جامعة حلب
كلية : الهندسة الكهربائية والالكترونية
قسم : هندسة نظم القدرة الكهربائية

ربط نظم التوليد الكهروشمسية مع الشبكة العامة

مشروع أعد لنيل درجة البكالوريوس في الهندسة الكهربائية والالكترونية
هندسة نظم القدرة الكهربائية

اشراف الاستاذ الدكتور:

عمر أحمد حمندوش

اعداد الطالب:

مهند العاني

العام الدراسي٢٠١٩/٢٠٢٠

كلمة شكر

وتمر الأعوام عاما بعد عام .. لقد طالت الرحلة وها هي قد ش ارفت على الانتهاء بعد أن رسمت في الذاكرة أحلى الذكريات.....والآن قد حان وقت وصول القارب إلى ميناء الأحلام وشواطئ الآمال بعد أن عاش حينا من الدهر في التعب والجد والأمل والشوق ... لقد حان وقت وصوله بعد أن أبحر في بحر العلم لينهل منه ما ش اءت الأقدار أن ينهل لقد عبر تلك المسافات واهتدى بهذه المنارات منارات العلم والمعرفة وعبثت به الأمواج في بحر لجي ملؤه المعرفة ودفعت به الرياح بما أوتيت من قوة ليصل إلى ذلك المستقبل المشرق الذي يفيض بالآمال والأحلام .وها هو الميناء يتراءى الأعيننا وكأنه يلوح لنا مسرور باقتراب وصول قاربه الذي غاب عنه سنوات .. وها هو القارب يحاول أن يسرع ليقطع هذه المسافة التي بقيت .. بل إنه يكاد أن يطير ليعانق ذلك الميناء الذي أحبه واشتاق إليه .. وها هو حلم العودة الذي كان يرافقه في كل لحظة من سفره يكاد أن يتحقق بعد أن كان خائفا من أن يكون ذلك الحلم إنما هو أضغاث أحلام .ومع اقتراب القارب من ش اطئ ذلك البحر الكبير بحر العلم والمعرفة يخفق ش راعه اعترافا بالجميل وينطق حنينه كلمة شكر من أعماق القلب إلى كل من ساعدني في هذه الرحلة ..... .

شكرا لمنارات العلم والمعرفة أساتذتنا الكرام في كلية الهندسة الكهربائية الإلكترونية واخص بالذكر :

الدكتور الأستاذ المهندس : عمر أحمد حمندوش

كما اشكر كل من ساعدني في إنجاز هذا البحث راجين لهم جميعا التوفيق والسداد

بسم الله الرحمن الرحيم ((وفوق كل ذي علم عليم))

صدق الله العظيم

إلى إمامي وقدوة مذهبي .... إلى من طالبنا بالعلم ونحن بعلمه نهتدي إلى من أخرجنا الله به من الظلمات إلى النور إلى صاحب الخلق العظيم

نبينا الأعظم محمد صلى الله عليه وسلم

إلى من أرفع جبيني عالية عندما يذكر اسمه معتزة به إلى من سهل لي الطريق وفرشه بالورد لأصل إلى من استمد منه بعد الله قوتي وإصراري إلى تاج رأسي و رمز عزتي وكبريائي إلى من سهر لأنام وتعب لارتاح

إلى من أعطى فأجزل العطاء بفضل الله و بفضله أنال شهادتي عسى أن أفيه الدين.....ولن أستطيع

أبي الغالي حفظه الغالي

الو الأنسام طافت في رحابك تنثر العطرا لو الدموع سالت بروضك تنبت الزهرا

إلى دمعة الفرح عند اللقاء

إلى دمعة الحزن عند الفراق إلى الغصن الذي استمد منه حياتي

إلى النهر الذي يفيض محبة وحنانا إلى من أوصى بها الرحمن وأتي على ذكر إسمها القرآن إلى من مسحت دمعي بيمينها وناغت شفتاي بيسارها

حفظها الله وأدامها تاج نضعه فوق رؤوسنا

أمي الحبيبة حفظها الله إلى من أشدد بهم أزري و أدين لهم بخالص الاحترام والوفاء

أدامهم الله سندا وصدرة حانية أركن إليهم في الشدائد إلى من غمروني بحبهم وعطائهم وكانوا سندا لي إلى من أفسحوا لي المجال لمتابعة دراستي إلى من لهم في القلب مكانة خاصة

إلى ذخيرتي من الرجال للرجال

إخوتي

إلى كل من وقفوا معي وشدوا على يدي وتمنوا الخير لي وباركوا نجاحي إلى من أحتمي بهم من الرياح العاتية وألجأ إليهم في الليالي الحالكة

إلى من أكن لهم كل المودة والحب

محمد سالم

عبد القادر

أقربائي

إلى من أعانوني على نوائب الدهر فكانوا لي عونا على المصاعب

جمعني بهم القدر أخوة تجمعني بهم أحلى الذكريات إلى من قضيت معهم أمتع الأوقات بحلوها ومرها

ستبقى ذكراهم في قلبي ما حييت

أصدقائي

واخص بذكر اخوتي ورفاق دربي الذين كانو ومازالو بجانبي اخوة جمعتني بهم الأيام

طه الجوالة

ميسر المستت

محمد الخلف

يعقوب العلي

محمد اديب الفنير

الفهرس:

اهمية المشروع ٦

هدف المشروع..... ٦

الفصل الأول: الطلب على الطاقة الكهربائية

-مقدمة..... ٧

-معلومات حول الشمس..... ٧

- موقع الأرض من الشمس..... ٨

- وضع الطاقة على الصعيد العالمي..... ١٠

- الطلب على الطاقة الكهربائية في الجمهورية العربية السورية ١٤

- محطات توليد الطاقة الكهربائية ١٦

- المشاكل الناتجة عن الاستخدام المتزايد لمصادر الطاقة التقليدية ١٨

- العجز في تلبية الطلب على الطاقة والإجراءات المتبعة لتلافي هذا العجز..... ١٩

- الإشعاع الشمسي في سوريا ٢١

الفصل الثاني: التحويل الكهروشمسي

- الإشعاع الشمسي ٢٦

الإشعاع الشمسي المباشر والمنتشر..... ٢٧

- زاوية الميل والاتجاه ٢٨

- طرق قياس الإشعاع الشمسي..... ٢٨

- الخلايا الكهروشمسية ٣١

- الدارة المكافئة للخلية الشمسية..... ٣٣

الفصل الثالث: نظم التغذية الكهروشمسية

- مواصفات النظم الكهروشمسية ٤٠

- أنواع نظم التغذية الكهروشمسية ٤١

- نظم التغذية الهجينة..... ٤٣

- المتطلبات الأساسية لتصميم النظم الكهروشمسية..... ٤٤

- المعرجات في النظم الكهروشمسية.....٤٦
- المدخرات.....٤٩

الفصل الرابع: القسم العملي

- مقدمة.....٥١
- تحديد مساحة الأرض المطلوبةلل PV.....٥١
- حسابات الإشعاع الشمس ٥٢
- اختيار زاوية الميل المثلى.....٦٠
- اختيار الموديول.....٦١
-توصيل الموديول.....٦٣
-اختيار العاكس.....٦٤
-تحديد مقاطع الكابلات.....٦٧
- حساب القواطع وعياراتها.....٦٩
- اختيار البسبارات.....٧١
- عداد الكهربائي ثلاثي الطور.....٧١
- الحماية من الصواعق والتوتر الزائد.....٧٢
- الدراسة الاقتصادية ٧٢
- فترة الاسترداد الكلية ٧٤
- المراجع العلمية.....٧٥

أهمية المشروع:

تكمن أهمية المشروع في استغلال المساحات على اطراف المدن او في المناطق الريفية هذه المساحات تكون دون أهمية يمكن استغلالها في انشاء المحطات الشمسية ومن وجهة نظر المؤسس يمكن ان توفر له ربح مادي خلال سنوات العمل كما توفر على الدولة تكاليف كثيرة بحيث ان كل فرد يمكنه انشاء مثل هذه المشاريع وتحسين الواقع الكهربائي في الدولة

هدف المشروع :

الهدف الرئيسي من المشروع هو إضافة كمية من الطاقة الى الشبكة العامة بحيث يتحسن أداء الشبكة وتلبي احتياجات الطلب على الطاقة خاصة في اواقات الذروة يمكننا الاستثمار الجيد لموارد الطبيعة والاستغناء عن الطاقات الاحفورية وتخفيف التلوث الناجم عنها لذلك لجئنا الى استخدام الطاقة النظيفة(الطاقة الشمسية).

يمكن استغلال هذا المشروع في تغذية مدن صناعية او قرى سكنية بحيث تخفف اعباء على الشبكة وتؤمن استقرار الشبكة فيها .

الفصل الأول

الطلب على الطاقة الكهربائية

١- مقدمة:

لم يعد موضوع الطاقة أمر يقتصر الاهتمام به على الأكاديميين وذوي الاختصاص وصانعي القرارات الاقتصادية والسياسية، بل إنه تعدى تلك الأطر ليصبح موضع اهتمام الجميع بغض النظر عن مواقعهم الوظيفية والاجتماعية.

ولاغرابة في أن يتوسع الاهتمام بموضوع الطاقة بهذا الشكل، ذلك أننا كأفراد أصبحنا معنيين بمستقبل موارد الطاقة في مناطق تواجدنا بشكل خاص وفي العالم كله بشكل عام فلم تعد الطاقة تؤثر بمستوى رفاهنا اليومي وطريقة تصريف أمورنا الحياتية فقط بل إنها تتخذ أهمية أكثر شمولاً تتعلق بالقضايا المصيرية للمجتمعات المختلفة.

وقد برز الاهتمام بموضوع الطاقة في العقود القليلة الماضية غير أنه لم يتخذ طابعه الشمولي سوى خلال عقد السبعينات وتحديداً عشية التطورات التي شهدها وضع الطاقة العالمي في أواخر عام /1973/ بعد حرب تشرين التحريرية التي ساهم بها العرب بدور هام وأوقفوا تصدير النفط إلى أوروبا. وقد تأكد للجميع عقب تلك التطورات أن المسألة ليست مرتبطة بتغير أسعار النفط والغاز بل إنها أكثر أهمية من ذلك وتتعلق بقدرة المخزون الاحتياطي من هذه المصادر على تلبية الطلب المتزايد على الطاقة من جانب دول العالم المختلفة.

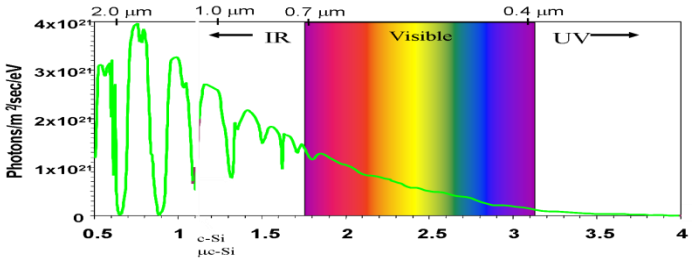
٢- معلومات حول الشمس:

الشمس كرة غازية قطرها (696×10^6 m)، وكتلتها (2×10^{29}) طن، ودرجة حرارة سطحها (6000°C). مكوناتها الأساسية هيدروجين (75%) وهليوم (25%) بالإضافة إلى كميات ضئيلة من الحديد والسيليكون والنيون والكربون.

تتولد الطاقة الشمسية نتيجة تفاعل اندماج نووي للهيدروجين الذي يتحول بنتيجته إلى هليوم ولما كانت كتلة ذرة الهليوم الناتجة من التفاعل أقل من مجموع كتل ذرات الهيدروجين الداخلة فيه فإن فرق الكتلة هذا يتحول إلى ضوء وحرارة ينتقلان على شكل أشعة يبلغ معدل انبعاثها (3.8×10^{23} Kw). يصل منها مقدار ضئيل إلى الأرض يتناسب طرداً مع مساحة الأرض المواجهة للشمس وعكساً مع المسافة بين الأرض والشمس. تنطلق الأشعة الشمسية على شكل حزم موجية مختلفة تقع في المجال المرئي (0.35 و 0.75ميكرومتر) والأشعة تحت الحمراء (0.75 إلى 100ميكرومتر) والأشعة الراديوية أكبر من (100ميكرومتر) أما الأشعة التي يقل طولها الموجي عن طول أمواج الضوء المرئي (ذات طاقة أكبر) فتقع في مجال الأشعة فوق البنفسجية، والأشعة السينية، والأشعة الكونية. على الرغم من أن الإشعاع الشمسي الساقط على الغلاف الجوي يتكون من مدى عريض من الحزم الموجية إلا أن ما يقارب من (98%) منه يتكون من ثلاثة أنواع من الأشعة هي الأشعة فوق البنفسجية (8%)، والأشعة المرئية (47%) والأشعة تحت الحمراء (43%). لذا فإن أعلى شدة للإشعاع الشمسي تقع في مجال الضوء المرئي.

وتبلغ قيمة معدل الإشعاع الشمسي الساقط على المحيط الخارجي للأرض (1367 w/m^2) ويعرف هذا الرقم بالثابت الشمسي. يتعرض الإشعاع الشمسي أثناء مسيره في الغلاف الجوي إلى سطح الأرض إلى عمليات انتثار وامتصاص من قبل مكونات الغلاف الغازي ومنها الغازات المختلفة وذرات الغبار

وبخار الماء المحيط بالكرة الأرضية. ويبين الشكل (١) توزع كثافة فوتونات الإشعاع الشمسي بدلالة الطول الموجي وطاقة الفوتون[35],[43].

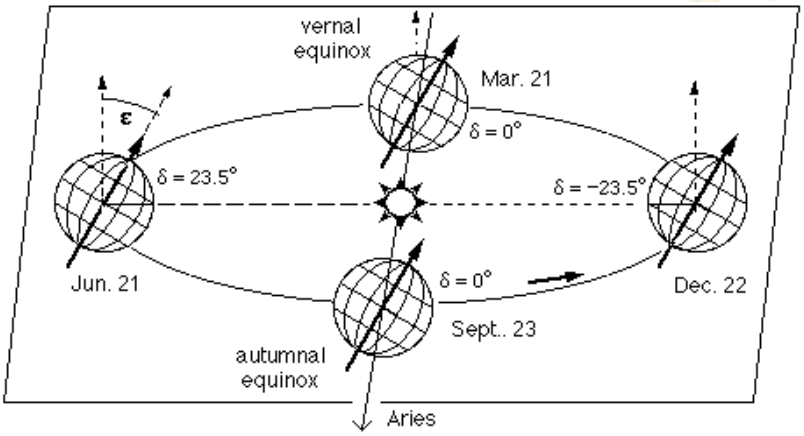


شكل (١) توزع كثافة فوتونات الإشعاع الشمسي بدلالة الطول الموجي وطاقة الفوتون

٣- موقع الأرض من الشمس:

تدور الأرض حول نفسها دورة كل (24) ساعة وتدور حول الشمس دورة كل (365.25) يوم أي سنة واحدة في مدار إهليلجي elliptical وينتج عن ذلك الفصول الأربعة (الخريف، الشتاء، الربيع، الصيف). وتبلغ أقرب مسافة بين الأرض والشمس (147.1 مليون كم) عندما تكون الأرض في الحضيض perigee وأبعد مسافة (152.1مليون كم) عندما تكون الأرض في الأوج apogee فيكون معدل المسافة (149.6مليون كم) .

وخلال دوران الأرض حول الشمس فإنها تدور حول محورها الذي يميل عن محور دورانها حول الشمس بزاوية مقدارها (23.5°) كل (45) دقيقة لتكمل الدورة في (24) ساعة تقريباً وينتج عن ذلك تعاقب الليل والنهار[43] كما هو موضح بالشكل (٢):



شكل (٢) العلاقة بين الشمس والأرض

تستقبل الأرض كمية هائلة من الطاقة على شكل إشعاع شمسي وبما يزيد عن عشرة آلاف ضعف من حاجة العالم الحالية من الطاقة، لذلك فإن الإشعاع الشمسي يعد مصدراً هاماً ورئيسياً للطاقة المتجددة. وإن منظومات تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة حرارية أو كهربائية تختلف عن باقي المنظومات الأخرى وذلك أن التحكم بكمية الطاقة المتوافرة أمر ليس بالسهل فهي متغيرة بصورة مستمرة وتحددها عدة عوامل أهمها مايلي[43]:

١. موقع الأرض من الشمس: تتغير شدة الإشعاع الشمسي تبعاً لموقع الأرض من الشمس ففي شهر حزيران يكون القطب الشمالي للأرض مواجهاً للشمس وبهذا تنطلق الأشعة الشمسية إلى الجزء الشمالي من الكرة الأرضية بصورة عمودية، أما في شهر كانون الأول فإن القطب الشمالي ينحرف بعيداً عن الشمس وتسقط الأشعة بصورة مائلة باعثة طاقة أقل.

٢. المسافة بين الأرض والشمس: وهي متغيرة لأن الأرض تدور حول الشمس في مدار إهليلجي.

٣. ميلان محور دوران الأرض: يميل محور الأرض (23.5°) عن مدارها حول الشمس والذي بدوره يعمل على توزيع الإشعاع الشمسي على سطح الأرض وبسببه يتغير طول الليل والنهار وتتغير فصول السنة الأربعة.

٤. صفاء الجو: إن الغازات المحيطة بالأرض وذرات الغبار والأبخرة المتعلقة بالجو تعمل على بعثرة الطاقة الشمسية أثناء مرورها عبر الغلاف الجوي، ويعتمد مقدار البعثرة على ظروف الجو .

٥. الموقع الجغرافي: بشكل عام يمكن القول بأن المناطق الواقعة على خطوط عرض قريبة من خط الإستواء يتوافر فيها الإشعاع الشمسي أكثر من غيرها.

٦. موقع اللاقط الشمسي: إن تواجد اللاقط الشمسي في مكان مزدحم بالعمران والأشجار قد يحول دون وصول الإشعاع المباشر direct radiation له.

٧. توجيه اللاقط: اللواقط الملاحقة tracking للشمس تستقبل إشعاع شمسي أكثر من غيرها، واللواقط المثبتة بميلان نحو الجنوب تستقبل إشعاع شمسي أكثر من اللواقط المثبتة أفقياً في مناطق نصف الكرة الأرضية الشمالي .

٨. الوقت في النهار والسنة: بشكل عام يستقبل اللاقط الشمسي وقت الظهيرة أكبر ما يمكن من الإشعاع الشمسي عن باقي أوقات النهار، وكذلك يتوافر الإشعاع الشمسي في فصل الصيف أكثر من غيره من الفصول لطول نهاره وقصر ليله.

الظروف الجوية: إن أهم العوامل الجوية المؤثرة على الإشعاع الشمسي هي السحب والتي تحجب ما يزيد عن (الغبار وبخار الماء والملوثات العالقة بالجو)

٤- وضع الطاقة على الصعيد العالمي:

٤- ١ الوضع الراهن للوقود التقليدي:

إن أهم مصدر من مصادر الطاقة حالياً هو الطاقة الأحفورية والتي تعد عصب مصادر الطاقة الحالية وتضم :

٩. الفحم بأنواعه المختلفة

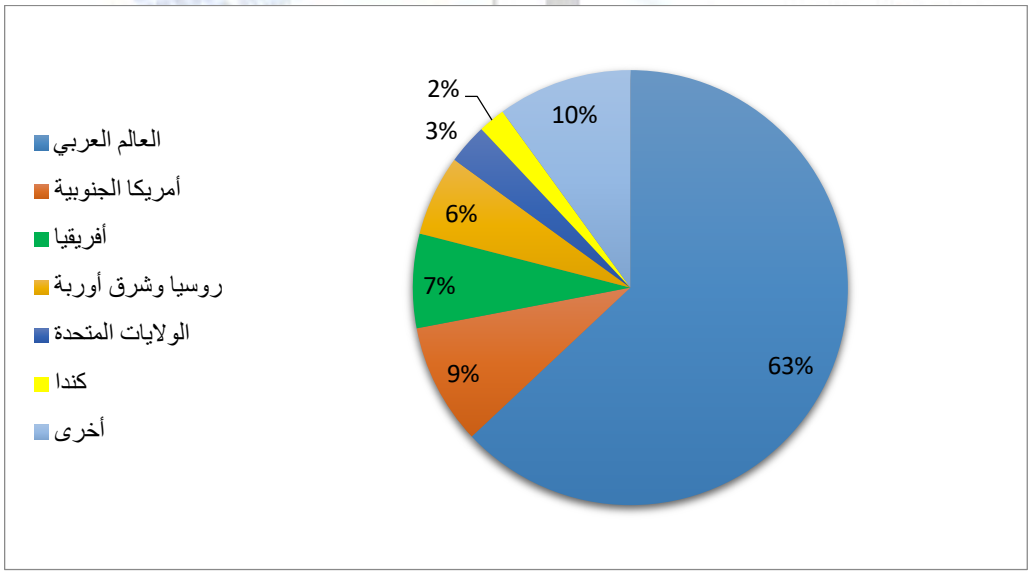
١٠. النفط

١١. الغاز

وتشترك مصادر الطاقة الأحفورية في أنها تتكون جميعاً من مواد هيدروكربونية (مركبات الكربون والهيدروجين) إضافة إلى نسب مختلفة من شوائب أخرى كالماء والكبريت والأكسجين والنتروجين وأكسيد الكربون وتختلف نسبة الكربون والهيدروجين في المصادر الأحفورية من مصدر إلى آخر حيث كلما ارتفعت نسبة الهيدروكربونات في المادة ارتفعت كمية الطاقة المخزونة فيها[45].

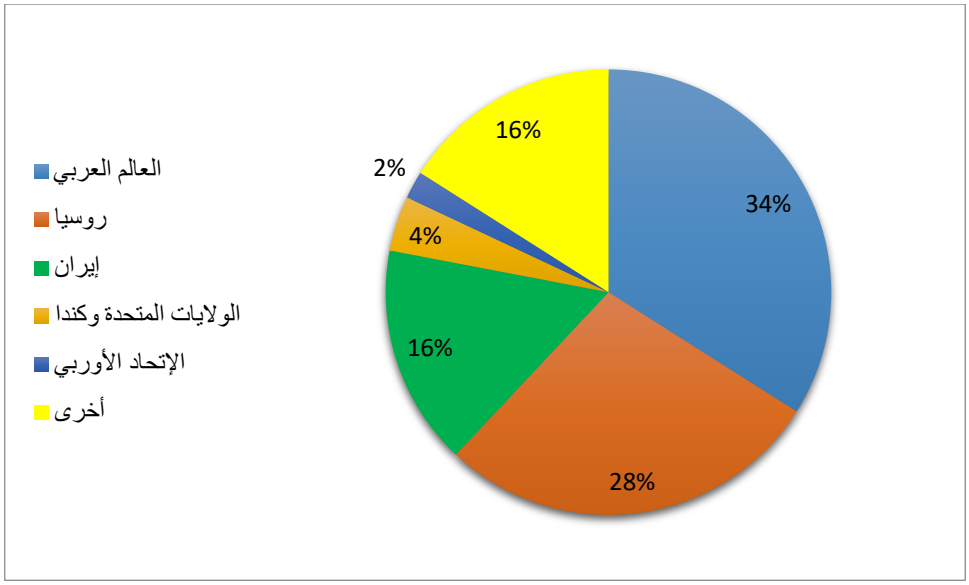
وتشير الدراسات إلى أن توزع الاحتياطي العالمي للطاقة التقليدية (الوقود الأحفوري) حتى عام /2007/:

من النفط: الاحتياطي العالمي المقدر ($1.3*10^{12}$) برميل موزعة كما في الشكل (٣)، حيث نلاحظ أن العالم العربي يملك أكبر نسبة من هذا الاحتياطي.



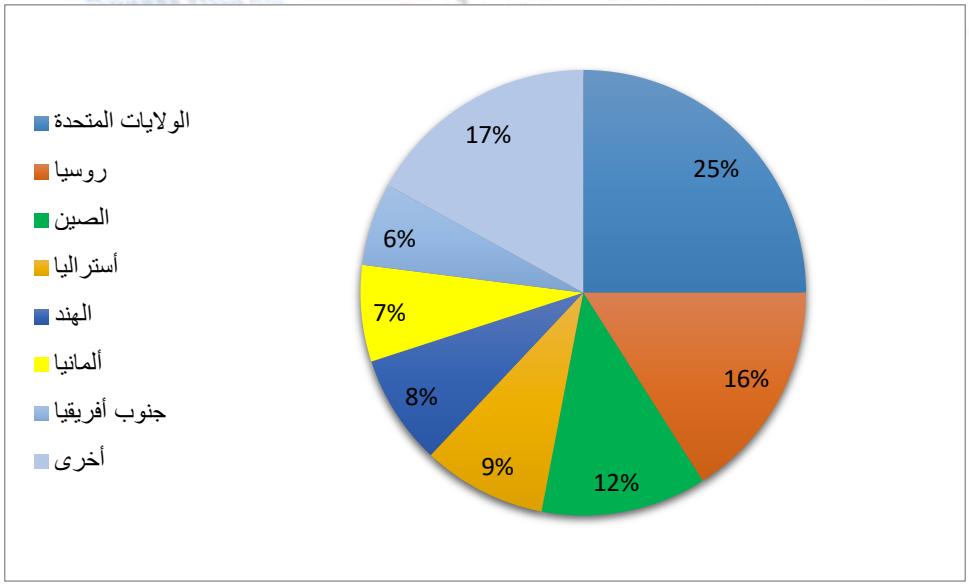
شكل (٣) الاحتياطي العالمي من النفط

من الغاز الطبيعي: الاحتياطي العالمي المقدر ($1.2*10^{12}$) برميل نفط مكافئ موزعة كما في الشكل (٤) حيث يملك الوطن العربي أكبر نسبة من هذا الاحتياطي.



شكل (٤) الاحتياطي العالمي من الغاز الطبيعي

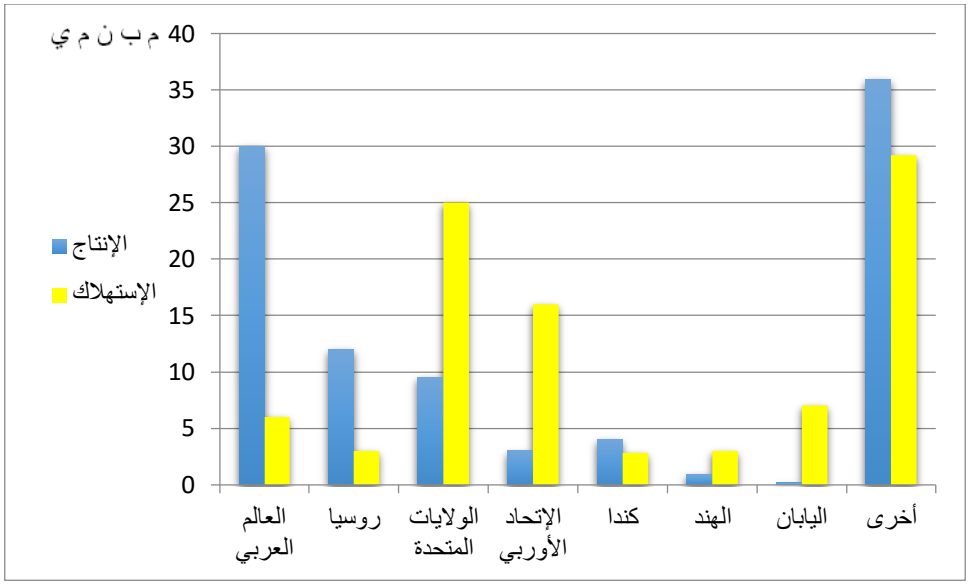
من الفحم: الاحتياطي العالمي المقدر($5.2*10^{12}$) برميل نفط مكافئ موزعة كما في الشكل(٥)، حيث تملك الولايات المتحدة أكبر نسبة من هذا الاحتياطي.



شكل (٥) الاحتياطي العالمي من الفحم

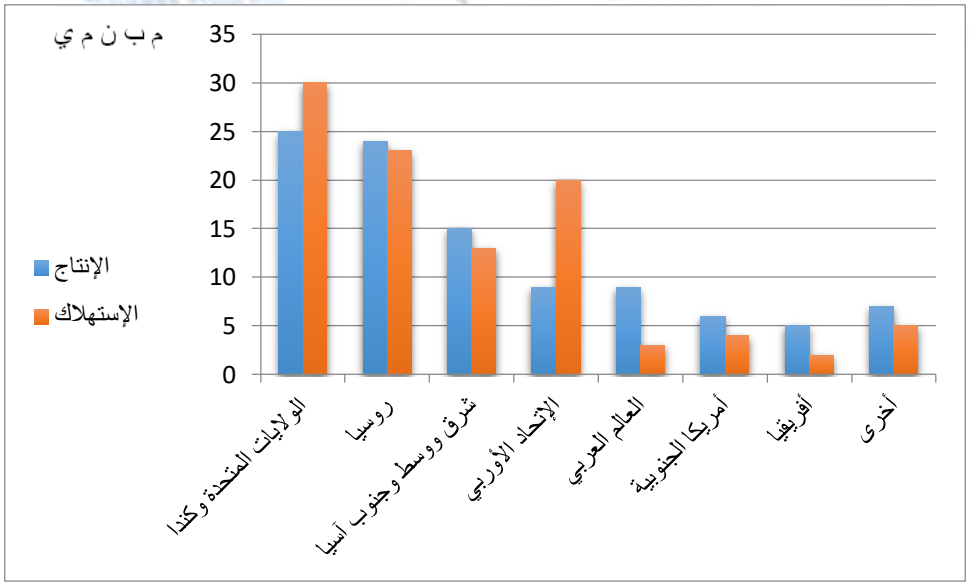
أما التوزع المناطقي لإنتاج واستهلاك الوقود الأحفوري لعام (2007) % من الإجمالي :

النفط (85.5) م ب ن م ي(مليون برميل نفط مكافئ في اليوم) موزعة كما في الشكل (٦)، حيث يبين الشكل أن العالم العربي أكبر منتج للنفط أما الولايات المتحدة فهي أكبر مستهلك له، أما اليابان فهي أقل منتج والهند وكندا أقل مستهلك.



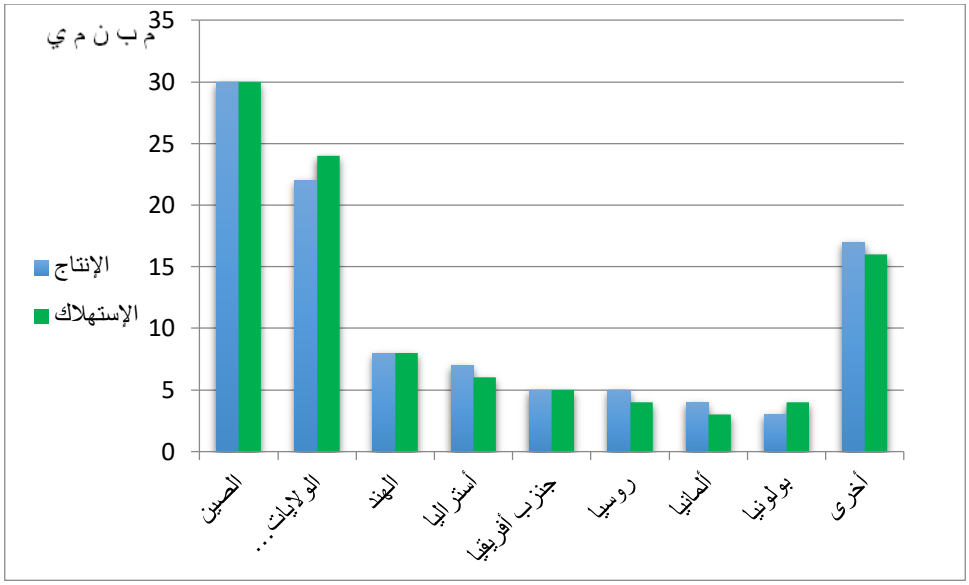
شكل (٦) التوزع المناطقي لإنتاج واستهلاك النفط م ب ن م ي

الغاز الطبيعي (51.75) م ب ن م ي موزعة كما في الشكل (٧)، حيث يظهر الشكل أن الولايات المتحدة هي أكبر منتج وأكبر مستهلك للغاز الطبيعي، أما أفريقيا فهي أقل منتج وأقل مستهلك.



شكل (٧)التوزع المناطقي لإنتاج واستهلاك الغاز الطبيعي م ب ن م ي

الفحم (56.5) م ب ن م ي موزعة كما في الشكل (٨)، حيث يبين الشكل أن الصين أكبر منتج ومستهلك للفحم كذلك فإن إنتاجها يساوي استهلاكها، أما بولونيا فهي أقل منتج وألمانيا أقل مستهلك.



شكل (٨) التوزع المناطقي لإنتاج واستهلاك الفحم م ب ن م ي

الاستهلاك العالمي لعام (2007) والمتوقع عام (2030) من الأنواع المختلفة للطاقة (مليون برميل نفط مكافئ في اليوم) مبينة في الجدول (1):

الجدول (1)

نوع الطاقة	لعام (2007)	لعام (2030)
وقود سائل	85.5	138
فحم	56.5	84
غاز طبيعي	51.75	80
نووي	13.5	23
كهرمائي +حرارة جوفية	11.65	14
كتلة حيوية	5	34
رياح	0.78	3
شمس (كهرباء+تسخين)	0.12	3

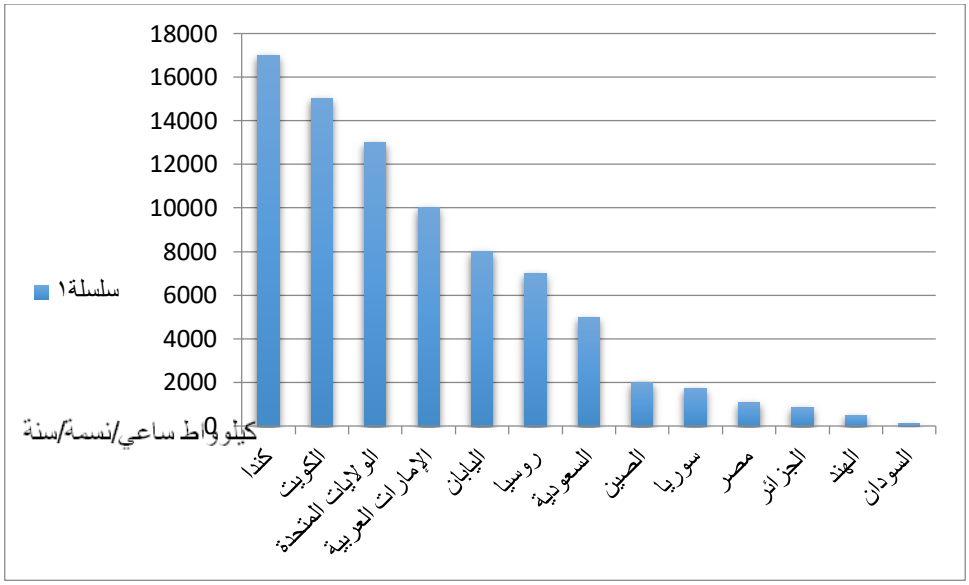
إجمالي الاستهلاك العالمي لعام (2007) يساوي (224.8) م ب ن م ي.

إجمالي الاستهلاك العالمي المتوقع لعام (2030) يساوي (379) م ب ن م ي.

نسبة الطاقة المتجددة المستهلكة عام (2007) تساوي (7.8) من الإجمالي.

نسبة الطاقة المتجددة المتوقعة عام (2030) تساوي (14.25) من الإجمالي.

الطاقة الكهربائية المستهلكة (كيلو واط ساعي/نسمة /سنة)من الطاقة الأولية عام (2007) كما في الشكل (٩):



شكل (٩)الطاقة الكهربائية المستهلكة كيلو واط ساعي / نسمة / سنة عام 2007

حيث يظهر الشكل السابق أن كندا أكبر مستهلك للطاقة الكهربائية بينما السودان أقل مستهلك لها.

الوسطي العالمي (2.600) كيلو واط ساعي /نسمة /سنة.

الوسطي العربي (2.150) كيلو واط ساعي /نسمة /سنة.

تقديرات فترات نضوب الاحتياطي العالمي من الوقود الأحفوري:

النفط : /35/ سنة.

الغاز الطبيعي : /50/ سنة.

الفحم : /200/ سنة[45].

٥- الطلب على الطاقة الكهربائية في الجمهورية العربية السورية:

لقد تزايد الطلب على الطاقة الكهربائية خلال السنوات السابقة بمعدل سنوي قدره (7.3%) وخلال الفترة (2001 حتى 2006) ازداد الطلب على الطاقة بما يعادل (44%) وقد بلغ الطلب الإجمالي على الطاقة خلال عام (2009) ما مقداره (44521) جيغا واط ساعي بنسبة زيادة سنوية مقدارها (5.9%) مقارنة مع عام (2008) حيث كانت (42022) جيغا واط ساعي [34]. ونظراً لصعوبة تحديد الطلب على الطاقة بدقة نتيجة التقنين الحاصل وعدم معرفة المشاريع الاستثمارية والخدمية الكبيرة التي سيتم تنفيذها ضمن الظروف السائدة حالياً بشكل فعلي فقد تم اعتماد نسبة نمو في الطلب مساوية إلى (5%) سنوياً وهذه النسبة توافق النمو الطبيعي للطلب على الطاقة دون الأخذ بعين الاعتبار المشاريع الكبيرة غير المتطورة التي قد تطرح، وتحول مضخات الآبار الزراعية للعمل على الكهرباء بدلاً من المازوت كما أنها توافق ازدياد الطلب على استطاعة الذروة الصيفية. ويبين الجدول (2) توقعات الطلب المستقبلي على الطاقة بفرض أن معدل التزايد هو (5%) سنوياً [47].

جدول (2) توقعات الطلب المستقبلي على الطاقة

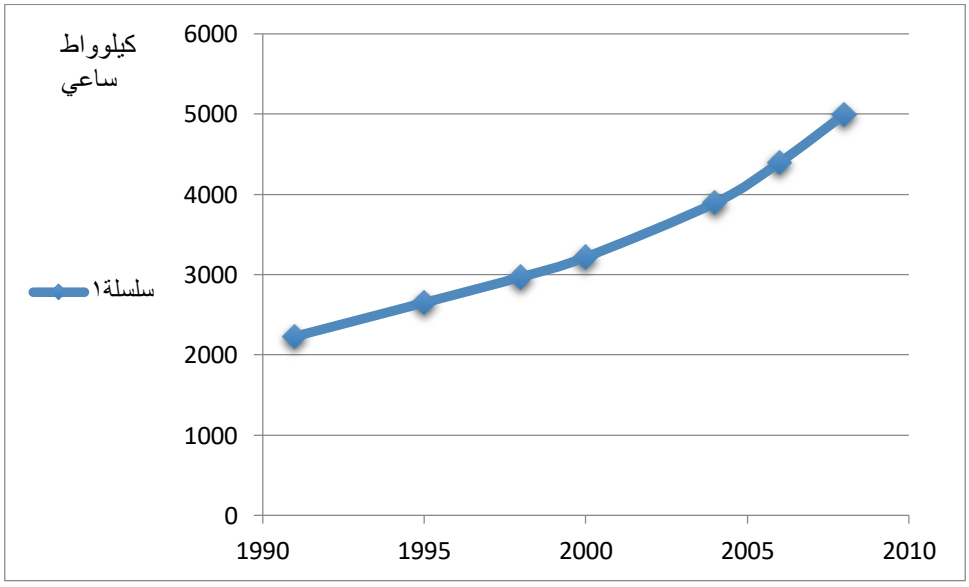
العام	الطلب الداخلي الإجمالي على الطاقة الكهربائية جيغا واط ساعي
2012	50350
2013	53000
2014	55650
2015	58432
2016	61353
2017	64420
2018	67641
2019	71000
2020	75000

ويعود سبب زيادة الطلب على الطاقة للأسباب التالية:

١٢. النمو السكاني المتزايد

١٣. النهضة والتطور العمراني والصناعي في البلاد

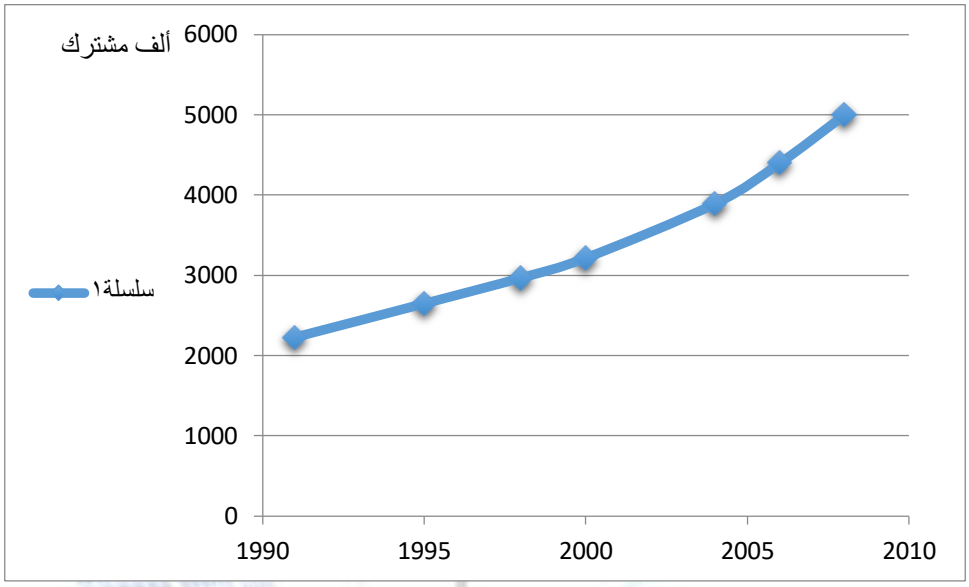
١٤. تطور وتنوع الأحمال الكهربائية في القطر نتيجة دخول التكنولوجيا العالمية المتطورة إلى البلد وبشكل خاص ما يتعلق منها بالجانب المعلوماتي والإتصالاتي وهذا ينعكس على زيادة استهلاك الفرد من الطاقة الكهربائية سنوياً ويبين الشكل (١٠) تطور استهلاك الفرد من الطاقة سنوياً.



شكل (١٠) تطور استهلاك الفرد من الطاقة سنوياً

حيث نلاحظ مدى زيادة استهلاك الفرد من الطاقة الكهربائية سنوياً.

كذلك يبين الشكل (١١) تزايد عدد المشتركين لدى قطاع الكهرباء سنوياً.حيث يبين الشكل زيادة عدد المشتركين لدى قطاع الكهرباء سنوياً.



شكل (١١) تزايد عدد المشتركين لدى قطاع الكهرباء سنوياً

٦- محطات توليد الطاقة الكهربائية :

توجد في سوريا أنواع مختلفة من محطات توليد الطاقة الكهربائية وسنقدم عرضاً مختصراً لتلك المحطات مع الاستطاعة التأسيسية المركبة في كل محطة [46].

١٥. محطات التوليد البخارية:

١٦. محطة توليد محردة وتتكون من مجموعتين باستطاعة مقدارها (2×150) ميغا واط وضعت بالخدمة منذ عام (1979)، بالإضافة إلى (2×165) ميغا واط و (1×30) ميغا واط غازي .

١٧. محطة توليد بانياس وتتألف من (4×170) ميغا واط وضعت بالخدمة منذ عام (1982).

١٨. محطة توليد قطينة وتعتبر من أقدم المحطات الكهربائية في البلاد وتتضمن حالياً مجموعات غازية باستطاعة مقدارها (3×30) ميغا واط بالإضافة إلى (1×64) ميغا واط بخاري أيضاً وهم جميعاً حالياً خارج الخدمة[46].

باعتبار محطتي التوليد في محردة وفي بانياس قديمتين نسبياً فقد قامت المؤسسة العامة لتوليد ونقل الطاقة الكهربائية بإعادة تأهيل أول مجموعتين من مجموعات محطتي بانياس ومحردة وهم

بالخدمة حالياً، وذلك بهدف زيادة الاستطاعة المتاحة إلى الحدود الاسمية وإعادة المؤشرات الفنية لأنظمة عملها المختلفة إلى حدود قريبة من تجارب الأداء وتخفيض الاستهلاك النوعي إلى مستويات قريبة من مستويات الضمان، كما تهدف إلى إطالة العمر الفني لتلك المجموعات وتخفيض إطلاق الغازات الملوثة للبيئة مثل (CO_2,SO_2) .

١٩. محطة توليد الزارة تتكون من ثلاث مجموعات بخارية باستطاعة مقدارها (3×220) ميغا واط وضعت بالخدمة عام (2000).

٢٠. محطة توليد جندر وتعمل بدارة مركبة باستطاعة اسمية مقدارها (110×4) ميغا واط وضعت بالخدمة منذ عام (1995) ومجموعتين بخارية (100×2) ميغا واط وتعمل بدارة مركبة .

٢١. محطة توليد حلب الحرارية وتتألف من خمس مجموعات توليد بخارية باستطاعة اسمية مقدارها (312×5) ميغا واط بالإضافة إلى مجموعة غازية باستطاعة مقدارها (30×1) ميغا واط وضعت بالخدمة عام (2000).

٢٢. محطة توليد تشرين البخارية وفيها مجموعتين غازيتين باستطاعة اسمية مقدارها (200×2) ميغا واط وضعت بالخدمة منذ عام (1995-1994) ومحطة توليد تشرين الغازية وفيها مجموعتين غازيتين باستطاعة اسمية مقدارها (100×3) ميغا واط وتعمل بدارة مركبة.

٢٣. محطة توليد الناصرية تتكون من ثلاث مجموعات غازية باستطاعة مقدارها (100×3) ميغا واط وضعت بالخدمة منذ عام (1996) ومجموعة بخارية (150×1) ميغا واط وتعمل بدارة مركبة وضعت بالخدمة عام (1997).

٢٤. محطة توليد زيزون وتتألف من ثلاث مجموعات غازية باستطاعة مقدارها (100×3) ميغا واط وضعت بالخدمة منذ عام (1996)، ومجموعة بخارية (150×1) ميغا واط تعمل بدارة مركبة وضعت بالخدمة عام (1997).

٢٥. محطة توليد دير علي وتتألف من مجموعتين غازيتين باستطاعة اسمية مقدارها (250×2) ميغا واط وضعت بالخدمة منذ عام (2008) ومجموعة بخارية (250×1) ميغا واط تعمل بدارة مركبة وضعت بالخدمة عام (2009) [46].

٢٦. محطات التوليد الكهرمائية:

يوجد في سورية ثلاث محطات كهرمائية أساسية على نهر الفرات هي [37]:

٢٧. محطة توليد سد الفرات وتتألف من ثماني مجموعات توليد باستطاعة اسمية (100×8) ميغا واط

٢٨. محطة توليد سد البعث وتضم ثلاث مجموعات باستطاعة اسمية مقدارها (25×3) ميغا واط .

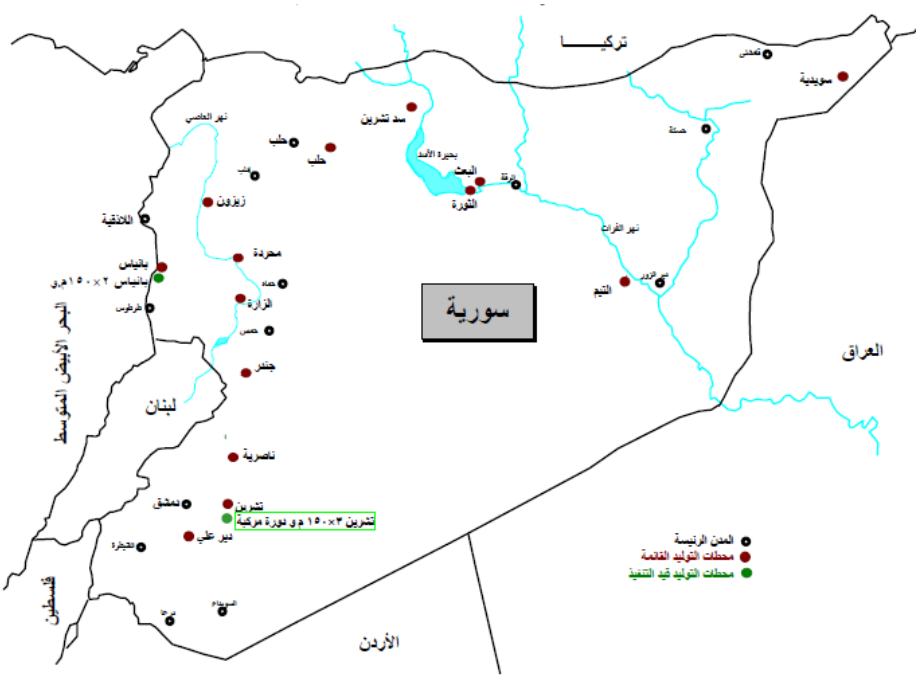
٢٩. محطة توليد تشرين المائية وتتألف من ست مجموعات باستطاعة مقدارها (105×6) ميغا واط وتم ربطها مع الشبكة العامة عام (2008).

٣٠. محطات التوليد الغازية:

٣١. محطة توليد السويدية وتتكون من خمس مجموعات توليد غازية باستطاعة مقدارها (30×5) ميغا واط وتقع قرب مدينة رميلان في محافظة الحسكة وضعت بالخدمة عام (1989).

٣٢. محطة توليد التيم وتتضمن ثلاث مجموعات غازية باستطاعة اسمية مقدارها (30×3) ميغا واط وتقع قرب مدينة دير الزور وضعت بالخدمة عام (1991)[46].

ويبين الشكل (١٢) التوضع الجغرافي لمحطات التوليد المختلفة على الخريطة الجغرافية للقطر العربي السوري.



شكل (١٢) التوضع الجغرافي لمحطات التوليد المختلفة على الخريطة الجغرافية لسورية

٧- المشاكل الناتجة عن الاستخدام المتزايد لمصادر الطاقة التقليدية:

إن معظم المشاكل الناتجة عن الاستخدام المتزايد لمصادر الطاقة التقليدية مشاكل بيئية وأهمها[45]:

٣٣. ارتفاع درجة حرارة المحيط الذي نعيش فيه حيث يعتقد معظم العلماء أن درجة الحرارة ترتفع بمعدل (0.3) درجة مئوية في كل عقد وذلك نتيجة لزيادة تركيز بعض الغازات في الجو ولا سيما غاز (CO_2) الذي يتحرر نتيجة حرق الوقود التقليدي.

٣٤. تساقط الأمطار الحمضية فبعض الغازات التي تتحرر عند احتراق الوقود، وبالأخص غاز ثاني أكسيد الكبريت وأكسيد النتروجين تتحد مع الماء في الجو مكونة حامض الكبريتيك وحامض النتريك. ونتيجة لهذا فإن أي مطر يتساقط على منطقة ما سيكون حامضاً مما يسبب تلفاً للنباتات وتفتيت بعض أجزاء الأبنية وصدأ للمعادن.

٣٥. تلوث البحار بواسطة النفط والإشعاع والمخلفات النووية إضافة إلى مشكلة تخزين النفايات النووية.

٣٦. حدوث المزيد من الثقوب بطبقة الأوزون مما يؤدي إلى نفاذ المزيد من الأشعة فوق البنفسجية والتي تؤدي إلى زيادة الإصابة بأمراض السرطان وخاصة سرطان الجلد.

إن كل ما ذكرناه سابقاً يحتم علينا البحث عن مصادر جديدة للطاقة تكون غير ناضبة وصديقة للبيئة، والعمل عل تطوير كفاءتها وتقليل أسعار منظومتها وهذه المصادر هي مصادر الطاقة المتجددة ونخص بالذكر الطاقة الشمسية Solar energy.

٨- العجز في تلبية الطلب على الطاقة والإجراءات المتبعة لتلافي هذا العجز:

إن الأسباب الأساسية لحدوث عجز في تلبية الطلب على الطاقة هي ما يلي [47]:

٣٧. زيادة الطلب على الطاقة الكهربائية

٣٨. التأخر في إنشاء محطات توليد جديدة

٣٩. تقادم محطات التوليد وظهور أعطال فجائية

٤٠. عدم إمكانية استيراد كميات كافية من الطاقة من البلدان المجاورة بسبب التعرض لظروف مشابهة لتلك التي تمر بها المنظومة الكهربائية السورية

٤١. انخفاض الموارد المائية.

وقد تم اتخاذ عدة إجراءات لتغطية هذا العجز وتلبية الطلب المستقبلي على الطاقة الكهربائية ومن أهم هذه الإجراءات[47]،[37]:

٤٢. تشييد محطات توليد حديثة وتوسيع المحطات العاملة لمواكبة تزايد الطلب على الطاقة الكهربائية إلا أن هذا الإجراء رافقه زيادة في استهلاك الوقود بكافة أنواعه في هذه المحطات، والجدول (3) يبين التطور في استهلاك الوقود حيث الواحدة هي (ألف طن مكافئ نفطي).

جدول (٣) التطور في استهلاك الوقود

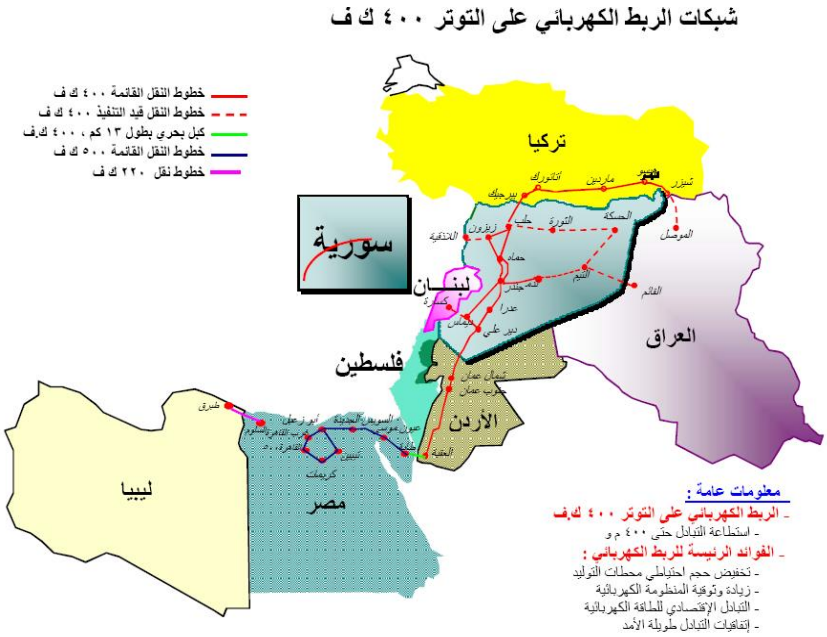
العام / نوع الوقود	2000	2002	2004	2006	2008	الزيادة أو النقصان بين 2004-2008
النفط الثقيل	2644	2282	2973	4284	5325	79% زيادة
الغاز الطبيعي	2479	2315	3070	3136	2859	39% زيادة
المازوت	11	8	4	4	6	50% نقصان
إجمالي الوقود المستهلك	5134	5605	6047	7423	8190	35% زيادة

٤٣. تطوير محطات التحويل الكهربائية حيث تطورت محطات التحويل السورية خلال الأعوام الأخيرة تطورات ملحوظة بما يتوافق مع زيادة الطلب على الطاقة وتجلت هذه التطورات بتشييد محطات جديدة ومتطورة من مختلف الأنواع لتوليد الطاقة وتوسيع المحطات العاملة وتطويرها وتحسين أداءها لتلبي متطلبات الاستهلاك المتزايدة ورافق هذه الزيادة والتطوير في عدد محطات التوليد ومحطات التحويل زيادة في أطوال خطوط شبكات النقل في سوريا.

- الربط الكهربائي مع الدول المجاورة: بالإضافة إلى الربط الكهربائي مع لبنان على التوتر (66Kv)، لقد تم تنفيذ ربط آخر مع لبنان على التوتر (230Kv). وكذلك تم أيضا الربط الكهربائي مع الأردن على التوتر (230Kv). في المرحلة الراهنة تمكنت وزارة الكهرباء السورية من تنفيذ الربط الكهربائي مع الدول المجاورة على التوتر (400Kv)، والذي يسمى بالربط السداسي لأنه يشمل ستة دول (سوريا – لبنان – العراق – الأردن – مصر – تركيا)، على الشكل (3-5) مبين مخطط شبكة الارتباط الدولية ذات التوتر(400Kv)، فالخط الموصل يمثل خطوط التوتر (400Kv)، التي تم تنفيذها ، بينما

الخط المنقط يشير إلى خطوط التوتر (230Kv)، ومن المتوقع تنفيذها خلال فترة زمنية قصيرة، كم انه تمت الموافقة على ربط المنظومة الكهربائية الليبية مع مشروع الربط السداسي والمنظومة الليبية قيد الربط مع المنظومات الكهربائية في دول المغرب العربي. إن استطاعة التبادل على شبكة الارتباط الدولية ذات التوتر (400Kv)، تصل حتى (400) ميغا واط، ويمكن تلخيص الفوائد الأساسية للربط الكهربائي بما يلي :

- تخفيض حجم الاحتياطي الدوار في محطات التوليد كل دولة
- زيادة وثوقية عمل المنظومة الكهربائية في كل دولة
- التبادل الاقتصادي للطاقة الكهربائية بين المنظومات الكهربائية المرتبطة مع بعضها البعض شكل (١٣):



الشكل (١٣) يبين شبكة الربط الكهربائي

٤٤. استخدام الطاقات المتجددة لتوليد الطاقة الكهربائية ونخص بالذكر الطاقة الشمسية وقد طرحت وزارة الكهرباء عدة مشاريع لإنتاج الكهرباء بالاعتماد على طاقة الشمس ابتداءً من إنارة الشوارع والحدائق باستخدام الطاقة الشمسية وصولاً إلى إنشاء محطات توليد وفقاً لمبدأ التحويل الكهروشمسي حيث تم وضع حجر الأساس لإنشاء شركة سورية أوكرانية لإنتاج الخلايا الكهرضوئية في المدينة الصناعية،كما تم تركيب محطة كهروشمسية مركزية في قرية زرزريتا حيث تم تصميم وتنفيذ المحطة بالتعاون بين مركز الدراسات والبحوث العلمية والوكالة اليابانية للتعاون الدولي JICA. وعليه نؤكد على أهمية البحث المتناول في هذه الأطروحة.

٩- توقعات السوق خلال الفترة القادمة (2007-2030):

٤٥. وصول معظم حقول النفط الرئيسية المنتجة إلى قمة إنتاجها بحلول عام /2012/ لتبدأ بعد ذلك بالتناقص السريع في الإنتاج.

٤٦. نضوب حوالي (90%) من حقول النفط الرئيسية المنتجة بحلول عام /2030/.

٤٧. ازدياد سعر النفط لحوالي (3-4) أضعاف سعره الحالي إن لم تحدث اكتشافات نفطية جديدة هامة.

٤٨. ازدياد استيراد أوربا والصين والهند للنفط ليصل إلى حوالي (90%) من الاستهلاك النفطي الإجمالي لهذه المناطق.

٤٩. تناقص إنتاج العديد من السلع والخدمات ذات الأصل الكربوني، وكذلك تناقص إنتاج الأسمدة الكيماوية وبالتالي الإنتاج الزراعي العالمي.

ازدياد سريع في إجمالي الاستثمارات المتوقعة في قطاع الطاقة على اختلاف أنواعها وخاصة الطاقة المتجددة[45].

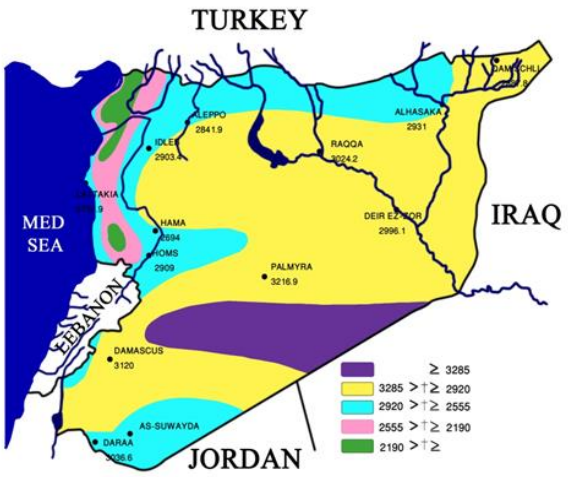
الإشعاع الشمسي:

١- الإشعاع الشمسي في سوريا:

يتلقى الوطن العربي قيماً عالية من الإشعاع الشمسي، إذ تشرق الشمس خلال العام قرابة (3300 ساعة) في جميع أنحائه وبهذا تكون الدول العربية أكثر دول العالم تأهيلاً لاستغلال هذا المصدر الدائم والنظيف للطاقة.

ويتمتع القطر العربي السوري بمستوى عال من الإشعاع الشمسي حيث يعتبر الحزام الشمسي لسوريا والذي تسقط عليه قدرة متوسطة من طاقة الإشعاع الشمسي هو تلك المنطقة التي تقع بين خطي عرض (°32+) درجة شمالاً و (°37+) درجة جنوباً بالنسبة لخط الاستواء، وبين خطي طول (°36) حتى (°39) شرق غرينتش.

وهذه المنطقة تتعرض لساعات شمسية تتراوح بين (2440 إلى 3200) ساعة سنويا [40]. كما يظهر الشكل (١٤):



شكل (١٤) ساعات السطوع الشمسي اليومي في سوريا (h/year)

ويبين الجدول (٤) عدد ساعات الإشعاع الشمسي اليومي في مناطق مختلفة من سوريا[40]:

جدول (٤) ساعات الإشعاع الشمسي اليومي في سوريا (h/year)

الشهر / المنطقة	كانون الثاني	شباط	آذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين أول	تشرين ثاني	كانون أول	Sum	Sum h/year
ادلب	3.1	5	6.4	8	9.8	12	11.9	11.2	9.9	7.7	6	4.3	95.3	2903.4
تدمر	5.3	6.6	8.4	8.4	9.9	11.9	12	11.3	9.7	8	6.4	5.1	103	3136.8
جبلة	4.3	5.6	6.4	7.8	9.5	11.1	11	10.4	9.9	7.9	6.5	5	95.4	2905.3
جرابلس	3.6	5.2	6.4	7.6	8.9	10.8	11.2	11	10.2	7.9	6	4.2	93	2832.8
حلب	3.2	4.9	6.2	7.9	7.9	11.9	12.2	11.6	10.2	7.7	5.7	3.9	93.3	2841.9
حماه	3.1	3.5	5.4	6.6	7.9	10	12.1	11.6	10.1	7.9	6	4.1	88.3	2694.1
حمص	3.7	5.4	6.5	7.9	10	11.8	11.7	10.9	9.6	7.8	6	4.2	95.5	2909
خرابو	5.2	6.6	7.3	8.6	10.3	12	11.9	11.3	10.2	8.5	6.3	5.1	103.3	3145.4
درعا	5.5	5.9	7.1	8.2	9.7	11.6	10.9	10.1	9.4	8.4	7.2	5.7	99.7	3036.6
دمشق (المطار)	5.3	6.7	7.1	8.3	10	11.8	11.7	11.2	10.1	8.2	7	5.1	102.5	3120.2
دمشق	5.4	6.8	7.4	8.7	10.3	11.7	12	11.7	10.6	8.7	7	5.1	105.4	3209
دير الزور	5.3	6.4	6.8	7.8	9.3	11.1	11.5	11	9.8	8	6.4	5	98.4	2996.1
سويداء	4.1	5.9	6.2	7.1	10.1	11.7	11.9	11.1	9.8	7.2	5.4	3.4	93.9	2859.2
عين الكروم	1.7	4.7	4.7	6.8	4.9	11.3	11.4	10.7	9.4	6.9	5.1	2.7	80.3	2442.6
الحسكة	4.3	5.6	6.7	7.7	9.2	11.6	11.7	11.2	9.9	7.8	5.8	4.4	95.9	2921.1
الكريم	2.4	4.4	5.9	7.1	9.4	11.6	11.9	11.2	9.9	7	4.8	3.8	89.4	2724.8
اللاذقية	3.9	5	6.2	7.4	9.2	10.6	10.2	9.9	9.4	7.8	6.2	4.7	90.5	2756.9

حيث نلاحظ من الجدول السابق أنه في شهري حزيران وتموز تتعرض المناطق لأكبر عدد من ساعات السطوع الشمسي، أما في شهري كانون الأول وكانون الثاني تكون عدد ساعات السطوع الشمسي أقل ما يمكن. كذلك نلاحظ من الجدول السابق أن منطقة حلب تتعرض لأكبر عدد من ساعات السطوع الشمسي (12.2 ساعة) في شهر تموز، بينما تتعرض منطقة عين الكروم لأقل عدد من ساعات السطوع الشمسي (1.7 ساعة) في شهر كانون الثاني.

أما القيمة المتوسطة للطاقة الشمسية الساقطة على مستو أفقي في سوريا فتقع في المجال (2000-7000 $kwh/m^2.d$) كما في الشكل (١٥). وإن أقصى معدلات الطاقة التي يمكن امتصاصها في هذه المناطق المثالية تتراوح بين (1700-1900 kwh/m^2) .

ويبين الجدول (٥) الإشعاع الشمسي اليومي الوارد على مستوى أفقي في مناطق مختلفة من سوريا[40]:

جدول (٥) الإشعاع الشمسي اليومي في عدة مناطق في سوريا ($kwh/m^2.d$)

الشهر / المنطقة	كانون الثاني	شباط	آذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين أول	تشرين ثاني	كانون أول	Average $Kwh/m^2.d$
ادلب	1.904	2.937	4.147	5.439	6.725	7.932	7.756	7.046	5.795	4.003	2.739	1.982	4.876
تدمر	2.507	3.486	4.465	5.710	6.827	7.926	7.836	7.144	5.794	4.224	2.945	2.265	5.102
جبلة	2.168	3.062	4.118	5.323	6.481	7.352	7.198	6.561	5.701	4.003	2.824	2.121	4.750
جرابلس	1.982	2.917	4.083	5.228	6.188	7.302	7.387	6.915	5.887	3.967	2.637	1.914	4.709
حلب	1.848	2.826	4.017	5.365	6.604	7.800	7.880	7.205	5.830	3.921	2.570	1.810	4.817
حماه	1.977	3.030	4.229	5.406	6.780	7.956	7.878	7.267	5.927	4.071	2.715	1.935	4.940
حمص	2.110	3.085	4.250	5.452	6.812	7.866	7.694	6.955	5.731	4.090	2.801	2.027	4.915
خرابو	2.510	3.499	4.584	5.818	7.044	8.026	7.881	7.252	6.117	4.474	2.965	2.297	5.213
درعا	2.695	3.391	4.590	5.683	6.784	7.818	7.355	6.656	5.784	4.494	3.314	2.543	5.100
دمشق (المطار)	2.775	3.754	4.710	5.752	6.739	7.458	7.341	6.811	5.775	4.338	3.295	2.543	5.263
دمشق	2.517	3.523	4.486	5.631	6.840	7.884	7.713	7.139	6.042	4.331	3.163	2.262	5.179
دير الزور	2.415	3.317	4.289	5.369	6.455	7.469	7.549	6.937	5.747	4.107	2.835	2.157	4.895
سويداء	2.406	3.454	4.351	5.403	7.130	7.944	8.135	7.269	6.016	3.975	2.799	2.023	5.084
عين الكروم	1.530	2.808	3.722	5.040	6.525	7.581	7.518	6.817	5.540	3.696	2.539	1.718	4.594
الحسكة	2.133	3.032	4.202	5.289	6.395	7.724	7.648	7.023	5.761	3.970	2.609	1.962	4.821
الكريم	1.776	2.804	4.004	5.109	6.472	7.667	7.682	6.996	5.749	3.734	2.451	1.871	4.702
اللاذقية	2.036	2.848	3.969	5.069	6.197	6.931	6.646	6.184	5.330	3.859	2.672	2.008	4.485

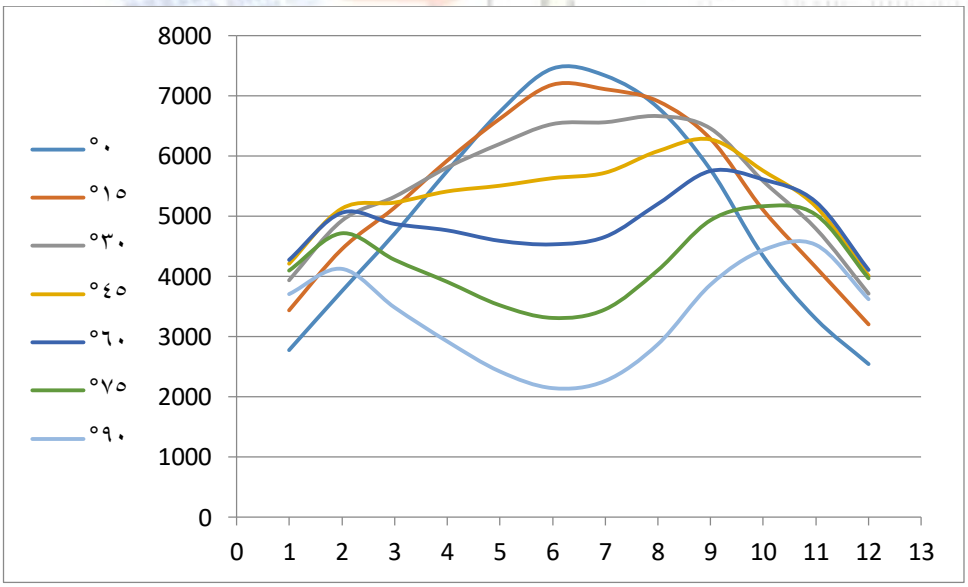
حيث نلاحظ من الجدول أن أكبر قيمة للإشعاع الشمسي تكون في شهري حزيران وتموز وأقل قيمة للإشعاع الشمسي تكون في شهري كانون الأول وكانون الثاني. كذلك نلاحظ أن أكبر قيمة للإشعاع الشمسي تكون في منطقة السويداء ($E=8.135kwh/m^2.d$) وأقل قيمة للإشعاع الشمسي تكون في منطقة عين الكروم ($E=1.530kwh/m^2.d$).

وتختلف قيمة الإشعاع الشمسي التي يتلقاها اللاقط الشمسي من فصل لآخر حسب زاوية ميل هذا اللاقط عن الأفق. وكما ذكرنا سابقاً فإنه لاستقبال أكبر إشعاع ممكن خلال فصل الصيف (حزيران، تموز، آب) يجب تقليل زاوية ميل سطح اللاقط عن الأفق، ولاستقبال أكبر إشعاع ممكن خلال فصل الشتاء (كانون الأول، كانون الثاني، شباط) يجب زيادة زاوية ميل سطح اللاقط عن الأفق. ويبين الجدول (٦) قيمة الإشعاع الشمسي التي يتلقاها اللاقط في كل شهر تبعاً لزوايا توجيه مختلفة في منطقة.

جدول (٦)قيمة الإشعاع الشمسي في كل شهر تبعاً لزوايا توجيه مختلفة

الشهر / زاوية التوجيه	كانون الثاني	شباط	آذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين الأول	تشرين الثاني	كانون الأول
0°	2775	3754	4710	5752	6739	7458	7341	6811	5775	4338	3295	2543
15°	3442	4455	5145	5924	6619	7184	7110	6912	6286	5105	4155	3209
30°	3934	4924	5322	5809	6201	6531	6561	6664	6457	5582	4792	3712
45°	4217	5130	5229	5414	5509	5634	5724	6082	6276	5756	5162	4017
60°	4273	5059	4873	4766	4591	4532	4658	5206	5756	5614	5240	4105
75°	4098	4715	4277	3911	3523	3313	3455	4103	4931	5163	5022	3969
90°	3703	4122	3482	2918	2418	2141	2260	2869	3860	4435	4521	3618

ويعطي الشكل (١٦) قيم الإشعاع الشمسي تبعاً لزوايا توجيه مختلفة:



شكل (١٦)قيم الإشعاع الشمسي تبعاً لزوايا توجيه مختلفة

٢- تخميد الإشعاع الشمسي في الغلاف الجوي: ينقسم الإشعاع الشمسي بشكل عام إلى ثلاثة أقسام [35]:

٥٠. الإشعاع الشمسي المباشر Direct solar radiation: وهو الإشعاع الساقط على سطح ما مباشرة من قرص الشمس .

٥١. الإشعاع الشمسي المنتثر أو المشتت Diffuse solar radiation: وهو الإشعاع الساقط على سطح ما بعد أن يتشتت خلال مروره بطبقات الجو، أو هو الإشعاع الذي انعكس وسقط على ذلك السطح.

٥٢. تخامد الإشعاع الشمسي في حالة صفاء الجو: عندما يكون الجو صافياً يستنزف الإشعاع الشمسي بالظروف التالية[43]،[19].

٥٣. امتصاصه من قبل بخار الماء وجزيئات الأكسجين وغاز الأوزون وثاني أكسيد الكربون وذلك حسب أطوال موجية معينة.

٥٤. التشتيت Scattering: يتكون الجو من العديد من الهباءات (جزيئات بعض الغازات) غبار، قطرات من الماء وهكذا. ولكن حجم الفراغ الكائن بين الهباءات أكبر بكثير من حجم الهباءات نفسها. كل هباءة تعمل كعائق أمام سير الإشعاع تعيق تقدم الإشعاع وتغير اتجاهه إلى كل ناحية. وهذا ما يسمى بالتشتيت وهناك نوعان للتشتيت :

٥٥. تشتيت رالي Rayleigh Scattering: ينتج من أثر جزيئات الهواء أو الغازات التي أحجامها صغيرة جداً مقارنة مع أطوال موجات الإشعاع الشمسي.

٥٦. تشتيت ماي Mie Scattering: ينتج من أثر جزيئات أكبر من طول موجة الإشعاع مثل جزيئات الغبار التي هي أكبر من جزيئات الهواء ويختلف تركيزها من مكان إلى آخر وحسب ارتفاعها من وقت لآخر لذلك فإنه من الصعب حساب مقدارتشتيت ماي رياضياً. وعندما يضم الهواء كميات كبيرة من القطرات والغبار يصبح التشتيت غير انتقائي أي أنها تشتت جميع الأمواج وهكذا تصبح السماء أقل زرقة وأكثر بياضاً. وبالإجمال فإن حوالي (12%) من الإشعاع المتجه نحو الأرض يتشتت، وإن نصف الإشعاع المبعثر يعود إلى الفضاء الخارجي. وعندما يحدث استنزاف للإشعاع الشمسي بالتشتت والامتصاص فإن جزءاً من الطاقة الإشعاعية يتحول إلى طاقة حرارية فيفقد جزء منها ويتجه الجزء الآخر للأسفل على شكل إشعاع منتثر.

٥٧. تخامد الإشعاع الشمسي في الجو الغائم[43]،[19]: يواجه الإشعاع الشمسي عائقاً آخر في طريقه إلى سطح الأرض وهو السحب ويكون الاستنزاف للإشعاع الشمسي والجو غائم أكبر ما يمكن و حيث أن معظم الإشعاع ينعكس للخارج نحو الفضاء وجزء منه تمتصه السحب وينبعث الجزء المتبقي للأسفل نحو الأرض على شكل إشعاع منتثر diffuse radiation إن معظم أنواع السحب ذات إنعكاسية جيدة وامتصاصية قليلة للطاقة المشعة. وإن قدرة السحب على عكس الإشعاع تعتمد على كثافة السحب وعلى حجم جزيئات السحب هل هي قطرات ماء أم ثلج. وإن إنعكاسية السحب قد تقل عن (50%) وقد تزيد لتصل إلى (80%) ولا يزيد ما تمتصه السحب من الإشعاع الواصل إليها عن (10%) وإن معظم مالا تعكسه الغيوم يخترقها.

٥٨. معامل انعكاس الأرض (البيدوPgroun (albedo:عندما يصل الإشعاع إلى الأرض يتأثر بها أيضاً، وسطح الأرض عاكس رديء وتعتمد عاكسية الأرض على نوع التربة، ويستقبل اللاقط الشمسي الإشعاع الشمسي الكلي global من السماء كما يستقبل الإشعاع الشمسي المنعكس من الأرض. إن مقدار الإشعاع المنعكس من الأرض يعتمد على Pgroundمعامل انعكاس الأرض وتتراوح قيمته بين (0.2) للحالة العادية و(0.7) عند تواجد الثلوج [43]،[19].

الفصل الثاني

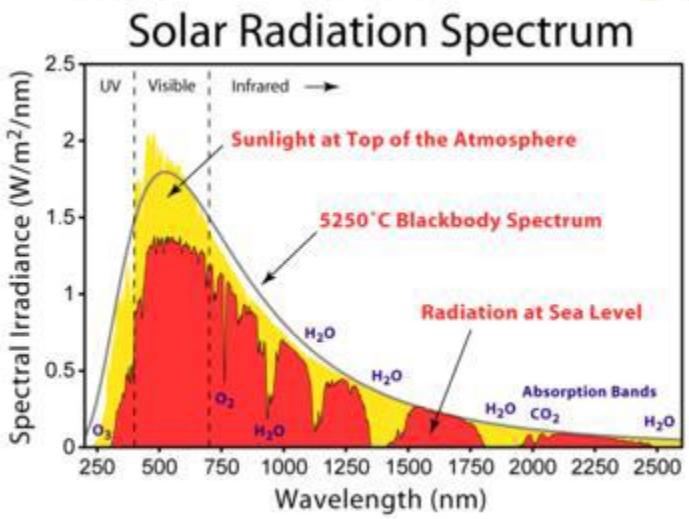
التحويل الكهروشمسي

١- الإشعاع الشمسي.

إن الإشعاع الشمسي الساقط على الغلاف الجوي يتكون من مدى عريض من الحزم الموجبة إلا أن يقارب من 98 % منه يتكون من ثلاثة أنواع من الأشعة هي: الأشعة البنفسجية (2 %) ، والأشعة المرئية والإشعاع المستفاد منه هو فقط في مجال PV(49.6 %) والأشعة تحت الحمراء (44 %).

لذا فإن أعلى شدة للإشعاع الشمسي تقع في مجال الضوء المرئي وتبلغ قيمة معدل الإشعاع الشمسي الساقط على المحيط الخارجي للأرض $1367\ W/m^2$ ويُعرف هذا الرقم "بالثابت الشمسي". يتعرض الاشعاع الشمسي أثناء مسيره في الغلاف الجوي إلى سطح الأرض إلى عمليات انتثار وامتصاص من قبل مكونات الغلاف الغازي ومنا الغازات المختلفة وذرات الغبار وبخار الماء المحيط بالكرة الأرضية.

نلاحظ أن 20.2 % من طاقة الطيف ضائعة لأن موجتها أطول من $1.11\ \mu m$ وطاقتها أقل من $1.12\ ev$، وكذلك 30.2 % من الطاقة شائعة كونها فائضة عن الطاقة الكافية لتحرير الكترون، والباقي 49.6 % هو النسبة العظمى الممكن الاستفادة منها من قبلا خلايا السيلكون وبالتالي فإن تركيب السيلكون البلوري لا يسمح بتجاوز المردود النظري 50 % وبالتالي يجب التوفيق بين الطيف الشمسي والمواد المستخدمة في تصنيع الخلايا الكهرو شمسية.



الشكل (١٧): الاشعاع الشمسي

٢- الإشعاع الشمسي المباشر والمنتشر.

عندما تصل الأشعة الشمسية إلى الغلاف الجوي للأرض فإن قسماً من الإشعاع ينتشر. يصل قسم من الإشعاع المنتشر إلى الأرض في كل الاتجاهات، وبدونه ستبدو السماء سوداء اللون. كما أن قسماً من الإشعاع يصل إلى الأرض مباشرة ويسمى بالإشعاع المباشر. ومجموع الإشعاعين المباشر والمنتشر يسمّى

الاشعاع الشمسي الكلي (Total Solar Radiation).

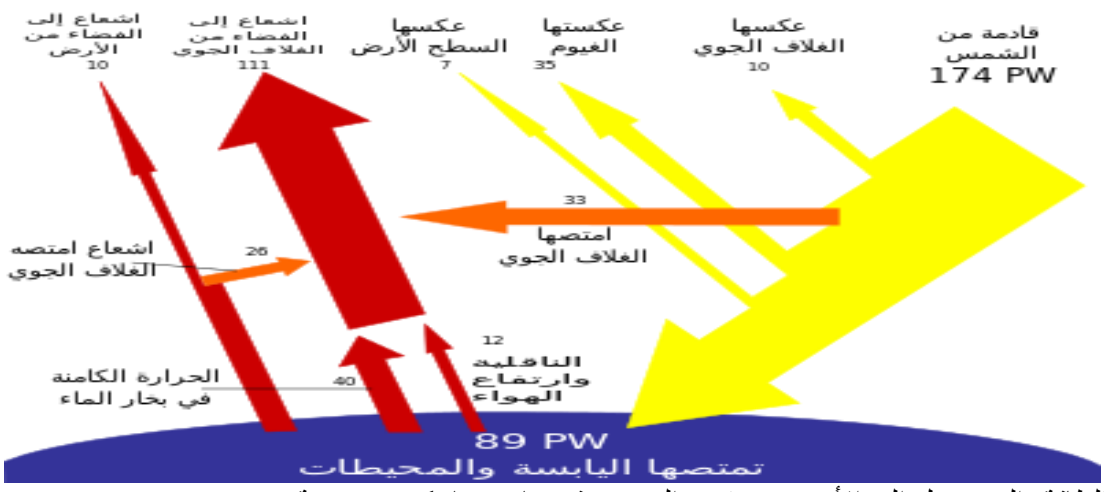
يمكن أن تزيد كثافة طاقة الإشعاع الشمسي في الأيام الصافية عن $1\ kw/m^2$.

يبين الشكل مختلف عمليات الانتشار والامتصاص التي يتعرض لها الاشعاع الشمسي في الغلاف الجوي.

يستفاد من الإشعاع المباشر في المنظومات التي تعمل بدرجات حرارية عالية والمستخدمة في توليد الطاقة الكهربائية (مركزات وعواكس)، كما يستفاد من الإشعاع المباشر والمنتشر في التطبيقات الحرارية وفي التحويل الكهروشمي

- تتغير شدة الاشعاع تبعاً لموقع الأرض من الشمس، ففي شهر حزيران يكون القطب الشمالي للأرض مواجها للشمس، وبهذا تنطلق الأشعة الشمسية إلى الجزء الشمالي من الكرة الأرضية بصورة عمودية، أما في شهر كانون الأول فإن القطب الشمالي ينحرف بعيداً عن الشمس، وتسقط الأشعة بصورة مائلة باعثة طاقة أقل.

على الأرض – فإن الإشعاع يمر بطريق أطول خلال الغلاف الجوي وبذلك تبعثر وامتصاص الإشعاع، فمثلاً عندما تكون الشمس بزاوية مقدارها ٦٠ درجة من الوضع العمودي (سمت الرأس) فإن كثافة



الطاقة التي تصل إلى الأرض تنخفض إلى ربع قيمتها عندما تكون عمودية.

الشكل (١٨):الاشعاع الشمسي المباشر والمنتشر

٣- زاوية الميل والاتجاه:

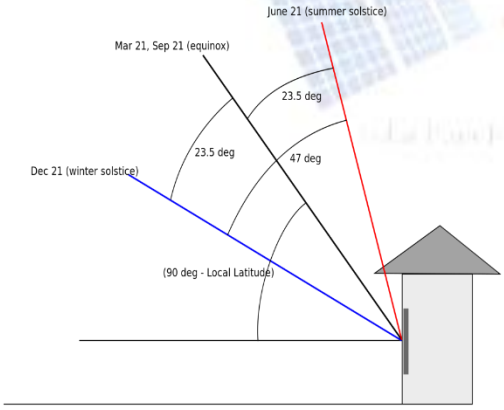
لاستقبال أكبر كمية من الإشعاع الشمسي على سطح ما، يتم وضع السطح المستقبل بشكل مائل على الأفق بحيث يكون الاشعاع الشمسي عمودياً على السطح، وتعتمد زاوية الميل على خط العرض للمنطقة

وعلى الوقت خلال أيام السنة، فمثلاً إذا كان السطح المستقبل يميل بزاوية مساوية لخط العرض فإن الإشعاع الشمسي يكون عمودياً على السطح في منتصف النهار خلال شهري آذار وأيلول (عند الاعتدال

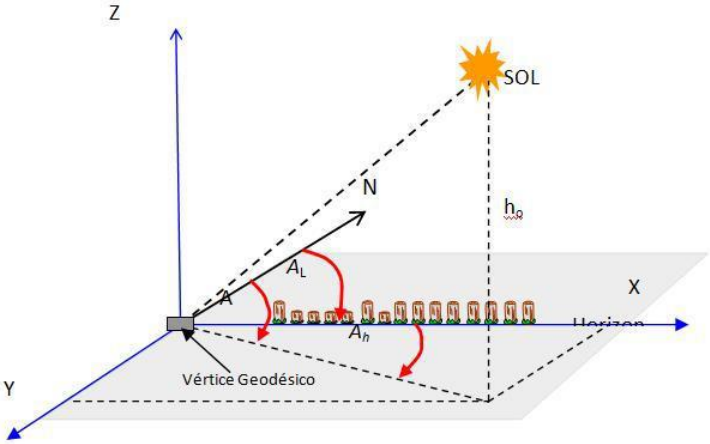
الربيعي والاعتدال الخريفي)، ولاستقبال أكبر إشعاع ممكن خلال فصل الصيف يجب تقليل زاوية ميل السطح وعلى العكس يجب زيادتها في فصل الشتاء.

يتم عادة نصب السطوح بزاوية أقل من خط العرض بمقدار عشرة درجات خلال فصل الصيف، أما خلال فصل الشتاء فإن السطوح تنصب بزاوية ميل أكبر من خط العرض بعشرة درجات.

بالنسبة لاتجاه السطح المستقبل فيجب أن يكون اتجاهه نحو الجنوب في نصف الكرة الشمالي.



شكل (١٩): زاوية الميل والاتجاه

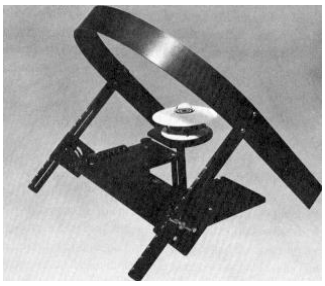


شكل (٢٠): زاوية الميل والاتجاه

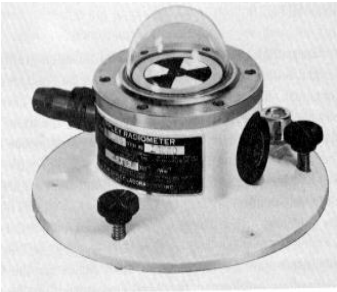
٤- طرق قياس الإشعاع الشمسي:

يقاس الإشعاع الشمسي الكلي بجهاز يدعى البيرانوميتر (Pyranometer) وهو جهاز مخصص لقياس شدة الإشعاع الشمسي المباشر والمنتشر الواصل من جميع أنحاء القبة السماوية.

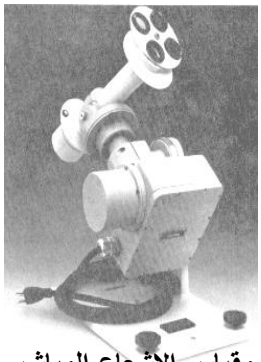
يمكن أن يستخدم هذا الجهاز على سطوح مائلة مما يعني بأنه سيستقبل في هذه الحالة الإشعاع المنعكس عن سطح الأرض، ويقاس المباشر (العمودي) بجهاز بيرهيليومتر (Pyrhliometer) وهو جهاز شبيه بالمنظار الفلكي (التلسكوب)، يوضع على الجهاز يتبع الشمس في حركتها خلال اليوم، أما الإشعاع المنتشر فقياس بنفس جهاز قياس الكلي بعد حجب الإشعاع المباشر عن عنصر القياس بواسطة شريط على شكل قوس لتوليد الظل على جهاز البيرانوميتر.



مقياس شده الإشعاع المنتشر



مقياس شده الإشعاع الكلي
(البيرانوميتر)



مقياس الإشعاع المباشر
(البيروليوميتر)

شكل (٢١): أجهزة القياس

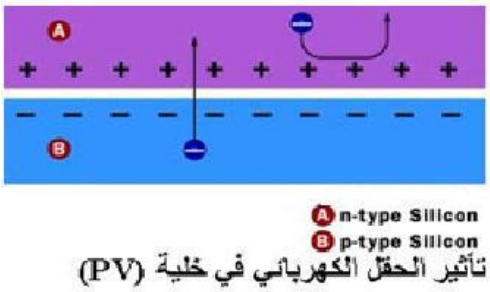
٥- أنصاف النواقل:

٥ ــ ١ امتصاص الضوء وتوليد حوامل الشحنات:

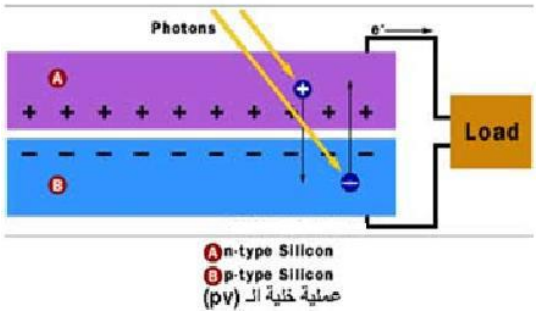
يمكن لأنصاف النواقل أن تمتص الفوتونات ذات الطاقة الأكبر من المجال المحظور $(hv > E_g)$ تُستهلك طاقة الفوتون في ربع إلكترون من عصبة التكافؤ إلى عصبة الناقلية وبالتالي يتم توليد إلكترون واحد وثقب واحد.

إن كل فوتون طاقته أكبر من E_g لن يكون قادراً على توليد أكثر من زوج واحد فقط فيما تتبدد الطاقة

الفائضة على شكل حرارة، أما الفوتونات ذات الطاقة الأصغر من E_g فإن نصف الناقل لا يمتصها عموماً ولا يمكنها توليد حوامل شحنات حرة.



شكل (٢٢): انتقال حوامل الشحنة



شكل (٢٣): انتقال حوامل الشحنة

٥ ــ ٢ المتصل الثنائي:

عند وضع نصف ناقل من النوع n على تماس مع نصف ناقل من النوع p، فإن الفرق في تركيز الإلكترونات والثقوب على جانبي منطقة التماس، يؤدي إلى انتشار إلكترونات من الطرف n إلى الطرف p وانتشار ثقوب في الاتجاه المعاكس.

يؤدي هذا الانتشار إلى ظهور شحنات موجبة ثابتة في الجانب n وشحنات سالبة ثابتة في الجانب p. ينشأ عن هذه الشحنات حقلاً كهربائياً داخلياً عند منطقة التماس وبالتالي ينشأ كمون تماس يساوي

$$V_d = \frac{kT}{q}\ln\left(\frac{N_a N_d}{n_i^2}\right).$$

تُسمى المنطقة التي تحوي على الشحنات السالبة والموجبة الثابتة بمنطقة الاستنزاف أو منطقة الشحنة الفراغية.

عند تحييز المتصل الثنائي أمامياً بواسطة جهد خارجي V يبدأ حقن الإلكترونات في المنطقة p وحقن الثقوب في المنطقة n ، وينشأ تيار كهربائي في الدارة الخارجية.

تعطى علاقة التيار بجهد التحييز الخارجي لمتصل مثالي بالعلاقة:

$$I_D = I_S\left[\exp\left(\frac{qV}{kT}\right) - 1\right]$$

ولأخذ التباين الحاصل نتيجة العمليات التكنولوجية خلال التصنيع يضاف الحد n بحيث تصبح العلاقة

على الشكل:

$$I_D = I_s\left[\exp\left(\frac{qV}{nkT}\right) - 1\right]$$

يسمى n عامل المثالية وتتراوح قيمته بين ١ و ٢ ، أما الحد $\frac{kT}{q}$ فيمثل الجهد الحراري ويساوي $\frac{kT}{q} = 25{,}85\ mV$ عند الدرجة 25°C. المنحني المميز $I\ (V)$ للمتصل في حالتي التحييز الأمامي والعكسي.

٦- الخلايا الكهروشمسية:

الخلية الشمسية عبارة عن متصل ثنائي ذو سطح كبير يحول طاقة الإشعاع الشمسي الوارد مباشرةً إلى طاقة كهربائية مستمرة (DC). تشكل الخلايا الشمية المصنوعة من السيليكون البللوري حوالي 80 %
من الخلايا الشمية المستخدمة حالياً. يبين الشكل أنواع مختلفة من الخلايا الكهروشمسية.

شكل (٢٤): الخلايا الشمسية

عند سقوط ضوء الشمس على المتصل p-n فإنه يتم امتصاص الفوتونات الساقطة مشكلة أزواج ثقوب – الكترونات ، وعند وصول هذه الشحن لمنطقة الإستنزاف على طرفي المتصل مباشرة، فإن الحقل الكهربائي في هذه المنطقة سيدفع الثقوب إلى الطرف الموجب p والإلكترونات إلى الطرف n وتتجمع الثقوب والإلكترونات على طرفي المتصل مولدة جهد كهربائي يمكن الاستفادة منه لتمرير تيار لحمل خارج موصول على قطبي الخلية عند وصل طرفي الخلية خارجياً بسلك فإن الشحنات المتراكمة على طرفي الخلية ستبدأ بالحركة وبالتالي ستشكل تياراً كهربائياً I_L في اتجاه تيار التحييز العكسي ويعطى

التيار الكلي بالعلاقة:

$$I = I_L - I_D = I_L - I_S\left[\exp\left(\frac{qV}{nkT}\right) - 1\right]$$

وهذا التيار هو المجموع الجبري للتيارين الضوئي وتيار المتصل الثنائي.

٧- أنواع الخلايا الكهروشمسية المستخدمة عملياً.

٧ – ١ خلايا سيليكونية وحيدة البللورة: Mono crystalline Si PV Cells أعلى مردود 25 % .

شكل (٢٥): خلايا سيليكونية وحيدة البللورة

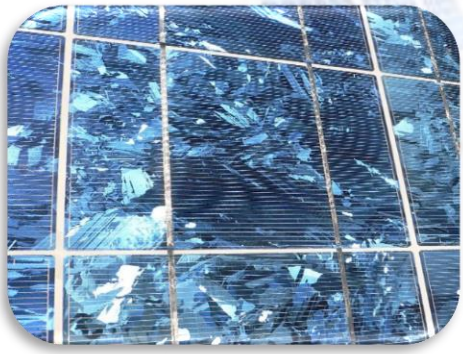
- يصنع Si بطريقة التشخرالسكي غالباً. في هذه الطريقة: ينمى Si على بذرة، تُسحب ببطء من مصهور Si.

للحصول على قضبان، تُقطع إلى شرائح سمكها: $0,2 - 0,4\ mm$.
تخضع الشرائح (الأقراص) إلى مجموعة من العمليات، منها: الصقل والتنظيف والاشابة والتعدين وطبقة AR. تستهلك طاقة كبيرة.

٧ – ٢ خلايا السيليوكنية متعدد البللورة: Multi crystalline Si PV Cells أعلى مردود 20,4 % .

☆- يُبرد مصهور Si ببطء، فنصحل على مكعب من Si، يُقطع شرائح مربعة ويخضع لنفس العمليات السابقة.

☆- داخل Si، توجد مناطق بلورية (حبيبات) مفصولة عن بعضها بسطوح. تسبب الضياعات عند هذه السطوح انخفاضاً في المردود، مقارنة مع أحادية البلورة. رغم ذلك، يزداد استخدامها لانخفاض تكلفتها.



شكل (٢٦): خلايا السيليوكنية متعدد البللورة

٧ – ٣ لاقط سيليكون غير بللوري: Amorphous Si PV أعلى مردود 16.7 % .

لتجنب الاستهلاك الكبير للطاقة، والضياعات الناتجة عن التقطيع إلى شرائح، طُورت طريقة الطور البخاري، حيث يجري توضيع غشاء رقيق من Si على حامل، ثمّ يُشاب لاحقاً. ما نحصل عليه هو Si اللابلوري.

<u>لهذه التقنية سلبيان:</u>

- مردود تحويل أصغر بكثير من البلورية.

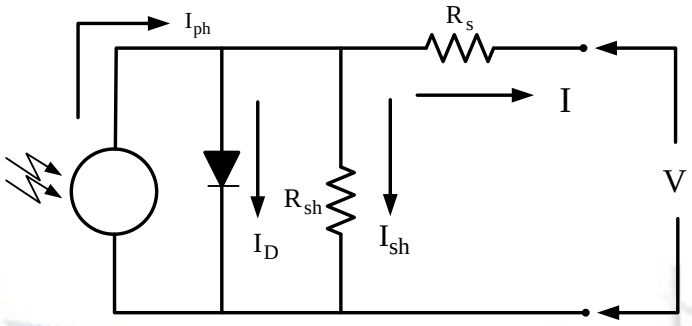
- تخرب الخلية خلال الشهر الأول من عملها، مما يؤدي إلى انخفاض آخر في المردود.

يعوض هذه السلبيات: بساطة طريقة التصنع وانخفاض تكلفتها، وإمكانية تصنيع خلايا كبيرة، واستهلاك أقل للطاقة.

٨- الدارة المكافئة للخلية الشمسية:

تتكن الدارة المكافئة للخلية الكهروشمسية البسيطة من دايود حقيقي مع منبع مثالي كما مبين في الشكل، يولد منبع التيار تياراً طرداً مع شدة الإشعاع الشمسي الساقط عليه. تتميز الخلية الشمسية بمتغيرين هما تيار القصر I_{sc} وجد الدارة المفتوحة V_{oc} . مميزات الفولت – أمبير للخلية في هذه الحالة بالعلاقة:

$$I = I_L - I_0\left[\exp\frac{q(V+IR_s)}{nkT} - 1\right] - \frac{V+IR_S}{R_{sh}}$$



شكل (٢٧): الدارة المكافئة للخلية الشمسية

إن تيار الحمل $I = I_{sc} - I_d$

حيث $I_d = I_o\left(e^{\frac{qV_d}{AkT}} - 1\right)$

باستبدال قسمة I_d من العلاقة $I = I_{sc} - I_o\left(\frac{I_{sc}}{I_o} + 1\right)$

عند فتح الدارة فإن التيار يساوي الصفر ويمكننا حساب جهد الدارة المفتوحة من العلاقة:

$$V_{oc} = \frac{kT}{q}\ln\left(\frac{I_{sc}}{I_o} + 1\right)$$

عند درجة الحرارة ٢٥ درجة مئوية تصبح العلاقتين:

$$I = I_{sc} - I_o(e^{38.5V} - 1)$$

$$V_{oc} = 0{,}0257\ln\left(\frac{I_{sc}}{I_o} + 1\right)$$

وبإدخال المقاومة التفرعية R_p التي تمثل التسريب ويفضل أن تكون لا نهائية ليكون تيار التسريب مساوياً للصفر.

وبإدخال المقاومة التسلسية R_s التي تمثل مقاومة الخلية (مقاومة المادة النصف ناقلة) ومقاومة أقطاب توصيل الخلية نفسها ويفضل أن تكون قريبة من الصفر. الدارة المكافئة لخلية كهروشمسية عندئذ تعطى علاقة الجهد والتيار كما يلي:

$$I = I_{sc} - I_o\left[e^{38.5(V-IR_s)} - 1\right] - \frac{1}{R_s}(V - IR_S)$$

٩- مميزة الفولط امبير للخلية الشمسية:

يلاحظ من المميزة وجود قيمتين مميزتين للخلية الشمسية هما تيار القصر (I_{sc}) وجهد الدارة المفتوحة (V_{oc})

٩ – ١ تيار القصر (I_{sc}): هو تيار الخلية الشمسية الموافق لقصر طرفي الخلية خارجياً (حمل $R_l = 0$)، وبالتالي فإن الجهد على طرفي الخلية $V = 0$.

وتصبح معادلة التيار:

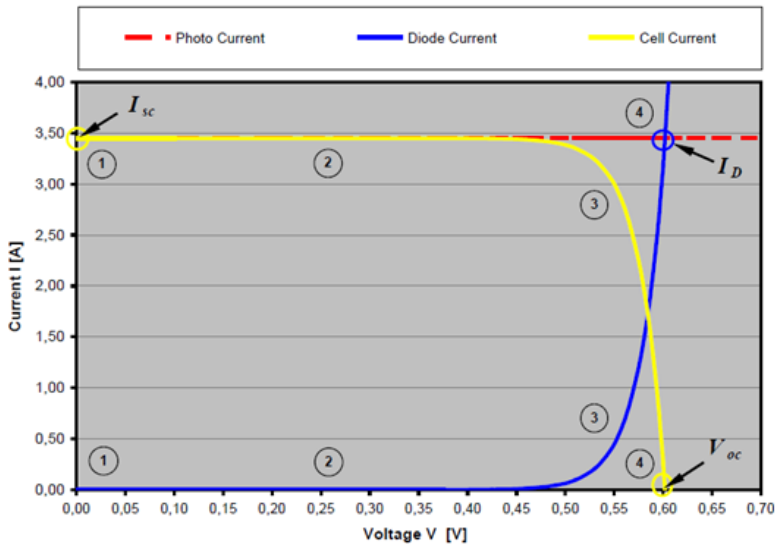
$$I = I_L - I_D = I_L - I_s\left[\exp\left(\frac{qV}{nkT}\right) - 1\right]$$

$$I_{sc} = I_L + I_s \approx I_L \approx 35\, mA/cm^2$$

٩ – ٢ جهد الدارة المفتوحة (V_{oc}): هو الجهد الذي ينعدم عنده تيار الخلية $(I = 0)$ وهذا يوافق حالة الدارة المفتوحة، يتناسب V_{oc} لوغاريتمياً مع الإضاءة والجهد الناتج هو جهد الدارة المفتوحة V_{oc}. في هذه الحالة يكون التيار المولد ضوئياً متوازناً تماماً مع تيار التحييز الأمامي للوصلة (تيار المتصل الثنائي).يعطى جهد الدارة المفتوحة V_{oc} بالعلاقة:

$$0 = I_l - I_s\left[\exp\left(\frac{qV_{oc}}{nkT}\right) - 1\right]$$

$$\Rightarrow V_{oc} = \left(\frac{nkT}{q}\right)\ln\left(\frac{I_L}{I_s}\right) + 1 \approx 0{,}6\, V$$

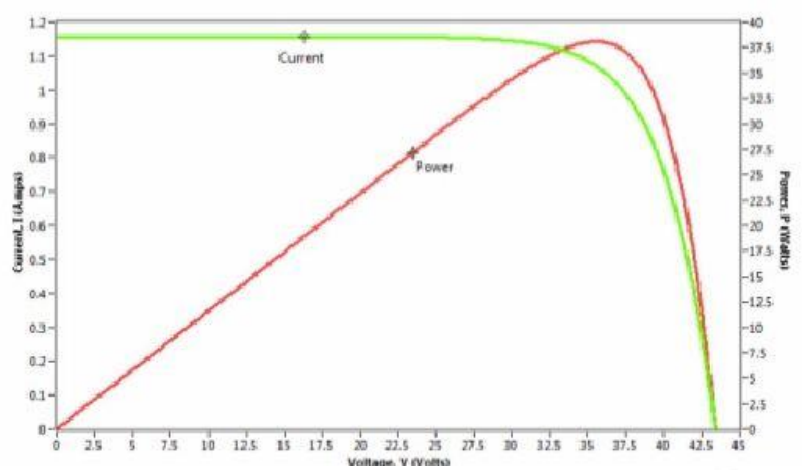


شكل (٢٨) تيار القصر وجهد الدارة المفتوحة للخلية الشمسية

٩ – ٣ الاستطاعة العظمى: تعطى الاستطاعة التي تولدها الخلية عند أي نقطة عمل بالتابع

$P = I \times V$ والذي يمكر بنقطة النهاية العظمى عندما $P \longrightarrow P_{\max}$ ويكون $\frac{dP}{dV} = 0$.

لا يمكن حل المعادلة تحليلياً لذلك تحسب قيمة $V_{\max}$ و $I_{\max}$ الموافقة لـ $P_{\max}$ بيانياً.



شكل(٢٩):الاستطاعة العظمى

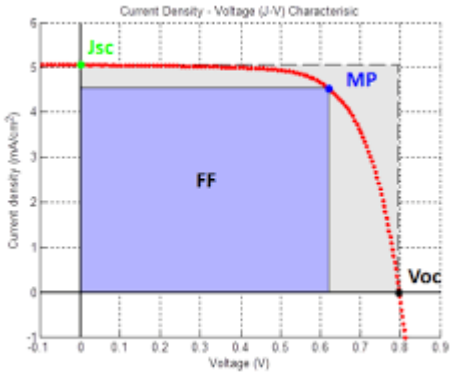
٩ ــ ٤ عامل الملء (FF):

يعرّف عامل الملء بالعلاقة

$$FF = \frac{P_m}{V_{OC} \cdot I_{sc}} = \frac{I_m \times V_m}{V_{oc} \times I_{sc}}$$

- ويعبر عن جودة عمل الخلية كمولد طاقة (جودة الوصلة p-n والضياعات في الخلية) حيث أن الاستطاعة النظرية تساوي $I_{sc} \times V_{oc}$. تتراوح قيمة FF بين 60 % و 80 %.

إن أي هبوط في قيمة FF هو نتيجة لوجود ضياعات في الخلية من أهمها وجود مقاومات تسلسلية وتفرعية.



شكل (٣٠): عامل الملء

٩ ــ ٥ مردود التحويل الطاقي:

يعرف مردود التحويل الطاقي على أنه نسبة استطاعة الخرج الكهربائية إلى الاستطاعة الضوئية الواردة ويعطى بالعلاقة:

$$\eta = \frac{P_m}{P_{sol}} \times 100\ \% = \frac{I_m \times V_m}{G \times A} \times\ 100\ \% = \frac{I_{sc} \times V_{oc} \times FF}{G \times A} \times 100\%$$

حيث G شدة الاشعاع (W/m^2) و A مساحة الخية (m^2). من الواضح أنه للحصول على مردود تحويل كبير، يجب أن يكون I_{sc} كبيراً (مردود تجميع كبير)؛ و V_{oc} كبيراً ومعامل امتلاء كبير.

بتراوح مردود الخلايا الشمسية الحالية عملياً بين $12\ \%$ و $17\ \%$ في الشروط النظامية $(1000\ W/m^2\ \&25°C)$ تبعاً لنوع وتصميم الخلية.

بالنسبة لطيف الإشعاع الشمسي فإن $26\ \%$ كم الطاقة التي تمتلكها الفوتونات هي \اقة أقل من عرض

المجال المحظور للسيليكون $(hv < 1{,}1\ eV)$ وهذه الفوتونات غير قادرة على توليد أزواج إلكترون – ثقب ، بينما معظم الفوتونات المتبقية تحمل طاقة أكبر من $1{,}1\ eV$ والطاقة الفائضة عن $1{,}1\ eV$ ستضيع أيضاً لأن طاقة الفوتون مهما بلغت ستصرف لتوليد زوج (إلكترون – ثقب) واحد، لهذا السبب،

يضيع 41% كم الطاقة المتبقية أيضاً وبالتالي فإن الخلية المثالية لا يمكنها أن تحول أكثر من $0{,}74 \times 0{,}59 = 0{,}44$ أي $44\ \%$ من الطاقة الشمسية الواردة إلى الخلية إلى طاقة كهربائية.

٩ ــ ٦ تأثير شدة الإشعاع الشمسي (G):

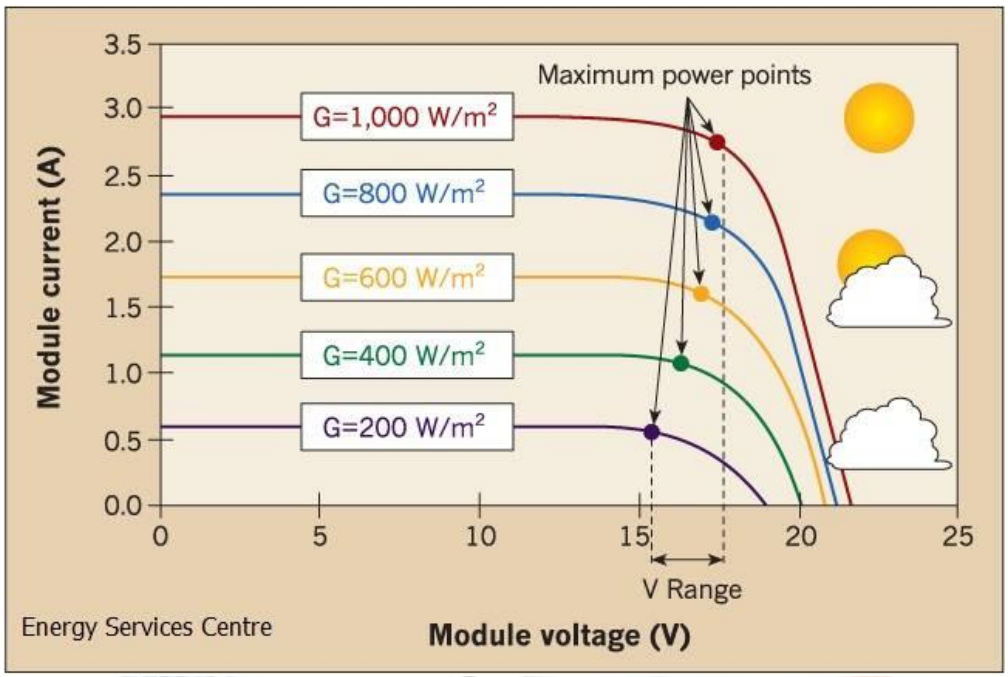
تتعرض الخلية أثناء عملها لشدات مختلفة من الإضاءة (خلال اليوم ومن يوم لآخر) وهذا يعني تغير المنحني المميز للخلية وبالتالي نقطة العمل.

يزداد I_{sc} طرداً مع شدة الإشعاع G

$$I_{sc} = I_L + I_s \approx I_L$$

في حين يتناسب V_{oc} لوغاريتمياً

$$V_{oc} = \left(\frac{nkT}{q}\right) \ln\left(\left(\frac{I_L}{I_s}\right) + 1\right)$$



الشكل (٣١):تأثير شدة الإشعاع الشمسي

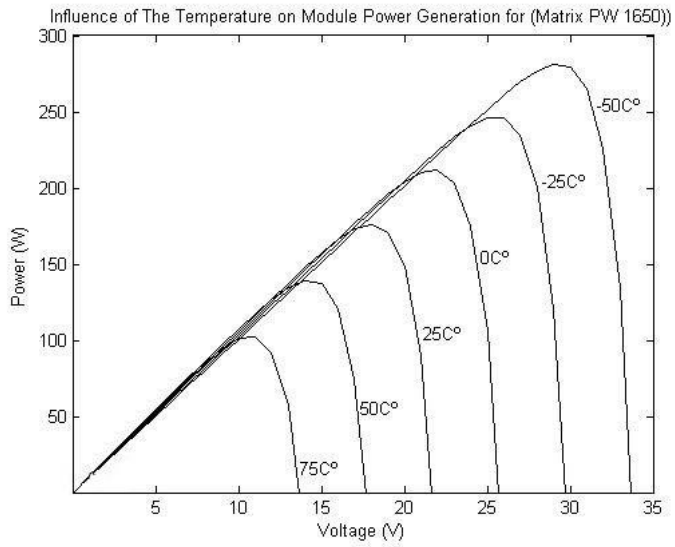
٩ ـ ٧ تأثير درجة الحرارة:

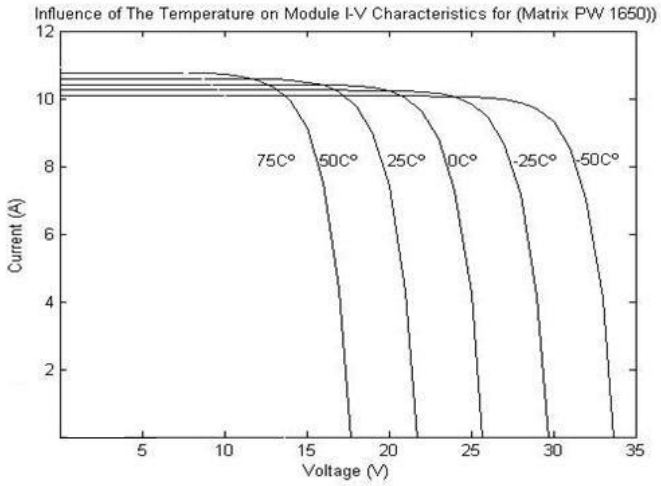
بالنسبة لتغير I_{SC} و V_{OC} مع درجة الحرارة:

- ✯ $V_{OC}(T) = V_{OC}(25°)[1 - 0.0037\ (T - 25)]$
- ✯ $I_{SC}(T) = I_{SC}(25°)[1 + 0.00064(T - 25)]$
- ✯ $P(T) = P(25°)[1 - 0.004(T - 25)]$

تتغير استطاعة الخرج حوالي 2.5 % لكل ٥ درجات.

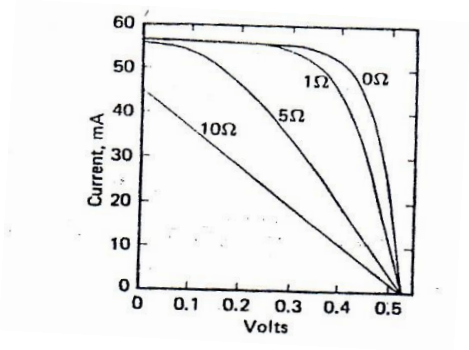
✯ يبين الشكل أن تأثير الحرارة على تيار القصر محدود ولكن تأثر V_{OC} كبير نسبياً وهذا التغير في V_{OC} هو المسؤول عن تبعية المردود لدرجة الحرارة.





الشكل (٣٢): تأثير تغير درجة الحرارة

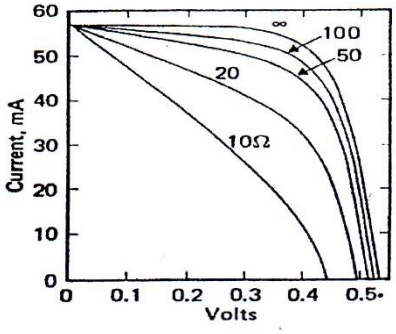
٩ ــ ٨ المقاومة التسلسلية Rs: تنشأ المقاومة التسلسلية في الخلية الشمسية نتيجة للتماسات الأومية بين مختلف الطبقات إضافة إلى مقاومة مادة نصف الناقل، فمثلاً إن الإلكترونات المحقونة في المنطقة n يجب أن تعبر هذه المنطقة حتى تصل إلى أقرب خط معدني في شبكة التجميع الأمامية وهذا يعني مقاومة كهربائية .



شكل (٣٣): تأثير تغير المقاومة التسلسلية

٩ ــ ٩ المقاومة التفرعية Rsh: هي مقاومة تنشأ على التوازي مع الخلية بسبب مسارات تفرعية ناتجة عن التسريب السطحي على طول حواف الخلية أو بالانتشار عبر العيوب البلورية. تكون المقاومة التفرعية في الخلايا الشمسية كبيرة (لا

نهائية في الخلية المثالية) في حالة الشدات المنخفضة، وإلى حد ما عند درجات الحرارة المنخفضة أيضاً تأخذ المقاومة التفرعية أهمية متزايدة .



شكل (٣٤): تأثير تغير المقاومة التفرعية

الفصل الثالث

نظم التغذية الكهروشمسية Photovoltaic Systems

يعتبر تحديد نوع النظام الكهروشمسي أحد أهم المتطلبات الأساسية لتصميم نظم التغذية الكهروشمسية. يجرى قبل البدء بالتصميم إجراء مسح اجتماعي واقتصادي وسكاني شامل عدد المنازل واحتياجاتها من الطاقة الكهربائية وتناثرها في الموقع، وبالتالي يتم تحديد حجم الحمل ومقدار الاستهلاك النهاري والليلي.

يؤخذ عادة بعين الاعتبار عند اختيار نوع النظام الكهروشمسي مدى توفر مكونات هذا النظام في السوق المحلية حيث أن عدم توفر بعض أجزاء النظام نظراً لعدم انتشار هذه التقانة في بعض الدول قد يؤدي إلى توقف النظام عن الاستثمار.

١- مواصفات النظم الكهروشمسية:

١- القابلية للنقل (Portability): يمكن نقل النظم الكهروشمسية بسهولة من مكان لآخر وفق الحاجة.

٢- الوثوقية (Reliability): تعمل النظم الكهروشمسية لفترات طويلة بصيانة محدودة نظراً لعدم وجود أجزاء دوارة وطول عمر اللاقط الكهروشمسي.

٣- كلفة تشغيل منخفضة (Low Operation Cost): لا يحتاج تشغيل النظام الكهروشمسي إلى وقدو سوى الإشعاع الشمسي.

٤- منعكسات بيئية محدودة (Low Environmental Impacts): تعتبر هذه النظم نظيفة لا تصدر أي غازات ضارة بالبيئة عند تشغيلها.

٥- الاستقلالية (Stand Alone Capability): تعمل هذه النظم في المناطق التالية البعيدة حيث الحاجة إليها دون الاضطرار لمد الشبكة.

٦- القابلية للتوسع (Modularity): يمكن زيادة طاقة الخرج بخطوات صغيرة وفق الحاجة عن طريق زيادة عدد اللواقط والمكونات الأخرى.

٧- الأمان (Safety): إن النظم الكهروشمسية غير ناشرة للهب ومطابقة للمعايير الكهربائية الدولية.

٨- المرونة والتنوع (Versatility): يمكن تشكيل أنظمة مختلفة بدءاً من عدد محدود من المكونات وتعمل هذه النظم بشكل جيد في مختلف الظروف الجوية.

٩- توفر نظم جاهزة للتركيب (Short Lead Time): تتوفر نظم كهروشمسية مسبقاً للجميع جاهزة للتركيب بالإضافة إلى أنها لا تحتاج لموافقة شركة الكهرباء (بالنسبة للنظم المستقلة).

١٠ سهولة التركيب (Ease of Installation): لا تحتاج إلى تجهيزات تركيب ثقيلة.

٢- أنواع نظم التغذية الكهروشمسية:

- يمكن تصنيف نظم التغذية الكهروشمسية وفق نمط عملها وخرج الطاقة منها إلى:

١ - نظم التغذية الكهروشمسية المستقلة والتي يمكن تقسيمها إلى:

- ✯ نظم التغذية الكهروشمسية المستقلة المستمرة (DC) مع أو بدون مدخرات.
- ✯ نظم التغذية الكهروشمسية المستقلة المتناوبة (AC).

٢- نظم التغذية الهجينة والتي يمكن تقسيمها إلى:

- ✯ نظم التغذية الهجينة المتسمرة.
- ✯ نظم التغذية الهجينة المتناوبة.

٣- نظم التغذية الكهروشمسية المرتبطة مع الشبكة والتي يمكن تقسيمها إلى:

- ✯ نظم التغذية الكهروشمسية المنزلية المرتبطة مع الشبكة.
- ✯ نظم التوليد الكهروشمسية المركزية مع الشكبة.

- لتحديد الجدوى الاقتصادية للنظام الكهروشمسي يجب الأخذ بعين الاعتبار العوامل الرئيسية التالية:
  ١- حجم وطبيعة الحمل.
  ٢- توفر الإشعاع الشمسي.
  ٣- كلفة مصادر الطاقة البديلة.

٣- نظم التغذية الكهروشمسية المستقلة:

٣ – ١ نظم التغذية الكهروشمسية المستقلة المستمرة (DC):

تعتبر أنظمة التغذية المستمرة التي لا تحتوي على مدخرات الشكل الأبسط للنظم الكهروشمسية، حيث يتم ربط مصفوفة اللواقط باستخدام جهاز تحكم الكتروني إلى أحمال معينة مثل المضخات التي تقوم بضخ المياه إلى خزان لاستخدامها عند الحاجة كما يمكن أن يحتوي النظام الكهروشمسي المستقل على مدخرات لتخزين الطاقة في النهار واستخدامها في الليل لتغذية الأحمال المنزلية يتم الاعتماد على الأنظمة المستمرة في حال كانت الاستطاعات المطلوبة صغيرة وذلك لتلافي الضياعات اثناء تحويل الطاقة المستمرة إلى متناوبة مما يجعلها رخيصة وأمينة ولا تحتاج إلى دارات حماية معقدة.

تتوفر هذه الأنظمة بجهود $12\ VDC$ أو $24\ VDC$ أو $48\ VDC$ واستطاعات حتى $500\ W$

٣ – ٢ نظم التغذية الكهروشمسية المستقلة المتناوبة (AC):

يتم الانتقال إلى استخدام أنظمة التغذية المتناوبة في حالة الأنظمة الكهروشمسية المتوسطة الحجم. يستخدم هي هذا النوع من الأنظمة معرج الكتروني لتحويل الطاقة الكهربائية المستمرة المتولدة من مصفوفة اللواقط إلى طاقة متناوبة لتشغيل الأجهزة الكهربائية عند جهد $220\ VAC$.

تمتاز الأنظمة المتناوبة بتوفر ورخص تجهيزات الأحمال الكهربائية التي تستخدمها بالإضافة إلى إمكانية وصل أحمال بعيدة ع النظام وذلك لمزايا النقل التي تتمتع بها الطاقة المتناوبة من قلة الضياعات.

يعتبر المعرج في هذه الأنظمة بمثابة حمل إضافي يجب أخذ الاستهلاك الاتي له بعين الاعتبار (المردود)، كذلك يعتبر المعرج في هذه الأنظمة بمثابة حمل إضافي يجب أخذ الاستهلاك الذاتي له

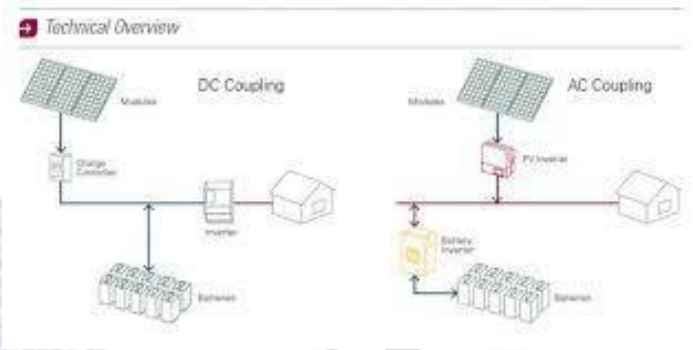
بعين الاعتبار (المردود)، كذلك يجب أن يؤمن إشارة خرج أقرب ما يمكن إلى الإشارة الجيبية وخاصة في حال تغذية أحمال تحريضية مثل المحركات.

يمكن استخدام معرج واحد أو أكثر وذلك حسب متطلبات الحمل حيث أنه باستخدام اكثر من معرج يمكن فصل ووصل المعرجات لتعمل عند الاستطاعة الأعظمية وبالتالي زيادة المردود في حال الأحمال الصغيرة.

تتنوع الأحمال المستخدمة في هذا النوع من النظم حيث يمكن أن تستخدم نفس الأحمال في حال وجود شبكة ولكن من المفضل انتقاء الأحمال ذات الضياعات الكهربائية الأقل (مردود عالي).

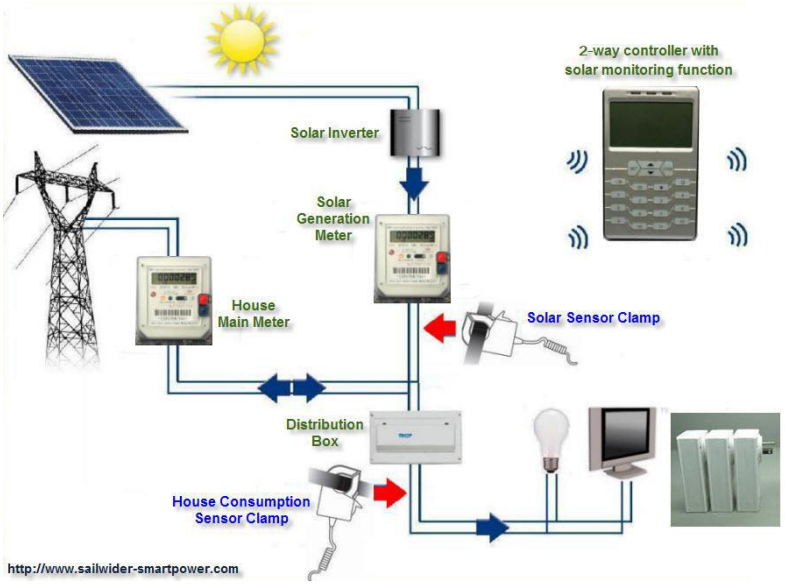
- **يمكن أن نميز نوعين من هذه الأنظمة:**

- نظم التغذية الكهروشمسية المستقلة المتناوبة الفردية.



الشكل (٣٥): التغذية المستقلة المتناوبة الفردية

- نظم التغذية الكهروشمسية المستقلة المتناوبة المركزية.



الشكل (٣٦): نظم التغذية الكهروشمسية المستقلة المتناوبة المركزية

٤- نظم التغذية الهجينة:

- تشكل أنظمة التغذية الكهروشمسية المرتبطة مع نظم توليد أخرى مثل مولدات الديزل أو العنفات الريحية نظم تغذية هجينة مستقلة لها الميزات التالية:

١- تخفيض متطلبات التخزين الكهربائي (قد لا تحتوي على مدخرات) وبالتالي تخفيض الكلفة التأسيسية.

٢- رفع مستوى الأمان في التغذية عن طريق تأمين مصدر توليد احتياطي (مولد ديزل).

٣- الاستفادة من المصادر المختلفة للطاقات المتجددة (كهروشمسي \ ريحي – كهروشمسي \ كتلة حيوية).

- يشيع استخدام هذا النوع من الأنظمة لتغذية القرى النائية وفي المناطق التي يتوفر فيها أكثر من مصدر (شمس ورياح) كما يستخدم النظام الهجين كهروشمسي \ ديزل لتغذية الأحمال الخاصة مثل محطات التقوية والمرشدات الملاحية التي تتطلب مستوى عالي من موثوقية التغذية.
- تعتبر المعرجات (المزودة بعناصر تحكم) الجزء الأهم في أنظمة الطاقة الهجينة والتي تكون مسؤولة عن ربط مكونات هذه الأنظمة (لواقط – مدخرات – حمل – عنفة ريحية) مع بعضها. يمكن أن تكون الأنظمة الهجينة بالأشكال التالية:

٤ – ١ نظم التغذية الهجينة المستمرة:

هناك بعض الأحمال ذات الأهمية والتي تعمل بالطاقة الكهربائية المستمرة. يمكن تأمين تغذية هذه الأحمال بواسطة نظام هجين (كهروشمسي \ ديزل) لا يتضمن معرجاً.

٤ – ٢ نظم التغذية الهجينة المتناوبة:

تعتبر هذه الأنظمة أكثر شيوعا من الأنظمة المستمرة بسبب ملاءمتها للأحمال الكهربائية المتوفرة بالإضافة إلى مزايا النقل للطاقة المتناوبة.

قامت بعض الشركات بدمج المعرج مع المنظم لتسهيل استخدام الأنظمة والحصول على جهاز واحد له الإمكانيات التالية:

١- قالب الجهد المستمر إلى متناوب.

٢- دارة تقويم من أجل شحن المدخرات عن طريق الديزل.

٣- دارة تحكم بإقلاع الديزل وفصله،

٤- تأمين الاستطاعة للحمل بدون انقطاع.

٥- شحن المدخرات حسب المعايير العالمية وحمايتها من الشحن الزائد والتفريغ العميق.

٥- نظم التغذية الكهروشمسية المرتبطة مع الشبكة:

- يعتبر ربط الأنظمة الكهروشمسية مع الشبكة من التوجيهات الحديثة والمرغوبة في كثير من الدول المتقدمة وذلك لكونها أنظمة توليد نظيفة وتتميز بعمر طويل.
- لا تحتوي الأنظمة المرتبطة مع الشبكة على مدخرات، ويكون المعرج فيها قادراً على التعامل مع جهد وطاقة اللواقط الكهروشمسية بشكل كامل عند نقطة الاستطاعة العظمى للواقط. يمثل النظام الكهروشمسي في هذه الحالة محطة توليد كباقي المحطات من الأنواع الأخرى.
- يمكن أن نميز نوعين من هذه الأنظمة.

١- نظم التغذية الكهروشمسية المنزلية المرتبطة مع الشبكة.

٢- نظم التوليد الكهروشمسية المركزية المرتبطة مع الشبكة.

٥ ـ ١ نظم التغذية الكهروشمسية المنزلية المرتبطة مع الشبكة:

إن أبسط نظام مرتبط مع الشبكة هو نظام فردي لتغذية منزل يحتوي على لواقط ومعرج ويكون مرتبطاً مع شبكة الجهد المنخفض ($220V$). يستجر الحمل المنزلي الطاقة اللازمة من اللواقط الكهروشمسية أثناء فترات الإشعاع الشمسي ويضخ الطاقة الفائضة المولدة من اللواقط إلى الشبكة، ويستجر الحمل أثناء الليل الطاقة اللازمة من الشبكة. يستخدم في هذا النوع من الأنظمة عداد استطاعة ثنائي الاتجاه.

٥- ٢ نظم التوليد الكهروشمسية المركزية المرتبطة مع الشبكة:

إن الغاية من هذا النوع من النظم هو توليد طاقة كهربائية من مصدر نظيف وضخها إلى الشبكة عند جهود مرتفعة.

يحتوي هذا النظام على محولات وقواطع وأجهزة حماية لفصل النظام الكهروشمسي عن الشبكة في حال حدوث أي اضطراب في النظام، ويعتبر تصحيح عامل الاستطاعة وأجهزة ترشيح المداريج عوامل أساسية في عملية الربط مع الشبكة.

٦- المتطلبات الأساسية لتصميم النظم الكهروشمسية:

يتطلب تصميم أي نظام كهروشمسي تحديد المعطيات التالية:

١. نوع الحمل الكهربائي وقيمة الاستهلاك اليومي وتوزعه بين الليل والنهار.

٢. موقع التركيب وبالتالي معطيات الإشعاع الشمسي والحرارة.

نوع النظام الكهروشمسي وبالتالي موكنات النتظام المناسبة (لواقط، مدخرة، منظم ومعرج).

اعتبارات تصميمية:

١- يصمم حقل اللواقط بحيث يتلائم مع الأرض المحيطة ويتم الاستفادة من طبيعة المكان والتقليل من المساحة المستخدمة من الأرض.

٢- تركب بعض مكونات النظام الكهروشمسي في الوسط الخارجي (اللواقط) وبالتالي يجب أن يراعى عند التصميم أن تكون الحوامل وطريقة التثبيت قادرة على تحمل الظروف الخارجية من حرارة ورياح ورطوبة وغيرها.

٣- تعتمد غالباً الجهود $12 - 48\ VDC$ للأنظمة الكهروشمسية التي لا تزيد استطاعتها عن $1\ kW$، والجهد $120\ VDC$ للأنظمة ذات الاستطاعة $1 - 5\ kW$ ، والجهد $240\ VDC$ للاستطاعات الأكبر من $5\ kW$.

٤- يؤخذ دوماً بالاعتبار عند تصميم نظام كهروشمسي مستقل دراسة الحمل وتوزعه على مدار اليوم والشهر والسنة، ونسبة تغطية هذا الحمل في أسوأ أشهر الإشعاع، ويراعى في المقدمة ضمان عمر أطول للمدخرة وذلك بتصميم النظام الكهروشمسي بحيث يتم تفريغ المدخرة جزئياً ولا يصل التفريغ خلال أيام الاستقلال إلى ما دون عمق التفريغ الموصى به، وتصميم اللواقط بحيث تضمن المدخرة بعد تفريغها في الأيام الغائمة خلال زمن يفرضه المصمم.

٥- يجب اعتماد المعرج المناسب عند تصميم النظام الكهروشمسي المرتبط بالشبكة أو النظام الذي يغذي الحمل AC بحيث تكون استطاعته مناسبة للاستطاعة الاسمية للواقط الكهروشمسية،

٦- يتم التركيز عند تصميم النظام الكهروشمسي المستقل الهجين على تقليل حجم اللواقط الكهروشمسية بحيث يتم الوصول إلى الحل الاقتصادي الأفضل وضمان التغذية (تشكل اللواقط العنصر الأكثر تكلفة في النظام الكهروشمسي). يتم حساب كلفة اللواقط على مدى عمر النظام وحساب تكاليف التشغيل والصيانة لمجموعة الديزل (بما تتضمنه من صيانة دورية وإصلاح الأعطال وسعر الوقود وبُعد موقع التركيب ....)، ثم تتم المقارنة بين التكاليف من أجل تحديد نسبة تغطية الحمل من اللواقط الكهروشمسية واختيار هذه النسبة أكبر ما يمكن في حال كون تشغيل وصيانة مجموعة الديزل صعبة ومكلفة جداً.

٧- يجب التقيد بشروط الأمان المتعلقة بحماية النظام بحماية النظام الكهروشمسي وحماية المستثمر على حد سواء، كما يجب ضمان العزل الكهربائي لجميع الأجزاء الحاملة للتيار والتي يزيد جهدها عن 50 فولت، وتؤرض الأجزاء المختلفة للنظام الكهروشمسي للحماية من الصواعق والأعطال الأرضية، وتصمم غرف المدخرات بحيث تكون مهواة جيد والأرضية من المواد المقاومة للأحماض.

٧- الضياعات في اللواقط:

يتأثر توليد اللواقط الكهروشمسية للطاقة الكهربائية بعد عوامل تقلل من استطاعة خرجها أثناء التشغيل وهي:

١- الضياع الناتج بسبب عدم التوجيه الصحيح للواقط:

يقدر هذا الضياع بمقدار $5\ \%$ في حال كون الانحراف حوالي 20 درجة عن الاتجاه الصحيح وهو اتجاه الجنوب في نصف الكرة الشمالي. يبين الجدول قيماً عامة لزاوية ميل اللواقط بدلالة خط العرض والتي تؤمن أكبر إشعاع على مدار السنة

درجة خط العرض (درجة)	زاوية ميل اللواقط (درجة)
أقل من ١٥	١٥
من ١٥ حتى ٣٠	تساوي درجة خط العرض
أكبر من ٣٠	درجة خط العرض + ١٥

٢- الضياع الناتج بسبب الاتساخ: لا يجوز تثبيت اللواقط بزاوية أقل من ١٥ درجة عن الأفق، وذلك لتأمين عملية غسل طبيعية، ومع ذلك فإن عامل الاتساخ يقدر بقيمة $5 - 10\ \%$ ، ويؤخذ عادة في الحساب بمقدار $>5\%$

٣- الضياع الناتج بسبب ارتفاع درجة الحرارة: لا يمكن إهمال تأثير درجة الحرارة السلبي على خرج اللواقط (يتم قياس خرج اللواقط في الشروط النظامية STC وهي إشعاع شمسي $1000\ W/m^2$ ودرجة حرارة $25\ °C$)، ويكن مع ارتفاع درجة الحرارة بمقدار $1\ °C$ ينخفض خرج اللاقط بمقدار

$0,4 - 0,5$ % بالنسبة للواقط المصنعة من خلايا السيليكون البلوري، وبمقدار $0,2 - 0,25$ % بالنسبة للواقط المصنعة من خلايا السيليكون اللابلوري (Amorphous)، وبما أن درجة حرارة اللواقط قد تصل إلى $60 - 70°C$ خلال الصيف في المناطق الحارة، فإن الصياع الحراري يصل حتى 20 %.

٤- الضياع الناتج عن عدم التماثل في خرج اللواقط الموصولة مع بعضها على التسلسل (Mismatch) ويقدر بقيمة 2 %.

٥- الضياعات في المتصلات المانعة للارتداد (Blocking Diodes): وهي $0,7\ V$ للمتصلات السيليكونية و $0,4\ V$ لمتصلات الجيرمانيوم.

٦- الضياعت الناتجة عن تقادم اللواقط: ينخفض خرج اللواقط مع العمر، فبعد ١- سنوات ينخفض الخرج بمقدار 5 %.

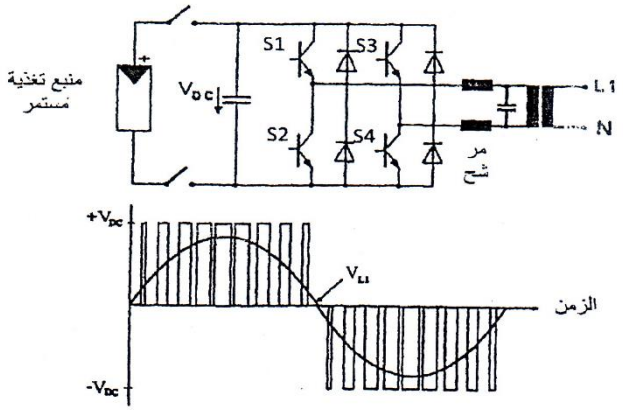
٨- المعرجات في النظم الكهروشمسية:

٨ – ١ أهمية المعرجات في أنظمة الطاقة الكهروشمسية:

تكون الطاقة الكهربائية المتولدة من اللواقط الكهروشمسية على شكل طاقة مستمرة في حين أن معظم الأجهزة الكهربائية التي تستهلك الطاقة والمتوفرة بالأسواق هي أجهزة تستهلك الطاقة المتناوبة لذا فإن هناك حاجة لوجود معرج في النظام الكهروشمسي المستقل لتغذية الأحمال المتناوبة. من جهة أخرى وفي حال كون النظام الكهروشمسي مصمماً للربط الشبكة العامة فإن هناك حاجة لوجود قالب لضخ الطاقة المتولدة من اللواقط إلى الشبكة، ويمكن أن نشير إلى أنه حتى في حال كان النظام هجين (طاقة كهروشمسية – طاقة رياح) فإن هناك حاجة أيضاً لاستخدام القالبات.

٨ – ٢ مبدأ عمل المعرجات وأنواعها:

تتألف دارة المعرج من عناصر الكترونية تعمل على شكل مفاتيح ساكنة قابلة للتحكم يمكن تبسيط مبدأ العمل كما في الشكل(٣٧):



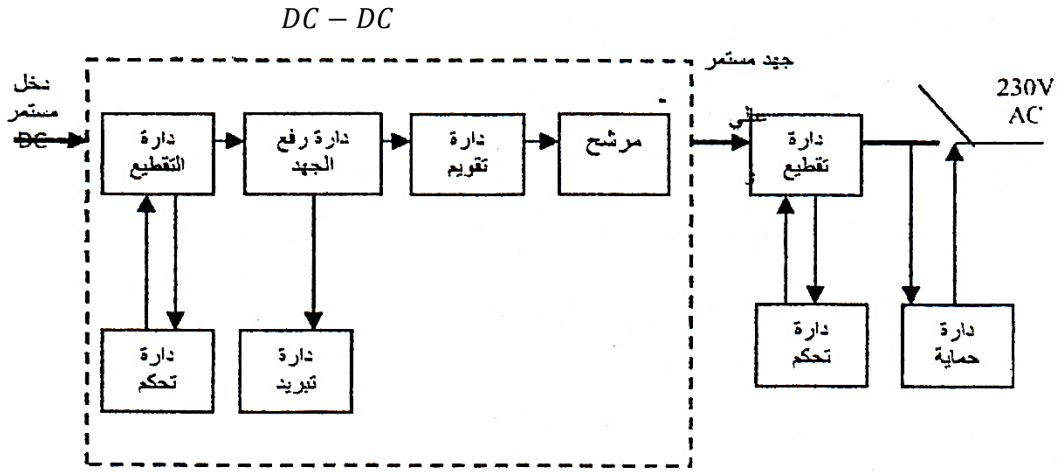
الشكل (٣٧): مبدأ عمل المعرج

يتم تأمين القسم الموجب للجه المتناوب عن طريق المفتاحين $S1$, $S4$ ويتم تأمين القسم السالب من الجهد المتناوب عن طريق المفتاحين $S1$, $S3$.

تدعى عملية انتقال التيار من عنصر إلى آخر بالتبديل $(Commutation)$ وتعتبر عملية التبديل من العمليات الهامة في نظرية دارات المعرج بشكل خاص والمبدلات بشكل عام.

تختوي المعرجات أيضاً على محول تغذية استطاعي يقوم بتحويل نبضات الجهد المنخفض $(24\ VDC\ or\ 12\ VDC)$ إلى نبضات جهد مرتفع $(340\ VDC\ \div\ 240\ VDC)$.

سيكون المحول الإستطاعي ذو حجم ووزن كبيرين في حال الترددات الصغيرة واستخدام نواة حديدية، أما في حال استخدام الفرايت فسوف يكون الحجم والوزن صغيرين والضياعات أقل ولكن هذا يتطلب ترددات عالية وبالتالي عناصر إلكترونية تعمل عند تلك الترددات مما يزيد كلفة المعرج. يبين الشكل (٣٨)المخطط الصندوقي للمعرج



الشكل (٣٨): مخطط صندوقي للمعرج

يتم تطبيق الجهد المستمر على دخل المعرج من منبع ثابت الجهد مع تغير التيار المستجر منه لأن جهد الدخل وثباته يؤثران على خرج المعرج. تقوم دارة التحكم بتوليد نبضات تطبق على دارة التقطيع المؤلفة من ترانزستورات قدرة وقيادة تقوم بتقطيع الجهد المستمر إلى نبضات مربعة ذات جد منخفض. يطبق الخرج على دخل دارة رفع الجهد والتي هي عبارة عن محول من الفرايت يقوم برفع الجهد المنخفض إلى جهد عالي بالإضافة إلى عزل طرف الجهد العالي عن المنخفض. يطبق الجهد العالي على دارة تقويم وترشيح لنحصل في نهاية المرحلة على جهد مستمر عالي (مرحلة قالب مستمر – مستمر) يؤدي تقطعيه إلى الحصول على جهد متناوب، وتحديد طريقة التقطيع شكل موجة الجهد المطلوب والتي يتم على أساسها تصميم المعرج. يمكن أن يكون خرج المعرج موجة مربعة أو جيبية معدلة أو جيبية ويعتبر سعر المعرجات ذات الموجات الجيبية أعلى من الأنواع الأخرى بسبب وجد دارات تقطيع وترشيح أكثر تعقيداً من الأنواع الأخرى.

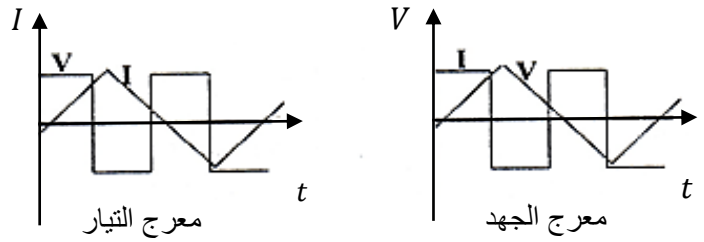
يحتوي المعرج أيضاً على دارات حماية هي عبارة عن حساسات تقوم بمراقبة البارامترات الأساسية للمعرج (جهد – تيار – تردد)، ويتم فصل المعرج في حال خروج أحد هذه البارامترات عن القيم المسموح بها.

تتفاوت دارات الحماية من حيث سرعة الاستجابة وتعتبر المعرجات ذات الحماية الأسرع هي من المعرجات المفضلة، يتم اختيار نوع المعرج حسب نوع وأهمية الحمل.

- تصنف المعرجات وفقاً لسريان الحالات الكهرومغناطيسية أو حسب نوع الحمل أو حسب دارة التبديل.

- تقسم المعرجات وفقاً لسريان الحالات الكهرومغناطيسية إلى معرجات التيار ومعرجات الجهد.

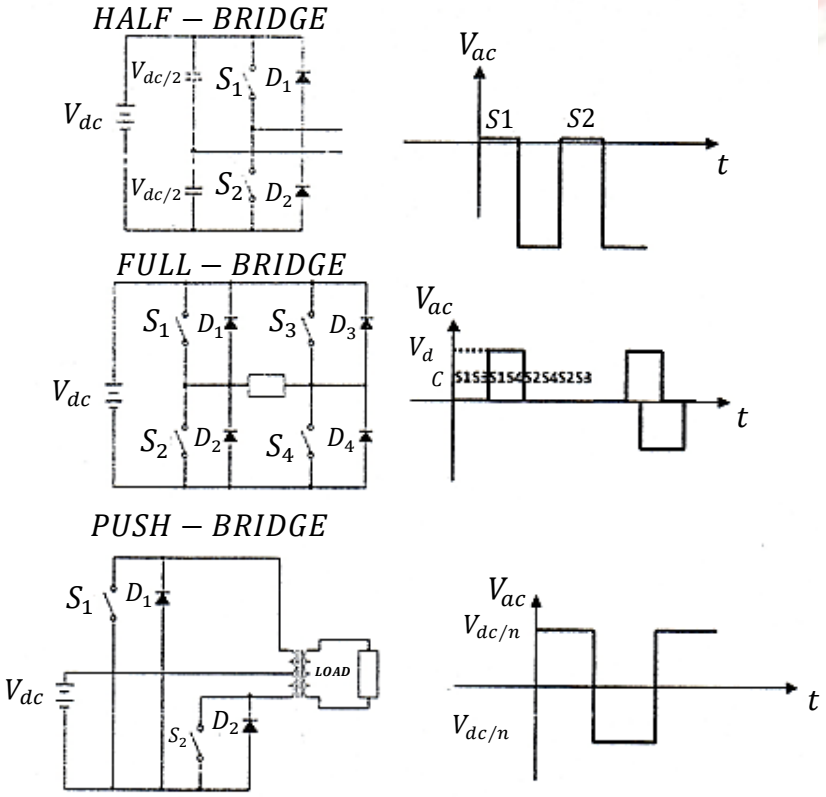
- من خواص معرج التيار أنه يشكل في الحمل تياراً متناوباً بينما يتعلق شكل وطور الجهد بثوابت الحمل، أما معرج الجهد فنه يشكل في الحمل جهداً متناوباً بينما يتعلق شكل التيار بخواص الحمل كما هو مبين بالشكل (٣٩)



الشكل (٣٩): تصنيف المعرجات وفقاً لسريان الحالات الكهرومغناطيسية

وتقسم المعرجات وفق نوع الحمل إلى معرجات مرتبطة بالشكبة أو مستقلة، فالمعرج المرتبط بالشبكة يحول الطاقة المستمرة إلى متناوبة ويضخها في الشبكة التي يكون فيها الجهد محدداً ومقدماً من قبل محطات التوليد الأخرى المرتبطة بهذه الشبكة. أما إذا كان المعرج يعمل على حمل معزول ومستقل، عندئذ يدعى بالمعرج المستقل ويشيع استخدام كلا النمطين في أنظمة الطاقات المتجددة مثل النظم الكهروشمسية.

أما تصنيف حسب دارة التبديل فيمكن أن يكون المعرج نصف جسري $HALF - BRIDGE$ أو جسري كامل $FULL - BRIDGE$ أو دفع جذب $PUSH - PULL$



الشكل (٤٠): تصنيف المعرجات حسب دارة التبديل.

٣ - ٨ المدخرات الخاصة بالنظم الكهرشمسية :

تم تطوير المدخرات الرصاصية SLI الخاصة بالمركبات والمنتجة في الدول النامية حيث تم الوصول للصنف الشمسي ونذكر منها VRLA التي تمتاز بأنها أقل حاجة للصيانة وكذلك تفريغها الذاتي أقل ،والغازات الناتجة أقل والتآكل في الأقطاب أقل. ولكن عند الاستخدام في العمل المستقل يتراوح عمرها بين سنتين و3 سنوات أما في الأنظمة الهجينة من 3إلى 8 سنوات .

ربط المدخرات:

في الحياة العملية، قد نحتاج إلى ربط المدخرات على التسلسل أو على التفرع وذلك من أجل تحقيق متطلبات معينة، فيما يلي سوف ندرس الحالات المختلفة لربط المدخرات.

ربط المدخرات على التسلسل :

تربط المدخرات على التسلسل عندما يراد الحصول على توترات كبيرة (فروق كمون) . فإذا ربطنا N مدخرة مع بعضها على التسلسل بحيث نصل القطب الموجب للمدخرة الأولى معالقطب السالب للثانية كما هو مبين بالشكلفالقوة الدافعة الكهربائية والمقاومة الداخلية للمدخرة المكافئة لمجموعة هذه المدخرات تعطيان بالعلاقتين التاليتين:

$$E_{eq} = E_1 + E_2 + \ldots\ldots + E_n$$

$$r_{eq} = r_1 + r_2 + \ldots\ldots + r_n$$

تستخدم هذه المدخرات تجارياً منذ أكثر من100 سنة لتخزين الطاقة وهي أوسع أنظمة تخزين الطاقة انتشاراً لعقود مضت وحتى وقتنا الحالي لا زالت مستخدمة في معظم التطبيقات (مدخرات SLIفي السيارات والشاحنات – وحدات عدم انقطاع التغذية UPS .....).

تعدّ المدخرات الأرخص حتى الآن .إلا أنها تعاني مستوى منخفض من الطاقة ولكنها ستظلُّ الملجأ الوحيد للأنظمة المستقلة على الأقل للعديد من السنوات .

الأجهزة الملحقة بالمدخرات:

1. الشاحن:وهي قالبات من التيار المتناوب إلى التيار المستمر وتستخدم الطاقة المولدة من المولدات إلى طاقة تخزن في المدخرة وهي تحتاج لمنظم شحن لتجنب الشحن الزائد للمدخرة.
2. منظم الشحن: وهو مسؤول عن عملية الشحن والحماية من التفريغ الجائر للمدخرة.
3. معادل الشحن: وهو من الملحقات الهامة وخاصة عند وصل عدة مدخرات على التسلسل لأنه يجب أن يكون هبوط الجهد على المدخرات متساوياً تفادياً لانعكاس الشحن.
4. المراقبة: وتفيد في إعطاء معلومات فعلية عن حالة المدخرة مثل مراقبة الجهد والتيار والحرارة والممانعة للمدخرة.
5. مقاييس حالة الشحن :وتفيد في إعطاء معلومات صحيحة عن حالة شحن المدخرات للمستخدم.

الفصل الرابع

القسم العملي

1- مقدمة:

يختلف تصميم المحطة PV المرتبطة مع الشبكة عن تصميم محطة PV مستقلة في أن الشبكة تؤلف مخزنا للطاقة من جهة ومصدر طاقة داعم للمحطة PV في تغذية أحمالها عند غياب من جهة أخرى PV . مخزنا للطاقة من جهة ومصدر طاقة داعم للمحطة لذلك ليس من الضروري أن يكون هناك توافق دقيق التوليد بين والحمل. إلا أنه من الأهمية بمكان، تقدير الطاقة السنوية المنتجة بما أمكن من الدقة، ليتسنى لصانع القرار معرفة المنافع الاقتصادية لهذه المحطة.

يجب أن يختار المصمم مركبات النظام بمقاسات متوفرة فعلا في السوق . تتطلب بعض القرارات التي على المصمم اتخاذها، ليس فقط بيانات فنية بل أيضا بيانات التكاليف، فمثلا هل استخدام جهاز ملاحقة الشمس أكثر اقتصادية من الحقل الثابت . كذلك تلعب مقيدات الميزانية دورا هاما في قرار المصمم .

2- تحديد مساحة الأرض المطلوبة لل PV :

يتم تحديد مساحة الحقل الكهرضوئي كما يلي: الاستطاعة المتناوبة المطلوبة هي:

$$P_{AC}=P_{DC}\ X\ \mu_{INV}$$

$$P_{AC} = 400 \text{ x } 0.90 = 360\text{kW}$$

ولاستخراج المساحة المطلوبة نستخدم القانون التالي:

$$P_{DC} = \text{كثافة الإشعاع الشمسي X A } (m^2) \text{ xp}$$

حيث: كثافة طاقة الإشعاع الشمسي هي ب [kWh]

A : هي المساحة المطلوبة

u: مردود الموديول

$$A = \frac{P_{DC}}{\mu * \text{كثافة الاشعاع الشمسي}}$$

$$A = \frac{400KW}{13.4 * 1} = 2985.74m^2$$

وبعد تحديد مساحة الحقل الشمسي اللازم لتوليد الاستطاعة المطلوبة نقوم بتحديد اتجاه وميل الخلايا الموديولات.

٣- حسابات الإشعاع الشمسي:

تركب الموديولات الشمسية بزوايا ميل معينة للحصول على أعظم قيمة للإشعاع الشمسي ولهذا حساب الإشعاع الشمسي على سطح مائل. لكن قبل البدء بشرح كيفية حساب الإشعاع الشمسي على سطح مائل لابد من شرح الزوايا المميزة لحركة الأرض حول الشمس.

٣ - ١ الزوايا الشمسية:

زاوية انحراف الشمس:

هي الزاوية الواقعة بين مستوي دائرة الاستواء والخط الواصل بين مركز الأرض و مركز الشمس و تتراوح قيمة هذه الزاوية بين (23. 45 - _ 23 . 45 +) وتختلف قيمة هذه الزاوية من يوم لآخر حسب ترقيم اليوم السنوي وتحسب من العلاقة:

$$\delta = 23.45° \ \sin[\frac{360}{365}(n - 81)]$$

لأجل التطبيقات الشهرية تحسب هذه الزاوية ليوم مميز من كل شهر ويبين الجدول ٧ التالي الأيام المميزة من كل شهر:

الجدول 7: رقم بعض الأيام في السنة

Date	Day Number
17 Jan	**17**
15 Feb	**46**
17 Mar	**76**
15 Apr	**105**
15 May	**135**
11 Jun	**162**
18 Jul	**199**
17 Aug	**229**
15 Sep	**258**
15 Oct	**288**
14 Nov	**318**
12 Dec	**346**

٣-٢زاوية ارتفاع الشمس:

هي الارتفاع الزاوي للشمس في السماء مقاسة من الأفق (الأفق لراصد ماعلى الأرض هي الدائرة المتحصلة من تقاطع سماء الراصد مع الأرض) وهي تساوي الصفر لدي شروق الشمس تساوي 90 درجة عندما تكون الشمس فوق الراصد مباشرة

٣-٣زاوية السمت:

هي الزاوية المتممة لزاوية ارتفاع الشمس و تحسب كلا الزاويتين (الارتفاع و السمت) من العلاقة

$$\cos\theta_z = \sin\alpha_s = \sin\delta\sin\phi = \cos\delta\cos\phi\cos\omega$$

٣-٤الزاوية الساعية:

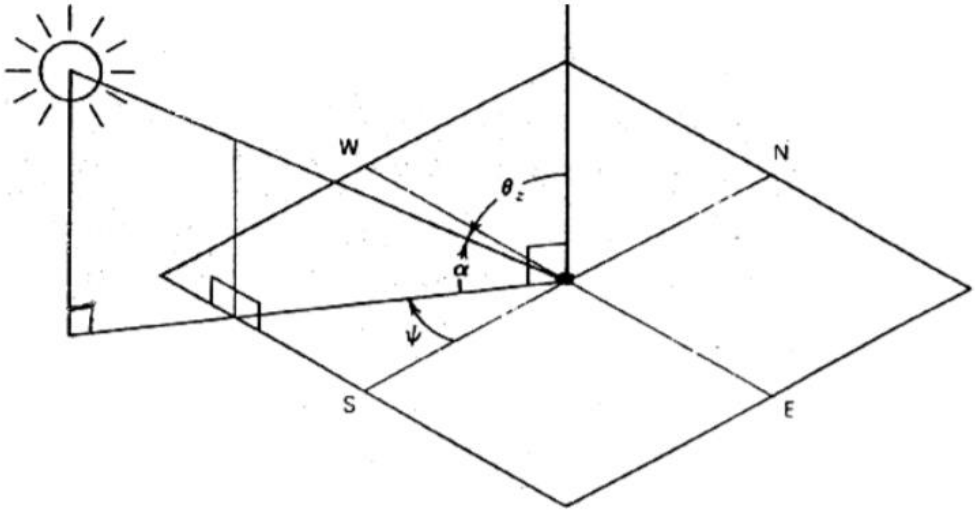
هي عدد الدرجات التي تتحركها الشمس في مسارها اليومي عبر السماء وتكون صفر عند الظهيرة وتحسب عند الشروق والغروب من علاقة زاوية الارتفاع وبجعل زاوية الارتفاع مساوية للصفر بالتالي تعطي الزاوية الساعية عند الشروق والغروب بالعلاقة

$$\cos \omega_s = -\tan \emptyset \tan \delta$$

٣-٥زاوية الأزيموت الشمسي: تقاس في مستوي أفق الراصد بين مسقط خط ارض – شمس على الأفق وبين جنوب الراصد (او شمال الراصد بالنسبة لنصف الكرة الجنوبي) وتحسب من العلاقة

$$\sin \gamma_s = \sin \psi_s = \cos \delta \sin \omega / \cos \alpha$$

والشكل 41 يوضح الزوايا المختلفة للإشعاع الشمسي.



شكل (41): زويا الإشعاع الشمسي

٣ -٦ حساب الإشعاع الشمسي على سطح مائل:

تم تطوير برنامج باستخدام MATLAB SIMULINK وذلك لإعطاء قيم الطاقة الإشعاعية الوسطية الإجمالية الساقطة على سطح مائل بزوايا مختلفة يحددها المستخدم لكل شهر من اشهر السنة انطلاقا من الطاقة الإشعاعية الإجمالية الوسطية الساقطة على سطح أفقي لكل شهر من أشهر السنة التي عادة ما تكون معطاة لأجل حسابات النظم الكهرضوئية.

الهدف من هذا البرنامج هو إيجاد زاوية الميل المثلى لتركيب الموديولات الشمسية بما يضمن الحصول على أعظم قيمة للاشعاع الشمسي على مدار العام.

إن دخل البرنامج هو:

S = الثابت الشمسي يساوي $1367W/M^2$

Ø= زاوية خط العرض لموقع تركيب نظام PV

ß= زاوية ميل اللوحات.

G = الطاقة الإشعاعية الإجمالية اليومية الوسطية على سطح أفقي لكل شهر من شهور السنة

$(kwh/m^2.day)$

P=انعكاسية الارض

أما خرج البرنامج فهو وكما ذكر سابقا الطاقة الإجمالية الإشعاعية الساقطة على سطح مائل بزوايا مختلفة لكل شهر من أشهر السنة إضافة إلى المتوسط السنوي عند كل زاوية. وفيما يلي

سيتم ذكر الخطوات المتبعة للحساب

١-حساب B_o وهي الطاقة الاشعاعية اليومية على حدود الغلاف الجوي من العلاقة

$$B = \cos\omega_s = \frac{24}{\pi}S\left\{1 + 0.33\cos\left(\frac{2\pi n}{365}\right)\right\}(\cos\phi\cos\delta\omega_s\sin\ + \omega_s\sin\phi\sin\delta)$$

٢-حساب KT معامل الصفاء الذي يصف الاضعاف الوسطي للاشعاع الشمسي من قبل الغلاف الجوي لكل شهر من الشهور السنة لموقع النظام الكهروضوئي المركب:

$$K_T = \frac{G}{B_o}$$

٣-حساب B وهي المركبة المباشرة للطاقة اللاشعاعية اليومية وعلى سطح افقي لكل شهر :

$$B = G - D$$

٤-حساب D وهي المركبة المنتثرة للطاقة الاشعاعية اليومية على سطح افقي لكل شهر ونستخدم لذلك العلاقة :

$$\frac{D}{B_o} = 1 - 1.13\, K_T$$

٥-حساب الاشعاع المباشر B(ß) على سطح المائل بزاوية ß على الأفق :

$$B(\beta) = B\,\frac{\cos(\phi-\beta)\cos\delta\sin\omega_o + \omega_o\sin(\phi-\beta)\sin\delta}{\cos\phi\cos\delta\sin\omega_s + \omega_s\sin\phi\sin\delta}$$

$$\omega_o = \min\{\omega_s, \omega_s'\}$$

$$\omega_s' = \cos^{-1}\{-\tan(\phi-\beta)\tan\delta\}$$

حيث:

w_s=الزاوية الساعية للشروق فوق الأفق

$w_{s'}$=الزاوية الساعية للشروق فوق المائل

w_0=القيمة الصغير للزاويتين w_s $w_{s'}$

٦-حساب D(ß) وهي الطاقة الاشعاعية المنتثرة على السطح المائل من العلاقة :

$$D(\beta) = \frac{1}{2}(1+\cos\beta)D$$

٧-حسبا R(ß) وهي الطاقة الاشعاعية المنعكسة عن سطح الأرض من العلاقة :

$$R(\beta) = \frac{1}{2}(1+\cos\beta)\rho\, G$$

٨-حساب الطاقة الاشعاعية الاجمالية اليومية على وحدة المساحة من السطح المائل لكل شهر من الشهور السنة وواحدتها kwh/$day.m^2$ من العلاقة :

$$G(\beta) = B(\beta) + D(\beta) + R(\beta)$$

والجدول (8) يبين خوارزمية الحساب:

بعد إدخال معطيات الموقع المراد دراسته أعطى البرنامج المبينة في الجدول

Angle	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual
0	2.270	2.840	3.990	5.560	6.610	7.490	7.510	6.790	5.570	3.980	2.740	2.120	4.789
5	2.434	2.985	4.116	5.642	6.602	7.421	7.470	6.858	5.748	4.203	2.946	2.292	4.893
10	2.585	3.116	4.221	5.694	6.563	7.319	7.393	6.888	5.894	4.403	3.137	2.451	4.972
15	2.723	3.230	4.305	5.716	6.491	7.182	7.280	6.881	6.005	4.578	3.311	2.598	5.025
20	2.847	3.328	4.365	5.707	6.388	7.011	7.131	6.836	6.081	4.727	3.466	2.731	5.052
25	2.955	3.408	4.403	5.668	6.252	6.807	6.946	6.752	6.122	4.849	3.602	2.849	5.051
30	3.046	3.470	4.417	5.599	6.086	6.570	6.727	6.632	6.126	4.942	3.717	2.951	5.024
35	3.121	3.513	4.407	5.500	5.891	6.303	6.474	6.474	6.095	5.007	3.811	3.037	4.969
40	3.179	3.537	4.374	5.373	5.667	6.007	6.190	6.282	6.028	5.042	3.883	3.105	4.889
45	3.218	3.542	4.319	5.217	5.417	5.686	5.878	6.055	5.925	5.048	3.931	3.155	4.783
50	3.239	3.528	4.240	5.034	5.142	5.340	5.539	5.797	5.789	5.024	3.957	3.187	4.651
55	3.242	3.495	4.139	4.826	4.846	4.975	5.177	5.509	5.618	4.971	3.960	3.200	4.496
60	3.226	3.443	4.017	4.595	4.530	4.593	4.795	5.193	5.416	4.888	3.939	3.195	4.319
65	3.192	3.373	3.875	4.342	4.198	4.197	4.397	4.852	5.183	4.777	3.895	3.172	4.121
70	3.140	3.284	3.713	4.069	3.853	3.794	3.987	4.490	4.922	4.638	3.828	3.129	3.904
75	3.070	3.179	3.533	3.779	3.498	3.388	3.570	4.109	4.633	4.473	3.739	3.069	3.670
80	2.983	3.057	3.336	3.474	3.139	2.985	3.153	3.714	4.320	4.282	3.628	2.992	3.422
85	2.880	2.920	3.124	3.157	2.781	2.594	2.743	3.309	3.985	4.068	3.496	2.897	3.163
90	2.761	2.768	2.898	2.831	2.431	2.229	2.351	2.899	3.631	3.831	3.345	2.786	2.897

الجدول (8): متوسط الطاقة الإشعاعية الإجمالية اليومية في كل شهر

ادخال:

S = الثابت الشمسي يساوي $1367\ W/m^2$

ϕ = زاوية خط العرض لموقع تركيب نظام PV

β = زاوية ميل اللوحات

G = الطاقة الإشعاعية الإجمالية اليومية الوسطية على سطح أفقي لكل شهر من شهور السنة.

p = انعكاسية الأرض

↓

حساب B_o وهي الطاقة الإشعاعية اليومية على حدود الغلاف الجوي

↓

حساب معامل الصفاء K_T

↓

حساب B وهي المركبة المباشرة $Beam$ للطاقة الإشعاعية اليومية وسطح

↓

حساب D وهي المركبة المنتثرة للطاقة الإشعاعية اليومية على سطح أفقي لكل

↓

حساب $B(\beta)$ الإشعاع المباشر على السطح المائل بزاوية β على الأفق

↓

حساب $D(\beta)$ الطاقة الإشعاعية المنتثرة على السطح المائل

↓

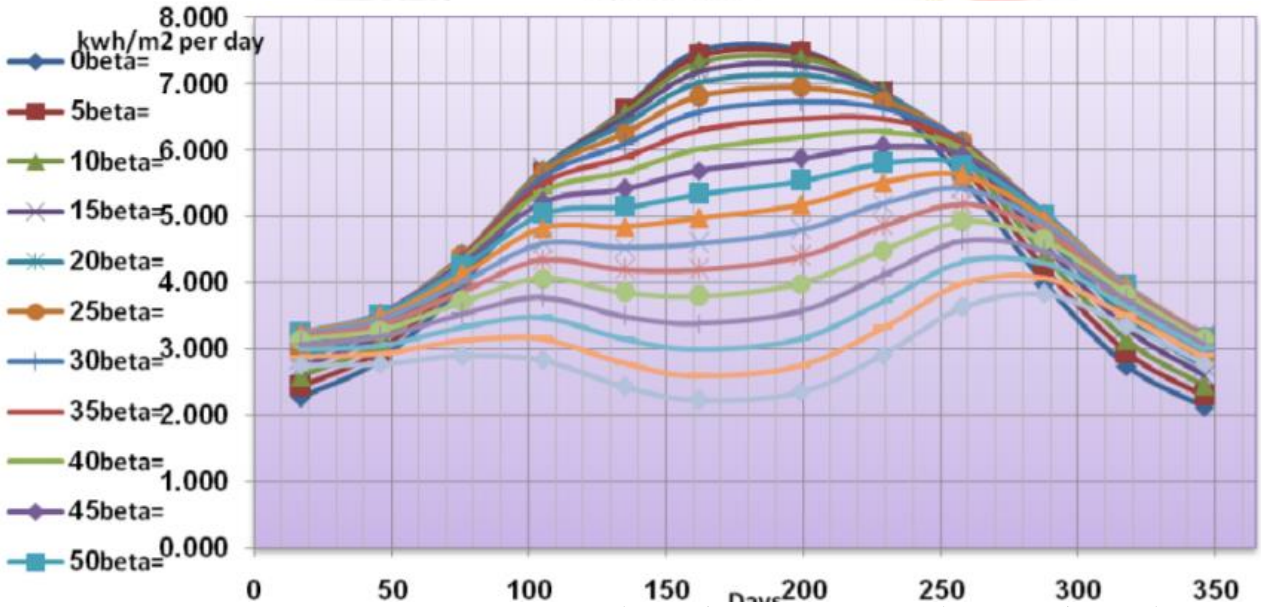
حساب $R(\beta)$ الطاقة الإشعاعية المنعكسة عن سطح مائل

حساب الطاقة الإشعاعية الإجمالية اليومية على وحدة |

المساحة من السطح المائل لكل شهر من شهور السنة

شكل (42): خورازمية حساب شدة الطاقة الإشعاعية الإجمالية على سطح مائل

يبين الجدول متوسط الطاقة الإجمالي الساقطة على واحدة المتر المربع يوميا لكل شهر من اشهر السنة و عند زوايا ميل مختلفة مع العلم أن متوسط الطاقة الإجمالية الساقطة على المتر المربع على سطح أفقي تم تحصيلها من موقع على شبكة الانترنت تابع لوكالة (NASA) حيث أن الموقع يوفر إحصائيات لجميع المواقع في العالم و بمتوسط عشر سنوات للقراءات و الشكل (43) يبين تغير القدرة المتولدة



على طول اشهر السنة عند زوايا ميل مختلفة.

شكل (43): تغير القدرة المتولدة على طول أشهر السنة عند زوايا ميل مختلفة.

4- اختيار زاوية الميل المثلى:

بعد قراءة أولية للجدول (مع العلم أن الخانات ذات اللون الأحمر تعطي أكبر قيمة للطاقة الوسطية الإجمالية الساقطة على المتر المربع من بين القيم عند مختلف زوايا ميل الموديولات عند شهر معين) نلاحظ بأن المتوسط السنوي الأعظمي للإشعاع يكون عند الزاوية 20° = 3 ولكن هناك تفاوت بين المتوسط الشهري للإشعاع وهذا ما يؤدي إلى تفاوت كبير بين الاستطاعة المولدة في أشهر الصيف وأشهر الشتاء، حيث نلاحظ بأن الإشعاع الشمسي ينخفض كثيرا عند هذه الزاوية لذلك لابد من اختيار متوسط سنوي كبير، وتقارب قدر الإمكان في الإشعاع الشمسي بين أشهر الصيف والشتاء بالإضافة إلى الحصول على إشعاع مقبول خلال أشهر الشتاء، نظرا لأن ذروة الحمولة في الشتاء أكبر من ذروة الحمولة في الصيف، لذلك نجد بأن الزاوية التي توفر هذه المواصفات الثلاثة هي الزاوية 30° = م كما نختاره بشكل متعارف متجها نحو الجنوب.

5- اختيار المسافة المثلى بين صفي موديلات:

نتيجة توضع الموديولات على شكل صفوف متتالية بالتالي يحدث ضياعات ناتجة عن تظليل صفوف الموديولات على بعضها البعض و يتم تخفيض هذه الضياعات إلى حد مقبول باختيار المسافة الفاصلة المثلى بين صفوف الموديولات لكن تحديد هذه المسافة أمر تجريبي و يختلف من مكان لآخر حسب الموقع لكن العلاقات التالية يصلح استخدامها لمختلف الظروف الجوية و في مختلف المواقع:

$$\Delta I = \frac{\gamma \times f_{diff}}{180 - \beta}$$

حيث:

ΔI : التخفيض في قيمة الإشعاع الناتجة عن التظليل وتساوي عادة 7.5 %.

γ : زاوية التظليل.

f_{diff} : النسبة بين الشعاع المتبعثر والشعاع الكلي الساقط على السطح وتساوي عادة 0.046

β : زاوية ميلان الموديولات.

٦- اختيار الموديول

يتم اختيار الموديول على أساس الاستطاعة المطلوبة، حيث أننا نختار الموديولات الكبيرة ذات العدد الكبير للخلايا.

كما نهتم بثلاث خصائص كهربائية هي:

1. تيار القصر Isc
2. وتوتر الدارة القصيرة Voc
3. ونقطة الاستطاعة العظمى.

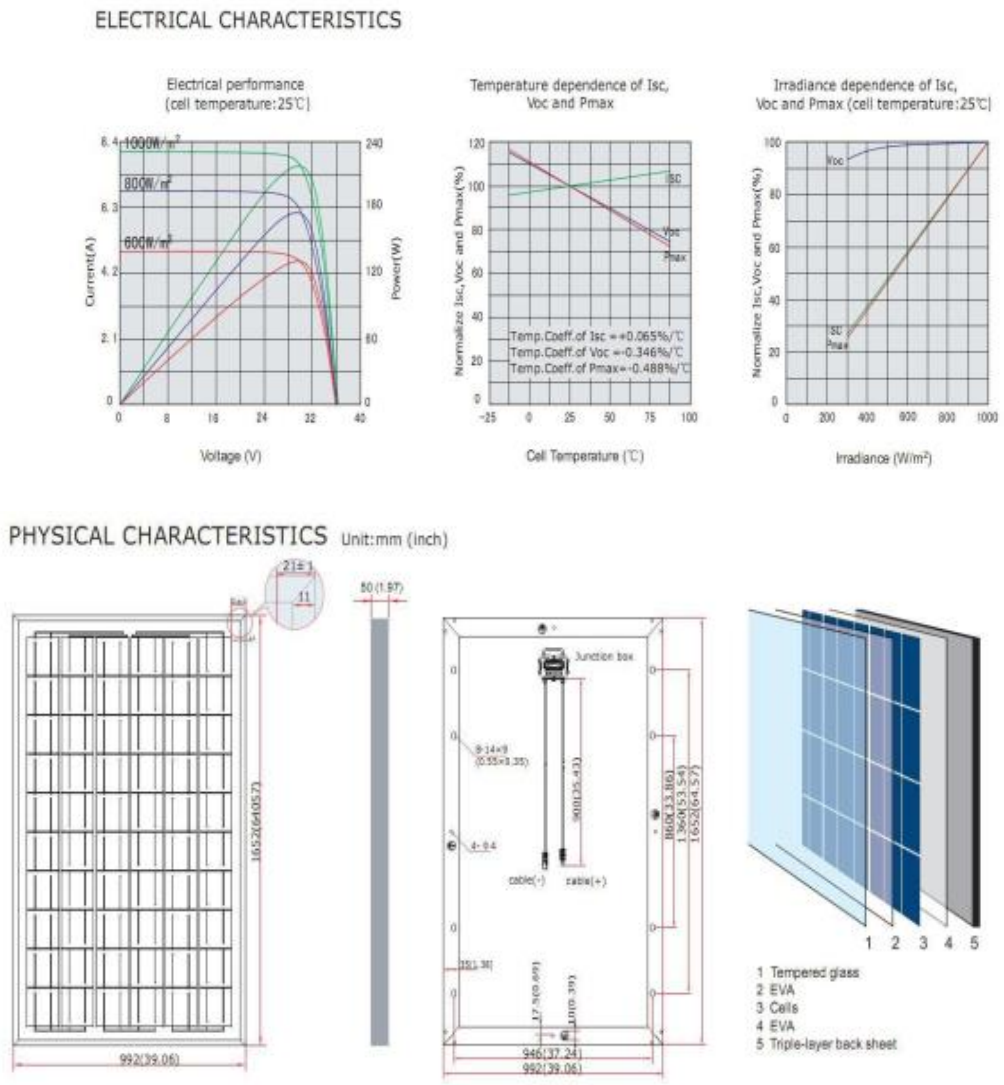
MODULTEQ® Technik für Solarenergie

Veredeln Sie Sonnenenergie in bares Geld!

Solar Module (MTS 305M-24V – MTS 310-24V)

Model Number	MTS 305M-24V	MTS 310M-24V
Solar cell(156*156mm)	Mono	Mono
Maximum power (Wp)	**305Wp**	**310Wp**
Maximum power voltage (V)	36.60	36.70
Maximum power current (A)	8.34	8.45
Open circuit voltage (V)	45.10	45.20
Short circuit current (A)	8.85	8.96
Cell Efficiency (%)	17.8%	18%
Module Efficiency (%)	14.9%	15.15%
Number of cells (Pc's)	72(6*12)	
Size of module (mm)	1956×992×50mm	
Maximum system voltage (V)	1000V	
Temperature coefficients of Isc (%)	+ 0.065/°C	
Temperature coefficients of Voc (%)	-0.346/°C	
Temperature coefficients of Pm (%)	-0.488/°C	
Temperature coefficients of Im (%)	+0.1/°C	
Temperature coefficients of Vm (%)	-0.38/°C	

Temperature Range	-40℃——+80℃
Surface Maximum Load Capacity	60m/s(200kg/m²)
Allowable Hail Load	steel ball fall down from 1m height
Weight per piece (kg)	23
Junction Box Type	PV-RH0301(TUV)
Connectors and Cables Type	With TUV certificate
Length of Cables (mm)	1300 mm
Output tolerance (%)	+/-3%
Frame (Material, Corners, etc.)	Aluminum
Standard Test Conditions	1000 w/m^2 AM1.5 25℃
Warranty	5 years product warranty and 10years 90% + 25years 80% of power output
FF (%)	≥72%
Certificate	CE TUV IEC 61215 IEC 61730
Quantity of one 20ft container	210 pcs



شكل مواصفات الموديولات MODUL TEQالمستخدمة في النظام

حيث أن هذا النوع من الموديولات مكفول حتى ٢٠ عاما مع العلم بأن العمر التشغيلي له هو 40 عاما وذلك على النحو التالي: ينخفض مردود الموديول بمقدار ١٠٪ بعد 10 سنوات و ٢٠٪ بعد ٢٠ عام . وبناء على المعطيات المبينة أعلاه نقوم بحساب عدد الموديولات في الحالة المثالية اللازمة كالتالي:

$$\text{عدد الموديلات} = \frac{P_{DC}}{P_{model\,max}} =$$

$$= \frac{400*10^3}{310} = 1290\text{model}$$

اما في حالة الظروف الجوية السيئة :

$$=\frac{400*10^3}{250}=1600\text{model}$$

٧- توصيل الموديول:

يتم تقسيم الموديولات الى 50 مجموعة تحتوي المجموعة الواحدة على 25 موديول يتم وصل هذه الموديولات على التسلسل فيما بينها بيحث يصبح جهد V_{max} كل مجموعة في الحالة المثالية هو :

$$V_{max}=25*36.70=917V$$

اما في حالة الظروف الجوية السيئة وعلى اعتبار ان كل موديول يعطي جهد V_{min}20V فيصبح جهد المجموعة :

$$V_{min}=25*20=625V$$

والتيار هذه المجموعة ثابت لان الوصل تسلسلي ويساوي I_{max}= 8.45A

والتيار في حالة الظروف الجوية السيئة $I_{min}= 5A$

ويتم وصل كل 10 مجموعات مع بعضها على التفرع بحيث يصبح التيار I_{max} مساويا الى:

$$I_{max}=10*8.45=84.5A$$

$$I_{min}=10*5=50A$$

ويكون الجهد في هذه الحالة ثابت مساويا الى :

$$V_{max}=917V$$

$$V_{min}= 625V$$

٨- اختيار العاكس INVERTER:

تم اختيار العاكس للنظام الكهرضوئي المدروس ذو المواصفات المبينة في الشكل على الأسس التالية:

1- الاستطاعة العظمى للمجموعة الواحدة من الموديولات الكهرضوئية بحيث تتوافق مع الاستطاعة العظمى لدخل العاكس .

٢-الجهد الاعظمي لدخل العاكس.

٣-التيار الاعظمي لدخل العاكس .

٤-الاستطاعة العظمى لخرج العاكس .

٥-ان يحقق العاكس تزامن بين القدرة المنتجة مع القدرة الكهربائية الموجودة في الشبكة وذلك من خلال :

ا-التردد

ب-الجهد

ج-توارد اطور

د-فرق الصفحة

نختار العاكس من شركة KSTAR ويوضح الكتلوك التالي مواصفات العاكس المطلوب:

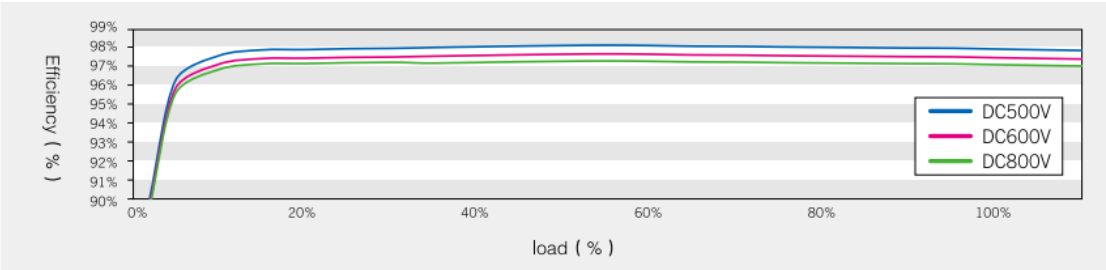
GSL Series With Transformer Technical Specifications

MODEL	GSL0100T	GSL0250T	GSL0500T
Input			
Max. DC input power	110KW	275KW	550KW
Max. DC input voltage	1000Vdc		
MPPT voltage range	450～850Vdc		
Number of MPPT trackers	1		
Max. input current	240A	600A	1200A
Output			
Rated output power	100KW	250KW	500KW
Rated output voltage	400Vac		
AC output topology	3Ph+N+PE		
Output voltage range	(1±15%) x Normal AC Voltage (adjustable ±5%,±10%,±15%,±20%)		
Grid frequency range	50/ 60Hz (±4.5Hz), (adjustable)		
Rated AC output current	144A	361A	722A
Max. AC output current	158A	397A	794A
Power factor (cosΦ)	1 (0.9 leading – 0.9 lagging) (adjustable)		

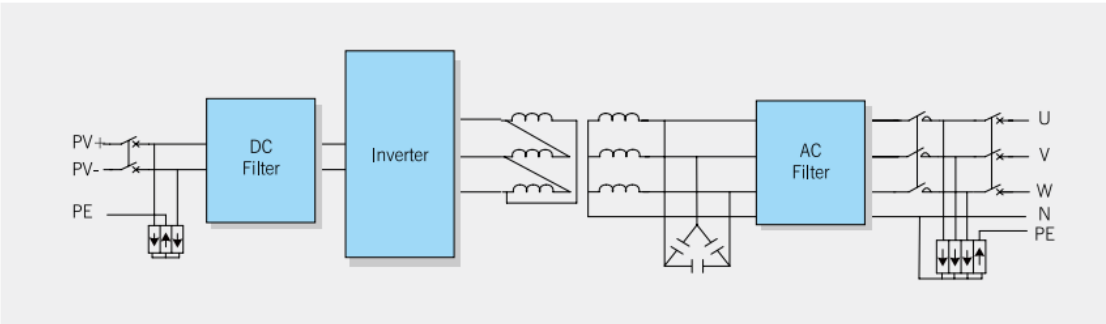
Total harmonic current distortion (THDi)	<3%		
System features			
Max. efficiency	97.7%	97.9%	98.1%
Euro efficiency	97.4%	97.6%	97.9%
MPPT efficiency	>99%		
Standby (night time) losses	<10W		
Cooling	Forced air cooling		
Communication interface	RS485 , external Ethernet (optional)		
Environment			
Operating temperature	–40℃~+60℃（More than 55℃ derating）		
Humidity range	0～95% (non-condensing)		
Altitude	3000m		
Noise level	<58db	<60dB	
Protection rating	IP21		
Protection devices			
AC leakage current fault protection	Yes		
AC/DC Surge protection	Yes		

Protection devices			
AC leakage current fault protection	Yes		
AC/DC Surge protection	Yes		
Ground fault protection	Yes		
Anti-islanding protection	Yes		
DC reverse-polarity protection	Yes		
Physical			
Dimension W×D×H （mm）	835×935×2200	1200×935×2200	1600×935×2200
Net weight (kg)	900	1470	2800
Standards			
CQC	CNCA/CTS0004-2009A, CNCA/CTS0006-2010, NB/T 32004-2013		
CE	IEC62109-1, IEC62109-2		
TUV	IEC62109-1, IEC62109-2, IEC/EN61000-6-2, IEC/EN61000-6-4, etc		

Specifications subject to change without prior notice.



GSL0100T / GSL0250T / GSL0500T **Circuit diagram**



وبالتالي انا بحاجة الى 5 عواكس من هذا الموديل بحيث يكون لكل مجموعة عاكس واحد .

٩-تحديد مقاطع الكابلات

هبوط التوتر المسموح به من الموديل الى العاكس :

معيار التصميم المناسب هو السماح بضياع توتر لكابلات النظام في المجال (5% - 3).

بسبب مرور التيار في الناقل ضياعا في الاستطاعة وبالتالي هبوطا في الجهد من طرف التغذية الى طرف الحمل ويعطى هبوط الجهد ΔV على كابل طوله L بالاعلاقة التالية :

$$\Delta V=2*L*I*R$$

$$\Delta V\%=2*50*84.5*0.017=1.437$$

١٠-مقطع الكابلات من الموديل الى العاكس:

مساحة مقطع الموصل (مم٢)	كابل DC او احادي الطور AC (كابل يحتوي على موصلين بحماية أو بدون حماية)	كابل ثلاثي الطور AC (ثلاثة كابلات أحادية، كابل أربعة أو خمسة موصلات)	كابل أحادي DC او AC (٢ كابل أحادي متلامسين)
1.0	11	9.0	--
1.5	17	15.0	--
2.5	27	24.0	--
4.0	41	36.0	--
6.0	53	47.0	--
10.0	73	64.0	--
16.0	99	86.0	--
25.0	131	114.0	--
35.0	--	140.0	192

بما ان التيار $I_{max} = 84.5A$ نختار من الجدول قيمة مساحة الكابل

$$A = 16mm^2$$

١١-مقطع الكابلات من العاكس الى البسبار:

تتالف دارة العاكس من عناصر الكترونية تعمل على شكل مفتاح ساكنة قابلة للتحكم يمكن تبسيط مبدأ العمل بحيث يتم تطبيق الجهد المستمر على دخل العاكس من منبع ثابت الجهد مع تغير التيار المستجر لان جهد الدخل وثابته يؤثران على خرج العاكس فيقدم العاكس خرج :

- تيار متناوب ثلاثي الطور قيمته تصل الى 749A

-جهد متناوب ثلاثي الطور قيمته تصل الى 400V

-استطاعة قيمتها تصل الى 500KW

-تردد (50/60)

-عامل استطاعة $\cos Ø = 1$

-عامل التشوه الكلي للتوفقيات اقل من 3%

وبناءا على هذه المعطيات يتم حساب مقطع الكابلات الواصلة بين العواكس والبسبارات :

$$I = \frac{P_{max}}{\sqrt{3} * V * \cos Ø}$$

$$I = \frac{500 * 10^3}{\sqrt{3} * 400 * 1}$$

$$I = 111.140A$$

يتم حساب مقطع الكابل الواصل بين العاكس والبسبارات بطريقة استطاعة الحمل للتيار :

عوامل التصحيح :

-F_1عامل يتعلق بالشبكة ويؤخذ 0.84 اذا كانت الشبكة غير متوازنة والا فهو يساوي الواحد

-F_2عامل يتعلق بقابلية مواد المنشاة للاحتراق عند وجود مواد سريعة الاحتراق يؤخذ بقيمة 0.8.

-F_3عامل يتعلق بدرجة حرارة الوسط

-F_4عامل يتعلق بنوع الكابل وطريقة تمديده

-F_5عامل يتعلق بتوضع النواقل فوق بعضها البعض

-F_6عامل يتعلق بتوضع النواقل قرب بعضها البعض على صف واحد

-F_7عامل يتعلق بتوضع النواقل قرب بعضها البعض على عدة صفوف

-العازل المستخدم PVC

$$F = F_1 * F_2 * F_3 = 0.74$$

-تيار التصميم $I_D = \frac{I}{\mathrm{F}} = \frac{111.140}{0.74} = 150.189\mathrm{A}$

-نوجد المقطع اعتمادا على:

١-تيار التصميم

٢-نوع العازل

٣-عدد النواقل

٤-المعدن المستخدم النحاس

٥-القيمة المرجعية B

-المقطع المطلوب بالاعتماد على المعطيات السابقة والاعتماد على الجداول

A=70mm^2

١٢- حساب القواطع وعياراتها :

نختار القاطع اعتمادا على تيار المعرج :

التيار الاسمي للقاطع الالي

4- من حيث التجهيزات الكهربائية:

اعتمدت في تجهيزات مراكز التحويل، التجهيزات المبينة في الجدول التالية:

الجدول رقم (1)

منصهرات التوتر المنخفض

الرقم	الشدة الاسمية	الرمز والطراز
1	10	24610-20
2	16	24610-21
3	20	24610-22
4	25	24610-24
5	50	24610-25
6	80	24610-27
7	100	24610-28
8	125	24611-19
9	160	24611-20
10	200	24611-21
11	250	24611-16
12	300	24612-17
13	355	24612-18
14	425	24613-13
15	500	24613-13
16	600	24613-13

الجدول رقم (2)

قواعد منصهرات التوتر المنخفض

الرقم	الشدة الاسمية	الرمز والطراز
1	100	24644-1
2	250	24641-2
3	400	24642-2
4	600	24643-2

$$I_{NBS} = 100A$$

١٣-هبوط التوتر المسموح به من العاكس الى البسبار :

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} * \zeta * L * I * \cos \emptyset}{A}$$

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} * 0.017 * 111.140 * 50 * 1}{70}$$

$$\Delta V = 2.338$$

١٤-نورم الكابل NYY:

=1*(3*70+35)+35

١٥-اختيار البسبارات:

نختار بسبار مدهون –مكان مفتوح –افرادي A

I_D=150.189

ابعاد قضيب التجميع 20*5

المقطع الافرادي 99.1

الجدول(3-14) استطاعات حمل التيار لقضبان التجميع المختلفة

ابعاد قضيب التجميع mm	المقطع الافرادي mm^2	استطاعة حمل التيار حسب نموذج وعدد قضبان التجميع							
		مدهون				عاري			
		مكان مغلق		مكان مفتوح		مكان مغلق		مكان مفتوح	
		A	B	A	B	A	B	A	B
12×2	23.5	125	225	165	297	110	145	145	264
15×2	29.5	155	270	204	356	140	240	184	316
15×3	44.5	185	330	244	435	170	300	224	396
20×2	39.5	205	350	330	462	185	315	244	415
20×3	59.5	245	425	323	561	220	380	290	501
20×5	99.1	325	560	429	739	295	500	389	660
25×3	74.5	300	520	496	686	270	460	356	607
25×5	124	395	670	521	884	350	600	462	792
30×3	89.5	355	610	468	805	315	540	462	712
30×5	149	450	780	594	1029	400	700	415	924
40×3	119	460	790	607	1042	420	710	528	937
40×5	199	600	1000	792	1320	520	900	558	1188
40×10	399	850	1500	1122	1980	760	1350	686	1782
50×5	249	720	1220	950	1610	630	1100	1003	1452
50×10	499	1030	1800	1359	2376	920	1600	831	2112
60×5	299	850	1430	1122	1887	760	1250	1214	1650
60×10	599	1200	2100	1584	2772	1060	1900	1003	2508
80×5	399	1070	1900	1412	2508	970	1700	1399	2244
80×10	799	1560	2500	2059	3300	1380	2300	1280	3036
100×5	499	1350	2300	1782	3036	1200	2050	1821	2706
100×10	999	1880	3100	2481	4092	1700	2800	1584	3696
120×10	1200	2200	3500	2904	4620	200	3100	2244	4092
160×10	1600	2800	4500	3696	5808	2500	3900	2640	5148
200×10	2000	3350	5300	4422	6996	300	4750	3300	6270

حيث : A مفرد، B مزدوج

١٦-عداد الكهربائي ثلاثي الطور :

ان عداد الكهرباء الثلاثي الطور مميز بالدقة العالية والموثوقية العالية وفعالية التكلفة ووظيفة ضد سرق الكهرباء

المميزات الرئيسية :

١-عداد الكهرباء ثلاثي الطور يجمع وحدة القياس المستقلة ويتميز بالدقة العالية .

٢-يدعم هذا العداد الكهربائي القياس الامامي والعكسي ويكون مستخدما لقياس الطاقة الفعالة وغير الفعالة بأربعة ربعيات ويدعم ٨تعريفات بالحد الأقصى .

٣-وحدة الساعة العالية الدقة الخارجية .

١٧- الحماية من الصواعق والتوتر الزائد:

بما أن المنطقة نادرًا ما تتعرض للإصابة بالصواعق لذلك نعمل على:

- ربط هياكل الحقل مع بعضها البعض إلى الأرض حتى يكون الحقل في نطاق تساوي الكمون وعادة يكون نفس مقطع DC من الحقل إلى المعرج أي $8\ mm^2$.
- تمديد نواقل DC بجانب بعضها البعض لتجنب جذب الصاعقة.

أما الحماية من التوتر الزائد فيتم ذلك من خلال العاكس حيث نختار مفرغة الصواعق ذات النوع ٤٤٠ أي ذات توترات: $V_{AC} = 440\ V$ $V_{DC} = 585\ V$

١٨- الدراسة الاقتصادية:

تكلفة النظام:

تكلفة النظام من غير سعر الأرض :

الجهاز	الكمية/بكرة/الطول	السعر الافرادي$	السعر الإجمالي$
الموديولات	1290	$200	$258000
الكابلات 1	10	$138.6	$1386
العاكس	5	$12000	$60000
الكابلات ٢	10	$250	$2500
القواطع	15	$350	$5250
البسبارات	40	$90	$3600
المجموع			$330736

الهدف الأساسي من الدراسة الاقتصادية هو إيجاد كلفة وحدة الطاقة $/KWh ولإيجاد ذلك ينبغي معرفة تكاليف الإنشاء وتكاليف التشغيل والصيانة وتكاليف التخلص من المحطة بعد اهتلاكها.

التكاليف الكلية للانشاء مع اخذ سعر الأرض بعين الاعتبار :

330736+525000=855736$

تكاليف الصيانة والتشغيل: إن هذا النظام لا يحتاج إلى وقود أو صيانة دورية لأنه ذو أعطال تكاد تكون معدومة أما بالنسبة للتشغيل فإنه سيتم تغيير المعرجات بعد عشر سنوات من الاستهلاك.

تكاليف التخلص من المحطة بعد اهتلاكها مهملة.

١٩-حساب كلفة الاستهلاك بحسب نظام الشرائح :

بموجب هذا النظام يتم تقسيم استهلاك الطاقة الكهربائية عند المستهلك الى مجموعات وتعطى كل مجموعة تسعيرة خاصة بحيث تتناقص قيمة التسعيرة بالتدريج من مجموعة الى اخرى.

وعلى فرض ان النظام يعمل 12في اليوم خلال أيام الذروة الشمسية فانة ينتج قدرا من الاستطاعة خلال اليوم الواحد وتقدر ب: 12*360=4320kwh

الكلفة خلال اليوم بحسب نظام الشرائح هي

من ١ kwh الى ١٠٠٠ kwh يحسب ب٠,٧$=٧٠٠ $

من ١٠٠٠ kwhالى ٢٠٠٠ kwh يحسب ب ٠,٥ $ =٥٠٠ $

من ٢٠٠٠ kwh الى ٣٠٠٠ kwh يحسب ب ٠,٢ $ =٢٠٠ $

من ٣٠٠٠ kwh الى ٤٣٢٠ kwh يحسب ب ٠,١ $ = ١٣٢ $

المجموع =١٥٣٢ $

سعر الاستهلاك السنوي من الطاقة على فرض عمل النظام بشكل يومي ومن غير وجود اعطال وفي الحالة المثالية فان سعر الاستهلاك السنوي هو:

365*1532=559180$

٢٠-فترة الاسترداد الكلية :

فترة الاسترداد الكلية في هذه الحالة هي :

الكلفة الكلية للمنشاة – الكلفة العمل الكلية خلال سنة =

855736-559180=296556$

190*1532=291080

ويتم الاسترداد لكامل راس المال خلال فترة هي :

=190+365=555day

$$= \frac{555}{365} = 1.5Year$$

المراجع العلمية

- عمر احمد حمندوش، ٢٠٠٣- **اقتصاديات نظم القدرة الكهربائية**. مديرية الكتب والمطبوعات الجامعية، حلب.

-عمر احمد حمندوش /طه محمد جبان،٢٠١٠-هندسة الكهرباء الصناعية .مديرية المطبوعات الجامعية حلب .

-كاميليا يوسف محمد –الطاقة الشمسة وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة

- **الست** شامان، 2008- **تطبيقات الطاقة الشمسية الكهربائية الجزء الأول**.كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، جامعة البعث،

- **المصطفى** رياض،**هلال** صفر، 1997- **نظم القدرة الكهربائية (2)**. مديرية الكتب والمطبوعات الجامعية، حلب، .

- أ. لوجي. ج. أ. روجي- **الخلايا الشمسية من المكونات إلى الجهاز ومن الجهاز إلى التطبيقات**. ترجمة: الدكتور نور الدين الأخوة، الدكتور عبد الوهاب شيخ روحو، الدكتور أحمد الحصايري. مراجعة: الأستاذ الدكتور محمد المعالج. إصدار المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم. تونس 1994.

- **سليمان** سليمان،**البني** محمد،1997- **الإشعاع الشمسي في سوريا**.مديرية الأرصاد الجوية، دمشق.

- **محمود** سامر، 2009- **إنشاء محطة كهرضوئية في منطقة اللجاة بمحافظة درعا**. جزء من بحث، جامعة دمشق.

- منتدى الفيزياء التعليمي- موقع على الانترنت WWW.hazemsakeek.com.

- **موسى** شحادة،2008- **تطبيقات الطاقة الشمسية الكهربائية الجزء الثاني**. كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، جامعة البعث.

- موقع التقنية الإلكتروني- **الطاقة الشمسية**- موقع على الانترنت WWW.TKNE.NET

- نقابة المهندسين، فرع حلب، لجنة الطاقة 16/3/2009/.

- وزارة الكهرباء، 2008، السجلات الإحصائية والتقرير السنوي- دمشق.

- وزارة الكهرباء، 2009، السجلات الإحصائية والتقرير السنوي- دمشق.

- مشروع التخرج للمهندسة رفا العمر

- مشروع التخرج للمهندس رامي إبراهيم عبد الكريم

PV Array
Combiner
Central Grid-tied
PV Inverter
Boost System
Grid
PV Array

University Of Aleppo
Faculty Electrical and Electronic Engineering
Electrical Power System Engineering

Connecting Solar Generation Systems With The Public Network

Study Submitted Of Degree Of Bachelor Of Electrical Power System Engineering

Supervised by:

Dr.Eng.Omar Ahmad Hamandouch

Studied and Prepared by:

Muhanad alaani

Year 2019/2020