الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

جامعة قاصدي مرباح – ورقلة –

كلية الرياضيات وعلوم المادة

قسم الفيزياء

مذكرة ماستر أكاديمي

مجال : علوم المادة

فرع: الفيزياء

تخصص : فيزياء طاقوية

من إعداد الطالبتين:

– غباش إيمان نور الهدى – ربوح رفيقة

بعنوان:

حساب وحماية النظام الكهروشمسي الهجين الخاص بتغذية مدرسة إبتدائية بورقلة

نوقشت بتاريخ: 2019/07/04

اللجنة المناقشة:

سوداني محمد.	استاذ محاضر أ	جامعة ورقلة	رئيسا لجنة
معريف ياسين.	استاذ محاضر أ	جامعة ورقلة	مناقشا
رابح بوعنان.	استاذ محاضر أ	جامعة ورقلة	مشرفا

السنة الجامعية: 2019/2018

الإهداء

إلى الوجه الذي لا يكف ابتساما، إلى من علمني كل حرف فكان نعم المعلم، إلى الذي علمني طعم الحياة وعلمني كيف أمضي في دروبها....أبي العزيز.

إلى النهر الذي لا يجف حنانا التي أسأل الله أن يرزقني دوام برها ما حييت، التي كانت ولا زالت تمن علي برعايتها وعطفها وسداد رأيها في أموري كلها...أمي الحنونة.

إلى عزيزاتي وحبيبات قلبي وأعز علي من نفسي....أختي الحبيبة.

وإلى أخي وعمي وسندي في الحياة.

وإلى سندي ودنياي الذي رافقني في إنجاز كل هذا العمل ولم يبخل علي بتوجيهاته ونصائحه.....زوجي العزيز.

وإلى كل الأهل والأحباب.

شكر وتقدير

أحمد الله حمدا كثيرا كما ينبغي لجلال وجهه وعظيم سلطانه

أتقدم بالشكر الجزيل إلى الدكتور "رابح بوعنان"

الذي لم يبخل علينا بتوجيهاته ونصائحه القيمة

والشكر موصول إلى مدير التربية الذي ساهم في تعامل بين الطورين

ونتقدم بالشكر إلى مدير ابتدائية المجاهد حثية سعد

الفهرس

قائمة المحتويات **الصفحة**

الإهداء..... /
شكر وتقدير..... /
قائمة المحتويات..... /
قائمة الأشكال..... /
مقدمة..... 1

الفصل الأول: إستراتجية استغلال الطاقة الشمسية في إنتاج الطاقة الكهربائية

تمهيد..... 3
1-1 أهمية الطاقة الشمسية..... 3
1-2 بعض مزايا الطاقة الشمسية..... 4
1-3 استخدامات الطاقة الشمسية..... 5
1-3-1 الاستخدامات الحرارية للطاقة الشمسية..... 5
1-3-2 الاستخدام في النشاط الزراعي..... 6
1-3-3 استخدام الطاقة الشمسية لتوليد الكهرباء..... 6
1-4 أشكال الطاقة الكهربائية..... 7
1-5 الإشعـاع الشمسـي..... 8
1-6 تأثير سماكة الغلاف الجوي على الإشعاع الشمسي المباشر..... 11
1-7 الزوايـا الشمسيـة..... 12
1-8 الوضعية الجغرافية..... 15

الفصل الثاني: كيفية توليد الطاقة الكهربائية بإستخدام الطاقة الشمسية

تمهيد..... 17
2-1 التحويل المباشر للطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية..... 17
2-2 تعريف الخلايا الكهروشمسية..... 18
2-3 مكونات الخلية الكهروشمسية..... 18
2-4 طريقة عمل الخلية الكهروشمسية..... 20
2-5 أنواع الخلايا الكهروشمسية..... 22
2-5-1 الخلايا السليكونية..... 22
2-5-2 خلايا الغاليوم أرسنايد..... 24

2-5-3 خلايا الكوبراندیوم دیسلناید..... 24
2-5-4 خلايا الكادميوم تليراید (CdTe)..... 24
2-6 الخصائص الكهربائية للخلايا والألواح الكهروشمسية..... 24
2-7 ربط الألواح الكهروشمسية على التسلسل Modules in Series..... 27
2-8 ربط الألواح الشمسية على التفرع Modules in Parallel..... 27
2-9 المولد الكهروشمسي Solar Generator..... 28
الفصل الثالث: النظام الكهروشمسي البديل للشبكة الكهربائية العامة الخاصة بالمدرسة
3-1 التعريف بالمدرسة..... 34
3-2 دراسة إحصائية لهياكل المؤسسة..... 35
3-3 إحصاء التجهيزات الموجودة في المدرسة..... 36
3-4 دراسة تركيبة النظام الكهروشمسي الموجودة في المدرسة واستغلاله وتقييم جدواه..... 36
الفصل الرابع: حساب وتركيب النظام الكهروشمسي اللازم لتغذية المدرسة
4-1 حساب الاستطاعة اللازمة للإنارة وجميع الأجهزة..... 45
4-2 استهلاك الطاقة الكهربائية في المدرسة..... 48
4-3 حساب التركيبات الكهروشمسية اللازمة..... 48
4-3-1 نحسب القدرة الأزمة لتشغيل محول التيار من مستمر لمتناوب (المموج)..... 48
4-3-2 القدرة المفروض تغذية منظم الجهد بها..... 49
4-3-3 حساب عدد الألواح المطلوبة..... 49
4-4 حساب عدد البطاريات..... 52
4-5 التوصيل الكوابل..... 53
4-6 أسعار الخلايا الشمسية أو الألواح الشمسية..... 56
4-7 حماية الألواح الشمسية..... 57
4-8 معادلة حساب مساحة مقطع الأسلاك الكهربائية..... 61
خاتمة..... 64
المراجع..... /

قائمة الأشكال

الرقم	عنوان الشكل	الصفحة
(1-1)	شكل تسخين المياه بالطاقة الشمسية	5
(2-1)	شكل مكونات النظام الشمسي لتوليد الطاقة الكهربائية	7
(3-1)	منحنى الثابت الشمسي بدلالة أيام السنة	9
(4-1)	شكل الأجزاء الأساسية للإشعاع	9
(5-1)	الشكل سماكة الغلاف الجوي تحدد شدة الإشعاع الشمسي المباشر	11
(6-1)	شكل تغير شدة الإشعاع الشمسي بين الصيف والشتاء	11
(7-1)	شكل خط العرضΦ، الانحراف الساعي ω، الانحراف الشمسي δ	12
(8-1)	شكل زاوية السمت الرأسية Z، زاوية الارتفاع β، زاوية السمت الأفقية Ψs	14
(9-1)	شكل زاوية ميل السطح γ، زاوية سمت السطح Ψk، زاوية سقوط الإشعاع θk	15
(1-2)	شكل البنية الذرية للسليكون	19
(2-2)	شكل ناقل من النوع (P)	19
(3-2)	شكل ناقل من النوع (n)	20
(4-2)	شكل يوضح التركيب الأساسي للخلية الكهروشمسية	20
(5-2)	شكل مبدأ عمل الخلية الكهروشمسية	21
(6-2)	شكل مكونات الخلية الكهروشمسية	21
(7-2)	شكل لوح كهروشمسي مصنوع من خلايا كهروشمسية أحادية التبلور	22
(8-2)	شكل لوح شمسي مصنوع من خلايا كهروشمسية متعددة البلورات	23
(9-2)	شكل لوح شمسي مصنوع من خلايا كهروشمسية غير بلورية	23
(10-2)	شكل خلية كهروشمسية ولوح كهروشمسي وصف كهروشمسي	25
(11-2)	منحنى لخلية كهروشمسية مثالية	26
(12-2)	منحنى تغير قيم الجهد والتيار تبعًا للإشعاع الشمسي	26
(13-2)	منحنى الخاصية المثالية للألواح الكهروشمسية المربوطة على التسلسل	27
(14-2)	منحنى الخاصة المثالية للألواح الكهروشمسية المربوطة على التفرع	28
(15-2)	منحنى نقطة القدرة العظمى (MPP)	29

(2-16)	منحنى خط تغير نقطة القدرة العظمى	30
(2-17)	منحنى خط الحمل الكهربائي وخط القدرة الذي لم يصمم بشكل صحيح	31
(2-18)	منحنى تغير موقع نقطة الطاقة العظمى تبعًا للإشعاع الشمسي	32
(3-1)	شكل وضعية ورقلة من الجزائر	34
(3-2)	شكل واجهة المدرسة الإبتدائية المجاهد حثية سعد	35
(3-3)	شكل ساحة المدرسة الإبتدائية المجاهد حثية سعد	35
(3-4)	شكل النظام المستقل أو النظام الأحادي	37
(3-5)	شكل النظام الهجين الأحادي	39
(3-6)	شكل النظام الهجين الثنائي	40
(3-7)	شكل النظام المتصل بخط الكهرباء العمومي	41
(3-8)	شكل مجموعة من البطاريات	42
(3-9)	شكل موصفات البطارية	42
(3-10)	شكل المموج وخصائصه	43
(3-11)	شكل المصباح	43
(3-12)	شكل الألواح الشمسية	41
(3-13)	شكل خصائص الألواح الشمسية	41
(4-1)	شكل طريقة التوصيل أحادي	56
(4-2)	شكل طريقة التوصيل ثنائي	56
(4-3)	شكل يوضح طريقة تركيب الألواح الشمسية	57
(4-4)	شكل يوضح طريقة تركيب الألواح	58
(4-5)	شكل يوضح التيار الملائم لكل حجم من الأسلاك	59
(4-6)	شكل يوضح علبة توصيل بها فيوزان	60
(4-7)	شكل يوضح مكان توصيل علبة وصل الأسلاك	61
(4-8)	شكل حماية الألواح الشمسية المركبة بالتوازي	62

مقدمة

مقدمة

تعد الجزائر من اكبر الدول المتوفرة على اكبر نسبة من الطاقة الشمسية على مستوى دول المتوسط تقدر بأربع مرات مجمل الاستهلاك العالي للطاقة و قد تم إنشاء العديد من المحطات الهجينة (شمس– غاز)، و دخلت الجزائر سنة 2010 مشروع ديزرتيك الموزع بين شمال أفريقيا والشرق الأوسط. حيث اعد مشروع طموح لتطور وتنمية الطاقات المتجددة 2011 التي تصبو إلى إنتاج 22000 ميقاواط في أفاق 2030، ومن المشاريع المتظمنة استغلال هي طاقة المشاريع النموذجية للمزارع وبعض المؤسسات و التي منها المدارس الابتدائية لفرض جعل هذه المؤسسات مستقلة طاقويا عن شبكة الكهرباء العامة.

وقد تناولنا في هذا الموضوع دراسة نموذج تم إعداده لتغذية مدرسة لابتدائية ورقلة حيث كان الفصل الأول لشرح المفاهيم طاقوية للطاقات المتجددة و الطاقة الشمسية .

والفصل الثاني تقنيات توليد الطاقة الكهربائية باستخدام الطاقة الشمسية، و الفصل الثالث الدراسة الإحصائية لنظام الكهروشمسي البديل للشبكة الكهربائية العامة الخاصة بالمدرسة، و الفصل الرابع يتضمن حساب وتركيب النظام الكهروشمسي اللازم لتغذية المدرسة.

الفصل الأول

تمهيد :

تعتبر الطاقة الشمسية من أهم أنواع الطاقة التي يمكن للإنسان استغلالها، كما أنها تعتبر طاقة نظيفة متجددة لا تنضب ما دامت الشمس موجودة، وقد كان استخدامها منذ القدم في المناطق الحارة، حيث استغلت في تسخين المياه وفي تجفيف بعض المحاصيل الزراعية لحفظها من التلف، في الوقت الحالي فإن الأبحاث والتجارب تقوم على هذه الطاقة في إنتاج الطاقة الكهربائية وفي التدفئة وتكييف الهواء والإنارة الطبيعية وغيرها.[1]

إن الطاقة السنوية الصادرة من الشمس إلى الأرض تقدر بـ 8.10^{17} kWh الذي يعادل 8000 مرة الاستهلاك السنوي العالمي، والطاقة المتأتية من الشمس كبيرة ولكن العيب في استعملها كونها مردودها ضعيفة و متقطعة و موسمية وصعبة التخزين.[1]

فالشمس تعد من أكبر مصادر الضوء والحرارة الموجودة على وجه الأرض وتتوزع هذه الطاقة – المتولدة من تفاعلات الاندماج النووي داخل الشمس – على أجزاء الأرض حسب قربها من خط الاستواء، وهذا الخط هو المنطقة التي تحظى بأكبر نصيب من تلك الطاقة، ويتم الاستفادة من هذه الطاقة عن طريق تحويلها إلى طاقة كهربائية بطريقتين، الأولى: بأن يتم تركيز أشعة الشمس على مجمع بواسطة مرايا محدبة، حيث يتكون هذا المجمع من عدة أنابيب بها ماء أو هواء فتسخن حرارة الشمس الهواء أو تحول الماء إلى بخار، والطريقة الثانية فتستعمل ألواح مستوي حيث أنها تمتص حرارة الشمس وتستخدم الحرارة لتنتج هواء ساخن أو بخار.[1]

1-1 أهمية الطاقة الشمسية :

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 لمجال تحويل الطاقة الشمسية إلى كهرباء وهو ما يعرف باسم الكهروضوئية وايضا طاقة حرارية.[2]

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 الكهروشمسية، 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 مازالت ضعيفة المردود. ومكلفة من حيث المعدات المستخدمة لتحويلها من طاقة شمسية إلى طاقة كهربائية، وكذلك تخزينها إذا دعت الضرورة. رغم أن هذه التكاليف حاليًا تفوق تكلفة إنتاج الطاقة التقليدية إلا أنها آخذة في الانخفاض المتواصل بفضل البحوث الجارية.[2]

2-1 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 الر غم 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 مصدرًا نظيفًا للطاقة من حيث تأثيرها على البيئة وغير خطرة الاستعمال.[2]

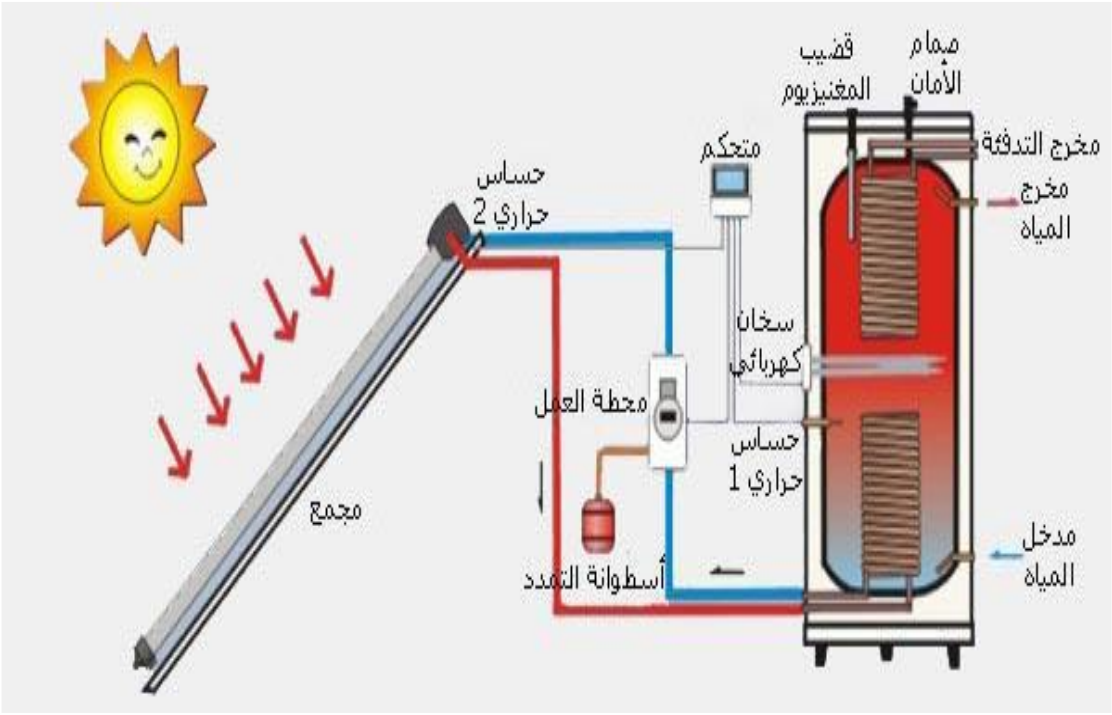
1-3 استخدامات الطاقة الشمسية:

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

1-3-1 الاستخدامات الحرارية للطاقة الشمسية:

*** تسخين المياه بالطاقة الشمسية (المجمعات الشمسية):**

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 تمهيداً لاستخدامها خلال اليوم كما يوضح الشكل التالي: [3](صلاح الدين، 1995)



شكل (1-1) تسخين المياه بالطاقة الشمسية[5]

*** تسخين أحواض السباحة بالطاقة الشمسية:**

إن سخانات الماء الشمسية يمكن أن تستعمل أيضا لتسخين مياه المسابح حيث تقوم المجمعات الشمسية بتسخين المياه إلى درجات أعلى بقليل من درجة حرارة الجو المحيط، حيث تستخدم لهذه الغاية المجمعات الشمسية الرخيصة الغير مزججة والتي تصنع عادة من المواد البلاستيكية المعدة خصيصاً لهذه الغاية.[4]

*** تحلية المياه المالحة بالطاقة الشمسية:**

وهناك عدة طرق منها:

1- التقطير: (التبخير متعدد المراحل – التبخير الوميضي – التبخير بالطاقة الشمسية).

*** معالجة ماء الصرف الصحي:**

حيث يتم استخدام الطاقة الشمسية أيضًا في إزالة السموم من الماء الملوث بواسطة التحلل الضوئي. [4]

*** الطهو بالطاقة الشمسية:**

إن الطباخ الشمسي عبارة عن جهاز يستخدم ضوء الشمس في الطهو والتجفيف والبسترة.[4]

1-3-2 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 وتفريخ الدجاج وتجفيف السماد العضوي للدجاج كما أنه تم استخدام الطاقة المتولدة بواسطة اللوحات الشمسية في عمل عصائر الفاكهة. [4]

1-3-3 استخدام الطاقة الشمسية لتوليد الكهرباء:

ممكن تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية من خلال التحويل الكهروضوئية ويقصد به تحويل الإشعاع الشمسي أو الضوئي مباشرة إلى طاقة كهربائية بوساطة الخلايا الشمسية (الكهروضوئية).[2]

1-4 أشكال الطاقة الكهربائية:

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 الآن. 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 الصواعق والاحتكاك وهذا صعب وغير

مجدٍ اقتصادياً ولكن يمكن الحصول على الكهرباء كمصدر طاقة أساسي من المصادر الطبيعية مثل 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[5].

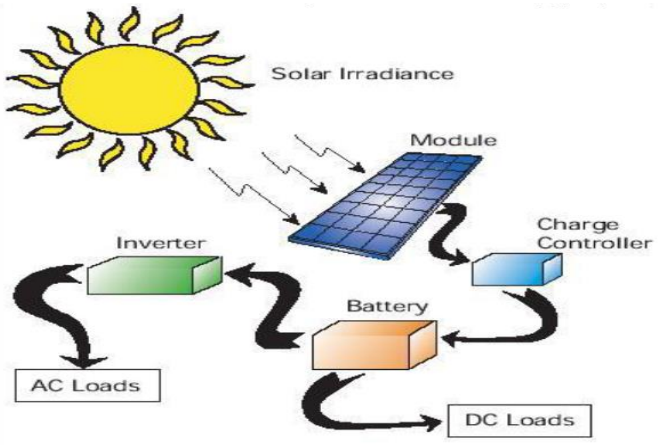
- في البطاريات تكون الكهرباء المتولدة ذات تيار مستمر.
- في المولدات الكهربائية تكون الكهرباء المولدة في الغالب ذات تيار متناوب.

لذلك فإن الطاقة الكهربائية هي إحدى الصور المهمة للطاقات التي تستخدم في شتى المجالات والتي لا غنى عنها في حياتنا اليومية لاستخداماتها المنزلية كالإنارة والتدفئة وتشغيل الأجهزة الكهربائية المنزلية وكافة المجالات الأخرى في الصناعة والاتصالات والمجالات العلمية.[5]

مكونات النظام الشمسي لتوليد الطاقة الكهربائية:

يتكون النظام الشمسي لتوليد الطاقة الكهربائية من أربع عناصر أساسية وهي كما يلي:

- الألواح الشمسية (PV photovoltaics).
- منظمات الشحن (Charger Controllers).
- البطاريات (Batteries).
- العواكس (Power Inverters).



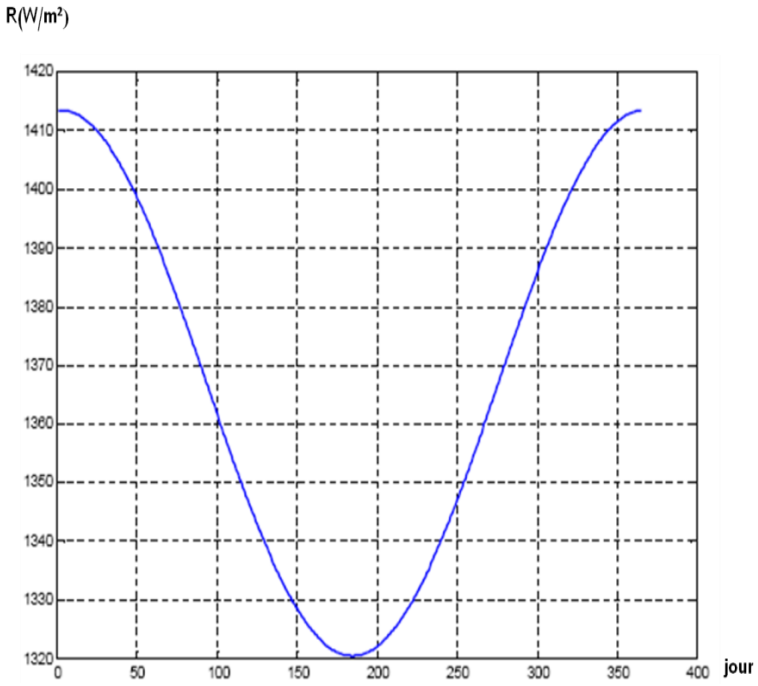
شكل (1-2) مكونات النظام الشمسي لتوليد الطاقة الكهربائية[5]

1-5 الإشعـاع الشمسـي:

إن النظرية السائدة حول نشوء الشمس هي أنها تشكلت من سحابة غازية من الهيدروجين. المرحلة الأولى من تطور الشمس كانت التقلص ألتجاذبي لجزيئات الهيدروجين، وهذا التقلص سبب تصادمات عنيفة بين جزيئات الهيدروجين نتج عنها حرارة هائلة أدت إلى صهر نوى ذرات الهيدروجين، ونتج عن ذلك تولد الطاقة وتشكل الهليوم من اتحاد نوى ذرات الهيدروجين. الكتلة الذرية للهليوم الناتج أقل من الكتلة الذرية للهيدروجين الأصلي؛ وذلك بسبب تحول الكتلة إلى طاقة في عملية الانصهار. إن تفاعل الانصهار الأول في السحابة الهدروجينية نتج عنه ولادة الشمس.[2]

يشكل الضوء المرئي 46 % من الطاقة الكلية الصادرة عن الشمس و49 % من هذه الطاقة هي أشعة تحت حمراء بمثابة الحرارة، وهي أشعة بأطوال موجية أكبر من طول موجة الإشعاع الأحمر. أما النسبة المتبقية من الإشعاع الشمسي فتصدر بشكل أشعة فوق بنفسجية بأطوال موجية أقصر من طول موجة الإشعاع البنفسجي، وجميع هذه الإشعاعات الكهرومغناطيسية تنتقل عبر الفضاء بمعدل ثابت.

إن حوالي 40 % من الإشعاع الشمسي الواصل إلى الأرض ينعكس إلى الفضاء بسبب الغيوم والغلاف الجوي وبعض السطوح كالماء والثلج والرمل، والجزء الآخر من الإشعاع الشمسي في أثناء مروره عبر الغلاف الجوي يتبعثر في كل الاتجاهات، يسقط قسم من هذا الإشعاع المبعثر على سطح الأرض وتقوم الغيوم والغبار ببعثرة قسم منه، والقسم المتبقي يقوم بامتصاصه بخار الماء وثاني أكسيد الكربون والأوزون الموجود في الغلاف الجوي. وتبلغ قيمة معدل الإشعاع ا لشمسي الساقط على المحيط الخارجي للأرض ب $1367\ W/m^2$ وهو ما يعرف بالثابت الشمسي.[2]



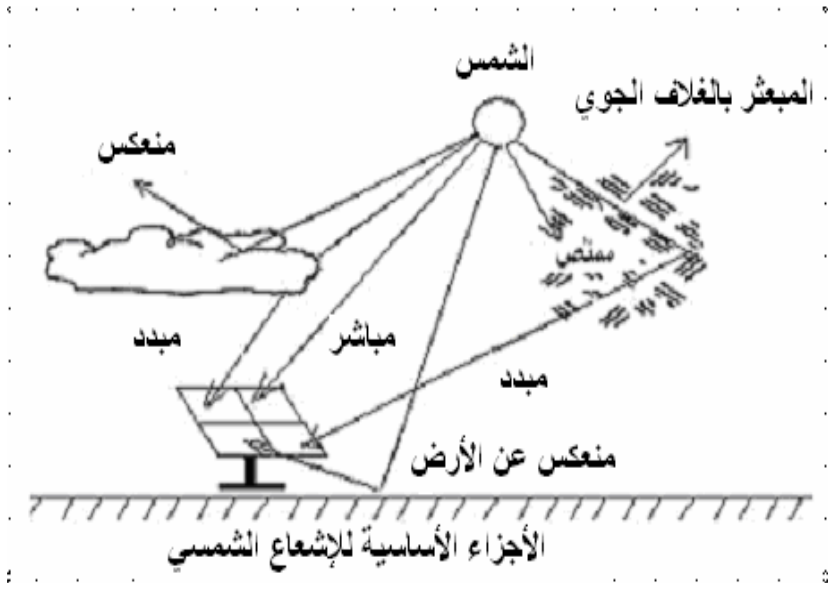
منحنى (1-3) الثابت الشمسي بدلالة أيام السنة[1]

تتكون مجموعة الإشعاعات التي ترتطم بسطح الخلية الكهروشمسية أو بمساحة معينة على سطح الأرض كما هو موضح في الشكل (1-3) من ثلاثة أجزاء أساسية وهي:

1- حزمة الإشعاع المباشر (Direct Beam Radiation).

2- حزمة الإشعاع المبعثر (Diffuse Radiation).

3- حزمة الإشعاع المعكوس (Albédo Radiation).



الشكل (1-4) الأجزاء الأساسية للإشعاع[1]

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 فإن الشمس مغطاة بالغيوم والشعاع المباشر يكون تقريبا معدوم، وبالتالي: تشكل الحزمة الضوئية المبعثرة الأغلبية العظمى في ذلك اليوم.

وبما أن هذا الشعاع يأتي من أنحاء متفرقة من السماء فيطلق عليه اسم إشعاع السماء، وتكون كميته حوالي 10 % إلى 20 % للسماء الصافية وبحدود 100 % للسماء الغائمة. أما الجزء الثالث والأخير فهو مكمل للحزمة الضوئية الكاملة التي ترتطم بالخلية الكهروشمسية، وهو عبارة عن الإشعاعات الشمسية المنعكسة بواسطة الوسائط المختلفة المحيطة بالخلية.[4]

إن كمية الإشعاع المنعكس على سطح الخلية يكون مختلف الكمية بسبب اختلاف السطوح العاكسة.

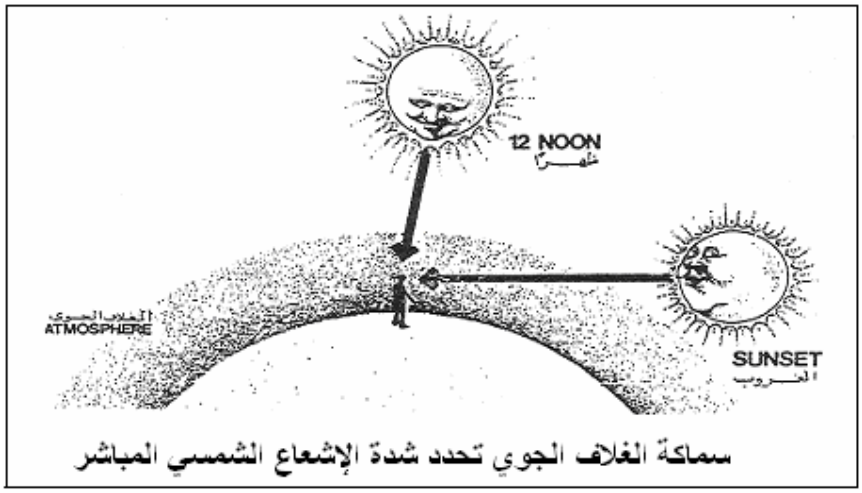
الجدول1 يبين ذلك لأن ذلك يؤخذ في الحسبان عندما نريد إيجاد كمية الشعاع الساقط على نقطة معينة من الأرض.

الجدول 01: المواد العاكسة ومعاملات الانعكاس لكل مادة

المواد	معامل الإنعاكاس (r0)
ثلج	0.7-0.87
الخرسانة	0.31-0.33
الأسطح متكونة من القطران والحصى	0.12-0.15
الطرق معبدة بالإسفلت	0.10-0.12

بالإضافة إلى مكونات طبقة الغلاف الجوي فإن العامل الأكثر أهمية في تحديد مقدار الإشعاع الشمسي الذي يصل إلى سطح الأرض هو سماكة الغلاف الجوي التي سيمر خلالها الإشعاع الشمسي.

عند منتصف النهار تكون الشمس عمودية، وبالتالي: تكون سماكة الغلاف الجوي التي سيمر خلالها الإشعاع الشمسي أصغرية والطاقة الواصلة للأرض تكون أعظمية، أما عند الشروق و لغروب فإن سماكة الغلاف الجوي التي سيمر خلالها الإشعاع الشمسي تكون أعظمية والطاقة الواصلة للأرض تكون أصغرية كما في الشكل (1–5) ولهذا السبب فان حجم طاقة الإشعاع الشمسي يكون مرتفعا في المناطق ذات الارتفاع الكبير عن سطح البحر.[4]

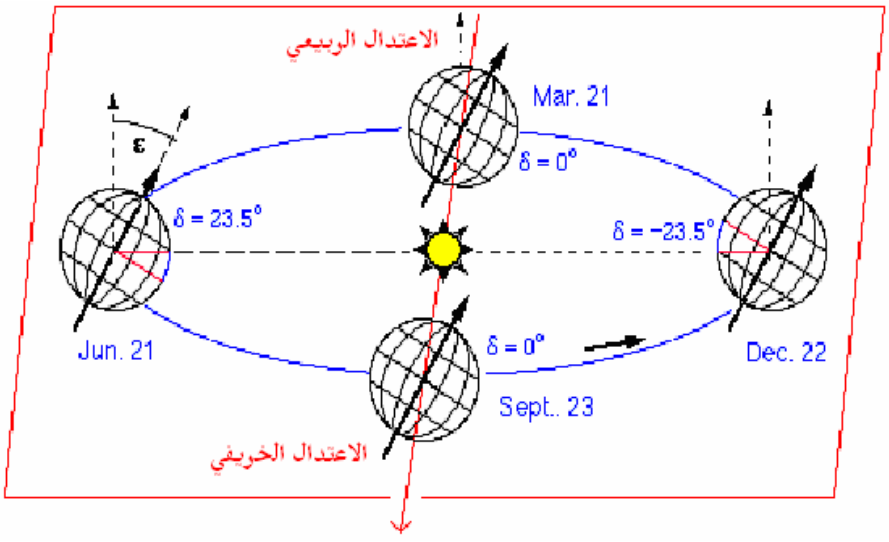


الشكل (1-5) سماكة الغلاف الجوي تحدد شدة الإشعاع الشمسي المباشر[2]

1-6 تأثير سماكة الغلاف الجوي على الإشعاع الشمسي المباشر:

أيضا نلاحظ تغير شدة الإشعاع الشمسي بين الصيف والشتاء بسبب ميل الأرض ودورانها حول الشمس. فيكون القطب الشمالي في شهر حزيران مواجها للشمس، ولهذا تنطلق الأشعة الشمسية إلى الجزء الشمالي من الكرة الأرضية بصورة عمودي ة تقريبا. أما في شهر كانون الأول فإن القطب الشمالي ينحرف بعيدًا عن الشمس باعثة أقل كثافة من الطاقة كما في (الشكل1-6)

تعرف كثافة الطاقة بأنها مقدار الطاقة الساقطة مقدرة بـ الكيلوواط-ساعة على المتر المربع من سطح الأرض في زمن معين.[4]



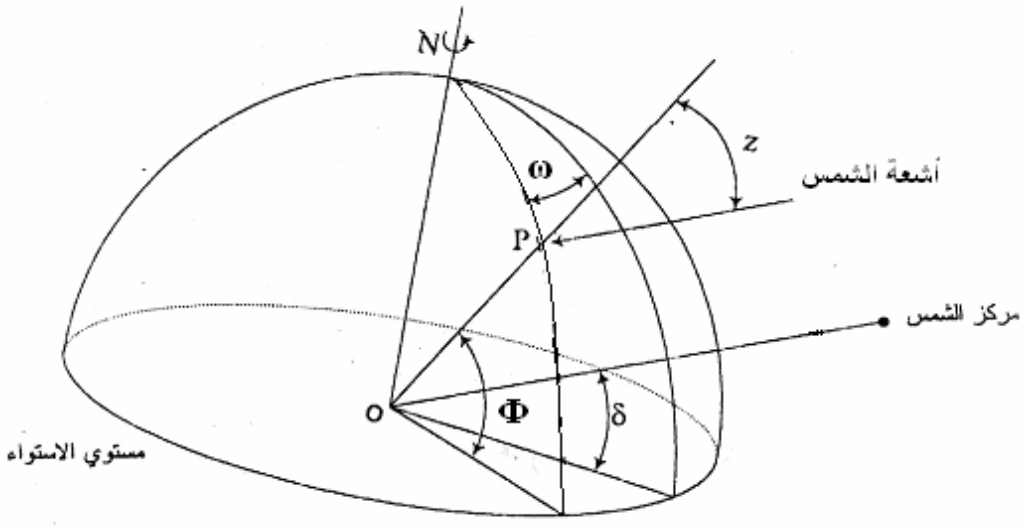
الشكل (1-6) تغير شدة الإشعاع الشمسي بين الصيف والشتاء[4]

1-7 الزوايـا الشمسيـة :

فإنه للشمس بالنسبة الأرض سطح تابع لموقع الأرض سطح على الساقط الشمسي الإشعاع شدة أن بما)7والشمس والشكل (1- الأرض سطح بين للعلاقة الموضحة الهندسية الزوايا بعض تحديد الضروري من . الشمس[2] لأشعة مواجهة الأرض سطح على نقطة يبين

*** خط العرض (Φ):**

خط العرض لنقطة ما : هو الموقع الزاوي للنقطة المدروسة بالنسبة إلى مستوي خط الاستواء، ويفرض خط العرض موجب شمال خط الاستواء، وحسب الشكل (1-7) هو الزاوية بين الخط (op) ومسقطه على مستوي خط الاستواء.



الشكل (1-7) خط العرضΦ، الانحراف الساعي ω، الانحراف الشمسي δ[2]

*** زاوية الانحراف الشمسي (δ):**

تعرف بأنها المسافة الزاوية لأشعة الشمس بالنسبة لمستوي خط الاستواء، شمالا تفرض موجبة.

وحسب الشكل (1-7) هي الزاوية بين الخط الواصل بين مركزي الأرض والشمس ومسقط هذا الخط على مستوي خط الاستواء[3].

نتيجة للطبيعة الإهليجية لمسار الأرض حول الشمس فإن قيم زاوية الانحراف تتغير بين (+23.5º) في الانقلاب الصيفي (−23.5º) في الانقلاب الشتوي. نتيجة لذلك فإن قيمة زاوية الانحراف (بالدرجات) لأي يوم بالسنة يمكن اعتبارها ثابتة وتحسب من العلاقة التجريبية التالية:

$$\delta = 23.45 * sin\left[\left[\frac{360}{365}\right] * [284 + n]\right] \quad (1-1)$$

حيث: n هو رقم اليوم في السنة

*** الزاوية الساعية (ω):**

الزاوية الساعية لنقطة ما على سطح الأرض هي الزاوية الواجب أن تدورها الأرض لتضع خط طول هذه النقطة تحت الشمس مباشرة وحسب الشكل هي الزاوية المقاسة على مستوي خط الاستواء بين مسقط خط الطول ومسقط الخط الواصل بين مركزي الأرض والشمس. [2]

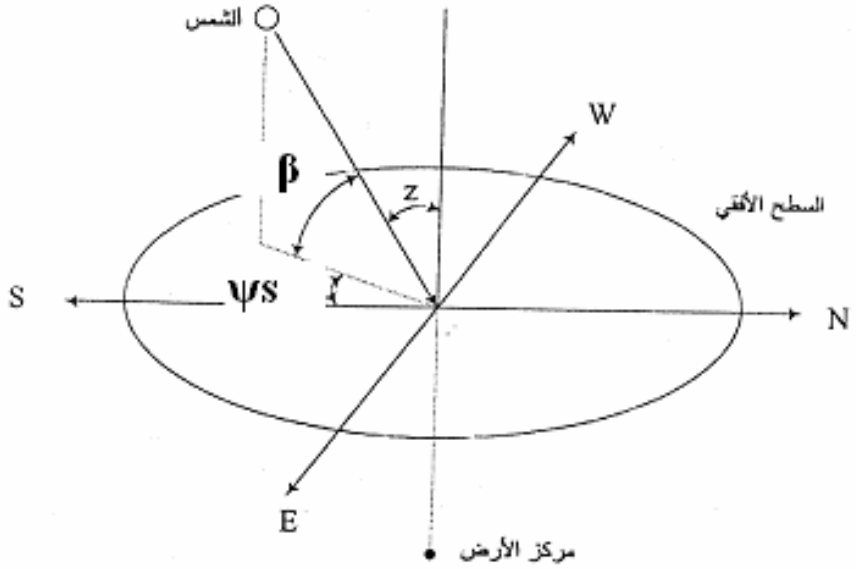
الزاوية الساعية عند الظهيرة تساوي الصفر وتفرض موجبة بعد الظهر حيث إن تحرك الأرض على خط الطول يستغرق ساعة واحدة لذلك يمكن كتابة الزاوية الساعية بالدرجات كمايلي:[2]

$$\omega = \pm\frac{1}{4} * \quad (1-2)$$

عدد دقائق لاتمام الشمس

حيث: الإشارة الموجبة تدل على ساعات بعد الظهر والإشارة السالبة تدل على ساعات الصباح.

بالإضافة للزوايا الهندسية الثلاث الموضحة في الشكل (1−7) فمن الملائم لحساب الإشعاع الشمسي تحديد موقع الشمس بالنسبة للسماء من خلال الزوايا الموضحة في الشكل (1−8)



الشكل (1-8) زاوية السمت الرأسية Z، زاوية الارتفاع **β**، زاوية السمت الأفقية Ψs[3]

4- زاوية السمت الشمسي الرأسية (z): هي الزاوية بين أشعة الشمس والشاقول.

5- زاوية الارتفاع الشمسي (β): هي الزاوية بين أشعة الشمس والمستوي الأفقي.

$$Z+\beta = \frac{\pi}{2} = °90 \qquad (1-3)$$

وهكذا نجد أن العلاقة بين هذه الزوايا معطاة كما يلـي :

$$\cos Z = \sin\beta = (\sin\Phi.\sin\delta) + (\cos\Phi.\cos\delta.\cos\omega) \qquad (1-4)$$

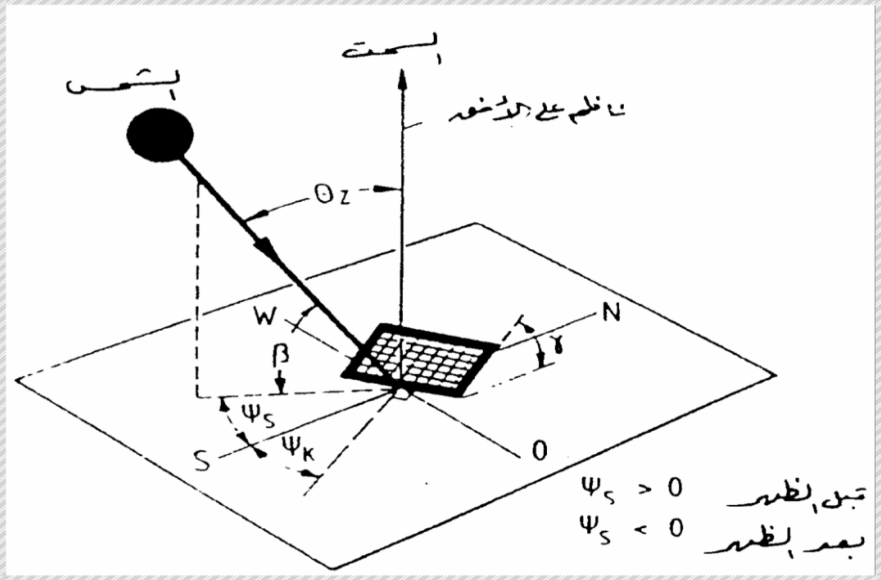
6- زاوية السمت الشمسي الأفقية (Ψs) : هي الزاوية المقاسة في المستوي الأفقي بين الجنوب ومسقط أشعة الشمس، و الاتجاه نحو الغرب يعد موجبًا، هذه الزاوية تحسب وفقا للعلاقة التاليـة:

$$\cos\Psi s = \frac{(\sin\beta.\sin\Phi - \sin\delta)}{(\cos\beta.\cos\Phi)} \qquad (1-5)$$

لحساب الإشعاع الشمسي الساقط على السطح المائل من الضروري حساب ثلاث زوايا أخرى تتعلق باتجاه السطح كما يتضح من الشكل (1-9)

7- زاوية ميل السطح γ : هي الزاوية بين السطح والمستوي الأفقي.

8- زاوية سمت السطح (Ψk) : هي الزاوية المقاسة في المستوي الأفقي بين مسقط المستقيم المتعامد مع السطح والجنوب والاتجاه نحو الغرب يعد موجبًا.



الشكل (1-9) زاوية ميل السطح γ، زاوية سمت السطح Ψk، زاوية سقوط الإشعاع θk

9- زاوية السقوط الشمسي (θk): هي الزاوية بين أشعة الشمس والخط العمودي على السطح. للسطح الأفقي يكون**(z=θk)**. والمعادلة التالية تبين العلاقة بين هذه الزوايا والزوايا السابقة لأي سطح معطى:

$$\cos\theta\, k = (\sin\beta.\cos\gamma) + (\cos\beta \sin\gamma .\cos(\psi\, s - \psi\, k)) \qquad (1\text{-}6)$$

الفصل الثاني

تمهيد:

يمكن للطاقة الشمسية أن تتحول إلى طاقة كهربائية بطريقتين أساسيتين هما: التحول الحراري، والتحول المباشر باستخدام الخلايا الكهروشمسي.

2-1 التحويل المباشر للطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية :

تعد الخلايا الكهروشمسية أحد أهم الأساليب المعروفة والأكثر تفضيلا 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.

- إمكانية تصميم خلايا كهروشمسية بحجوم مختلفة ومهام متنوعة ويمكن أن تتألف من أقسام مستقلة، وبمردود عمل يتطابق مع مردود الخلية بكاملها.

- وجود إمكانية كبيرة لتطوير وتصنيع الخلايا الكهروشمسية من حيث النوع والحجم (العنصر الرئيس في المحطات الكهروشمسية) وذلك بهدف إنقاص حجمها وكلفتها وزيادة استطاعتها.

تعود صعوبة عدم انتشار الخلايا الكهروشمسية المصنعة من أنصاف النواقل في الحياة العملية هو ارتفاع أسعارها، حيث كانت الكلفة النوعية لإنتاج واحد واط من الاستطاعة المركبة تساوي ($50) عام 1970م أما في عام 1988 وبفضل تقدم تكنولوجيا إنتاج الخلايا الكهروشمسية وتحسين نوعية العمل فقد انخفضت هذه الكلفة حتى ($ 5)، وينخفض في الوقت الحالي ثمن الخلايا الكهروشمسية باستمرار.

تعد مادة السليكون أحد أهم أنصاف النواقل المستخدمة في تصنيع الخلايا الكهروشمسية التي تعد بسيطة التركيب وأصبحت مدروسة بشكل جيد، ففي عام 1954 تمت صناعة أول خلية كهروشمسية سليكونية في معهد بل لابس Bell labs في الولايات المتحدة الأمريكية بمردود (6%).

ومن الجدير بالذكر أن السليكون كمادة نقية لا يوجد في الطبيعة على حالة منفردة بل في صورة متحدة، وهو من أكثر العناصر انتشارًا على سطح الأرض بعد الأوكسجين، وهو موجود في الطبقات الخارجية للأرض ويوجد في الطبيعة في صورة أكسيد سيليكا.[6]

2-2 تعريف الخلايا الكهروشمسية :

الخلايا الكهروشمسية محولات تأخذ الطاقة من أشعة الشمس وتحولها إلى نوع آخر من الطاقة حيث تقوم الخلايا الشمسية بتحويل نور الشمس إلى كهرباء بدون أي إجراءات مؤثرة (ضوضاء أو تلوث أو إشعاع أو صيانة...).

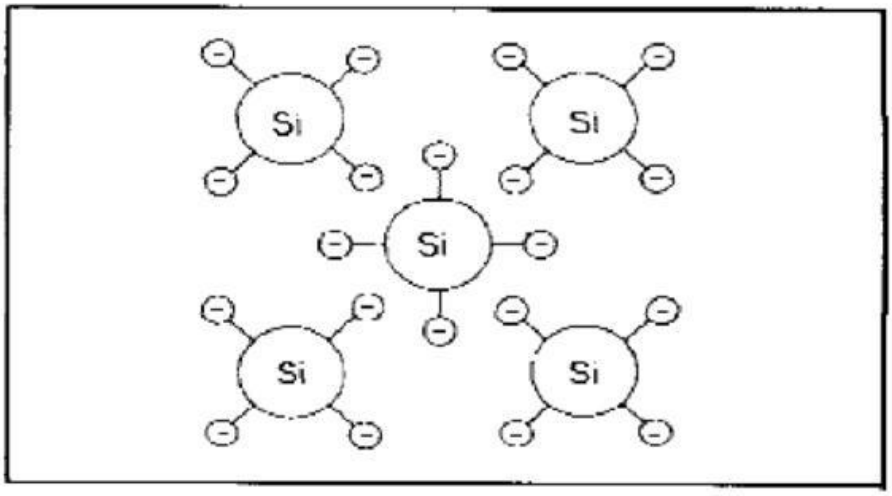
توجه ألواح الخلايا الكهروشمسية بزاوية ميل مناسبة في مواجهة الشمس كي تسقط أشعة الشمس عموديًا عليها. تحول الخلايا الشمسية الطاقة الشمسية مباشرة إلى قدرة كهربائية بدون عمليات وسيطية، فهي تمتص معظم الطيف الشمسي وتحول جزءًا من هذه الإشعاعات إلى طاقة كهربائية ويمكن استخدامها في الحال أو تخزينها.

وتصمم المنظومات من هذا النوع خاصة في المواقع البعيدة والمعزولة 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 للتآكل، وهذه نقطة مهمة جدًا حيث تصنع غالبية الخلايا الكهروشمسي من السيلكون وهو مادة نصف ناقلة ومن أسباب اختياره أنه:

- عالي التوصيل الحراري.
- الثبات الجيد مع الطقس المحيط.
- عازل للكهرباء.
- عالي القدرة.

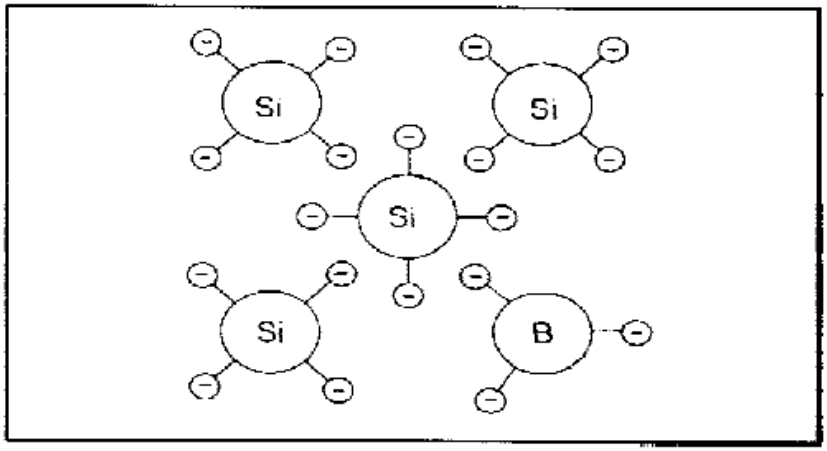
2-3 مكونات الخلية الكهروشمسية :

تتكون الخلية الكهروشمسية من طبقة رقيقة من مادة السليكون، هذه المادة هي إحدى مواد أشباه النواقل المعروفة. تمتلك ذرة السليكون أربع إلكترونات تكافئية وتشترك مع ذرات السليكون المجاورة في رابطة تساهمية (تشاركية) كما في الشكل (2-1)



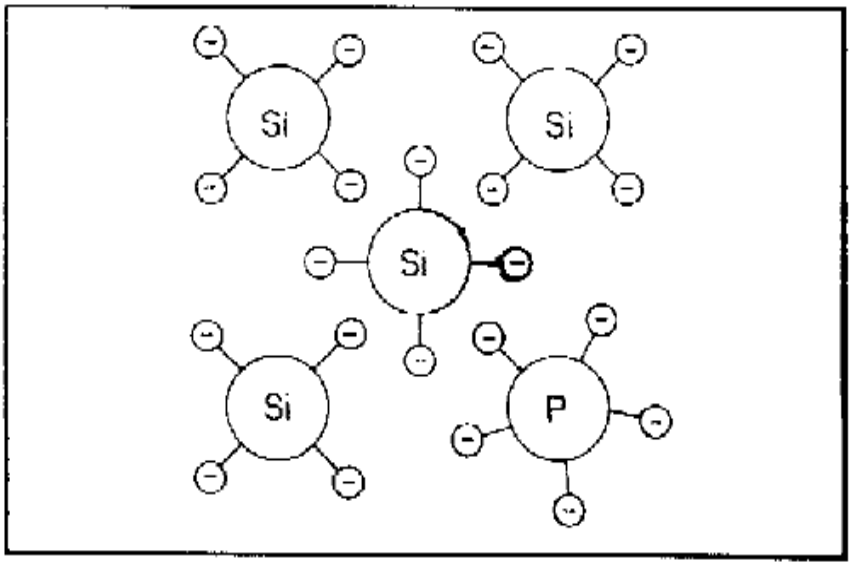
الشكل (2−1) البنية الذرية للسليكون[2]

لتوليد الشحنة الموجبة في الخلية الكهروشمسية تدخل ذرات البرون التي تمتلك ثلاث إلكترونات تكافئية في تركيب السيلكون الصافي. ترتبط هذه الذرات مع ذرا ت السيلكون ويتشكل ثقب إيجابي الشحنة بد لا من الإلكترون الرابع المفقود. تسمى مادة السيلكون مع شوائب البورون ناقلا إيجابيا أو من النوع (p) كما في الشكل (2−2).[6]



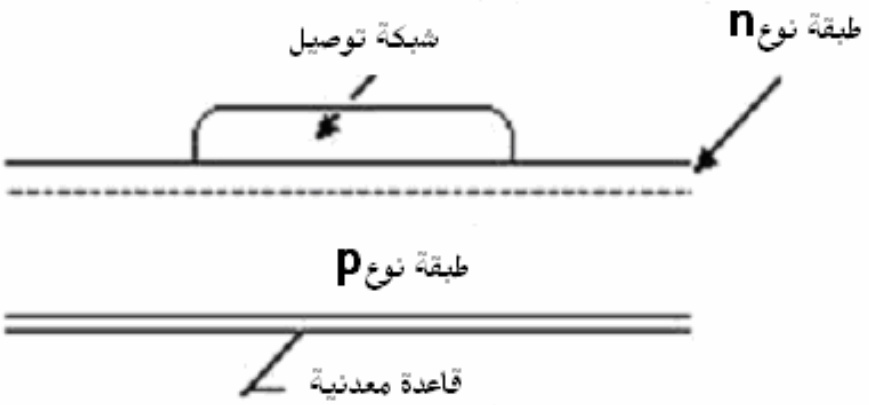
الشكل (2−2) ناقل من النوع (p)[2]

لتوليد الشحنة السالبة في الخلية الكهروشمسية تدخل ذرات الفوسفور التي تمتلك خمس إلكترونات تكافئية في تركيب السيلكون الصافي، ترتبط هذه الذرات مع ذرا ت السيلكون ويتشكل إلكترون سلبي الشحنة. تسمى مادة السليكون مع شوائب الفوسفور ناقلا سلبيًا أو من النوع (n) كما في الشكل (2−3) .[6].



الشكل (2-3) ناقل من النوع (n)[2]

تصنع الخلايا الكهروشمسية بوضع طبقة من النوع (n) وطبقة من النوع (p) معا ,بهذا نكون قد حصلنا على المأخذ الموجب و المأخذ السالب للخلية الكهروشمسية.

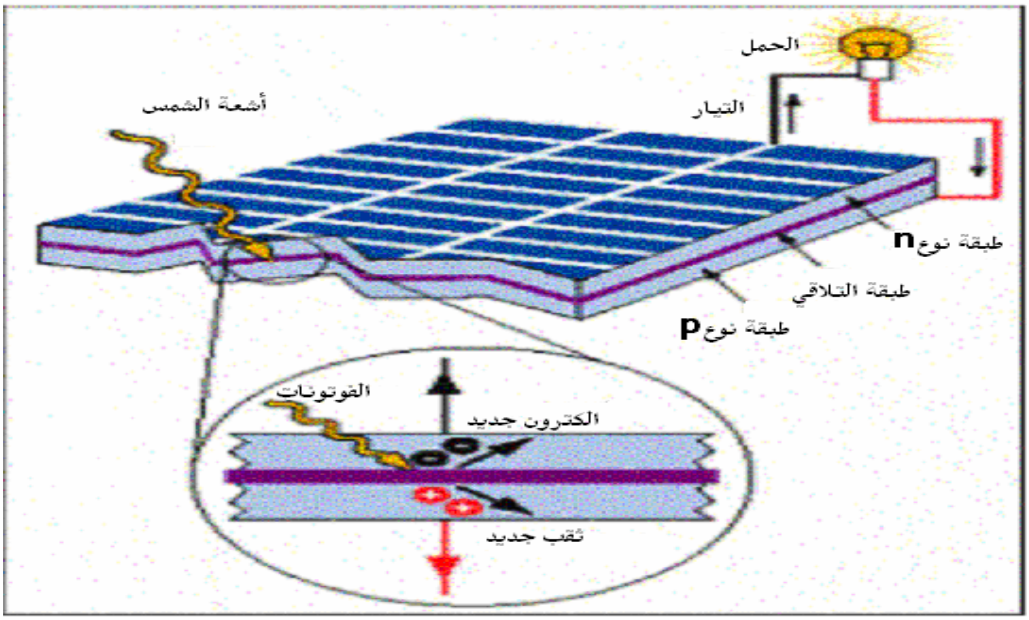


الشكل (2-4) يوضح التركيب الأساسي للخلية الكهروشمسية

2-4 طريقة عمل الخلية الكهروشمسية

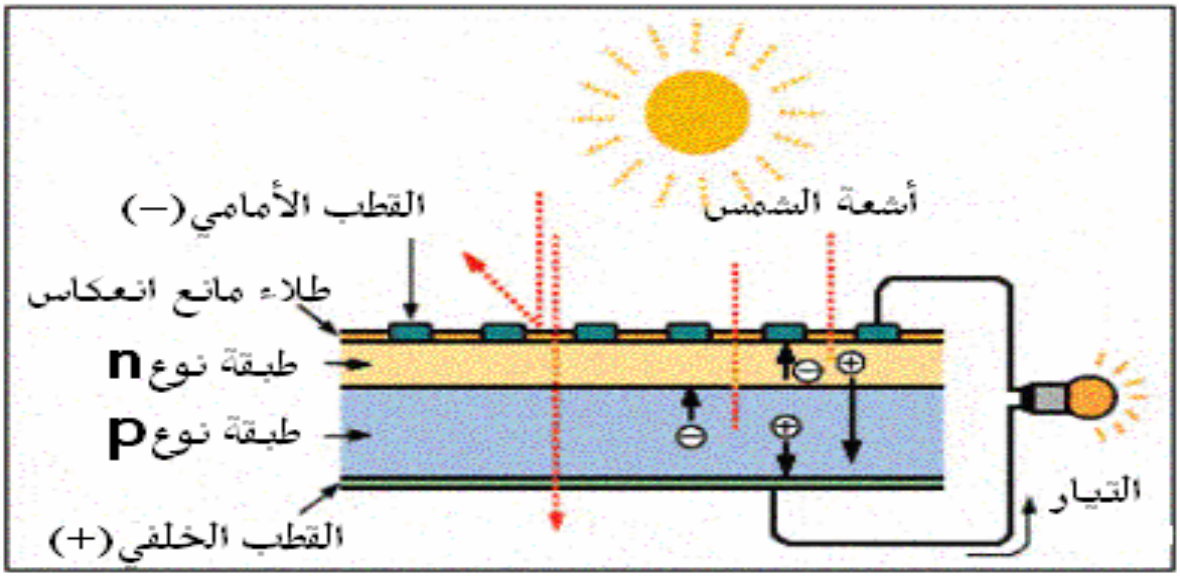
من الشكل (2-5) نلاحظ أنه عند سقوط ضوء الشمس على الخلية يمر هذا الضوء من خلال سطح الخلية و يمتص جزء منه بواسطة الطبقة الأولى للخلية وهي الطبقة التي تحتوي على الفسفور، أما أغلبية الضوء الساقط على هذه الخلية فيقوم بامتصاصه الجزء الخاص بذلك أي الطبقة التي تحتوي على خليط السيلكون بالبورون.[6]

يتكون من خلال هذه العملية إلكترونات حرة الحركة يمكنها السريان خلال الموصل الكهربائي في أطراف الخلية، و تزداد هذه الحركة بزيادة كثافة الضوء الساقط على الخلية، وبالتالي يتشكل التيار الكهربائي المستمر .من هنا يمكننا توصيل حمل كهربائي على أطراف هذه الخلية والاستفادة من حركة الإلكترونات الناتجة من تسليط ضوء الشمس على الخلية. [6]



الشكل (2-5) مبدأ عمل الخلية الكهروشمسية[2]

يبين الشكل (2-6) مكونات خلية كهروشمسية، حيث تتألف الخلية الكهروشمسية المثالية من غطاء زجاجي لختم الخلية وإلكترودين أحدهما خلفي والآخر أمامي وطبقات من شبه المعدن.



الشكل (2-6) مكونات الخلية الكهروشمسية[7]

2-5 أنواع الخلايا الكهروشمسية :

2-5-1 الخلايا السليكونية :

أ- الخلايا السليكونية أحادية البلورة (Monocrystalline silicon sells):

معظم الخلايا السليكونية الأحادية البلورية المتوفرة في الأسواق ذات كفاءة تقارب، 15 % وتعرف الكفاءة بأنها النسبة المئوية من الطاقة الشمسية الساقطة على اللوح الكهروشمسية التي يتم تحويلها إلى كهرباء. وبالرغم من ميزة الكفاءة العالية التي تختص بها الخلية الكهروشمسية أحادية البلورة فإن سعرها مرتفع جدًا لكونها مصنعة من سليكون أحادي البلورة وعالي النقاوة حيث طريقة التصنيع عالية التكاليف وتحتاج إلى عمال مهرة. الشكل (2-5) يبين لوحا كهروشمسيا مصنوعًا من خلايا كهروشمسية أحادية.

الشكل (2-7) لوح كهروشمسي مصنوع من خلايا كهروشمسية أحادية التبلور[6]

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

ب- الخلايا السليكونية المتعددة البلورات (Polycrystalline silicon cells):

بالرغم من كون الخلايا الكهروشمسية المتعددة البلورات أرخص وأسهل تصنيعًا من الخلايا الأحادية البلورة بسبب النقاوة الأقل للمادة الأولية إلا أنها أقل كفاءة، وذلك كون حاملات الشحنة (الإلكترونات والثقوب) المولّدة من قبل فوتونات الإشعاع الشمسي يمكن أن تتجمع على الحدود بين الحبيبات داخل السليكون المتعدد البلورات، وقد وجد أ ن 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 بعمق خلال الحبيبات. الشكل (2–6) يبين لوحا شمسيًا مصنوعًا من خلايا كهروشمسية متعددة البلورات.[2]

الشكل (2–8) لوح شمسي مصنوع من خلايا كهروشمسية متعددة البلورات[2]

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

ج– الخلايا السليكونية الغير بلورية(Amorphous silicon sells):

يمكن تصنيع الخلايا الكهروشمسية بطريقة أرخص من طرق تصنيع الخلايا السلكونية الأحادية والمتعددة البلورات، وهذه الخلايا تسمى بالخلايا السلكونية العشوائية (A-Si).

حيث تكون ذرات السليكون فيها أقل ترتيبًا من النوع البلوري .ففي السليكون العشوائي لا ترتبط كل ذرة ارتباطًا كاملا مع الذرات المجاورة، إنما تترك ما يسمى بالرباط المتدلي، وتستطيع امتصاص إلكترونات إضافية عند إجراء عملية الطلاء. الشكل (2–6) يبين لوحًا شمسيًا مصنوعًا من خلايا كهروشمسية غير بلورية.

الشكل (2–9) لوح شمسي مصنوع من خلايا كهروشمسية غير بلورية.

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

د – الخلايا السليكونية الشريطية :

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

2-5-2 خلايا الغاليوم أرسنايد :

ليس السليكون المادة الوحيدة الملائمة للاستخدام في تصنيع الخلايا الكهروشمسية ,فهناك مواد أخرى يمكن استخدامها كالغاليوم ارسنايد. وهي ملائمة جدًا 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 السليكونية وبعض أشباه النواقل التي تعاني من هذه المشكلة.

2-5-3 خلايا الكوبراندیوم ديسلنايد :

مواد من أشباه النواقل مركبة من النحاس والأنديوم والسلينايد (CIS). وقد استخدمت في تصنيع خلايا وصلت كفاءتها مخبريًا إلى (12%).[6]

2-5-4 خلايا الكادميوم تليرايد(CdTe) :

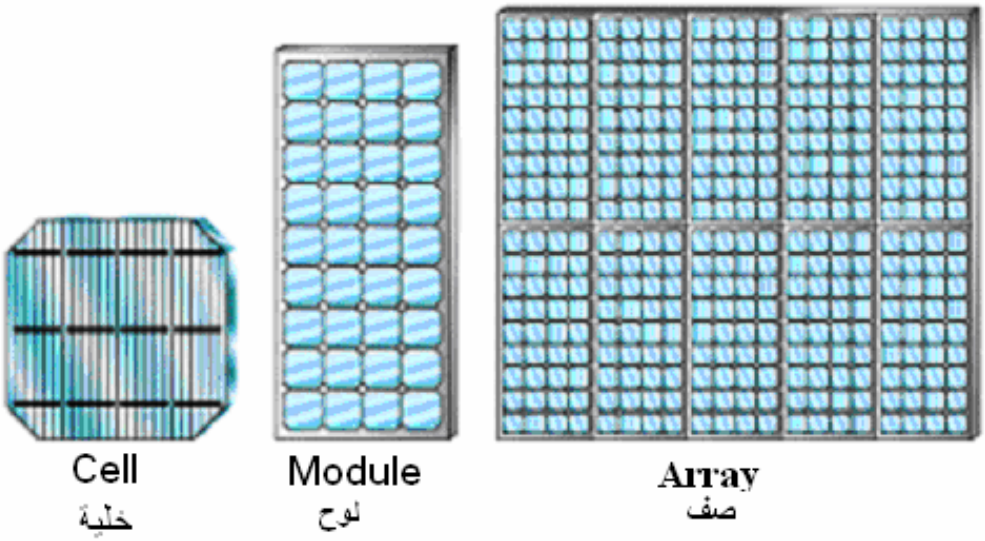
هي مواد من أشباه النواقل مناسبة لاستخدام الخلايا الكهروشمسية تتألف من الكادميوم والتليرايد. ومن محاسن هذه الخلايا إمكانية تصنيعها باستخدام عملية بسيطة ورخيصة من الطلاء الكهربائي. وقد وصلت كفاءة هذه الخلايا إلى (10%) بدون تناقص في الكفاءة عند الاستخدام. لكن من مساوئها أن الكادميوم مادة سامة جدًا.[6]

2-6 الخصائص الكهربائية للخلايا والألواح الكهروشمسية :

يتألف اللوح الكهروشمسي (Module) من عدد من الخلايا التي تكون موصولة على التسلسل والتفرع مع بعضها البعض ضمن لوحة واحدة، ويجب أن تكون محمية من الماء والرطوبة والحرارة والسقوط حيث توضع الخلايا الكهروشمسية في غلاف محكم مصنوع من الزجاج المسطح المفرد أو المضاعف، ويصل

الإشعاع الشمسي إلى هذه الخلايا من خلال الزجاج ويمكن تجميع الألواح مع بعضها لتشكيل الصف(Array). الذي يكون بحجم معين.[6]

تركب الصفوف الكهروشمسية لزيادة مساحة التعرض المباشر للشمس، وتوضع عادة في منطقة خالية من ظل الأبنية والأشجار باتجاه الشمس وبزاوية مناسبة الشكل (2–7) يبين خلية كهروشمسية ولوحًا كهروشمسيًا وصفًا كهروشمسيًا.



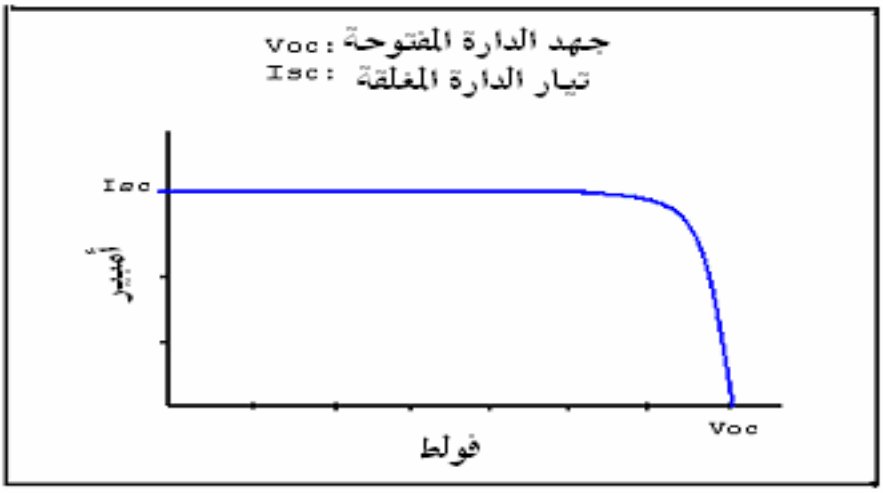
الشكل (2–10) خلية كهروشمسية ولوح كهروشمسي وصف كهروشمسي

تكون الطاقة الكهربائية المتولدة من الخلية الكهروشمسية بشكل تيار مستمر (DC) وتعتمد شدة هذا التيار على بارا مترين: الأول هو الأشعة الشمسية الساقطة، والثاني هو التيار والفولط المطلوب للحمل. ويعتمد مردود اللوح الكهروشمسي على مردود هذه الخلايا.

وتعرف الخلية الشمسية ذات المساحة (100 cm^2) بأنها بطارية شمسية تقوم بإنتاج فولطية مقداره (v 0.5) وتيار يتناسب مع شدة الإشعاع الشمسي يصل مقداره مابين (A 3-2.5)

في حالة شدة الإشعاع الشمسي القصوى.[6]

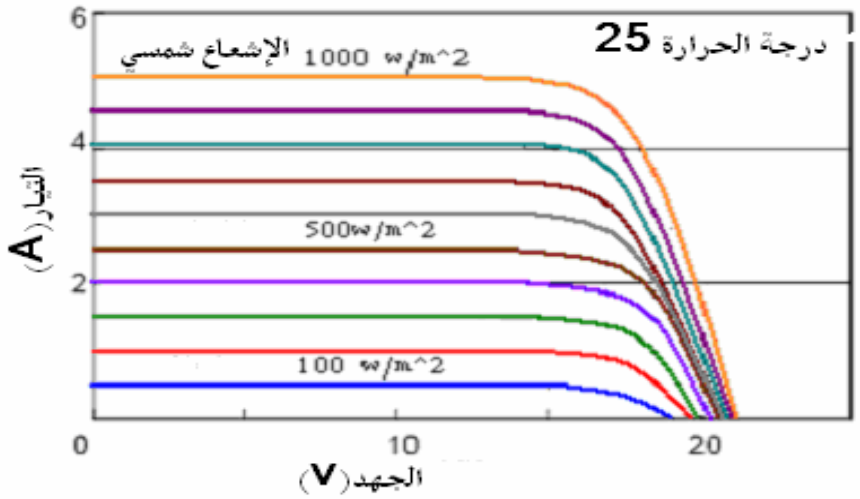
تتحدد الخلية الكهروشمسية بفرق جهد دارتها المفتوحة وتيار دارتها المغلقة والمنحنى (2–1) يوضح جهد الدارة المفتوحة بدلالة تيار الدارة المغلقة لخلية كهروشمسية مثالية



منحنى (2-1) لخلية كهروشمسية مثالية

فرق جهد الدارة المفتوحة هو الفولط الذي تعطيه الخلية الكهروشمسية عندما لا يمر في الدارة أي تيار، وهو الفولط الأعظمي الذي تعطيه الخلية الكهروشمسية من الإشعاع الشمسي.

أما تيار الدارة المغلقة فهو التيار المار في الخلية الكهروشمسية إلى دارة خارجية بدون حمل أو مقاومة، هو التيار الأعظمي الذي تستطيع الخلية الكهروشمسية توليده من الإشعاع الشمسي (تيار القصر)، إن فرق الجهد المتولد من الخلية الكهروشمسية يبقى ثابتا عند كل مستويات الإشعاع الشمسي الساقط لكن التيار المتولد يتغير بشكل مباشر تبعًا لقيم الإشعاع الشمسي الساقط عند كل لحظة زمنية كما في المنحنى (2-1).[6]



المنحنى (2-2) تغير قيم الجهد والتيار تبعًا للإشعاع الشمسي[6]

2-7 ربط الألواح الكهروشمسية على التسلسل : Modules in Series

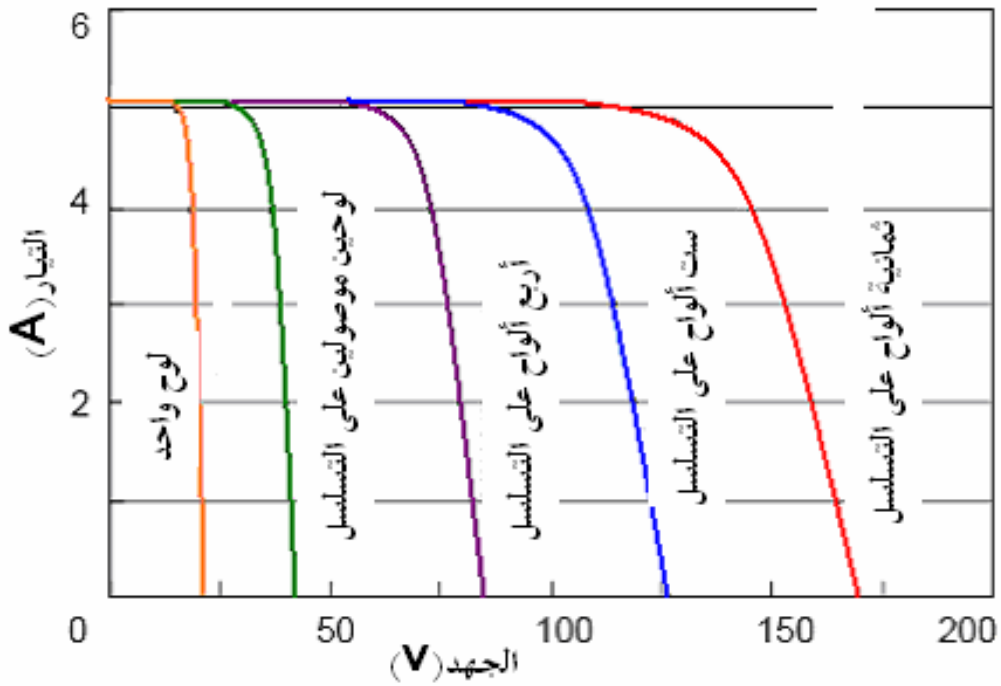
في الحالة المثالية عند ربط مجموعة من الألواح الكهروشمسية المتماثلة عددها (n) على التسلسل فإن فرق جهد الدارة المفتوحة يساوي عدد الألواح مضروبًا بفولط لوح واحد:

$$V_{sg}= n.V_{oc1}= n.V_{oc2}= n.V_{oc3}=.....= n.V_{ocn} \rightarrow (I=0) \quad (2-1)$$

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

$$V_{sg}= \sum_1^n V_n \quad (I>0) \qquad V_n+.....\rightarrow V_3+V_2+V_1= \quad (2-2)$$

المنحنى (2-3) يوضح الخاصية المثالية ل (n) لوح شمسي متماثل مربوط على التسلسل



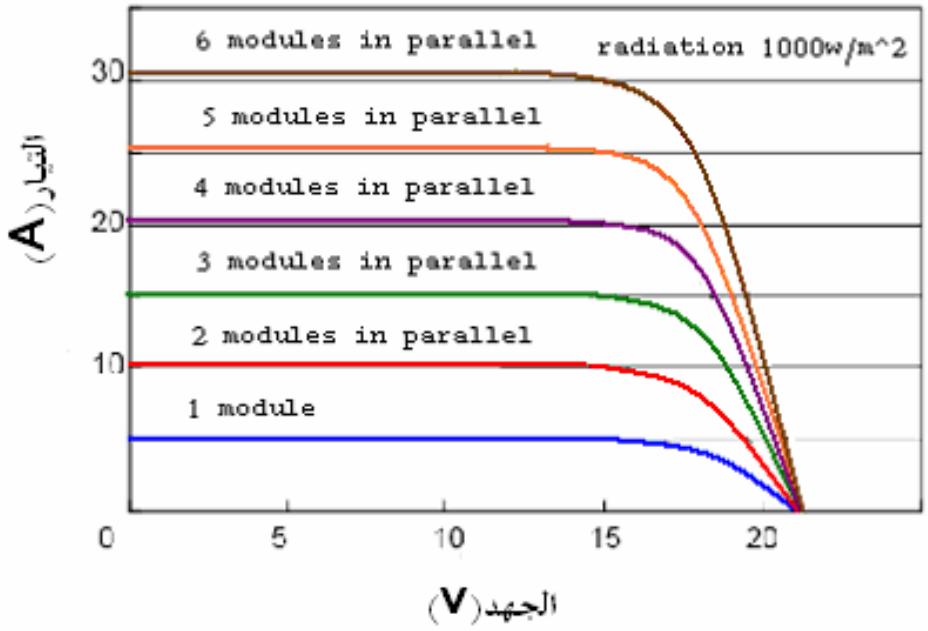
المنحنى (2-3) الخاصية المثالية للألواح الكهروشمسية المربوطة على التسلسل

2-8 ربط الألواح الشمسية على التفرع Modules in Parallel :

في حالة ربط عدد (n) من الألواح الشمسية المتماثلة على التفرع فإن الفولط الناتج يساوي فولط لوح واحد و التيار الناتج يساوي مجموع التيارات الخاصة لكل لوح (n----1) :

$$I_{sg}= \sum_1^n I_n \qquad I_n+.....+I_3+I_2+I_1= \quad (2-3)$$

$$V_n = \ldots\ldots = V_3 = V_2 = V_1 = V_{sg} \quad (2-4)$$



المنحنى (2-4) الخاصة المثالية للألواح الكهروشمسية المربوطة على التفرع

2-9 المولد الكهروشمسي : Solar Generator

بما أن مردود الخلايا الكهروشمسية منخفض نسبيًا (لا يتجاوز 16%)، لذا يجب إستخدام العديد من الألواح الكهروشمسية للحصول على قدرة كهربائية كبيرة، مجموعة هذه الألواح تسمى بالمولد الكهروشمسي.

يعتمد الفولط الناتج من المولد الكهروشمسي على مجموعة الألواح الشمسية الموصولة على التسلسل، وتكون طاقة المولد الكهروشمسي أكبر من طاقة اللوح الواحد عندما تكون الألواح موصولة على التفرع.

إن المجموعة المتكاملة للألواح الكهروشمسية المربوطة مع بعضها البعض تتم بتركيب الملحقات من (تثبيت الألواح الكهروشمسية وأجهزة مراقبة وصندوق تجميع وأسلاك ومكونات أخرى.)

إن تيار الخرج وجهده للمولد الكهروشمسي هو:[6]

$$V_{out} = \sum_1^n V_n \qquad V_n + \ldots\ldots + V_3 + V_2 + V_1 = \quad (2-5)$$

$$I_{out} = \sum_1^m I_m \qquad I_m + \ldots\ldots + I_3 + I_2 + I_1 = \quad (2-6)$$

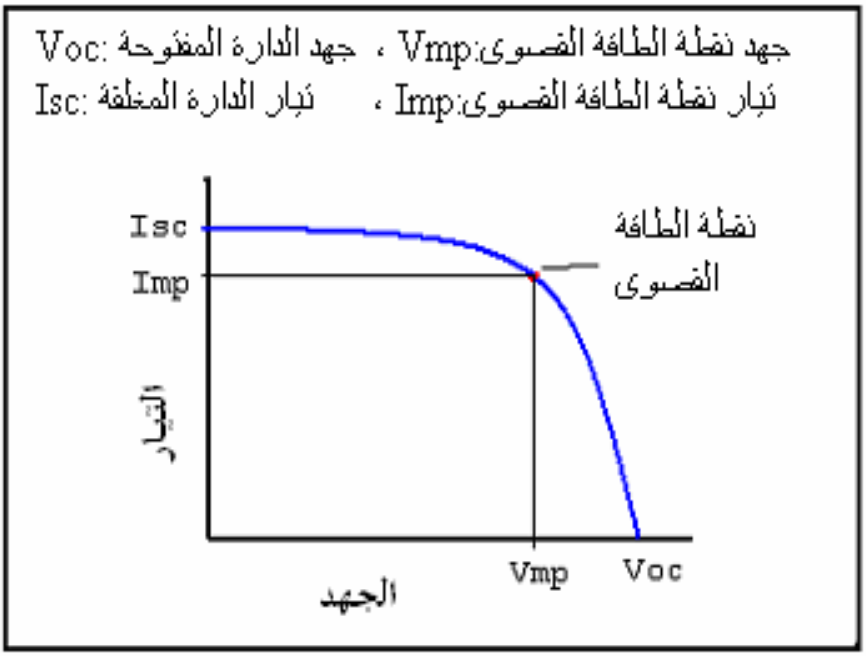
حيث : (n) عدد الألواح المربوطة على التسلسل. (m)عدد الألواح المربوطة على التفرع.

والقدرة الناتجة من المولد الشمسي في هذه الحالة تعطى بالمعادلة التالية:

$$P_{out} = \sum_1^n V_n \sum_1^m I_m = (V_1+V_2+V_3+\ldots\ldots\ldots+V_n).(+I_2+I_3+\ldots\ldots\ldots+I_m I_1) \quad (2-7)$$

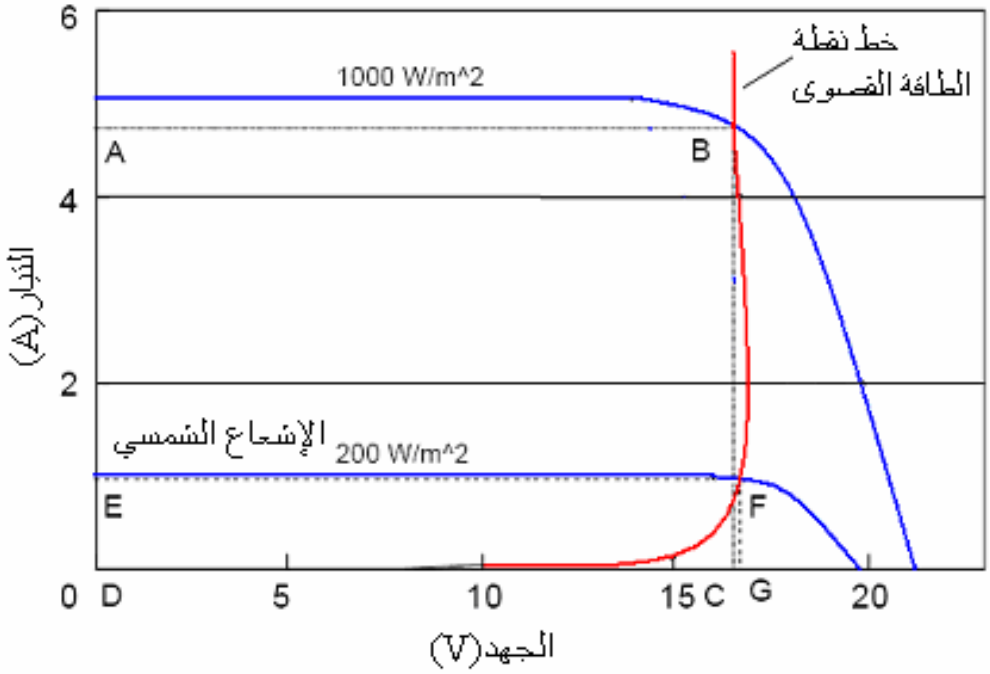
نقطة القدرة العظمى Maximum Power Point:

هي النقطة التي تكون عندها القدرة المتولدة من الخلية الكهروشمسية أكبر ما يمكن، أي أن نقطة القدرة العظمى (MPP) هي نقطة القمة بين خط التيار وخط الجهد على منحنى (2-1) التي تعطي أكبر مساحة على هذا المخطط ، كما في المنحنى (2-5) .[6].



منحنى (2-5) نقطة القدرة العظمى (MPP)

إن التغير في شدة الإشعاع الشمسي الساقط ودرجة حرارة الخلية الكهروشمسية يؤدي إلى تغيير موقع نقطة القدرة العظمى(MPP) والمنحنى (2-6) يبين خط تغير نقطة القدرة العظمى ابتداءًا من شدة إشعاع 100w/m حتى من شدة إشعاع 1000 w/m على منحنى (2-1).



منحنى (2-6) خط تغير نقطة القدرة العظمى

وتحسب نقطة القدرة العظمى(MPP) للوح الشمسي من العلاقة التالية:

$$P_{md-max} = V_{md} \cdot I_{md}$$

$$\left.\begin{array}{l} = V_{cl} \cdot V_{cl} \\ = I_{cl} \cdot I_{cl} \end{array}\right\} \quad = m_{cl} \cdot n_{cl} P_{md-max} \cdot I_{cl} V_{cl}. \qquad (2-8)$$

حيث أن : Pmd-max هي القدرة العظمى الخارجة من اللوح الكهروشمسي.

Vm: هو الفولط الخارج من اللوح الكهروشمسي عند نقطة (MPP).

Imd : هو التيار الخارج من اللوح الكهروشمسي عند نقطة (MPP).

Vcl: هو الفولط الخارج من خلية واحدة.

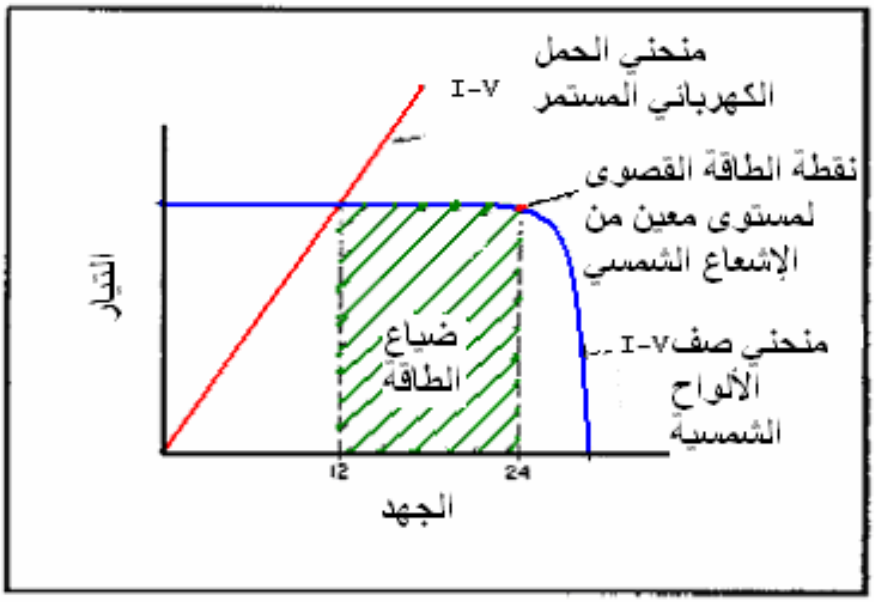
Icl: هو التيار الخارج من خلية واحدة.

Ncl: عدد الخلايا المربوطة على التسلسل في لوح واحد

Mcl: عدد الخلايا المربوطة على التفرع في لوح واحد.

يكون تيار الحمل الكهربائي المستمر(DC) وفولطه على منحنى (2-1) بشكل خط مستقيم مائل، فعند زيادة الطاقة الكهربائية الأولية يرتفع التيار بنسبة ثابتة بالنسبة للفولط .فإذا تم تصميم المولد الكهروشمسي لتوليد (24) فولط والحمل يتطلب (12) فولط فقط فإن الحمل مهما زاد تبقى الطاقة ثابتة التي تقابل 12 فولط وبالتالي: سينتج عنه ضياع في الطاقة.

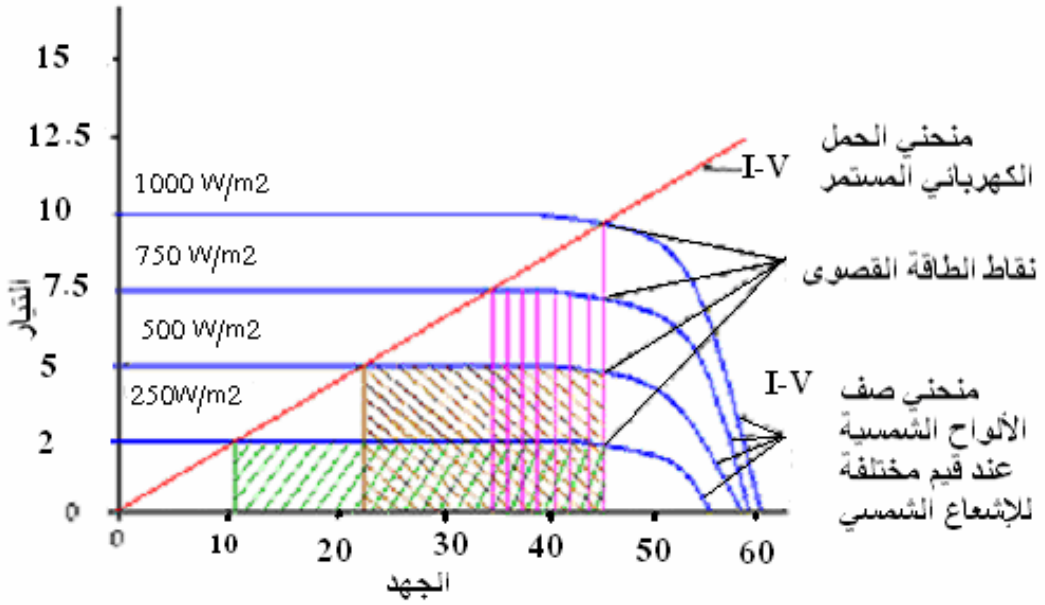
المنحنى (2-7) يبين خط الحمل الكهربائي وخط القدرة الذي لم يصمم بشكل صحيح.



منحنى (2-7) خط الحمل الكهربائي وخط القدرة الذي لم يصمم بشكل صحيح

بالإضافة إلى الاختلاف في شكل منحني (2-1) بين الحمل الكهربائي وخط القدرة للخلايا الكهروشمسية، هناك اختلاف مستمر في مستوى تيار الطاقة الكهروشمسية الذي يتغير بدوره حسب التغير في مستوى الإشعاع الشمسي الساقط المتوفر على مدار اليوم، وبالتالي : يتغير موقع نقطة الطاقة العظمى بشكل مستمر على المنحنى (2-1).

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 المنحنى (2-1) كما في منحنى (2-8).[6]



منحنى (2–8) تغير موقع نقطة الطاقة العظمى تبعًا للإشعاع الشمسي[6]

الفصل الثالث

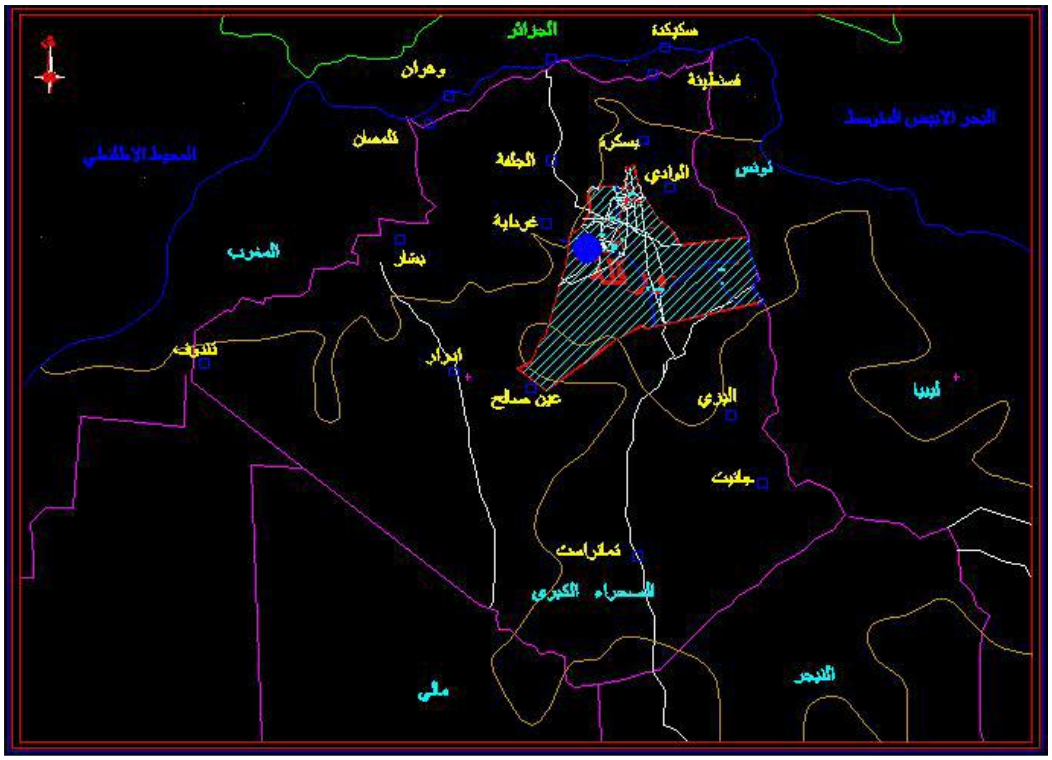
تمهيد:

إن ولاية ورقلة أو ناحية ورقلة بصفة عامة تتميز بكبر المساحة الجغرافية حيث تتربع على مساحة 140000 هكتار منها مناطق سكانية و فلاحية.

حيث تقع وفق الإحداثيات الجغرافية التالية :

X = 710'000 ; Y = 3'530'000

X = 730'000 ; Y = 3'600'000



الشكل (3-1) وضعية ورقلة من الجزائر

يحدها من الشمال حاسي الخفيف وواد ميزاب ومن الجنوب قارة كريمة ومن الشرق حبل الدرينة وخشم الريح ومن الغرب بمنديل وكاف، المسافة من الشمال إلى الجنوب 80 كم ومن الشرق إلى الغرب 30كم.

سنتطرق في هذا الفصل إلى دراسة النظام الكهروشمسي البديل للشبكة الكهربائية العامة الخاص بالمدرسة إبتدائية وإعتمدنا في ذلك على المدرسة الابتدائية حثية سعد المتواجدة في حي النصر الخفجي ورقلة كنموذج لبحثنا هذا.

3-1 التعريف بالمدرسة:

مدرسة حثية سعد ابتدائية مزودة بالطاقة الشمسية متواجدة بحي النصر بورقلة فتحت أبوابها يوم الأربعاء 05 سبتمبر 2018.

شكل (3-2) واجهة المدرسة الإبتدائية المجاهد حثية سعد

شكل (3-3) ساحة المدرسة الإبتدائية المجاهد حثية سعد

3-2 دراسة إحصائية لهياكل المؤسسة:

الهياكل	العدد
مكتب المدير	1
مساعد المدير	1
قاعة الأساتذة	1
المخزن	1
الحاجب	1
المكتبة	1
الأقسام	10
الرواق	2
مرحاض أطفال	2
مرحاض الكبار	2
الساحة الداخلية	1
الساحة الخارجية	1
المطبخ	1
المطعم	1
المخزن	1
قاعة التحضير	1
المرحاض	1
خارج المطعم	1

3-3 إحصاء التجهيزات الموجودة في المدرسة:

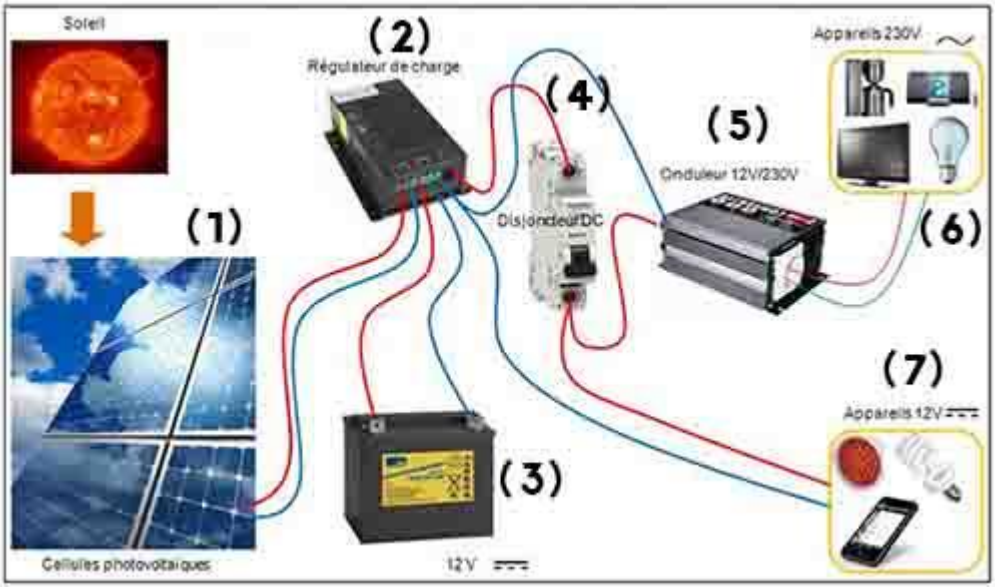
الأجهزة الكهربائية	العدد
مصابيح من نوع Led	77
مصابيح من نوع Neyon	25
مكيف هواء من نوع But 18	13
مكيف هواء من نوع But 12	12
مروحة	30
ثلاجة متوسطة	1
جهاز كمبيوتر + طابعة	1

3-4 دراسة تركيبة النظام الكهروشمسي الموجودة في المدرسة واستغلاله وتقييم جدواه:

أنواع أنظمة الطاقة الشمسية و مكوناتها بالصور:

في هذا الجزء سنذكر 3 أنواع أنظمة الطاقة الشمسية و العناصر المكونة لكل نظام شمسي.

*** النظام المستقل أو النظام الأحادي:**



شكل (3-4) النظام المستقل أو النظام الأحادي

كما تشاهدون في الصورة فإن النظام المستقل لا يستعمل إلا الطاقة المولدة من الألواح الشمسية لا غير و من اجل توليد الكهرباء يستعمل هذا النظام الأحادي العناصر التالية:

(1) الألواح الشمسية : و هي العنصر الذي يحول الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية مستمرة.

(2) منظم الشحن : كما يوضح اسمه فهذا العنصر يقوم بتنظيم شحن البطاريات.

(3) البطاريات : هي وسيلة لتخزين الطاقة الكهربائية الزائدة عن الاستعمال.

(4) أداة كهربائية : لحماية مكونات النظام من الكهرباء المستمرة.

(5) محول التيار : Inverter يحول الكهرباء من مستمر إلى متردد.

(6) أجهزة تعمل عن طريق التيار المتردد.

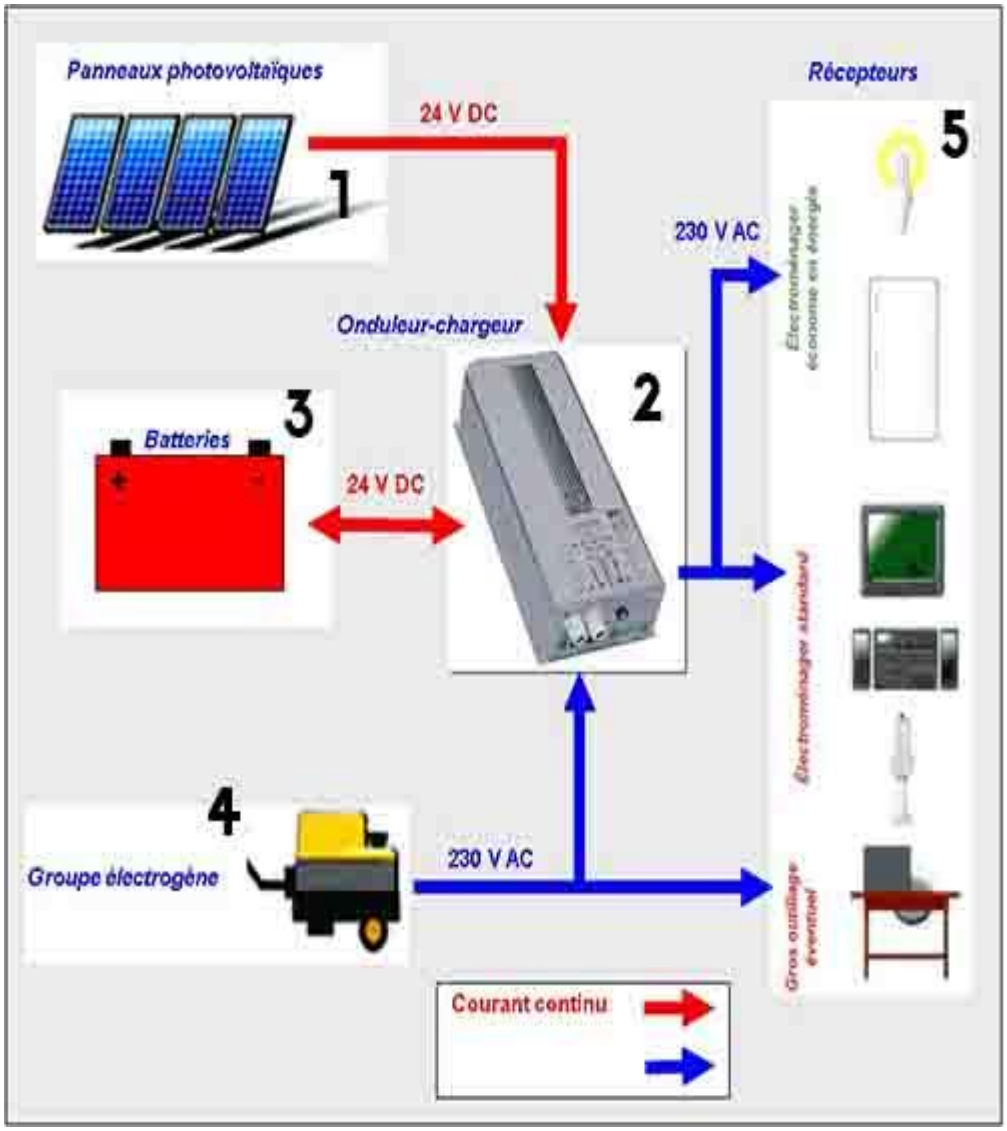
(7) أجهزة تعمل عن طريق التيار المستمر.

هناك أنظمة أخرى أحادية لا تستعمل البطاريات لتخزين الطاقة مثل مضخات المياه بالطاقة الشمسية.

*** النظام الهجين:**

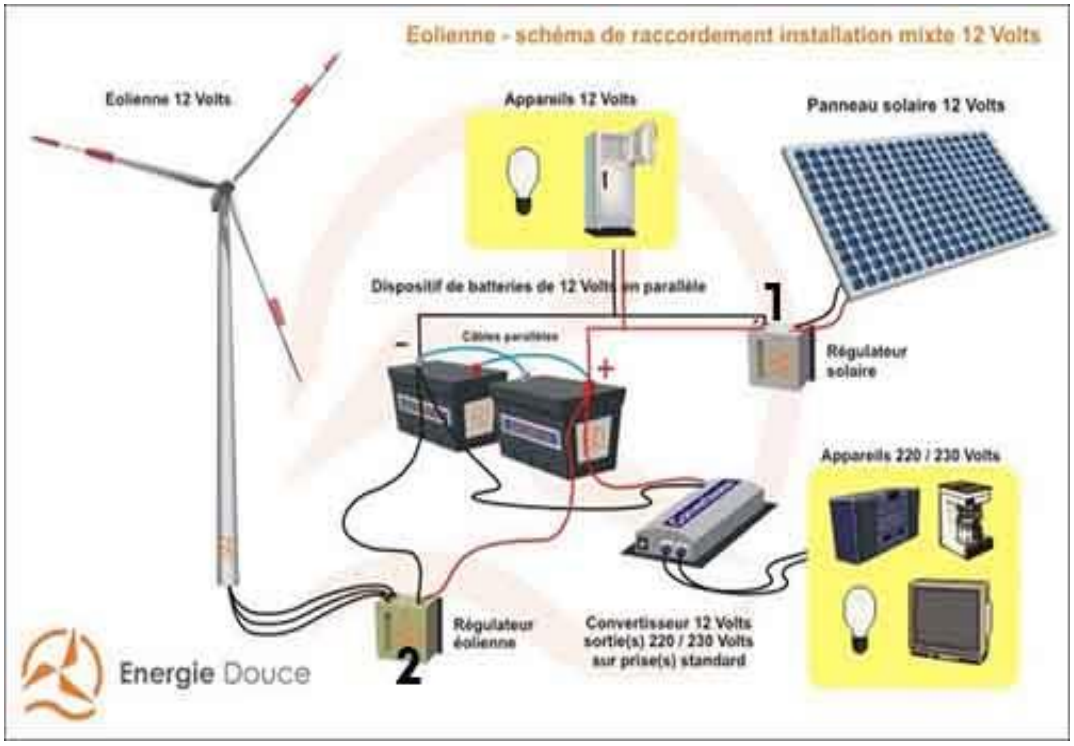
هو نظام شبيه بالنظام الأحادي إلا انه لا يستعمل الطاقة الشمسية فقط لتوليد الطاقة الكهربائية بل يستعمل موارد أخرى للطاقة كالمولدات الكهربائية و المراوح الهوائية...

سنأخذ مثالين لهذا النوع من الأنظمة الشمسية في الصورتين التاليتين:



شكل (3-5) النظام الهجين الأحادي

هذا النظام يستعمل نفس مكونات النظام الأحادي إلا أننا هنا قمنا بتغيير محول التيار إلى محول تيار/شاحن (رقم 2) حيث أن هذا العنصر يقوم بوظيفيين وهما تحويل التيار و شحن البطارية باستعمال الطاقة الكهربائية المترددة المتأتية من مولد الكهرباء (رقم 4). لذلك لا يوجد منظم شحن في هذه الصورة، لكن هذا لا يمنع إمكانية إضافته للنظام في حالة أردنا استعمال الطاقة الشمسية كذلك لشحن البطاريات.



شكل (3-6) النظام الهجين الثنائي

في النظام الهجين الثاني نلاحظ استعمال منظمي شحن اثنين واحد من أجل الالواح الشمسية و الآخر من أجل المروح الهوائية فكلا المصدرين للطاقة يولدان كهرباء مستمر. و لا يوجد مصدر للتيار المتردد في هذه الحالة لذلك لم نستعمل محول تيار/ شاحن بل محول تيار عادي من 12 فولط مستمر إلى 220 فولط متردد.

*** النظام المتصل بخط الكهرباء العمومي**

هذا النظام يعتبر من أبسط أنواع أنظمة الطاقة الشمسية من ناحية عدد المكونات الكهربائية فهو لا يحتوي على بطاريات و لا منظم شحن. و يسمح هذا النظام للمستعمل من استخدام الطاقة الشمسية و طاقة الكهرباء العمومي في الآن ذاته. إلا أن إمكانية تركيب هذا النوع من الأنظمة و عدمها مرتبط بالقوانين الموجودة في بلدك، ففي تونس مثلا يسمح بتركيب هذا النظام مع الشركة التونسية للكهرباء و الغاز.

شكل (3-7) النظام المتصل بخط الكهرباء العمومي

كما نلاحظ في الصورة أعلاه فإن النظام المتصل بخط الكهرباء العمومي يتكون أساسا من:

- (1) الألواح الشمسية و هي عنصر أساسي لم يمكن الاستغناء عنها في أي نظام
- (2) و (4) أدوات لحماية مكونات النظام الشمسي.
- (3) محول التيار (INVERTER)
- (5) عداد كهرباء ثنائي الإتجاه (عداد مزدوج)، و هو العنصر الذي يميز هذا النظام فهو يسمح بتعداد الطاقة القادمة من الكهرباء العمومي إلى المستعمل(المنزل) و في نفس الوقت يقوم بحساب الطاقة القادمة من المستعمل و المتجهة الكهرباء العمومي. أي أن النظام المتصل بالكهرباء العمومي يسمح ببيع الكهرباء التي أنتجها الألواح الشمسية و الزائدة عن حاجة المستعمل.
- (6) الكهرباء العمومي.
- (7)الأجهزة التي تستعمل الطاقة الكهربائية، و هذه الأجهزة تستعمل الكهرباء المولد من الألواح الشمسية في حال توفرها و في حال غياب الشمس تستعمل الكهرباء العمومي olar system. designالذي حملته.

النظام المعمول به في المدرسة الابتدائية حثية سعد حي النصر ورقلة

***البطاريات** البطاريات المستخدمة هي بطاريات الطاقة الشمسية أو بطاريات الشحن العميق وضيفتها تخزين الطاقة الكهربائية التي ولدتها الألواح الفولتوضوئية أثناء سطوع الشمس في ساعات النهار لكي نستخدم هده الطاقة الكهربائية المخزنة في البطاريات أثناء فترة غياب الشمس بالمساء و لها عدة أنواع من بينها أي جي ام النوع المعمول به في مذكرتنا و هد النوع يعني السائل القابل للتاين الكهربائي تم امتصاصه في حصيرة أسفنجية

وعدد البطاريات (مجموعتان : كل مجموعة بها 8 – كل 4 على التسلسل)

شكل (3–8) مجموعة من البطاريات

لكل بطارية الموصفات التالية :

شكل (3–9) موصفات البطارية

يتحكم في شحن البطارية و حمايتها المنظم التالي:

شكل (3-10) المموج وخصائصه

***المصابيح** المعمول بها هنا تسمى مصابيح الصمام الباعث الضوئي أو متصل ثنائي باعث للضوء أو ثبل lighit هو مصدر ضوئي مصنوع emitting diode بالانجليزية من مواد أشباه الموصلات تبعث الضوء حينما يمر من خلاله تيار كهربائي يكثر استخدامه كما يكثر تسميته بالإضاءة الثبلية

المصابيح المستعملة : LED

الاستطاعة الكهربائية 38w

الجهد 220-240 V

شكل (3-11) المصباح

***المموج**

وضع العاكس:

القوة المصنفة 500 فولط أمبير

التيار المباشر الداخل 48 فولط 78 أمبير

جهد النظام 48 فولط

أقصى جهد شمسي 145 فولط تيار مباشر

***الألواح الشمسية**

عدد الألواح 8 ألواح في مجوعتين 4 و 4

شكل (3-12) الألواح الشمسية

كل لوح يحمل الموصفات التالية :

-الاستطاعة الكهربائية W 300

-الجهد الأقصى للنظام V/de1000

-التيار الطاقة القصوى A 8.23

-تيار الدارة القصيرة A9.07

-جهد الدارة المفتوحة V46.23

-المساحة

شكل (3-13) خصائص الألواح الشمسية

البطاقة الطاقوية للنظام المركب في المدرسة :

المكونات	العدد	الاستطاعة الوحدة W	الاستطاعة الكليةKW
الألواح	8	300	2.4
البطاريات	8	4800	19.2
المصابيح	77	38	2.926

الفصل الرابع

تمهيد:

سنتطرق في هذا الفصل إلى حساب وتركيب النظام الكهروشمسي اللازم لتغذية المدرسة الابتدائية بكامل تجهيزاتها وجعلها مستقلة عن الشبكة العمومية للكهرباء مع امكانية ادراج ادوات الحماية وربطها مع الشبكة كنظام منتج يضخ الفائض من الطاقة لخارج المدرسة .

4-1. حساب الاستطاعة اللازمة للإنارة وجميع الأجهزة

طريقة حساب عدد الأجهزة وتكاليف المشروع

إن حساب عدد الأجهزة من ألواح شمسية أو بطاريات يخضع أساسا للاستطاعة المطلوب تشغيلها ولقدرة هذه الأجهزة خلال اليوم أو 24 ساعة.

ويتم الحساب أساسا من الجهاز إلى غاية ألواح الطاقة الشمسية بالمراحل التالية:

- حساب قدرة الجهاز أو الأجهزة.
- إمكانية الاستخدام ليلا أو نهارا فقط.
- حساب القدرة حسب مردود كل جهاز في مراحل الاستغلال (البطاريات منظم الجهد ومحول التيار من مستمر لمتناوب.

<u>حساب قدرة الجهاز أو الأجهزة</u>

1- كل جهاز من الأجهزة المستخدمة في المدرسة الابتدائية يكون موضح عليها استطاعة الجهاز فنحسب قدرة الجهاز باستطاعته ضرب عدد ساعات العمل **(P*h)**.

كتقدير نأخذ عدد ساعات العمل للأجهزة كما يلي:

- المصابيح 12 ساعة.
- مكيفات الهواء 8 ساعات.
- المروحات 8 ساعات.
- الثلاجة 24 ساعة.
- جهاز الكمبيوتر 8 ساعات.

نوع Led

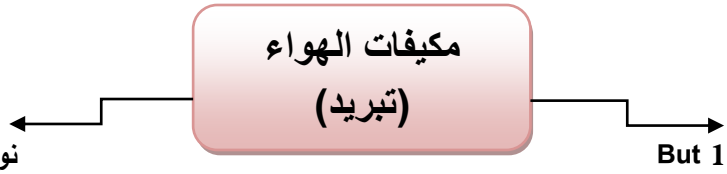
الاستطاعة	38W
ساعات العمل	12h
الاستطاعة في اليوم	456Wh
عدد المصابيح	77
الاستطاعة الكلية	35112wh

نوع Neyon

الاستطاعة	20W
ساعات العمل	12h
الاستطاعة في اليوم	240Wh
عدد المصابيح	25
الاستطاعة الكلية	6000Wh

الإستطاعة الكلية للمصابيح :

ليوم 41.112KWh لشهر (1.23-1.27MWh) لسنة 15 MWh



نوع But 18

الاستطاعة:	1.92KW
ساعات العمل:	8h
الاستطاعة في اليوم:	15.36KWh
عدد المكيفات:	13
الاستطاعة الكلية:	199.68KWh

نوع But 12

الاستطاعة	1.25KW
ساعات العمل	8h
الاستطاعة في اليوم	10KWh
عدد المكيفات	12
الاستطاعة الكلية	120KWh

الإستطاعة الكلية للمكيفات :

ليوم: 319.68KWh لشهر: (9590.4-9910.08KWh)

مكيفات الهواء (تسخين)

نوع But 18

الاستطاعة: **1.85KW**
ساعات العمل: **8h**
الاستطاعة في اليوم: **14.8 KWh**
عدد المكيفات: **13**
الاستطاعة الكلية: **192.4 KWh**

نوع But 12

الاستطاعة: **1.10 KW**
ساعات العمل: **8h**
الاستطاعة في اليوم: **8.8 KWh**
عدد المكيفات: **12**
الاستطاعة الكلية: **105.6 KWh**

الإستطاعة الكلية للمكيفات :

ليوم: **298 KWh** لشهر: **(8940 – 9238 KWh)**

المروحات

الاستطاعة: **50W**
ساعات العمل: **8h**
الاستطاعة في اليوم: **400Wh**
عدد المروحات : **30**
الاستطاعة الكلية: **12KWh**

الاستطاعة الكلية للمروحات

ليوم **12KWh** لشهر **(360 – 372KWh)**

جهاز كمبيوتر + طابعة

الإستطاعة 0.17KW
عدد ساعات العمل 8h
الاستطاعة الكلية 1.36 KWh

ثلاجة متوسطة

الاستطاعة الكلية السنوية **0.56 KWh**

4-2- استهلاك الطاقة الكهربائية في المدرسة

بعد حساب قدرة كل من الأجهزة الموجودة في المدرسة الابتدائية اليومية والشهرية يمكننا الآن حساب وتقدير الاستهلاك الكلي للمؤسسة الفصلي والسنوي مع مراعاة ما يلي:

- **مكيفات الهواء (تبريد)** : يأخذ إستهلاكها في الأشهر سبتمبر، أفريل، ماي وجوان فقط.
- **مكيفات الهواء (تسخين)** : يأخذ استهلاكها في الأشهر ديسمبر، جانفي وفيفري فقط.
- **المروحات** : يأخذ استهلاكها في الأشهر سبتمبر، أفريل، ماي وجوان.
- **باقي الأجهزة** : يأخذ استهلاكها كل أشهر السنة.

ملاحظة:

شهري جويلية وأوت أبواب المؤسسة مغلقة إذن لا يوجد استهلاك للكهرباء

النتائج المحصل عليها يلخصها الجدول الآتي:

الأشهر الثلاثي	مقدار الاستهلاك بالكيلو واط ساعي
أكتوبر – نوفمبر– ديسمبر	13145.24
جانفي – فيفري– مارس	21744.77
أفريل– ماي– جوان	340447.65
جويلية – أوت– سبتمبر	11224.5
الاستهلاك السنوي	386561,67
الاستهلاك اليومي	1059,07

4-3 حساب الاستطاعة الكهربائية اللازمة للإنارة على حد وللإنارة والتجهيزات كاملة

	الإنارة	الإنارة والتجهيزات كاملة
الإستطاعة الكهربائية اللازمة	41.112 KWh	672.15 KWh

- حساب التركيبات الكهروشمسية اللازمة

- نحسب القدرة الأزمة لتشغيل محول التيار من مستمر لمتناوب (المموج)

نحسب القدرة الأزمة لتشغيل مموج، علما أن كفاءته أو مردوده 86%

مثال 1 القدرة 672.15KWh

حساب القدرة اللازمة

672.15/0.86=781.57kwh

القدرة اللازمة لتشغيله هي 781.57KWH

القدرة المفروض تغذية منظم الجهد بها

نحسب القدرة اللازمة لتشغيل **منظم** الجهد علما أن كفاءته أو مردوده 88%

مثال 1 القدرة 672.15KWH

حساب القدرة اللازمة لتشغيل منظم الجهد

672.15/0.88=763.8KWH

القدرة اللازمة لتشغيل **منظم** الجهد 763.8KWH

حساب عدد الألواح المطلوبة

عدد الألواح المطلوبة في أي مشروع للطاقة الشمسية تكون على حسب الألواح الشمسية المتوفرة واستطاعة كل لوح

القدرة المفروض خروجها من ألواح الطاقة الشمسية هي نفسها القدرة المفروض تغذية منظم الجهد بها، يدخل عامل ثاني هنا وهو عدد ساعات تعرض ألواح الطاقة الشمسية ففي الحالة العادية ألواح ثابتة يكون عدد ساعات التعرض للشمس اقل وأيضا قلة التكاليف، أما في حالة تركيب متتبع الشمس فإن عدد ساعات التعرض للشمس تزيد وبالتالي بسبب تركيب نظم متتبع الشمس تزيد التكاليف فتختلف ساعات التعرض للشمس

يدخل عامل ثاني هنا وهو عدد ساعات تعرض ألواح الطاقة الشمسية ففي الحالة العادية ألواح ثابتة يكون عدد ساعات التعرض للشمس اقل وأيضا قلة التكاليف

أما في حالة تركيب متتبع الشمس فان عدد ساعات التعرض للشمس تزيد وبالتالي بسبب تركيب نظم متتبع الشمس تزيد التكاليف فتختلف ساعات التعرض للشمس.

أولا : من أجل حساب ألواح الطاقة الشمسية نقوم بحساب الطاقة التي نحتاجها يوميا بال.kwh

إذن من اجل حساب استهلاكك اليومي للطاقة الكهربائية نقوم بضرب قوة كل جهاز في عدد الساعات التي يعمل فيها ونجمع استهلاك الأجهزة كالآتي:

الاستهلاك اليومي **12+298+319.68+41.112+1.36+0.0015=672.15 KWh**

ملاحظة: الاستهلاك اليومي للإنارة فقط هو **41.112 KWh**

طريقة الحساب

الخطوة الأولى: لحساب ألواح الطاقة الشمسية هي حساب الطاقة الكلية وذلك باعتبار أن العناصر الالكترونية لها كفاءة اقل من 100 %طبعا. فهناك نسبة من الطاقة الكهربائية تضيع أثناء مرورها داخل المكونات الالكترونية قبل وصولها إلى المستعمل.

وكي نحدد الطاقة الإجمالية علينا أن نحدد نوع النظام الذي سنستعمله. فإن كان النظام متصلا بالكهرباء العمومي فهو لا يستعمل بطاريات. وفي هذه الحالة المكون الالكتروني الوحيد الذي سيضيع جزء من الطاقة هو محول التيار(INVERTER) ولنفرض أن كفائته تساوي 95% (أي 5% من الطاقة ضائعة). فعلينا إذن إضافة الطاقة التي ستضيع مع محول التيار إلى الطاقة التي تحتاجها المدرسة. إذن الطاقة الإجمالية التي ستحتاج الألواح لتوليدها تساوي.

في اليوم **(672.15*0.05)+672.15=705.75 KWh**

أما في الحالة التي **يحتوي** فيها النظام الشمسي **على بطاريات** ,وفرضا أنا كفاءة البطاريات هي 95% أيضا. في هذه الحالة الطاقة الإجمالية تحسب كالآتي:

(672.15*0.05)+(672.15*0.05)+672.15)=739.36 Kwh في اليوم.

ملاحظة: في هذه الحالة لتسهيل الأمور افترضنا أن كفاءة المنظم وخيوط الربط تساوي 100% لكن في الواقع يجب معرفة كفائتها وإضافة الطاقة الضائعة داخلها وإضافتها للمجاميع السابقة. تتراوح كفاءة نظام الطاقة الشمسية عادة بين 60 و80 بالمائة. أي أن نسبة الطاقة الضائعة تتراوح بين 40 و20 بالمائة

عادة. لذلك هناك من يقوم بقسمة الطاقة المستهلكة على 0.7 للحصول على الطاقة الإجمالية التي على الألواح الشمسية توليدها.

الخطوة الثانية: تتمثل في تحديد شدة الإشعاع الشمسي في المنطقة التي ستركب فيها الألواح الشمسية. ومن أجل القيام بهذه الخطوة يمكن الرجوع إلى خريطة الإشعاع الشمسي في بلدك. أو يمكن استعمال الموقع.

قيمة الإشعاع الشمسي التي سنستعملها تكون بالـ kwh/m^2 في اليوم.

الخطوة الثالثة: هي حساب عدد الألواح الشمسية اللازمة. يمكن القيام بهذا الحساب بطريقتين:

الطريقة الأولى:

من أجل استعمال هذه الطريقة يجب أن نعرف **شدة الإشعاع الشمسي اليومي وكفاءة اللوح الشمسي ومساحة اللوح الواحد**

من أجل حساب المساحة الإجمالية اللازمة من الألواح نقوم بالعملية التالية:

(الطاقة الكلية/الإشعاع الشمسي/100)*(كفاءة اللوح)

وحدة الطاقة الكلية هي kwh في اليوم.

وحدة الإشعاع الشمسي هي kwh/m^2 في اليوم.

لو فرضنا أن كفاءة الألواح الشمسية التي سنستعملها هي **20** بالمائة وأن الإشعاع الشمسي قيمته **6** kwh/m^2. ولو طبقنا العملية أعلاه على مثالنا الحالي نتحصل على:

متر مربع 616.13=(739.36/6*0.2)

الطريقة الثانية : هذه الطريقة تعمد على خاصية الطاقة بالواط التي تميز اللوح الشمسي ولن نستعمل مساحته كما في الطريقة الأولى. ونحتاج من أجل ذلك طاقة اللوح الشمسي الواحد وهي عادة الطاقة التي يستطيع توليدها اللوح الشمسي باستعمال W/m^2 **1000** أي ما يساوي Kw/m^2 **1** ونحتاج كذلك شدة الإشعاع الشمسي.

ملاحظة : عند شراء اللوح الشمسي فستجد من يستعمل الواط (w) كوحدة لقياس طاقة اللوح وهناك من يرمز لهذه الطاقة ب(Wc) أو.(Wp)

ومن أجل حساب عدد الألواح الشمسية اللازمة نقوم بالعملية الحسابية التالية:

عدد الألواح = الطاقة الكلية/(الإشعاع الشمسي*طاقة اللوح الواحد)

فلنطبق هذه العملية فارضين أن طاقة اللوح تساوي **300** واط أي Kw **0.3** وأن الإشعاع الشمسي قيمته **6** Kwh/m^2

لوح 411=(739.36/6*0.3)

وهكذا ننتهي من شرح كيفية حساب الألواح الشمسية، ولمزيد من الدقة في الحسابات يجب أن نعلم أن كفاءة الألواح الشمسية مرتبطة بدرجة الحرارة ,لكنها لا تغير فيها كثيرا. هذه الطرق تعتبر بسيطة وسهلة وهي تعتمد على خاصيات اللوح الشمسي. اختيار الطرق يعتمد عن المعطيات التي لديك حول اللوح الشمسي. هناك طرق أخرى أكثر تعقيدا ودقة تعتمد على خصائص الخلايا الشمسية وتفرق بين أنواع الأنظمة التي تستعمل بطاريات والتي لا تستعملها.

ملاحظة : عدد الألواح في حالة الإنارة فقط هو 25 لوح

3-4- حساب عدد البطاريات:

طاقة البطارية في اليوم Ed وحدتها W/day

كفاءة البطارية eff غالبا ما تكون 0.85 أي 85%

عمق الشحن DOD 75%

Vb فرق الكمون المستعمل ويكون على حسب منظم الجهد المستخدم فهنا 24V.

حساب سعة التيار المطلوبة للبطاريات:

Cah=Ed/(DOD×eff×Vb)
Cah.day=Cah×1.5
Bn=Cah.day/Cah b

حساب عدد البطاريات:

DOD=0.75 eff=0.85 Vb=24V Cah.d=100ah

Ed=62896.39WH

حساب سعة التيار المطلوبة للبطاريات:

Cah=672150/(0.75×0.85×24)=43931.37Ah

Cah.day=43931.37×1.5=65897.055

اذا كان تيار سعة البطارية AH100

Bn=12332.6/100=124 batt

او اذا كان تيار سعة البطارية AH200

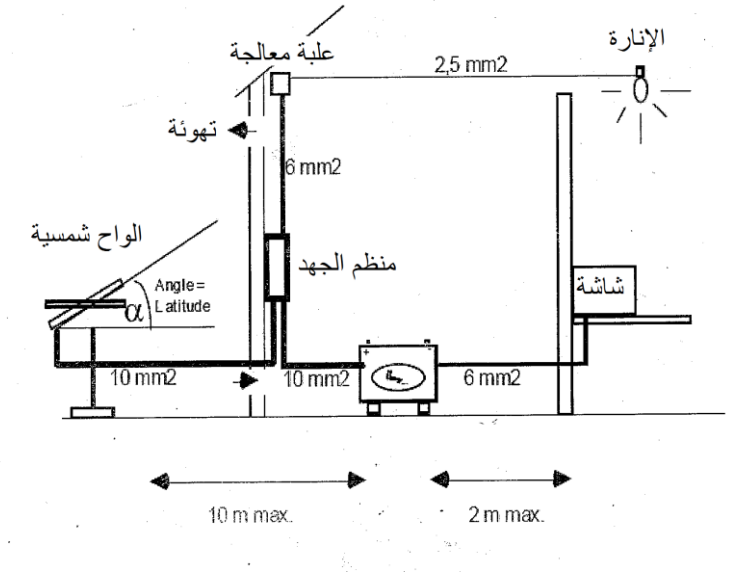
Bn=12332.6/200=62 batt

جدول نهائي يوضح كل مراحل الحساب

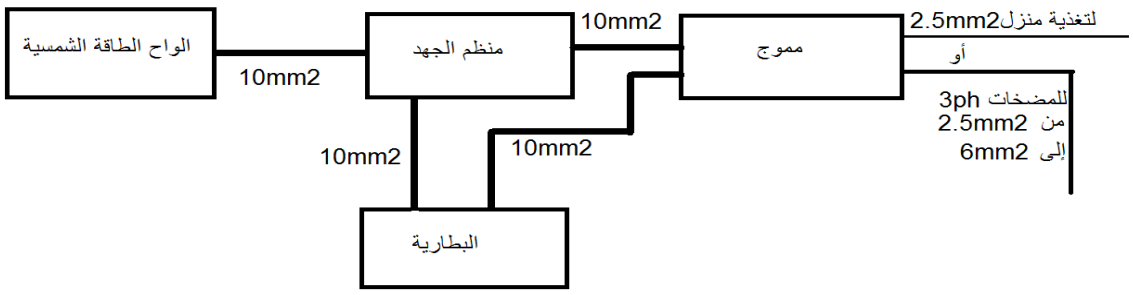
رقم المرحلة	اسم المرحلة	قانون الحساب	
1	حساب قدرة الأجهزة الاستطاعة القدرة	تعطى لكل جهاز W=P×T	P الاستطاعة W القدرة T زمن الاشتغال
2	حساب قدرة تغذية المموج كفاءته=86%	Wo=W/ηo	Wo قدرة تغذية المموج ηo كفاءة المموج
3	حساب قدرة منظم الجهد كفاءته=88%	Wr=Wo/ηr	Wr قدرة تغذية منظم الجهد ηr كفاءة منظم الجهد
4	حساب عدد الألواح T=6h Ps=300w	P=Wr/T Np=P/Ps	Np عدد الألواح Ps طاقة اللوح الشمسي
5	حساب عدد البطاريات سعة التيار المطلوبة سعة التيار اليومية المطلوبة عدد البطاريات	Cah=Ed/(DOD×eff ×Vb) Cah-day=Cah×1,5 Bn=Cah-day/Cahb	Cah سعة التيار Ed طاقة البطارية في اليوم eff كفاءة البطارية Vb فرق الكمون DOD عمق الشحن Cah-day سعة التيار اليومية Bn عدد البطاريات Cahb سعة البطارية المتوفرة

3-5- توصيل الكوابل:

إن التوصيلات بين الأجهزة تخضع لقوانين وأهم شيء فيها هو شدة التيار فكلما زادت شدة التيار يزداد بها قطر الموصل أو الكابل والموضحة في الرسم البياني التالي:



الشكل4-1-طريقة التوصيل



الشكل4-2-طريقة التوصيل

<u>طريقة تركيب الألواح الاتجاه والزاوية</u>

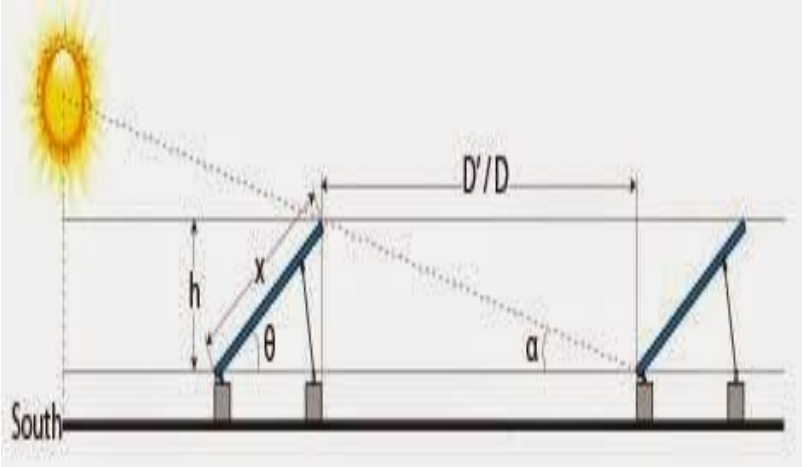
في فصل الصيف: (درجة خط العرض – 15 درجة) هي زاوية الميل المثالية.

في الخريف والربيع: (درجة خط العرض) هي درجة الميل المثالية.

في فصل الشتاء: (درجة خط العرض + 15 درجة) هي درجة الميل المثالية.

وان كنت لا تنوي تغيير زاوية الميل في كل فصل فيمكنك ضبط زاوية الميل علي فصل الشتاء وستعمل جيدا أيضا في باقي فصول السنة.

ملاحظة : يمكنك الحصول علي درجة خط العرض الخاص بك من كتاب أطلس أو من Google Erth لو أردت تحديدها بدقة.



الشكل4-3-صورة توضح طريقة تركيب الالواح الشمسية

تبقي لك أن تعلم أنه عند تركيب ألواح الطاقة الشمسية حاول بقدر الإمكان أن تتفادى أن تقوم بتركيبها في مكان يقع عليه ظل أي مبني أو منشأة أو جبل محيط بالمكان.

الآن يأتي دور أجراء الحسابات بالمعادلات الخاصة بنا :

عليك الرجوع لصور الزوايا بالأعلى لتعرف المقصود بالرموز الموضحة بالمعادلات

أولا: نقوم بحساب القيمة h وهي ارتفاع اللوح كما هو واضح بالصورة بالأعلى

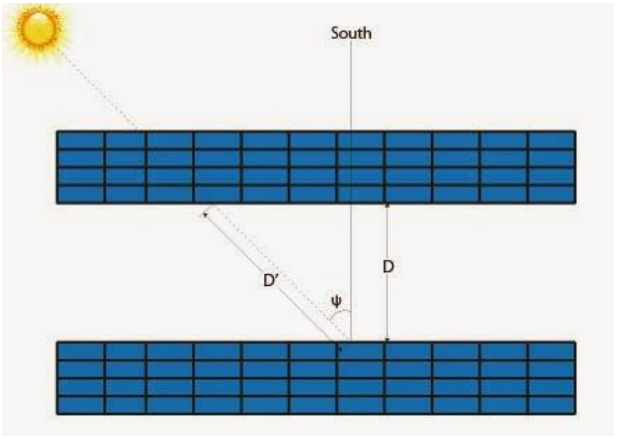
$$h = x * \sin(\theta) \text{ for tilted solar arrays} \qquad 1-4$$

القيمة x هي عرض اللوح كما هو واضح بالصورة بالأعلى أيضا والزاوية تيتا هي زاوية الميل وهي غالبا وفي معظم البلاد العربية ستساوي قيمة دائرة العرض الواقع عليها مدينتك + 15 درجة.

ثانيا: نقوم بحساب D' وهي مسافة الظل المائلة

$$D' = {}^{h}/_{\tan(\alpha)} \qquad 2-4$$

وطبعا قيمة الزاوية ألفا α وزيتا ψ نحصل عليها من الموقع التالي:



الشكل4-4-يوضح طريقة تركيب الألواح

ثالثا: نقوم بحساب المسافة بين الألواح وهو ما نريد أخيرا الحصول عليه

$$D = D' * \cos(180 - \psi)$$

3-4

وطبعا الزاوية زيتا قمنا أيضا بالحصول عليها منذ قليل باستخدام الأداة التي قمنا بشرحها.

وبذلك تكون قد استطعت إن تحسب المسافة اللازم توافرها بين صفوف ألواح الطاقة الشمسية لتفادي سقوط ظلها علي بعضها البعض وذلك تحت أسوء الظروف في السنة وبذلك ستضمن كفاءتها طوال أيام وساعات السنة.

5- أسعار الخلايا الشمسية او الألواح الشمسية

بعد جولة في بعض المواقع العالمية تمكنت من أن أستنتج أن سعر الألواح بطاقة **300 واط** تتراوح أسعارها بين 150 و250 دولار. إلا أنها تصل إلى 90 دولار في بعض المواقع الصينية وتتجاوز 350 دولار أحيانا أخرى. لكن أغلب الأسعار قريبة من 200 دولار. وهناك من يبيع الخلايا الشمسية لتقوم بتركيب لوحك بمفردك وهذا تكلفته أقل.

إذن ماذا قمنا بحساب تكلفة الألواح الشمسية في مثالنا السابق معتبرين أن ثمن لوح 300 واط هو 200 دولار.

لقد وجدنا سابقا أن عدد الألواح اللازم لتغذية المدرسة هو 411 لوح إذن سيكلفنا سعر الخلايا الشمسية: 200*411 =**164400دولار**. هذا بدون اعتبار أسعار باقي المكونات الالكترونية.

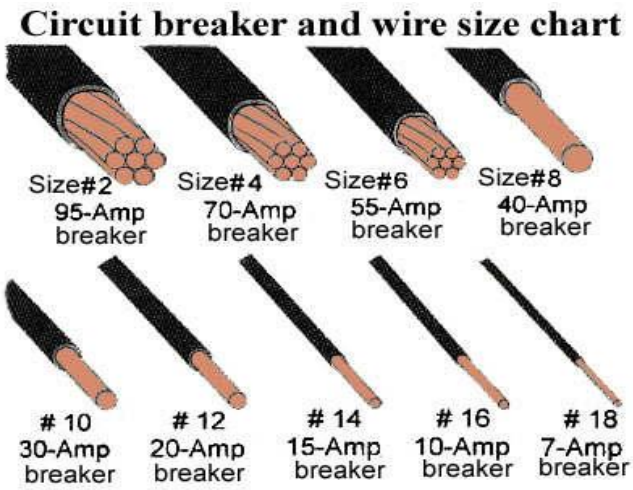
أرى أن أسعار الخلايا الشمسية صارت مناسبة مقارنة بالمنفعة التي ستدرها علينا من ناحية تنقيص تكلفة الطاقة ومن ناحية المحافظة على البيئة. وهذا ما يزيد استغرابي حول عدم انتشار هذه الطاقة بالشكل الكافي في العالم العربي.

6- حماية الألواح الشمسية

من أجل حماية نظام الطاقة الشمسية نبدأ أولا بحساب حماية الألواح الشمسية.

تجاريا نجد الألواح الشمسية ذات قدرة أكبر من 50 واط مصحوبة بأسلاك كهربائية ذات حجم awg.10 وهذا النوع من الأسلاك قادر على تحمل تيار كهربائي قدره **30 أمبير**.

3.4- شاهد الجدول التالي لمعرفة التيار الملائم لكل حجم من أحجام الأسلاك



Wire and Cable Gauge	Amps	Max Wattage Load	Uses
14 gauge	15 amp	1440 watts (120V)	Common residential wiring: Light fixtures, receptacles
12 gauge	20 amp	1920 watts (120V) 3840 watts (240)	Common residential wiring: Light fixtures, receptacles, small appliances like a microwave
10 gauge	30 amp	2880 watts (120V) 5760 watts (240)	Large appliances: Window a/c unit, clothes dryer
8 gauge	40 amp	7680 watts (240V)	Large appliances: Electric range, central a/c
6 gauge	50 amp	9600 watts (240V)	Large appliances: Central a/c, electric furnace
4 gauge	70 amp	13440 watts (240V)	
3 gauge	85 amp	163420 watts (240V)	
2 gauge	95 amp	18240 watts (240V)	
1	130 amp		
1/0	130 amp		
2/0	150 amp		
3/0	200 amp		
4/0	230 amp		
250	255 amp		
300	285 amp		
350	310 amp		
500	380 amp		
600	420 amp		

الشكل 4-5-يوضح التيار الملائم لكل حجم من الأسلاك

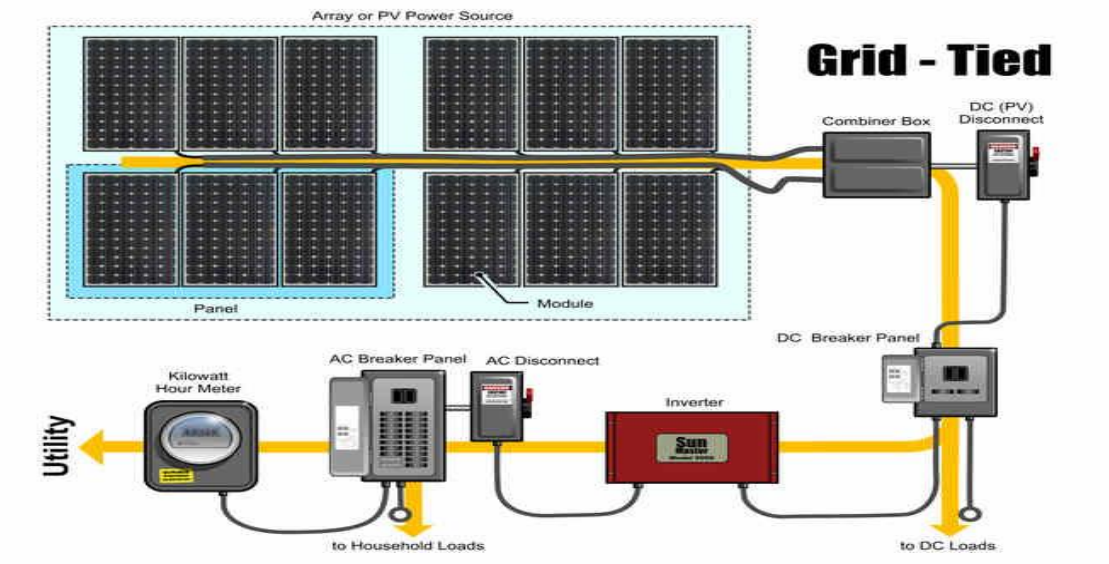
إذا قمنا بتوصيل الألواح بالتسلسل فإن التيار الكهربائي لن يزيد كما سبق وذكرنا في درس تركيب الألواح الشمسية. لذلك في هذه الحالة فإن تركيب الفيوز غير ضروري لأن الخيوط المركبة عادة ما تتحمل تيار اكبر بكثير من تيار دارة القصر Isc للوح الشمسي. لكننا نستطيع أن نقوم بتوصيل قاطعة للتيار المستمر .(Dc disconnet switche)

أما في الحالة التي نقوم فيها بتركيب عدد معين من الألواح بالتوازي فإن التيار سيزيد. لذلك يجب إضافة فيوزات (Fuses) أو circuit breakers إلى علبة توصيل أسلاك الألواح الشمسية (combiner box).

في الصورة التالية مثال لعلبة توصيل بها فيوزان.

الشكل4-6-يوضح علبة توصيل بها فيوزان

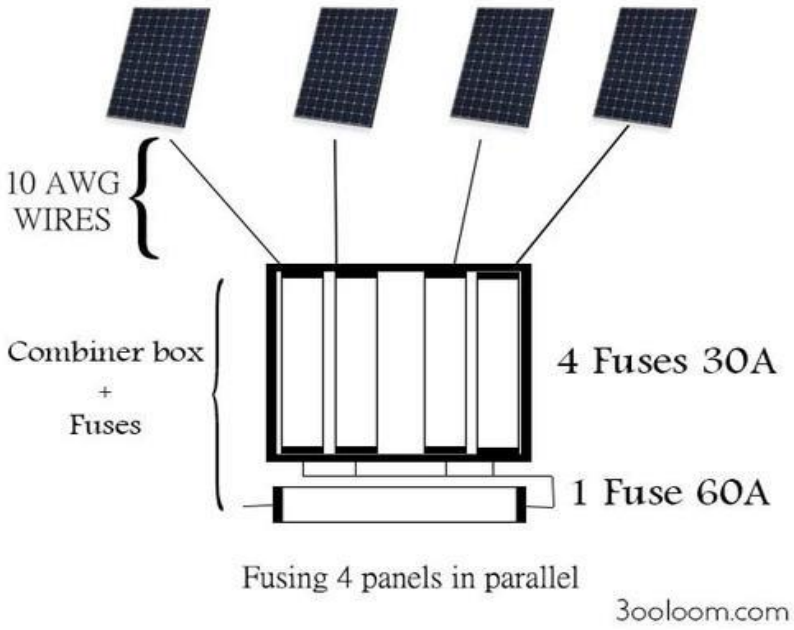
لاحظوا مكان توصيل علبة وصل الأسلاك (combiner box) في النظام المتصل بشبكة الكهرباء العمومي.



الشكل4-7- يوضح مكان توصيل علبة وصل الأسلاك

لحماية الألواح المركبة بشكل متوازي يجب إضافة فيوز لكل سلسلة من الألواح الشمسية وتركيب فيوز آخر لنقطة تجمع الألواح المتوازية. فلتأخذ مثال لأربع سلاسل من الألواح الشمسية المركبة بالتوازي. فلنفرض أن تيار دارة القصر لهذه الألواح هو 8.5 أمبير. وتطبيقا للقواعد الصناعية يجب إضافة نسبة 25 % لقيمة تيار القصر كحماية فتصير 10.6 أمبير تقريبا. ثم إضافة 25 إذا كان الحمل متواصلا فتصير قيمة التيار 13.3 تقريبا في اللوح الواحد. وبالتالي فإن قيمة التيار الخارجة من أربع ألواح متوازية قد تصل إلى 53.1 أمبير تقريبا. إذا اخترنا سلكا من النوع الموجود في الجدول أعلاه فإن الحجم 4 سيكون مناسبا لتحمل 53 أمبير. لكن لو اخترنا سلكا من نوع USE-2 مثلا فحجم 8 من هذا النوع يكفي لتحمل 55 أمبير وهو مناسب جدا لحالتنا. ومن أجل أن نحمي هذا السلك يمكن أن نركب فيوز 60 أمبير. في الصورة التالية تلخيص لما ذكرناه حول حماية الألواح الشمسية المركبة بالتوازي.

وكما تلاحظون فعلى عكس الألواح المركبة بالتسلسل فإن إضافة فيوز 30 أمبير لكل لوح لحماية أسلاك حجم 10 أمر ضروري.



الشكل4-8 حماية الألواح الشمسية المركبة بالتوازي

حماية الربط بين منظم الشحن والبطاريات

بالنسبة لمنظم الشحن من نوع PWM أي (Pulse Width Modulated) فإن أقصى قيمة للتيار الداخل إلى المنظم تكون متساوية مع أقصى قيمة خارجة منه. لذلك فإن اختيار الفيوز أو المنصهر يكون عادة مطابقا لاختيار الأسلاك والفيوز التي بين الألواح الشمسية والمنظم. أما بالنسبة لمنظم الشحن نوع MPPT فإن هذا الأخير قادر في الآن ذاته على تخفيض الجهد الكهربائي ورفع التيار الكهربائي الداخلان إليه. لذلك فإن اختيار الفيوز المناسب لمنظم MPPT يكون بالرجوع إلى كتيب الخاص بمنظم الشحن. فمثلا هناك منظم شحن 50 أمبير يقترح فيوز 60 أمبير للحماية.

حماية الربط بين البطاريات والانفرتر

لحساب تيار الفيوز المكلف بحماية الربط بين البطاريات والأنفرتر يجب أن نقوم بقسمة قدرة الانفرتر على قيمة الجهد الداخلة إليه. مثلا لو كانت قدرة الانفرتر 3000 wوجهد البطاريات 48 فولط فإن معدل التيار ستكون قيمته 62 أمبير تقريبا. يجب أن تكون قيمة تيار فيوز الحماية أكبر من هذه القيمة A62 وفي نفس الوقت أصغر من قيمة التيار الذي تتحمله الأسلاك مضروبا في 0.90.

أي I_Z , **62 A ≤ IN ≤ 0,90 × IZ** تمثل التيار الذي يتحمله السلك.

لكن من الأحسن دائما الرجوع إلى كتيب الصانع للانفرتر لمعرفة قيمة تيار الفيوز المناسب للحماية. بل قد تجد أن الانفرتر بحد ذاته يحتوي على فيوزات حماية.

معادلة حساب مساحة مقطع الأسلاك الكهربائية

إلى حد الآن لم نأخذ بعين الإعتبار إلا تأثير التيار الكهربائي على الأسلاك الكهربائية. وهذا مهم جدا لأن التيار هو المسبب الأساسي في ارتفاع حرارة الأسلاك أو اشتعالها إذا تجاوزت هذه الحرارة القيمة القصوى التي يمكن للسلك تحملها.

لكن هناك طريقة أخرى أكثر دقة من أجل اختيار حجم الأسلاك الملائم. لأن هذه الطريقة تأخذ بعين الإعتبار طول السلك والجهد والتيار سقوط الجهد الخاص بالسلك. وهذه الطريقة ببساطة هي استعمال لمعادلة حساب مساحة مقطع السلك التالية:

$$S = \frac{\rho_1 \times L \times I}{\varepsilon \times V_A} \quad 4\text{-}4$$

S : مساحة مقطع السلك بالملم المربع

L : طول السلك بالمتر

I : التيار الكهربائي المار في السلك بالأمبير (باستعمال تيار القدرة القصوى(Imp) للوح الشمسي)

Va : الجهد الكهربائي بالفولط (باستعمال جهد القدرة القصوى (Ump) الخاص باللوح الشمسي)

ρ1 : المقاومية الخاصة بالمادة المصنوع منها السلك بال**O.mm²/m**

ε : نسبة سقوط الجهد

في أنظمة الطاقة الشمسية العادية عادة ما تتراوح قيمة سقوط الجهد ε بين 0.001 و0.006 ولتقريب قيمة ε يمكن الإستعانة بكتيب السلك الذي سنستعمله أو استعمال أحد الأدوات اون لاين التي تقوم بحساب هذه القيمة للأسلاك.

لكن الطريقة التي سنستعملها اليوم من أجل حساب قيمة سقوط الجهد هي أننا نفترض في البداية أن هذه القيمة تساوي 0.001 . ثم نقوم بحساب مساحة مقطع السلك المناسبة لهذه القيمة مطبقين المعادلة أعلاه. وبعد ذلك نقوم بإيجاد مساحة اكبر من المساحة التي حسبناها وتكون متوفرة في السوق. مثلا لو كانت المساحة التي حسبناها بقيمة 0.88 مم مربع نختار سلك مساحة مقطعه تساوي 2.5 مم مربع. ولو كانت المساحة التي حسبناها تساوي 6.03 مم مربع نختار كابلا مساحة مقطعه 10 مم مربع. ثم بعد

ذلك نعيد حساب نسبة سقوط الجهد للسلك مستعملين نفس المعادلة أعلاه وقيمة مساحة السلك الجديدة الموجودة في السوق.

وبعد حساب مساحة مقطع السلك اللازمة باستعمال المعادلة أعلاه نقوم بالتثبت من إمكانية تحمل السلك لتيار قيمته . 1.25 * Isc كما رأينا في الفقرة الأولى من هذا الدرس وإذا كنا نستعمل حمل يستعمل تيار مستمر نضيف 25% أخرى لل.Isc

7- المقارنة بين النظام الموجود في المدرسة والنظام اللازم لتغذيتها

الدراسة الأولية حسب النموذج المطبق في المدرسة فهو معد للإنارة فقط وباقي الأجهزة كلها تعمل بالشبكة الكهربائية ودراستنا لهذا المشروع تشمل حسابات لوضع نظام كهر وضوئي شامل ويغطي حاجيات المدرسة

النظام الكهروشمسي المركب في المدرسة			**النظام الكهروشمسي اللازم**		
الاستطاعة	عدد ألواح	عدد البطاريات	الاستطاعة	عدد الألواح	عدد البطاريات
2.926 Kw	08	08	**739.36**	411	62

خاتمة

خاتمة:

استغلال الطاقات المتجددة أصبح من الضروريات الملحة في الاقتصاد الوطني وترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية باستغلال الطاقة الشمسية صار واقع في بعض المؤسسات ومنها المدارس الابتدائية كنموذج لتجربة هذه التقنية.

فطريقة تركيب النظام الكهروشمسي سهلة ولا تحتاج إلى يد عاملة خبيرة مقارنة مع الأنظمة الأخرى ولا تحتاج قاعدة أساسية لإدارتها فهي غير مكلفة وسهلة النقل والصيانة ويعتبر ذو موثوقية عالية. كما انه في تطور دائم ومحل بحث في المخابر العالمية وذلك لتحسين الأداء من جهة ونقص الثمن من جهة أخرى.

فكان موضوعنا حساب وحماية النظام الكهروشمسي الهجين الخاص بتغذية مدرسة ابتدائية تطرقنا من خلاله إلى معرفة التركيب النظام وتقنيات حمايته، وحساب الاستطاعة اللازمة للإنارة وجميع الأجهزة، فكانت النتائج المتحصل عليها أنه في حالة الإنارة لوحدها عدد الألواح 25 لوح وفي حالة تغذية المؤسسة بكاملها يتوجب أن تكون عددالألواح411 لوح لكل لوح استطاعة 300 واط.

البحث في هذا المجال شاع وفي حالة تطور دائم ومستمر بالنسبة للمخابر العلمية، ولا زالت الدراسة قائمة ولا زال البحث حولها مستمر ومتجدد.

المراجع

قائمة المراجع

الأطروحات ومذكرات و مواقع :

1-مذكرة سماحي سهيلة ، حول فعالية الخلايا الشمسية الكهروضوئية في ورقلة و تأثير شدة الإشعاع الشمسي والعوامل المناخية عليها 2015/2016

2-المهندس علي الناجي حمودي،جامعة تشرين،دراسة وتنفيذ و تحسين أداء محطة ضخ مياه تعمل بالطاقة الشمسية، 2009/2008

4- موقع مركز الدارسات والبحوث السعودية،www.aprilacademic.com 2010

5-ieg(international energyagency) , 10 october 2005

6-مذكرة شبوعات حمزة وبوفنيك عباز، بعنوان الضخ الشمسي لسقي محيطات فلاحية بمنطقة ورقلة.2017/2016

7-https//mawdo3.com 2019/ 7 /9،

8-مكتبة النور كتاب توليد الطاقة باستخدام الخلايا الشمسية جمع و ترتيب محمد البيلي.

الملخص:

قمنا بحساب وحماية النظام الكهروشمسي الهجين الخاص بتغذية مدرسة ابتدائية بورقلة فتوصلنا في نهاية الأمر إلى عدد الألوح اللازمة لتغذية المدرسة بأكملها.

الكلمات الدالـة: ألواح الكهروشمسية، الشبكة الكهربائية العامة، حماية الشبكات الكهربائية.

Résumé:

Nous avons calculé et protégé le système d'électrophorèse hybride pour l'alimentation d'une école primaire à Borgala et nous avons finalement trouvé le nombre de comprimés nécessaires pour nourrir toute l'école.

Mots clés: Blindages électromagnétiques, Réseau électrique général, Protection des réseaux électriques.

Abstract:

We calculated and protected the hybrid electrophoresis system for feeding at a primary school in Borgala and we finally found the number of tablets needed to feed the entire school.

Key words: Electromagnetic shields, General power grid, Electrical network protection