توليد الكهرباء بالطاقة الشمسية

الخلايا الكهروضوئية لتوليد الكهرباء (Photovoltaic Cells)

إعداد دكتور/ نبيل الحسينى عوض*

مقدمة

الشمس مصدر الضوء والحرارة على الأرض وتعتبر أهم مصادرالحياة على الأرض وهى تجري في مدار محدد بدقة ، حيث تدور الأرض حولها في مواقيت محددة بدقة يتم من خلالها حساب الزمن سواء خلال اليوم او خلال العام والفصول والمظاهر الجغرافية والمناخية المرتبطة بها، ومع تطورالتكنولوجيا لم تعد فائدة الشمس فقط الضوء والحرارة والمساعدة في العمليات الطبيعية بل إستطاع الإنسان الإستفادة من تجميع الطاقة الشمسية وتحويلها الى كهرباء يستفيد بها في مجالات متنوعة وتعتبر الطاقة المستخرجة من الشمس من أفضل أنواع الطاقة من حيث الإستمرارية والنظافة فهي طاقة صديقة للبيئة.

الطاقة الشمسية في مصر

تقع مصر جغرافياً بين خطي عرض ٢٢ و٣١,٥ شمالاً، وبهذا فإن مصر تعتبر في قلب الحزام الشمسي العالمي، ويعرف الحزام الشمسى بأنه جزء من منطقة واسعة غير ممطرة تصل من الجانب الغربي من شمال افريقيا وصولا الى الجانب الشرقي من آسيا الوسطى، وبذلك فإنها تعد من اغنى دول العالم بالطاقة الشمسية، وقد قامت وزارة الكهرباء والطاقة بإجراء العديد من الدراسات لتحديد خصائص الإشعاع في مصر، أسفرت عن إعداد أطلس للطاقة الشمسية في مصر.

** تلقى معظم أنحاء البلاد من القاهرة وحتى أقصى الجنوب إشعاعاً شمسياً مباشراً يتجاوز ٧ كيلووات، ساعة/متر^{٢}/يوم، ويتراوح المتوسط السنوي لعدد ساعات سطوع الشمس في اليوم ما بين [٩ساعات] إلى ما يقرب من [١١ساعة] في جنوب مصر الصحراوي، وتزيد ساعات

* أستاذ بكلية الهندسة جامعة حلوان، أمين صندوق جمعية المهندسين المصرية

** المصدر: محمد منير مجاهد، مصادر الطاقة في مصر وآفاق تنميتها

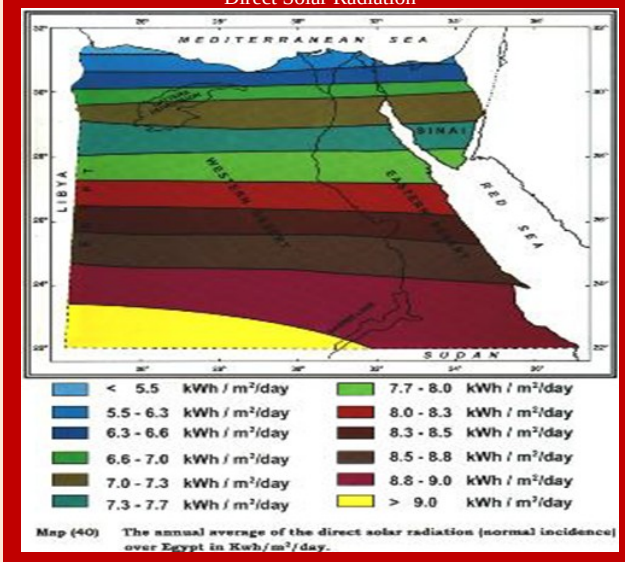
الهيئة العامة للأرصاد الجوية المصرية المتوسطات الشهرية لعدد ساعات سطوع الشمس فى اليوم موقع بوابة مصر – موقع بوابة طاقة

سطوع الشمس على [٣٦٠٠ ساعة] سنوياً في معظم أنحاء مصر، وتعد هذه الأرقام من أعلى المعدلات في العالم.

كمية الإشعاع الشمسى على مصر

تبلغ كمية الأشعاع الشمسى فى مصر أقصاها فى شهرى يونية ويولية فهى تتراوح بين(٧.٥– ٨.٤ك. وات سم^{٢}/يوم) فى كل الأرجاء، ويبلغ طول النهار أقصاه يوم ٢١ يولية (١٤ ساعة) منها (١٢.٥ ساعة سطوع الشمس)، وتبلغ كمية الإشعاع الشمسى أدناها لتتتراوح بين (٢.٧–٤.٣ ك.و. س/م^{٢}) فى يوم ٢١ ديسمبر إذ يبلغ طول النهار أدناه (١٢ ساعة) منها (٨.٥ ساعة)سطوع للشمس، ويبلغ ادنى إنخفاض فى كمية الإشعاع الشمسى شمال مصر فى شهر يناير، تلبد السماء بالسحب وتتراوح كمية الإشعاع بين (٣– ٤.٧ ك.و. س/م^{٢} يوم) على كل الأرجاء، وتتزايد كمية الإشعاع بالإتجاه جنوبا أما فى الإعتدال الربيعى فإن الإنخفاض فى كمية الإشعاع الشمسى قليل عما فى فصل الشتاء، ويرجع هذا لقلة تأثير الإنخفاضات الخماسينية التى تهب ربيعا على تلبيد السماء، أما بالنسبة للأعاصير الشتوية تتراوح كمية الأشعاع الشمسى بين (٦–٧.٤ ك. و. س/ م^{٢} يوم) وتتزايد بالإتجاه جنوبا، أما فى الصيف فالنقص بسيط فى كمية فالنقص بسيط فى كمية الإشعاع الشمسى، يقع مركز الانخفاض فى كمية الإشعاع الشمسى فوق الدلتا (٧.٥ك.و.س/م^{٢} يوم) ويرجع هذا للغبار الكثير فى السماء فوق الدلتا وبالتالى وربما أيضا للرى الكثيف فيها صيفا وبالتالى التبخر الهائل وتبلغ كمية الإشعاع الشمسى (٨ ك. و.س/م^{٢} يوم) أما فى الإعتدال الخريفى فتتراوح كمية الإشعلع الشمسى بين(٤.٥–٥.٩ ك.و.س/م^{٢}يوم).

مما سبق يمكن الخروج بحقيقة هامة مؤداها أنه على الرغم من وجود بعض التباين فى عدد ساعات سطوع الشمس حسب خط العرض وفصول السنة إلا أن المتوسط الشهرى لعدد ساعات السطوع الشمسى يسمح بإستغلال الطاقة الشمسية فى كل أرجاء الدولة بأمان لا سيما فى مصرالوسطى والعليا، يمكن تحويلها إلى طاقة كهربية أو حرارية حسب التطبيق المستخدم بما يوفر فى حدود ٢٤٠٠–٢٩٠٠ ك.و. س/م^{٢} سنويا ويوضح الجدول رقم (١) الطاقة الشمسية المتوفرة فى المناطق المختلفة فى مصر ومجالات استخدامها، والشكل رقم (١) يوضح توزيع الطاقة الشمسية المتوفرة فى مصر.



شكل رقم ١– توزيع الطاقة الشمسية المتوفرة فى مصر

جدول رقم (١) الطاقة الشمسية المتوفرة فى المناطق المختلفة فى مصر ومجالات استخدامها

المنطقة	مجالات الاستخدام
الساحل الشمالى	الإنارة التسخين ضخ المياه للرى تحليه مياه البحر
الدلتا	التسخين فى القطاع المنزلى والتجارى والصناعى
ساحل البحر الأحمر	تحليه المياه الإنارة المواصلات السلكية واللاسلكية–توليد الكهرباء فى المناطق البعيدة عن الشبكة مثل القصير ومرسى علم
منطقة شرق العوينات بالصحراء الغربية	استخدام الخلايا الشمسية فى توليد الكهرباء والإنارة
منطقة الواحات بالصحراء الغربية	الخلايا الشمسية فى توليد الكهرباء والتبريد والمواصلات السلكية واللاسلكية
شمال وجنوب الصعيد	توليد الكهرباء، تجفيف المجاصيل والتسخين والطهى

المصدر: معهد التخطيط القومى، سياسات إدارة الطاقة فى مصر فى ظلال متغيرات المجلية والإقليمية والعالمية، سلسلة قضايا التخطيط والتنمية رقم (٢٠٢) القاهرة، أغسطس ٢٠٠٧

تحويل الطاقة الشمسية

يتم تحويل الطاقة الشمسية الى نوعين:

١- طاقة كهربائية

٢- طاقة حرارية

الحديث اليوم على تحويل الطاقة الشمسية الى طاقة كهربائية يعتمد هذا التحويل على آلية التحويل الكهروضوئية وفي هذه الآلية يتم تحويل شعاع الضوء الى طاقة كهربائية عن طريق الخلايا الشمسية الكهروضوئية (Photovoltaic Cells) ويستخدم في الخلايا مجموعة من المواد التي تعمل على هذه الخاصية وهي مواد أشباه موصلات مثل السيلكون والجرمانيوم، أكتشفت هذه الظاهر في أواخرالقرن التاسع عشر حيث وجد العلماء أن شعاع الضوء يعمل على تحرير الألكترونات في بعض أنواع المعادن ويقوم الضوء الأزرق بهذه الخاصية أكثر من الضوء الأصفر.

الخلايا الكهروضوئية لتوليد لكهرباء (Photovoltaic Cells)

إن الخلايا الشمسية هي عبارة عن محولات كهروضوئية تقوم بتحويل ضوء الشمس المباشر إلي كهرباء، وهي نبائط شبه موصلة وحساسة ضوئياً ومحاطة بغلاف أمامي وخلفي موصل للكهرباء، وفكرة عمل الخلية فوتوفولتيك تتلخص فى أنه عند سقوط فوتون الضوء علىها تتحرر الكترونات وفجوات، وتنتقل الالكترونات تحت تأثير قوة المجال الكهربي في الخلية إلى الجزء السالب وتنتقل الفجوات إلى الجزء الموجب، وعند ربط طرفي خلية الفوتوفولتيك بنقطتي توصيل على السطح العلوي والسطح السفلي للخلية نحصل على تيار كهربي طالما استمر سقوط الضوء على خلية الفوتوفولتيك، وهذا التيار الكهربي هو الذي يشغل الالة الحاسبة وسيتم استعراض فكرة عمل الخلية فوتوفولتيك تفصيلا.

لقد تم إنماء تقنيات كثيرة لإنتاج الخلايا الشمسية عبر عمليات متسلسلة من المعالجات الكيميائية والفيزيائية والكهربائية على شكل متكاثف ذاتي الآلية أو عالي الآلية، كما تم تصنيع الخلايا الشمسية من مواد مختلفة إلا أن أغلب هذه المواد نادرة الوجود بالطبيعة أولها خواص سامة ملوثة للبيئة أو معقدة التصنيع وباهظة التكاليف وبعضها لا يزال تحت الدراسة والبحث.

كما تم إنماء مواد مختلفة من أشباه الموصلات لتصنيع الخلايا الشمسية على هيئة عناصر كعنصر السيليكون أو على هيئة مركبات كمركب الجاليوم زرنيخ وكربيد الكادميوم وفوسفيد الأنديوم وكبريتيد النحاس وغيرها من المواد الواعدة لصناعة الفولتضوئيات، ولكن تركز الاهتمام على أنواع الخلايا الشمسية التجارية (الخلايا الشمسية السيليكونية) وذلك لتوفرعنصرالسيليكون في الطبيعة علاوة على أن العلماء والباحثين تمكنوا من دراسة هذا العنصر دراسة مستفيضة وتعرفوا على خواصه المختلفة وملاءمته لصناعة الخلايا الشمسية.

الخلايا الكهروضوئية تتكون من طبقتين من أشباه النواقل أو أشباه الموصلات غالبًا تكون من السيلكون أحدهما إيجابي والثانية سلبي وبينهما وصلة فاصل ويغطي الخلية غطاء زجاجي وتتميز هذه الخلية بأنها قطعة واحدة، لا تستهلك طاقة ولا تلوث البيئة، وذات عمر طويل، ولا تحتاج الى الكثير من الصيانة.

كيف يعمل السيلكون كخلية شمسية

يمتلك السيلكون بعض الخواص الكيميائية في تركيبه البلوري، فذرة السيليكون تحتوي على(١٤) الكترون موزعة على ثلاث مستويات طاقة، مستويين الطاقة الأول والثاني الأقرب للنواة يكونان ممتلأن تماماً بالالكترونات والمستوى الثالث أو المستوى الخارجي يحتوي على (٤ الكترونات) فقط أي يكون نصفه ممتلئ والنصف الآخر فارغ حيث أن المدار يكتمل بـ (٨ الكترونات).

تسعى ذرة السيليكون لأن تكمل النقص في عدد الالكترونات في المستوى الخارجي ولتفعل ذلك فإنها تشارك

أربع الكترونات من ذرات سيليكون مجاورة وبهذا ترتبط ذرات السيليكون بعضها البعض في شكل تركيب بلوري منتظم لايوجد فيه الكترونات حرة وهذا التركيب البلوري له فائدة كبيرة في خلية الفوتوفولتيك، وهذا ينطبق على بلورة سيليكون نقية وللعلم بلورة السيليكون النقية لا توصل التيارالكهربي بكفاءة لانه لا يوجد الكترونات حرة لتنقل التيارالكهربي حيث ان كل الالكترونات قد قيدت في التركيب البلوري، ولهذا ولكي يتم استخدام السيليكون في الخلية الشمسية فالأمر بحاجة إلى إجراء تعديل بسيط في التركيب البلوري.

هذا التعديل البسيط هو عبارة عن اضافة ذرات عناصر اخرى تسمى عملية تطعيم (Doping) وهذه الذرات الاضافية يطلق عليها شوائب (Impurities) وهي ضرورية لعمل الخلية الشمسية بغض النظر عن إسمها شوائب وقد يفهمها البعض انها ذرات غير مرغوب فيها وسوف يتضح ذلك فيما بعد، ويتم اضافة (تطعيم) ذرات الفوسفور بنسبة بسيطة جداً تصل إلى واحد فى المليون وذرة الفوسفور تحتوي على(٥ الكترونات) في مدارها الخارجي ولهذا عندما تدخل الشبكة البلورية بين ذرات السيليكون ستشارك بـ (٤) الكترونات ويبقى الكترون حر.

الآن وضحت فكرة عمل الشوائب في ذرات السليكون فلو تم تزويد السليكون النقي بالطاقة (طاقة حرارية مثلا عندما تتعرض لضوء الشمس) لوجدنا أن بعض الالكترونات تتحرر وتترك مكانها شاغر نسميه فجوة (Hole) تعمل هذه الفجوة على السماح لالكترون في الجواربالانتقال اليها تاركاً فجوة أخرى وهكذا تستمر حركة الالكترونات في اتجاه وحركة الفجوات في الاتجاه المعاكس وهذه الحركة هي تيار كهربي.

لكن في حالة ذرات السليكون المطعمة بذرات الفوسفور يصبح الأمر مختلف من ناحية أن الطاقة اللازمة لبدء تحريك الالكترونات اقل بكثير من حالة السليكون النقي، وتسمى اشباه الموصلات التي تطعم بذرات تحتوي على الكترونات اضافية بالنوع (N-Type) أي النوع السالب لأنه اضاف الكترون للتركيب البلوري للذرات، ولهذا يعتبر السيليكون المطعم بالفوسفور موصل افضل من السيليكون النقي.

كما أنه يوجد تطعيم بذرات توفر الكترونات اضافية هناك تطعيم آخر بذرات لها عدد اقل من الالكترونات وتسمى المواد الناتجة عن هذا التطعيم بالنوع (P-Type) اي النوع الموجب، وفي الحقيقة الخلية الشمسية تحتوي على كلا النوعين النوع الموجب والنوع السالب،

والأمر الأهم هو ما يحدث عن توصيل النوعين معاً حيث تنتقل الالكترونات الحرة في النوع السالب إلى الفجوات في النوع الموجب، وتظل الالكترونات تنتقل الى الفجوات وتتحد معها ولكن لا تستمر عملية الانتقال هذه إلى أن تتحد كل الالكترونات مع كل الفجوات وتتوقف العملية لأن ما يحدث هو بعد أن تنتقل المجموعة الأولى من الالكترونات وتتحد مع الفجوات يشكل حاجز عند المنطقة التي تفصل النوع الموجب عن النوع السالب ويمنع هذا الحاجز المزيد من الالكترونات الأخرى في النوع السالب الاتحاد مع فجوات في النوع الموجب ويتكون عند المنطقة بين النوعين مجال كهربي.

هذا المجال الكهربي يعمل عمل الديود (Diode) حيث يسمح بمرور الالكترونات من الجزء الموجب إلى الجزء السالب ولكن ليس العكس، وبهذا يكون لدينا في كل خلية فوتوفولتيك مجال كهربي يحدد اتجاه حركة الالكترونات، و عندما يسقط الضوء المكون من فوتونات عند طاقة معينة على الخلية الفوتوفولتيك فإنه يعمل على تحرير الكترون وفجوة بالقرب من الحاجز حيث المجال الكهربي،

تعمل هذه الطاقة على اثارة الالكترونات الغير مرتبطة في المادة وتجعلها تتحرك بحرية داخل المادة، وعندما تتعرض هذه الالكترونات الحرة لمجال كهربي فإنها سوف تتحرك كلها في اتجاه واحد وهذا يعني تيار كهربي وعند ربط طرفي خلية الفوتوفولتيك بنقطتي توصيل على السطح

العلوي والسطح السفلي للخلية نحصل على تيار كهربي طالما استمرسقوط الضوء على خلية الفوتوفولتيك، فيتم تمرير هذا الالكترون في اتجاه الجزء السالب تحت تأثير المجال الكهربي في حين تنتقل الفجوة إلى الجزء الموجب تحت تأثير المجال الكهربي، وعندما يتم توصيل طرفي الخلية (النوع السالب طرف والنوع الموجب طرف) بدائرة خارجية فإن هذه الالكترونات سوف تتحرك كلها في اتجاه واحد لتعود إلى موضعها الاصلي وكذلك الفجوات، وهذه الحركة هي التيار الكهربي الذي نريده.

وبمعلومية قيمة التيار الكهربي المار في الدائرة وفرق الجهد الكهربي المتولد على طرفي خلية الفوتوفولتيك يمكن ان نحصل على قيمة الطاقة الكهربية(الطاقة الكهربية (وات) = التيار الكهربي (امبيرx فرق الجهد الكهربي (فولت) التي يمكن ان تولدها الخلية الشمسية.

ملحوظة:

يتم طلي الخلية الشمسية بمواد تمنع انعكاس الفوتونات الضوئية عند سقوطها على الخلية لأن السليكون يشكل طبقة لامعة تعكس الضوء وهذا ما لا نريده أن يحدث يتم توضع طبقة رقيقة جداً على سطح شريح السليكون لتمنع انعكاس الضوء وبعدها يتم وضع شريحة زجاجية لحماية الخلية.

وعمليا يتم دمج ما يقارب ٣٦ خلية فوتوفولتيك على التوالي والتوازي لنحصل على مستوى فرق الجهد والتيار الكهربي المطلوب وتوضع هذه الخلايا في اطار من الزجاج لحمايته مع وضع نقطتي توصيل موجبة على السطح الامامي وسالبة على السطح الخلفي.

طريقة عمل الخلايا الشمسية

تتكون الخلية من شريحة رقيقة من السيلكون مشابة بمقادير صغيرة من الشوائب لإعطاء جانب واحد شحنة موجبة والجانب الآخر شحنة سالبة مكونة ثنائياً ذا مساحة كبيرة، وتحتوي شريحة السيلكون السالب على إلكترونات حرة في المدار الخارجي حيث يوجد حول هذا المدار الحر إطار السيلكون الموجب الذى يحتوي على فجوات موجبة، وتولد الخلايا الشمسية قدرة كهربائية عندما تتعرض لضوء الشمس حيث الضوئيات (الفوتونات) والتي يحمل كل منها كماً محدداً من الطاقة يكسب الإلكترونات الحرة طاقة زائدة تجعلها تهتز حرارياً وتكسرالرابط الذري بالشبكة بالمادة الشبه موصلة ويتم تحرير الشحنات وإنتاج أزواج من الإلكترون في الفراغ تدفعها إلى التحرك مما يؤدي الى الإخلال بالتوازن بين الشريحتين الموجبة والسالبة، وتنطلق بعد ذلك متجهة نحو وصلة الثنائي متنقلة بين نطاقي التوصيل عبرالفجوة الموجبة وتتجمع عند السطح الأمامي والخلفي للخلية فيؤدي هذا الإختلال الى حدوث ما يعرف بفرق الجهد وينتج عن ذلك سريان تيار كهربي مستمر يمكن تحويله الى تيار متردد صالح للإستخدام في الأغراض الكهربائية.

وتبلغ القدرة الكهربية المنتجة للخلية الشمسية عادة وات أو اثنين فقط ولكن لا يتم توصيل خلية شمسية واحدة وإنما يتم وضع الخلايا مع بعضها البعض في وحدات للحصول على مزيد من الطاقة على هيئة مصفوفة شمسية تتكون من مجموعة من الألواح و اللوح يتكون من مجموعة من الخلايا داخل إطار واحد و تعمل هذه المصفوفة على إنتاج الطاقة الكهربائية بشكل كبير و كلما كبر او زاد حجم المصفوفة زادت كمية الطاقة الكهربائية المنتجة وتعمل الأنظمة الفولتية الضوئية بكفاءة ١٠%، ومن المنتظر أن تزيد الأبحاث التي تجرى الآن من هذه الكفاءة لتصل إلى٢٠%.

أنظمة الخلايا الفوتوفولطية (الخلايا الشمسية)

تقوم انظمة الخلايا الشمسية بتحويل الطاقة الشمسية مباشرة إلى طاقة كهربائية، كما تعتبر نظم الخلايا الشمسية من أفضل تطبيقات الطاقة المتجددة لأغراض الإنارة وضخ المياه بالمناطق النائية ذات الأحمال الصغيرة والمنازل المتناثرة البعيدة عن الشبكة الكهربائية، وتتميز هذه النظم بمحدودية تكلفة التشغيل والصيانة بالمقارنة بالعمر الافتراضى الذى يصل إلى ٢٥-٣٠سنة.

Solar cell

A solar cell made from a monocrystalline silicon wafer

متطلبات أنظمة الخلايا الفوتوفولطية (الخلايا الشمسية)

المصدر: وزارة الكهرباء، هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة، مجلس الطاقة والثروة المعدنية ، مقترح: خريطة الطريق للطاقة الشمسية ، ابريل ٢٠١١

تقوم انظمة الخلايا الشمسية بتحويل الطاقة الشمسية مباشرة إلى طاقة كهربائية، كما تعتبر نظم الخلايا الشمسية من أفضل تطبيقات الطاقة المتجددة لأغراض الإنارة وضخ المياه بالمناطق النائية ذات الأحمال الصغيرة والمنازل المتناثرة البعيدة عن الشبكة الكهربائية، وتتميز هذه النظم بمحدودية تكلفة التشغيل والصيانة بالمقارنة بالعمر الافتراضى الذى يصل إلى٢٥-٣٠سنة.

ومن الجدير بالذكر أن حوالى٩٠% من الإنتاج العالمى يستخدم التكنولوجيا القائمة على خلايا السيلكون البلورى ويعتمد تصنيع الخلايا الفوتوفولطية فى مصر أساساً على استيراد أجزاء هذه الخلايا من الخارج مع استخدام بعض الخامات المحلية مثل الزجاج والأطر المصنوعة من الألومنيوم، وتشكل نسبة المواد المحلية حوالى ٢٥% من اجمالى المواد اللازمة للتصنيع وتمثل مختلف تكنولوجيات الطاقة الشمسية أحد المجالات الممكن تحقيق مزيد من التقدم فيها من خلال العمل على تطوير وتوطين ونشر التكنولوجيات المناسبة منها والتركيز على عدد من التكنولوجيات ذات الاولوية.

شهدت تكنولوجيات الخلايا الفوتوفولطية فى الفترة الماضية انخفاض مستمر فى الاسعار بسبب التقدم التكنولوجى، ووجود فائض إنتاج فى وحدات الخلايا الفوتوفولطية حيث اصبحت هذه التكنولوجيا متوفرة بأسعار معقولة للمستهلكين فى الدول المتقدمة والنامية على حد سواء، ويقدر إجمالى حجم الخلايا الشمسية التى قامت الشركات المحلية العاملة فى هذا المجال بتركيبها (تراكمي) بحوالى ٨ ميجاوات تقديريا.

اقتصاديات كهرباء الخلايا الشمسية

تسجل صناعة الطاقة الشمسية ازدهارًا متواصلاً، حيث تقدر الجمعية الأوروبية لقطاع صناعة الطاقة الشمسية المتخصص في تحويلها مباشرة إلى طاقة كهربائية، أن يوفر هذا المصدر المتجدد ١٢% من إمدادات الاتحاد الأوروبي من الكهرباء بحلول العام٢٠٢٠، لقد باشر الاتحاد الاوروبي خطوات جادة لإنشاء مزارع للطاقة الشمسية في عدد من دول شمال أفريقيا (دول الصحراء الكبرى، المغرب، تونس والجزائر)، وكذلك في بعض مناطق المملكة العربية السعودية، وستتولى شركة «سيمنس» الألمانية مهمة نقل الطاقة باستخدام كابلات كهربائية حديثة، وهي الكابلات التي تقل فيها نسبة الفقد عن ٣ في المائة.

وكان ارنولف جاجر والدن، وهو احد العلماء في معهد المفوضية الاوروبية للطاقة خلال منتدى العلوم الذي عقد في برشلونة، ان اقل من ٠,٤ في المائة من الطاقة الشمسية التي تسقط على صحاري شمال افريقيا والشرق الاوسط قد

تكون كافية لسد احتياجات اوروبا من الطاقة، وفى الوقت نفسه تستثمر الدول المصنعة أموالاً طائلة في مجال الخلايا الشمسية وذلك على مستوى البحث والتطوير والتطبيق بغية الوصول إلي تخفيض أسعارها وزيادة كفاءتها وتسهيل طرق إنتاجها وجعلها واعدة للإنتاج والتطبيق الموسع، كما تسعى هذه الدول الصناعية جادة من خلال مراكز البحث والتطوير إلى تخفيض تكلفة الوات ذروة إلى ٠.٥ أو ١ دولار.

مزارع الطاقة الشمسية

اقتصاديات كهرباء الخلايا الشمسية فى مصر

في الوقت الذي يمكن تحويل اشعة الشمس الى كهرباء في اي مكان بشكل تقني، فإن العملية تكلف اقل بكثير في حال تم تنفيذها في مناطق ترزح تحت اكثر اشكال اشعة الشمس طاقة وقوة، والمقصود هنا بأشعة الشمس تلك التي تخسر اقل قدر من الطاقة المشعة عند نقلها من الفضاء الى الأرض، ومن المفيد ذكره أن منطقة الحزام الشمسي والتى تقع مصر فى قلبها تستحوذ على حصة الأسد من اشعة الشمس الغنية بالطاقة

إن الاقتصاديات الحالية لتطبيقات ومنظومات الخلايا الشمسية فى مصر تعد واعدة خاصةفي ظل الأزمة المتصاعدة في الطاقة التي تمر بها البلاد خلال السنوات القليلة الماضية بالتزامن مع اقتراب نفاذ الوقود الأحفوري و مع الارتفاع المطرد في أسعار الطاقة لاسيما الطاقة الكهربائية، أصبح من الضروري استخدام تقنيات الطاقة المتجددة مثل الطاقة الشمسية الأقل كلفة على المدى البعيد و الأكثر وفرة و نظافة للبيئة.

تحدد تكلفة الكهرباء باستخدام الخلايا الشمسية بكلفة توليد الوات ذروة (Watt Peak)وتتراوح هذه التكلفة ما بين ١,٥ إلي ٢,٠ دولار، نظرا لاختلاف تكلفته من بلد إلى أخرى بل من مكان إلى آخر فى نفس البلد، وتصل فى مصر إلى ما يقرب إلى ١,٦دولار، وهذا الرقم يشمل النظام بجميع مكوناته حتي البطاريات بفرض انه نظام منفصل عن الشبكة تماما ولو كان متصل بالشبكة سيقل كثيرا بالتأكيد.

كما تختلف التكلفة باختلاف كفاءة الألواح الشمسية وهناك كفاءات مختلفة ومتعددة لألواح الطاقة الشمسية المتاحة في السوق و هي ما بين ١٠٠ الى ٢٥٠ وات لكل مترمربع "أي أن كل متر مربع من الألواح الشمسية يستطيع توليد ما بين١٠٠ الى٢٥٠ وات حسب النوع والكفاءة والشركة المنتجة" وطبعا السعر يختلف، والشائع فى السوق المصرى ألواح ذات مساحة سطحية في حدود ١.٢٥ متر مربع فمعظم الشركات تنتج الواح بأبعاد متقاربة جدا، وفى غالبيتها تستطيع ان تولد ٢٠٠ وات لكل متر مربع.

مكافىء الشبكة Grid Parity

هناك مصطلح مكافئ الشبكة (Grid Parity) وهو النقطة التى يتساوى أو يقل فيها تكلفة الكهرباء المتولدة من الخلايا الشمسية عن نظيرتها بالشبكة ويمكن الوصول اليها عند

استخدام خلايا منخفضة التكلفة وفي أماكن ذات وفرة شمسية وتعريفة مرتفعة لكهرباء الشبكة (كاليفرنيا واليابان)، وبالنسبة لمصر وإن كانت تعريفة الشبكة منخفضة حاليا إلا أنه بعد رفع الدعم عن أسعار الكهرباء (بعد سنتين) ووفرة الطاقة الشمسية (كمية الإشعاع الشمسى وساعات السطوع) فإنه من المؤكد الوصول إلى مكافئ الشبكة (Grid Parity)، وأصبحت مشاركة القطاع الخاص في إنشاء محطات الطاقة الشمسية وبيع إنتاجها لوزارة الكهرباء استثمارا ذا جدوى اقتصادية عالية.

أعلنت وزارة الكهرباء عن الأسعار التي ستقوم الحكومة بموجبها بشراء الكهرباء المولدة باستخدام الطاقات الجديدة والمتجددة، وخاصة الشمس والرياح، من المستهلكين سواءاً كانوا من المنازل أو شركات القطاع الخاص، وذلك لسد الفجوة بين الإنتاج والإستهلاك المحلي للكهرباء، والتي أدت إلى إنقطاعات متكررة للتيار الكهربائي خلال الفترة الأخيرة وخاصة في شهور الصيف، والهدف من "تعريفة التغذية" لشراء الكهرباء المنتجة من مصادر الطاقة المتجددة، تشجيع الاستثمار الخاص في هذا المجال، في ظل محدودية موارد الوقود التقليدي الحالي، وقد أستخدمت تعريفة التغذية للمرة الأولى في ألمانيا ويعمل بها حالياً في نحو ٧٣ دولة.

وبالنسبة للكهرباء المولدة من محطات الطاقة الشمسية، قسّمت الحكومة أسعار شراء الطاقة إلى خمس شرائح كما هو موضح بالجدول تبدأ من ٨٤.٨ قرش (٠.١٢ دولار) للكيلووات ساعة لمشاريع القطاع المنزلي التي من المتوقع ألا تزيد قدرة أي منها على عشرة كيلووات، ويصل السعر في الشريحة العليا إلى ١٠٢.٥ قرش للكيلووات ساعة للمشاريع التي تدور قدرتها بين ٢٠ و٥٠ ميجاوات، علما بأن قيمة التعريفة ستكون ثابتة طوال مدة التعاقد (٢٥ سنة)، وقد وضعت التعريفة حداً أقصى لمشروعات التوليد عند ٥٠ ميجاوات على أن يتم الموافقة بزيادة هذه الكميات المنتجة أو على مشروعات تنتج أعلى من هذا الحد من خلال مجلس الوزراء.

وتستهدف الحكومة توليد ٢٠٠٠ ميجا وات من خلال هذين النمطين للإنتاج (قدرات من ٥٠٠ كيلو وات وحتى ٢٠ ميجا وات ومن ٢٠ إلى ٥٠ ميجاوات)، كما أنه سيتم إعادة النظر في التعريفة للمشروعات المقبلة بعد عامين أو بعد تحقيق الكمية المستهدفة إيهما أقرب، وبذلك يصل إجمالي ما تستهدف الحكومة التعاقد على إنتاجه من الطاقة الشمسية إلى ٢٣٠٠ ميجا وات. إلا أنه لم تحدد فترة تنفيذها وبداية الإستفادة بها في الشبكة القومية.

التعريفة التى وافق عليها مجلس الوزراء

قدرة المحطة	منزلى	أقل من ٢٠٠ ك.و	من ٢٠٠ إلى ٥٠٠ ك.و	من٥٠٠ك. وحتى٢٠ ميجاوات	من ٢٠ حتى ٥٠ ميجاوات
التعريفة المقترحة (قرش/ كيلو وات ساعة)	٨٤.٨ قرش / ك. و. ساعة	٩٠.١ قرش / ك.و.ساعة	٩٧.٣ قرش/ /ك.و.ساعة	١٣.٦ سنت/ك.و.ساعة أو ما يعادل (٩٧.٣ قرش ك.و. ساعة)	١٤.٣٤سنت/ك.و.ساعة أو ما يعادل ١٠٢.٥ قرش/ ك.و. ساعة

المصدر: وزارة الكهرباء

إستخدامات وتطبيقات الطاقة المولدة من الخلايا الشمسية*

تركز الاهتمام على إدخال الكهروضوئيات كمصدر للطاقة المتجددة في التطبيقات الأرضية بغية تطوير التقنية ووسائل الاستخدام في قطاع السكن والصحة والتعليم والصناعة والزراعة والنفط وغيرها في الاستخدامات الكهروضوئيات الجذابة اقتصادياً وفي المناطق المعزولة والنائية حيث تنقص تكلفة شبكات الكهرباء العامة وتساعد في الإنماء الاقتصادي والتطوير الاجتماعي المحلى.

والمسطحات الكهروضوئية هي مصدر القدرة الكهربية لهذه التطبيقات، حيث يتكون المسطح من عدة خلايا (متصلة معاً بصفائح سلكية معدنية) مغطاة بملف من البلاستيك

* وزارة الكهرباء، هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة، التقرير السنوى (٢٠١٢ -٢٠١٣) موضوع: السبت ١٤ مارس ٢٠١٥ : دراسة جدوى استخدام الطاقة الشمسية فى تحلية مياه البحر المتوسط للرى والزراعة ومياه الشرب

الحراري مثل أسيتات فينيل إيثيل أو غيره وآخر من التدلار لحمايتها من الأشعة فوق البنفسجية ومغلقة بصفيحة زجاجية من الأمام وطبقة واقية تعمل كقاعدة إنشائية من الزجاج أو من الألياف الزجاجية أو الخزف الصيني عند الخلف مركب عليها صندوق وصلة كهربائية ومحاط بإطار معدنى.

ويمكن تصنيف وتحديد التطبيقات وفق القدرة الكهربائية علي النحو التالى:

- تطبيقات ذات قدرة منخفضة

وتشمل الأجهزة والمنظومات التالية:

- الحاسبات والألعاب الإلكترونية والساعات.
- أجهزة الإذاعة المسموعة وشاحنات وسائط القدرة المنخفضة.

- تطبيقات ذات قدرة متوسطة

وتشمل المنظومات التالية:

- الإنارة - أجهزة الإذاعة المرئية - ثلاجات اللقاح والأمصال- إشارات المرورو الإنذار- مراوح الأسقف (التهوية) - هواتف الطوارئ- شاحنات السياج الكهربي.

حيث يشحن السياج المحاط بالمزارع وأماكن تربية الحيوانات لمنعها من الاقتراب منها.

- تطبيقات ذات قدرة متوسطة وعالية

- ضخ المياه - محطات اتصالات الموجات السنتيمترية - محطات الأقمار الصناعية الأرضية - الوقاية المهبطية لحماية أنابيب النفط والغاز والمنشآت المعدنية من التآكل- تغذية شبكة الكهرباء العامة.

الطاقة التي يتم توليدها من هذه الخلايا الكهروضوئية هى طاقة مستمرة يتم تخزينها في البطاريات ويمكن تحويلها الى تيار متردد حيث يمكن إستخدامها في تشغيل الأجهزة، ويستخدم هذا التطبيق على المستوى التجارى بمصر لأغراض إنارة القرى والشوارع، ضخ وتحلية المياه، محطات تقوية الإذاعة والتلفزيون، الإرشادات الملاحية، الإعلانات بالطرق الصحراوية، إنارة الارشادات المرورية بالطرق الصحراوية، الحماية الكاثوديكية لأنابيب البترول، إنارة المحميات الطبيعية (سيناء/اسوان)، أنارة نقط الأسعاف بالطرق الصحراوية السريعة، إنارة الاستراحات بالمزاع الكائنة بالطرق الصحراوية، تغذية خطوط الألياف الضوئية، وحدات تغذية أبراج شركات تليفونات المحمول، إنارة معامل المدارس بالمحافظات النائية لتدريب الطلبة ليلا، إنارة قمم ابراج الضغط العالى بلمبات تحذيرية، سيتم شرح مفصل لاستخدام هذا التطبيق بكل قطاع على حده.

أ- قطاع الاتصالات

يقوم قطاع الاتصالات باستخدام تطبيقات الطاقة الشمسية وذلك نظراً لامكانية الاعتماد عليها بدرجة كبيرة وقلة احتياجها للصيانة، كما انها أثبتت كفاءتها فى إمكانية الإمداد المستمر للطاقة،وتعد الخلايا الفوتوفولطية مصدر الطاقة الوحيد المستقل الذى يمكن الاعتماد عليه فى جميعأ نظمة الاتصالات مثل التليفونات المحمولة واكشاك التليفونات وتليفونات الطوارئ وفى الاستقبال والإرسال للأجهزة التليفزيونية والراديو والمحطات الأرضية للأقمار الصناعية ومحطات تقوية التليفون المحمول ولذا يعد قطاع الاتصالات المستهلك الرئيسى للخلايا الفوتوفولطية فى مصر، ويقدر إجمالى الطاقة المركبة فى قطاع الاتصالات بنحو ١٥٠٠ كيلووات.

ب - قطاع البترول

تعد ظاهرة التأكل الكهروكميائى من الظواهر الخطيرة التى تتعرض لها المعادن حيث انها تحدث فى الهواء الجوى أو تحت سطح التربة أو فى المحاليل، ولحماية الكاثود تغمر المعادن فى شحنات سالبة باستخدام أنود غير قابل للذوبان مثل الكربونأ والبلاتينوم الذى يتم توصيله بعد ذلك بمصدر تيار كهربى خارجى، حيث تقوم الخلايا الفوتوفولطية بإمداده بالتيار والطاقة اللازمة لحماية الكاثود فى خطوط الأنابيب، كذلك تستخدم الخلايا الفوتوفولطية فى توفير الطاقة اللازمة لانظمة الاتصالات والإضاءة بقطاع البترول وتقدر الطاقة المركبة التى تستخدم فى قطاع البترول بحوالى ٥٥٠ كيلووات.

ج- قطاع الزراعة

تستخدم الطاقة الشمسية فى توليد الكهرباء لتوفير المياه اللازمة للشرب وري الأراضى الزراعية وانارة المزارع فى المناطق النائية، فتقوم الخلايا الفوتوفولطية بتوفير الطاقة اللازمة لرفع كميات مياه كبيرة من الآبار والبحيرات والأنهار، تقدر الطاقة المركبة فى قطاع الزراعة بحوالى ٧٥٠ كيلووات،ولقد تم اقامة مشروع لضخ المياه لاغراض الرى بوادى النطرون بقدرة ١٠ك. وات، توفر نحو ٢ طن بترول مكافىء سنويا، ضخ مياه لرى ٢٢ فدان بالإضافة إلى ١٢ متر مكعب يوميا للشرب.

د- قطاع الصحة

تستخدم الخلايا الفوتوفولطية فى إمداد المستشفيات والعيادات بالمناطق الريفية والنائية بالكهرباء للتبريد الذى يستخدم فى حفظ الادوية والتطعيمات والأمصال اللازمة وقد تم تنفيذ نموذج إنارة عدد٢ وحدة صحية ريفية وتركيب عدد٢ ثلاجة حفظ أمصال و٢ معقم طبى، وتقدر الطاقة المركبة فى قطاع الصحة بحوالى ١٠٠ كيلووات.

هـ- قطاع النقل

تقوم الخلايا الفوتوفولطية بتوليد الطاقة اللازمة لانظمة التحذير وتصميمات مخصصة لجميع التطبيقات الملاحية حيث تكون الحاجة ماسة إلى مصدر طاقة يعتمد عليه، كما يتم استخدام الخلايا الفوتوفولطية فى معدات الملاحة واللوحات الارشادية بالطرق الصحراوية وفى الإضاءة الداخلية والخارجية للمراكب وتستخدم أيضاً لشحن البطاريات، وتقدر الطاقة المركبة فى قطاع النقل بنحو ٥٠٠ كيلووات.

و- مجال الإعلانات

تستخدم الخلايا الفوتوفولطية لتوفير الكهرباء اللازمة لإضاءة اللوحات الإعلانية حيث نجد ان هذا التطبيق هو الاكثر شيوعاً ونجاحاً، وذلك لسهولة التركيب واعتبارات التكلفة، وتقدر الطاقة المركبة فى مجال الإعلانات بنحو ١٠٠٠ كيلووات.

س- كهرباء الريف وأعمدة الإنارة الشمسية

تعد أنظمة المنازل الشمسية من أهم التطبيقات للخلايا الفوتوفولطية حيث توفر الاحتياجات من الكهرباء فى المناطق النائية والبعيدة عن الشبكة، ونظام المنزل الشمسى هوعبارة عن ١٢ فولت تيار مستمر وبطارية ومتحكم فى الشحنات واسلاك ووحدات لتخزين الطاقة ومأخذ التيار لتغذية الأدوات الكهربائية، حيث يمكن تشغيل العديد من الاجهزة الكهربائية مثل الراديو والتليفزيون وعدد من وحدات الإضاءة ومروحة صغيرة.

كما يمكن استخدام الخلايا الفوتوفولطية فى أعمدة الإنارة الشمسية لإنارة القرى والنجوع والمعسكرات وأماكن إنتظار السيارات والبوابات الرئيسية والمداخل حيث انها لاتحتاج إلى شبكة من الكابلات حيث يتم إمدادها كل على حدة، وقد تم تنفيذ وتشغيل:

١- مشروع كنموذج ريادى للإنارة بواسطة نظم الخلايا الفوتوفولطية بقريتى أما لصغير بواحة الجارة وعين زهرة بواحة سيوة (محافظة مطروح) ويتكون المشروع من: إنارة عدد ١٠٠ منزل، و٤٠ عمود إنارة شوارع، إنارة مدرسة، وعدد ٣ مساجد.

٢- مشروع إنارة عدد ٣٠٠ عمود إنارة بسور المحطة الشمسية بالكريمات بالتعاون مع الحكومة الصينية، وتقدر الطاقة المركبة من كهرباء الريف واعمدة الإنارة الشمسية بحوالى ٢٠٠٠ كيلووات.

٣- مشروع محطة شمسية باستخدام نظم الخلايا الفوتوفولطية قدرة ٤٠x٢ كيلوات لتغذية جزء من احمال مبنى مجمع وزارة الكهرباء، وكذلك انارة عدد ١٠ أعمدة بالطاقة الشمسية وتتكون المحطة من ٩٦ لوحاً شمسياً تم تركيبها فى الهياكل المعدنية على سطحى المبنى، ومحول الجهد وعداد الطاقة والربط على شبكة الجهد المنخفض وإنارة الاعمدة العشر بالطاقة الشمسية بطاقة التخزين لمدة ١٢ ساعة، وهذا المشروع سيتم الاسترشاد به فى جميع مبانى شركات الكهرباء والجهات الحكومية وخطوة على درب زيادة الوعى لدعم التوجه لدى جمهور المشتركين وكبار مستهلكى الكهرباء باستخدام نظم الخلايا الفوتوفولطية فى توليد الكهرباء.

ونورد فيما يلى ملخص باللغة الإنجليزية عن الخلايا الشمسية الفوتوفولتية لمن يرغب فى مواصلة الاطلاع فى المراجع الأجنبية (عن الأستاذ الدكتور محمود الشريف رئيس مجموعة شركات فوتونكس الأمريكية والأستاذ بجامعة دركسل سابقا)

A solar cell (also called photovoltaic cell or photoelectric cell) is a solid state electrical device that converts the energy of light directly into electricity by the photovoltaic effect.

Assemblies of solar cells are used to make solar modules which are used to capture energy from sunlight. When multiple modules are assembled together (such as prior to installation on a pole-mounted tracker system), the resulting integrated group of modules all oriented in one plane is referred to in the solar industry as a solar panel. The general public and some casual writers often refer to solar modules incorrectly as solar panels; technically this is not the correct usage of terminology. Nevertheless, both designations are seen in regular use, in reference to what are actually solar modules. The distinction between a module and a panel is that a module cannot be disassembled into smaller re-usable components in the field, whereas a solar panel is assembled from, and can be disassembled back into a stack of solar modules. The electrical energy generated from solar modules, referred to as solar power, is an example of solar energy.

Photovoltaics is the field of technology and research related to the practical application of photovoltaic cells in producing electricity from light, though it is often used specifically to refer to the generation of electricity from sunlight. Cells are described as photovoltaic cells when the light source is not necessarily sunlight. These are used for detecting light or other electromagnetic radiation near the visible range, for example infrared detectors, or measurement of light intensity.

Theory

The solar cell works in three steps:

1- Photons in sunlight hit the solar panel and are absorbed by semiconducting materials, such as silicon.

2- Electrons (negatively charged) are knocked loose from their atoms, causing an electric potential difference. Current starts flowing through the material to cancel the potential and this electricity is captured. Due to the special composition of solar cells, the electrons are only allowed to move in a single direction.

An array of solar cells converts solar energy into a usable amount of direct current (DC) electricity.

Devices with photovoltaic modules

Further information:
Solar panels on spacecraft and Solar charger

Electric devices that includes solar panels:

* Solar cell phone : Sharp announced that its first solar-powered cell phone would be released in summer, 2009.

* Solar lamp

* Solar notebook: IUNIKA makes the first Solar Powered Netbook, the Gyy.

* Solar-pumped laser

* Solar vehicle

* Solar plane

Space stations and various spacecraft employ, or have employed photovoltaic panels to generate power.

* Soyuz spacecraft

* International Space Station

* Skylab space laboratory

* Mir space station

Mounting systems

Trackers

Solar trackers increase the amount of energy produced per panel at a cost of mechanical complexity and need for maintenance. They sense the direction of the Sun and tilt the panels as needed for maximum exposure to the light.

Fixed racks

Fixed racks hold panels stationary as the sun moves across the sky. The fixed rack sets the angle at which the panel is held. Tilt angles equivalent to an installation's latitude are common.

Ground mounted

A ground mounted solar panel system installation using precast concrete ballasted footings.

Ground mounted solar power systems consist of solar panels held in place by racks or frames that are attached to ground based mounting supports.

Ground based mounting supports include:

* Pole mounts which are driven directly into the ground or embedded in concrete.

* Foundation mounts, such as concrete slabs or poured footings

* Ballasted footing mounts, such as concrete or steel bases that use weight to secure the solar panel system in position and do not require ground penetration. This type of mounting system allows for decommissioning or relocation of solar panel systems with no ground excavation.

A roof mounted solar panel system installed using flat roof precast concrete ballasted footings.

Roof mounted

Roof mounted solar power systems consist of solar panels held in place by racks or frames attached to roof based mounting supports.

Roof based mounting supports include:

* Pole mounts which are attached directly to the roof structure and may use additional rails for attaching the panel racking or frames.

* Ballasted footing mounts, such as concrete or steel bases that use weight to secure the panel system in position and do not require through penetration. This mounting method allows for decommissioning or relocation of solar panel systems with no adverse effect on the roof structure.