الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة 20 أوت 1955 سكيكدة
كلية التكنولوجيا
قسم الهندسة المدنية

مذكرة تخرج
مـــاستر II

قسم
الهندسة المدنية

تخصص
معدات البنايات

عنوان المذكرة:

دراسة وتصميم منشأة كهروضوئية متصلة بالشبكة حالة المدرسة الإبتدائية قريبع سعدي فلفلة- سكيكدة

مقدمة من طرف الطالبة: **جميل ياسمين**

نوقشت يوم 2023/06/30 من طرف لجنة المناقشة المكونة من :

الرقم	الاسم و اللقب	الرتبة	مؤسسة الانتماء	الصفة
1	بريغت كريمة	استاذة مساعدة أ	جامعة سكيكدة	رئيسا
2	موات وسيلة	استاذة محاضرة أ	جامعة سكيكدة	مشرفا مقررا
3	حتحوت الزهرة	استاذة مساعدة أ	جامعة سكيكدة	مشرفا مساعدا
4	بولقنافد نبيل	استاذ محاضرة ب	جامعة سكيكدة	ممتحنا

العام الدراسي 2024/2023

شكر و تقدير

قال رسول الله صلى الله عليه وسلم " من لم يشكر الناس لم يشكر الله و ومن أهدى إليكم معروفا فكافئوه فان لم تستطيعوا فادعوا له"

أتقدم بالشكر الجزيل إلى الاستاذتين المشرفتين "موات وسيلة" و"حتحوت الزهرة " اللتان حظيت بإشرافهما و رافقاني طيلة هذا البحث و ما أسداه لي من معلومات و توجيهات بأسلوب راق و متواضع ولم يبخلا علي بنصائحهما إطلاقا راجين من الله عز وجل أن يسدد خطاهما و يحقق مناهما فجزاهما الله خيرا

أوجه الشكر إلى أعضاء اللجنة لمناقشتهم عملي هذا

وأخيرا لا يفوتني أن أعبر عن بالغ تحياتي إلى كل من ساعدني من قريب أو من بعيد في انجاز هذا البحث المتواضع

إهداء

الحمد لله الذي وهبني التوفيق و السداد و أعانني على إتمام هذا البحث

اتقدم بالشكر الجزيل الى أمي وأبي، يا من علماني معنى الحياة و حب العلم

و الاجتهاد .

والى اخواني و كل عائلتي و أصدقائي في الدراسة والعمل دون استثناء .

الى كل من علمني حرفا او كان سببا في تعليمي .

الملخص

اليوم أدرك العالم كله أهمية الطاقات المتجددة التي أصبحت أولوية للمستقبل.

موضوعنا بعنوان "دراسة وتحجيم التركيب الكهروضوئي المتصل بالشبكة"، يتعلق الأمر بتصميم تركيب كهروضوئي لمدرسة يجعل من الممكن التكيف مع احتياجات الطاقة المختلفة لضمان التغذية بالكهرباء.

لذلك قادنا عملنا إلى تحديد حجم تركيب الخلايا الكهروضوئية واختيار مكوناتها المختلفة.

Résumé

Aujourd'hui, le monde entier a pris conscience de l'importance des énergies renouvelables qui sont devenues une priorité pour l'avenir.

Notre thème, intitulé "Etude et dimensionnement d'installation photovoltaïque reliée au réseau", concerne la conception d'une installation photovoltaïque pour une école qui permet de s'adapter aux différents besoins énergétiques pour assurer l'alimentation électrique.

Notre travail nous a donc amenés à déterminer la taille de l'installation des panneaux photovoltaïques et à choisir leurs différents composants.

Mots clés : énergie renouvelable, énergie photovoltaïque, système photovoltaïque

Abstract

Today the whole world has realized the importance of renewable energies that have become a priority for the future.

Our topic, entitled "Study and scale of photovoltaic installation independent of the grid", is about designing a photovoltaic installation for a school that makes it possible to adapt to different energy needs to ensure electricity feeding.

So, our work led us to determine the size of the installation of photovoltaic cells and choose their different components.

The key words: renewable energy, photovoltaic energy, photovoltaic system.

فهرس المحتويات

شكر و تقدير I
إهداء II
الملخص III
Résumé III
Abstract III
فهرس المحتويات IV
فهرس الأشكـــال VIII
فهرس الجداول X
التسميات التقنية Nomenclature XI
مقدمة عامة 12

الفصل الأول

إستراتيجية استغلال الطاقة الشمسية في إنتاج الطاقة الكهربائية

مقدمة 16
1. الطاقة الشمسية وأهميتها 16
2. بعض مزايا الطاقة الشمسية 17
3. استخدامات الطاقة الشمسية 18
4. أشكال الطاقة الشمسية 21
5. الاشعاع الشمسي 22
   5.1. تعريف 22
   5.2. أنواع الاشعاع الشمسي 22
   5.3. خصائص الاشعاع الشمسي 24
6. تقنية تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية 27
   6.1. مبدأ التحويل 27
   6.2. الفرق بين الخلايا الشمسية والخلايا الكهروضوئية 27
      6.2.1. الخلايا الكهروضوئية 27
      6.2.2. الخلايا الشمسية 28
خاتمة 28

الفصل الثاني

التحويل المباشر للطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية

مقدمة 30
1. أهمية التحويل الكهروضوئي 30
2. تعريف الخلايا الكهرو شمسية 31
3. مكونات الخلية الكهرو شمسية 31
4. طريقة عمل الخلية الكهرو شمسية 33
5. أنواع الخلايا الكهرو شمسية 34
   5.1. الخلايا السيليكونية 34

5.1.1. الخلايا السيليكونية أحادية البلور(sells silicon Monocrystalline) 34
5.1.2. الخلايا السيليكونية المتعددة البلورات(cells silicon Polycrystalline) 35
5.1.3. الخلايا السليكونية الغير بلورية(sells silicon Amorphous) 35
5.1.4. الخلايا السيليكونية الشريطية 36
5.2. خلايا الغاليوم أرسنايد 36
5.3. خلايا الكوبراندیوم ديسلنايد 36
6. استخدام الطاقة الشمسية في توليد الكهرباء 36
7. الخصائص الكهربائية للخلية الكهرو شمسية 37
7.1. نقطة القدرة العظمى Maximum Power Point 37
7.2. تيار دائرة القصر Sc(circuit-short) 39
7.3. جهد الدائرة المفتوحة(Voc (circuit –open 39
7.4. كفاءة التحويل للخلية الكهرو شمسية: 41
8. تجميع الخلايا 41
8.1. تجميع الألواح الكهرو شمسية على التسلسلModules in Series 42
8.2. تجميع الالواح الشمسية على التفرع: 42
خاتمة 43

الفصل الثالث

مكونات النظام الكهروضوئي المتصل بالشبكة

مقدمة 45
1. أنواع النظم الكهروضوئية 45
1.1. النظم الكهروضوئية المتصلة بالشبكة (Système PV connecté au réseau) 45
1.2. النظم الكهروضوئية المستقلة (Système PV Off-Grid) 46
1.3. النظم الكهروضوئية الهجينة (Système PV hybride) 46
2. النظام الكهروضوئي المتصل بالشبكة 47
2.1. نظرة عامة على النظام 47
2.2. مخطط تدفق الطاقة في النظام الكهروضوئي المتصل بالشبكة 48
2.3. مزايا النظام 49
2.4. عيوب النظام الكهروضوئي المتصل بالشبكة 50
3. مكونات النظام الضوئي المتصل بالشبكة 51
3.1. ألواح الطاقة الشمسية Panneaux solaires 51
3.1.1. تعريف ألواح الطاقة الشمسية 51
3.1.2. أنواع الألواح الشمسية 52
3.1.3. العوامل المؤثرة في اختيار الألواح الشمسية 54
3.1.4. المقاييس الشائعة حاليا للألواح الشمسية 54
3.1.5. مقاييس إضافية للأخذ في الاعتبار 55
3.1.6. أمثلة لبعض الألواح الشمسية الرائدة حاليًا: 56
3.1.7. مكونات الألواح الشمسية 57
3.1.8 تثبيت الألواح الكهروضوئية 58
3.2. محول العكس أو العاكسOnduleur ou Convertisseur 59

3.2.1. تعريف 59
3.2.2. أنواع المحولات الشمسية 59
3.2.3. خصائص المحولات الشمسية 61
3.2.4. أهمية المحولات الشمسية في النظام الكهروضوئي: 61
3.3. الأسلاك الكهربائية في أنظمة الطاقة الشمسية 62
3.3.1. خصائص الأسلاك الكهربائية في أنظمة الطاقة الشمسية 62
3.3.2. أنواع الأسلاك الكهربائية المستخدمة في أنظمة الطاقة الشمسية 63
3.3.3. المعايير الدولية للاعتماد على الأسلاك الكهربائية في أنظمة الطاقة الشمسية: 63
3.3.4. الاعتبارات الأمنية والقانونية: 63
3.4. صندوق التوصيل الكهربائي 64
3.4.1. الوظيفية 64
الخاتمة 65

الفصل الرابع

تحجيم النظام الكهروضوئي المتصل بالشبكة

مقدمة 67
1. مبدأ قواعد تحديد حجم النظام الكهروضوئي المتصل بالشبكة 67
1.1. العوامل المتعلقة في تحديد الحجم 67
1.1.1. العوامل المتعلقة بمكونات النظام 68
1.1.2. إعدادات موقع التثبيت 68
1.1.3. المعلومات المتعلقة بالحمل la Charge 69
1.2. طريقة تحجيم التركيب الكهروضوئي 69
1.2.1. تقدير احتياجات المستخدم اليومية من الكهرباء 69
1.2.2. تحديد قيمة الإشعاع اليومي 69
1.2.3. حساب إجمالي طاقة الذروة للمجال الكهروضوئي 70
1.2.4. حساب عدد الألواح الشمسية المراد تثبيتها 70
1.2.5. تحديد حجم المحول 71
1.2.6. تحجيم الأسلاك الكهربائية 72
1.3. حساب العائد على وقت الاستثمار 72
2. تحديد حجم النظام الكهروضوئي للمدرسة الابتدائية قريبع سعدي 73
2.1. تقديم حالة الدراسة 73
2.2. الحسابات 76
2.2.1. إحصاء الأجهزة و تحديد الطاقة الكهروضوئية اللازمة 77
2.2.2. تحديد حجم الحقل الكهروضوئي 77
2.2.3. اختيار المحول 78
2.2.4. حساب عدد الألواح الموافقة للطاقة الضوئية اللازمة 80
2.2.5. حساب العدد الأقصى و الأدنى من الالواح بالتوافق مع المحول: 80
2.2.6. التحقق من تطابق الاجهزة الكهربائية المختارة 82
2.2.7. تحجيم الكابلات الكهربائية الشمسية 83
2.3. موضع الالواح 83

2.4. تقدير عائد الاستثمار 85
2.4.1. تقدير تكلفة الكهرباء الموفرة 85
2.4.2. تقدير تكلفة المشروع 86
2.4.3. مدة استرداد الاستثمار Retour d'investissement 86
الخاتمة 87
الخاتمة العامة 89
المـــراجـــــــــــع 90
الملحقات 92
الملحق رقم 1: بطاقة تقنية للوح المختار 93
الملحق رقم 2: بطاقة تقنية للمحول المختار 95
الملحق رقم 3: صور لطرق تركيب المعدات 96

فهرس الأشكـــــــال

صورة 1: تسخين المياه بالطاقة الشمسية 18
صورة 2: تحلية المياه بالطاقة الشمسية..... 19
صورة 3:فرن شمسي. 19
صورة 4: تجفيف المحاصيل بالطاقة الشمسية. 20
صورة 5: الأجزاء الأساسية للإشعاع..... 22
صورة 6: مكونات الاشعاع الشمسي الكلي الواصل الى سطح الأرض. 23
صورة 7: الزوايا الشمسية..... 27
صورة 8: تركيبة السيليكون البلوري الصافي 32
صورة 9: مكونات الخلية الشمسية..... 33
صورة 10: فكرة عمل الخلية الشمسية (الفولتية). 34
صورة 11: لوح كهر وشمسي مصنوع من خاليا كهر وشمسية أحادية التبلور 34
صورة 12: لوح شمسي مصنوع من خاليا كهر وشمسية متعددة البلورات..... 35
صورة 13: لوح شمسي مصنوع من خاليا كهر وشمسية غير بلورية. 36
صورة 14:مخطط لخلية كهر وشمسية مثالية..... 37
صورة 15: خصائص التيار الجهد لدا يود (اظلام خلية شمسية) وخلية تم اشعاعها مع تيار دائرة القصر Sc I وجهد الدائرة المفتوحة..... 38
صورة 16: منحنى خصائص الجهد والتيار لخلية سيليكونية ويبين نقطة القدرة العظمى (MPP). ... 38
صورة 17:خط تغير نقطة القدرة العظمى 39
صورة 18:خط الحمل الكهربائي وخط القدرة الذي لم يصمم بشكل صحيح..... 40
صورة 19: تغير موقع نقطة الطاقة العظمى تبعا للإشعاع الشمسي..... 40
صورة 20:الخاصية المثالية للألواح الكهرو شمسية المربوطة على التسلسل. 42
صورة 21: الخاصية المثالية للألواح الكهرو شمسية المربوطة على التفرع..... 43
صورة 22: النظام الكهروضوئي المتصل بالشبكة..... 45
صورة 23: نظام شمسي مستقل 46
صورة 24: الناظم الكهروضوئي الهجين 46
صورة 25: مخطط تدفق الطاقة في النظام الكهروضوئي المتصل بالشبكة و مكوناته..... 49
صورة 26: ربط الخلايا على التسلسل باللوح الكهروضوئي..... 52
صورة 27: لوح شمسي أحادي البلورة و آخر متعدد البلورة..... 53
صورة 28: تثبيت الألواح الشمسية ذات الأغشية الرقيقة 53

صورة 29: عمارة بالنظام الكهروضوئي المدمج BIPV 54
صورة 30: لوح من النوع LG NeON 2 56
صورة 31: لوح من النوع SunPower Maxeon 56
صورة 32" لوح ثنائي الوجه من نوع Canadian Solar Hiku 57
صورة 33: مقطع عرضي للوحين شمسيين مصفح و مغلف 58
صورة 34: قاعدة ثابتة لتركيب الألواح الشمسية 58
صورة 35: قاعدة متحركة لتثبيت الألواح الشمسية 59
صورة 36: دور المحول الشمسي 59
صورة 37: الفرق بين String inverter و microinverter من حيث نوع التركيب و الكفاءة 60
صورة 38: محول مركزي central inverter 60
صورة 39: محول هجين 61
صورة 40: صندوق التوصيل PV Combiner box 64
صورة 41 : موصل MC4 64
صورة 42: الإشعاع الأفقي العالمي في سكيكدة المصدر تطبيق Pv syst 7.4 70
صورة 43: صورة فضائية من Google Earth تبين مكونات المدرسة 74
صورة 44: موقع المدرسة عن طريق القمر الصناعي باستخدام برنامج Pv syst 7.4 75
صورة 45: قيمة الإشعاع الشمسي للموقع بواسطة برنامج PvSyst 7.4 76
صورة 46: المسار الشمسي حسب البرنامج Pv syst 7.4 76
صورة 47: الخصائص التقنية للوح الشمسي Siraj mono prec 78
صورة 48: المحول المختار للمشروع 79
صورة 49: موضح الألواح مغطية ساحة المدرسة 84
صورة 50: صورة توضيحية للتهيئة حسب المقترح الثاني 84
صورة 51: صورة توضيحية للتهيئة حسب المقترح الأول 84
صورة 52: توجيه و درجة ميلان الألواح الشمسية المعتمد 85
صورة 53: تركيب المحول و صندوق القاطعة 96
صورة 54: الطريقة التقنية لربط المحولات على التوازي 96
صورة 55: تموضع الألواح مائلة 97

فهرس الجداول

جدول1 : قائمة المعدات الكهربائية و حساب الاستهلاك اليومي 77

جدول2 : : بطاقة تقنية للوح كهروضوئي المختار 78

جدول3 : معطيات تقنية للوح..... 78

جدول4 : الخصائص التقنية للمحول المختار 80

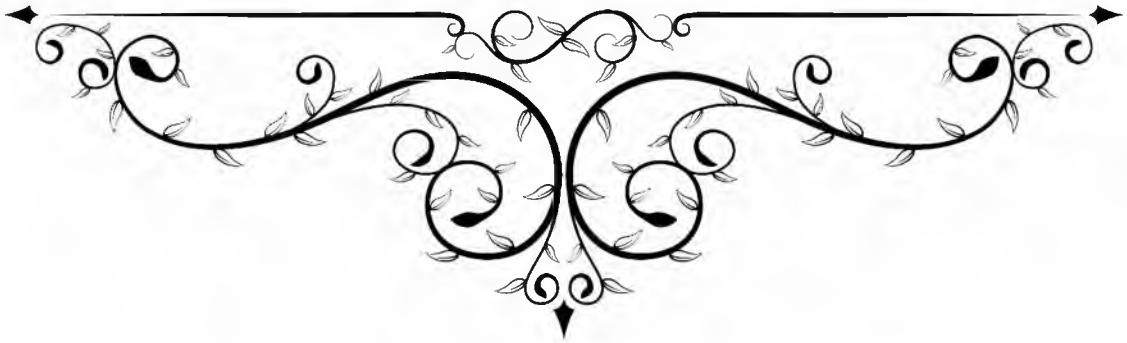
جدول6 : تكاليف الشروع 86

التسميات التقنية Nomenclature

الرمز	الوحدة	معناه
Ec appareil	الواط الساعي/ اليوم	طاقة الاستهلاك لكل جهاز
Nb	-	عدد الاجهزة
Pn appareil	واط	قدرة كل جهاز
Pn	واط	القدرة الاجمالية لكل الاجهزة
Ep	واط/يوم	الطاقة الكهربائية الواجب انتاجها
K	-	معامل التصحيح
Pv	-	النظام الكهروضوئي
Ir	كيلوواط/متر مربع في اليوم	متوسط الاشعاع اليومي على مدار العام
Pmax	واط	القوة القصوى التي يمكن الوصول اليها
Vmp	فولط	جهد التشغيل المثالي
Voc	فولط	فولتية اللوح دون التوصيل
Isc	امبير	اقصى تيار يمكن الوصول اليه
Imp	امبير	اقصى قيمة يمكن انتاجها
Ec	واط ساعي/يوم	الاستهلاك اليومي من الطاقة
Pc	واط ساعي	قوة الذروة
n_b	%	مردود البطارية
D	%	معدل تفريغ البطارية
Ac	فولط	تيار متناوب (متردد)
Dc	فولط	تيار مباشر (مستمر)
Pinvertre	واط	قدرة الانفرتر
$P_{demarrage/invertr}$	واط	قدرة اقلاع الانفرتر
$V_{max/inverter}$	فولط	جهد الانفرتر الاقصى
$Voc_{panneau}$	فولط	جهد الالواح في الدائرة المفتوحة
N_{ps}	-	عدد الالواح على التسلسل
N_{pp}	-	عدد الالواح على التوازي
U	فولط	توتر
Mppt	-	النقطة الأعظمية للأنفرتر أو منظم الشحن
Ɛ	-	نسبة ضياع الجهد 2%

www.psdgraphics.com

مقدمة عامة



مقدمة عامة

أصبحت الطاقة الشمسية الكهروضوئية من أفضل الحلول الحالية لتلبية الاحتياجات الطاقوية للمباني وهذا للتطور التكنولوجي المستمر في هذا المجال وما يصاحبه من انخفاض في تكلفة التجهيزات. في هذا السياق، يُمثل تصميم نظام كهروضوئي لمدرسة ابتدائية فرصة كبيرة ليس فقط لتقليل تكاليف الطاقة، بل أيضاً لتعليم الأجيال الصاعدة عن فوائد الطاقات المتجددة والاستدامة البيئية.

تحوّل الأنظمة الكهروضوئية ضوء الشمس إلى كهرباء قابلة للاستخدام، مما يوفر مصدراً للطاقة النظيفة والمتجددة. بالنسبة لمدرسة ابتدائية، يمكن لهذه التقنية أن تغطي جزءاً كبيراً من استهلاك الطاقة وهذا لقلة التجهيزات الكهربائية الموجودة بها مقارنة مع مؤسسات إدارية أو تعليمية أخرى وتتمثل خاصة في الإضاءة، و في بعض الأجهزة الحاسوبية. علاوة على ذلك، يمكن أن يكون دمج الأنظمة الكهروضوئية في البنية التحتية للمدارس بمثابة مختبر حي لتعليم العلوم والتكنولوجيا المتعلقة بالطاقة النظيفة.

يتطلب تصميم نظام كهروضوئي عدة خطوات أساسية، بدءاً من تقييم استهلاك الطاقة في المدرسة إلى اختيار المعدات المناسبة، مروراً بتحليل القيود المعمارية والبيئية. تستدعي هذه العملية فهماً عميقاً لمبادئ الطاقة الشمسية، وخصائص الألواح الشمسية التقنية، واللوائح المحلية المتعلقة بالبناء والاتصال بالشبكة الكهربائية.

تهدف هذه الدراسة إلى تحجيم وتصميم نظام كهروضوئي لمدرسة ابتدائية. بناءً على دراسة حالة وبيانات حقيقية، يسعى هذا العمل إلى تقييم الجدوى الاقتصادية للتحول الطاقوي الى الطاقة الكهروضوئية في ظل الظروف الحالية التي تميز الجزائر التي تتوفر على مصادر طاقوية أحفورية تجعل من كلفة انتاج الكهرباء في الآونة الحضرة أقل من ارتفاع أسعار معدات النظام المستوردة.

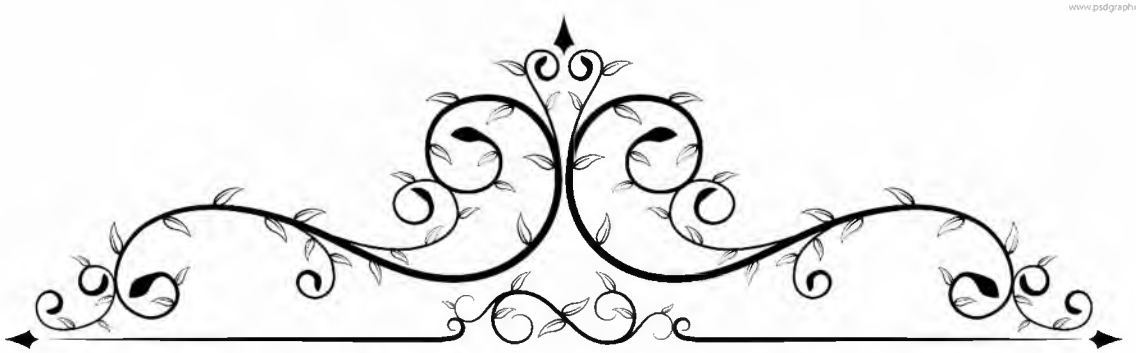
من خلال هذه الدراسة، نأمل في تشجيع اعتماد أوسع لتقنيات الطاقة الشمسية في القطاع التعليمي، مما يساهم في الانتقال نحو اقتصاد أكثر استدامة.

وبناءً على هذا تنقسم المذكرة إلى أربعة فصول: خصص الفصل الأول للتعريف بالطاقة الشمسية واستخداماتها حيث تم تناول مختلف إستراتيجيات استغلال الطاقة الشمسية في انتاج الطاقة.

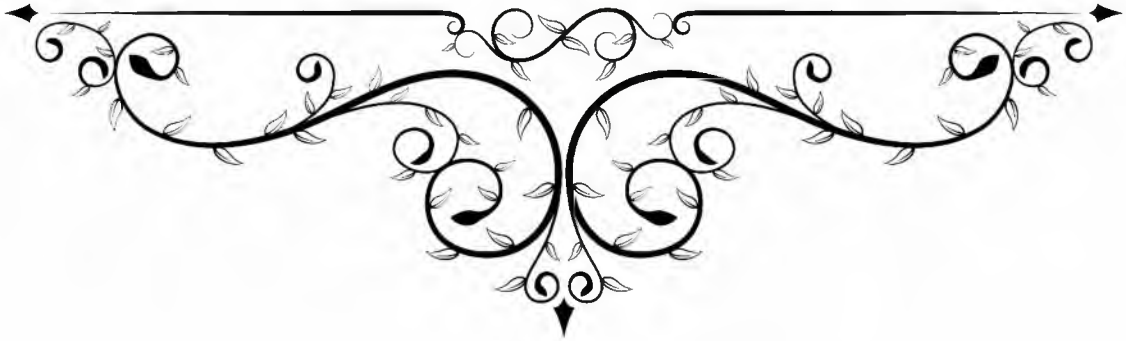
يناقش الفصل الثاني كيفية توليد الطاقة الكهربائية باستخدام الطاقة الشمسية. أما الفصل الثالث يعرض مكونات الأنظمة الكهرو شمسية البديلة للشبكة الكهربائية مع التركيز على النظام الكهروضوئي المتصل بالشبكة المعتمد في تجهيز المدرسة.

أخيرًا، يعرض الفصل الرابع طريقة الحساب ومن ثم دراسة تصميم وحجم حالة الدراسة، وينتهي بتقييم اقتصادي في جدوى النظام.

www.psdgraphics.com



الفصل الأول



إستراتيجية استغلال الطاقة الشمسية في إنتاج الطاقة الكهربائية

مقدمة

الطاقة الشمسية هي الطاقة المتولدة من الشمس (الحرارة والضوء) والتي تصل إلى الأرض على شكل إشعاع شمسي، هذا الإشعاع لا يصل كليا إلى سطح الأرض، فجزء منه ينعكس قبل وصوله إلى الأرض بسبب مكونات الغلاف الجوي والباقي منه يصل إلى سطح الأرض.

تعد الطاقة الشمسية من اهم أنواع الطاقات المتجددة والتي يمكن استغالها بصورة مستمرة اي لا ينتج عنها غازات أو مخلفات ضارة بالبيئة مقارنة بمصادر أخرى. ففكرة استخدام الطاقة الشمسية في التسخين أو تحريك الآلات ليست بجديدة على الإطلاق لذا أصبحت الطاقة الشمسية في الوقت الراهن ام الطاقات كما يطلق عليها البعض. فهي طاقة نظيفة دائمة مادامت الشمس موجودة فجميع مصادر الطاقة الموجودة على سطح الأرض نشأت من الطاقة الشمسية، كما استخدمت الشمس قديما في تسخين المياه وتجفيف المحاصيل لحفظها من التلف. أما حاليا نجد أن التجارب تقوم على محاولة استغال الطاقة الشمسية في إنتاج الكهرباء والتدفئة وغيرها، وفي الوقت الحاضر ونظرا الارتفاع اسعار الوقود وزيادة استهلاك الطاقة نجد أن الشمس تتصدر المكانة الأقوى لتحل محل البترول بعد نضوبه في إنتاج الكهرباء ومن المتوقع نجاح الألواح الشمسية في إنتاج الكهرباء.

حيث تستقبل الطبقات العليا من الفضاء المحيط بالكرة الأرضية ما يساوي 174 بيتا واط (1) بيتاواط 1512 واط من الطاقة الشمسية، ينعكس منها بفعل الغلاف الجوي قرابة 32% تعود للفضاء ويمتص الباقي والبالغ 100 بيتا واط من قبل الغيوم والبحار والمحيطات وسطح الأرض للإشعاع الشمسي فترتفع درجة حرارتها.

1. الطاقة الشمسية وأهميتها

إن الطاقة الشمسية من أهم مصادر الطاقة المتجددة خلال القرن الحالي؛ لأن الطاقة التقليدية الأحفورية مهددة بالنضوب، وكذلك بما خلفته من آثار كارثية على بيئة الأرض من تلوث وارتفاع في درجة حرارة الأرض، والتي سببت تغيرات مناخية في جو الأرض.

لذلك فإن جهود كثير من الدول تتوجه نحو استثمار الطاقة الشمسية، وترصد لها المبالغ اللازمة لتطوير المنتجات والبحوث الخاصة باستغلال الطاقة الشمسية كإحدى أهم مصادر

الطاقة البديلة للنفط والغاز، وقد أعطي النصيب الأوفر في البحوث والتطبيقات المجال تحويل الطاقة الشمسية إلى كهرباء وهو ما يعرف باسم الكهروضوئية وايضا طاقة حرارية.

وهذا المصدر من الطاقة هو أمل الدول النامية في التطور حيث أصبح توفر الطاقة الكهربائية من أهم العوامل الرئيسية لإيجاد البنى الأساسية فيه، ولا يتطلب إنتاج الكهرباء من الطاقة الشمسية مركزية في التوليد بل تنتج الطاقة، وتستخدم بالمنطقة نفسها أو المكان، وهذا ما يوفر الكثير من التكلفة في النقل والمواصلات.

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

وتعد بحوث تخزين الطاقة الشمسية من أهم مجالات التطوير اللازمة في تطبيقات الطاقة الشمسية وانتشارها على مدى واسع، حيث إن الطاقة الشمسية رغم أنها متوفرة، إلا أنها ما زالت ضعيفة المردود. ومكلفة من حيث المعدات المستخدمة لتحويلها من طاقة شمسية إلى طاقة كهربائية، وكذلك تخزينها إذا دعت الضرورة. رغم أن هذه التكاليف حاليا تفوق تكلفة إنتاج الطاقة التقليدية إلا أنها آخذة في الانخفاض المتواصل بفضل البحوث الجارية.

2. بعض مزايا الطاقة الشمسية

- ❖ الطاقة الشمسية طاقة هائلة من حيث مخزونها وكميتها، من حيث مخزونها: إن الشمس منبع لا ينتهي من الطاقة. ومن حيث كميتها: إن ما يصل إلى الأرض من الأشعة الشمسية يعادل عدة أضعاف احتياج البشرية من الطاقة.
- ❖ الطاقة الشمسية مجانية، لذلك يعتمد استخدامها على الكلفة التأسيسية فقط.
- ❖ تتوزع الطاقة الشمسية على سطح الكرة الأرضية، وتصل إلى الجميع فلا حاجة لنقلها وتوزيعها.
- ❖ على الرغم من الفرق في توزع الطاقة الشمسية بين خط الاستواء والقطبين إلا أن توزعها حسب خطوط العرض منتظم تقريبا، ويعتمد على المنطقة الجغرافية مما يسهل عملية دراستها واستخدامها وتبادل المعلومات والدراسات حولها.
- ❖ تعد الطاقة الشمسية عملية من ناحية استخدامها، فهي قابلة للتحول إلى أنواع أخرى من الطاقة كالطاقة الحرارية والميكانيكية والكهربائية.

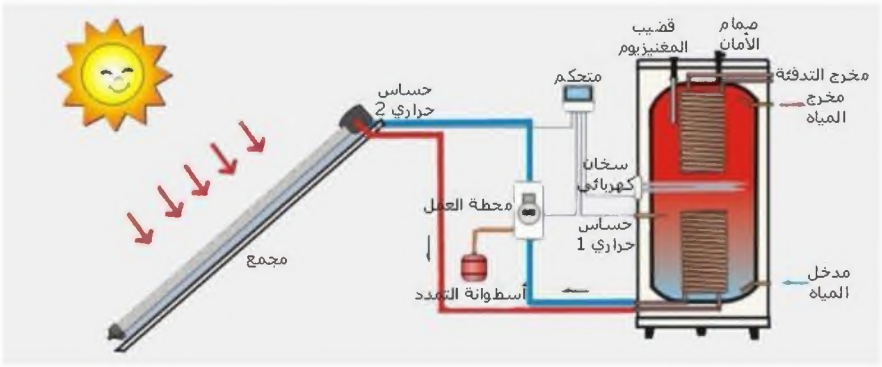
❖ تعد هذه الطاقة مصدرا نظيفا للطاقة من حيث تأثيرها على البيئة وغير خطرة الاستعمال.

3. استخدامات الطاقة الشمسية

ممكن تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية وطاقة حرارية من خلال آليتي التحويل الكهروضوئية والتحويل الحراري للطاقة الشمسية كما يلي:

❖ تسخين المياه

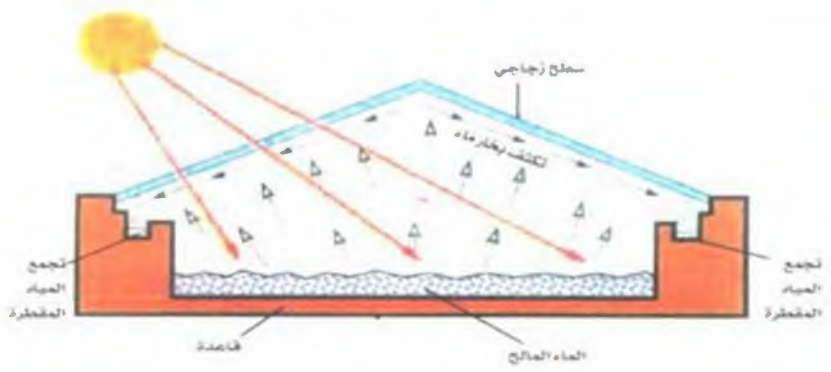
هي منظومة متكاملة تتكون من عدة أجزاء تستخدم في تجميع الأشعة الشمسية الساقطة عليها وتحويلها إلى طاقة حرارية يستفاد منها في تسخين المياه خلال ساعات سطوع الشمس حيث تخزن المياه الساخنة في خزان حراري تمهيدا لاستخدامها خلال اليوم كما يوضح بالشكل التالي:



صورة 1: تسخين المياه بالطاقة الشمسية

❖ تحلية المياه

تستخدم الطاقة الشمسية لتحلية المياه بطريقتين، الطريقة الأولي تعتمد على استخدام الطاقة الكهربية الناتجة من الطاقة الشمسية محل الطاقة التقليدية لاستعمالها مع التقنيات المألوفة للتحلية، أما الطريقة الثانية فتستخدم الإشعاع الشمسي لتبخير جزء من المحلول الملحي ثم تكثيفه باستخدام المقطرات البسيطة والتي غالبا ما تكون على غرار المخطط المبين في الصورة.



صورة 2: تحلية المياه بالطاقة الشمسية

❖ الفرن والطباخ الشمسي:

بنيت هذه الأفران لغرض استخدامها في رحلات التخييم، كبديل ممتاز عن النار، وهي اقتصادية وصديقة للبيئة، وهي عبارة عن صندوق مع غطاء من الزجاج والمواد العاكسة التي تمتص حرارة الشمس، وتوضع فيها أطباق الأكل وتُطهى بداخلها، وهي غير مكلفة وسهلة الاستخدام، ويُمكن لدرجة حرارة هذه الأفران الصغيرة أن تصل إلى حوالي مئة وثمانين درجة مئوية. هناك أبحاث تجري في هذا المجال لإنتاج معدات للطهي تعمل داخل المنزل بدلا من تكبد مشقة الجلوس تحت أشعة الشمس أثناء الطهي.

صورة 3:فرن شمسي.

❖ الاستخدام في النشاط الزراعي:

يسعى المعنيون بتنمية الزراعة وتطويرها إلى زيادة قدر الاستفادة من الطاقة الشمسية بهدف زيادة معدل إنتاجية النباتات المزروعة. فبعض التقنيات التي تتمثل في تنظيم مواسم الزراعة حسب أوقات العام وتعديل اتجاه صفوف النباتات المزروعة وتنظيم الارتفاعات بين الصفوف وخلط أصناف نباتية مختلفة يمكن أن تحسن من إنتاجية المحصول، وكذلك استخدامها في إدارة ماكينات ضخ الماء وتجفيف المحاصيل

وتفري الدجاج وتجفيف السماد العضوي للدجاج كما أنه تم استخدام الطاقة المتولدة بواسطة اللوحات الشمسية في عمل عصائر الفاكهة.

صورة 4: تجفيف المحاصيل بالطاقة الشمسية.

❖ **استخدام الطاقة الشمسية في الحماية:**

تُعدّ الطاقة الشمسية أحد الحلول التي لجأ إليها قطاع النفط في طريقه لتحقيق الحياد الكربوني خلال عمليات الإنتاج، وحماية أنابيب النفط من التآكل. وضمن المساعي الرامية إلى استفادة أكبر من هذه الحلول، توصّل فريق بحثي بإحدى المعاهد ببحوث البترول إلى تصميم نموذج لاستخدام الطاقة الشمسية في حماية أنابيب وآبار النفط والغاز من التآكل والصدأ . ويضمن هذا النموذج توفير حماية أتوماتيكية ومستمرة، بالإضافة إلى تركيب حساس للتنبيه عند حدوث تآكل في الأنابيب.

❖ **استخدام الطاقة الشمسية في توليد الكهرباء:**

ممكن تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية من خلال تحويل الكهروضوئية ويقصد به تحويل الاشعاع الشمسي أو الضوئي مباشرة إلى طاقة كهربائية بوساطة الخلايا الشمسية الكهروضوئية نذكر بعض استخداماتها في توليد الكهرباء:

- ❖ تزويد الأقمار الصناعية بالطاقة الكهربائية.
- ❖ انارة الشوارع.
- ❖ توفير الطاقة الكهربائية في الشواطئ والاستفادة من ظل الألواح الشمسية للوقاية من أشعة الشمس وتوفير منظر جميل.
- ❖ تزويد محطات الاتصال بالطاقة.
- ❖ تزويد حافلات الرحلات بالطاقة.

- ❖ تزويد الحدائق بالطاقة وإضافة منظر جميل باستخدام الألوان في الانارة.
- ❖ توفير الطاقة للمخيمات الجبلية.
- ❖ تزويد أنظمة الري بالطاقة.
- ❖ انارة اللوحات الاعلانية وإشارات المرور.

4. أشكال الطاقة الشمسية

هي الطاقة المستعملة بكثرة في كل المجالات الحيوية والصناعية. ويتم استخدام الكهرباء في كل الأنشطة البشرية بما في ذلك الإنتاج الصناعي والاستخدامات المنزلية والزراعة وكانت الدراسات تطور استغلال الكهرباء في بداية القرن السابع عشر وما زالت مستمرة حتى ا ن. ويرجع بدء الاستخدام الصناعي للكهرباء إلى عام 1879 عندما اخترع توماس ألفا أديسون المصباح الكهربائي وكشف النقاب عنه للعالم بأسره. ومنذ ذلك الحين، تزايد استخدام الكهرباء ويتم إنتاج الكهرباء على شكل طاقة أساسية وثانوية. يمكن الحصول على الكهرباء من الطبيعة عن طريق الصواع والاحتكاك وهذا صعب وغيرها لكن يمكن الحصول على الكهرباء كمصدر طاقة أساسي من المصادر الطبيعية مثل اقتصاديا ا مجد الطاقة التي يتم الحصول عليها من الموارد المائية والرياح والطاقة الشمسية والمد والجزر والأمواج. بينما يتم الحصول على الكهرباء كمصدر طاقة ثانوية من حرارة الانشطار النووي المتولدة من الوقود النووي، ومن الطاقة الحرارية الأرضية والطاقة الحرارية الشمسية، وعن طريق حرق مصادر الوقود الرئيسة القابلة للاحتراق مثل الفحم والغاز الطبيعي والنفط والكتلة الحية والنفايات. وذلك بتحويل الطاقة الحركية إلى طاقة كهربائية وذلك بتحريك سلك موصل في مجال مغناطيسي كما في المولدات الكهربائية أو بتسخين مزدوج حراري كما في المزدوجة الحرارية.

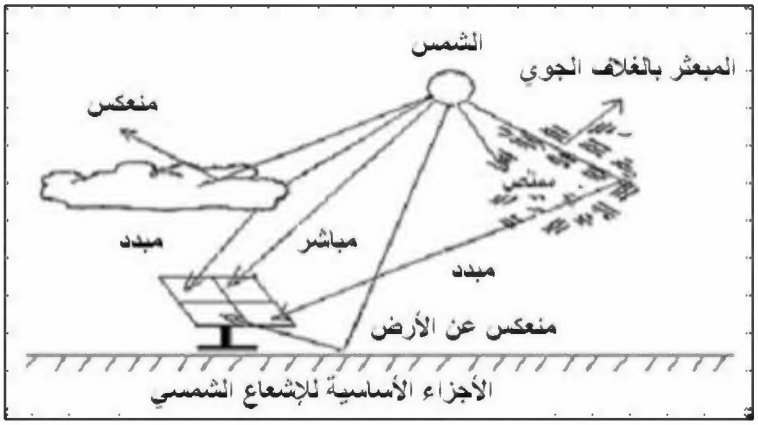
- ❖ في البطاريات تكون الكهرباء المتولدة ذات تيار مستمر.
- ❖ في المولدات الكهربائية تكون الكهرباء المولدة في الغالب ذات تيار متناوب.

لذلك فان الطاقة الكهربائية هي إحدى الصور المهمة للطاقات التي تستخدم في شتى المجالات والتي لا غنى عنها في حياتنا اليومية استخداماتها المنزلية كالإنارة والتدفئة وتشغيل الأجهزة الكهربائية المنزلية وكافة المجالات الأخرى في الصناعة والاتصالات والمجالات العلمية.

5. الاشعاع الشمسي

5.1. تعريف

يقصد بالإشعاع الشمسي الطاقة التي تطلقها الشمس الى جميع الاتجاهات ويتضمن الشعاع المرئي وغير المرئي، بمعنى اخر الطاقة الضوئية والحرارية على الأرض ومختلف الكواكب الأخرى. يتميز الشعاع الشمسي بتوفره بصورة كبيرة ومتغير الشدة خلال ساعات النهار، اذ يصل الى قيمته العظمى عند منتصف النهار اين تكون زاوية سقوط الأشعة الشمسية عمودية على سطح الأرض، حيث التغير في زاوية السقوط وزاوية الارتفاع الإشعاع الشمسي يقلل من الحرارة المتجمعة في اي منظومة حرارية شمسية. كما أن اختلاف الموقع الجغرافي يقابله التغير في شدة الشعاع من مكان أخر وكذلك ساعات النهار المشمسة متغيرة مع الفصول حيث تكون اطول في فصل الصيف والذي يتميز بشدة اشعاع كبيرة يقابله ارتفاع في درجات الحرارة وسطا الى درجات حرارة عالية جدا والتي يجب على الانسان أن يستغلها بشكل علمي ليسخرها لمصلحته، يمكن حساب شدة الشعاع الشمسي عمليا باستخدام جهاز البيران ومتر الذي يربط مع جهاز المكاملة الشمسي لقياس شدة الشعاع الشمسي، فهو عبارة عن كرة زجاجية تعمل على قياس مختلف الموجات الشعاعية.



صورة 5: الأجزاء الأساسية للإشعاع.

5.2. أنواع الاشعاع الشمسي

تصدر الشمس الطاقة وتأتي على شكل اشعاع شمسي متدفق يخترق الغلاف الجوي الأرضي حيث ينعكس جزء منه في الفضاء خارج الغلاف الجوي، كما يتشتت جزء داخله، اما الجزء المتبقي فينفذ عبر الغلاف الجوي، وبالتالي فإن الشعاع الشمسي الواصل الى سطح الأرض يتكون من ثالث أنواع:

❖ الشعاع الشمسي المباشر(s):

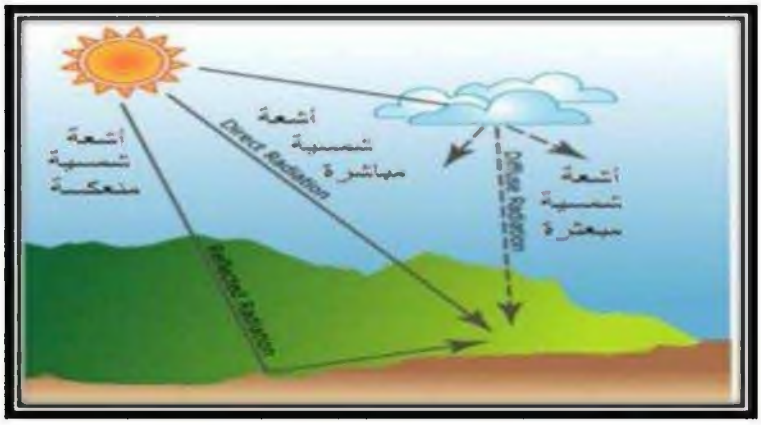
هو عبارة عن شعاع مباشر، أي في خط مباشر من الشمس الى الأرض ويمثل نسبة كبيرة في الأيام المشمسة حوالي. 24% أما في الأيام الغائمة فإن الشمس تكون مغطاة بالغيوم وعندئذ يكون الشعاع تقريبا معدوم وبالتالي يمثل الشعاع المبعثر الأغلبية العظمى في ذلك الوقت.

❖ الشعاع الشمسي المنتشر(D):

هذا الشعاع يأتي من أنحاء متفرقة من السماء لذا يطلق عليه "اشعاع السماء "وتكون كميته حوالي 12% للسماء الصافية وتصل الى 122% للسماء الغائمة.

❖ الشعاع الشمسي الكلي(G):

كمية الشعاع المنعكس على سطح الخلية الشمسية يختلف نتيجة اختلاف السطوح العاكسة للشعاع، فمن المعلوم اختلاف معاملات الانعكاس من سطح آخر، وتكون كمية الشعاع المنعكس حوالي 11%.



صورة 6: مكونات الاشعاع الشمسي الكلي الواصل الى سطح الأرض.

الجزء الأول وهو عبارة عن شعاع مباشر أي في خط مباشر من الشمس إلى الأرض ويشكل نسبة كبيرة من هذه الأجزاء في الأيام المشمسة. أما في الأيام الغائمة ف ن الشمس مغطاة بالغيوم والشعاع المباشر يكون تقريبا معدوم، وبالتالين تشكل الحزمة الضوئية المبعثرة الأغلبية العظمى في ذلك اليوم .وبما أن هذا الشعاع يأتي من أنحاء متفرقة من السماء فيطل عليه اسم إشعاع السماء، وتكو ن كميته حوالي 10 % إلى 20 % للسماء الصافية وبحدود 100 % للسماء الغائمة. أما الجزء الثالث والأخير فهو مكمل للحزمة الضوئية الكاملة التي ترتطم بالخلية الكهرو شمسية، وهو عبارة عن الإشعاعات الشمسية المنعكسة بواسطة الوسائط المختلفة المحيطة بالخلية. إن كمية الإشعاع المنعكس على سطح الخلية يكون مختلف الكمية بسبب اختلاف السطوح العاكسة.

عموما تتأثر كمية وشدة الشعاع لجميع الأنواع بعدة عوامل منها :

- ❖ حالة السماء من حيث صفائها وتلبدها بالغيوم.
- ❖ الوقت خلال النهار والفصل خلال السنة.
- ❖ الارتفاع فوق منسوب البحر.

موقع الشمس في السماء وزاوية ميل الشمس يعتمد تحديد مقدار الشعاع الشمسي الذي يصل الى سطح الارض على:

- ❖ مكونات طبقة الغلاف الجوي.
- ❖ سمك الغلاف الجوي الذي سيمر خلاله الشعاع الشمسي.
- ❖ عند منتصف اليوم تصبح الشمس عمودية عندئذ يكون سمك الغلاف الجوي الذي سيمر خلاله الشعاع الشمسي أقل ما يمكن والطاقة الواصلة الى الأرض أعلى ما يمكن. أما عند الشروق والغروب فإن سمك الغلاف الجوي الذي سيمر خلاله الشعاع الشمسي يكون أعلى ما يمكن والطاقة الواصلة للأرض أقل ما يمكن .ولهذا السبب فإن حجم طاقة الشعاع الشمسي يكون مرتفعا في المناطق ذات الارتفاعات العالية عن سطح البحر.

5.3. خصائص الاشعاع الشمسي

حيث أن شدة الشعاع الشمسي الساقط على سطح الأرض تابع لموقع سطح الأرض بالنسبة للشمس فيكون من الضروري تحديد بعض الزوايا الهندسية التي توضح العالقة بين سطح الأرض والشمس وتستخدم في اجراء حسابات قيم الشعاع ومجالات أنظمة الطاقة الشمسية حيث يمكن وصف وضع الشمس عند أي موقع عن طريق الارتفاع الشمسي (solar azimuth) الشمسي والسمت (solar altitude) فيما يلي تعريف الزوايا الشمسية وبعض التعريفات الهامة:

- ❖ **الوقت الشمسي(time solar):**

هو زمن بناء على الحركة الزاوية الظاهرية للشمس عبر السماء، يعرف وقت الظهيرة بأنه الوقت الذي تكون الشمس فيوه تعبر دائرة نصف النهار.

- ❖ **الوقت القياسي(time standard):**

الزمن المعطي بالساعة المحلية .الوقت الشمسي هو الزمن المستخدم لجميع علاقات الزوايا الشمسية (وهذا ليتطابق مع الوقت القياسي) .

❖ **خط العرض Φ (latitude):**

هو الموضع الموازي للنقطة المدروسة بالنسبة الي مستوي خوط الاستواء، وبفرض خط العرض موجب شمال خط الاستواء .أو هو الموقع الجنوب أو الشمال الزاوي من خط الاستواء، الشمال موجب:

$$-90° \leq \Phi \leq +90°$$

❖ **الميل(δ) (declination) (أو زاوية الانحراف الشمسي):**

هو المسافة الزاوية لأشعة الشمس وقت الظهيرة الشمسية أي عندما تكون الشمس عند الزوال المحلي (بالنسبة الي مستوي خط الاستواء) أي الزاوية بين الخط الواصل بين مركزي. الأرض والشمس ومسقط هذا الخط على مستوي خط الاستواء تفرض موجبة شمالا:

(الانقلاب الصيفي) $23.5° \geq \delta \geq -23.5°$ (الانقلاب الشتوي) .

❖ **المنحدر (γ) (slope):**

هي الزاوية بين مستوي سطح الغرض والمستوي الأفقي (تشير $\gamma > 90°$أن جهة السطح متجهة الي أسفل) .

❖ **زاوية السمت () (Zenith angle):**

هي الزاوية بين خط السمت (الذروة) وأشعة الشمس، هذا يعني، زاوية سقوط أشعة الحزمة على السطح الأفقي ($0 \leq \leq 90°$) عندما تكون الشمس أعلي الأفق) .

❖ **زاوية الارتفاع الشمسي (β) (Solar altitude angle):**

هي الزاوية بين أشعة الشمس والمستوي الأفقي، وهي المكملة لزاوية السمت.

$$(0 \leq \leq 90°) \text{ (zenith angle)}$$

❖ **زاوية السمت الشمسي الأفقية(ψs) (angle azimuth Solar):**

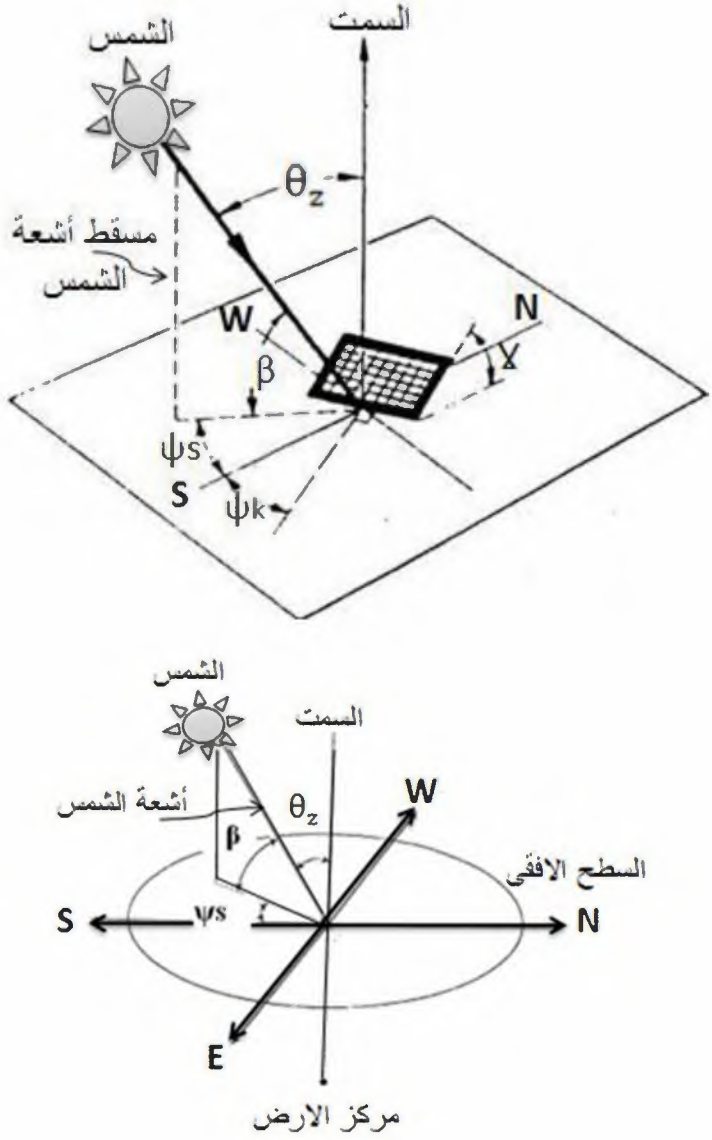
هي الزاوية المقاسة في المستوي الأفقي بين الجنوب ومسقط أشعة الشمس، ويكون الاتجاه نحو الشرق الجنوبي سالبا، والاتجاه نحو الغرب الجنوبي موجبا، أي أن $-180° \leq \psi s \leq +180°$) .180°)

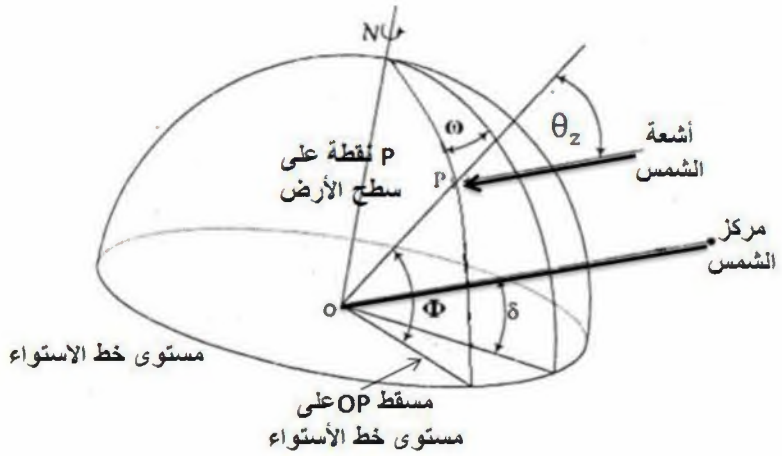
❖ **زاوية سمت السطح (ψk) (surface azimuth angle):**

هي الزاوية المقاسة في المستوي الأفقي بين مسقط المستقيم المتعامد مع السطح والجنوب، والاتجاه نحو الغرب يعد موجبا $-180° \leq \psi k \leq +180°$

❖ الزاوية الساعية (ω) (Hour angle):

تعرف الزاوية الساعية لنقطة ما على سطح الأرض بأنها الزاوية الواجب أن تدورها الأرض ليصبح خط طول هذه النقطة تحت الشمس مباشرة، هي الزاوية المقاسة على مستوي خط الاستواء بين مسقط خط الطول ومسقط الخط الواصل بين مركزي الارض والشمس. عند الظهيرة تساوي الزاوية الساعية الصفر، وتفرض موجبه بعد الظهر حيث ان تحرك الارض على خط الطول يستغرق ساعة واحدة.





صورة 7: الزوايا الشمسية.

6. تقنية تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية

6.1. مبدأ التحويل

ينتج الضوء الساطع على الخلية الشمسية كلاً من التيار والجهد لتوليد الطاقة الكهربائية، وتتطلب هذه العملية أولاً مادة يرفع فيها امتصاص الضوء الإلكترون إلى حالة طاقة أعلى، وثانياً حركة هذا الإلكترون ذو الطاقة الأعلى من الخلية الشمسية إلى دائرة خارجية، ثم يبدد الإلكترون طاقته في الدائرة الخارجية ويعود إلى الخلية الشمسية، ويمكن أن تفي مجموعة متنوعة من المواد والعمليات بمتطلبات تحويل الطاقة الكهروضوئية، ولكن عملياً تستخدم جميع عمليات تحويل الطاقة الكهروضوئية تقريباً مواد شبه موصلة في شكل تقاطعpn ، ومن الممكن صناعة الخلايا الشمسية بسهولة.

6.2. الفرق بين الخلايا الشمسية والخلايا الكهروضوئية

كثير من الناس لا يعرفون الفرق بين الخلايا الكهروضوئية والشمسية، على الرغم من استخدامهما بالتبادل على نظام الطاقة الشمسية الكهروضوئية، إلا أن هذين النوعين مختلفان تماماً، ويكمن الفرق بينهم في توضيح الفرق الوظيفي لكل منهم:

6.2.1. الخلايا الكهروضوئية

للخلايا الكهروضوئية دور هام في نظام الطاقة الشمسية الكهروضوئية، تنتج الخلايا الشمسية الكهرباء من خلال التأثير الكهروضوئي، حيث يولد ضوء الشمس الكهرباء في مواد معينة عن طريق تفكيك إلكتروناتها الخارجية، ويمكن تصنيع الخلايا الكهروضوئية من مادة أحادية البلورية أو متعددة البلورات، دون الحاجة إلى التعمق في التقنية، وتتكون من عدة طبقات، أهمها اثنان من أشباه الموصلات في المركز.

الجزء العلوي من أشباه الموصلات عبارة عن طبقة سالبة، حيث تحتوي ذرات المادة على إلكترونات إضافية تحمل شحنة سالبة، في المقابل فإن شبه الموصل السفلي عبارة عن طبقة موجبة حيث أن ذرات المادة تفتقد للإلكترونات.

عندما يصطدم ضوء الشمس بأعلى أشباه الموصلات تصبح الإلكترونات السائبة متحمسة، وتتفكك ثم تنجذب إلى الطبقة الموجبة تحتها، يتشكل حاجز بين الطبقتين حيث تجبر الموصلات على كلا الطبقتين الإلكترونات على السفر حول الخلية مما ينتج عنه تيار كهربائي، تقوم الموصلات بعد ذلك بإجبار هذا التيار خارج الخلية إلى حمل كهربائي، والذي يلتقط الطاقة التي أنتجتها خليتك الكهروضوئية، تعود الإلكترونات في النهاية إلى الخلية وتتكرر العملية.

6.2.2. الخلايا الشمسية

نظراً لأن الخلايا الكهروضوئية تولد كمية محدودة فقط من الطاقة، لذلك يتم توصيل العديد من الخلايا لإنشاء لوحة شمسية، بالعمل معاً تولد الخلايا الشمسية المتعددة تيارات أعلى وبالتالي المزيد من الطاقة، بالإضافة إلى ذلك من خلال إحكام غلق عدة خلايا معاً تعمل اللوحة كحافظة واقية لتواجد الخلايا فيها وهذا يعني أن خلاياك الشمسية أقل عرضة للتلف بسبب العوامل الخارجية بما في ذلك الطقس شديد البرودة.

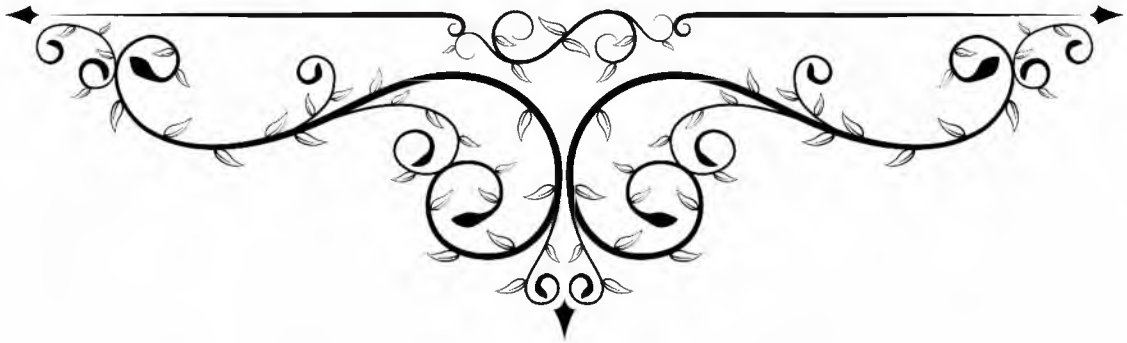
يتم بعد ذلك توجيه الكهرباء التي تولدها الألواح الشمسية إلى العاكس المركزي أو العاكس الصغير، اعتماداً على إعداد نظامك حيث يتم تحويلها إلى كهرباء تيار متردد يمكن أن يستخدمها منزلك وأجهزتك، ويعتمد عدد الخلايا في لوحتك على العلامة التجارية المحددة والحجم الذي تختاره، على الرغم من شيوع 60 و72 خلية في لوحة واحدة .

خاتمة

تم في هذا الفصل الإشارة الى الطاقة الشمسية واستخداماتها، حيث تطرقنا الى أهم خصائص الطاقة المتجددة المتمثلة في الطاقة الشمسية بالإضافة الى تعدد استخداماتها، والتي ذكرنا من بينها تحلية المياه ودورها في الزراعة وصولا إلى إنتاج الطاقة الكهربائية عن طريق الطاقة الشمسية والتي هي مدخل لموضوع بحثنا حيث عرفنا الطاقة الشمسية ومبدأ عملها وبعض الدارسات وعدة أبحاث ونتائج مشاريع توصل اليها الباحثون في علم الطاقات المتجددة الشمسية.

www.psdgraphics.com

الفصل الثاني



التحويل المباشر للطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية

مقدمة

يمكن للطاقة الشمسية أن تتحول إلى طاقة كهربائية بطريقتين أساسيتين هما التحول الحراري، والتحول المباشر باستخدام الخلايا الكهرو شمسية. في هذا الفصل سنتطرق الى طريقة التحويل المباشر وسنفصل خصائص الخلية الكهروضوئية المسؤولة عن هاته العملية.

1. أهمية التحويل الكهروضوئي

تعد الخلايا الكهرو شمسية أحد أهم الأساليب المعروفة والأكثر تفضيلاً لتحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية في المستقبل القريب، ويتصف هذا الأسلوب بمزايا عديدة مقارنة مع الأسلوب الترموديناميكي أهمها:

- ❖ عدم الحاجة إلى تنظيم المراحل والعمليات الحرارية اللازمة.
- ❖ تعد بنية محطات القدرة العاملة بهذا الأسلوب أبسط بكثير، حيث إنها تحتوي الألواح ثابتة مما يعطي إمكانية إنقاص وأحياناً الاستغناء كلياً عن صيانة مثل هذه المحطات، وبالتالي: سيكون استثمارها سهلاً في المناطق البعيدة حيث لا يتوفر الكادر الفني المختص، وبالتالي فإن مصاريف التشغيل والصيانة قليلة.
- ❖ إمكانية تصميم خلايا كهر وشمسية بحجوم مختلفة ومهام متنوعة ويمكن أن تتألف من أقسام مستقلة، وبمردود عمل يتطابق مع مردود الخلية بكاملها.
- ❖ وجود إمكانية كبيرة لتطوير وتصنيع الخلايا الكهرو شمسية (العنصر الرئيس في المحطات الكهرو شمسية وذلك بهدف إنقاص حجمها وكلفتها وزيادة استطاعتها. تعد الخلايا الكهرو شمسية ذو موثوقية عمل عالية.

وبالإضافة لذلك فإن الخلايا الكهرو شمسية قادرة على العمل بكفاءة وجودة عالية ولمدة طويلة غير محدودة.

إن السبب الرئيس لعدم انتشار الخلايا الكهرو شمسية المصنعة من أنصاف النواقل في الحياة العملية هو ارتفاع أسعارها، حيث كانت الكلفة النوعية لإنتاج واحد واط من الاستطاعة المركبة تساوي ($50) عام 1970م أما في عام 1988 وبفضل تقدم تكنولوجيا إنتاج الخلايا الكهرو شمسية وتحسين نوعية العمل فقد انخفضت هذه الكلفة حتى (55)، وينخفض في الوقت الحالي ثمن الخلايا الكهرو شمسية باستمرار.

تعد مادة السيليكون أحد أهم أنصاف النواقل المستخدمة في تصنيع الخلايا الكهرو شمسية التي تعد بسيطة التركيب وأصبحت مدروسة بشكل جيد، ففي عام 1954 تمت صناعة أول خلية كهر وشمسية سيليكونية في معهد بل لابس Bell labs في الولايات المتحدة الأمريكية بمردود (6%).

ومن الجدير بالذكر أن السيليكون كمادة نقية لا يوجد في الطبيعة على حالة منفردة بل في صورة متحدة، وهو من أكثر العناصر انتشاراً على سطح الأرض بعد الأوكسجين، وهو موجود في الطبقات الخارجية للأرض ويوجد في الطبيعة في صورة أكسيد سيليكا.

2. تعريف الخلايا الكهرو شمسية

الخلايا الكهرو شمسية محولات تأخذ الطاقة من أشعة الشمس وتحولها إلى نوع آخر من الطاقة حيث تقوم الخلايا الشمسية بتحويل نور الشمس إلى كهرباء وتطرد كمية كبيرة من الحرارة بدون أية إجراءات مؤثرة (ضوضاء أو تلوث أو إشعاع أو صيانة..).

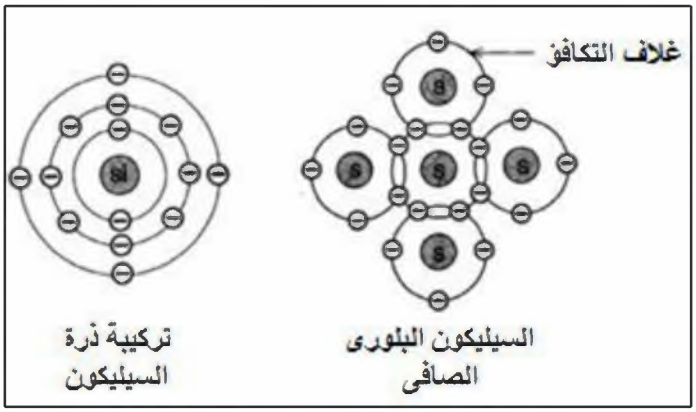
توجه ألواح الخلايا الكهرو شمسية بزاوية ميل مناسبة في مواجهة الشمس كي تسقط أشعة الشمس عمودياً عليها. تحول الخلايا الشمسية الطاقة الشمسية مباشرة إلى قدرة كهربائية بدون عمليات وسيطيه، فهي تمتص معظم الطيف الشمسي وتحول جزءاً من هذه الإشعاعات إلى طاقة كهربائية ويمكن استخدامها في الحال أو تخزينها.

وتصمم المنظومات من هذا النوع أساساً لأجل المنشآت في المواقع البعيدة لفترات طويلة حيث تتصف مثل هذه المواقع عادة بقساوة عالية في طقسها، لذلك يجب أن تكون هذه المنظومات ذات مقاومة عالية للرياح والرطوبة والبرد والعواصف الرملية، وأن تحاط بتصميم ضد هجمات الطيور والحيوانات والتآكل، لهذا فإن المواد الأساسية التي تثبت بها الخلايا يجب أن تقاوم هذه الأشياء المحيطة ومعدن هذه الخلايا لا يتعرض للتأكل، وهذه نقطة مهمة جداً حيث تصنع غالبية الخلايا الكهرو شمسية من السيليكون وهو نصف معدن وقد يكون عازلاً وناقلاً. في حالته كناقل لا تكون إلكترونات ذراته مرتبطة بإحكام مما يؤدي إلى جريانها بسهولة عندما يطبق عليها جهد كهربائي، بينما تكون إلكترونات ذراته في حالة العازل مرتبطة بشدة ولا يحدث جريان للإلكترونات عندما يطبق عليها الجهد الكهربائي.

3. مكونات الخلية الكهرو شمسية

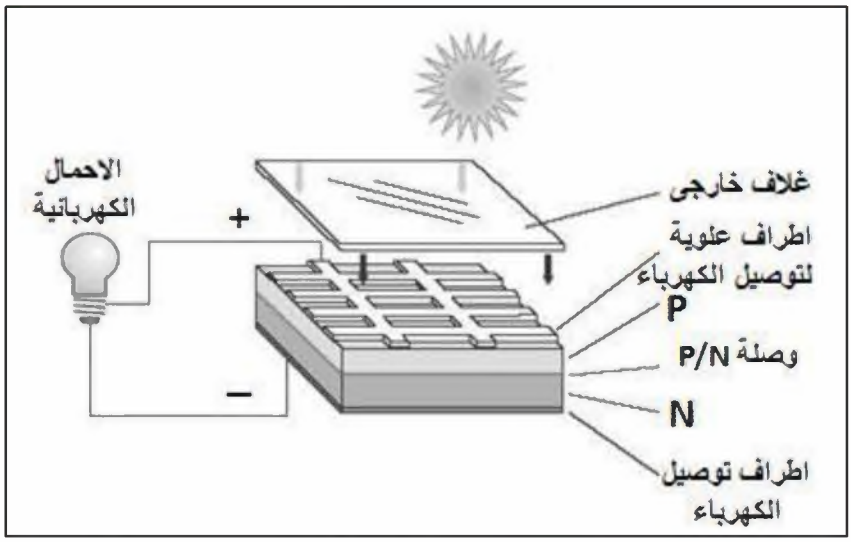
ذرة السيليكون البلوري تحتوي على 17 إلكترون مرتبة في ثالثة طبقات مختلفة وأول طبقتين وهما الأقرب إلى المركز ممتلئتين تماما، وأن الطبقة الخارجية فقط هي الطبقة النصف ممتلئة بها 7 إلكترونات، تقوم ذرة السيليكون بالبحث عن إلكترونات لتأمل طبقتها

الأخيرة) والتي تكون 3 إلكترونات (وليتم ذلك تشترك بأربعة إلكترونات مع ذرة السيليكون التي تقع بالقرب منها، وهذا وصف والذي يوصف أيضاً السيليكون البلوري الصافي. بأن جميع الإلكترونات محبوسة في التركيب البلورة ولذا يوصف بأنه موصل ضعيف للكهرباء نظرا لعدم وجود والإلكترون واحد حر الحركة. توضح الصورة 1.2 تركيبة السيليكون البلوري الصافي.



صورة 8: تركيبة السيليكون البلوري الصافي

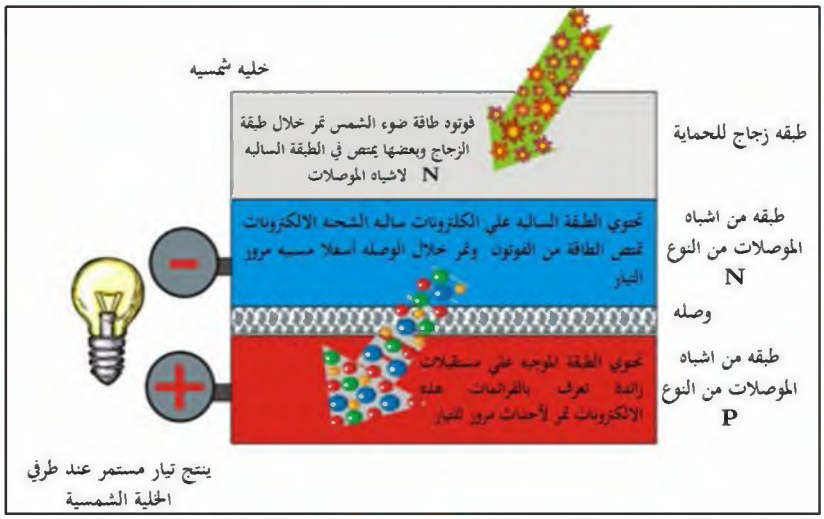
لتوليد الشحنة الموجبة يتم إدخال ذرات البورون (البورون Boron) عنصر لا فلزي (B)، يستخدم في صناعتي الزجاج والسيراميك وعاملا مساعدا في الميثولوجيا وفي إنتاج أشباه الموصلات. والتي تمتلك 1 إلكترونات تكافؤية في تركيب السيليكون الصافي. ترتبط هذه الذرات مع ذرات السيليكون ويتشكل ثقب أو فراغ (hole) إيجابي الشحنة بدال من الإلكترون الرابع المفقود .أو من النوع (P)إيجابياً وتسمى السيليكون مع شوائب البورون موصلا لتوليد الشحنة السالبة يتم إدخال ذرات الفوسفور (Phosphorous) عنصر لا فلزي رمزه(P) ، عدده الذرى 15، يوجد في عدة أشكال يستخدم في صناعة الصواريخ وحمض الفوسفوريك وفي إنتاج أشباه الموصلات التي تمتلك 5إلكترونات تكافؤية في تركيب السيليكون الصافي، وترتبط هذه الذرات مع ذرات السيليكون ويتشكل إلكترون سلبي الشحنة، تسمى مادة السيليكون مع شوائب الفوسفور موصلا سلبيا أو من النوع .(n) وعليه تصنع الخلايا الشمسية بوضع طبقة من النوع (n) وطبقة من النوع(p)، بهذا نحصل على المخرج الموجب والمخرج السالب للخلية الشمسية معاً . توضح الصورة 2.2 مكونات الخلية الشمسية.



صورة 9: مكونات الخلية الشمسية

4. طريقة عمل الخلية الكهرو شمسية

عند تعرض الخلية للإشعاع الشمسي فإن الإلكترونات الحرة تمتص " طاقة الفوتونات المكونة للإشعاع الشمسي ، أي أن الطاقة المنبعثة من الشمس تصطدم بسطح الخلية في شكل فوتون (الفوتون عبارة عن طاقة في صورة ضوء وإشعاع كهرومغناطيسي وليس لها شحنة والكتلة) و إذا كانت طاقة الفوتون كافية فإنها تعمل على تحفيز الإلكترونات في الخلية الشمسية مما يولد جهدا كافيا لدفع هذه الإلكترونات في دوائر الحمل ، أي أن عند سقوط ضوء الشمس على الخلية يمر هذا الضوء من خلال سطح الخلية و يمتص منه جزء بواسطة الطبقة الأولى للخلية و هي طبقة السيليكون و المحتوية على الفوسفور أي النوع (N)أما غالبية الضوء الساقط على هذه الخلية فيقوم بامتصاصه الجزء الخاص بذلك أي طبقة السيليكون المحتوية على البورون أي 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 بالتالي يتشكل تيار كهربي مستمر .(DC) وعند توصيل حمل كهربي بين طرفي الخلية الشمسية يتم الاستفادة من حركة الإلكترونات الناتجة من سقوط ضوء الشمس على الخلية.توضح الصورة 3.2 فكرة عمل الخلية الشمسية الفوتو فولتية.



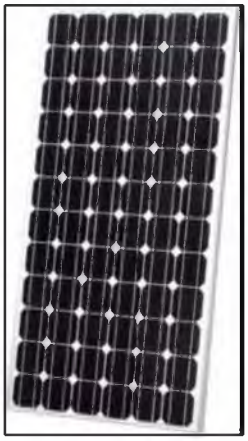
صورة 10: **فكرة عمل الخلية الشمسية (الفولتية).**

5. أنواع الخلايا الكهرو شمسية

5.1. الخلايا السيليكونية

5.1.1. الخلايا السيليكونية أحادية البلور(sells silicon Monocrystalline)

معظم الخلايا السيلكونية الأحادية البلورية المتوفرة في الأسواق ذات كفاءة تقارب، 15 % وتعرف الكفاءة بأنها النسبة المتوجة من الطاقة الشمسية الساقطة على اللوح الكهرو شمسية التي يتم تحويلها إلى كهرباء. وبالرغم من ميزة الكفاءة العالية التي تختص بها الخلية الكهرو شمسية أحادية البلورة ف ن سعرها مرتفع ا جد لكونها مصنعة من سليكون أحادي البلورة وعالي النقاوة حيث طريقة التصنيع عالية التكاليف وتحتاج إلى عمال مهرة. الصورة 4.2 يبين لوحا كهرو شمسية المصنوع من خاليا كهر وشمسية أحادية.



صورة 11: *لوح كهر وشمسي مصنوع من خاليا كهر وشمسية أحادية التبلور*

ويتم حاليا تصنيع بعض الخلايا من سليكون أقل نقاوة، وهذه الخلايا تكون بأرخص سعر وتنتج بكلفة أرخص باستخدام عمليات مختلفة قليلة الكلفة لكنها ذات كفاءة أقل وعمر زمني أقل.

5.1.2. الخلايا السيليكونية المتعددة البلورات(cells silicon Polycrystalline)

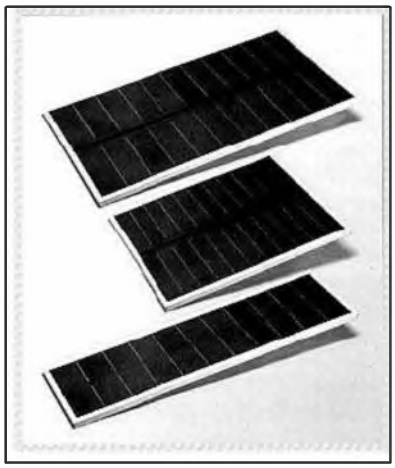
بالرغم من كون الخلايا الكهرو شمسية المتعددة البلورات أرخص وأسهل ا ً تصنيع من الخلايا الأحادية البلورة بسبب النقاوة الأقل للمادة الأولية إلى أنها أقل كفاءة، وذلك كون حاملات الشحنة الإلكترونية والثقوب المولدة من قبل فوتونات الإشعاع الشمسي يمكن أن تتجمع على الحدود بين الحبيبات داخل السليكون المتعدد البلورات، وقد وجد أن كفاءة هذه الخلايا تتحسن عند عملية تصنيع المادة بطريقة تكون فيها الحبيبات كبيرة الحجم، ويتم ذلك بتبريد السليكون المذاب ببطء ثم توجه الخلايا من الأعلى إلى الأسفل، وذلك للسماح للإشعاع الشمسي بالتغلغل بعم خلال الحبيبات. الصورة 5.2 يبين لوحا شمسيا ً مصنوع من خاليا كهر وشمسية متعددة البلورات.

صورة 12: لوح شمسي مصنوع من خاليا كهر وشمسية متعددة البلورات

تصل كفاءة الخلايا السيليكونية المتعددة البلورات إلى 12 % أو أكثر بقليل.

5.1.3.الخلايا السليكونية الغير بلورية(sells silicon Amorphous)

مكن تصنيع الخلايا الكهرو شمسية بطريقة أرخص من طرق تصنيع الخلايا السيليكونية الأحادية والمتعددة البلورات، وهذه الخلايا تسمى بالخلايا السيليكونية العشوائية (Si-A) حيث تكون ذرات السليكون فيها أقل ترتيب من النوع البلوري. ففي السليكون العشوائي ترتبط كل ذرة ارتباطا كاملا مع الذرات المجاورة، إنما تترك ما يسمى بالرباط المتدلي، وتستطيع امتصاص إلكترونات إضافية عند إجراء عملية الطلاء. الصورة 6.2 يبينً لوحاً شمسيا مصنوع من خلايا كهر وشمسية غير بلورية.



صورة 13: لوح شمسي مصنوع من خاليا كهر وشمسية غير بلورية.

ومن سلبيات هذه الخلايا قلة كفاءتها مقارنة بالخلايا السيليكونية البلورية الأحادية والمتعددة البلورات، وأعلى كفاءة تم الحصول عليها مخبري من طرف العالم الياباني كانيكا(kaneka)سنة 2010 ال تتجاوز(11%) .

5.1.4. الخلايا السيليكونية الشريطية

يتم في هذه الطريقة إنتاج شريط من السليكون الأحادية البلورية باستخدام سليكون متعدد البلورية أو من سليكون أحادي مذاب .

5.2. خلايا الغاليوم أرسنايد

ليس السليكون المادة الوحيدة الملائمة للاستخدام في تصنيع الخلايا الكهرو شمسية فهناك مواد أخرى يمكن استخدامها كالغاليوم ارسنايد. وهي ملائمة جدا للاستخدام في تطبيقات الخلايا الشمسية لكونها ذات معامل امتصاص عالي للضوء. كما تتمتع بكفاءة جيدة، ويمكن أن تعمل تحت ظروف درجة حرارة عالية نوعا ما بدون تناقص في أدائها كالخلايا السيليكونية وبعض أشباه النواقل التي تعاني من هذه المشكلة.

5.3. خلايا الكوبراندیوم ديسلنايد

مواد من أشباه النواقل مركبة من النحاس والانديوم والسلينايد(CIS) وقد استخدمت في تصنيع خاليا وصلت كفاءتها مخبري إلى(12%) .

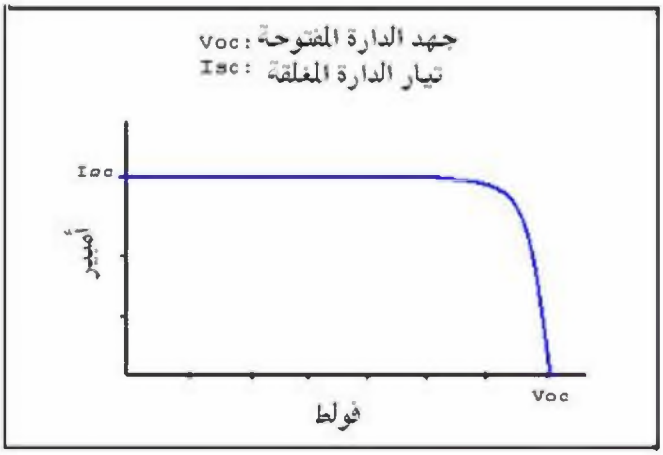
6. استخدام الطاقة الشمسية في توليد الكهرباء

هي مواد من أشباه النواقل مناسبة لاستخدام الخلايا الكهرو شمسية تتألف من الكادميوم والتليرايد. ومن محاسن هذه الخلايا إمكانية تصنيعها باستخدام عملية بسيطة ورخيصة من

الطلاء الكهربائي. وقد وصلت كفاءة هذه الخلايا إلى (10%) بدون تناقص في الكفاءة عند الاستخدام. لكن من مساوئها أن الكادميوم مادة سامة جدا.

7. الخصائص الكهربائية للخلية الكهرو شمسية

تكون الطاقة الكهربائية المتولدة من الخلية الكهرو وشمسية بشكل تيار مستمر (DC) وتعتمد شدة هذا التيار على عاملين: الأول هو الأشعة الشمسية الساقطة، والثاني هو التيار الجهد المطلوب للحمل. ويعتمد مردود اللوح الكهرو شمسي على مردود هذه الخلايا وتعرف الخلية الشمسية ذات المساحة (100 cm 2)بأنها بطارية شمسية تقوم بإنتاج جهد مقداره (0.5 v) وتيار يتناسب مع شدة الإشعاع الشمسي يصل مقداره ما بين(3/5 A) في حالة شدة الاشعاع الشمسي القصوى.

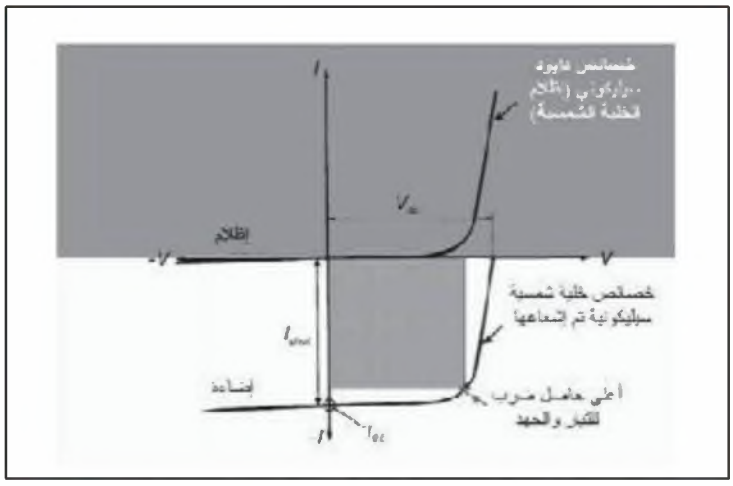


صورة 14:مخطط لخلية كهرو شمسية مثالية.

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

7.1. نقطة القدرة العظمى Maximum Power Point

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

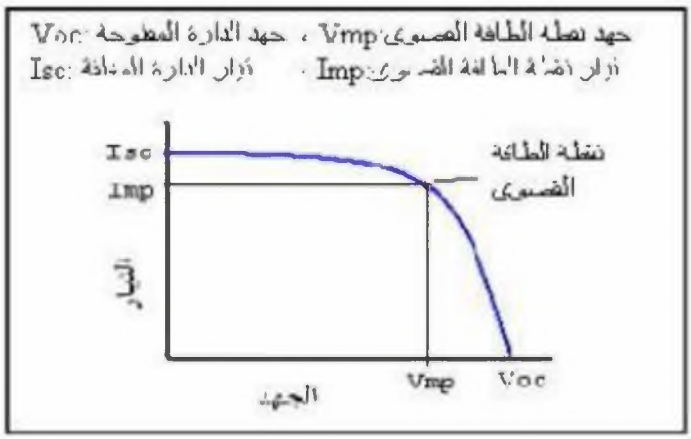


صورة 15: خصائص التيار الجهد لدا يود (اظلام خلية شمسية) وخلية تم اشعاعها مع تيار دائرة القصر I Sc ووجهد الدائرة المفتوحة.

وعند سقوط الاشعة الشمسية تتزحزح هذه الخاصية بمقدار التيار الضوئي I photo في الاتجاه المانع لمرور التيار (خاصية الاضاءة)، ويتم ايجاد هذه الخاصية للخلية الشمسية بتوصيل مقاومة حمل متغيرة اليها والرسم بيانيا بين التيارات والجهود الكهربية الناتجة لقيم مختلفة الاحمال .وتعطي (نقطة القدرة القصوى) point power Maximum: هي النقطة التي تكون عندها القدرة المتولدة من الخلية الكهرو شمسية أكبر ما يمكن، أي إن نقطة القدرة العظمى) MPP) هي نقطة القمة بين خط التيار وخط الجهد على مخطط 16 التي تعطي أكبر مساحة على هذا المخطط كما في الشكل.

وتحسب(MPP) بحاصل الضرب بين النقطة القصوى للتيار، Imp والنقطة القصوى للجهدVmp .

$$Pmp - max = Vmp \times Imp \qquad (2.1)$$



صورة 16: منحنى خصائص الجهد والتيار لخلية سيليكونية ويبين نقطة القدرة العظمى (MPP).

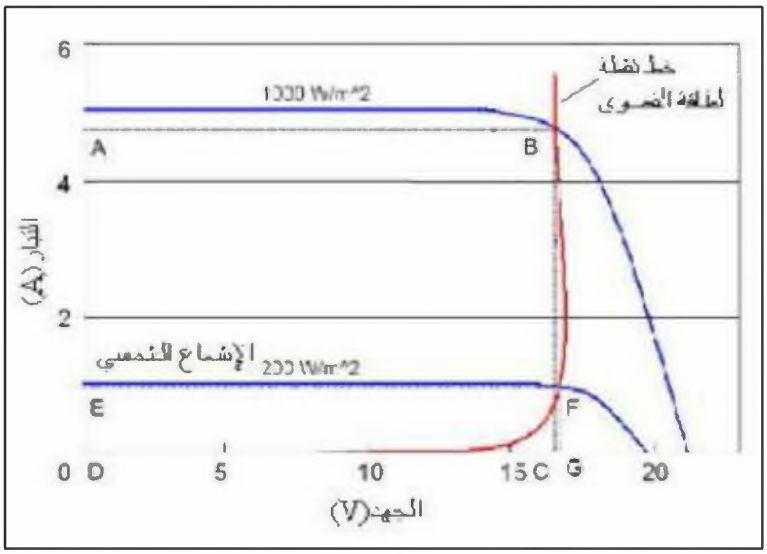
7.2. تيار دائرة القصر Sc I(circuit–short)

تيار دائرة القصر Sc I(circuit–short) هو أحد الخصائص المهمة جدا للخلية، ويحدث هذا التيار في الخلية الشمسية ذات دائرة القصر التي سقطت عليها الأشعة

7.3. جهد الدائرة المفتوحة(Voc (circuit –open

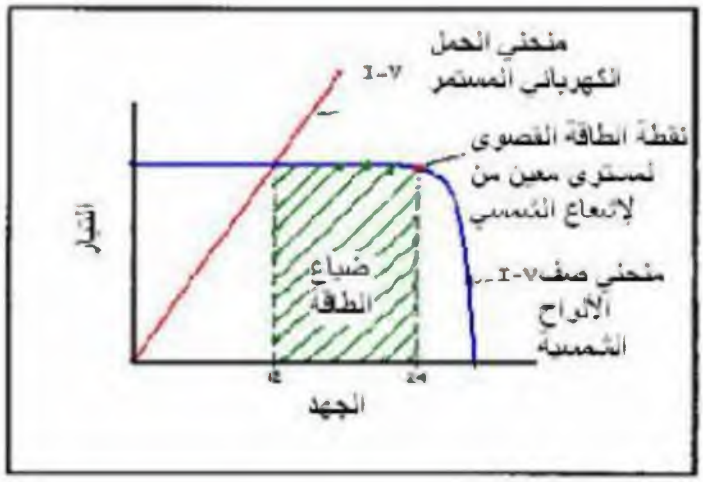
يمكن وصف الجهد بين المتلامسات إذا لم يؤخذ أي تيار (دائرة المفتوحة)، والقدرة الكهربية النظرية الممكن احرازها (المثلى)، التي يمكن أخذها من النقطة الطرفيةopt P ، هي حاصل ضرب تيار دائرة القصر Sc I وجهد الدائرة المفتوحةVoc .

ان تغير في شدة الإشعاع الشمسي الساقط ودرجة حرارة الخلية الكهرو شمسية يؤدي إلى تغيير موقع نقطة القدرة العظمى (MPP) والشكل 17يبين خط تغير نقطة القدرة العظمى ابتداء من شدة اشعاع m/W2002حتى من شدة إشعاع 2 1000 m/W على المخطط:



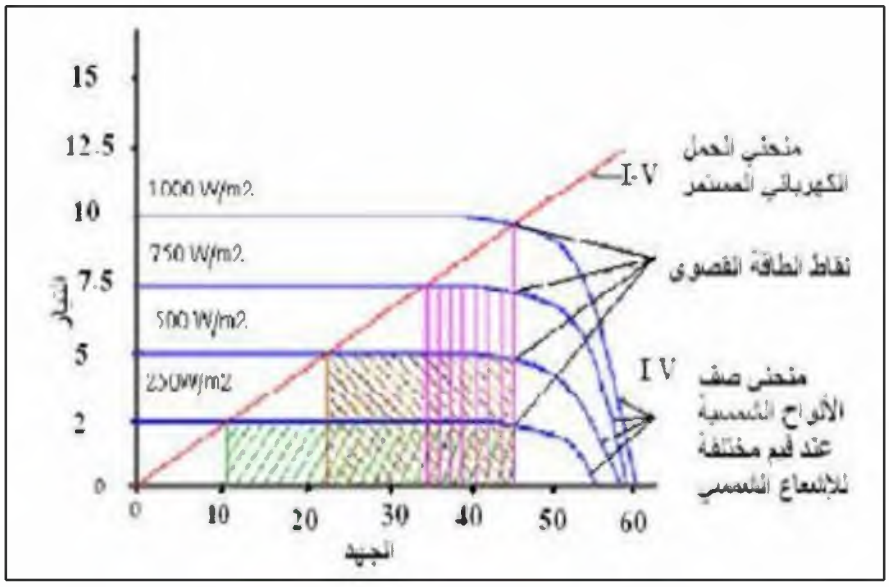
صورة 17:خط تغير نقطة القدرة العظمى

يكون تيار الحمل الكهربائي المستمر (DC) وفولط على مخطط 18 بشكل خط مستقيم مائل فعند زيادة الطاقة الكهربائية الأولية يرتفع التيار بنسبة ثابتة للفولط. فإذا تم تصميم المولد الكهرو شمسي لتوليد (24 فولط) والحمل يتطلب (12 فولط) فقط فإن الحمل سيستجر الطاقة التي تقابل (12 فولط) وبالتالي، سيكون هناك ضياع في الطاقة الشكل يبين خط الحمل الكهربائي وخط القدرة الذي لم يصمم بشكل صحيح.



صورة 18:خط الحمل الكهربائي وخط القدرة الذي لم يصمم بشكل صحيح.

أيضا هناك اختلاف مستمر في مستوى تيار الطاقة الكهرو شمسية الذي يتغير بدوره حسب التغير في مستوى الإشعاع الشمسي الساقط المتوفر على مدار اليوم، وبالتالي: يتغير موقع نقطة الطاقة العظمى بشكل مستمر على المخطط. أدت هذه التقلبات في موقع نقطة الطاقة العظمى وعدم تساوي هذه النقاط مع بعضها البعض إلى وجود عدة نقاط على طول الخط المستقيم المائل للحمل الكهربائي المستمر على مخطط كما في الشكل:



صورة 19: تغير موقع نقطة الطاقة العظمى تبعا للإشعاع الشمسي

لذلك يجب أن يؤخذ بعين الاعتبار أثناء تصميم النظام الكهرو شمسي مساواة خط الحمل الكهربائي علي مخطط (12.2) مع نقاط القدرة العظمى لتصميم نظام يعمل بكفاءة عالية بشكل عام.

7.4. كفاءة التحويل للخلية الكهرو شمسية:

تعرف كفاءة التحويل الفولتا ضوئي PVη النسبة بين القدرة الكهربائية الخارجية الي القدرة التي تم اشعاعها على الخلية الشمسية .ويتم ايجاد كفاءة التحويل تحت ظروف فحص معيارية

اشعاعية قدرها 1000 2 m/wعمودية على السطح الأمامي، ودرجة حرارة 25 للخلية وتوزيع طيفي وفقا للإشعاعية المارة بزاوية ارتفاع 8.41 خلال الغلاف الجوي (بكتلة هواء 5.1) ولأسباب فيزيائية، فان كفاءة التحويل الفولت ضوئي لها حد أعلي نظري .ويبلغ هذا الحد الأعلى النظري 28 في المائة تقريبا لبلورة السليكون وله ثلاث مسببات رئيسة :

- ❖ السليكون معروف بأنه شبه موصل غير مباشر. هذا يجعل امتصاص الفوتون يعتمد على ظهور الفوتون (الاهتزاز الشبكي) وحيث ان هذا يحدث نسبيا بشكل ناذر، فان معمل الامتصاص منخفض نسبيا.
- ❖ طاقة شريط الفجوة للسليكون مقدارها :Ve1.1 الفوتونات ذات الطاقة الأقل لا يتم امتصاصها اطلاقا، بينما الفوتونات ذات الطاقة الأعلى تقوم بتحويل فائض من الطاقة الي فوتونات كاهتزازات مشبكيه، أي على شكل حرارة، هذه العملية، وعمليات الفقد الاضافية أيضا، تعرف ما يسمى ب (الحساسية الطيفية) أو (الاستجابة الطيفية) للخلية الشمسية والتي تعرف بكثافة الفوتون J(λ)phot مقسومة على شدة الاشعاع الساقط (الاشعاعية) (λ) Eأو G(λ) .
- ❖ الجهد الكهربائي الأقصى (جهد الدارة المفتوحة) Voc يعتمد على فرق الجهد المعطي بواسطة الانتقال n–p ويبلغ مقدارها تقريبا 7.0 للسيلكون .كفاءة التحويل النظرية هذه تنخفض في الحقيقة باليات فقد مختلفة تتضمن– :عمليات الفقد الضوئية، مثل الفقد بالانعكاس والتظليل الناتجان عن المتلامسات الأمامية، والفقد بالإشعاعية الغير الممتصة (النافذة) أيضا.

8. تجميع الخلايا

بحكم أن الجهد وتيار الخلية ضعيف جدا فيتم توصيل عدد كبير من الخلايا على التوالي وعلى التوازي للحصول على جهد والتيار اللازمين، فعند توصيل الخلايا على التسلسل يكون الجهد الحاصل هو مجموع جهد هذه الخلايا ولكن التيار يكون تيار الخلية الواحدة، وعند توصل الخلايا بالتوازي يكون الجهد مساويا لجهد الخلية الواحدة والتيار مجموع تيارات الخلايا الموصلة على التفرع:

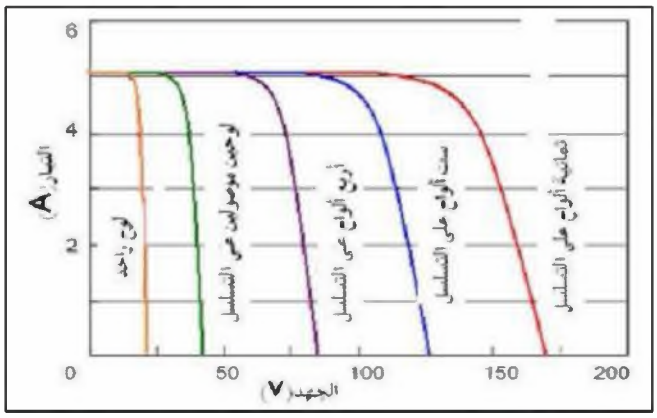
8.1. تجميع الألواح الكهرو شمسية على التسلسلModules in Series

في الحالة المثالية عند ربط مجموعة من الالـــواح الكهـــرو شمســـية المتماثلـــة عـــددها n علـــى التسلسل فان فرق جهد الدارة المفتوحة يساوي عدد الالواح مضروبا بفولط لوح واحد:

$$Vsg = V = n \times Vocl1 = n \times Vocl2 = n \times Vocl3 = -- = n \times Vocln \dots (I = 0) \qquad (2.2)$$

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

$$Vsg = \sum Vn = V1 + V2 + V3 + __ + Vn \dots \dots . (I > 0) \qquad (2.3)$$



صورة 20:الخاصية المثالية للألواح الكهرو شمسية المربوطة على التسلسل.

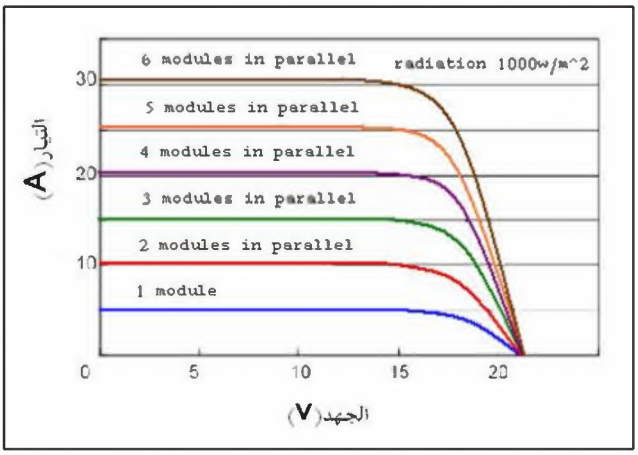
8.2. تجميع الالواح الشمسية على التفرع:

في حال ربط عدد (n)مـــن الألـــواح الشمســـية المتماثلـــة علـــى التفـــرع فـــان الفـــولط النـــاتج يساوي الفولط لوح واحد والتيار الناتج يساوي مجموع التيارات الخاصة لكل لوح

(n1------)

$$Isg = \sum In = I1 + I2 + I3 + - - - + I3 \qquad (2.4)$$

$$Vsg = V1 = V2 = V3 = - - - - - = V3 \qquad (2.5)$$



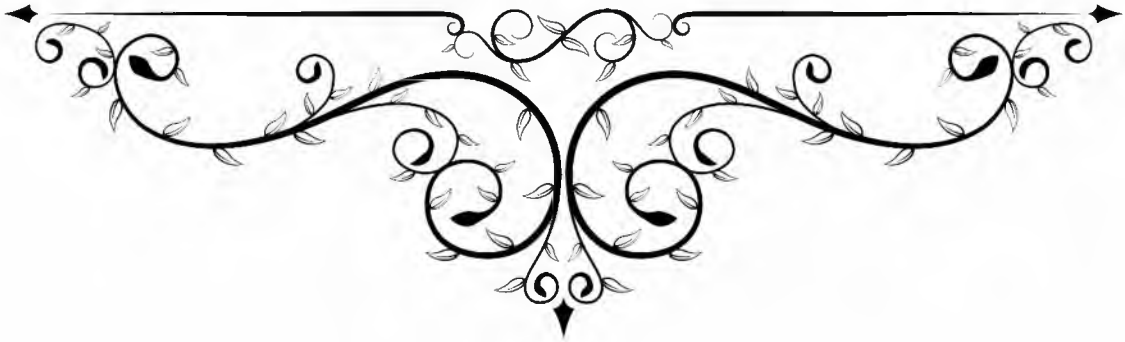
صورة 21: الخاصية المثالية للألواح الكهرو شمسية المربوطة على التفرع.

خاتمة

تم دراسة في هذا الفصل الألواح الشمسية بصفة نظرية شاملة، حيث تطرقنا الي أهم أنواع الخلايا الشمسية ومختلف مكوناتها بالإضافة إلى طريقة توليد الطاقة الكهربائية عن طريق الطاقة الشمسية والتي هي مدخل لموضوع بحثنا حيث عرفنا مبدأ صناعة وعمل الألواح والخلايا الشمسية عن طريق بعض الدارسات والأبحاث لنصل في النهاية إلى أكبر كفاءة تحويل من الطاقة الشمسية إلى الطاقة الكهربائية.

www.psdgraphics.com

الفصل الثالث



مكونات النظام الكهروضوئي المتصل بالشبكة

مقدمة

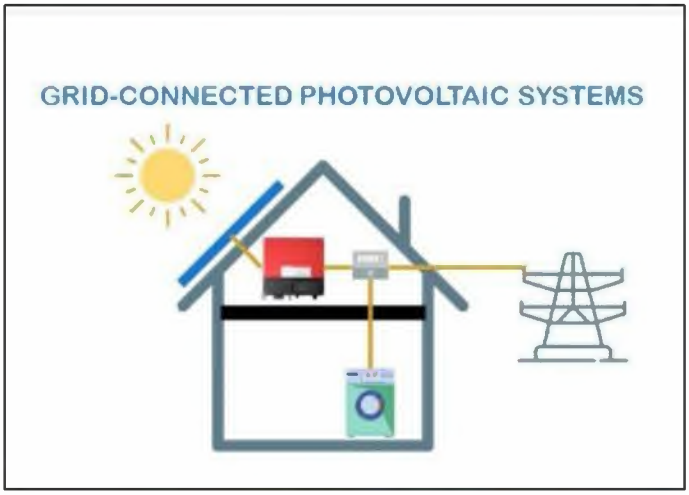
النظام الكهروضوئي (Système Photovoltaique PV) هو نظام يستخدم لتحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية باستخدام الخلايا الشمسية. يتكون هذا النظام عادة من عدة مكونات رئيسية مختلفة ولكل عنصر دور محدد. يعتمد نوع المكون في النظام على نوع النظام والغرض منه . سنتناول في هذا الفصل أنواع الأنظمة الكهروضوئية الشائعة وسنركز بالخصوص على النظام الذي سنعتمده في المدرسة الإبتدائية، والتي هي موضوع بحثنا. سنقوم بعرض تفصيلي لمكونات النظام الكهروضوئي المتصل بالشبكة.

1. أنواع النظم الكهروضوئية

توجد عدة أنواع من النظم الكهروضوئية، تختلف بناءً على التطبيق وطريقة التركيب والاستخدام. الأنواع الأكثر شيوعا هي:

1.1. النظم الكهروضوئية المتصلة بالشبكة (Système PV connecté au réseau)

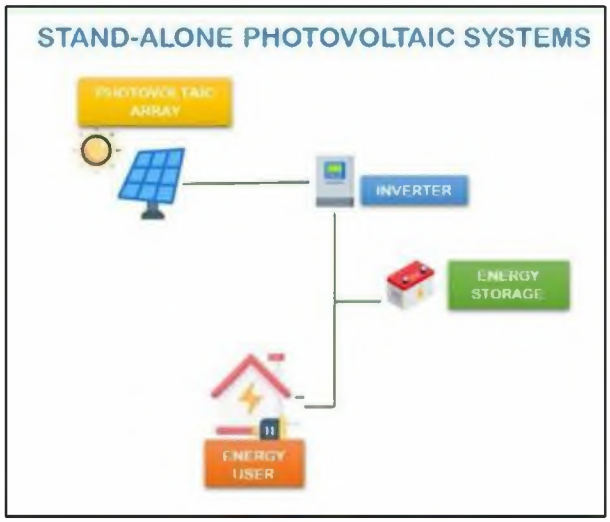
- ✓ تُستخدم هذه النظم لتغذية الكهرباء المنتجة من الألواح الشمسية مباشرة إلى الشبكة الكهربائية العامة.
- ✓ لا تحتاج هذه النظم إلى بطاريات لأن الشبكة الكهربائية تعمل كخزان للطاقة.



صورة 22: النظام الكهروضوئي المتصل بالشبكة
https://biblus.accasoftware.com/fr/les-differents-types-de-systemes-photovoltaiques-caracteristiques-et-avantages/

1.2. النظم الكهروضوئية المستقلة (Système PV Off-Grid)

- ✓ تُستخدم هذه النظم في المناطق النائية أو في المواقع التي لا تتوفر فيها شبكة كهربائية.
- ✓ تعتمد بالكامل على الطاقة الشمسية المخزنة في البطاريات لتزويد الطاقة خلال فترات عدم وجود الشمس.

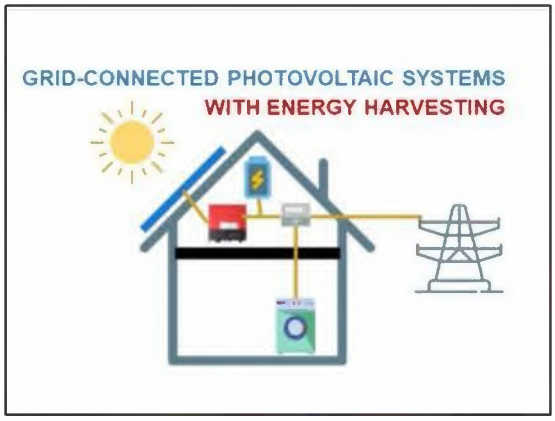


صورة 23: نظام شمسي مستقل

/https://biblus.accasoftware.com/fr/les-differents-types-de-systemes-photovoltaiques-caracteristiques-et-avantages

1.3. النظم الكهروضوئية الهجينة (Système PV hybride)

- ✓ تجمع هذه النظم بين النظامين السابقين، حيث تكون متصلة بالشبكة الكهربائية وأيضاً تحتوي على بطاريات لتخزين الطاقة.
- ✓ توفر مرونة أكبر وتسمح باستخدام الطاقة المخزنة عند انقطاع الكهرباء من الشبكة.
- ✓ تستخدم بشكل شائع في التطبيقات التجارية والمنزلية لضمان استمرارية توفير الكهرباء.



صورة 24: النظم الكهروضوئي الهجين

/https://biblus.accasoftware.com/fr/les-differents-types-de-systemes-photovoltaiques-caracteristiques-et-avantages

توجد أنواع أخرى أقل استعمال سواء لعدم كفاءتها الجيدة أو أنها في فترة تطوير حيث نشهد تطور مستمر وكبير للنظم والأجهزة الكهروضوئية و هذا للرغبة الجادة للمجتمعات في إيجاد حلول بديلة للطاقة الأحفورية. من بين هاته الأنظمة الكهروضوئية هناك ما يسمى بالنظم الكهروضوئية المتكاملة في المباني (Building-Integrated Photovoltaic Systems, BIPV) يتم فيها إدماج الألواح الشمسية في أجزاء من المبنى مثل الأسطح، الواجهات، والنوافذ وتوفر هذه النظم مظهرًا جماليًا وتعمل كمواد بناء بالإضافة إلى توليد الكهرباء.

كل نوع من هذه النظم له تطبيقاته الخاصة وميزاته التي تجعله مناسبًا لاستخدامات معينة بناءً على احتياجات المستخدمين والظروف البيئية المحيطة.

2. النظام الكهروضوئي المتصل بالشبكة

2.1. نظرة عامة على النظام

النظام الكهروضوئي المتصل بالشبكة (Grid-Connected PV System) مصمم لاستخدامه من جهة لتلبية الاحتياجات من الكهرباء في النهار وفي نفس الوقت لتغذية الشبكة الكهربائية العامة. هذا النوع من الأنظمة يُعتبر من الأنظمة الشائعة للاستخدامات المنزلية والتجارية، حيث يوفر للمستخدمين إمكانية تقليل فواتير الكهرباء من خلال إنتاج جزء من احتياجاتهم من الطاقة في النهار، وأحيانًا تحقيق دخل إضافي من خلال تصدير الفائض إلى الشبكة كما في الدول المعتمدة لهذا النظام كألمانيا وفرنسا وبلدان غربية أخرى.

و من هنا تقوم الشبكة الكهربائية العامة بدور بطاريات التخزين في النظم الأخرى مما يجعل هذا النظام أكثر مردودية اقتصاديا في المناطق المجهزة بالشبكة الكهربائية العمومية حيث يتم الاستغناء عن تكلفة البطاريات.

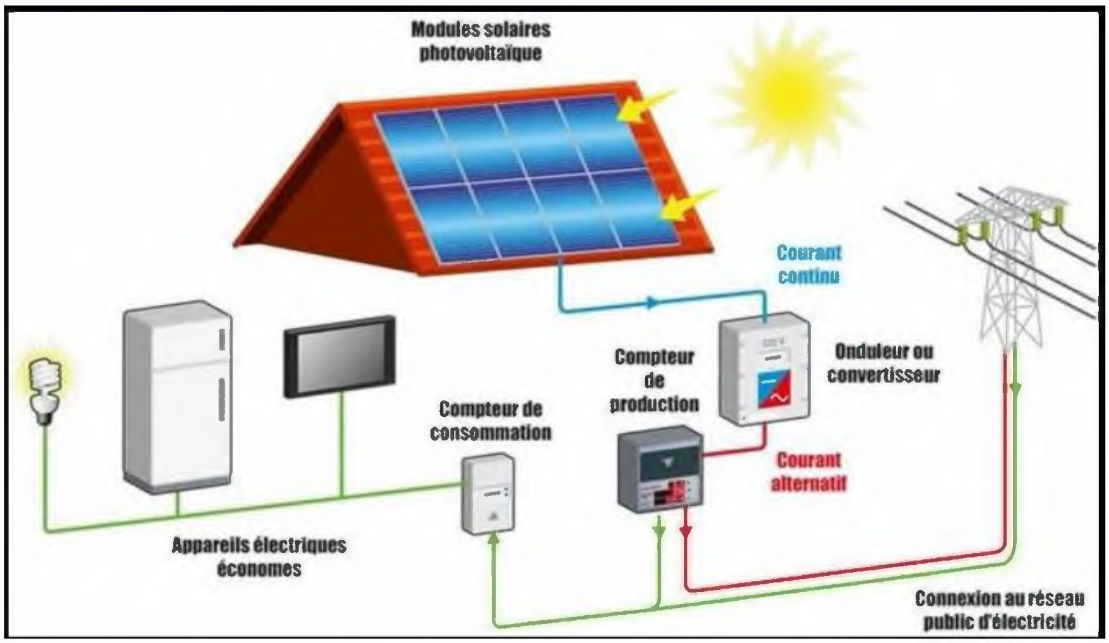
المكونات الأساسية لهذا النظام تشمل:

- **الألواح الشمسية:** تقوم بتحويل ضوء الشمس إلى كهرباء (تيار مستمر – DC) من خلال التأثير الكهروضوئي.
- **العاكس (Inverter):** يحول التيار المستمر (DC) الناتج عن الألواح الشمسية إلى تيار متردد (AC) متوافق مع معايير الشبكة الكهربائية المحلية.
- **محول الشبكة (Grid-Tie Inverter):** يتكامل مع الشبكة الكهربائية ويضمن توافق الكهرباء المنتجة مع متطلبات الشبكة من حيث الجهد والتردد.

- **أجهزة الحماية (Protection Devices):** تشمل قواطع الدوائر (Circuit Breakers) والفيوزات (Fuses) وأجهزة الحماية من التيارات العكسية، لحماية النظام من الأعطال الكهربائية.
- **أجهزة القياس (Metering Devices):** تقيس كمية الكهرباء المنتجة من الألواح الشمسية والمصدرة إلى الشبكة. يمكن أن تكون عدادات ثنائية الاتجاه لقياس الكهرباء المستهلكة والمولدة.
- **الموصلات والأسلاك (Wiring and Connectors):** تربط بين مختلف مكونات النظام، مثل الألواح الشمسية والعاكس ووحدات الحماية وأجهزة القياس.
- **هياكل التركيب (Mounting Structures):** تُستخدم لتثبيت الألواح الشمسية على الأسطح أو الأرض بزاوية مناسبة للحصول على أفضل تعرض لأشعة الشمس.
- **نظام المراقبة (Monitoring System):** يشمل الأجهزة والبرمجيات التي تراقب أداء النظام، وتوفر بيانات حية حول إنتاج الطاقة وكفاءة النظام وأي أعطال محتملة.

2.2. مخطط تدفق الطاقة في النظام الكهروضوئي المتصل بالشبكة

- **إنتاج الطاقة الشمسية:** الألواح الشمسية تحول ضوء الشمس إلى تيار مستمر.
- **تحويل التيار:** العاكس يحول التيار المستمر إلى تيار متردد يمكن استخدامه في المنازل أو تصديره للشبكة.
- **استهلاك الطاقة:** الكهرباء المنتجة تُستخدم لتشغيل الأجهزة الكهربائية المنزلية. إذا كانت الطاقة المنتجة تزيد عن الحاجة، يتم تصدير الفائض إلى الشبكة.
- **القياس والمراقبة:** أجهزة القياس تتابع كمية الطاقة المنتجة والمستهلكة والمصدرة للشبكة، ونظام المراقبة يتيح تتبع أداء النظام بشكل مستمر.



صورة 25: مخطط تدفق الطاقة في النظام الكهروضوئي المتصل بالشبكة و مكوناته

2.3. مزايا النظام

النظام الكهروضوئي المتصل بالشبكة (Grid-Connected PV System) يتمتع بعدد من الخصائص التي تجعله خيارًا شائعًا وفعالًا لتوليد الكهرباء من الطاقة الشمسية. أهم خصائص هذا النظام:

- **الكفاءة الاقتصادية:**

– يوفر النظام تكاليف فواتير الكهرباء عن طريق إنتاج جزء من احتياجات المنزل أو المبنى من الطاقة.

– يمكن بيع الفائض من الكهرباء المنتجة إلى الشبكة، مما يوفر دخلًا إضافيًا للمستخدم.

- **المرونة في التصميم والتوسع:**

– يمكن تصميم النظام وتعديله ليناسب احتياجات المستخدم، سواء كان لمنزل صغير أو مبنى تجاري كبير.

– يمكن توسيع النظام بسهولة عن طريق إضافة المزيد من الألواح الشمسية مع مرور الوقت.

- **صديق للبيئة:**

– يقلل من الاعتماد على الوقود الأحفوري، وبالتالي يقلل من انبعاثات الكربون والملوثات الأخرى.

– يساهم في تقليل البصمة الكربونية ويساعد في مكافحة التغير المناخي.

- **سهولة الصيانة:**

– يحتوي النظام على عدد قليل من الأجزاء المتحركة، مما يقلل من متطلبات الصيانة.

– معظم الألواح الشمسية تأتي بضمان طويل الأمد وتحتاج إلى تنظيف دوري بسيط.

- **التكامل مع الشبكة الكهربائية:**

– يعمل النظام بالتزامن مع الشبكة الكهربائية العامة، مما يضمن تزويدًا مستمرًا بالكهرباء حتى عند نقص الإشعاع الشمسي.

– لا حاجة لاستخدام بطاريات تخزين، مما يقلل من التكاليف والاعتمادية على البطاريات.

- **تحقيق الاستقلالية الطاقية:**

– يساعد في تحقيق درجة من الاستقلالية عن مزودي الكهرباء التقليديين.

– يساهم في تأمين الطاقة خاصة في مناطق تعاني من انقطاعات متكررة في الكهرباء.

- **نظام مراقبة وإدارة الطاقة:**

– يتضمن أجهزة وبرامج تتيح للمستخدمين مراقبة إنتاج واستهلاك الطاقة في الوقت الحقيقي.

– يتيح التعرف على الأداء الفعلي للنظام ويساعد في الكشف المبكر عن أي أعطال أو انخفاض في الكفاءة.

- **تقليل الفاقد الكهربائي:**

– يمكن استخدام الطاقة المنتجة محليًا مباشرة، مما يقلل من الفاقد الكهربائي الناتج عن نقل الكهرباء لمسافات طويلة.

- **استقرار الشبكة ودعمها:**

– يساهم النظام في استقرار الشبكة الكهربائية عن طريق تغذيتها بالطاقة النظيفة، خاصة في أوقات الذروة.

– يساعد في تقليل الحمل على محطات توليد الكهرباء التقليدية.

2.4. عيوب النظام الكهروضوئي المتصل بالشبكة

على الرغم من المزايا العديدة للنظام الكهروضوئي المتصل بالشبكة، هناك بعض العيوب والقيود التي يجب مراعاتها:

- **تعتمد على توافر الشبكة الكهربائية:**

– إذا كانت الشبكة الكهربائية غير مستقرة أو تتعرض لانقطاعات متكررة، فإن النظام قد لا يكون فعالاً، خاصة إذا لم يكن هناك بطاريات تخزين.

- **التقادم التكنولوجي:**

– مع تطور التكنولوجيا، قد يصبح النظام الحالي أقل كفاءة بالمقارنة مع التقنيات الأحدث، مما يتطلب ترقيات مستقبلية قد تكون مكلفة.

- **الاعتماد على السياسات الحكومية:**

– يعتمد جزء كبير من جدوى النظام على السياسات والدعم الحكومي مثل التعريفات الجمركية التحفيزية أو الإعفاءات الضريبية. تغيير هذه السياسات يمكن أن يؤثر على العائد الاقتصادي للنظام.

- **إجراءات الربط بالشبكة:**

– قد تكون هناك إجراءات بيروقراطية وتعقيدات قانونية مرتبطة بربط النظام بالشبكة، بالإضافة إلى تكاليف إضافية للموافقات والتراخيص.

- **التكامل مع الأنظمة الحالية:**

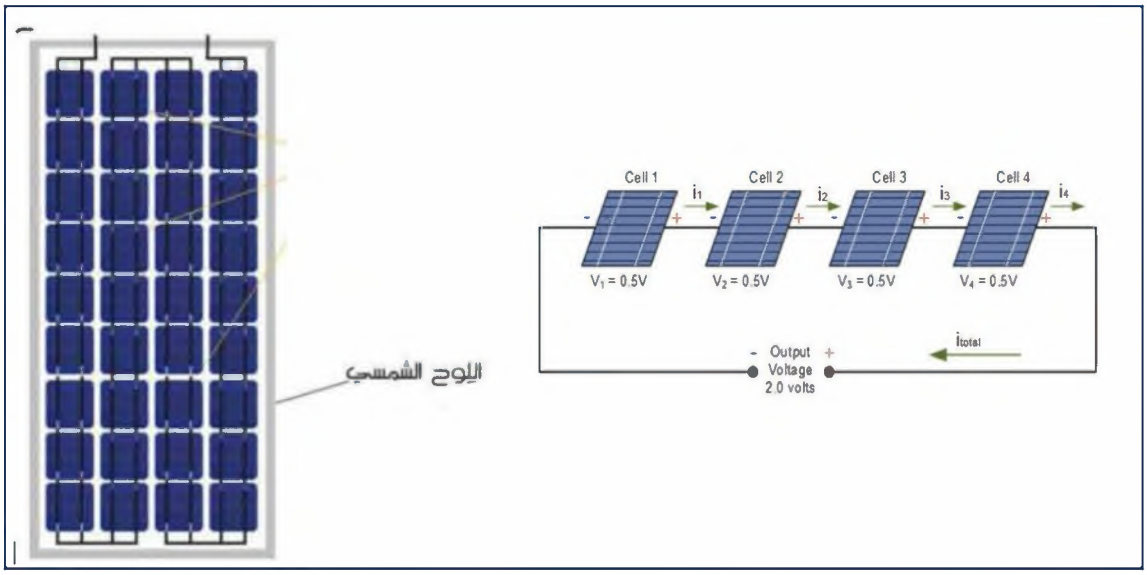
– قد يكون من الصعب دمج النظام الكهروضوئي المتصل بالشبكة مع الأنظمة الكهربائية القديمة أو الغير مجهزة لذلك، مما يتطلب تعديلات إضافية.

3. مكونات النظام الضوئي المتصل بالشبكة

3.1. ألواح الطاقة الشمسية Panneaux solaires

3.1.1. تعريف ألواح الطاقة الشمسية

هي عبارة عن مجموعة من الخلايا الشمسية حيث يتم توصيلها على التوالي إلا أن الجهد الكهربائي الناتج من الخلية الشمسية الواحدة قليل ويتراوح بين 0.5 فولت إلى أقل من 0.7 فولت، وللحصول على جهد كهربائي أعلى توصل الخلايا على التوالي حيث أن الجهد يجمع جبريا. وتسمى أيضا بسلاسل الخلايا الشمسية.



صورة 26: ربط الخلايا على التسلسل باللوح الكهروضوئي

3.1.2. أنواع الألواح الشمسية

هناك أنواع رئيسية من الألواح الشمسية المستخدمة في هذه الأنظمة، وكل نوع له خصائصه المميزة:

- **الألواح الشمسية أحادية البلورية:(Monocrystalline Silicon Panels)**
  - **الكفاءة** :عالية، تتراوح بين 15–20%، ويمكن أن تصل إلى أكثر من ذلك في بعض الطرز المتقدمة.
  - **المظهر** :تكون عادة سوداء اللون ولها زوايا مقطوعة.
  - **العمر الافتراضي** :طويل، يصل إلى 25–30 عامًا.
  - **التكلفة** :أعلى من الألواح متعددة البلورية بسبب عمليات التصنيع الأكثر تعقيدًا.
  - **الاستخدام** :مناسبة للأماكن التي تتوفر فيها مساحة محدودة وتحتاج إلى كفاءة عالية.
- **الألواح الشمسية متعددة البلورية:(Polycrystalline Silicon Panels)**
  - **الكفاءة** :متوسطة، تتراوح بين 13–16%.
  - **المظهر** :تكون عادة زرقاء اللون ولها زوايا مربعة.
  - **العمر الافتراضي** :طويل، مشابه للألواح أحادية البلورية.
  - **التكلفة** :أقل من الألواح أحادية البلورية، مما يجعلها أكثر اقتصادية.
  - **الاستخدام** :مناسبة للمشاريع ذات الميزانية المحدودة والمساحات الكبيرة.

صورة 27: لوح شمسي أحادي البلورة و آخر متعدد البلورة

- **الألواح الشمسية ذات الأغشية الرقيقة:(Thin-Film Solar Panels)**
  - **الكفاءة** :أقل، تتراوح بين 10-12%، ولكنها تتحسن باستمرار مع التقدم التكنولوجي.
  - **المظهر** :يمكن أن تكون مرنة وذات لون أسود أو داكن.
  - **العمر الافتراضي** :أقصر قليلاً مقارنة بالألواح السيليكونية التقليدية، حوالي 20-25 عامًا.
  - **التكلفة** :عادة أقل تكلفة من الألواح السيليكونية.
  - **الاستخدام** :مناسبة للأسطح الكبيرة، والمشاريع التي تتطلب وزنًا خفيفًا أو تركيبًا مرنًا.

صورة 28: تثبيت الألواح الشمسية ذات الأغشية الرقيقة

- **الألواح الشمسية المتكاملة في المباني:(Building-Integrated Photovoltaics, BIPV)**

في النظام الكهروضوئي المدمج في المبنى (BIPV)، تؤدي الوحدات الكهروضوئية وظائف مزدوجة تتمثل في استبدال غلاف المبنى بمواد غلاف المبنى التقليدية وتوليد الطاقة**الكفاءة** : تتراوح حسب النوع المحدد، ولكنها عادة مشابهة للألواح التقليدية.

- **المظهر** :تُصمم لتندمج مع عناصر البناء مثل الأسقف والنوافذ.
- **العمر الافتراضي** :مشابه للألواح التقليدية، يعتمد على المواد المستخدمة.
- **التكلفة** :يمكن أن تكون أعلى نظرًا لتكاملها مع مواد البناء.

- **الاستخدام** :مناسبة للمباني الجديدة أو مشاريع التجديد التي تركز على الجماليات والكفاءة.

صورة 29: عمارة بالنظام الكهروضوئي المدمج BIPV

3.1.3. العوامل المؤثرة في اختيار الألواح الشمسية

اختيار النوع المناسب من الألواح الشمسية يعتمد على الاحتياجات المحددة للمشروع، الميزانية المتاحة، والظروف المناخية المحيطة، حيث:

- **الكفاءة والمساحة المتاحة** :كلما زادت كفاءة اللوح، قلت المساحة المطلوبة لتوليد كمية معينة من الكهرباء.
- **التكلفة** :يجب موازنة التكلفة الأولية للألواح مع كفاءتها والعائد المتوقع منها على مدى عمر النظام.
- **العمر الافتراضي والضمان** :يفضل اختيار الألواح التي تأتي بضمان طويل الأمد وتتمتع بمتانة عالية.
- **الأداء في الظروف المناخية المختلفة** :بعض الألواح تكون أكثر كفاءة في درجات الحرارة المرتفعة أو في ظروف الإضاءة المنخفضة.

3.1.4. المقاييس الشائعة حاليا للألواح الشمسية

مقاييس الألواح الشمسية تختلف حسب نوعها والشركة المصنعة، ولكن هناك بعض المقاييس الشائعة التي يمكن أن تساعد في فهم الأبعاد والطاقة الناتجة عن الألواح الشمسية المتاحة في السوق حاليًا. وتختلف مقاييس الألواح حسب:

- **نوع التكنولوجيا** :تختلف الأبعاد والكفاءة باختلاف نوع التكنولوجيا المستخدمة في تصنيع الألواح (أحادية البلورية، متعددة البلورية، أو الأغشية الرقيقة).
- **الشركة المصنعة** :تختلف الشركات المصنعة في تصميماتها ومواصفاتها للألواح الشمسية.
- **الابتكار والتقدم التكنولوجي** :مع التقدم التكنولوجي المستمر، يتم تطوير ألواح شمسية ذات كفاءة أعلى وأبعاد مختلفة.

ويمكن تلخيص المقاييس كالتالي:

I. **الألواح الشمسية أحادية البلورية:(Monocrystalline Silicon Panels)**

- **الأبعاد** :تتراوح عادة بين 160 سم × 100 سم إلى 200 سم × 100 سم.
- **الوزن** :يتراوح بين 18 إلى 22 كغم.
- **الطاقة الناتجة** :تتراوح عادة بين 300 واط إلى 400 واط، مع وجود بعض الطرز المتقدمة التي تصل إلى 500 واط أو أكثر.
- **الكفاءة** :تتراوح بين 15% و22%.

II. **الألواح الشمسية متعددة البلورية:(Polycrystalline Silicon Panels)**

- **الأبعاد** :مماثلة للألواح أحادية البلورية، تتراوح عادة بين 160 سم × 100 سم إلى 200 سم × 100 سم.
- **الوزن** :يتراوح بين 18 إلى 22 كغم.
- **الطاقة الناتجة** :تتراوح عادة بين 250 واط إلى 350 واط.
- **الكفاءة** :تتراوح بين 13% و17%.

III. **الألواح الشمسية ذات الأغشية الرقيقة:(Thin-Film Solar Panels)**

- **الأبعاد** :يمكن أن تكون أكبر وأقل سمكًا، وغالبًا ما تكون مرنة. الأبعاد الشائعة تتراوح بين 120 سم × 60 سم إلى 150 سم × 70 سم.
- **الوزن** :أخف من الألواح السيليكونية التقليدية، يتراوح بين 12 إلى 16 كغم.
- **الطاقة الناتجة** :تتراوح عادة بين 100 واط إلى 200 واط.
- **الكفاءة** :تتراوح بين 10% و12%.

3.1.5. مقاييس إضافية للأخذ في الاعتبار

I. **الجهد والتيار:**

- **الجهد المفتوح :(Voc)** يمثل الجهد عند عدم وجود تحميل على اللوح، ويتراوح عادة بين 30 فولت إلى 50 فولت.
- **تيار القصر :(Isc)** يمثل التيار عند وجود قصر في الدائرة، ويتراوح عادة بين 8 أمبير إلى 12 أمبير.

II. **درجة حرارة التشغيل:**

- **معامل درجة الحرارة للطاقة** :يعبر عن مدى تأثير درجة الحرارة على كفاءة اللوح الشمسي، ويُقاس بالنسبة المئوية لكل درجة مئوية.

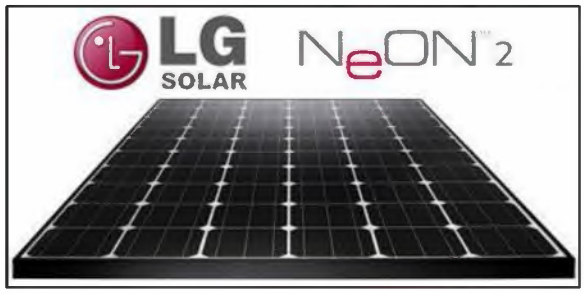
III. **ضمان الأداء:**

- **ضمان الأداء** :يضمن عادة أن الألواح ستحافظ على نسبة معينة من كفاءتها على مدى 25 عامًا، مثل الحفاظ على 80% من الكفاءة بعد 25 عامًا.

3.1.6. أمثلة لبعض الألواح الشمسية الرائدة حاليًا:

I. **LG NeON 2**

- **الطاقة الناتجة** 370 :واط.
- **الكفاءة**.21.4% :
- **الأبعاد** 168.6 :سم × 101.6 سم.



صورة 30: لوح من النوع LG NeON 2

II. **SunPower Maxeon**

- **الطاقة الناتجة** 400 :واط.
- **الكفاءة**.22.6% :
- **الأبعاد** 169 :سم × 104.6 سم.

صورة 31: لوح من النوع SunPower Maxeon

III. **Canadian Solar HiKu:**

- **الطاقة الناتجة** 580: واط.
- **الكفاءة**: 20.2%
- **الأبعاد** 176.5 :سم × 104.8 سم.

صورة 32" لوح ثنائي الوجه من نوع Canadian Solar Hiku

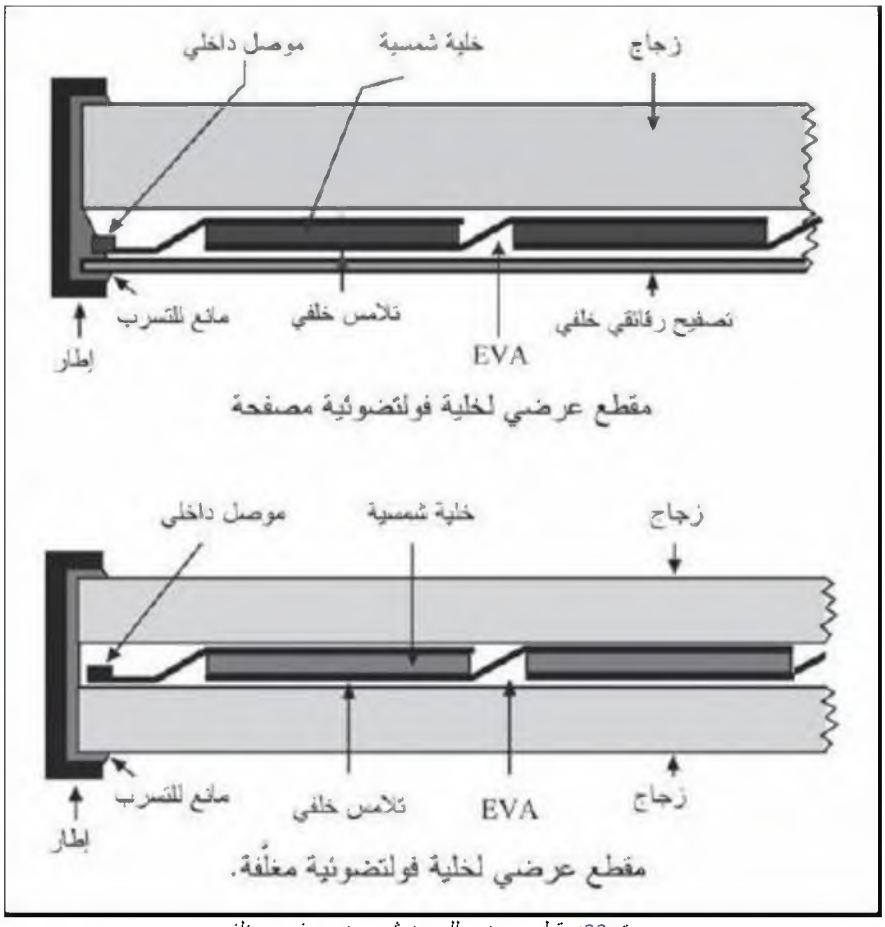
3.1.7. مكونات الألواح الشمسية

سلاسل الخلايا الشمسية يجب جعلها كوحدة واحدة حتى لا يسهل كسرها ولذلك توضع في مستطيل بلاستيكي وزجاجي ناعم وحينئذ تسمى بـــ منظومة شمسية أو منظومة فولت ضوئية .والبلاستيك الشفاف الذي يكون في أعلى وأسفل سلاسل الخلية يكون إما :

- البوليمر المشترك أسيتات فينيل الاثيلينEVA
- بيوتيرال متعدد الفينيلPVB
- السليكون
- البلاستيك الحراري متعدد اليوريثين TPU

بالإضافة إلى زجاج معالج أمامي أي على السطح الأمامي للسلسلة. حتى تتم حمايتها من العوامل الجوية المختلفة .بالاعتماد على مكونات الجهة الخلفية أو السطح الخلفي للمنظومة يمكن تصنيف المنظومة إلى :

- منظومة مصفحة laminated :حيث يكون السطح الخلفي عبارة عن طبقة مركبة من – PVFألمنيوم – PVF أو PVF –بوليستر – PVF حيث أن PVF هو فلوريد متعدد الفينيل. وهذا النوع هو الشائع.
- منظومة مغلفة encapsulated :حيث يكون السطح الخلفي زجاج.



صورة 33: مقطع عرضي للوحين شمسيين مصفح و مغلف

3.1.8. تثبيت الألواح الكهروضوئية

- **القواعد الثابتة:** يتم تثبيت الألواح الشمسية على زاوية ميل ثابتة تعطي أفضل انتاجية لألواح الشمسية على مدار العام وتكون اما على الأرض او على السطح او على العمود.

صورة 34: قاعدة ثابتة لتركيب الألواح الشمسية

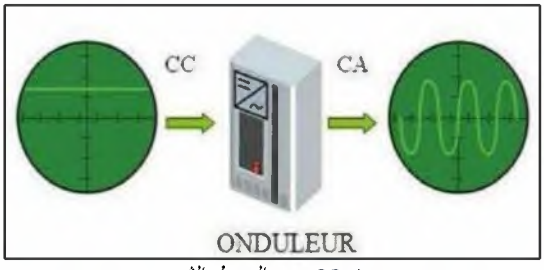
- **القواعد المتحركة:** في هذا النوع يتم تعديل زاوية ميل الألواح الشمسية وتحريكها يدويا مرتين او أكثر في العام في بداية كل موسم او عن طريق محرك يقوم بتتبع الشمس وتحريك الألواح عدة مرات في اليوم من الشروق حتى الغروب .

صورة 35: قاعدة متحركة لتثبيت الألواح الشمسية

3.2. محول العكس أو العاكسOnduleur ou Convertisseur

3.2.1. تعريف

المحول الشمسي (Solar Inverter) هو جهاز أساسي في الأنظمة الكهروضوئية المتصلة بالشبكة والمستقلة عنها، حيث يقوم بتحويل التيار المستمر (DC) الناتج عن الألواح الشمسية إلى تيار متردد (AC) يمكن استخدامه في تشغيل الأجهزة الكهربائية المنزلية أو تصديره إلى الشبكة الكهربائية. اختيار المحول الشمسي المناسب يعتمد على احتياجات النظام، الميزانية، والظروف البيئية المحيطة. يساهم المحول بشكل كبير في تحسين كفاءة النظام الشمسي وضمان استمرارية تزويد الطاقة بشكل موثوق وآمن.



صورة 36: دور المحول الشمسي

3.2.2. أنواع المحولات الشمسية

هناك عدة أنواع من المحولات الشمسية، ولكل نوع خصائصه واستخداماته. فيما يلي نظرة عامة على المحولات الشمسية:

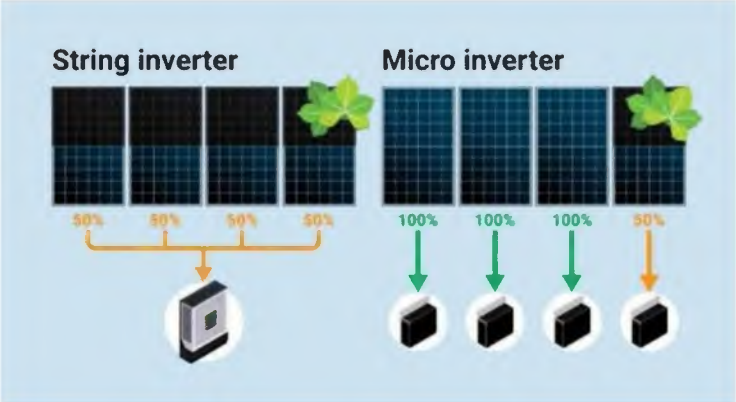
❖ **محولات السلسلة (String Inverters):**

- **التصميم:** يتم توصيل عدة ألواح شمسية في سلسلة لتشكل "سلسلة" واحدة، ويتم ربط السلسلة الواحدة بالمحول.
- **الاستخدام:** شائعة في الأنظمة السكنية والتجارية الصغيرة.
- **المزايا:** تكلفة أقل وكفاءة عالية.
- **العيوب:** إذا تعرضت واحدة من الألواح لمشكلة، قد تؤثر على أداء السلسلة بأكملها.

❖ **محولات وحدات الطاقة الصغيرة (Microinverters)**

- **التصميم:** يتم تركيب محول صغير على كل لوح شمسي فردي.

- **الاستخدام**: مثالية للأماكن التي تعاني من الظل الجزئي أو اختلاف زوايا الميل للألواح.
- **المزايا**: تحسين الأداء والكفاءة لكل لوح، وتقديم معلومات دقيقة حول أداء كل لوح.
- **العيوب**: تكلفة أعلى مقارنة بمحولات السلسلة.



صورة 37: الفرق بين String inverter و microinverter من حيث نوع التركيب و الكفاءة

❖ محولات مركزية (Central Inverters)

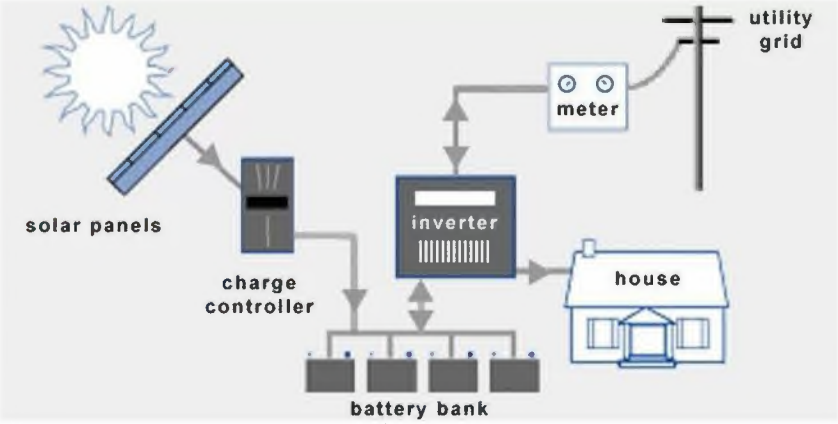
- **التصميم**: تستخدم في الأنظمة الشمسية الكبيرة، حيث يتم توصيل العديد من السلاسل الشمسية بمحولات مركزية كبيرة.
- **الاستخدام**: شائعة في التطبيقات التجارية والصناعية والمزارع الشمسية الكبيرة.
- **المزايا**: قادرة على معالجة كميات كبيرة من الطاقة بكفاءة عالية.
- **العيوب**: إذا تعطلت، قد تتوقف جزء كبير من النظام عن العمل.

صورة 38: محول مركزي central inverter

❖ محولات هجينة (Hybrid Inverters):

- **التصميم**: تدعم العمل مع كل من الشبكة والبطاريات لتخزين الطاقة.
- **الاستخدام**: مناسبة للأنظمة التي تتطلب تخزين الطاقة لاستخدامها في أوقات الحاجة.
- **المزايا**: توفر مرونة كبيرة في استخدام الطاقة، وتمكن من استخدام الطاقة المخزنة أثناء انقطاع الكهرباء.

- **العيوب:** تكلفة أعلى وتعقيد أكبر في التركيب والإدارة.



صورة 39: محول هجين

3.2.3. خصائص المحولات الشمسية

- **الكفاءة:**

– تقيس نسبة الطاقة المحولة من التيار المستمر إلى التيار المتردد. كفاءة المحولات الشمسية الحديثة تصل إلى 95–98%.

- **العمر الافتراضي:**

– يتراوح عادة بين 10 إلى 15 عامًا، وبعض الطرز يمكن أن تستمر حتى 20 عامًا مع الصيانة المناسبة.

- **القدرة (Capacity):**

– تُحدد بالواط (W) أو الكيلوواط (kW)، وتعبر عن كمية الطاقة التي يمكن للمحول التعامل معها. يجب أن تتناسب مع حجم النظام الشمسي.

- **التوافق مع الشبكة:**

– يجب أن يتوافق المحول مع معايير الشبكة المحلية لضمان السلامة والأداء الأمثل.

- **التحكم والمراقبة:**

– تتضمن العديد من المحولات الحديثة ميزات لمراقبة الأداء عبر الإنترنت أو عبر تطبيقات الهواتف الذكية، مما يتيح تتبع كفاءة النظام وتشخيص المشاكل بسرعة.

- **القدرة على التعامل مع الظل:**

– تختلف قدرة المحولات في التعامل مع تأثير الظل الجزئي على الألواح الشمسية، حيث يمكـــن أن تقلل محولات وحدات الطاقة الصغيرة من تأثير الظل مقارنة بمحولات السلسلة.

3.2.4. أهمية المحولات الشمسية في النظام الكهروضوئي:

- **تحويل الطاقة:** الدور الرئيسي للمحول هو تحويل الطاقة من التيار المستمر (DC) إلى التيار المتردد (AC)، وهو الشكل الذي يمكن استخدامه في معظم الأجهزة الكهربائية والمباني.

- **الأمان**: يحمي المحول النظام من التيارات العالية والأعطال الكهربائية.
- **تحسين الأداء**: تساعد المحولات في تحسين كفاءة النظام الكهروضوئي من خلال تقنيات تتبع نقطة القدرة القصوى (MPPT) التي تضمن استخلاص أقصى طاقة ممكنة من الألواح الشمسية.

3.3. الأسلاك الكهربائية في أنظمة الطاقة الشمسية

الأسلاك الكهربائية في أنظمة الطاقة الشمسية تلعب دوراً حيوياً في نقل الطاقة الكهربائية بين مكونات النظام، مثل الألواح الشمسية والمحولات والبطاريات والأجهزة الكهربائية. تختلف الأسلاك الكهربائية المستخدمة في أنظمة الطاقة الشمسية عن الأسلاك الكهربائية التقليدية في بعض النواحي، مثل المتانة ومقاومة التآكل والقدرة على تحمل درجات الحرارة العالية. يجب اختيار الأسلاك الكهربائية الصحيحة والتي تتوافق مع متطلبات النظام الشمسي المحددة والمعايير الدولية لضمان أداء موثوق وآمن.

3.3.1. خصائص الأسلاك الكهربائية في أنظمة الطاقة الشمسية

- **مقاومة التآكل**

– يجب أن تكون الأسلاك مقاومة للتآكل والتأثيرات البيئية القاسية، خاصة في البيئات الرطبة أو المالحة.

- **متانة عالية:**

– يجب أن تكون الأسلاك مصممة لتحمل الظروف البيئية المتغيرة والعوامل الخارجية مثل التعرض للأشعة فوق البنفسجية والصدمات والتآكل.

- **مقاومة درجات الحرارة العالية:**

– يتعرض الأسلاك الكهربائية في أنظمة الطاقة الشمسية لدرجات حرارة مرتفعة، خاصة عند التعرض المباشر لأشعة الشمس. لذلك، يجب أن تكون الأسلاك قادرة على تحمل درجات الحرارة العالية دون تأثير على أدائها.

- **موصلية جيدة:**

– يجب أن تكون الأسلاك قادرة على توصيل الطاقة الكهربائية بكفاءة عالية دون فقدان كبير للطاقة عبر المسافات الطويلة.

- **تقاوم التأثيرات الجوية:**

– يجب أن تكون الأسلاك قادرة على تحمل التغيرات الجوية المفاجئة مثل الرياح القوية والعواصف البرقية.

3.3.2. أنواع الأسلاك الكهربائية المستخدمة في أنظمة الطاقة الشمسية

- **الكابلات الشمسية (Solar Cables):**

– تمتاز بمقاومتها للأشعة فوق البنفسجية والتآكل، وتستخدم عادة لتوصيل الألواح الشمسية ببعضها البعض ومع المحولات.

- **الكابلات الخاصة بالبطاريات (Battery Cables):**

– تستخدم لتوصيل البطاريات ببعضها البعض وبمحولات الشحن.

الكابلات الداخلية (Internal Wiring):

– تستخدم لتوصيل مكونات النظام الشمسي داخلياً مثل المحولات والمراقب والمفاتيح والأجهزة الكهربائية.

الكابلات المرنة (Flexible Cables):

– تستخدم في الوصلات المتحركة أو التي تحتاج إلى مرونة أكبر.

- **الكابلات المضادة للحريق (Fire-resistant Cables):**

– تستخدم في الأماكن التي تتطلب مقاومة عالية للحرائق، مثل المباني السكنية والتجارية.

3.3.3. المعايير الدولية للاعتماد على الأسلاك الكهربائية في أنظمة الطاقة الشمسية:

– IEC 62548: معيار دولي يحدد متطلبات الأسلاك الشمسية.

– UL 4703: معيار أمريكي للكابلات الشمسية.

– TUV: تقييم منظمة TUV للأسلاك الشمسية يضمن الامتثال للمعايير الدولية.

- **الأبعاد والتصميم:** تتوفر علب الربط بأحجام وتصاميم مختلفة لتناسب متطلبات التركيب والمساحة المتاحة.
- **المقاومة للحريق:** تفضل بعض علب الربط المصنوعة من مواد مقاومة للحريق لضمان سلامة النظام وتقليل مخاطر حدوث الحرائق.

3.3.4. الاعتبارات الأمنية والقانونية:

– يجب اختيار علب الربط المتوافقة مع المعايير القانونية والتنظيمية في المنطقة المحددة،

– يجب على العلب أن تثبت بإحكام وتثبت بحيث لا تتأثر بالظروف البيئية القاسية مثل الرياح القوية أو الأمطار الغزيرة.

– يجب توجيه الأسلاك بعناية داخل العلب لتجنب التشابك وضمان سلامة الاتصالات الكهربائية.

3.4. صندوق التوصيل الكهربائي

صندوق التوصيل، المعروف أيضًا بصندوق جمع مصفوفة الطاقة الشمسية أو صندوق الجمع للألواح الشمسية، هو جزء أساسي في أنظمة توليد الطاقة الشمسية الكهروضوئية. يُستخدم لجمع مخرجات العديد من الألواح الشمسية أو سلاسل الألواح في مخرج واحد.

صورة 40: صندوق التوصيل PV Combiner box

- أما بالنسبة للمنشآت الصغيرة، غالبا ما يتم استخدام موصلات MC4 لتركيب الألواح الشمسية وتوصيلها بشكل متسلسل أو متوازي. وتعتبر جزءًا أساسيًا من النظام الشمسي، حيث تضمن توصيلاً آمناً وفعالاً بين الألواح الشمسية والمحولات الكهربائية. فهي مقاومة للماء والغبار وتدعم تيارات عالية تصل إلى 30 أمبير.

صورة 41 : موصل MC4

3.4.1. الوظيفية

- **الجمع بين المدخلات المتعددة:** تتمثل الوظيفة الرئيسية لصندوق توحيد الطاقة الشمسية في الجمع بين مخرجات التيار المستمر من ألواح أو سلاسل شمسية متعددة في مخرج تيار مستمر واحد.
- **حماية من التيار الزائد:** يتضمن عادة أجهزة حماية من التيار الزائد مثل الصمامات الكهربائية أو الكسارات لكل سلسلة دخول للحماية ضد الظروف الكهربائية الزائدة.
- **المراقبة والتحكم:** قد تتضمن بعض الصناديق المتقدمة وظائف المراقبة والتحكم لمراقبة أداء كل سلسلة وتوفير معلومات تشخيصية.

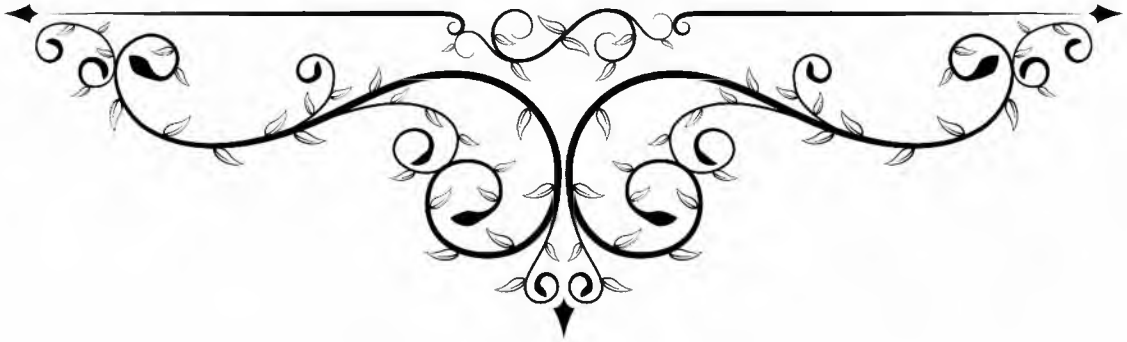
- **فصل السلامة**: يتضمن غالبًا مفتاحًا أو كسارة لفصل السلامة لعزل المصفوفة بأكملها عن بقية النظام لأغراض الصيانة أو الطوارئ.
- **تأريض**: يوفر التأريض لمصفوفة الطاقة الشمسية لضمان السلامة الكهربائية والامتثال للشفرات والمعايير الكهربائية.

خاتمة

في هذا الفصل، تم التطرق بالتفصيل لجميع مكونات النظام الذي سنعتمده في التركيبة الكهروضوئية لمشروع الدراسة. هذه المعلومات حول الأجهزة ضرورية حيث تسمح لنا بفهم دور كل جهاز ومن ثم البدء بعملية تحجيم النظام واختيار الأجهزة التي معظمها غير مصنع بالجزائر عدا الألواح الشمسية حيث سيم الإعتماد على المنتوج المحلي.

www.psdgraphics.com

الفصل الرابع



تحجيم النظام الكهروضوئي المتصل بالشبكة

مقدمة

التحجيم هو خطوة أساسية في تصميم الأنظمة الكهروضوئية. يمكن تحديد حجم النظام الكهروضوئي المستقل بطرق مختلفة. المعايير الثلاثة الأكثر استخدامًا هي: استهلاك الكهرباء ومساحة السطح المتاحة والميزانية. بالنسبة لمشروعنا، سيكون عاملي استهلاك الكهرباء ومساحة التركيبة هما المعيارين اللذان يتم اعتمادهما أوليا في الحساب بما أن المشروع نظري وسيتم تقييم الجدوى المالية من المشروع كمحصلة نهائية. سنقوم في هذا الفصل بتفصيل الطريقة الحسابية النظرية المعتمدة ومن ثم عرض تحجيم النظام الكهروضوئي حسب الاحتياجات الكهربائية اللازمة للمدرسة.

1. مبدأ قواعد تحديد حجم النظام الكهروضوئي المتصل بالشبكة

التحجيم هو جانب أساسي من جوانب تصميم النظام. فهو مجموعة العمليات اللازمة لتحديد الأبعاد المثلى للمولد الكهروضوئي، ومن ثم الأجهزة القادرة على ضمان هذا الاستهلاك. يوجد في هذا الجزء معياران مهمان بشكل خاص: معرفة الإشعاع اليومي على النظام وتحديد الاستهلاك الكهربائي للمدرسة بدقة. في حالة المدرسة، وبما أن المجال الساعي للتدريس هو من 8سا صباحا الى 17.30سا مساء، أي أن استغلال المدرسة يكون بالنهار، فاللجوء الى استخدام بطاريات التخزين سيكون جزئيا لتغطية النقص في الإضاءة أثناء الأيام الغائمة.

1.1. العوامل المتعلقة في تحديد الحجم

بشكل عام، فإن المعلومات التي يجب أخذها في عين الاعتبار عند تصميم وتحديد حجم النظام الكهروضوئي عديدة منها:

- مكونات النظام الكهروضوئي (الوحدات، المنظم، العاكس والبطاريات).
- المكان الذي سيتم فيه وضع المولد الكهروضوئي.
- الحمل.

1.1.1. العوامل المتعلقة بمكونات النظام

تتمثل هاته المعلومات في تحجيم النظام و تحديد المكونات من ألواح، بطاريات ، محولات،...الخ و المتوفرة في السوق. ويستند الاختيار إلى معيار يربط من ناحية تلبية الاحتياجات والأداء الأمثل للنظام (التوافق الكهربائي لخصائص النظام) ، ومن ناحية أخرى التوافر و الكلفة الإقتصادية.

- **المعلومات المتعلقة بالوحدة الكهروضوئية هي:**
- أقصى جهد.
- الحد الأقصى للتيار، الحد الأقصى للطاقة.

يتم تحديد المعلومات في الظروف القياسية (1000 واط، 25 درجة مئوية) من قبل الشركة المصنعة.

- **إعدادات المحول:**

بالنسبة لمحول التيار يتم اختياره حسب القدرة Puissance المتوافقة مع الطاقة اللازمة للمدرسة و بتوافق مع الألواح الشمسية من حيث القيم القصوى للتيار و الجهد و القدرة المتحملة.

1.1.2. إعدادات موقع التثبيت

يتم تحديد حجم المولد الكهروضوئي وفقًا للشروط المتعلقة بالموقع، و بالتالي من الضروري معرفة خصائص الإشعاع الشمسي في اليوم أو في الشهر، أي متوسط الطاقة المستلمة في خطة معينة، في نفس المكان الذي سيقع فيه المولد الكهروضوئي. يجب أن تكون البيانات معروفة لكل شهر من السنة. يمكن الحصول عليها من قبل هيئات الأرصاد الجوية الوطنية أو عن طريق البرامج المخصصة لهاته التركيبات (Pv System، Retscreen، ...) ، والتي تتطلب معايير الإدخال التالية:

- خط الطول و العرض (المكان الجغرافي)
- انعكاسية التربة Albédo
- متوسط الإشعاع اليومي في السنة

1.1.3. المعلومات المتعلقة بالحمل la Charge

- ❖ نوع التيار المستعمل، المستمر أو التيار المتردد.
- ❖ طاقة الحمل Puissance de la charge
- ❖ متوسط وقت التشغيل في اليوم.

1.2. طريقة تحجيم التركيب الكهروضوئي

1.2.1. تقدير احتياجات المستخدم اليومية من الكهرباء

يتكون حساب الاحتياجات الكهربائية من حساب الطاقة الكهربائية اليومية التي يستهلكها المستخدمون. الهدف هو الحصول على متوسط إجمالي الاستهلاك في اليوم.

متوسط إجمالي الطاقة المطلوبة كل يوم Ecj (Wh/d) هو مجموع الاستهلاك.

طاقة المعدات المختلفة التي تشكل النظام المراد دراسته، وهي الأجهزة الكهربائية المختلفة ومصابيح الإضاءة والأجهزة الإلكترونية وما إلى ذلك. تعطى بالعلاقة التالية:

$$E_{cj} = \sum E_j$$

بالنسبة للمعدات التي لا يتم استخدامها يوميًا ولجميع المعدات عالية الاستهلاك، يتم الحساب على أساس الاستعمالي الدوري (على أساس أنه يومي). وبالتالي، يمكن حساب استهلاك كل قطعة من المعدات على النحو التالي:

$$Ej = P_j \times t_j \times N_j$$

P_j : Puissance journalière d'un équipement القدرة اليومية للجهاز

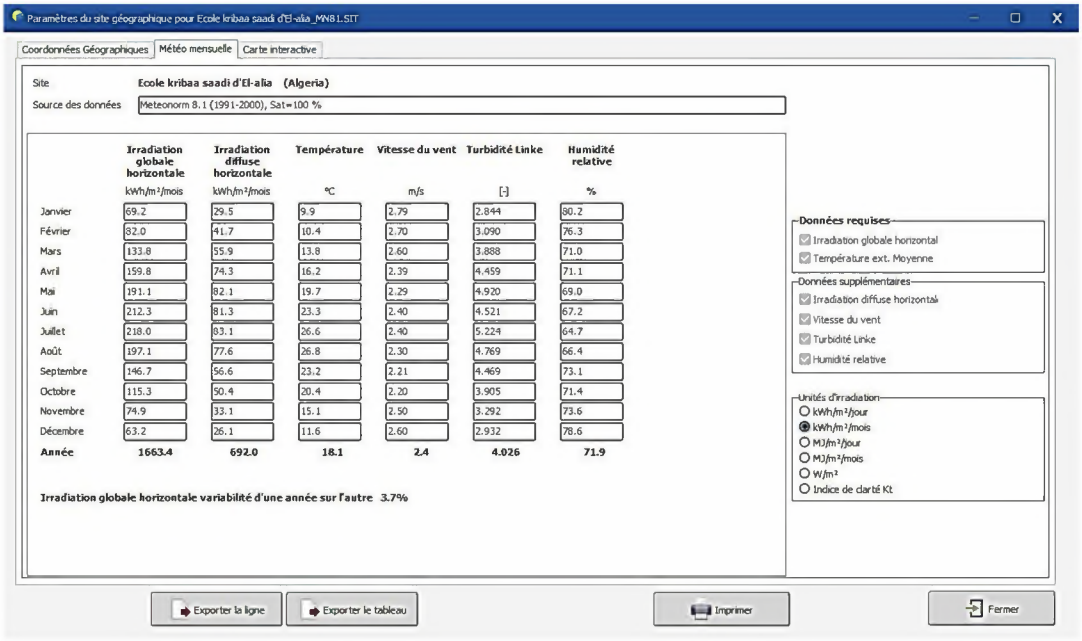
t_j : Temps de fonctionnement زمن التشغيل

N_j : Nombre des équipements عدد الأجهزة

1.2.2. تحديد قيمة الإشعاع اليومي

يتم تحديد حجم المولد الكهروضوئي وفقًا للشروط المتعلقة بالموقع. لذلك من الضروري معرفة خصائص الإشعاع الشمسي في اليوم أو في الشهر، أي متوسط الطاقة المستلمة على خطة معينة، في نفس المكان الذي سيتم فيه وضع المولد الكهروضوئي. توفر العديد من برامج الحساب (PVsyst، وRetscreen، وما إلى ذلك) بالإضافة إلى مواقع الويب المتخصصة هذه المعلومات على أساس الموقع (الإحداثيات الجغرافية). في سكيكدة، يتراوح متوسط الإشعاع اليومي بين 2.01 كيلوواط ساعة/م²/يوم في ديسمبر

و7.08كيلوواط ساعة/م²/يوم في جويلية (المصدر: بيانات القمر الصناعي ناسا إس إس إي(2024) .



صورة 42: الإشعاع الأفقي العالمي في سكيكدة المصدر تطبيق Pv syst 7.4.

1.2.3. حساب إجمالي طاقة الذروة للمجال الكهروضوئي

تعتمد قوة الذروة الإجمالية اللازمة للحقل الكهروضوئي حسب الاشعاع اليومي لمكان الاستخدام، ويستخدم المتخصصون عدة طرق لحسابها. الطريقة الأكثر استعمالا هي زيادة تضخيم الطاقة المراد إنتاجها بنسبة من 20 الى 30 ٪ من الطاقة اللازمة للمستعمل وهو ما يمثل تقديرا للخسائر في النظام.

$$Ep = (1,2 \text{ à } 1,3) \times Ec$$

Ep: puissance à produire القدرة اللازم توفيرها

Ec: *طاقة استهلاك الأجهزة* (الواط الساعي/ اليوم)

1.2.4. حساب عدد الألواح الشمسية المراد تثبيتها

يتم حساب عدد الوحدات الكهروضوئية وفقًا لخصائص الوحدة المختارة وقوة الذروة للمولد بالمعادلة التالية:

$$N_m = \frac{P_{pv}}{P_u}$$

P_{pv} : Puissance crête de l'installation قدرة الذروة للنظام

P_u : Puissance crête unitaire القدرة الوحدوية للوح

توصيل الألواح:

- **عدد الوحدات المتصلة على التوالي**

$$N_{m,s} = \frac{V_{pv}}{Vu}$$

V_{pv} : Tension du générateur PV. جهد المولد كهروضوئي

Vu : Tension nominale unitaire. الجهد الوحدوي للوح

- **عدد الوحدات المتصلة بالتوازي:**

$$N_{m,p} = N_m \div N_{m,s}$$

1.2.5. تحديد حجم المحول

يتم اختيار محول الطاقة وفقًا لعدة معايير:

جدول.14: جدول معايير اختيار محول.

قائمة **المعايير**	النموذج المعتمد	
	حساب	التحقق
القدرة على دعم الأحمال	حساب مجموع القدرة للأجهزة الكهربائية (W)	قدرة المحول أكبر من القيمة المحسوبة
القدرة على تحمل جهد **Voc** عندما يكون الحقل الكهروضوئي فارغًا تمامًا	عدد الألواح الكهروضوئية في السلسلة x **Voc** (PV)	قدرة المحول أكبر من القيمة المحسوبة
القدرة على تحمل جهد VMPP للمجال الكهروضوئي. (نطاق MPPT للمحول)	عدد الألواح في السلسلة X Vmppاللوح	القيمة المحسوبة يجب أن تكون ضمن نطاق الجهد Vmmpللمحول
التوافق مع إعدادات الشبكة الكهربائية العمومية وكذلك الأجهزة الكهربائية المستعملة	التردد(هرتز)، وجهد التيار المتردد	في الجزائر: الجهد 230/220 فولت، التردد50 هرتز.
القدرة على تحمل إجمالي تيار الدارة القصيرة للحقل الكهروضوئي	عدد الألواح على التوازي x التيار القصر (ISC) للوح	قدرة المحول أكبر من القيمة المحسوبة
التوافق مع قدرة الألواح	عدد الألواح X القدرة الاسمية للوح	قدرة المحول أكبر من القيمة المحسوبة

1.2.6. تحجيم الأسلاك الكهربائية

❖ **الأسلاك بين الخلايا الكهروضوئية والمحول:**

- **التيار الأقصى التي تنتجها الألواح:**

$$I_{max} = N_{str} \div I_{sc}$$

N_{str} : nombre de string. String : PV raccordé en série — عدد الألواح على التسلسل

Isc : courant court-circuit — *تيار القصر*

- **مقطع السلك**

$$S = \frac{2 \times \rho \times L \times I}{\Delta U}$$

- S est la section du câble en mm², — *مقطع السلك (مم²)*
- ρ est la résistivité du cuivre (environ 0,0175 Ω·mm²/r Ω·mm²/m), — *مقاومة النحاس*
- L est la longueur du câble en mètres (aller-retour), — *المسافة بين الألواح والمحول*
- I est le courant en ampères, — *التيار الأقصى للألواح*
- ΔU est la chute de tension acceptable en volts. — *الفقد الأقصى في الجهد بين سلاسل الألواح*

❖ **الأسلاك بين المحول والمعدات:**

- **شدة التيار من المحول**

$$I_{onduleur} = P_{onduleur} \div UAC$$

UAc : Tension du courant alternatif de sortie (220) — *جهد التيار المتناوب 220فولط*

معامل الأمان

- **مقطع السلك**

$$S = \frac{2 \times \rho \times L \times I}{\Delta U}$$

1.3. حساب العائد على وقت الاستثمار

❖ تكلفة الطاقة المستهلكة / سنة..... (1)

❖ تكلفة التركيب الكهروضوئي..... (2)

❖ العائد على وقت الاستثمار= (2) / (1)

2. تحديد حجم النظام الكهروضوئي للمدرسة الابتدائية قريبع سعدي

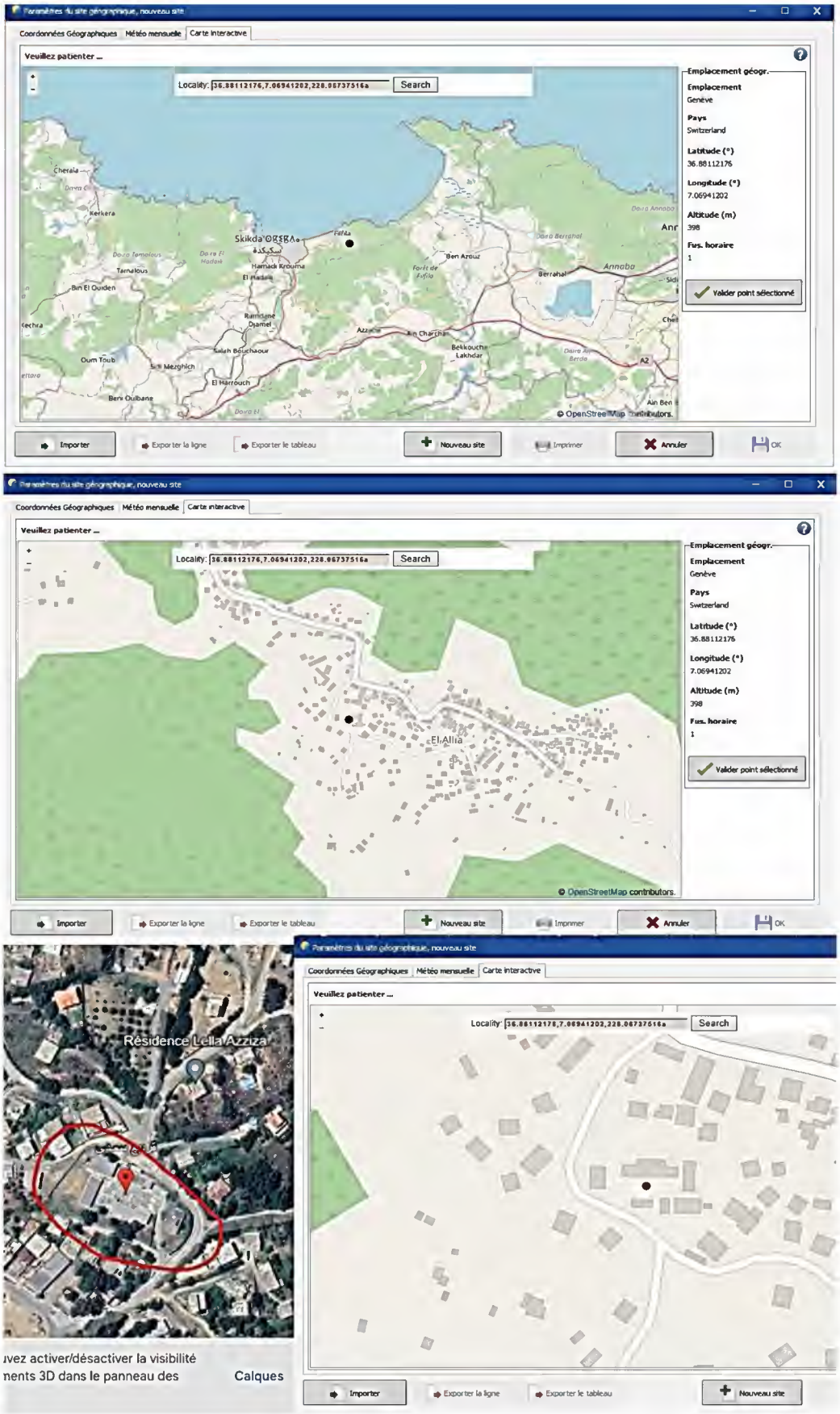
كجزء من هذا العمل المتواضع، فإن موضوع دراستنا هو تجهيز المدرسة الابتدائية قريبع سعدي بنظام كهروضوئي لتخفيف تكاليف الكهرباء. حيث اقترحنا الإعتماد في تحجيم النظام المتوسط السنوي لقيمة الإشعاع الشمسي اليومي وبالتالي تزويد المدرسة بألواح شمسية ومحول هجين يضمن استغلال الطاقة الكهروضوئية مع إمكانية الاستعانة بالكهرباء العامة في حالة الأيام التي يقل فيها الإشعاع الشمسي بالأخص في فصل الشتاء أيام التقلبات الجوية لتعويض النقص المسجل في منتوج الألواح الكهروضوئية. وقد اعتمدنا هذا الإختيار لدوافع إقتصادية حيث أن المدرسة مزودة بالطاقة الكهربائية من الشبكة العمومية والاستغناء عنها فيه ضياع لإستثمار تم إنجازه وارتفاع للتكلفة حيث سنضطر من جهة الى زيادة الألواح الشمسية في حالة العمل بالقيمة الدنيا للإشعاع الشمسي حيث سيكون هناك فائض غير مستغل في الفصول الأخرى و من جهة أخرى ضرورة تزويد النظام ببطاريات التخزين لضمان التزويد بالطاقة الكهربائية في حالة وجود خلل بالنظام، و من ثم ارتفاع تكلفة المشروع.

2.1. تقديم حالة الدراسة

تقع المدرسة الإبتدائية قريبع سعدي في حي عميرة عمار العالية ببلدية فلفلة (ولاية سكيكدة) و على إحداثيات خطوط الطول والعرض: (36.88 درجة – 7.07 درجة). تم استخراج البيانات (الاشعاع الشمسي والجوي) المتعلقة بالموقع من برنامجي RetScreen حيث قدر متوسط الإشعاع الشمسي الإجمالي على سطح أفقي بـ 4.52.

تتكون المدرسة من 12 قسم وإدارة ومطعم ومراحيض للإناث وللذكور و ساحة بالإضافة الى منزلين وظيفيين. و تبلغ المساحة الإجمالية للأرضية حوالي 4500 م2.

صورة 43: صورة فضائية من Google Earth تبين مكونات المدرسة



صورة 44: موقع المدرسة عن طريق القمر الصناعي باستخدام برنامج Pv syst 7.4.

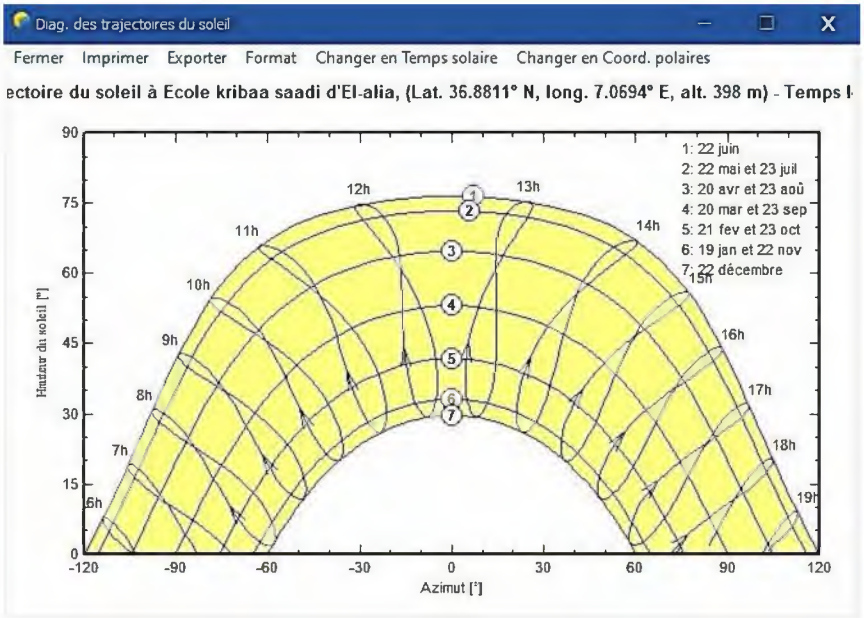
Source des données: NASA-SSE satellite data 1983-2005

	Irradiation globale horizontale kWh/m²/jour	Irradiation diffuse horizontale kWh/m²/jour	Température °C
Janvier	2.27	0.91	7.8
Février	3.15	1.16	8.9
Mars	4.26	1.55	11.7
Avril	5.22	1.97	15.0
Mai	6.20	2.20	20.2
Juin	6.91	2.21	25.4
Juillet	7.08	2.02	28.4
Août	6.12	1.90	28.2
Septembre	4.94	1.61	23.6
Octobre	3.53	1.29	19.1
Novembre	2.42	0.99	13.4
Décembre	2.01	0.83	9.4
Année	**4.52**	**1.56**	**17.6**
	Coller	Coller	Coller

صورة 45: قيمة الإشعاع الشمسي للموقع بواسطة برنامج PvSyst 7.4

❖ المسار الشمسي في موقع الدراسة:

يتراوح السمت الشمسي بين −120 درجة و120 درجة في الصيف و −60 درجة و60 درجة في الشتاء. يبلغ ارتفاع الطاقة الشمسية في الظهيرة ما بين 30 درجة في الشتاء و75 درجة في الصيف.



صورة 46: المسار الشمسي حسب البرنامج Pv syst 7.4.

2.2. الحسابات

تم استعمال برنامج ميكروسوفت إكسل Microsoft Excel 2021 لتسهيل عملية التحجيم حيث يساعد البرنامج على إنجاز العمليات الحسابية بطريقة آلية للقوانين الرياضية المدخلة.

2.2.1. إحصاء الأجهزة و تحديد الطاقة الكهروضوئية اللازمة

بعد إحصاء المعدات الكهربائية بالمدرسة و تحديد خصائصها (القدرة، العدد، مدة الاستعمال)، تم حساب آليا:

جدول1 : قائمة المعدات الكهربائية و حساب الاستهلاك اليومي

	الاجهزة	العدد	puissance W	مجموع puissance (W)	مدة الاستهلاك سا	مجموع puissance de demarage (w)	الاستهلاك اليومي Wh/j
الأقسام	مصباح	288	75	21 600	8,00	21 600	172 800
	حاسوب	4	75	300	4,50	300	1 350
	جهاز عرض	4	250	1 000	4,50	1 000	4 500
مكتب المدير و السكرتير	مصباح	8	75	600	8,00	600	4 800
	حاسوب	2	200	400	8,00	400	3 200
	طابعة	2	250	500	2,00	500	1 000
	مكيف	1	1 000	1 000	6,00	1 000	6 000
قاعة الإجتماع	مصباح	24	75	1 800	3,00	1 800	5 400
	مصباح	24	75	1 800	5,00	1 800	9 000
المطبخ	ثلاجة	1	100	100	24,00	300	2 400
	آلة رجي	1	300	300	1,00	900	300
قاعة الإطعام	مصباح	48	75	3 600	3,00	3 600	10 800
مخزن	مصباح	4	75	300	3,00	300	900
دورة المياه	مصباح	8	75	600	8,00	600	4 800
	مجموع puissance nominal (W)			33 900			
	مجموع puissance de démarrage (W)			34 700			
	مجموع الاستهلاك اليومي Ec :(Wh/j)			227 250			
	Ep énergie à produire (W)			284 063		تقدير الضياع أو زيادة الاستهلاك	25%
	PC puissance crete (Wc)			62 846		المعدل السنوي للاشعاع اليومي	4,52

❖ **حساب إجمالي الطاقة المستهلكة E_C**

Ec: 222 250 Wh/j

❖ **حساب إجمالي القدرة الاسمية (Puissance nominale)**

$$P_N = 33\,900\ W$$

❖ **حساب قدرة الإقلاع الإجمالية**

P=34 700 W

❖ **حساب الطاقة الكهربائية التي يجب إنتاجها (Ep)**

E_P=284 063 W

❖ **حساب ذروة الطاقة من الألواح الكهروضوئية (Pc)**

Pc=62 846 W

2.2.2. تحديد حجم الحقل الكهروضوئي

❖ **اختيار اللوح الكهروضوئي**

اللوح الكهروضوئي المختار هو siraj 5BB mono perc نوع CEM385-72 /monocristallin و هو لوح من صنع محلي ، ذو قدرة 385 واط (اللوحة التقنية بالملحقات).

صورة 47: الخصائص التقنية للوح الشمسي Siraj mono prec

جدول2 : : بطاقة تقنية للوح كهروضوئي المختار

الألواح المختارة		Siradj 385
Maximum rated power (Pmax)(0~+3%)	385	W
Maximum power voltage (Vmp)	40,70	V
Open circuit voltage (Voc)	47,90	V
Maximum power current (Imp)	9,40	A
Short circuit current (Isc)	9,86	A
Module efficiency	19,70	%
dimension	1967*992*40	mm
Coef /Temp of PMAX	-0,39%	
Coef /Temp of VOC	-0,30%	
Coef /Temp of ISC	0,06%	

جدول3 : معطيات تقنية للوح

Operational temperature	-40°C to + 85°C
Maximum system voltage	1500 V
Maximum rated current	15A

2.2.3. اختيار المحول

يعتمد اختيار المحول على عدة نقاط و تطابقات يجب توفرها بين أجهزة النظام (الأجهزة الكهربائية، البطاريات، الألواح ....) .

يتم اختيار المحول مبدئيا على أساس 4 نقاط أساسية هي:

- الطاقة الاسمية الاجمالية للأجهزة P_N
- طاقة الإقلاع الاجمالية للأجهزة الكهربائية
- جهد التيار المتناوب AC اللازم للأجهزة الكهربائية
- جهد نظام البطاريات إن وجدت

و في المرحلة الثانية يتم التأكد من توافق المحول المختار من حيث القدرة (الاستطاعة) puissance، التيار courant، و الجهد tension للألواح الشمسية.

الاشتراطات التقنية:

- **قدرة المحول(Rated Power):** يجب أن تكون أكبر20 –30 % من الطاقة الاسمية الاجمالية للأجهزة P_N

$$P_{inverter} > 20 - 30\% PN$$

$$P_{inverter} > 44\ 700\ W$$

- **قدرة الإقلاع المحول (Surge Power):** يجب أن تكون أكبر من طاقة الإقلاع الاجمالية للأجهزة الكهربائية

$$P_{démar/inverter} > P_{démar/appareils}$$

$$P_{démar/inverter} > 34\ 700\ W$$

المحول المختار (مبدئيا الى حين التحقق من توافقه مع الألواح الكهروضوئية)

تم اختيار المحول Growatt Hybrid Inverter Single Phase 10KW (البطاقة التقنية في المرفقات) .

بقدرة 10 كيلوواط و قدرة إقلاع 20 كيلوواط و جهد التيار المتناوب AC اللازم للأجهزة الكهربائية 240V . ويكون العدد 5 مرتبطة على التوازي لتحقيق الاشتراطات.

صورة 48: المحول المختار للمشروع

جدول4 : الخصائص التقنية للمحول المختار

	Growatt Hybrid Inverter Single Phase 10KW caractéristiques onduleur	
Input DC	PV/ Voc Max (V)	1000
	pv array Mppt voltage range	80 - 550
	PV start voltage (V)	120
	Pv array max power (W)	15 000
	nb track	2
	Isc max/track (A)	16,9
Output AC	nominal Power (W)	10000
	Ac voltage (V)	230
	Max output current (A)	15

2.2.4. حساب عدد الألواح الموافقة للطاقة الضوئية اللازمة

مبدئيا وقبل عملية التحقق من التوافق مع المحول، عدد الألواح الكهروضوئية:

$$N_{panneaux} = \frac{P_c}{P_p}$$

$$163 = N_{panneaux} = \frac{62\,846}{385}$$

العدد الأولي للألواح 163 لوح

2.2.5. حساب العدد الأقصى و الأدنى من الالواح بالتوافق مع المحول:

الألواح	
163	العدد الأولي
319	المساحة الأولية للألواح (م²)
51,49	Voc T0
45,10	Voc T40
38,87	Vmp T40
422,54	Pmax 0
362,48	Pmax 40
	عدد الألواح و الربط (حسب المحول المختار)
19,42	عدد الألواح الأقصى على التسلسل
3,09	عدد الألواح الأدنى على التسلسل
3,43	عدد الألواح الأقصى على التوازي
38,96	عدد الألواح الأقصى حسب قدرة المحول
	عدد الألواح و الربط المعتمد/محول
17	عدد الألواح على التسلسل
2	عدد الألواح على التوازي
34	عدد الألواح لكل محول
5	عددالمحولات
164	عدد الألواح الإجمالي
320,42	مساحة الألواح (م²)

❖ **عدد الألواح الأقصى للألواح على التسلسل $Max\ N_{ps}$**

$$Max\ (N_{ps}) = \frac{V_{max\ inverter}}{V_{OC(0C°)panneaux}}$$

$$Max\ (N_{ps}) = \frac{1000}{51,49}$$

العدد الأقصى هو 19,42 **لوح على التسلسل**

$V_{max\ inverter}$: جهد المحول الأقصى (1000V للمحول المختار)

$V_{oc\ (0°C)panneaux}$: جهد الألواح في الدارة المفتوحة في 0 درجة (51,49للوح المختار)

❖ **عدد الألواح الأدنى للألواح على التسلسلMin Nps**

عدد الألواح الأدنى متعلق بعاملين : الأول أدنى جهد ضروري لتشغيل المحول و الثاني الأخذ بعير الاعتبار تغير الجهد و إنخفاضه بإرتفاع درجة الحرارة. و عليه يتم حساب جهد اللوح Mppt عند درجة الحرارة القصوى 40°C و بعد ذلك يتم حساب العدد الأدنى للألواح على حسب أقل قيمة جهد ضرورية للمحول.

$$\text{Min } (N_{ps}) = \frac{V_{\min inverter}}{V_{mptt(40C°)panneaux}}$$

$$\text{Min } (N_{ps}) = \frac{120}{38,87}$$

$V_{min\ inverter}$: جهد المحول الأدنى (120V للمحول المختار)

$V_{mptt\ (40°C)panneaux}$: جهد الألواح Mptt في الدرجة 40°C (40,7 للوح المختار)

العدد الأدنى هو 3,09 لوح **على التسلسل**

❖ **عدد الألواح الأقصى على التوازي Max N_{pp}**

العدد الأقصى للألواح على التوازي متعلق بالقيمة القصوى التي يتحملها المحول من التيار القادم من الألواح.

$$Max\ N_{pp} = \frac{Isc_{\max inv}}{Isc\ panneau}$$

$Isc_{max\ inv}$: أقصى تيار يتحمله الأنفرتر (120 A للأنفرتر المختار)

$I_{sc\ panneau}$: تيار القصر للوح (9.86 للوح المختار)

$$Max\ N_{ps} = \frac{200}{9,86} = 20,28$$

إذن: عدد الألواح الأقصى على التوازي هو 20,28 لوح

❖ **عدد الألواح الأقصى التي يتحملها المحول:**

$$Max\ N_p = \frac{P\ PVmax}{P\ panneau}$$

$$Max\ N_{ps} = \frac{15000}{385} = 38{,}96$$

إذن: عدد الألواح الأقصى لكل محول 38,96 لوح

❖ **عدد الألواح والربط المعتمد/محول**

عدد الالواح على التسلسل: 16-17

عدد الالواح على التوازي: 2

عدد الالواح لكل محول: 32-34 لوح (محولين: 34 لوح، 3 محولات: 32 لوح)

عدد المحولات: 5

عدد الألواح الإجمالي: 164 لوح

2.2.6. التحقق من تطابق الاجهزة الكهربائية المختارة

يتم التأكد من تطابق الأجهزة من حيث:

- القدرات puissance
- التيار Courant
- الجهد Tension

الإشتراطات	المحول	التحقق	التطابق
القدرات:			
قدرة المحول > 20-30 % من القدرة الإجمالية للأجهزة الكهربائية	قدرة المحول (out) 50 000W	Pn x 1,3 33 900 * 1,3 44 070W	نعم
القدرة القصوى للمحول > من قدرة الألواح الشمسية المتصلة بالمحول	قدرة المحول (in) 15 000w	عدد الألواح لكل محول* القدرة 34x385= 13 090W	نعم
التيار			
التيار الأقصى للمحول > تيار الألواح	2x16.9 A	Npp x Isc 2 x 9,86	نعم
الجهد			
جهد المحول للتيار المتناوب يجب أن يتطابق مع جهد تشغيل المعدات الكهربائية	230V	جهد تشغيل المعدات الكهربائية 220/230	نعم

2.2.7. تحجيم الكابلات الكهربائية الشمسية

❖ **مقطع السلك بين الألواح و المحول**

- **حساب شدة التيار بين سلسلة الألواح وكل مأخذ من المحول**

لدينا مدخلين بالمحول (التوازي) وعليه كل سلسلة متكونة من 17-16 لوح لكل مدخل.

ومنه، فحساب مقطع السلك يكون على أساس سلسلة واحدة لكل مأخذ.

$$I=9,86\times1=9,86\ A$$

- **قيمة ضياع الجهد**

$$\Delta U = 2\% \times 17 \times 51,49 = 17,51$$

- **طول السلك 20 متر**

❖ **حساب مقطع السلك**

$$S = \frac{\rho \times 2L \times I}{\Delta U} = \frac{0,0175 \times 40 \times 9,86}{17,51} = 0,4$$

➢ اذن السلك المختار هو 1,5 مم²

❖ **مقطع السلك بين المحول و القاطعة (الاجهزة)**

- شدة التيار الأقصى من المحول: 15A
- قيمة ضياع الجهد

$$\Delta_U = \in \times U$$

$$\Delta_U = 2\% \times 230 = 4,6$$

- لدينا طول السلك 5 متر

❖ **حساب مقطع السلك**

$$S = \frac{\rho \times 2L \times I}{\Delta U}$$

$$S = \frac{0,0175 \times 2 \times 5 \times 15}{4,6} = 0,58$$

- اذن السلك المختار هو1,5 مم²

2.3. موضع الالواح

تم اقتراح موضعين للألواح وهما يناسبان المساحة الضرورية للألواح و كذلك التوجيه جهة الجنوب:

- **الاقتراح الأول** كسقف للساحة حيث سيوفر للتلاميذ الظل في الأوقات المشمسة وتحميهم من الأمطار خلال الأيام الممطرة.
- **الاقتراح الثاني** فوق البناية المخصصة للأقسام المدرسية

صورة 49: موضح الألواح مغطية ساحة المدرسة

صورة 51: صورة توضيحية للتهيئة حسب المقترح الأول

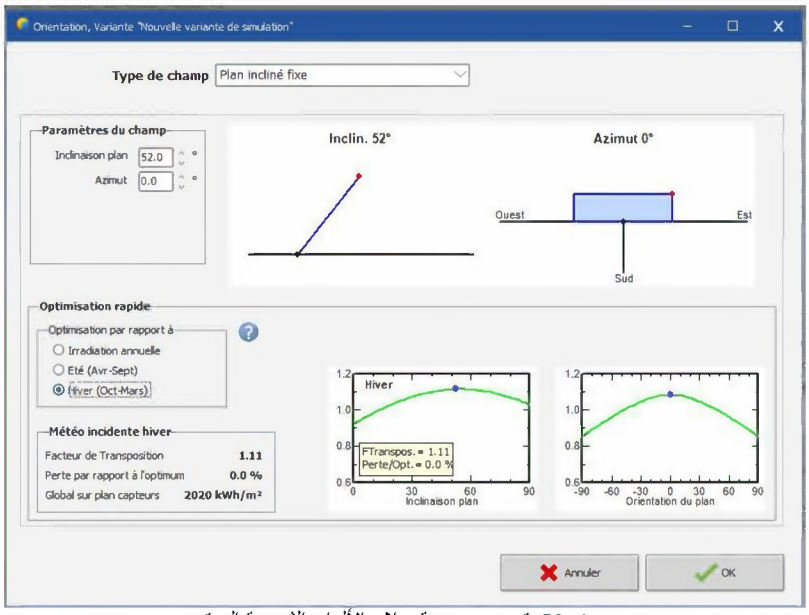
صورة 50: صورة توضيحية للتهيئة حسب المقترح الثاني

❖ توجيه الألواح:

تحسين اختيار اتجاه وميل الألواح، نعتمد على محاكاة برنامج PVSyst 7.4.

يقترح البرنامج في فصل الشتاء (عندما يكون الاشعاع عند الحد الأدنى) اتجاهًا للسمت 0 درجة وميلًا قدره 52 درجة لضمان خسارة قدرها 0.0٪ مقارنة بالمستوى الأمثل.

وهذا الميل، على الرغم من أنه يؤدي إلى خسارة في الصيف بنسبة 8.3% مقارنة بالمستوى الأمثل لهذا الموسم، إلا أن الأبعاد الكافية للتركيب والإشعاع الكبير في الصيف يضمنان تلبية الاحتياجات (الشكل 57).



صورة 52: توجيه و درجة ميلان الألواح الشمسية المعتمد

2.4. تقدير عائد الاستثمار

بمعنى آخر: في كم سنة سيتم سداد الاستثمار بفضل إنتاج الطاقة الكهروضوئية للمنشأة والتحول الى "كهرباء مجانية" أو بأقل التكاليف؟ مع العلم بأن معدات النظام (الألواح و المحول) ذو عمر افتراضي معين. وحتى يصبح المشروع مجدي يجب أن تكون مدة تغطية التكاليف قصيرة أكثر ما يمكن من العمر الافتراضي للمعدات.

طريقة حساب وقت الاسترداد تكون بتقسيم تكلفة الاستثمار (المعدات والتركيب) على تكلفة الطاقة التي يوفرها التثبيت خلال عام واحد.

2.4.1. تقدير تكلفة الكهرباء الموفرة

قمنا بحساب تقديري وتقريبي لمبلغ فاتورة الكهرباء الإجمالية السنوية للمدرسة فكان المبلغ كما هو موضح بالجدول أدناه هو أكثر من 50 مليون سنتيما في السنة.

معدل مبلغ فاتورة الكهرباء الإجمالية في الثلاثي و السنوي

الكمية (KWh)	125	125	750	19 453
السعر الوحدوي (دج)	1,78	4,18	4,81	5,48
السعر/شريحة (tranche)	222,50	522,50	3 607,50	106 599,70
السعر بدون رسوم	745,00			110 207,20
الرسم	9,00%			19,00%
السعر بجميع الرسوم	812,05			131 146,57
مجموع الأسعار بجميع الرسوم				131 958,62
رسوم ثابتة				164,16
رسم ثابت على الاستهلاك				100,00
ضريبة السكن				-
صافي المبلغ المستحق مع كل الرسوم/الثلاثي	132 222,78			
صافي المبلغ المستحق مع كل الرسوم/السنة	528 891,11			

شريحة 1	شريحة 2	شريحة 3	شريحة 4
20 452,50			

2.4.2. تقدير تكلفة المشروع

قمنا بتقدير تقريبي لكلفة المشروع ، حيث وصل المبلغ الى حوالي 9,5 مليون دينار جزائري .

جدول5 : تكاليف الشروع

المعدات	الكمية	السعر الوحدوي (دج)	السعر الإجمالي (دج)
الألواح الكهروضوئية 385W	164,00	45 000,00	7 380 000,00
المحول 10KW	5,00	235 000,00	1 175 000,00
حامل الألواح	164,00	5 000,00	820 000,00
خزانة التحكم	1,00	17 000,00	17 000,00
الأسلاك	1,00	10 000,00	10 000,00
علب الربط	5,00	4 500,00	22 500,00
صندوق القاطعة و تجهيزاته	1,00	20 000,00	20 000,00
معدات كهربائية مختلفة	1,00	10 000,00	10 000,00
المجموع الخام	9 454 500,00		

2.4.3. مدة استرداد الاستثمار Retour d'investissement

العمر الافتراضي للألواح الشمسية هو 20 إلى 30 سنة .قد تستمر بعض الألواح جيدة الصنع لمدة تصل إلى 40 عامًا. على الرغم من أن الألواح الشمسية ستستمر في العمل لمدة طويلة، إلا أن إنتاج الطاقة وكفاءتها سينخفضان، مما يجعلها أقل فعالية في تحويل طاقة الشمس إلى كهرباء.

كذلك بالنسبة للمحولات الشمسية محولات فهي تستمر في العمل ما بين 10 إلى 15 عامًا. ولكن بناءً على نوع المحول الشمسي والعديد من العوامل الأخرى، يمكن أن يستمر بعضها لمدة تصل إلى 25 عامًا، وقد قدرت مدة استرداد المشروع حوالي 18 سنة.

خاتمة

فصلنا في هذا الفصل الطريقة الحسابية و التصميمية النظرية لنظام كهروضوئي متصل بالشبكة و من بعدها قمنا بتطبيق هاته الطريقة لتصميم التركيبة الكهروضوئية للمدرسة. في الأخير تم حساب مدة استرداد المشروع و قدرت ب18 سنة و هي تعتبر مدة طويلة نسبة الى العمر الافتراضي للمعدات المكونة للنظام.

www.psdgraphics.com

الخاتمة العامة

الخاتمة العامة

يمثل تصميم نظام كهروضوئي متصل بالشبكة لمدرسة ابتدائية مبادرة بيئية واقتصادية هامة. من خلال هذه الدراسة، قمنا بتحليل المراحل المختلفة للتصميم والتركيب والتحسين لهذا النظام مع مراعاة الخصائص التقنية والاقتصادية.
أظهر التحليل المفصل أن تركيب الألواح الشمسية يمكن أن يلبي بشكل فعال الاحتياجات الطاقوية للمدرسة مع تقليل بصمتها الكربونية. ومع ذلك، فقد أظهرت الدراسة المالية أن فترة استرداد الاستثمار لهذا المشروع هي 18 عاماً. رغم أن هذه المدة قد تبدو طويلة نسبياً، من المهم أن نأخذ بعين الاعتبار الفوائد العديدة على المدى الطويل التي تنجم عنها، سواء من الناحية المالية أو البيئية.

في الواقع، إلى جانب تخفيض التكاليف الطاقوية، يساهم النظام الكهروضوئي في زيادة الوعي بين التلاميذ والمجتمع المدرسي حول قضايا التنمية المستدامة والطاقة المتجددة. بالإضافة إلى ذلك، فإنه يعزز من تقليل انبعاثات الغازات الدفيئة بشكل ملحوظ، مما يجعل المدرسة تتماشى مع الأهداف العالمية لمكافحة تغير المناخ.

كما أنه من المهم أن نذكر أن التقدم التكنولوجي والسياسات الحكومية التحفيزية كما هو معمول به في الدول الغربية قد تحسن مستقبلاً من جدوى مثل هذه المشاريع. الاستمرار في تقليل تكاليف الألواح الشمسية وزيادة كفاءتها قد يساهمان في تقصير فترة استرداد الاستثمار.

في الختام، رغم أن فترة استرداد الاستثمار البالغة 18 عاماً هي عامل يجب مراعاته، فإن الفوائد البيئية والتعليمية وعلى المدى الطويل تجعل من تصميم وتركيب نظام كهروضوئي لمدرسة ابتدائية ليس فقط قابلاً للتنفيذ بل أيضاً موصى به بشدة. هذا المشروع يدخل ضمن نهج مستدام ومسؤول، ويشكل نموذجاً للمؤسسات الأخرى التي ترغب في الانخراط في التحول الطاقوي الأخضر.

www.psdgraphics.com

المـــراجـــــع

المـــراجـــــع

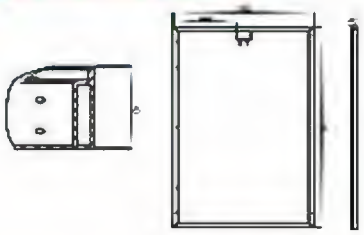
1. ويكيبيديا الموسوعة الحرة <<الطاقات المتجددة>> , على الإنترنت اطلع عليه يوم 13 مارس 2024 https://ar.wikipedia.org/wiki/
2. المركز الديمقراطي العربي للدراسات الاستراتيجية << الطاقات المتجددة و دورها>> على الإنترنت اطلع عليه يوم 13 مارس 2024 https://democraticac.de/?p=55341
3. جامعة الكوفة كلية الهندسة <<الطاقة الشمسية و انواعها >> اطلع عليه 17 مارس2024 https://eng.uokufa.edu.iq/archives/23100
4. ويكيبيديا الموسوعة الحرة <<الطاقة العضوية>> , على الإنترنت اطلع عليه مؤخرا يوم 13 مارس 2024 https://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%B7%D8%A7%D9%82%D8%A9_%D8%AD%D9%8A%D9%88%D9%8A%D8%A9
5. محمد طالبي، محمد ساحل , اهمية الطاقة المتجددة في حماية البيئة لأجل التنمية المستدامة (عرض تجربة ألمانيا)، مجلة الباحث، العدد06، ص205من الانترنت يوم 27 مارس 2024 https://www.asjp.cerist.dz/en/article/10369
6. الطاقة و مصادرها << الطاقة المائية >>على الفاسبوك يوم 27 مارس 2024
7. https://groups.google.com/g/energy-management-in-buildings-/c/VHxGYPIYij8/m/oDuPicwOI-0J?pli=1
8. الطاقات المتجددة << خصائص و مميزات الطاقة المتجددة >> من الانترنت
9. http://energie-ronouvlable.blogspot.com/p/blog-page_22.html
10. القبس << ايجابيات و سلبيات الطاقة المتجددة >>من الانترنت https://www.alqabas.com/article/410664
11. موضوع <<مكونات نظام الطاقة الشمسية الكهروضوئية >> من الانترنت يوم 20 أفريل 2024 https://mawdoo3.com
12. **كتاب مقدمة في نظم الطاقة الشمسية من اعداد و تقديم سالم بنموسى** <<المكونات الاساسية للأنظمة الفتو فولتية >> تحميل من الانترنت يوم 2 فيفري 2024
13. NasrSolar <<منظم الشحن >> من الانترنت https://nasrsolar.com/%D9%85%D9%86%D8%B8%D9%85-%D8%A7%D9%84%D8%B4%D8%AD%D9%86
14. فولتيات << الانفرترو انواعه >>من الانترنت https://www.voltiat.com/inverter-_/types

www.psdgraphics.com

الملحقات

الملحق رقم 1: بطاقة تقنية للوح المختار

ENGINEERING DRAWINGS



MECHANICAL SPECIFICATION

Module dimension	1967*992*40 mm
Number of cells	72
Weight	23kg
Cell type	PERC Monocrystallines M2 cells
Glass	3,2mm thickness fully tempered
Backsheet	White backsheet (1500V)
Frame	Aluminium
Jbox	IP67, 3 diodes
Cables	4mm²(1500V)
Connector	QC4.10 (1500V)

TEMPERATURE CHARACTERISTICS

Temperature coefficient of PMAX	-0.390% / °C
Temperature coefficient of VOC	-0.300% / °C
Temperature coefficient of ISC	0.060% / °C
Nominal Operating Cell Temperature (NOTC)	45°C

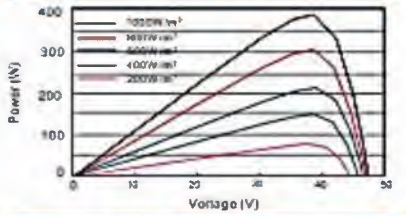
MAXIMUM RATINGS

Operational temperature	-40°C to + 85°C
Maximum system voltage	1500 V
Maximum rated current	15A

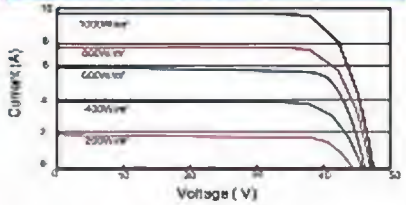
ELECTRICAL CHARACTERISTICS

			385	380	375
STC (Spectrum of AM 1.5 Irradiation 1000W/M 2 Cell temperature 25°C)	Maximum rated power (Pmax)(0 +3%)	W	385	380	375
	Maximum power voltage (Vmp)	V	40.70	40.63	40.42
	Open circuit voltage (Voc)	V	47.90	47.76	47.62
	Maximum power current (Imp)	A	9.4	9.29	9.22
	Short circuit current (Isc)	A	9.86	9.83	9.76
	Module efficiency	%	19.7	19.5	19.2
NOTC (Spectrum of AM 1.5 Irradiation 800W/M 2 Cell temperature 20°C and wind speed 1m/s)	Maximum rated power (Pmax)	W	286	282	279
	Maximum power voltage (Vmp)	V	38.7	38.2	37.7
	Open circuit voltage (Voc)	V	45.5	44.9	44.3
	Maximum power current (Imp)	A	7.7	7.6	7.5
	Short circuit current (Isc)	A	8.12	8.01	7.91

POWER-VOLTAGE CURVE



HIGH-VOLTAGE CURVE



STC: Irradiance 1000W/m2 | Cell Temperature 25°C | AM=1.5

NOCT: Irradiance 800W/m2 | Ambient Temperature 20°C | AM=1.5 | Wind Speed 1m/s

HEADQUARTER
31, Cheop Marhaba Draria, Algiers, Algeria
Tel: +213.23.33.05.62
www.milltech-dz.com

FACTORY
The industrial Zone of Boukerarra, N 499,
Chelghoum El Aïd, Mila, Algeria

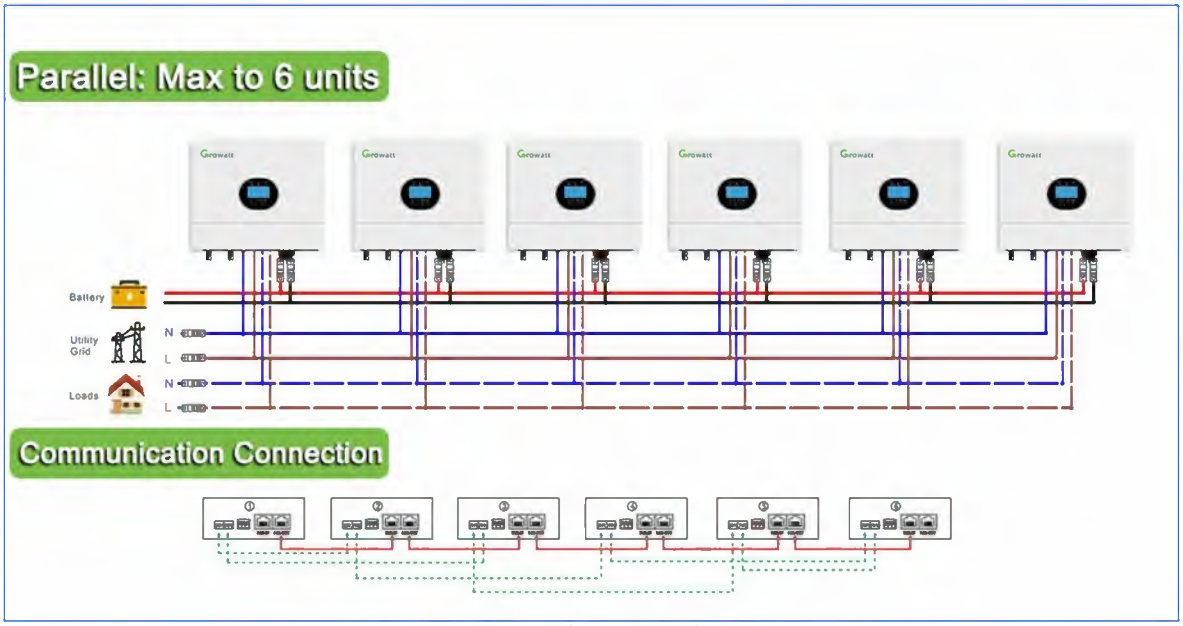
MILLTech
inspiring you

الملحق رقم 2: بطاقة تقنية للمحول المختار

Datasheet	SPH 6000TL3 BH-UP	SPH 8000TL3 BH-UP	SPH 10000TL3 BH-UP
Input Data (DC)			
Max. recommended PV power (for module STC)	9000W	10500W	15000W
Max. DC voltage	1000V		
Start voltage	120V		
MPP voltage range	120V-1000V/600V	80V-500V	80V-550V
No. of MPP trackers	2		
No. of PV strings per MPP tracker	1		
Max. input current per MPP tracker	13.5A		
Max. short-circuit current per MPP tracker	16.9A		
Output data(AC)			
AC nominal power	6000W	8000W	10000W
Max. AC apparent power	6000VA	8000VA	10000VA
Nominal AC voltage(range*)	230V/400V (310~476V)		
AC grid frequency(range*)	50/60 Hz (45-55Hz/55-65 Hz)		
Max. output current	9.1A	12.1A	15.2A
AC grid connection type	3W+N+PE		
Battery data (DC)			
Battery voltage range	100~550V		
Max charging and discharging current	25A		
Continuous charging and discharging power	6000W	8000W	10000W
Type of battery	Lithium battery		
Efficiency			
Max.efficiency	98.0%	98.2%	98.2%
European efficiency	97.3%	97.4%	97.5%
General Data			
Dimensions (W / H / D)	505/453/198mm		
Weight	32kg		
Cooling	Natural convection		
Protection degree	IP65		

الملحق رقم 3: صور لطرق تركيب المعدات

صورة53 : تركيب المحول و صندوق القاطعة



صورة 54: الطريقة التقنية لربط المحولات على التوازي

صورة 55: تموضع الألواح مائلة