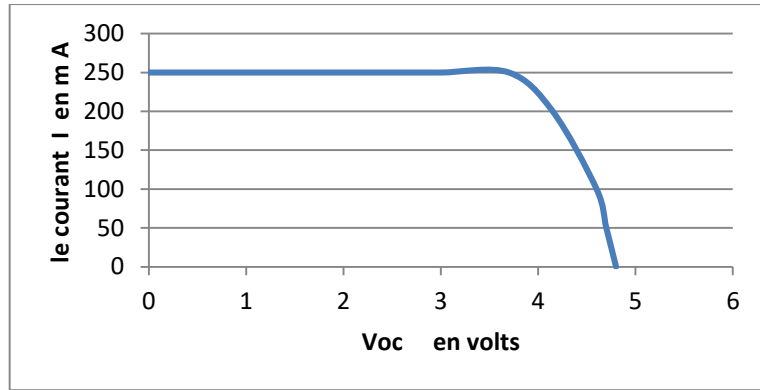
3-7-1 خلايا مسطحة :

■ خلية واحدة:

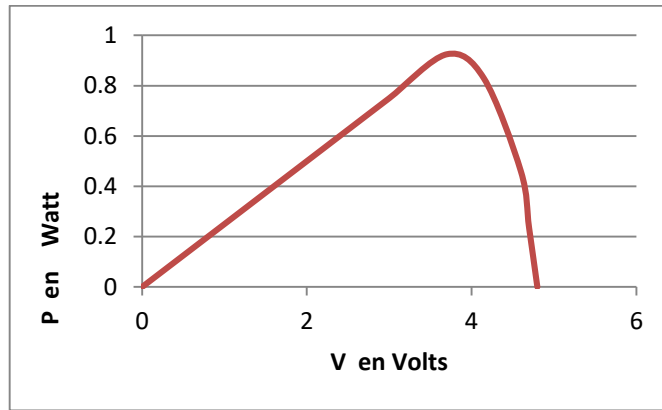
منحنى تغيرات التيار و الإستطاعة بدلالة الجهد لخلية واحدة حيث نلاحظ تزايد في قيمة الجهد من الصفر بالتزامن مع تناقص قيمة التيار لتصل إلى أعلى قيمة جهد التي تكون عندها قيمة التيار مساوية للصفر، من خلال ذلك نستطيع تحديد أعلى قيمة للإستطاعة الكهربائية للخلية الكهروضوئية.

الجدول (3_3) : تغيرات التيار و الجهد والإستطاعة لخلية واحدة.

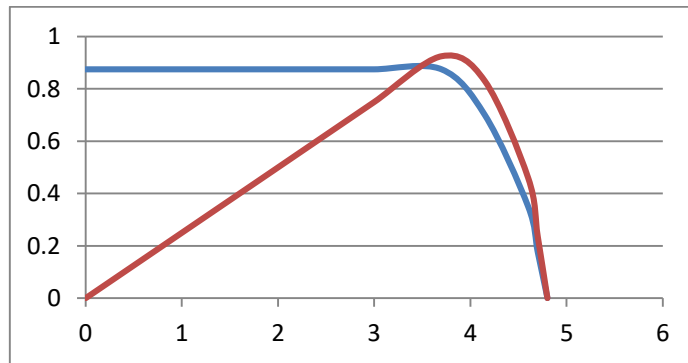
R(Ω)	0	4	6	7	8.8	10	12	14.8	20.75	46	94
V(volt)	0	1	1.5	1.75	2.2	2.5	3	3.7	4.15	4.6	4.7
I(A)	250	250	250	250	250	250	250	250	200	100	50
P(watt)	0.000	0.250	0.375	0.438	0.550	0.625	0.750	0.925	0.830	0.460	0.235



منحنى (3-4): تغيرات التيار بدلالة الجهد لخلية واحدة.



منحنى (3-5): تغيرات الإستطاعة بدلالة الجهد لخلية واحدة.



منحنى (3-6): تغيرات التيار و الإستطاعة بدلالة الجهد لخلية واحدة.

■ خليتين أو أربعة خلايا:

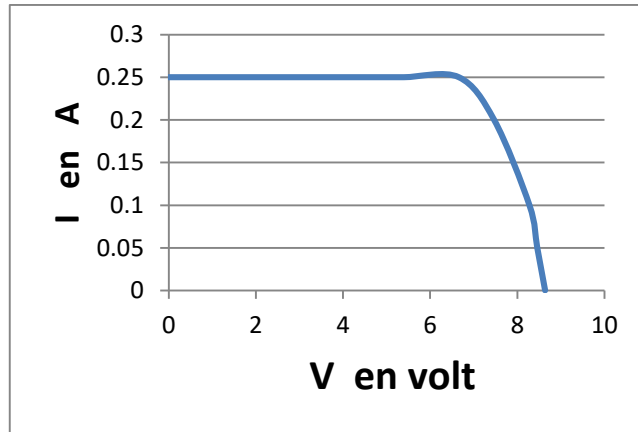
منحنى تغيرات التيار و الإستطاعة بدلالة الجهد لخليتين أو أربعة خلايا ،حيث نلاحظ يوجد فرق في قيمتي التيار والجهد بالنسبة لخلية واحدة وخليتين وأربعة خلايا مما يؤدي إلى تغير في الإستطاعة العظمى P_{max} حيث تساوي

لإستطاعة العظمى لخليتين 1.665 واط ولأربعة خلايا 3.3125 واط وهذا يعود إلى أن كلما زاد عدد الخلايا زادت الإستطاعة العظمى وبالتالي إزداد في المساحة.

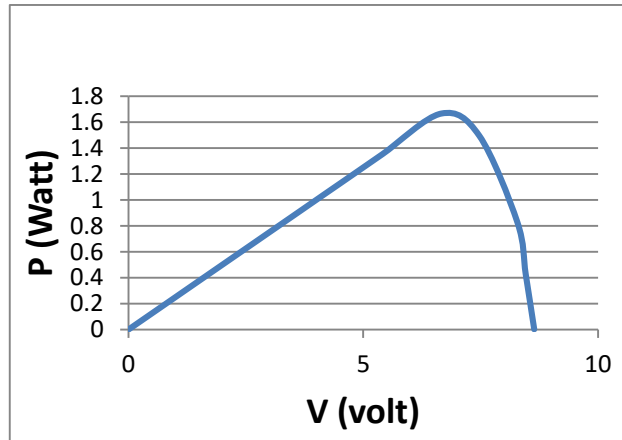
3-7-2 توصيل لوحين على التسلسل:

الجدول (3_4) : تغيرات التيار و الجهد والإستطاعة لخليتين مربوطتين على التسلسل.

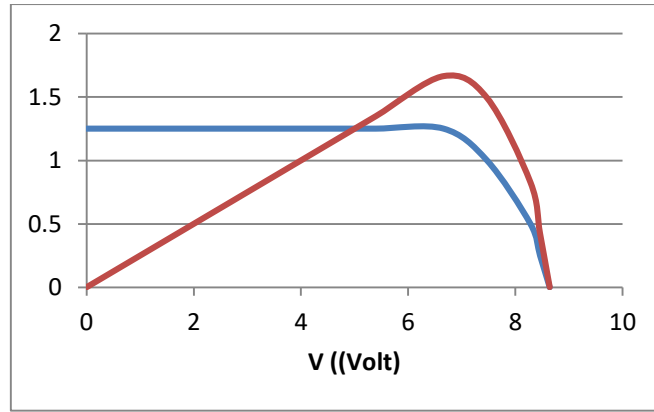
R(Ω)	0	4	6	7	8.8	10	12	14.8	20.75	46	94	48000
V(volt)	0	1.8	2.7	3.15	3.96	4.5	5.4	6.66	7.47	8.28	8.46	8.64
I(A)	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.2	0.1	0.05	0.0001
P(watt)	0	0.45	0.675	0.7875	0.99	1.125	1.35	1.665	1.494	0.828	0.423	0.000864



منحنى (3-7): تغيرات التيار بدلالة الجهد لخليتين مربوطتين على التسلسل.

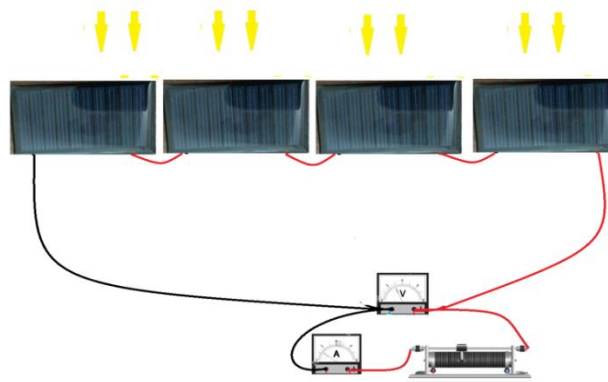


منحنى (3-8): تغيرات الإستطاعة بدلالة الجهد لخليتين مربوطتين على التسلسل.



منحنى (3-9): تغيرات التيار و الإستطاعة بدلالة الجهد لخليتين مربوطتين على التسلسل.

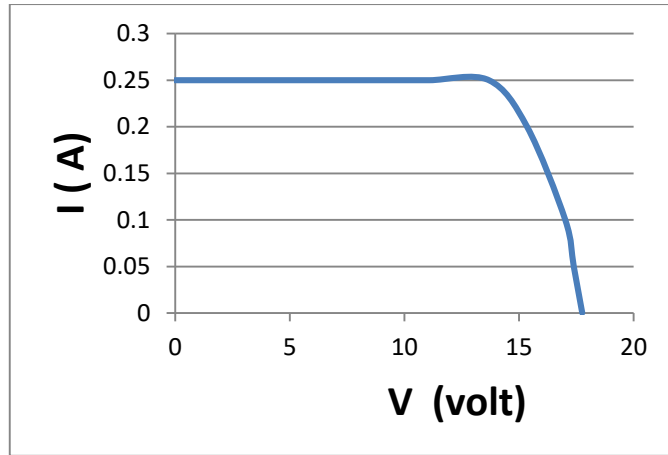
3-7-3 توصيل أربعة ألواح على التسلسل:



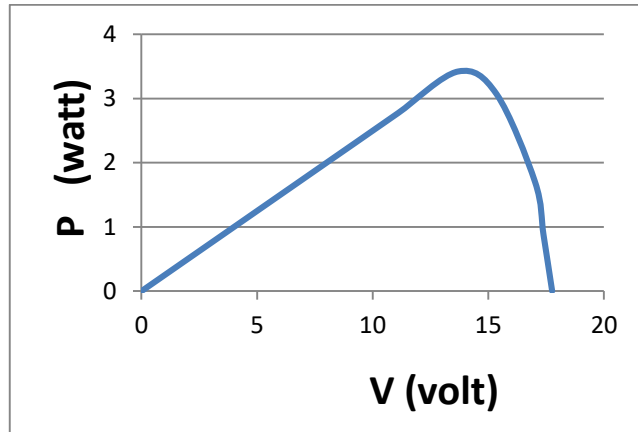
الشكل (3-6): أربعة ألواح كهروضمسية مربوطة على التسلسل.

الجدول (3_5) : تغيرات التيار والجهد والإستطاعة لأربعة خلايا مربوطة على التسلسل.

R(Ω)	0	4	6	7	8.8	10	12	14.8	20.75	46	94	48000
V(v)	0	3.7	5.55	6.475	8.14	9.25	11.1	13.69	15.355	17.02	17.39	17.76
I(A)	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.2	0.1	0.05	0.0001
P(w)	0	0.925	1.3875	1.61875	2.035	2.3125	2.775	3.4225	3.071	1.702	0.8695	0.001776



منحنى (3-10): تغيرات التيار بدلالة الجهد لأربعة خلايا مربوطة على التسلسل.

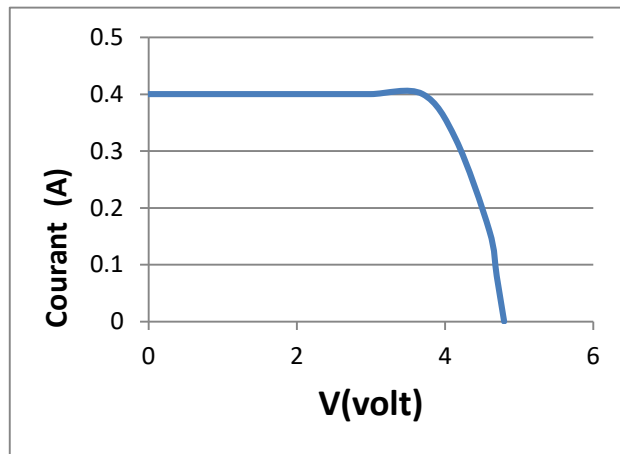


منحنى (3-11): تغيرات الإستطاعة بدلالة الجهد لأربعة خلايا مربوطة على التسلسل.

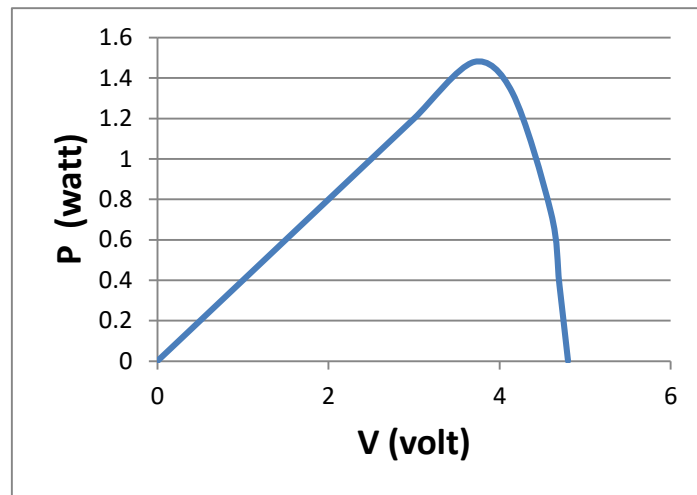
3-7-4 توصيل لوحين على التوازي:

الجدول (3_6) : تغيرات التيار و الجهد والإستطاعة لخليتين مربوطين على التوازي.

R(Ω)	0	4	6	7	8.8	10	12	14.8	20.75	46	94	48000
V(v)	0	1	1.5	1.75	2.2	2.5	3	3.7	4.15	4.6	4.7	4.8
I(A)	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.32	0.16	0.08	0.00016
P(w)	0	0.4	0.6	0.7	0.88	1	1.2	1.48	1.328	0.736	0.376	0.000768

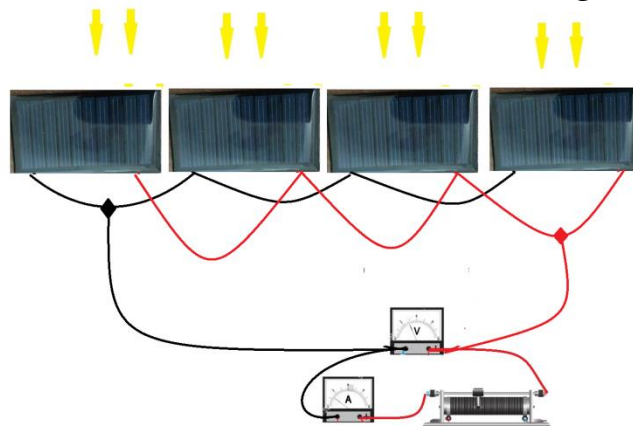


منحنى (12-3): تغيرات التيار بدلالة الجهد لخليتين مربوطتين على التوازي .



منحنى (13-3): تغيرات الإستطاعة بدلالة الجهد لخليتين مربوطتين على التوازي .

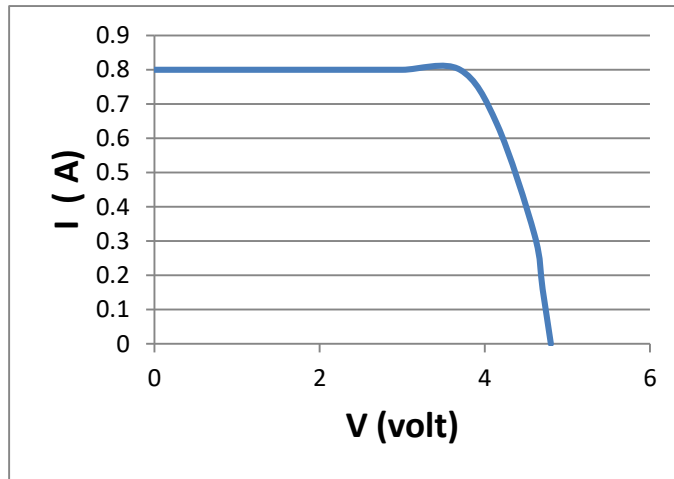
3-7-5 توصيل أربعة ألواح على التوازي:



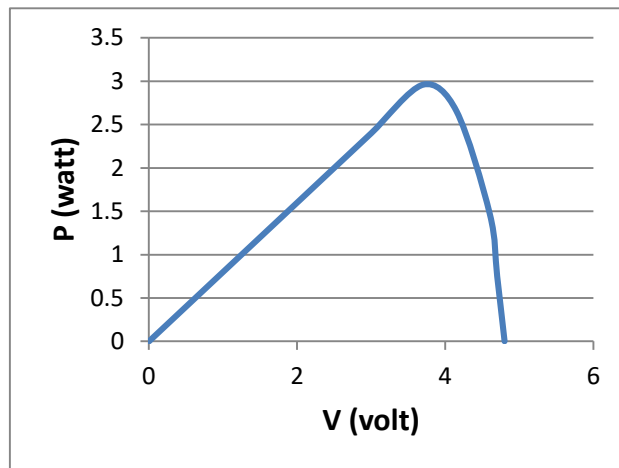
الشكل (3-7): أربعة ألواح كهروضوئية مربوطة على التوازي .

الجدول (7_3) : تغيرات التيار و الجهد والإستطاعة لأربعة خلايا مربوطة على التوازي.

R(Ω)	0	4	6	7	8.8	10	12	14.8	20.75	46	94	48000
V(v)	0	1	1.5	1.75	2.2	2.5	3	3.7	4.15	4.6	4.7	4.8
I(A)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.64	0.32	0.16	0.00032
P(w)	0	0.8	1.2	1.4	1.76	2	2.4	2.96	2.656	1.472	0.752	0.00154



منحنى (14-3): تغيرات التيار بدلالة الجهد لأربعة خلايا مربوطة على التوازي



منحنى (15-3): تغيرات الإستطاعة بدلالة الجهد لأربعة خلايا مربوطة على التوازي .

3-7-6 توصيل الألواح داخل مركز نصف أسطواني أو القطع مكافئ:

يتم تجميع الخلايا الكهربائية والمركزات الشمسية (مركز الشمسي الأسطواني قطع مكافئ) في وحدة متكاملة وذلك للحصول على كهرباء وحرارة أنيا بشكل أكثر فعالية ،عند دمج طيف شمسي وتوجيه جزء منه إلى خلايا شمسية

لتحقيق كفاءة تحويل عالية ، تتراجع كفاءة تحويل الخلايا نتيجة إرتفاع درجة حرارتها بفعل الأشعة تحت الحمراء المنبعثة من الشمس من جهة ومن جهة ثانية الحرارة المنبعثة من سطح المركز الأسطواني القطع مكافئ ولتعزيز كفاءة هذه الخلايا نستخدم المبادلات الحرارية التي يسري بها مائع مبرد لتبريد الخلايا الشمسية ومن ثم يكتسب هذا الأخير حرارة و يصبح مائع ذو درجة حرارة عالية (مائع مسخن) نستعمله في مختلف تطبيقات المنزلية والصناعية .

الجدول (3-8): توصيل الألواح على التسلسل وعلى التفرع داخل مركز نصف أسطواني.

عدد الألواح	الربط على التسلسل			الربط على التفرع			المساحة المستغلة	
	التيار	الجهد	الإستطاعة	التيار	الجهد	الإستطاعة		
1	0.25	3.5	0.925	0.25	0.25	0.925	0.159 cm ²	0.53 × 0.30 cm ²
2	0.25	6.66	1.66	1.66	4.15	1.33	0.318cm ²	
4	0.25	13.69	3.4	3.4	4.15	2.6	0.636cm ²	
8	0.25	27.2	6.8	6.8	4.15	4.96	1.272cm ²	

الجدول (3-9): توصيل الألواح على التسلسل والتفرع داخل مركز نصف أسطواني.

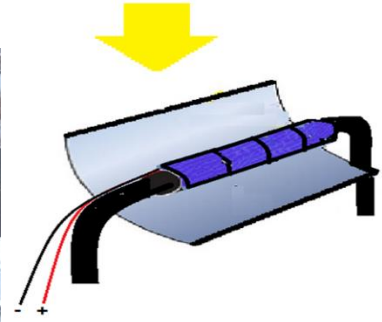
عدد الألواح	الربط على التسلسل وعلى التفرع في نفس الوقت			المساحة المستغلة
	التيار	الجهد	الإستطاعة	
2×2	0.32	6.66	2.13	0,636cm ²
4×4	0.64	13.69	8.76	1,272cm ²
8×	13.69	27.2	372.37	2,544cm ²

3-8 المحاكات: باستعمال نموذج النظام الهجين PVCT

3-8-1 نظام التهجين:

يتكون النظام الهجين الكهروضوئي الحراري من مركز شمسي أسطواني قطع مكافئ:

- محوره البؤري أنبوب التبريد
- تثبيت الألواح الكهروضوئية على السطح الخارجي لأنبوب الإمتصاص من كل الجهات



3-8-2 مبدأ نظام التهجين : يتمثل في إستقبال الأنبوب والألواح المركبة عليه للإشعاع العادي والإشعاع المركز وينتج من هذه العملية نوعين من الطاقة

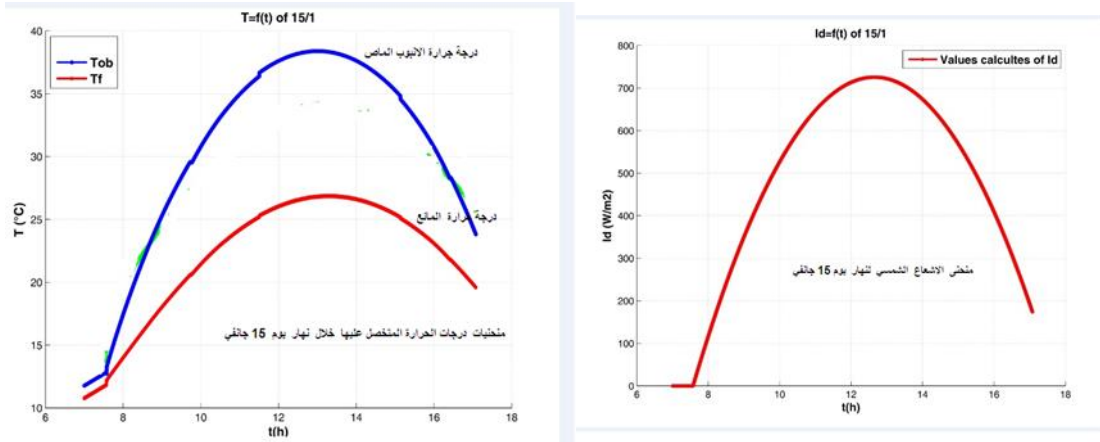
- طاقة كهربائية من الخلايا
- طاقة حرارية يمتصها المائع داخل الأنبوب
- وحرارة ممتصة تعمل على تبريد الألواح من الحرارة المركزة

نحصل باستعمال هذه التقنية على :

- مائع ساخن للتطبيقات الحرارية (تسخين ، تبخير، تقطير، تحليل)
- قدرة كهربائية عالية في مساحة مختصرة حسب أبعاد المركز الشمسي عوضا عن نشر الألواح على سطح مستوي تستهلك مساحة كبيرة.

ومن علاقات ومعادلات النمذجة الرياضية للنموذج التجريبي وباستغلال برمجيات الماتلاب سيميلنك تم إدراج المعادلات الخاصة بأبعاد المركز و تركيز الإشعاع وحساب المردود الضوئي ومعادلات الإنتقال الحراري (التوصيل والحمل والإشعاع) وتم الحصول على منحنيات درجات الحرارة على سطح الأنبوب الماص وحرارة المائع وكذلك بإدراج أبعاد الألواح الموزعة على الأنبوب الماص واستطاعتها تحصلنا على منحنيات الاستطاعة الكهربائية المنتجة من نضام التهجين.

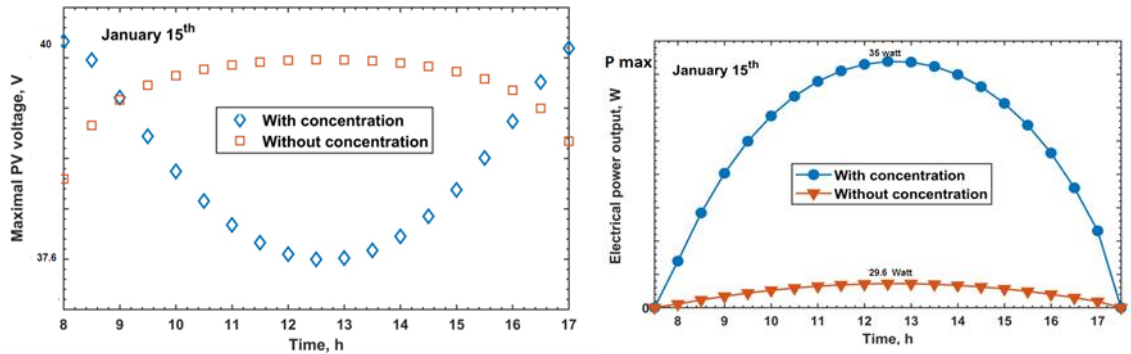
النتائج المحصل عليها



منحنى (3-17): تغيرات درجة حرارة الأنبوب الماص ودرجة الشمسيي بدلالة الزمن

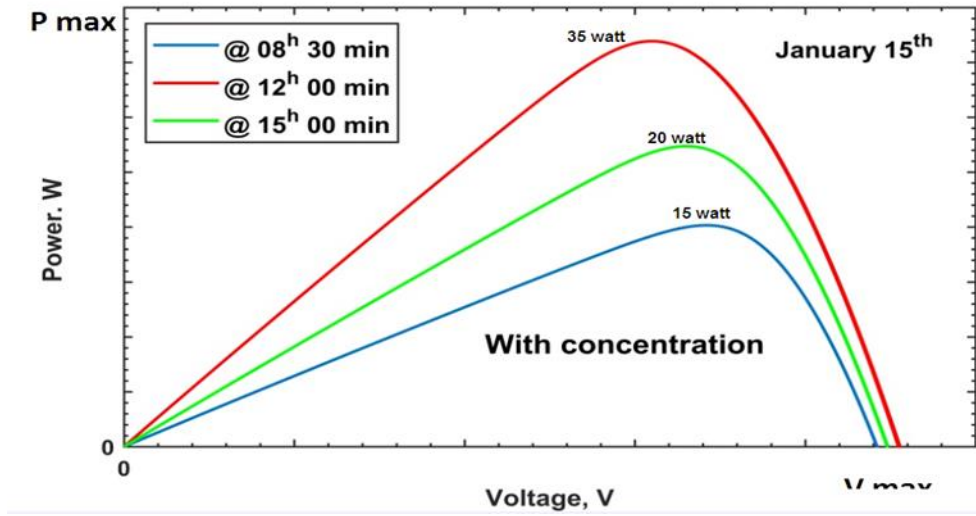
منحنى (3-16): تغيرات تدفق شدة الإشعاع حرارة المائع بدلالة الزمن

3-8-3 توزيع الألواح : تكون مساحة نشر الألواح على سطح مستوي تساوي 6متر مربع وتكون مساحتها موزعة على الأنبوب الماص في أربعة صفوف في كل صف ثمانية ألواح $S=1.2m^2$ ونحصل على النتائج التالية :



منحنى (3-19): تغيرات الجهد والاستطاعة بدلالة الزمن

منحنى (3-18): تغيرات الاستطاعة بدلالة الزمن



منحنى (3-20): معادلة الاستطاعة المحصل عليها خلال ساعة النهار

تحليل النتائج :

من منحنيات الإنتقال الحراري والقدرة الكهروضوئية يمكننا من توفير طاقة حرارية معتبرة وقدرة كهربائية في نفس الوقت وبنظام واحد ومن هذا النموذج المصغر يتم إنشاء نماذج ضخمة توفر لنا أضعاف الطاقة الحرارية والكهربائية في آن واحد حتى يتم تخفيض المساحات إلى 29 بالمئة من مساحة النشر العادي بدون استعمال المركز

3-9 التطبيقات العملية للنظام المركز الهجين :

استغلال المائع الساخن في التدفئة

استغلال المائع في إنتاج الماء المقطر

يمكن أيضا استعمال الطاقة الحرارية والكهربائية في آن واحد وتصميم أنظمة ملحقة كنتقير المياه أو تحليل كهربائي للماء الساخن لإنتاج الهيدروجين الأخضر والأكسجين.

الخاتمة:

من خلال دراستنا التجريبية قمنا بحساب الجهد و التيار والإستطاعة لخلية واحدة وخليتين وأربعة خلايا على التسلسل وعلى التفرع حيث استنتجنا أن الإستطاعة العظمى تزيد بزيادة عدد الخلايا الكهروضوئية ،ومن خلال تحليلنا لمنحنيات التجربة المخبرية الأخيرة لاحظنا زيادة الإستطاعة المركزة والإشعاع الشمسي المركز بزيادة الإشعاع الشمسي عند وصوله للذروة.

الخاتمة العامة

الخاتمة العامة

تعتبر الطاقة الشمسية واحدة من أهم مصادر الطاقة في العالم نظرا لامكانية استغلالها بصورة مستدامة وصديقة للبيئة تستخدم هذه الطاقة في توليد الكهرباء والحرارة مما يقلل الإعتماد على الوقود الأحفوري . حيث دراسة سلوك وعمل خلايا كهروضوئية تحت تأثير أشعة مكثفة في مركز اسطواني قطع مكافئ PTC هو موضوع دراستنا اذ قمنا بدراسة تجريبية تم فيها تثبيت الخلايا الكهروضوئية داخل ال PTC واستنتجنا الإستطاعة العظمى بزيادة عدد الخلايا الكهروضوئية وزيادة الإشعاع الشمسي المركز والاستطاعة المركزة بزيادة الإشعاع الشمسي عند وصوله للذروة وذلك من أجل تحسين كفاءة التحويل الكهروضوئي الذي يعد من أهم وأبرز طرق تحويل أشعة الشمس إلى كهرباء .

والتحويل الحراري الذي هو عملية نقل الحرارة من مصدر ساخن (خلايا كهروضوئية) إلى مصدر بارد(مائع) وهذا من أجل الإستفادة من الطاقة الشمسية بواسطة الأنظمة الهجينة الخلايا الكهروضوئية والمركز الأسطواني القطع المكافئ (PV-PTC)

تعتبر هذه الأخيرة (الأنظمة الهجينة) من أفضل التراكيب التي أعطت أعلى مردود وأعلى كفاءة للخلايا وذلك لحل مشكلة ضياع المساحات ومن ثم استغلال المساحات ومن ثم استغلال المساحات المتبقية في أعمال أخرى كالزراعة .

التوصيات والاقتراحات

استخدام مواد عالية الإنعكاس

استخدام خلايا عالية الكفاءة

تحسين زوايا الميل للمكثف بالنسبة للشمس لضمان التوجيه الأمثل للأشعة المكثفة على الخلايا.

المخلص

تعد الطاقة الشمسية من أبرز مصادر الطاقة المتجددة حيث يمكن استغلالها من خلال التحويل الكهروضوئي لإنتاج كهرباء مباشرة أو استغلالها في مختلف المجالات من خلال التحويل الحراري في هذا العمل قمنا بدراسة تأثير أشعة مكثفة على أداء الخلايا الكهروضوئية في مركز أسطواني قطع مكافئ حيث أظهرت النتائج أن وضع الخلايا الكهروضوئية على الأنبوب الماص يؤدي إلى إنتاج خلايا ذات استطاعة عظيمة وبذلك يمكن وضع العديد من الخلايا داخل المركز الأسطواني القطع مكافئ من أجل استغلال المساحات الكبيرة في اغراض أخرى كالزراعة مثلا تهدف هذه الدراسة إلى زيادة كفاءة التحويل الكهروضوئي والتقليل من الضياعات الحرارية في آن واحد وذلك بالإعتماد على نظام التهجين مما تساهم هذه الدراسة في تعزيز دور الطاقة المستدامة وتقليل الإعتماد على الوقود الأحفوري .

الكلمات المفتاحية: الإشعاع الشمسي ، مركز أسطواني قطع مكافئ (PTC)، الخلايا الكهروضوئية (PV)

Summary

Solar energy is one of the most important renewable energy sources that can be harnessed energy through photovoltaic conversion to produce electricity directly or utilized in various fields through thermal conversion .In the work , we studied the effect of intense radiation on the performance of photovoltaic cells in a cylindrical parabolic center . the results showed that placing the photovoltaic cells on the absorber tube leads to the production of cells with maximum power thus , many cells can be placed inside the cylindrical parabolic center to maximize the use of large areas . this study aims to increase the efficiency of photovoltaic conversion and reduce thermal losses simultaneously by relying on a hybrid system .our study contributes to enhancing the role of sustainable energy and reducing reliance on fossil fuels .

Keywords :

Solar radiation , center cylindrical grinding , cells Photovoltaic .