وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة قاصدي مرباح - ورقلة

كلية التكنولوجيات الحديثة للمعلومات والإتصال

قسم الإلكترونيك والإتصالات

مذكرة مكملة لنيل شهادة ماستر أكاديمي

ميدان: علوم وتكنولوجيا

فرع: الإلكترونيك

تخصص: إلكترونيك الأنظمة المضمنة

من إعداد:

وسام بوناصر رباب عمر

الموضوع:

دراسة ومحاكاة راسم الخصائص الكهربائية P-V و I-V للألواح الشمسية الكهروضوئية

نوقشت يوم 2024/06/23 أمام اللجنة المكونة من:

د. حمزة عثماني	**أستاذ محاضر أ**	**جامعة ورقلة**	**رئيســا**
د. محمد ياسين راشدي	**أستاذ محاضر أ**	**جامعة ورقلة**	**مشرفـا ومقررا**
د. نادية ظهراوي	**أستاذ محاضر أ**	**جامعة ورقلة**	**مناقشـا**

السنة الجامعية: 2024/2023

إهداء

من قال أنا لها .. نالها

وأنا لها وإن أبت رغماً عنها أتيت بها الحمد لله حباً وشكراً وامتنان على البدء والختام

(وَآخِرُ دَعْوَاهُمْ أَنِ الْحَمْدُ لِلَّهِ رَبِّ الْعَالَمِينَ)

الى من كلل العرق جبينه وعلمني أن النجاح لا يأتي إلا بالصبر و الأسرار ، الى النور الذي أنار دربي والسراج الذي لا ينطفئ نوره بقلبي أبداً ، من بذل الغالي والنفيس واستدميت منه قوتي واعتزازي بذاتي (والدي العزيز)

الى من جعل الله الجنة تحت أقدامها وسهلت لي الشدائد بدعائها، الى الانسانة العظيمة التي طالما تمنت أن تقر عينها برؤيتي في يوم كهذا (والدتي الحبيبة)

الى ضلعي الثابت وأمان أيامي، الى من شددت عضدي بهم فكإنو لي ينابيع أرتوي منها، الى خيرة أيامي وصفوتها الى قرة عيني، اخوتي نور الهدى وعبد القادر وايمن وابتهال.

الى كل من كان عوناً وسنداً في هذا الطريق ... للأصدقاء الأوفياء ورفقاء السنين وأصحاب الشدائد و الأزمات.

الى من أفاضني بمشاعره ونصائحه المخلصة إليكم عائلتي هديكم هذا الإنجاز

وثمرة نجاحي الذي لطالما تمنيته.

ها أنا اليوم أتممت أول ثمراته بفضل من الله عز وجل، فالحمد لله على ما وهبني، وأن يعينني ويجعلني مباركة أينما كنت.

وأخيرًا، إلى روح امي الغالية، التي رحلت عن دنيانا، تمنيت لوكنتي اليوم معنا لتشاركيني هدا الفرح اسال الله ان يسكنك فيسح جناته.

وسام بوناصر

إهداء

إلى أمي الحبيبة وأبي العزيز، اللذين كانا لي الداعم والسند في كل خطواتي. أنتما النور الذي أضاء لي دربي، وبفضل دعائكما وتوجيهاتكما وصلت إلى هذا اليوم.

إلى بلسم الفؤاد أخواتي: هاجر ،اسيا، مريم، كوثر، أروى، سارة .

الى شركاء الأفراح والأحزان إخوتي :يوسف, نوح, عيسى, شعيب, يونس, عدنان, رضا الذين لم يبخلوا عليّ بدعمهم ومساندتهم.

أحبائي أبناء أخي :أسيمة ,عبد الرقيب, مصعب, عزام الذين كانوا دائمًا مصدر البهجة والسعادة في حياتي.

إلى كل من رافقني في مشواري الدراسي، من أساتذة وأصدقاء، لكم مني كل الشكر والتقدير.

وأخيرًا، إلى روح أخي الغالي إسحاق، الذي رحل عن دنيانا، أتمنى لو كنت معي اليوم لتشهد هذا الإنجاز، لكنك دائمًا في ذاكرتي وفي دعائي.

عمر رباب

تشكرات

بسم الله الرحمن الرحيم

الحمد لله نحمده وهو المستحق للحمد والثناء، ونستعين به في السراء والضراء، ونتوكل عليه في جميع أمورنا. ونصلي ونسلم على خير الخلق، سيدنا محمد صلى الله عليه وسلم

نتقدم بأسمى عبارات الشكر والتقدير إلى كل من أوقد لنا مشعل الحياة، وحملنا على سفينة النجاة.
إلى كل من صرنا بفضله نكتب ونقرأ، إلى كل من علمنا علمًا به ننتفع وأدبًا به نرتفع، بدءًا من معلمي المرحلة الابتدائية وصولًا إلى أساتذتنا في التعليم العالي

تحية عطرة وشكر خاص للدكتور المشرف **راشدي محمد ياسين**، الذي أفادنا بنصائحه وتوجيهاته، وللأساتذة **طيبي جمال** و**مقدم زكرياء** و **غرياني عبد الحميد**، الذين كانوا لنا عونًا

وتحية طيبة إلى اللجنة الموقرة، كل باسمه، التي تكرمت بمناقشة هذه المذكرة

وفي الختام، نشكر كل من ساهم في مساعدتنا لإنجاز هذا العمل ، من قريب أو بعيد

والسلام عليكم ورحمة الله وبركاته.

ملخص

دائما ما تتعرض الألواح الشمسية الكهروضوئية إلى مشاكل وأعطاب تقلل من كفاءتها، وعليه كان لزاما على العاملين في مجال الطاقة الشمسية الكهروضوئية محاولة التنبؤ بهذه المشاكل ومحاولة تفاديها وهذا يتأتى من تحليل منحنيي P-V و I-V باستعمال أجهزة خاصة بذلك وهي غالية الثمن لذلك حاولنا في بحثنا هذا دراسة ومحاكاة جهاز رخيص الثمن يمكنه رسم الخصائص الكهربائية للوح الشمسي الكهروضوئي يعتمد على الموسفات كمقاومة متغيرة باستخدام برنامج البروتيوس. كما قمنا بتجربته على لوح شمسي 55 واط وملاحظة مدى تتبع الجهاز للخصائص الكهربائية للوح عند تغيير العوامل الخارجية والداخلية وكانت النتائج المتحصل عليها من المحاكات جيدة جدا.

الكلمات المفتاحية : الألواح الشمسية الكهروضوئية، منحنى P-V، منحنى I-V، محاكاة الدائرة الكهربائية، تحسين الأداء.

Résumé :

Les panneaux solaires photovoltaïques rencontrent souvent des problèmes et des pannes qui réduisent leur efficacité. Il est donc impératif pour les professionnels du secteur de l'énergie solaire photovoltaïque de prévoir ces problèmes et de tenter de les éviter. Cela peut se faire en analysant les courbes P-V et I-V à l'aide d'appareils spécialisés, qui sont généralement coûteux. Dans notre recherche, nous avons tenté de concevoir et de simuler un appareil à moindre coût capable de tracer les caractéristiques électriques d'un panneau solaire photovoltaïque, en utilisant des MOSFET comme résistance variable dans le logiciel Proteus. Nous l'avons également testé sur un panneau solaire de 55 watts pour observer dans quelle mesure l'appareil suit les caractéristiques électriques du panneau en modifiant les facteurs externes et internes. Les résultats obtenus de la simulation étaient très satisfaisants.

Mots clés : panneaux solaires photovoltaïques, courbe P-V, courbe I-V, simulation de circuit électrique, amélioration des performances.

Abstract

Photovoltaic solar panels often face issues and failures that reduce their efficiency. Therefore, it is crucial for professionals in the photovoltaic solar energy field to try to predict and mitigate these issues. This can be achieved by analyzing P-V and I-V curves using specific, albeit costly, equipment. In our research, we investigated and simulated an inexpensive device capable of tracing the electrical characteristics of a photovoltaic solar panel, using MOSFETs as variable resistors with Proteus software. We also tested it on a 55-watt solar panel and observed its ability to track the panel's electrical characteristics under varying external and internal conditions. The simulation results were highly satisfactory.

Keywords: Photovoltaic solar panels, P-V curve, I-V curve, circuit simulation, performance optimization.

الفهرس

الرقم	المحتوى	الصفحة
-	إهداء	I
-	تشكرات	III
-	ملخص	VI
-	الفهرس	VII
-	قائمة الأشكال	IX
-	قائمة الجداول	XI
-	قائمة الرموز	XII
-	قائمة الإختصارات	XIII
-	مقدمة عامة	أ
	الفصل الأول : عموميات حول الطاقة الشمسية	
1-I	المقدمة	3
2-I	الطاقة الشمسية	3
1-2-I	الطاقة الشمسية الكهروضوئية	3
2-2-I	تحول الضوء إلى كهرباء	4
3-2-I	التأثير الكهروضوئي	5
3-I	الالواح الشمسية :	5
1-3-I	*- طريقة عمل الألواح الشمسية*	6
2-3-I	*-خلية كهروضوئية PV*	10
3-3-I	*-انواع الخلايا الكهروضوئية*	11
4-I	نموذج مكافئ كهربائي للخلية الكهروضوئية	13
5-I	خصائص الوحدة الكهروضوئية	15
6-I	الجوانب الإيجابية والسلبية لإستخدام الطاقة الشمسية الكهروضوئية	18
1-6-I	*الجوانب الإيجابية*	18
2-6-I	*الجوانب السلبية*	18
7-I	الخاتمة	19
	الفصل الثاني: أجهزة رسم وتحليل الخصائص الكهربائية	
1-II	مقدمة	21

II-2	مشاكل عملية المراقبة	21
II-3	الهدف من مراقبة مولد الطاقة الشمسية	21
II-4	تصنيف عيوب مولد الطاقة الشمسية	22
II-5	النقاط الأساسية لمنحنى I-V	23
II-6	تقنيات القياس :	25
II-6-1	*المقاومة المتغيرة*	25
II-6-2	*الحمل بالسعة*	25
II-6-3	*حمولة رباعية الإبعاد*	26
II-6-4	*محولDC-DC*	27
II-6-5	*مكبر الطاقة ثنائي القطب*	28
II-7	إيجابيات وسلبيات تقنيات القياس	29
II-8	الأجهزة متتبعة لمنحنىI-V الصناعية	29
II-8-1	*جهازI-V500w*	30
II-8-2	*جهازPV 200*	30
II-8-3	*جهاز PROVA 210*	31
II-9	مواصفات الأجهزة المتقفية للمنحنى	32
II-10	خاتمة	33
	الفصل الثالث: الدراسة التجريبية	
III-1	مقدمة	35
III-2	الدائرة المنفذة بإستخدام برنامج بروتيس :	35
III-2-1	الدائرة المنفذة	35
III-2-2	نموذج اللوح الشمسي	35
III-3	قسم التحكم :	36
III-3-1	وصف لوح اردوينو اونو	36
III-3-3	بيئة الاردوينو اديو	38
III-4	قسم القياس :	39
III-4-1	*مستشعر الجهد*	39
III-4-2	*مستشعر التيار*	39
III-4-3	موسفاتIRLZ44ZL	40
III-5	نتائج المحاكاة	41
III-6	برنامج ماطلاب	41
III-6-1	منحنيات التيار و الجهد و الاستطاعة عند تغير درجة الحرارة	42
III-6-2	منحنيات التيار و الجهد و الاستطاعة عند تغير درجة شدة الإشعاع	43
III-6-3	منحنيات التيار و الجهد و الاستطاعة عند تغير درجة قيمة المقاومة التفرعية	43
III-6-4	منحنيات التيار و الجهد و الاستطاعة عند تغير درجة قيمة المقاومة التسلسلية	44
III-7	الخاتمة العامة	47
	قائمة المرجع والمصادر	49

قائمة الأشكال

الشكل (1.I): رسم شكلي الطاقة الشمسية 3
الشكل (2.I): تحويل الضوء إلى كهرباء 4
الشكل (3.I): استخدامات الطاقة الشمسية 5
الشكل (4.I): مكونات منظومة الطاقة الشمسية الكهروضوئية 7
الشكل (5.I): رسم تخطيطي للوحة الطاقة الشمسية 7
الشكل (6.I): زجاج اللوح الكهروضوئي 8
الشكل (7.I): هيكل من الألومنيوم 9
الشكل (8.I): فيلم EVA في اللوح الشمسي 9
الشكل (9.I): صندوق التوصيلات في اللوح الشمسي 10
الشكل (10.I): خلية شمسية 11
الشكل (11.I): خلية كهروضوئية متعددة الوصلات 11
الشكل (12.I): خلية كهروضوئية أحادية البلورة 12
الشكل (13.I): خلية كهر وضوئية متعددة البلورة 12
الشكل (14.I): الخلايا الضوئية من نوع النحاس – الألمنيوم - السيلينيوم (CIS) 13
الشكل (15.I) : خلية كهروضوئية غير متبلورة 13
الشكل (16.I): الشكل المكافئ للكهربائي للخلية الكهروضوئية 14
الشكل (17.I): منحنى خاصية I-V 15
الشكل (18.I): منحنى خاصية P-V 16
الشكل (19.I): تأثير درجة الحرارة على الخصائص الكهربائية 17
الشكل (20.I): تأثير الإضاءة 17
الشكل (1.II): جميع المقاييس المتاحة من تتبع I-V 23
الشكل (2.II): المراقبة باستخدام مقاومة متغيرة 25
الشكل (3.II): المراقبة باستخدام الحمل بالسعة 26
الشكل (4.II): المراقبة باستخدام شحنة ذات أربعة أبعاد 27
الشكل (5.II): المراقبة باستخدام محول DC-DC 27

الشكل (6.II):المراقبة باستخدام طاقة ثنائية القطبية.....28
الشكل (7.II):جهاز اختبار الطاقة الشمسية I-V500w 30
الشكل (8.II):جهاز اختبار PV200 للألواح الشمسية 31
الشكل (9.II):محلل وحدة الطاقة الشمسية MECO.....31
الشكل (1.III) : رسم تخطيطي لدارة الكهربائية في برنامج بروتيس.....35
الشكل (2.III): نموذج لوحة شمسية باستخدام بروتيس. 36
الشكل (3.III): لوح اردوينو انو 37
الشكل (4.III): بيئة التطوير المتكاملة (IDE) الخاصة بـالأردوينو 37
الشكل (5.III): بنية برنامج Arduino. 38
الشكل (6.III): مستشعر الجهد في برنامج البروتيس.....39
الشكل (7.III): مستشعر التيار في برنامج البروتيس.....40
الشكل (8.III): موسفاتIRLZ44ZL في برنامج البروتيس.....40
الشكل (9.III): محاكاة دائرة الكهربائية بعد ضبط درجة حرارة على 25 درجة مئوية 41
الشكل (10.III) واجهة ماتلاب 2020. 41
الشكل (11.III): منحنيات (I-V) عند تغيير درجة الحرارة 42
الشكل (12.III): منحنيات (P-V) عند تغيير درجة الحرارة.....42
الشكل (13.III): منحنيات (I-V) عند تغير في شدة الإشعاع. 43
الشكل (14.III): منحنيات (P-V) عند تغير في شدة الإشعاع 43
الشكل (15.III): منحنيات (I-V) عند تغيرفي المقاومة التفرعية Rsh. 43
الشكل (16.III): منحنيات (P-V) عند تغير في المقاومة التفرعية Rsh.....43
الشكل (17.III): منحنيات (I-V) عند تغير في المقاومة التسلسلية Rs.....44
الشكل (18.III): منحنيات (P-V) عند تغير في المقاومة التسلسليةRs.....44

قائمة الجداول

الجدول (II .1):تصنيف العيوب والشوائب في مجال الخلايا الشمسية 22
الجدول (II .2):إيجابيات وسلبيات تقنيات القياس 29
الجدول (II .3):مواصفات واسعار الأجهزة المتتبعة لمنحنى I-V 32

قائمة الرموز

الرمز	التعريف	الوحدة
I_{ph}	التيار الضوئي	(A)
I_0	تيار التشبع الصمام الثنائي	(A)
N	عامل المثالية لصمام الثنائي	/
R_s	المقاومة التسلسلية	(Ω)
R_{sh}	المقاومة التفرعية	(Ω)
V_t	الجهد الحراري	(J ·c^{-1})
k	ثابت بولتزمان	(J.k^{-1})
Q	شحنة الإلكترون	(C)
T_C	درجة حرارة الخلية	(K)
I_{sc}	تيار الدارة القصيرة	(A)
V_{co}	جهد الدارة المفتوحة	(V)
I_{mp}	تيار الاعظمي لدارة	(A)
V_{mp}	جهد الاعظمي لدارة	(V)
H	المردود	%
P_{max}	الاستطاعة الاعظمية	(w)
A	سطح الألواح الشمسية الكهروضوئية	m^2
G	الإشعاع	(W/ m^2)
FF	معامل التعبئة	/
A	مساوية لزاوية الارتفاع	درجة
EVA	الاثيلين فينيل اسيتات	
STC	(شروط الاختبار القياسية) حالة الاختبار القياسية	
PWM	تقنية التحكم بعرض النبضات	
IBJT	ترانزيستور ثنائي القطبية	
IGBTs	ترانزيستور ثنائي القطبية دو بوابة معزولة	

قائمة الاختصارات

PV	الكهروضوئية (photovoltaïque)
DC	التيار الكهربائي المستمر
AC	التيار الكهربائي المتناوب
STC	شروط الاختبار القياسية
P-V	خاصية الجهد والاستطاعة
I-V	خاصية التيار الكهربائي والجهد

مقدمة عامة

مقدمة عامة:

الطاقة الشمسية هي واحدة من أهم مصادر الطاقة المتجددة التي تتيح تحويل ضوء الشمس إلى طاقة كهربائية. و مع تزايد الاهتمام بالحلول البيئية والنظيفة، أصبحت الطاقة الشمسية خياراً رئيسياً لتوليد الكهرباء, وذلك باستخدام الألواح الشمسية الكهروضوئية التي تُحوّل الضوء إلى كهرباء.

لضمان الأداء الأمثل للألواح الشمسية، تُستخدم مجموعة من الأجهزة لقياس الخصائص الكهربائية لها. حيث تُستخدم هذه الأجهزة لقياس وتسجيل منحنى جهد (V) للوحة الشمسية والتيار (I) المارّ بها، الذي يُستخدم لتحديد نقطة الطاقة القصوى (MPP) للوحة، وهي النقطة التي تُنتج فيها اللوحة أقصى قدر من الطاقة. ومنحنى جهد (V) وقدرة الكهربائية (P) للوحة. الذي تُستخدم بياناته لفهم كيفية عمل اللوحة الشمسية وكفاءتها في مختلف الظروف.

تُعتبر هذه الأجهزة أدوات حيوية للمهندسين والفنيين لضمان الأداء الأمثل للألواح الشمسية. من خلال تحليل هذه المنحنيات، يمكن تحديد أي مشاكل محتملة في الألواح الشمسية، مثل التشققات أو الشوائب، والعمل على تحسين التصميم والمواد المستخدمة في تصنيعها. كما تُستخدم هذه الأجهزة في مراقبة وصيانة الأنظمة الشمسية لضمان استمرارها في العمل بكفاءة عالية.[1,3]

وعليه يشمل هذا المشروع على دراسة ومحاكاة جهاز يمكنه تقفي ورسم الخصائص الكهربائية لمنحنيي P-V و I-V للألواح الشمسية الكهروضوئية ، ولتحقيق هذا الهدف، قمنا بتقسيم هذا العمل إلى ثلاثة فصول:

الفصل الأول: ويتناول مفاهيم حول الطاقة الشمسية، مبادئها وتكنولوجياتها.

الفصل الثاني: وهو مخصص لدراسة أجهزة رسم وتحليل الخصائص الكهربائية وأنواعها ومبدأ عملها

الفصل الثالث: والذي يتناول الجانب التطبيقي من المذكرة أين سنقوم بعرض ومناقشة النتائج المتحصل عليها في هذه الدراسة.

وفي الأخير، سنختم بحثنا هذا بخاتمة عامة وتوصيات البحث بالإضافة إلى التطلعات المستقبلية.

الفصل الأول:

عموميات حول الطاقة الشمسية

I-1 مقدمة:

الطاقة الشمسية الكهروضوئية تأتي من التحويل المباشر لجزء من الإشعاع الشمسي إلى طاقة كهربائية. يتم هذا التحويل بواسطة خلية تُعرف بالخلية الكهروضوئية، والتي تعتمد على ظاهرة فيزيائية تُسمى التأثير الكهروضوئي، حيث يتم إنتاج تيار كهربائي عند تعرض سطح هذه الخلية للضوء.

سيتم التطرق في هذا الفصل إلى مفهوم الطاقة الشمسية وأنواعها واستخداماتها، كما سنتعرف على مبادئ وطرق استغلال الطاقة الكهروضوئية. [1]

I-2 الطاقة الشمسية:

تُعتبر الطاقة الشمسية كمصدر للطاقة الناتجة عن إشعاع الحرارة والضوء النابع من الشمس، حيث يمكن الاستفادة منها بشكل مباشر لتسخين المنازل أو بواسطة تحويلها إلى كهرباء باستخدام التقنيات الكهروضوئية، وذلك من خلال استخدام الألواح الشمسية. تعتبر الطاقة الشمسية واحدة من أكثر مصادر الطاقة المتجددة فعالية على الأرض، إذ يتم دمجها مع مصادر أخرى مثل طاقة الرياح، وطاقة الأمواج، والطاقة الكهرومائية، والكتلة الحيوية. ومع ذلك، فإن نسبة الاستفادة من الطاقة الشمسية المتاحة على سطح الأرض تظل ضئيلة، حيث يتم تحويلها إلى كهرباء سواءً عبر محركات حرارية أو محولات كهروضوئية. [2]

يتم استخدام طاقة الإشعاع الشمسي بشكل مباشر ورئيسي تحت شكلين أساسيين (لاحظ الشكل (1.I)).

الشكل(1.I): رسم شكلي الطاقة الشمسية

I-2-1 الطاقة الشمسية الكهروضوئية:

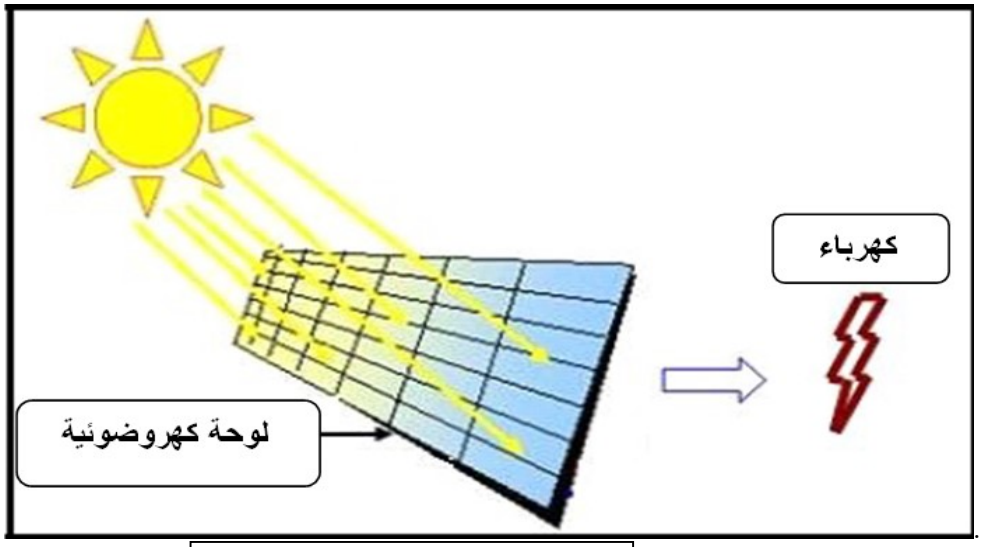
تعتمد التقنية الكهروضوئية على ظاهرة التأثير الكهروضوئي لتوليد تيار كهربائي مستمر من خلال استخدام الإشعاع الكهرومغناطيسي. يمكن أن يكون مصدر الإضاءة هذا طبيعياً مثل الشمس، أو اصطناعياً كالمصابيح. يتم تحويل الطاقة الكهروضوئية إلى كهرباء عبر الخلايا الكهروضوئية، وهي

مكونات إلكترونية تنتج الطاقة عند تعرضها للضوء. يمكن توصيل عدة خلايا معًا لتشكيل لوح شمسي كهروضوئي. تعد الخلية الكهروضوئية المكون الأساسي لتركيبات توليد هذه الطاقة، حيث تعمل وفقًا لمبدأ التأثير الكهروضوئي [2]

I-2-2 تحويل الضوء إلى كهرباء:

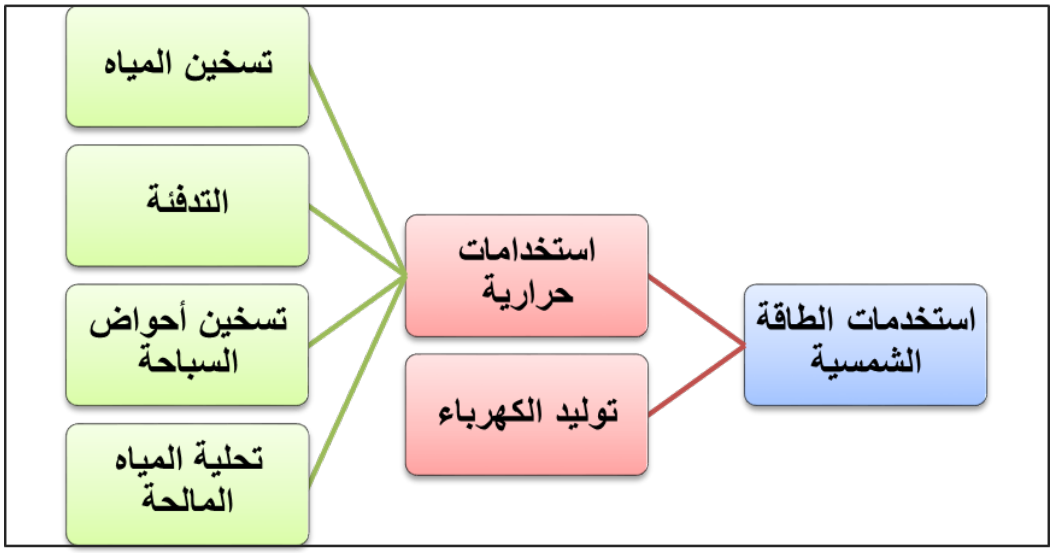
يُعرف مصطلح "الكهروضوئية" أو "الفوتو فولطية" عادةً باختصار، وقد تم تشكيله من الكلمات "فوتو"، وهي كلمة يونانية تعني النور، و"فولتا"، اسم الفيزيائي الإيطالي أليساندرو فولتا الذي ابتكر البطارية الكهروكيميائية في عام 1800. يُشير التأثير الكهروضوئي إلى عملية تحويل الطاقة الشمسية مباشرة إلى كهرباء.

تُحصل الطاقة الكهروضوئية مباشرةً من إشعاع الشمس، حيث تتكون الوحدات الكهروضوئية من الخلايا الكهروضوئية المصنوعة من السيليكون، والتي تتمتع بقدرة على تحويل الفوتونات إلى إلكترونات. يحدث هذا التحويل الكهروضوئي في مواد أشباه الموصلات، مما يجعل الطاقة متاحة في شكل تيار كهربائي يمكن استخدامه مباشرة. [2]



الشكل (2.I) : تحويل الضوء إلى كهرباء

- ❖ **في عازل كهربائي:** ترتبط إلكترونات المادة بالذرات ولا تستطيع التحرك.
- ❖ **في أشباه الموصلات:** الوضع متوسط، لا يمكن للإلكترونات الموجودة في المادة أن تدور إلا إذا أعطيت طاقة لتحريرها من ذراتها. عندما يخترق الضوء أشباه الموصلات، تجلب هذه الفوتونات طاقة تسمح للإلكترونات بالحركة، وبالتالي هناك تيار كهربائي.
- ❖ **في موصل كهربائي:** (سلك نحاسي على سبيل المثال) تكون الإلكترونات حرة تمامًا في التدوير والسماح بمرور التيار.



الشكل (3.I): استخدامات الطاقة الشمسية.

I-3-2 التأثير الكهروضوئي:

تقوم الخلايا الكهروضوئية بتحويل ضوء الشمس مباشرة إلى كهرباء، وهي مجال تكنولوجيا وبحث يرتبط بالأجهزة التي تقوم بهذه العملية. يتم تصنيع الخلايا الشمسية من مواد أشباه الموصلات، مثل السيليكون. إحدى الخصائص المميزة لأشباه الموصلات التي تجعلها مفيدة للغاية هي قابليتها للتحكم بسهولة في مستوى التوصيلية من خلال إدخال الشوائب في شبكتها البلورية.[2]

I-3الألواح الشمسية:

تُصاغ الألواح الشمسية على أنها تجميعات للخلايا الشمسية المتصلة داخل إطار واحد، تتفاعل هذه الخلايا سوية بطريقتي التوازي أو التوالي. تُحول هذه الخلايا الضوء المنبعث من أشعة الشمس إلى فارق جهد،

يُثير تدفق تيار كهربائي في الأسلاك. وعند توحيد مجموعة من الألواح الشمسية في إطار أكبر، يُعرف هذا التجميع بـ "مصفوفة ألواح شمسية".

تتألف الألواح الشمسية من مجموعة من الخلايا الشمسية، تعمل كمستقبلات لأشعة الشمس، وتُربط ببعضها داخل إطار معين، متصلة بينها إما بالتوازي أو التوالي. وتمثل الألواح الشمسية الركيزة الأساسية في نظام الطاقة الشمسية. [3]

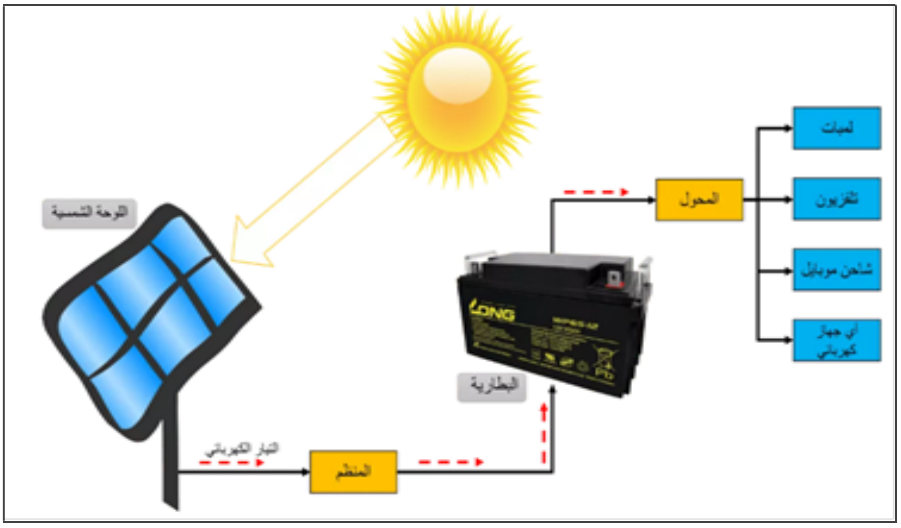
I-3-1 طريقة عمل الألواح الشمسية:

تعتمد تقنية الطاقة الشمسية على الاستفادة من الألواح الشمسية، حيث تقوم هذه الألواح بامتصاص الضوء الشمسي المباشر وتحويله إلى طاقة كهربائية قابلة للاستخدام في مجموعة متنوعة من التطبيقات والمجالات. تتألف الألواح الشمسية من تجميعات لخلايا شمسية مرتبة جنبًا إلى جنب، وتُشكل هذه الخلايا من مواد شبه موصلة مثل السيليكون. عندما تتعرض الخلايا لأشعة الشمس، تُثير الإلكترونات داخلها لتوليد حقل كهربائي، وتتجمع هذه الإلكترونات كطاقة كهربائية يمكن استخدامها مباشرة كتيار مستمر (DC)، وبعد ذلك يتم تحويل هذا التيار إلى تيار متناوب (AC) المستخدم في الحياة اليومية باستخدام جهاز تحويل يُعرف بـ "المحول العاكس."

اعتماد تقنية الطاقة الشمسية على استخدام الألواح الشمسية لتحويل طاقة الشمس إلى طاقة كهربائية يمكن الاستفادة منها في مجموعة واسعة من التطبيقات.[4]

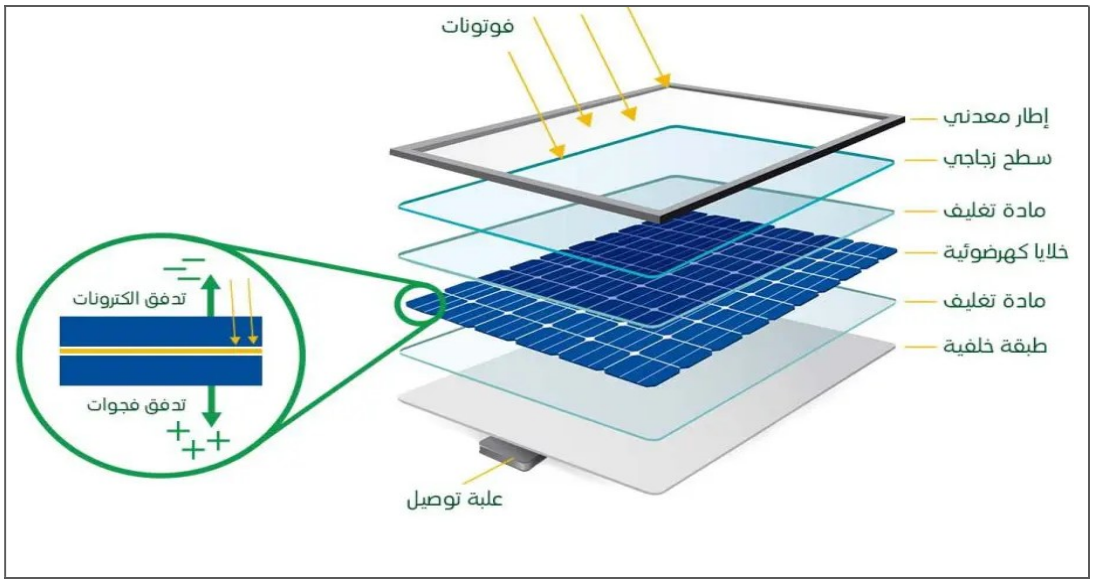
يتم تحويل الطاقة الشمسية الممتصة عبر الألواح الشمسية إلى كهرباء بشكل مباشر، حيث يُوجَّه هذا التيار الكهربائي من خلال المنظم نحو البطارية. تقوم وظيفة المنظم الأساسية بضبط عملية شحن البطارية والحفاظ على مستوى مناسب من التيار الكهربائي المخزن فيها. بما أن الشمس ليست متاحة دائمًا، فإن تخزين الطاقة الكهربائية للاستخدام خلال الليل يصبح ضروريًا، ويتم ذلك من خلال استخدام بطارية مصممة خصيصًا لتخزين الشحنة الكهربائية لفترات زمنية أطول

يُستخدم محول لتحويل الكهرباء من التيار المستمر إلى التيار المتناوب، الذي تُستخدمه معظم الأجهزة الكهربائية المنزلية بتردد 220 فولت. وبناءً عليه، يصبح استخدام المحول ضروريًا.[5]



الشكل(4.I): مكونات منظومة الطاقة الشمسية الكهروضوئية.

يتكون اللوح الشمسي الكهروضوئي من عدة مكونات، وتشمل:



الشكل(5.I):رسم تخطيطي للوحة الطاقة الشمسية.

ا)- الخلايا الشمسية الكهروضوئية:

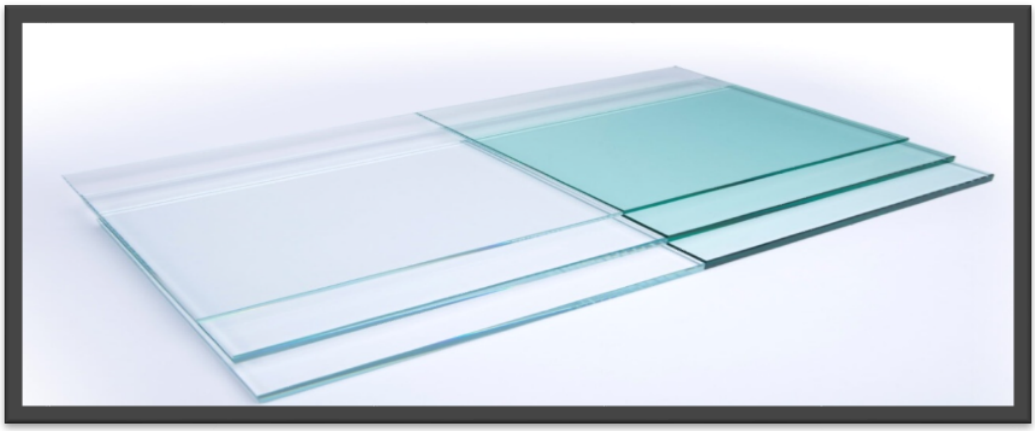
تقوم الخلايا الشمسية الكهروضوئية بتحويل ضوء الشمس مباشرة إلى طاقة كهربائية على شكل تيار مستمر. تُصنع الألواح الشمسية باستخدام أنواع مختلفة من الخلايا الشمسية، والتي تختلف في نوع

وخصائص السيليكون المستخدم. يُمكن تحقيق مستوى أداء ممتاز للألواح الشمسية من خلال اختيار الخلية المناسبة، وتُصنع الخلايا بأحجام وتكوينات متنوعة لتلبية متطلبات الكفاءة والأداء المختلفة. يتم توصيل

الخلايا الكهروضوئية ببعضها البعض من خلال جهات اتصال كهربائية، والتي تسمح بتدفق التيار الكهربائي عبر جميع الخلايا في الدائرة.[6]

ب)- الزجاج:

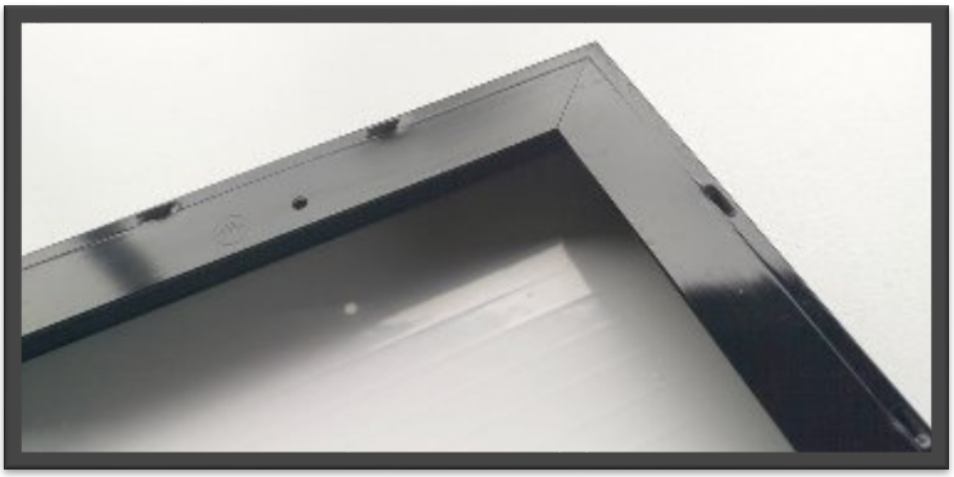
تعمل الزجاجة الأمامية للوحة الشمسية على حماية الخلايا الكهروضوئية من الظروف الجوية وتأثير العوامل الخارجية مثل الحطام والبرد الناجم عن العواصف. يتم تصميم هذا الزجاج بسمك يتراوح بين 3.0 إلى 4.0 ملم، مع قوة عالية لتحمل التغيرات الحرارية والضغوط الميكانيكية. تعتمد معظم شركات التصنيع على زجاج ذو نفاذية عالية ومحتوى منخفض للغاية من الحديد، مغلف بمادة مقاومة للانعكاس على الجانب الخلفي للوحة الشمسية، لتعزيز كفاءتها وأدائها، وتقليل الخسائر وتعزيز انتقال الضوء. [6]



الشكل(6.I):زجاج اللوح الكهروضوئي.

ج)- هيكل من الألمنيوم:

يُستخدم إطار الألمنيوم لحماية حواف القسم المصفح وتوفير هيكل صلب لتثبيت الألواح الشمسية. يمكن أن يتوفر الإطار الألمنيوم بألوان مختلفة مثل الفضي أو الأسود المؤكسد، وتختلف مستويات القوة والصلابة حسب طريقة ربط الأقسام الزاوية معًا، سواءً بالضغط أو بالتثبيت. يُعَتَبَرُ إطارُ الألمنيوم جزءًا أساسيًا من أنظمة الطاقة الشمسية المستخدمة في مجموعة واسعة من التطبيقات. [6]



الشكل(7.I)هيكل من الألومنيوم .

د)- طبقات فيلم :

تعني اسم "أسيتات فينيل الإيثيلين"، وهي طبقة بوليمر شفافة مصممة لتغليف الخلايا الشمسية وتثبيتها أثناء عملية التصنيع. يمكن أن يتميز فيلم بجودة عالية وربط متقاطع، مما يساعد على زيادة عمر اللوحة الشمسية وتقليل مخاطر فشلها نتيجة لدخول الماء. يتم في عملية التصنيع تغليف الخلايا الشمسية بطبقة ومن ثم تجميعها داخل الزجاج والألواح الخلفية . [6]

الشكل(8.I) :فيلم EVA في اللوح الشمسي.

ه)-لوح خلفي :

مثل الطبقة الخلفية الجزء الخلفي الأساسي للوحات الشمسية، وتعمل كحاجز ضد الرطوبة والعوامل الخارجية لتوفير الحماية الميكانيكية والعزل الكهربائي. يُصنع مواد اللوح الخلفي من مجموعة متنوعة من

البوليمرات والمواد البلاستيكية مثل، التي توفر مستويات مختلفة من الحماية والاستقرار الحراري ومقاومة الأشعة فوق البنفسجية على المدى الطويل . [6]

ي)- صندوق التوصيلات :

صندوق التوصيل هو حاوية صغيرة ومقاومة للطقس تُثبت عادةً على الجانب الخلفي من اللوح الشمسي. يستخدم لتوصيل الكابلات بشكل آمن لربط الألواح الشمسية مع بعضها. يُعتبر صندوق التوصيل أمرًا بالغ الأهمية؛ حيث يُشكل النقطة المركزية التي تتصل من خلالها جميع الخلايا ببعضها البعض. لذا، يجب حمايته من العوامل الخارجية مثل الرطوبة والأوساخ لضمان سلامة التوصيل. [6]

الشكل(9.I): صندوق التوصيلات في اللوح الشمسي.

I-3-2 الخلية الكهروضوئيةPV:

اكتشف أنطوان بيكريل في عام 1839 تأثير الضوء الكهروضوئي الذي يمكنه تحويل الطاقة الضوئية إلى كهرباء. يعتمد هذا المبدأ على تقنية أشباه الموصلات، حيث يتم استخدام الفوتونات لتحرير الإلكترونات، وينشئ فرق الجهد بين طرفي الخلية، مما يؤدي إلى توليد تيار كهربائي مباشر. الخلية الكهروضوئية، أو الخلية الشمسية، هي جهاز إلكتروني ينتج الكهرباء عند تعرضه للضوء، بفضل تأثير الضوء الكهروضوئي.[7]

يعتمد حجم الطاقة الكهربائية التي يتم توليدها على كمية الضوء الساقط وتعتمد على كفاءة الخلية. وتوفر الخلية الشمسية جهدًا للتيار المستمر، ويمكن لهذا التيار المستمر أن يمر عبر حمل كهربائي بمجرد توصيله به، والذي عادةً ما يكون عاكسًا، وأحيانًا بطارية كهربائية بسيطة.

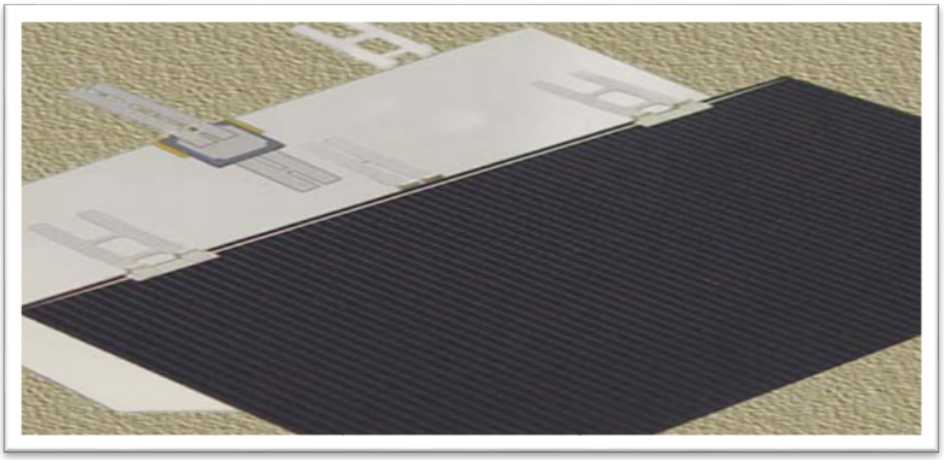
وبشكل عام، تُميز الخلية الشمسية بجهد خرج وتيار يوفران كمية معينة من الطاقة الكهربائية.

الشكل(10.I) :خلية شمسية.

I-3-3أنواع الخلايا الكهروضوئية:

أ- خلايا متعددة الوصلات:

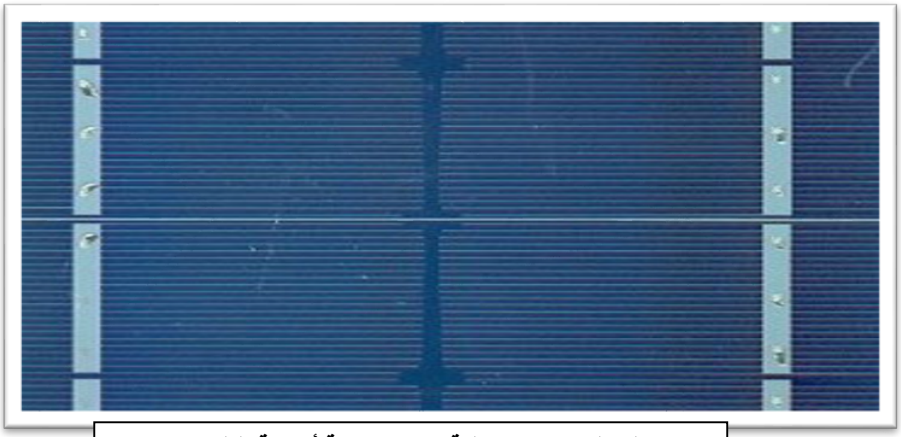
تتألف الخلايا متعددة الوصلات من طبقات متعددة مختلفة، تقوم بتحويل أجزاء مختلفة من الطيف الشمسي، وبالتالي تحقيق أقصى عائد لعملية التحويل.



الشكل(11.I): خلية كهروضوئية متعددة الوصلات.

ب) خلايا من السيلكون أحادية البلورة:

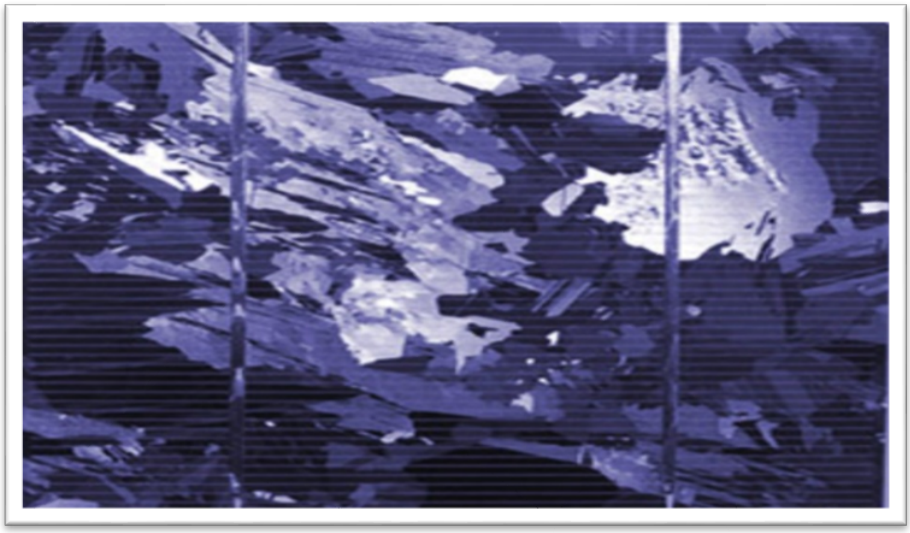
خلال عملية التبريد، يتم تجميد السيليكون المنصهر لتشكيل بلورة واحدة كبيرة. بعد ذلك، يتم قطع البلورة إلى شرائح رقيقة التي ستُستخدم في تكوين الخلايا الشمسية. تكون هذه الخلايا عادة زرقاء وموحدة.[8]



الشكل(12.I) : خلية كهروضوئية أحادية البلورة.

ت) خلايا من السيليكون متعددة البلورات:

أثناء عملية تبريد السيليكون، يتم تشكيل العديد من البلورات. هذا النوع من الخلايا يكون أيضًا زرقاء، ولكنها تظهر بشكل غير منتظم، مع وجود أنماط تم تكوينها بواسطة البلورات المتنوعة. تتمتع هذه الخلايا بكفاءة تحويل جيدة، لكنها تكون قليلًا أقل من الخلايا ذات البلورة الواحدة.



الشكل(13.I): خلية كهر وضوئية متعددة البلورة.

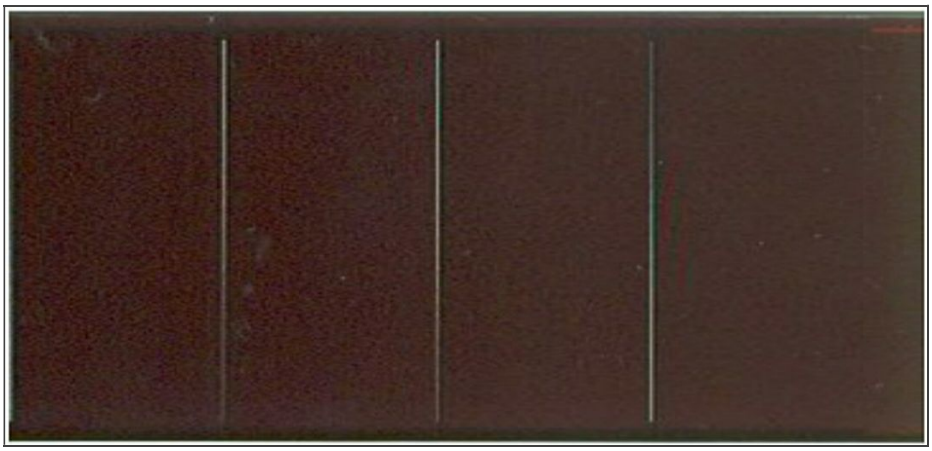
ث) خلية خالية من السيليكون في طبقة رقيقة (CIS):

تُمثّل خلايا CIS جيلًا جديدًا من الخلايا الشمسية، وتأتي على شكل أغشية رقيقة مصنوعة من السيلينيوم النحاسي. تكون المواد الخام اللازمة لتصنيعها أسهل في الحصول عليها مقارنةً بالسيليكون المستخدم في الخلايا الشمسية التقليدية. بالإضافة إلى ذلك، فإن كفاءة تحويل الطاقة لهذه الخلايا تعتبر الأعلى حتى الآن بالنسبة للخلايا الشمسية ذات الأغشية الرقيقة.[8]

الشكل (14.I): الخلايا الضوئية من نوع النحاس - الألمنيوم - السيلينيوم (CIS).

ج) خلايا من السيليكون غير المتبلور:

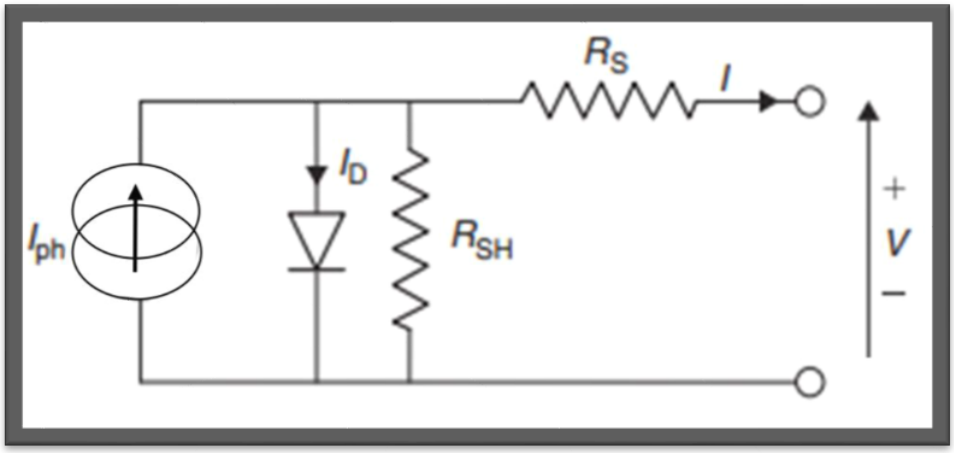
ينتج السيليكون أثناء تحوله غازًا عندما يُتَبَخَّر على لوح زجاجي، وتكون خلية السيليكون عادةً رمادية اللون بدرجة لون داكنة أو بنية. هذا النوع من الخلايا هو الأكثر استخدامًا ولكنه أيضًا الأكثر تكلفة، ويُعرف بشكل شائع كخلايا الآلات الحاسبة والساعات "الشمسية".[8]



الشكل (15.I): خلية كهروضوئية غير متبلورة.

I-4 نموذج مكافئ كهربائي للخلية الكهروضوئية:

يُمكن نمذجة الخلية الكهروضوئية بواسطة الرسم البياني المكافئ الأكثر اكتمالًا، وهو النموذج الذي يتضمن الصمام الثنائي، كما يوضح الشكل التالي :



الشكل(16.I) :الشكل المكافئ الكهربائي للخلية الكهروضوئية.

يتم إعطاء معادلة خاصية (التيار- الجهد) **I - V** من خلال:

(1.I)
$$I = I_{ph} - I_0 \times \left[e^{\frac{V+R_s \times I}{n \times V_t}} - 1 \right] - \frac{V_t + R_s \times I}{R_{sh}}$$

حيث I_{ph} هو التيار الضوئي(A)

I_0هو تيار تشبع الصمام الثنائي **(A)**

n هو عامل المثالية للديود

R_sهي مقاومة السلسلة **(Ω)**

R_{sh} هي مقاومة التحويل**(Ω)**

$V_t = \frac{k \cdot T}{q}$ **(J** $\cdot c^{-1}$**)** V_tهو الجهد الحراري

k هو ثابت بولتزمان **(**1.38×10^{-23}**(J.**k^{-1}**))**

qهو حمل الإلكترون**(C** (1.302×10^{-19})**)**

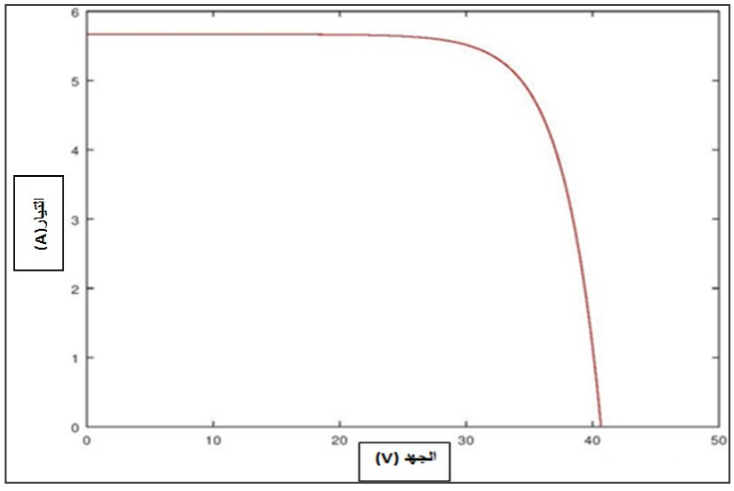
Tهي درجة حرارة الخلية **(K)**

I-5 خصائص الوحدة الكهروضوئية:

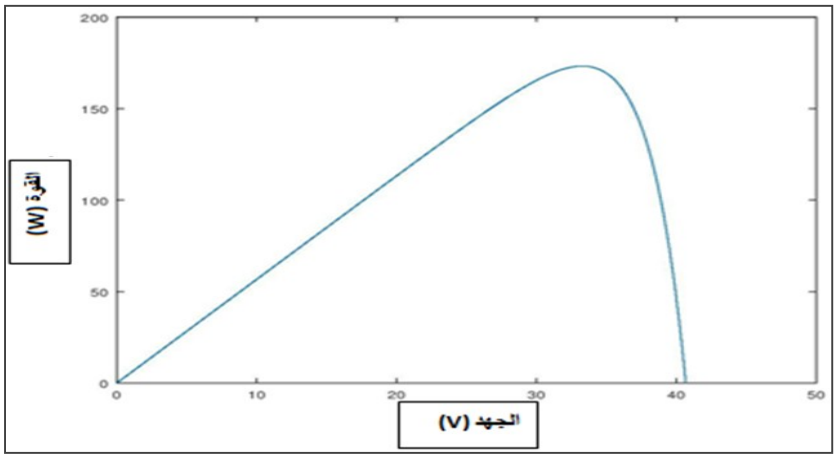
وفقًا لمعيار IEC 61277، تُعرَف الوحدة الكهروضوئية (أو اللوحة) على أنها التوصيل البيني لعدة خلايا كهروضوئية.

تمثل خاصية (I-V) وخاصية (P-V) للوحدة الكهروضوئية سلوكها فيما يتعلق بالأحمال المحتملة في ظل ظروف مختلفة للشمس ودرجات حرارة متغيرة. ومن بين أهم الخصائص الكهربائية للخلية الشمسية الكهروضوئية:

- تيار الدائرة القصيرة **Isc** هو التيار الذي تنتجه الخلية عندما يكون الجهد عبر أطرافها صفرًا.
- جهد الدائرة المفتوحة V_{co} هو الجهد الذي يظهر عند أطراف الخلية عندما يكون التيار الكهربائي صفرًا.
- التيار I_{mp} والجهد V_{mp} المطابقين لنقطة الاستطاعة القصوى.[9]



الشكل(17.I): منحنى خاصية (I-V).



الشكل (18.I):منحنى خاصية (P-V).

تُحدد كفاءة الطاقة للوحة الشمسية الكهروضوئية من خلال نسبة الطاقة الكهربائية القصوى المنتجة إلى الطاقة الشمسية الممتصة. ويمكن التعبير عنها من خلال:

$$\eta = \frac{Pmax}{G \cdot A'} \quad (I.2)$$

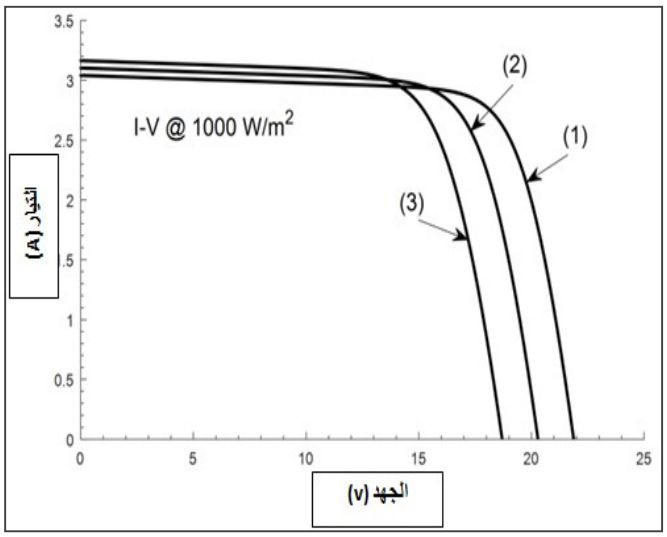
حيث P_{max} هي الطاقة القصوى التي توفرها الوحدة الكهروضوئية **(W)**، **G** هو شدة الإشعاع الشمسي **(W/m^2)** و **A** هي مساحة سطح الألواح الشمسية الكهروضوئية **(m^2)**.

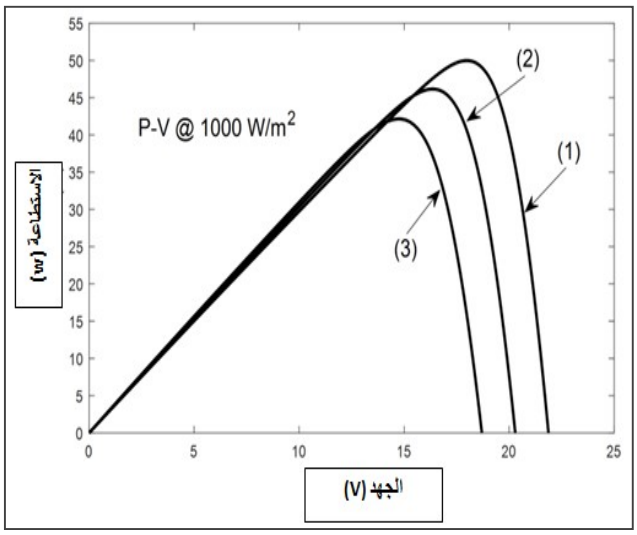
حيث هي الطاقة القصوى التي توفرها الوحدة الكهروضوئية هو شدة الإشعاع الشمسي و هي مساحة سطح الألواح الشمسية الكهروضوئية.

عامل الشكل درجة مثالية خاصية إنها النسبة بين الطاقة الكهربائية القصوى التي توفرها الوحدة الكهروضوئية واستطاعتها المثالية المنتجة. يتم التعبير عنها بالعلاقة التالية :

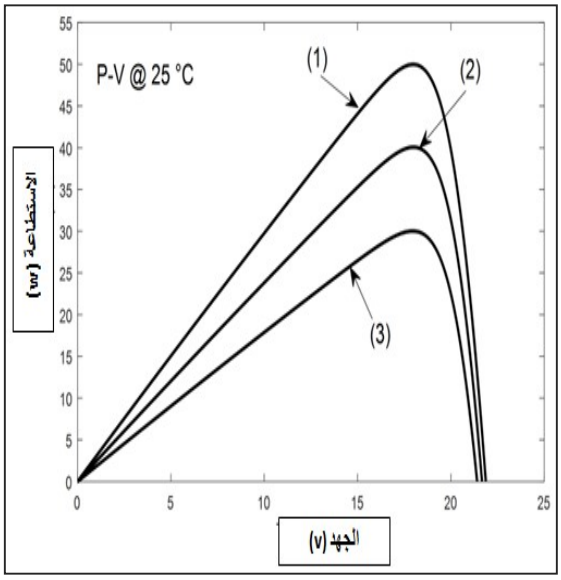
$$FF = \frac{P_{max}}{V_{oc} \cdot I'_{sc}} \quad (I.3)$$

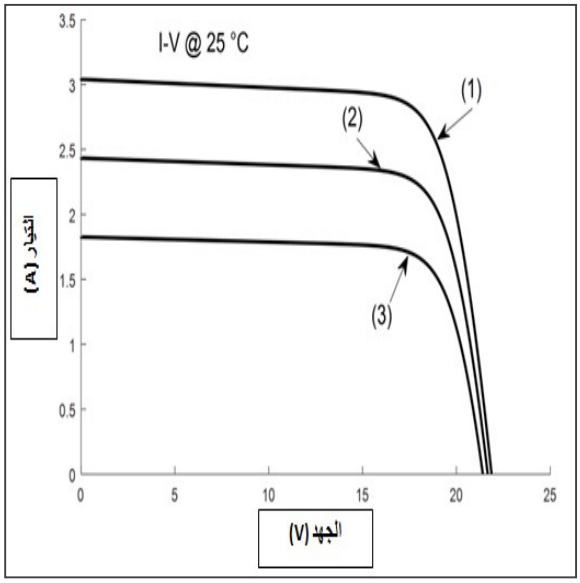
توفر بعض الشركات المصنعة للألواح الشمسية الكهروضوئية هذه الخصائص في ظروف الاختبار القياسية تحت شدة إضاءة تساوي ودرجة حرارة الخلية تساوي أو في ظروف الاختبار الاسمية في هذا تكون الإضاءة ودرجة حرارة الخلية بسرعة رياح تساوي.





الشكل (19.I): تأثير درجة الحرارة على الخصائص الكهربائية (1) 25°C , (2) 45 °C , (3) 65 °C





الشكل (20.I): تأثير الإضاءة على الخصائص الكهربائية (1) 1000 W/ m^2, (2) 800 W/m^2 , (3) 600 W/m^2[3]

- **خصائص التيار والجهد والاستطاعة للخلية الكهروشمسية:**

عندما تُنتج الخلية الكهروضوئية الطاقة الكهربائية، تكون على شكل تيار مستمر تتأثر شدة هذا التيار بعدة عوامل، أبرزها شدة الأشعة الشمسية الساقطة والجهد والتيار المطلوبين للحمل. يتم قياس كفاءة اللوح الكهروضوئي بناءً على كفاءة خلاياه. تُعرف الخلية الشمسية بمساحة بأنها وحدة تنتج فولتية مقدارها فولت

ويتناسب التيار المتولد مع شدة الإشعاع الشمسي، حيث يتراوح بين 3 و 5 أمبير عند أقصى شدة للإشعاع الشمسي .**[10]**

يتحدد أداء الخلية الكهروضوئية بناءً على فرق جهد دارتها المفتوحة وتيار دارتها المغلقة. فرق جهد الدارة المفتوحة هو الجهد الذي تنتجه الخلية الكهروضوئية عندما لا يمر أي تيار في الدارة، ويُمثل أعلى قيمة فولطية يمكن الحصول عليها من الخلية. أما تيار الدارة المغلقة فهو التيار الذي يمر عبر الخلية الكهروضوئية إلى دائرة خارجية بدون أي حمل أو مقاومة، وهو التيار الأقصى الذي يمكن للخلية الكهروضوئية إنتاجه نتيجة للإشعاع الشمسي، ويُعرف باسم "تيار القصر. "

I-6الجوانب الايجابية والسلبية لاستخدام الطاقة الشمسية الكهروضوئية:

I-6-1 الجوانب الإيجابية:

- الطاقة الشمسية متجددة وغير مستنفدة وصديقة للبيئة.
- لا تولد الطاقة الشمسية أي ضوضاء عند استخدامها.
- مكن استغلال الطاقة الشمسية في أي مكان يتوفر فيه ضوء الشمس.
- تتميز أنظمة الطاقة الشمسية بعمر طويل، حيث تبقى فعالة لمدة تتراوح بين 20 إلى 30 عامًا.**[11]**

I-6-2 الجوانب السلبية:

- لا يمكن إنتاج الطاقة الشمسية في غياب أشعة الشمس، كما هو الحال في الأيام الغائمة أو الممطرة أو عند تساقط الثلج.
- لا يتم إنتاج الطاقة الشمسية خلال الليل.
- تقل كفاءة الألواح الشمسية مع مرور الوقت.
- تكلفة إنتاج الألواح الشمسية مرتفعة، مما يعوق توسيع استخدام الطاقة الشمسية. **[11]**

I-7خاتمة:

في ختام حديثنا عن الطاقة الشمسية وأنواع الألواح الشمسية، نؤكد أن الطاقة الشمسية تمثل حلاً واعدًا لمواجهة التحديات البيئية والاقتصادية المرتبطة بمصادر الطاقة التقليدية. فهي طاقة نظيفة، متجددة، ومستدامة تسهم بشكل كبير في تقليل انبعاثات الكربون والحفاظ على البيئة. سنخصص الفصل التالي للحديث عن أهم تقنيات القياس، بالإضافة إلى جميع أنواع الأجهزة المستخدمة في رسم وتحليل الخصائص الكهربائية.

الفصل الثانـي:

أجهزة رسم وتحليل الخصائص الكهربائية

II-1مقدمة:

في هذا الفصل، نركز أساسًا على مراقبة الألواح الشمسية. في الجزء الأول، نسعى لتوضيح ضرورة استخدام متتبعات منحنيات P-V و I-V لتحديد العيوب في مولدات الطاقة الشمسية، بالإضافة إلى جميع تقنيات القياس. أما في الجزء الثاني، فسنتناول عرض بعض أنواع الأجهزة الصناعية المستخدمة في تتبع منحنيي I-V و P-V للألواح الشمسية الكهروضوئية، مع تسليط الضوء على مواصفاتها التقنية.

II-2المشكلة التي تواجه عملية المراقبة :

في سياق تطور متزايد لتثبيتات الطاقة الشمسية، أصبح من الضروري تنفيذ أساليب وأدوات اختبار وتشخيص لضمان العمل السليم لهذه الأنظمة. لذلك، من الأساسي لتطوير صناعة الطاقة الشمسية مراقبة هذه الأنظمة في ظروف التشغيل الفعلية والقدرة على توقع التحسينات المطلوبة ومراقبة أدائها لتحقيق مستوى عالٍ من الموثوقية والأمان.

تتماشى هذه الأبحاث مع هذا السياق، حيث يهدف في المقام الأول إلى تطوير أداة تسمح باختبار وحدات الطاقة الشمسية في ظروف تشغيلها الفعلية، مع مراعاة التقنيات المختلفة المتاحة. على الرغم من بساطة الهيكل الكهربائي لوحدات الطاقة الشمسية، فإن صيانتها يجب أن تكون مستمرة ومنتظمة لضمان عملها السليم في الظروف المتوقعة. لذلك، فإن التحليل الكهربائي لعمل وحدات الطاقة الشمسية ضروري لتشخيص المشاكل المحتملة مثل الظلال والاتصالات الداخلية المعيبة والشقوق في الزجاج والأوساخ.

II-3الهدف من مراقبة مولد الطاقة الشمسية:

- التنبؤ بشدة الإضاءة والظروف الجوية.
- تقدير فقدان شدة الإضاءة بسبب الظلال أو التلوث.
- حساب درجة حرارة الألواح بناءً على تقنية الخلايا الشمسية، والتركيب، والضوء المنعكس، ودرجة الحرارة الخارجية.
- نمذجة منحنيات (I-V,P-V)وبناءً على ظروف الإضاءة ودرجة الحرارة.
- مراعاة الخسائر الناتجة عن الكابلات وعدم التطابق (ليس جميع الألواح تنتج نفس التيار لأسباب مختلفة ويتم تحميل التيار من اللوح الأضعف).
- العثور على نقطة التشغيل الأمثل (الطاقة القصوى) للوح الخلية الشمسية.
- مراعاة الخسائر الناتجة عن المحول (تحويل التيار المستمر إلى التيار المتردد المتزامن مع الشبكة الكهربائية).

- التحقق من أن النظام يوفر طاقة كافية عن طريق المقارنة بالقيم المتوقعة، المحسوبة من قيم الإشعاع ودرجة الحرارة المقاسة.[12]

II-4تصنيف عيوب مولد الطاقة الشمسية: توجد عدة تصنيفات للعيوب التي ذُكرت. في عملنا، اخترنا التصنيف حسب مستوى ظهور العيب والمرحلة التي يحدث فيها، وما إذا كان يمكن للعيب تعديل سلوك المكون في هذه المرحلة (خلية، مجموعة خلايا، وحدات، سلاسل، حقل). يقدم الجدول (I.1) هذا التصنيف

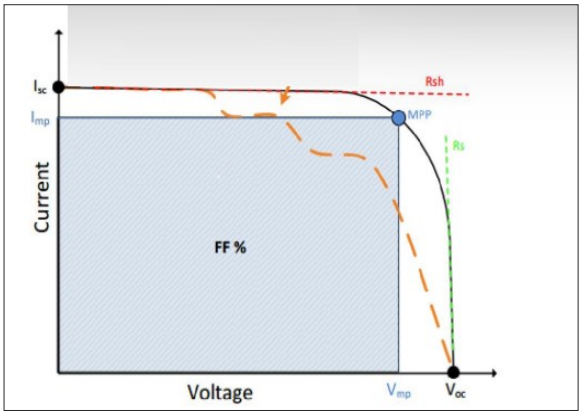
العنصر الكهربائي	طبيعة العيب	وصف العيوب
الخلية [19]	-وحدة مفصولة أو مكسورة - رمل، ثلوج إلخ. -سخونة الخلايا -تدهور الاتصالات الفرعية -تشقق -تآكل الروابط بين الخلايا -وحدات بأداء مختلف -تدهور الخلايا - اختراق الرطوبة	عيب في عدم تناسق الأداء والظلال
مجموعة الخلايا [19]	-تدمير الثنائيات -عدم وجود الثنائيات -عكس قطبية الثنائيات -توصيل غير صحيح للثنائيات - قصر في الثنائية	عيب في ثنائية التجاوز
الوحدة [19]	-وحدات متصلة قصر دائريًا -عكس قطبية الوحدة -وحدات موصولة بشكل متوازي	عيب في الوحدة
السلسلة [20]	-كسر في الدائرة الكهربائية -تدمير الرابطة	عيب في التوصيلات

	-تآكل الاتصالات -تآكل الأسلاك -قصر دائري في الدائرة الكهربائية - فصل الوحدة	
الحقل [20]	-تدمير الثنائيات -عدم وجود الثنائيات -عكس قطبية الثنائيات -توصيل غير صحيح للثنائيات - قصر في الثنائية	عيب في الثنائية المانعة للتيار العكسي

الجدولII-1 تصنيف العيوب والشوائب في مجال الخلايا الشمسية

II-5النقاط الأساسية لمنحنى :I-V

يقدم منحنى I-V بيانات مفيدة لتشخيص صحة خلية الطاقة الشمسية.الشكل 1 يظهر المقاييس المتاحة من خلال منحنى I-V



الشكلII 1.: جميع المقاييس المتاحة من تتبع I-V

كل من القياسات المقدمة في الشكل I.1 لها فائدتها في تشخيص صحة وحدة الطاقة الشمسية. تم شرح نقاط القياس أدناه:

- **المقاومة التفرعية:** قيمة Rsh التي تكون صغيرة جدًا، والتي يتم تقريبها من الميل في منحنى I-V بالقرب من Isc، عادة ما تكون مؤشرًا على وجود مسارات شنت في وحدة الطاقة الشمسية. المسارات التفرعية هي مسارات لتيار الكهرباء متوازية مع مخرج الوحدة، حيث يتم تفريغ فقد الطاقة على شكل حرارة. كما يتم تحديدها عادة بواسطة التصوير بالأشعة تحت الحمراء، حيث يمكن أن تسبب ارتفاعًا كبيرًا في درجة الحرارة.
- **المقاومة التسلسلية:** قيمةRsكبيرة جدًا، التي يتم تقريبها من الميل في منحنى I-V بالقرب منVoc، عادة ما تشير إلى اتصال سيء في أحد الأماكن على طول الخط الذي يخلق مقاومة زائدة؛ ويمكن أيضًا أن يكون السبب في ذلك الأسلاك غير كافية الحجم. يمكن استخدام زيادة هذه القيمة مع مرور الوقت أيضًا كمقياس لقياس تدهور اللوحة. قيمRsالعالية تكشف عن فقدان أعلى في التسلسل.
- **جهد الدائرة المفتوحة:** قيمةVocأقل من المتوقع يمكن أيضًا أن تكون مؤشرًا على الفشل. يمكن أن يعني هذا أن درجة حرارة خلية الوحدة الشمسية أعلى من المتوقع، أو أن وحدة واحدة في السلسلة تتعرض لظلال متساوية، أو تشير إلى نشاط للديود التفريغ.
- **تيار القصرIsc :**أقل من المتوقع عادة ما يشير إلى تلوث متساوي عبر سلسلة الطاقة الشمسية أو شيخوخة متساوية. يعد هذا مؤشرًا مهمًا، مع Imp وVmpالمتوفرة بشكل شائع، لاستخدامه في قياس التدهور على سلسلة تمتلك خلاف ذلك منحنى I-V مثاليًا.
- **نقطة الطاقة القصوى:**MPP أقل من المتوقع عادةً ما يكون نتيجة لمقياس آخر لا يتماشى مع التوقعات. MPP منخفض يمكن أن يكون نتيجة لمنحنى I-V مشوه بشكل واضح (والذي يمكن أن يكون نتيجة لثقوب أو قيم Rs و Rsh غير مرغوب فيها). إذا كان منحنى الإنتاجية في الشكل الصحيح وكان MPP لا يزال منخفضًا للغاية، فمن المرجح أن يكون Isc أو Voc منخفضًا أيضًا. يمكن أن تكشف منحنيات I-V أي انحراف عن المنحنى المثالي أو النظري. تشير الثقوب إلى نشاط للديود التفريغ، مما يقترح وجود مشاكل في عدم التطابق أو ديودات قصر الدائرة.
- **عامل الشكل:** هو المعامل الذي يحدد، إلى جانب معامليIscوVoc، الحد الأقصى لخرج الطاقةالحد الأقصى لإنتاج الطاقة للخلية الشمسية. ويُعرَّف بأنه نسبة الطاقة القصوى للخلية الشمسية للخلية الشمسية إلى حاصل ضربIscوVoc،

أو$(Vmp \times Imp) / (Voc \times Isc)$بيانياً، معامل الملء هو مقياس "تربيع" المنحنىI-V.[12]

II-6تقنيات القياس:

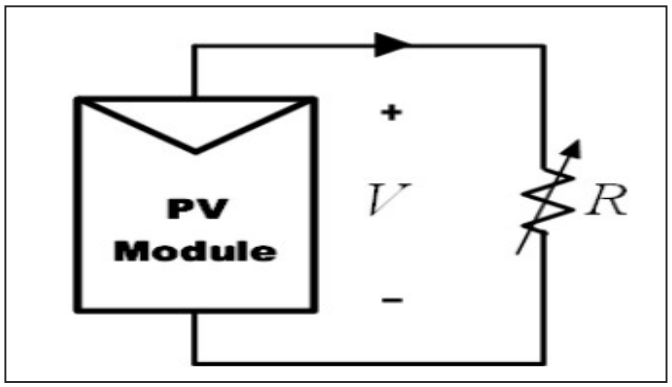
هناك العديد من الطرق لتوصيف الوحدات الكهروضوئية، تغطي أهمها خمس طرق مختلفة بدرجات متفاوتة من التعقيد والدقة والتكلفة.

بالإضافة إلى ذلك، فإن الميزة المهمة التي يجب مراعاتها في راسم المنحنى هي مرونة الاستخدام في هذا المجال، وإمكانية الإمداد المستقل للطاقة. تخزين البيانات، واتصال لاسلكي.

الطرق الرئيسية للمراقبة الكهربائي للوحدات الكهروضوئية هي:

II-6-1 المقاومة المتغيرة:

هذه هي إحدى الطرق البسيطة لقياس منحنيات I-V/P-V لوحدة شمسية، حيث يتم تغيير قيمة المقاومة من الصفر إلى اللانهائي للحصول على نقاط من منحنى I-V من القصر حتى الدائرة المفتوحة، وذلك عن طريق قياس التوتر والتيار في كل خطوة. تُطبق هذه الطريقة فقط على الوحدات ذات الطاقة المنخفضة لأن المقاومات نادرة للحصول عليها بقدرات أعلى. كما أن قيمة Icc لا تتحقق بالضبط ولا يمكن تحديد خصائص التحميل والعكس بدقة. يتم زيادة المقاومة الحمل بشكل يدوي بخطوات. في كل خطوة، يتم قياس التوتر والتيار (في الواقع، التوتر عبر مقاومة شونت) باستخدام زوج من مقياس التيار / التوتر الرقمي، مما يعني أن الإشعاع الشمسي وظروف الحرارة قد تتغير أثناء القياس.[22]

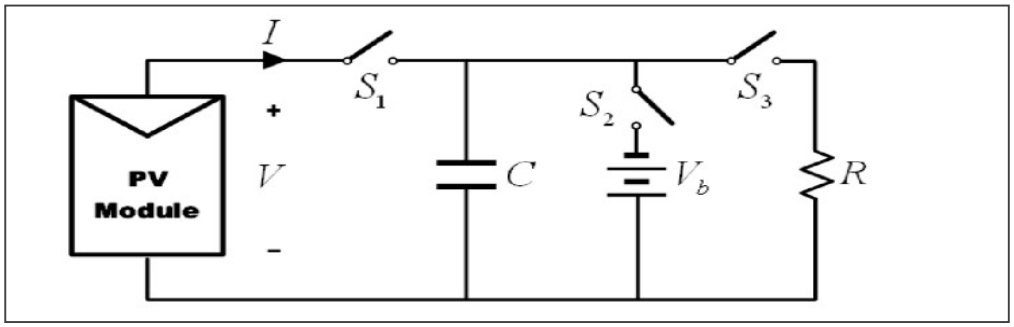


الشكل :II -2 المراقبة باستخدام مقاومة متغيرة

*II-6-2*الحمل بالسعة:

هذه التقنية تقيس الخصائص I-V لجهاز الطاقة الشمسية (الوحدة أو الخلية الشمسية) بناءً على استخدام شحنة سعوية، أي تقديم التوصيل الكهربائي للجهاز من خلال مكثف كبير، وهو مكثف مفرغ

في البداية. يبدأ المكثف في الشحن بمجرد فتح المفاتيح S2 و S3، مع تصاعد التوتر وتناقص التيار الذي سيتم إلغاؤه في نهاية التحميل، مما يتوافق مع شرط فتح الدائرة (V=Voc).الحمل الإلكتروني بدلاً من بدء الشحنة الثانية بالتيار القصر الدائرة، يمكننا بداها بإغلاق S2، بحيث يتم شحن المكثف بجهد سالب في البداية، وسيتم مسح منحنى I-V من الربع الثاني للحصول على التيار القصر الدائرة Isc. بالإضافة إلى ذلك، لإجراء قياس جديد، يجب أن يتم تفريغ المكثف مسبقًا من خلال المقاومة R عن طريق إغلاق المفتاح S3. يجب أن يتم تنشيط الثلاثة مفاتيح بتسلسل مناسب، ووقت شحن المكثف يتناسب مباشرة مع قيمة C وجهد الدائرة المفتوحة للوحة الشمسية أو الخلية الشمسية المراد توصيلها وعكسيا مع تيار القصر الدائرة.[23]

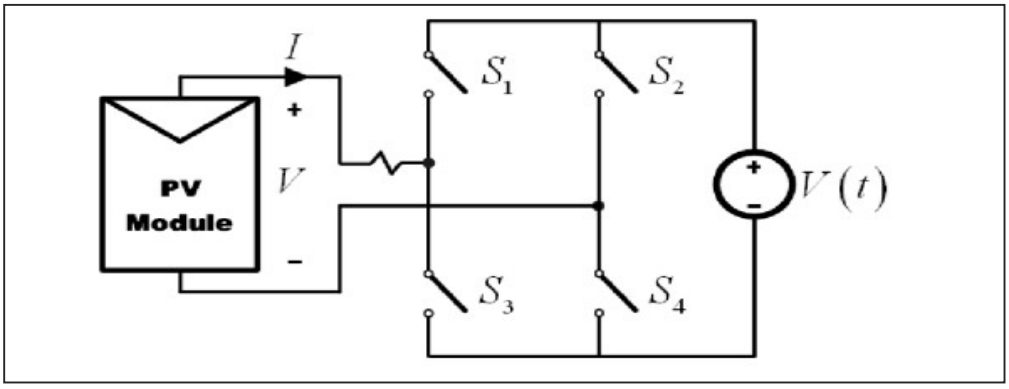


الشكل :II - 3 المراقبة باستخدام الحمل بالسعة

*II-6-3*حمولة رباعية الأبعاد :

تُعمل الشحنة ذات الأربعة أرباع كمصدر أو مولد للتيار ثنائي الاتجاه وتُطبق جهدًا إيجابيًا أو سالبًا، مما يسمح باستخدامها كشحنة قابلة للتعديل بمعنى آخر مصدر طاقة قادر على تقديم وتفريغ الطاقة. في الشكل .II – 4 يتم توضيح المخطط الوظيفي للدائرة التي يمكن تنفيذها لتحقيق شحنة ذات أربعة أرباع.

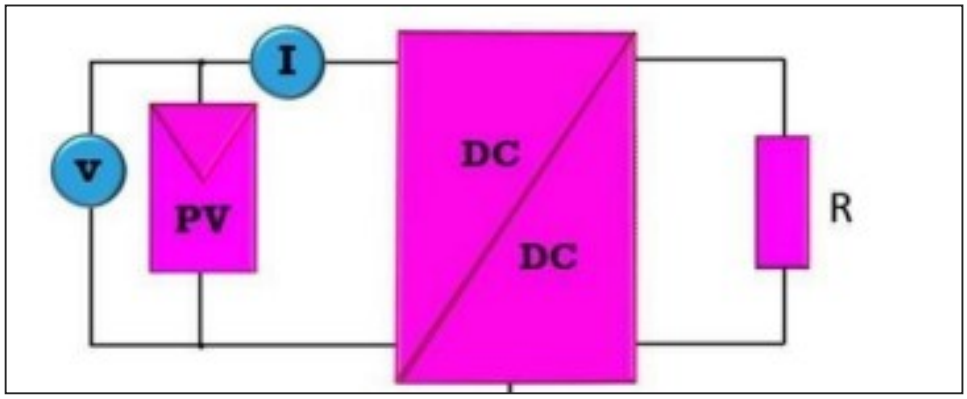
بالنسبة لوحدة الطاقة الشمسية، الهدف الرئيسي هو الحصول على منحنى I-V في الربع الأول. ومع ذلك، يمكن أن يكون استكشاف النقاط الموجودة في الربع الثاني والرابع أداة تشخيصية مهمة لاكتشاف عدم التكيف في عمل وحدة الطاقة الشمسية مثل: الظلال، وعدم التطابق، ونقاط الساخنة، إلخ. مبدأ عمل شحنة الأرباع الأربعة يعتمد على مصدر طاقة حيث يعتمد جهد الخرج على إشارة مرجعية. يمكن تعديله بواسطة مرجع آخر خارجي أو برمجي لتنفيذ مسح لقيم مختلفة.[21]



الشكل :II -4 المراقبة باستخدام شحنة ذات أربعة ابعاد.

4-6-II محولDC-DC :

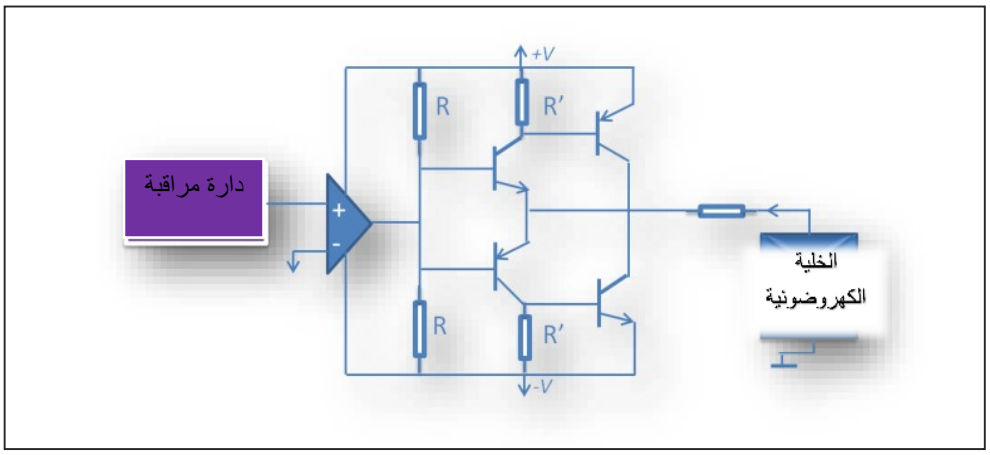
يمكن للمحولات المستمرة-المستمرة زيادة أو تقليل قيمة الجهد المستمر و/أو عكس قطبيته. يتم ذلك عن طريق تقنية التحكم بعرض النبضات (PWM)، عادةً بتردد ثابت. يُعرف نسبة التشغيل (D) باعتبارها النسبة بين وقت التوصيل (TON) وفترة التبديل (TS). الثلاثة تكوينات أساسية للمحولات (Buck، Boost و Buck-Boost Derived) تشبه محول تيار مستمر يعمل في كل من وضع التوصيل المستمر والغير مستمر. يمكن التحكم في علاقة التحويل في محول التيار المستمر بشكل كهربائي عن طريق تغيير نسبة التشغيل للمحول.[17]



الشكل :II -5 :المراقبة باستخدام محول DC-DC.

II-6-5 مكبر الطاقة الثنائي القطبية:

تعتمد هذه الطريقة على دائرة بسيطة تسمح بعكس التيارات والجهد في الوحدة الشمسية، مما يجعل من الممكن قياس منحنيات I(V) للوحدة الشمسية. يستند خطتها إلى مكبر الطاقة التقليدي من الصنف B (الشكل I.6). يستخدم اثنان من المفاتيح ثنائية القطبية كشحنة، للتيار المتجه للأمام والعكس على التوالي. يجب أن تعمل المفاتيح الثنائية القطبية في هذه الثلاثة أوضاع (القطع، النشط، والتشبع). ونتيجة لذلك، فإن الجزء من الطاقة المُزوَّدة من قبل الوحدة يجب أن تُمتَصّها هذه الأجهزة، مما يقيّد تطبيقها إلى الطاقة المتوسطة.[18]



الشكل II: 6- المراقبة باستخدام الطاقة الثنائي:

II-7الايجابيات والسلبيات تقنيات القياس:

ايجابيات وسلبيات للتقنيات القياس المناقشة في الفقرات السابقة مصنفة في الجدول (I.1):

الطريقة	الايجابيات	السلبيات
الحمل بالسعة	- شائعة على السوق. - يمكن الحصول على الربع الثاني من التوتر. - قابلة للنقل بسهولة ويمكن تثبيتها مباشرة في صناديق التوصيل.	- يجب تفريغ المكثف مع كل قياس جديد. - من الصعب التحكم في المفاتيح، واستخدام IGBTs في بعض الدوائر يزيد من تكاليف التنفيذ.
المقاومة المتغيرة	- رخيص جدًا. - سهولة تنفيذه وإصلاحه.	- دقة منخفضة جدًا. - زمن الاستجابة طويل لأن تغيير المقاومات يأخذ وقتًا طويلاً. - لا يتم الوصول إلى Icc بالضبط.
مكبر قدرة ثنائي القطبية	- يمكن أيضًا قياس التيار باستخدام هذه الطريقة.	- ينبغي تشغيل مفاتيح IBJT في ثلاثة أوضاع (القطع، النشطة، والتشبع). - يجب أن تكون جزءًا كبيرًا من الطاقة المزودة بالوحدة ممتصة من قبل هذه الأجهزة، مما يقيد تطبيقها على الطاقة الضعيفة.
محولDC-DC	- كفاءة ودقة عالية. - يمكن أن تتعامل مع تيار كبير.	- تصميم معقد . - عامل التكلفة.
حمولة رباعية الأبعاد	يسمح بتشخيص عدم توازن الخلايا التي تتعرض جزئياً للظل والمتصلة على التوالي.	التكلفة مرتفعة. صعوبة البناء .

جدول II -2: إيجابيات وسلبيات تقنيات القياس[13] .

II- 8الأجهزة متتبعة لمنحنى I-Vالصناعية:

يوجد العديد من أجهزة تتبع الشحنات I-V على السوق، حيث يعمل بعضها بتوبولوجيا الشحنة الإلكترونية والبعض الآخر بتوبولوجيا الشحنة السعوية. وعادةً ما تكون الأجهزة المحمولة سعوية، بينما تكون الوحدات المثبتة على الرفوف مصممة لاختبارات الإنتاج باستخدام محاكي الطاقة الشمسية من نوع الشحنة الإلكترونية. فيما يلي مثال على بعض الأجهزة المحمولة للقياس وميزاتها:

*II-7-1*جهاز I-V500w :

يسمح بالكشف الميداني عن منحنى I-V والمعلمات الرئيسية لوحدة واحدة وعدة سلاسل من الوحدات للتثبيتات الشمسية حتى 1500 فولت و 10 أمبير أو 1000 فولت و 15 أمبير. لقياس منحنى I-V، يدير ال I-V500w قاعدة بيانات داخلية للوحدات، والتي يمكن تحديثها في أي وقت من قبل المستخدم. يسمح مقارنة البيانات المقاسة بالقيم الاسمية بتقييم ما إذا كانت السلسلة أو الوحدة تلبي معلمات الكفاءة المعلنة من قبل الشركة المصنعة. يمكن أيضًا قياس منحنى I-V عن طريق تفكيك قياس الإشعاع ودرجة الحرارة باستخدام الوحدة البعيدة الاختيارية SOLAR02، باستخدام الاتصال بالراديو الترددي (RF) مع الوحدة الرئيسية. بالنسبة لـ I-V500w أيضًا، يوضح العرض في نهاية اختبار منحنى I-V بوضوح مدى التوافق مع المواصفات المعلنة من قبل مصنع اللوحة.

الشكل :II -7: جهاز اختبار الطاقة الشمسية I-V500w

II-8-2جهاز PV200:

الـ PV200 هو جهاز مقتفي لمنحنيات I-V مدمج واقتصادي يستخدم عملية بسيطة بواسطة الأزرار مما يجعله أداة فحص فعالة ومتعددة الاستخدامات لأنظمة الطاقة الشمسية. يمكن تخزين 999 مجموعة بيانات على الجهاز وبمجرد تحميلها على برنامج SolarCert، يمكن إجراء مقارنة مع شروط الاختبار القياسية.

جميع الاختبارات على PV200 تتوافق مع متطلبات المعايير IEC 61829 و IEC 62446. بالضغط ببساطة على زر واحد، يمكن لـ PV200 قياس التوصيلات Voc، Ioc، العزل والتأريض، مع تسجيل كامل لنتائج الاختبار على متن الجهاز مع تصدير سهل إلى الكمبيوتر عبر اتصال USB.مُحسّن

للاستخدام في الهواء الطلق مع شاشة واضحة جيدًا، حتى في ضوء الشمس المباشر، يكون الـ PV200 جاهزًا في أي وقت وفي أي مكان. كما أنه خفيف الوزن، قابل للنقل، ويستجيب بسرعة، مما يتيح لك إعداد وإجراء جميع الاختبارات بأسرع وقت ممكن.

الشكل :II -8: جهاز اختبار PV200 للألواح الشمسية.

II -8-3 جهاز PROVA 210:

جهاز تحليل وحدة الطاقة الشمسية MECO، الطراز 9009، هو جهاز تحليل محمول يُستخدم للاختبارات والصيانة والبحث في كفاءة مختلف المعلمات للوحدات والخلايا الشمسية. يمكن استخدام جهاز التحليل أثناء تركيب معدات الطاقة الشمسية الجديدة لتوليد طاقة محددة. ويمكنه تحديد متطلبات وحدات الطاقة الشمسية، بالإضافة إلى توجيهها، وكذلك تشخيص الوحدات المكسورة أو المتآكلة.[18]

الشكل :II -9 محلل وحدة الطاقة الشمسية MECO

II-9المواصفات الرئيسية لأجهزة متتبعة لمنحنى I-V :

الجهاز	I-V500w [16]	PV200 [15]	PROVA 210 [14]
صورة			
السعر	453.659,92 دينـــــــــار جزائري	670.868,46 دينار جزائري	157.318,64 دينار جزائري
المواصفات	-الجهد الدائري المفتوح يصل إلى 1000 فولت تيار مستمر. -التيار القصر الدائري يصل إلى 15 أمبير تيار مستمر. -حساب تلقائي لعامل الملء. -تصدير سهل إلى الكمبيوتر عبر اتصال USB. -ذاكرة لتخزين ما يصل إلى 999 سجلًا مع تنزيل USBعلى الكمبيوتر. -بمجرد تحميله على برنامجSolarCert، يمكن إجراء مقارنات مع شروط الاختبار القياسية. -اختبار عزل مولد الطاقة الشمسية بجهد 500/250 / 1000 فولت. - نقل البيانات الفوري عبر تقنية NFC باستخدام تطبيق PVMobile.	-قياس منحنى I-V لوحدة واحدة أو عدة وحدات أو سلسلة كاملة حتى 1500 فولت / 10 أمبير أو 1000 فولت / 15 أمبير. -قاعدة بيانات تحتوي على 30,000 وحدة شمسية قابلة للاختيار. -استخدام وحدة البعيد SOLAR-02 مع اتصال USB / RF. -قياس درجة حرارة الخلية والبيئة. -قياس الإشعاع. -مقارنة مع الظروف القياسية (STC 25C)، 1000W/m2. -قياس مقاومة الوحدات. -واجهة PC مع برنامج لنظام التشغيل Windows. -اتصالWiFiمدمج وتوافق مع تطبيق HTAnalysis. - شاشة LCD مضاءة خلفيًا. إيقاف تشغيل تلقائي بعد 5 دقائق.	-الطاقة القصوى للوحة الشمسية (Pmax)تصل إلى 500 واط. -التيار القصر الدائري يصل إلى 12 أمبير تيار مستمر. -الجهد الدائري المفتوح يصل إلى 60 فولت تيار مستمر. -حساب تلقائي للكفاءة. -ذاكرة لـ 100 سجل مع تحميل USBعلى الكمبيوتر. -منحنى I-V مع مؤشر لعرض كل نقطة (التيار، الجهد، القدرة). -ضبط مساحة الوحدة الشمسية: 0.001 متر مربع إلى 9999 متر مربع. - أفضل دقة: 1 ملليفولت، 1 مللي أمبير.

جدول (3. I): مواصفات وسعر لأجهزة متقفية لمنحنى I-V .[14,15,16]

II-10خاتمة :

في هذا الفصل، تناولنا مختلف الأساليب المستخدمة في توصيف مولدات الطاقة الشمسية، بالإضافة إلى تسليط الضوء على أهم مزايا وعيوب كل طريقة. وفي الختام، عرضنا بعض الأمثلة على الأجهزة التجارية المستخدمة في اختبار وتشخيص الألواح الشمسية، مع توضيح أبرز مواصفاتها التقنية.

الفصل الثالث:

الدراسة التجريبية

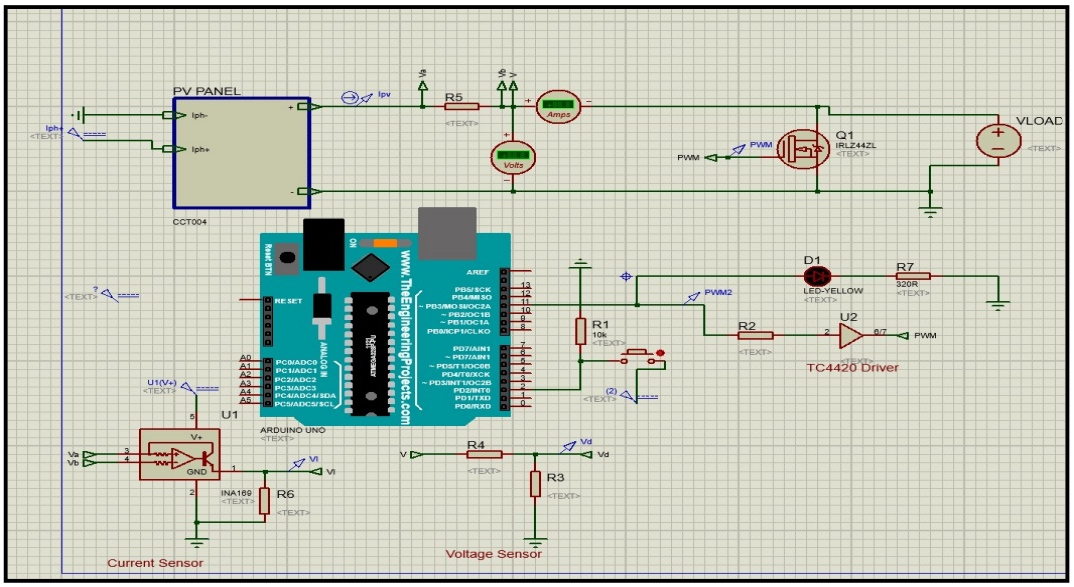
III -1-المقدمة :

في هذا الفصل سنقوم بمحاكاة الدائرة الكهربائية لراسم المنحنى P-Vو I-V للوح الشمسي الكهربائي, وشرح لأهم مكوناتها وملاحظة النتائج في الظروف القياسية وكذا تأثير العوامل الخارجية والداخلية على منحنياتP-V و I-V للوح الشمسي الكهروضوئي .

III -2- الدائرة المُنفذة باستخدام برنامج بروتيس :

III-2-1الدائرة المنفذة :

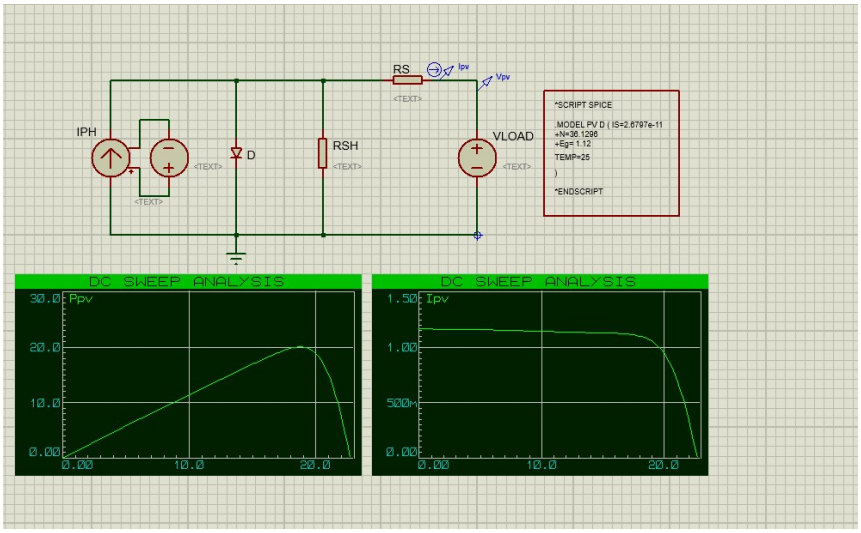
الشكل (III.1) أدناه هو مخطط لراسم المنحنى P-Vو I-Vللوح الشمسي تم إنشاؤه بواسطة برنامج Proteus، وهو برنامج مجاني لتصميم الدوائر المطبوعة يسمح بتصميم الدائرة بشكل رسومي كامل. Proteus هو مجموعة برمجيات مخصصة للإلكترونيات طورتها شركة Lab-center Electronics. البرامج المضمنة في بروتيس (برنامجان رئيسيان) تتيح التصميم بمساعدة الكمبيوتر في مجال الإلكترونيات.



الشكل (1.III) : رسم تخطيطي لدارة الكهربائية في برنامج بروتيس

III -2-2نموذج Proteus للوحة شمسية:

يشمل الدائرة المكافئة للوحدة الضوئية PV مولد تيار متصل بالتوازي مع ديود الذي يمثل الوصلةP-N ، بالإضافة إلى مقاومة التفرعية "Rsh" ومقاومة متسلسلة ."Rs" يتم تمثيل نمذجة هذه الدائرة في Proteusعلى الشكل الموضح في الشكل.III.2



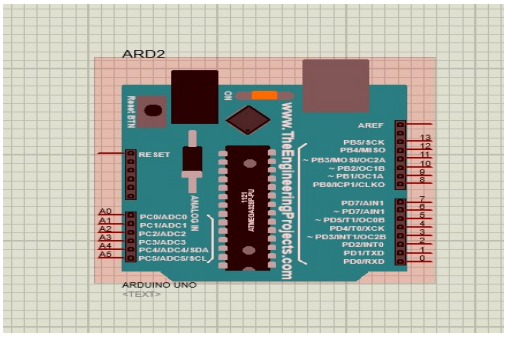
الشكل (2.III) : نموذج لوحة شمسية باستخدام بروتيس.

III-3-قسم التحكم :

III-3-1-وصف لوحة اوردوينو انو:

الأردوينو هي عائلة من اللوحات الإلكترونية ذات الميكروكنترولر مفتوحة المصدر، وقد نشأت في إيطاليا في عام 2005. تعتمد هذه اللوحات على واجهة إدخال/إخراج بسيطة وعلى بيئة تطوير تقترب من لغة البرمجة C.

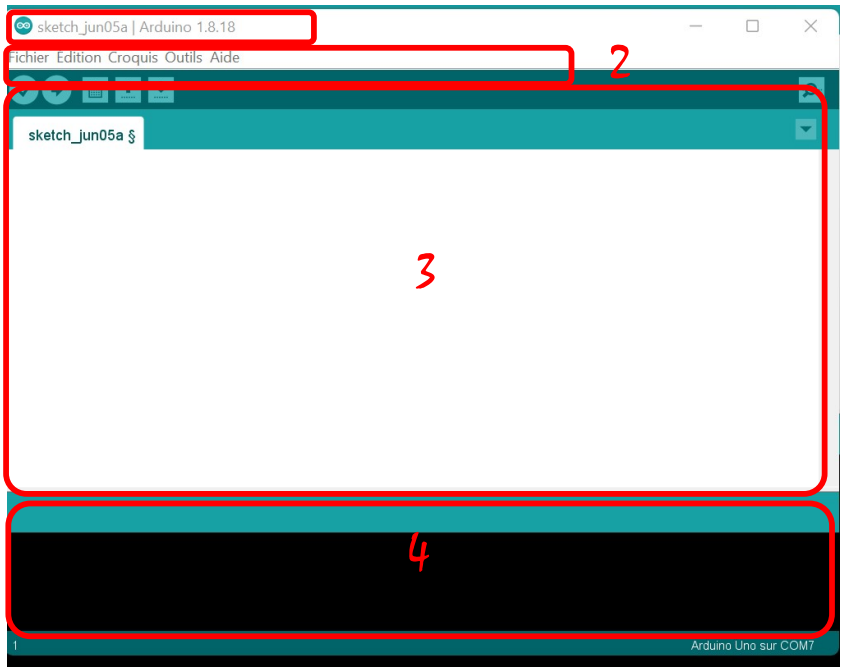
لوحة اوردوينو انو هي الإصدار الأول من لوحة أردوينو ذات الاستقرار. تتمتع بجميع الميزات التقليدية للميكروكنترولر بالإضافة إلى سهولة استخدامها. تستخدم شريحة ATmega328P مع تردد 16 ميجاهرتز. تحتوي على 32 كيلوبايت من الذاكرة الفلاش لتخزين البرنامج، و 2 كيلوبايت من الذاكرة العشوائية (RAM)، و 1 كيلوبايت من الذاكرة الدائمة (EEPROM) المخصصة للبيانات.



الشكل (3.III) :لوح اردوينو انو في برنامج البروتيس.

2-3-III بيئة الأردوينو اديو:

لغة الأردوينو مبنية على لغات البرمجة C أو C++، مع وظائف ومكتبات خاصة بـ الأردوينو (لإدارة الإدخال/الإخراج). يتم ربط لوحة الأردوينو بالكمبيوتر، تحرير برنامج (يُسمى sketch) يتعلق بالتطبيق المطلوب، التحقق من عدم وجود أخطاء نحوية أو غيرها، ثم نقل البرنامج إلى اللوحة. يتم عرض نافذة التحرير على الكمبيوتر بمجرد النقر على أيقونة الأردوينو، حيث يكفي تحرير البرنامج. تظهر نافذة التحرير كما يلي:



الشكل (4.III) :بيئة التطوير المتكاملة (IDE) الخاصة بـالأردوينو.

- المنطقة 1: تمثل خيارات تكوين البرنامج.
- المنطقة 2: تحتوي على الأزرار التي ستستخدم عند برمجة اللوحات.

- المنطقة 3: يحتوي هذا القسم على البرنامج الذي سنقوم بإنشائه.

- المنطقة 4: هذا القسم مهم لأنه سيساعدنا في تصحيح الأخطاء في برنامجنا.

III-3-3-بنية برنامج الأوردوينو اديو:

يتكون برنامج الأوردوينو اديو من ثلاث مناطق أساسية بالترتيب كما يلي:

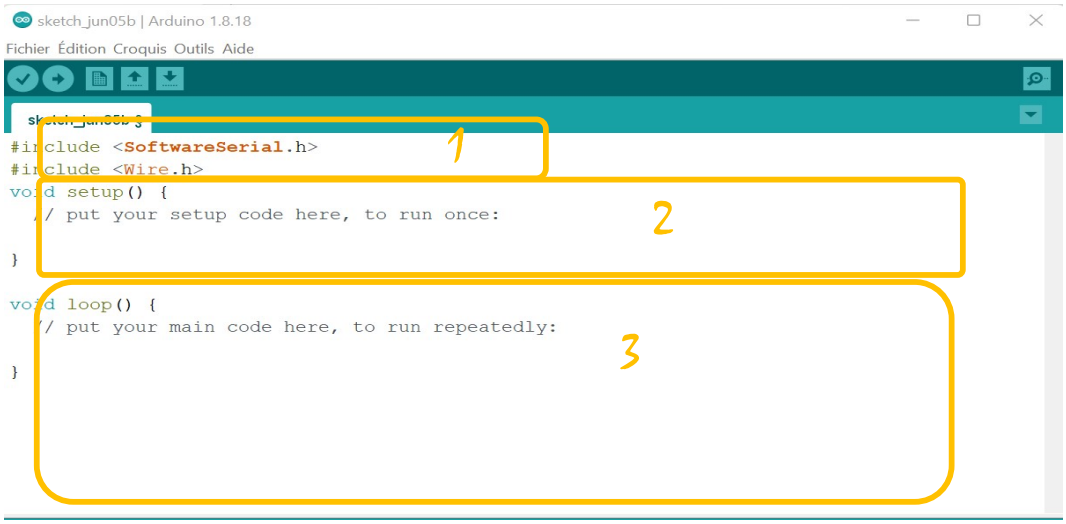
1. تعريف المتغيرات وإعلان الثوابت، واستخدام المكتبات... إلخ.

2. الدالة setup:

- تُستدعى الدالة setupمرة واحدة فقط عند بدء البرنامج. لهذا السبب، يتم كتابة التعليمات البرمجية التي تحتاج إلى التنفيذ مرة واحدة فقط في هذه الدالة. تُعرف هذه الدالة باسم "دالة التهيئة". سنجد فيها إعداد المخارج المختلفة وبعض الإعدادات الأخرى.

3. الدالة loop:

- في هذه الدالة loop، سنكتب محتوى البرنامج. يجب أن نعرف أن هذه الدالة تُستدعى باستمرار، أي أنها تُنفذ مرة واحدة، ثم عند الانتهاء من تنفيذها، تُعاد مرة أخرى، وهكذا مراراً وتكراراً.



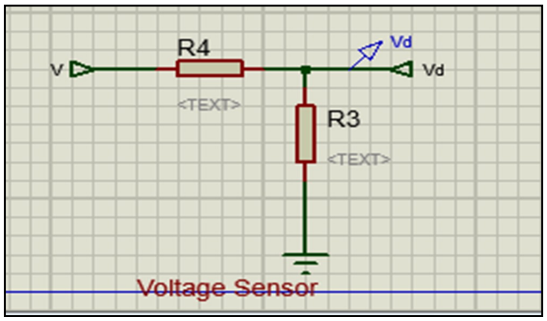
الشكل (5.III): بنية برنامج Arduino.

III-4-قسم القياس :

سنقوم بتنفيذ هذه المهمة بمساعدة مستشعرات الجهد والتيار، حيث نحتاج إلى مستشعر الجهد؛ لقياس الجهد عند مخرج المولد PV ، ومستشعر تيار لقياس التيار عند مخرج المولد PV.

III-4-1 مستشعر الجهد:

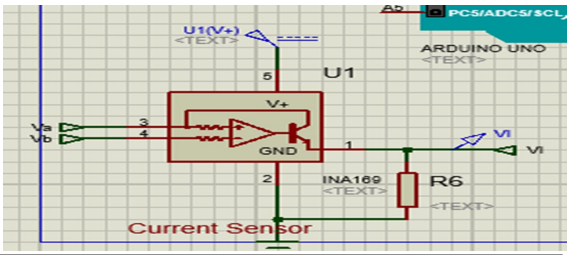
هذا الوحدة الصغيرة تسمح بتحويل إشارات الجهد التناظري العالية إلى مستوى جهد آمن ومنخفض، مما يجعله مناسبًا للوحات المتوافقة مع اردوينو . مثالي لإنشاء مشاريع آمنة بطريقة بسيطة. المستشعر سهل التكوين حيث لا تتطلب أي مكتبة. مع نسبة تحويل الجهد من 5/1 ونطاق جهد إدخال من 0-25 فولت تيار مستمر.



الشكل (6.III) : مستشعر الجهد في برنامج البروتيس.

III-4-2مستشعر التيار:

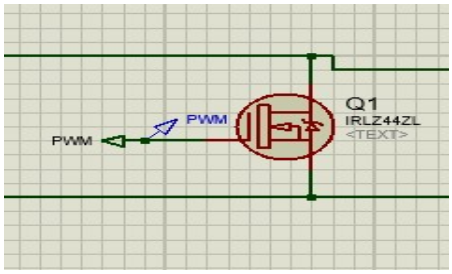
لقد استخدمنا مستشعر التيار الذي يظهر في الشكل(III.07) ، والذي يوفر وسيلة لقياس التيارات المترددة والمستمرة، مما يعني أنه ينتج جهدًا مستمرًا يتناسب مع التيار المار عبره. القيمة التي تربط بين القراءتين هي الحساسية. يمكننا قراءة هذا الجهد على المدخل التناظري لوحدة الأردوينو.



الشكل (7.III) : مستشعر التيار في برنامج البروتيس.

III-4- 3 موسفات IRLZ44ZL :

IRLZ44ZL هو نوع من موسفات القناة الـ N عالية القدرة تُستخدم بشكل شائع في التطبيقات التي تتطلب تبديلًا فعالًا للتيارات العالية مع فقدان طاقة منخفض.



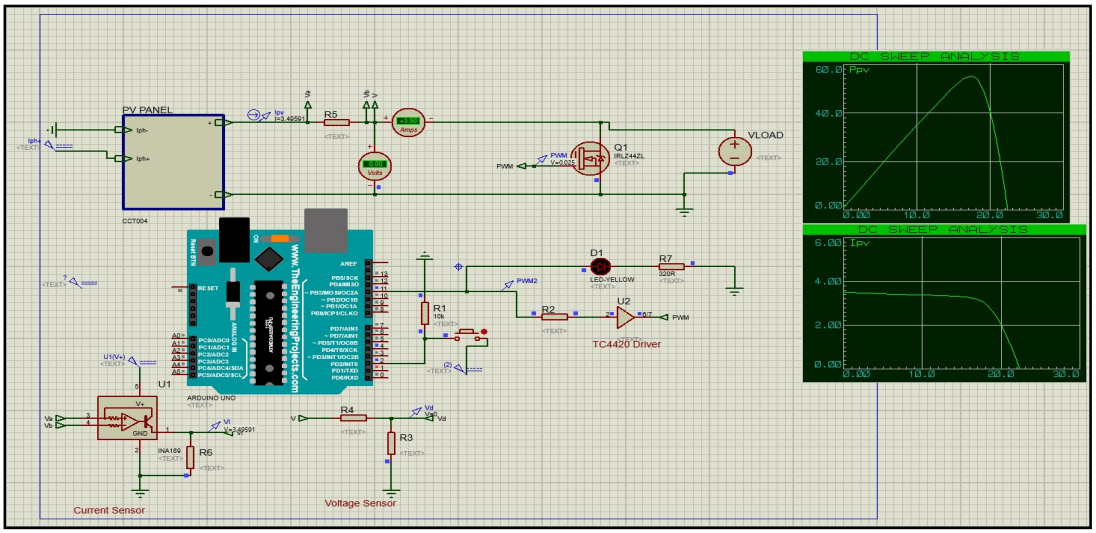
الشكل (8.III) : موسفات IRLZ44ZL في برنامج البروتيس.

❖ **دورIRLZ44ZL في الدائرة:**

1. **التحكم في تدفق التيار:**
   - يعمل ترانزستورموسفات كمفتاح إلكتروني للتحكم في تدفق التيار من الألواح الشمسيةإلى الحمل.
   - عندما يتم تطبيق إشارة PWM (نبضات عرض النبضة) على البوابة (Gate) الخاصة بـموسفات، فإن الترانزستور يدخل في الحالة الموصلة ويتيح مرور التيار من المصدرإلى المصرف.
2. **تنظيم الجهد والتيار:**
   - يتم استخدام إشارة PWM للتحكم بدقة في الجهد والتيار المتدفقين إلى الحمل. هذا يساعد في تحقيق تنظيم دقيق للأداء وضبط القدرة المرسلة إلى الحمل.
3. **الحماية والتحكم الفعّال:**
   - يمكن استخدام الترانزستور مع دائرة السائق (TC4420 Driver) لتحسين أداء التبديل وزيادة كفاءة التحكم.
   - دائرة السائق تساعد في تقديم إشارة قيادة قوية وسريعة لبوابة موسفات، مما يضمن تشغيل وإيقاف سريع ودقيق.

III-5-نتائج المحاكاة :

بعد انتهاء من محاكاة الدائرة في بروتيس وإدخال كود البرمجي ,نقوم بالضغط لتشغيل محاكاة, يتم رسم منحنى P-Vو I-V على شاشة DC SWEEP ANALYSIS.

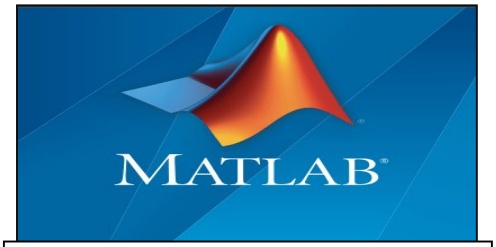


الشكل (9.III) :محاكاة الدائرة الكهربائية المنجزة مع لوح شمسي ذو استطاعة 55 واط في الظروف القياسية

لمعرفة ان كان بإمكان هذه الدائرة قياس لجميع أنواع الواح الشمسية قمنا بتغير درجات الحرارة ثم الإشعاع ثم مقاومة التفرعية Rsh,مقاومة التسلسليةRs حيث حين التغير في احدهم نقوم بتبيث الأخرين ولمعرفة فرق رسمنا منحنيات P-Vو I-V في برنامج ماتلاب بعد اخذ النتائج من بروتيس عند كل تغيير.

III-6برنامج ماتلاب :

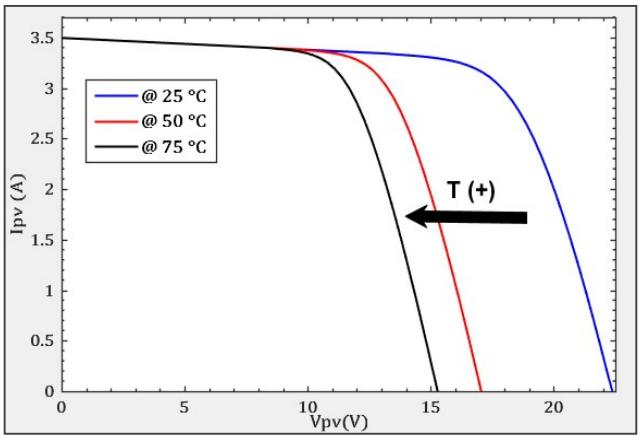
هو بيئة تطوير ولغة برمجة متخصصة في الحساب العددي والرسم البياني، وهو منتج من MathWorks. يُستخدم ماتلاب بشكل واسع في مجالات عديدة مثل الهندسة، العلوم الطبيعية، علوم الحاسوب، والاقتصاد والمالية. البرنامج يتميز بإمكانيات قوية للحسابات الرقمية والرسوم البيانية والتحليل الإحصائي.



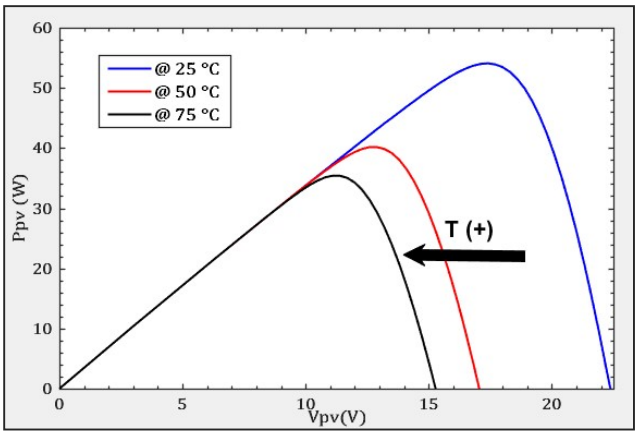
الشكل (10.III) :واجهة ماتلاب 2020.

III-7 تأثير العوامل الخارجية والداخلية على الخصائص الكهربائية للوح الشمسي:

III-7-1منحنيات P-Vو I-Vعند تغيير درجات الحرارة:



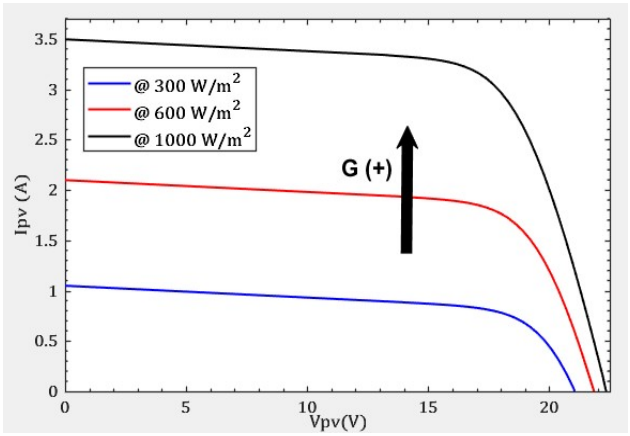
الشكل (III. 11) :المنحنيات I-V في درجات الحرارة مختلفة.



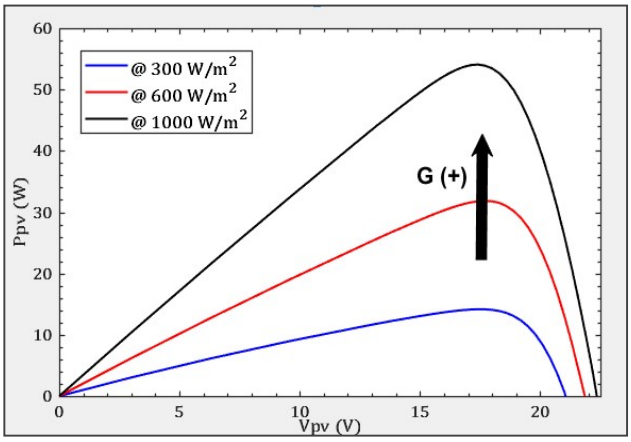
الشكل (III.12) : المنحنيات P-V في درجات الحرارة مختلفة.

نلاحظ من أنه كل ما زادت درجة الحرارة انخفض معها جهد الدارة المفتوحة وكذلك نقطة الاستطاعة العظمى انخفاضا ملحوظا بينما شدة تيار القصر لم تتأثر بهذا التغير كما هو موضح في الأشكال III.11 و III.12.

III-7-2منحنيات P-Vو I-Vعند تغيير شدة الإشعاع:



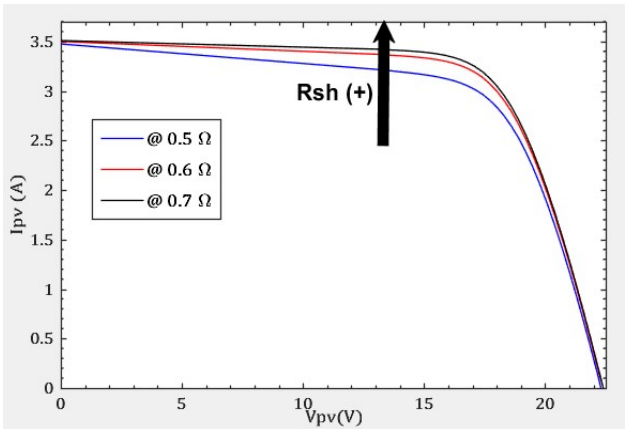
الشكل (III. 13) :المنحنيات I-V عند التغير في شدة الاشعاع.



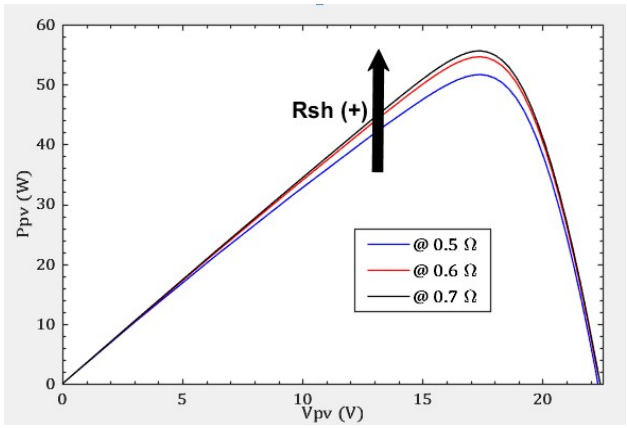
الشكل (III.14) : المنحنيات P-V عند التغير في شدة الاشعاع.

نلاحظ من خلال المنحنيين السابقين وجود علاقة طردية بين شدة الاشعاع الشمسي وكلاً من الاستطاعة القصوى وشدة تيار القصر وجهد الدارة المفتوحة بحيث كلما زاد الاشعاع الشمسي زاد معه تيار القصر وكذا الاستطاعة القصوى بشكل كبير بينما يكون هذا الازدياد بشكل أقل في قيمة جهد الدارة المفتوحة كما هو موضح في الاشكال III.13 و III.14.

III-7-3منحنيات P-Vو I-Vعند تغيير في قيمة المقاومة التفرعية Rsh:



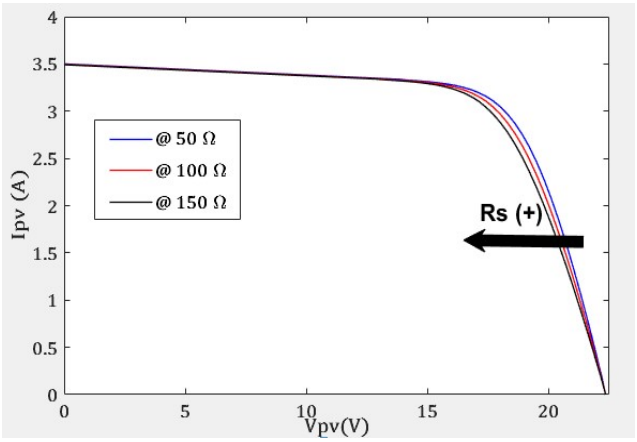
الشكل (III. 15) :المنحنيات I-V عند التغير في المقاومة التفرعية.



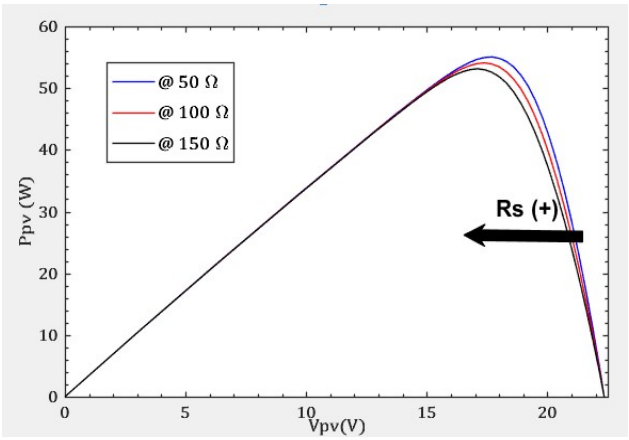
الشكل (III.16) : المنحنيات P-V عند التغير في المقاومة التفرعية.

على عكس ما سبق، فإن تغير قيمة المقاومة التفرعية لا يؤثر على قيمة الدارة المفتوحة ولا على شدة تيار القصر بيمنا يظهر تأثيرها ولو بكل قليل على الاستطاعة القصوى كما هو موضح في الأشكال III.15 و III.16 .

III-7-4 منحنيات P-Vو I-Vعند تغيير في قيمة مقاومةالتسلسليةRs:



الشكل (III. 17) :المنحنيات I-V عند التغير في المقاومة التسلسلية.



الشكل (18.III) : المنحنيات P-V عند التغير في المقاومة التسلسية.

كما في حالة المقاومة التفرعية فإن تغير قيمة المقاومة التسلسلية لا يؤثر على قيمة جهد الدارة المفتوحة ولا على شدة تيار القصر بيمنا يظهر تأثيرها ولو بكل قليل على الاستطاعة القصوى كما هو موضح في الأشكال 17.III و 18.III .

III-8 خاتمة:

في الفصل الثالث والأخير الذي خصصناه للدراسة التجريبية لمحاكاة الدائرة الكهربائية لراسم الخصائص الكهربائية لمنحنيي P-V و I-V للألواح الشمسية الكهروضوئية لفهم وتحليل أداءهم. من خلال هذه الدراسة، تمكنا من تطوير نموذج محاكاة دقيق يعكس السلوك الحقيقي للألواح الشمسية تحت ظروف مختلفة من الإشعاع الشمسي ودرجة الحرارة.

خاتمة عامة

خاتمة عامة:

في ختام هذا العمل، الذي تناول دراسة ومحاكاة راسم الخصائص الكهربائية P-V و I-V للألواح الشمسية، يمكننا التأكيد على أهمية هذا المشروع في تعزيز فهمنا لأداء الألواح الشمسية تحت ظروف مختلفة. يُعد فهم الخصائص الكهربائية للألواح الشمسية بدقة أمرًا جوهريًا لتحسين كفاءتها واستخدامها على نطاق أوسع.

خلال دراستنا، قمنا بمحاكاة دائرة كهربائية باستخدام برنامج البروتيس، الذي أتاح لنا محاكاة خصائص الألواح الشمسية والحصول على المنحنيات P-V و I-V هذه المنحنيات توفر معلومات قيمة حول سلوك الألواح الشمسية في ظل ظروف التشغيل المختلفة، مما يساعد على تحسين تصميمها واستخدامها بفعالية أكبر.

النتائج التي حصلنا عليها من خلال المحاكاة أظهرت بوضوح كيفية استجابة الألواح الشمسية لتغيرات الإشعاع الشمسي وظروف التشغيل المختلفة. تعتبر هذه البيانات أساسية لمهندسي الطاقة الشمسية والباحثين في هذا المجال، حيث يمكن استخدامها للتنبؤ بمختلف المشاكل التي تقلل من أداء الألواح الشمسية وبالتالي محاولة تفاديها بإيجاد حلول مناسبة لذلك.

في الختام، نأمل مستقبلا أن نقوم بتصنيع جهازنا عمليا وتطبيقه ميدانيا لكي يكتمل البحث ويكون مساهمة نوعية في مجال الطاقة الشمسية.

المصادر والمراجع

قائمة المصادر والمراجع

[1] K. Ibtissem, "Etude , Conception et Réalisation d'un Suiveur de Soleil," Mémoire de Master Spécialité Physique énergétique et énergies renouvelables Université Abou-Bekr Belkaid Tlemcen 2018.

[2] Meghellet H, Hocine L, "contribution à l'étude d'un système photovoltaïque ", mémoire de master, université de Bouira, 2018.

[3] مصعب محجر ومحمد جباري ومحمد ياسين راشدي "تصميم وانجاز متتبع شمسي ذو المحورين واستعماله في تحسين أداء الألواح الشمسية الكهروضوئية بمنطقة سيدي خويلد ولاية ورقلة" مذكرة لنيل ماستر في الفيزياء تخصص طاقوية وطاقات متجددة جامعة ورقلة 2020.

[4] Belabbas Ahmed, Ghiaba Ahmed et Rachedi Mohamed Yacine " Impact des traqueurs solaires sur la production électrique d'un panneau solaire photovoltaïque", mémoire de master,Université de Ouargla 2022.

[5]Luca Rossini, 8 différences entre courant continu et courant alternatif (compréhensible par tout le monde), Article de rossinienergy, 29 November 2021.

[6]Bellague Abderrahmane et Moussa Ishak, "Etude d'une alimentation à base de panneaux photovoltaïques, Mémoire de fin d'étude Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur, Spécialité : Energie et Environnement, Higher School In Applied Sciences, Tlemcen, 2020.

[7]Arras Aida "Caractérisation des cellules photovoltaïques à base d'hétérojonction de silicium a-Si/c-Si " mémoire de master, Spécialité physique énergétique et énergie renouvelable" ,Université Abou-Bekr Belkaid – Tlemcen 2018.

[8]مريم أزهر علي غالب " تقييم كفاءة خلية شمسية من مادة السيليكون ذات أخاديد مختلفة الشكل باستخدام برنامج زيماكس"جامعة بغداد كلية التربية للعلوم الصرفة -ابن الهيثم قسم الفيزياء 2016.

[9] نقودي بلال و جبالي محمد الغزالي ومحمد ياسين راشدي "مقارنة تجريبية بين متتبعي الشمس ثنائي المحور وذو المحور الواحد (القطبي) في تحسين أداء الألواح الشمسية الكهروضوئية بمنطقة ورقلة"مذكرة لنيل شهادة ماستر مهني أجهزة وأنظمة– جامعة ورقلة 2023.

[10]سماحي سهلية – "فعالية أداء الخلايا الشمسية الكهروضوئية في ورقلة وتأثير شدة الإشعاع الشمسي والعوامل المناخية عليها "مذكرة لنيل ماستر في الفيزياء الإشعاعات والبصريات – جامعة ورقلة 2016.

[11]سمير سعدون، مصطفى بلاد عبد الله ناصر، احمد خضر سليمان، الطاقة البديلة - مصادرها واستخدمتها،دار اليازوري العلمية للنشر والتوزيع، الأردن، 2011.

[12] Nadir Cheyma et Lakhnache Chahra-Zad," Conception d'un caractériseur autonome pour panneau photovoltaïque", mémoire de master, Université Mohamed Boudiaf - M'sila, 2019/2020

[13] Laib Izzeddine et Atba Alaaeddine,"Etude Et Réalisation D'un Traceur I-V A Base De Transistors Mosfet", mémoire de master, Université De Blida 1,2022/2023.

[14] Dominique Viel, Alain Geldron, Doris Nicklaus, Stéphane Gloriant, Aurélie Lecureuil, Hélène Gaubert, ''Le Photovoltaïque: Choix Technologiques, Enjeux Matières Et Opportunités Industrielles '', Commissariat général au développement durable, Décembre 2020.

[15]https://testermans.co.uk/product/seaward-pv200-solar-pv-testing-kit/ , Consulté le 30/05/2023 à 9:37.

[16] Ministère de l'énergie | Conception & réalisation ELIT.Spa Société du groupe SONELGAZ. 2019.

[17] Rayen Allaoua , "Contribution à la Modélisation d'un Générateur PV et Réalisation d'un Traceur I-V", Université De Blida 1,2021.

[18] J. Salmon, R. Phelps, S. Michael, and H. Loomis, "Solar cell measurement system for NPS spacecraft architecture and technology demonstration satellite", NPSAT1," 2003.

[19] Bendaoud Adbelrahmane et Ihddaden Adel Amine, "Contribution à l'étude du comportement des plaques déformées dans les panneaux photovoltaïques", mémoire de master, Université Ibn Khaldoun de Tiaret Faculté des Sciences Appliquées, 2023.

[20] Chaala Abderrahmane, Sayah Abdelwahhab et Ghenim Boubaker, "Détection et localisation des défauts dans un système photovoltaïque"., mémoire de master ,Université Salhi Ahmed– Naama, 2020.

[21] E. Duran, J. M. Enrique, M. A. Bohorquez, M. Sidrach-de-Cardona, J. E. Carretero, and J. M. Andujar, "A new application of the coupled-inductors SEPIC converter to obtain I-V and P-V curves of photovoltaic modules," p. 10, Sep. 2010.

[22] E. E. Van Dyk, A. R. Gxasheka, and E. L. Meyer, "Monitoring current–voltage characteristics and energy output of silicon photovoltaic modules," Renew. Energy, vol. 30, no. 3, pp. 399–411, 2005.

[23] Beneddine Hanane et Rachedi Mohamed Yacine, "Conception et Réalisation d'un Traceur de Caractéristiques Electriques des Panneaux PV à Base d'Arduino", mémoire de master, Université de Ouargla, juillet 2019.