مدخل إلى النظم الكهروشمسية:
اعتبارات تصميمية و تطبيقات عملية

الدكتور المهندس علي خضور

قسم هندسة تقانات الطاقات المتجددة
كلية الهندسة التقنية بجامعة طرطوس

Email: alikhaddour2000@gmail.com
Mobile: 0988620960
Tartous-Syria-P.O. Box: 68

الهدف:

معرفة أنواع النظم الكهروضوئية و تطبيقاتها في مختلف المجالات العملية و معرفة مكوناتها و المواصفات الفنية للتجهيزات جميعها، بما يخدم طرائق تصميم هذه الأنظمة و تطبيقها على أرض الواقع.

و ذلك من خلال تصميم و تنفيذ نظام كهروضوئي مستقل عن الشبكة الكهربائية العامة.

ايجابيات النظم الكهروضوئية

1 – منبع لا نهائي للطاقة .

2 – لا يوجد انبعاث أو نواتج احتراق تؤدي إلى التلوث البيئي أو الاحتباس الحراري .

3 – أقل تكاليف للتشغيل وخاصة بالمقارنة مع مولدات الديزل.

4 – لا تحوي على أجزاء متحركة وبالتالي تقليل التكاليف .

5 – تعمل بدرجات حرارة الوسط المحيط .

6 – وثوقية عمل عالية أكثر من (20 سنة) .

7 – مساحة الـ (Module) تصنع حسب الطلب .

8 – سرعة الفك والتركيب .

9 – يمكن تركيبها في الأبنية القديمة والجديدة حيث تركب على الأسقف أو الواجهات للمباني.

10 – يمكن تركيبها في منطقة مختارة أو بالقرب من مراكز الاستخدام أو الطلب .

11 – قابلية الاستخدام لدى عامة الناس .

12 – الأمان في استخدامها .

سلبيات النظم الكهروضوئية

1 – ارتباطها بوجود الأشعة أو مصدر الضوء .

2 – تكاليف التركيب عالية مقارنة مع مصادر الطاقة الأحفورية .

3 – الحاجة إلى عناصر مساعدة بما في ذلك عناصر التخزين .

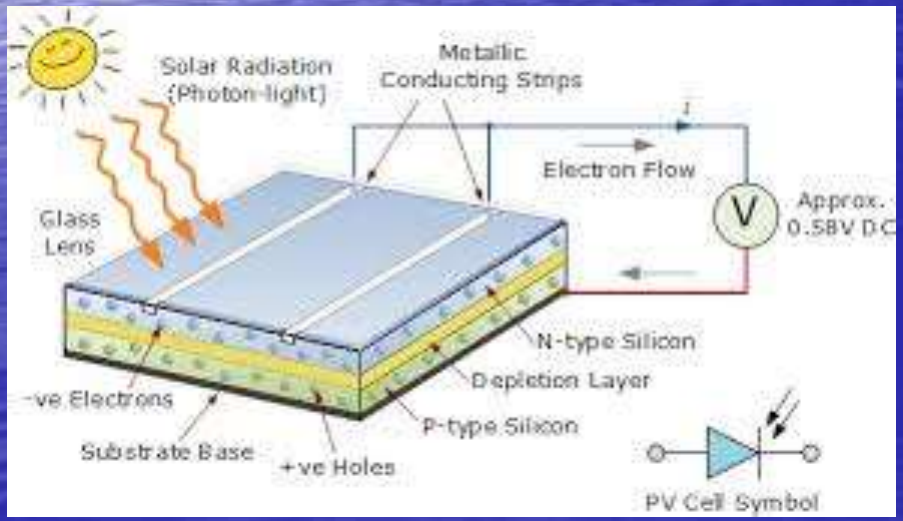
4 – النقص في الإمكانية الاقتصادية للتركيب في الأبنية الخاصة والعامة .

- **المساوئ المشتركة ما بين الأنظمة الكهروضوئية و الأحفورية : مرتبطة بمساوئ التخزين.**

تشمل المنافسة بين مصادر الطاقة المتجددة و التقليدية، ما يلي:
الناحية المالية, الوثوقية, الناحية البيئية, الأداء و اعتبارات, الوزن،
و تعتمد هذه العوامل على صانع القرار كأولوية.

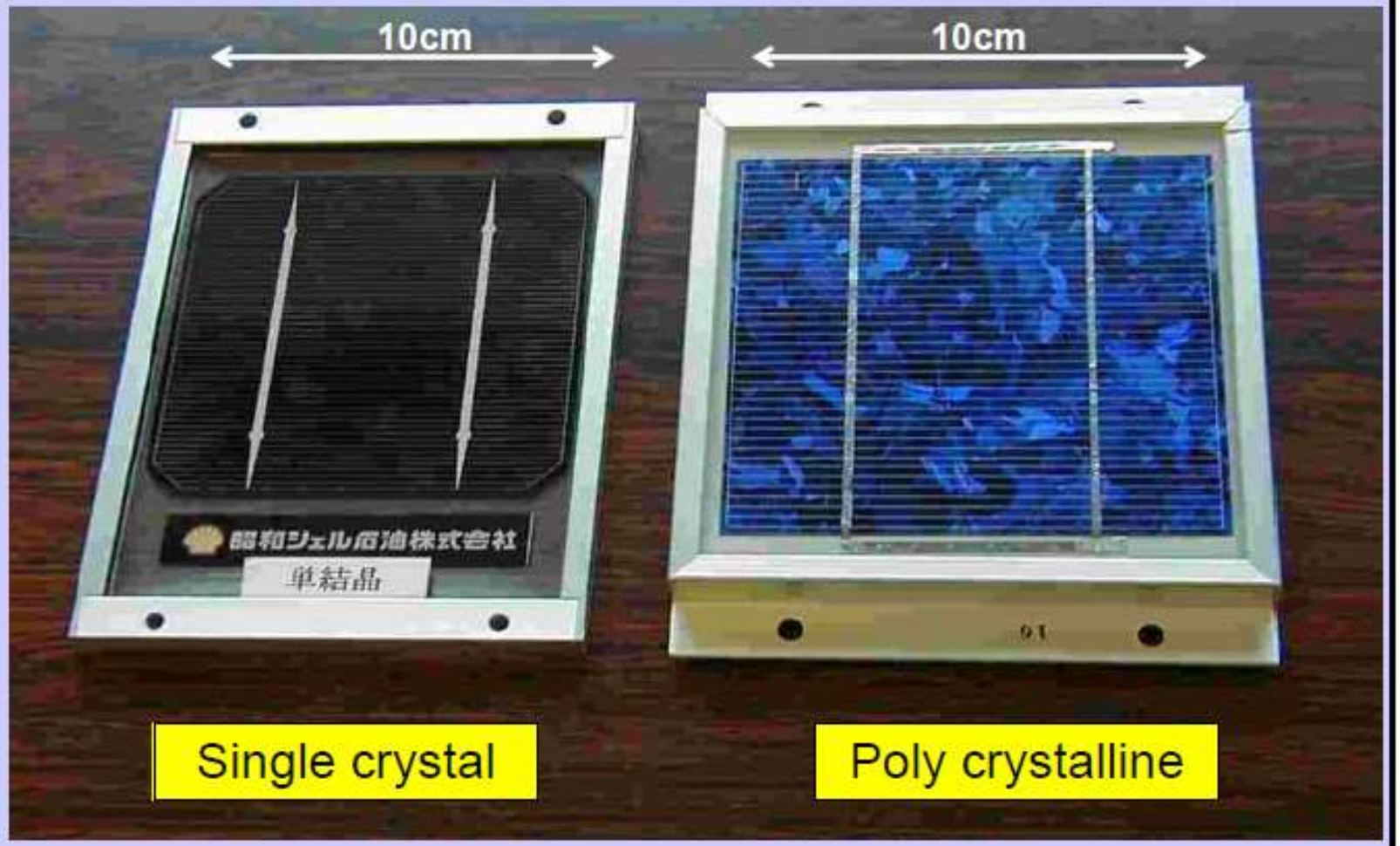
الخلية الكهروضوئية

- هي وحدة تحويل الاستطاعة الأساسية في النظام الكهروضوئي (PV System) و تصنع من مواد نصف ناقلة أحادية البلورة (Single Crystalline) أو متعددة البلورات (Multi–Crystalline) أو من مواد نصف ناقلة لا بلورية (Amorphus) أو من مواد نصف ناقلة مركبة.
- تعتمد تقنية عمل الخلية الشمسية على قدرة أنصاف النواقل على التحويل المباشر للطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية مستمرة DC استناداً إلى الاثر الكهروضوئي (PV EFFECT).



1-2. Various type of PV cell

- Crystal cell (Single crystal and Poly crystalline Silicon)



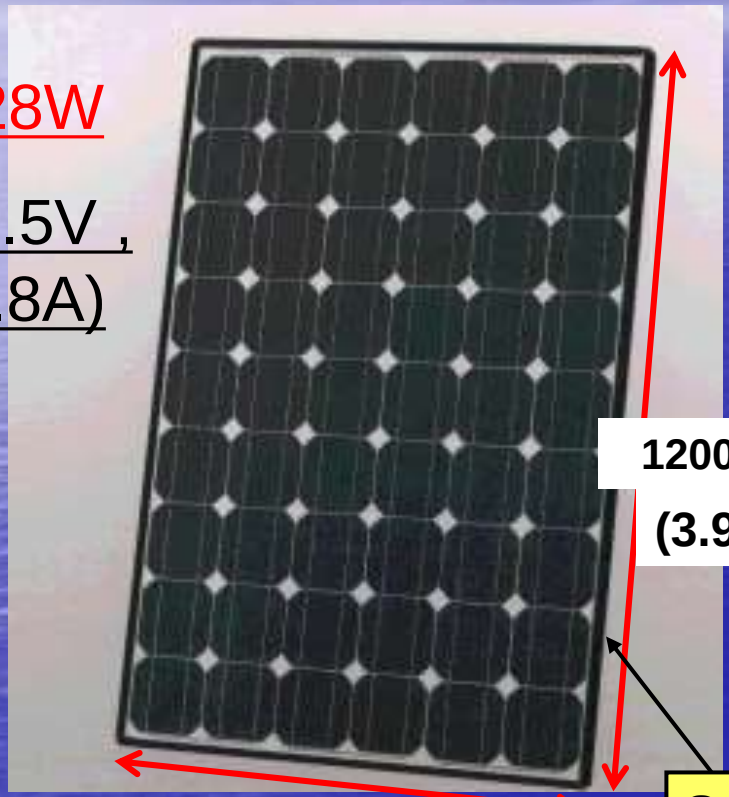
Various types of PV cell

- **PV Module (Single crystal, Poly crystalline Silicon)**

Single crystal

128W

(26.5V , 4.8A)



1200mm (3.93ft)

800mm (2.62ft)

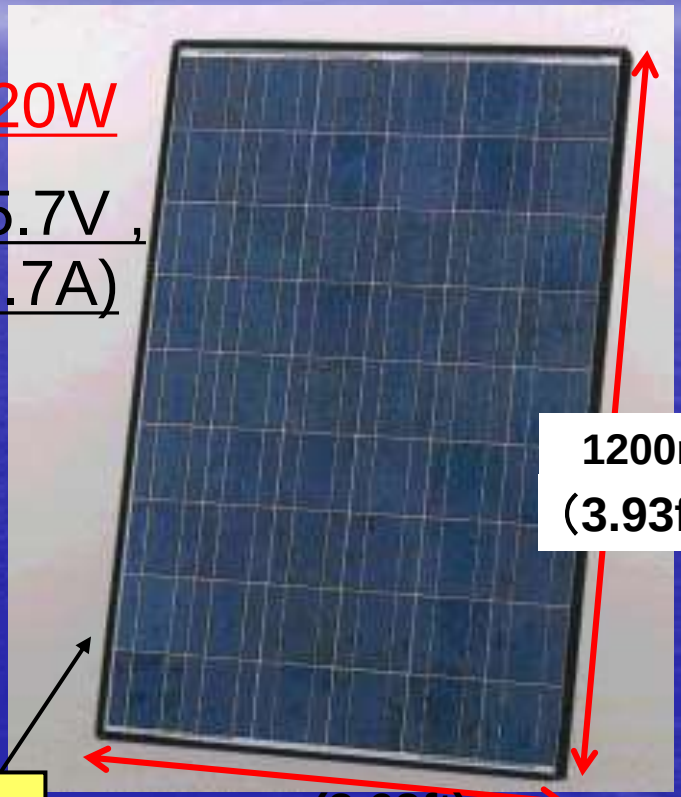
Efficiency is higher

Same size

Poly crystalline

120W

(25.7V , 4.7A)



1200mm (3.93ft)

800mm (2.62ft)

Efficiency is lower

7

1-2. Various type of PV cell

- Hierarchy of PV

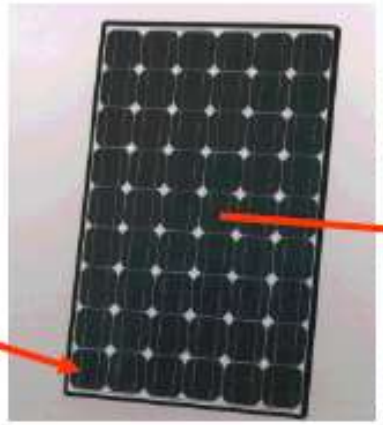
	Volt	Ampere	Watt	Size
Cell	0.5V	5-6A	2-3W	about 10cm
Module	20-30V	5-6A	100-200W	about 1m
Array	200-300V	50A-200A	10-50kW	about 30m

Array

10 - 50 kW

Module,Panel

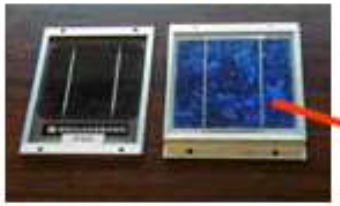
100 - 200 W



6x9=54 (cells)

Cell

2 – 3 W



100-300 (modules)

Electrical characteristics of PV cells

The Maximum Power Point (MPP) is defined by the I-V curve of a PV cell

*Maximum Power (P_{MAX}) = Current at MPP (I_{MP}) * Voltage at MPP (V_{MP})*

- In crystalline silicon PV cells:
  - V_{OC} = ~ 0.5 V
  - V_{MP} = ~ 80% of V_{OC}
  - I_{MP} = ~ 95% of I_{SC}

  I_{SC} is depending on the cell surface.

Sample specification:

Monocrystalline Solar Cells (TSMC125)

Cell Type: TSMC125

Dimension: 125 mm x 125 mm +/- 0.5 mm

Wafer thickness: 0.200+/-0.030mm

Efficiency: 17%

Grade: A

Pmax 2.52W

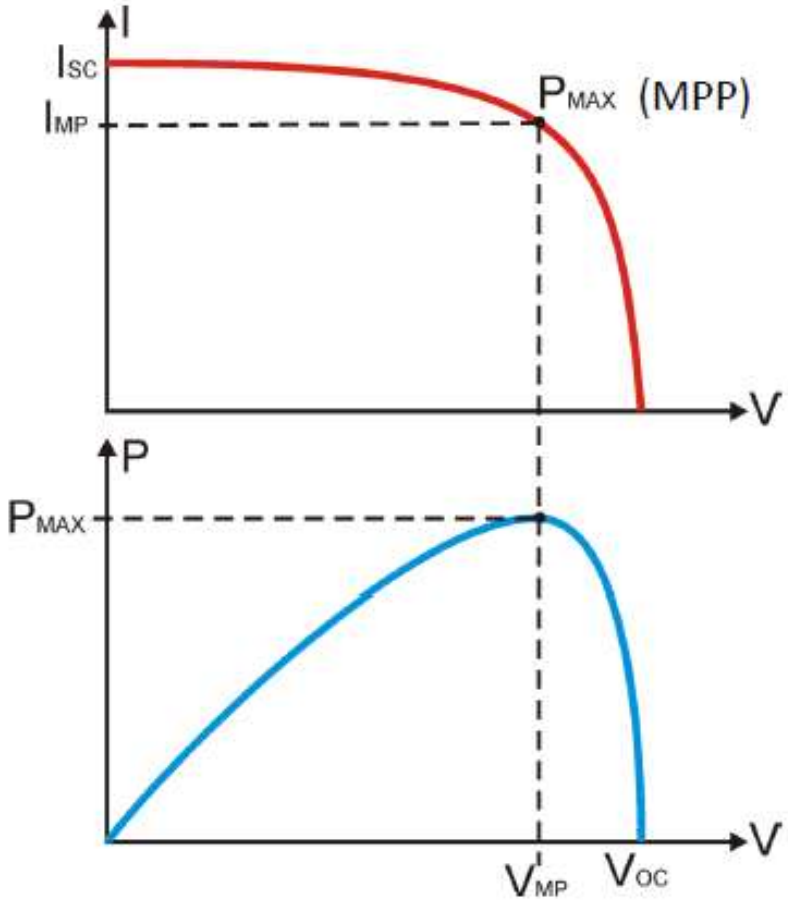
Vmp: 0.512V

Imp: 4.924A

Voc: 0.617+/-5%V

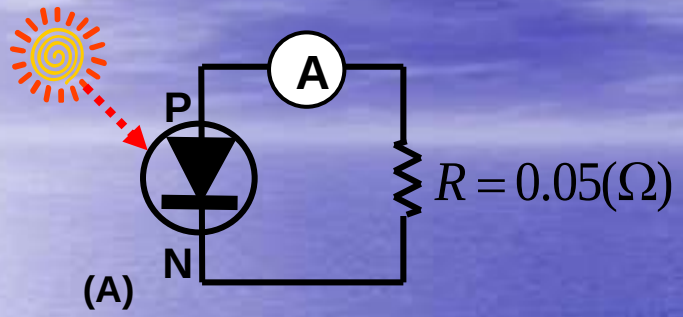
Isc: 5.309+/-5%A

Source: www.made-in-china.com



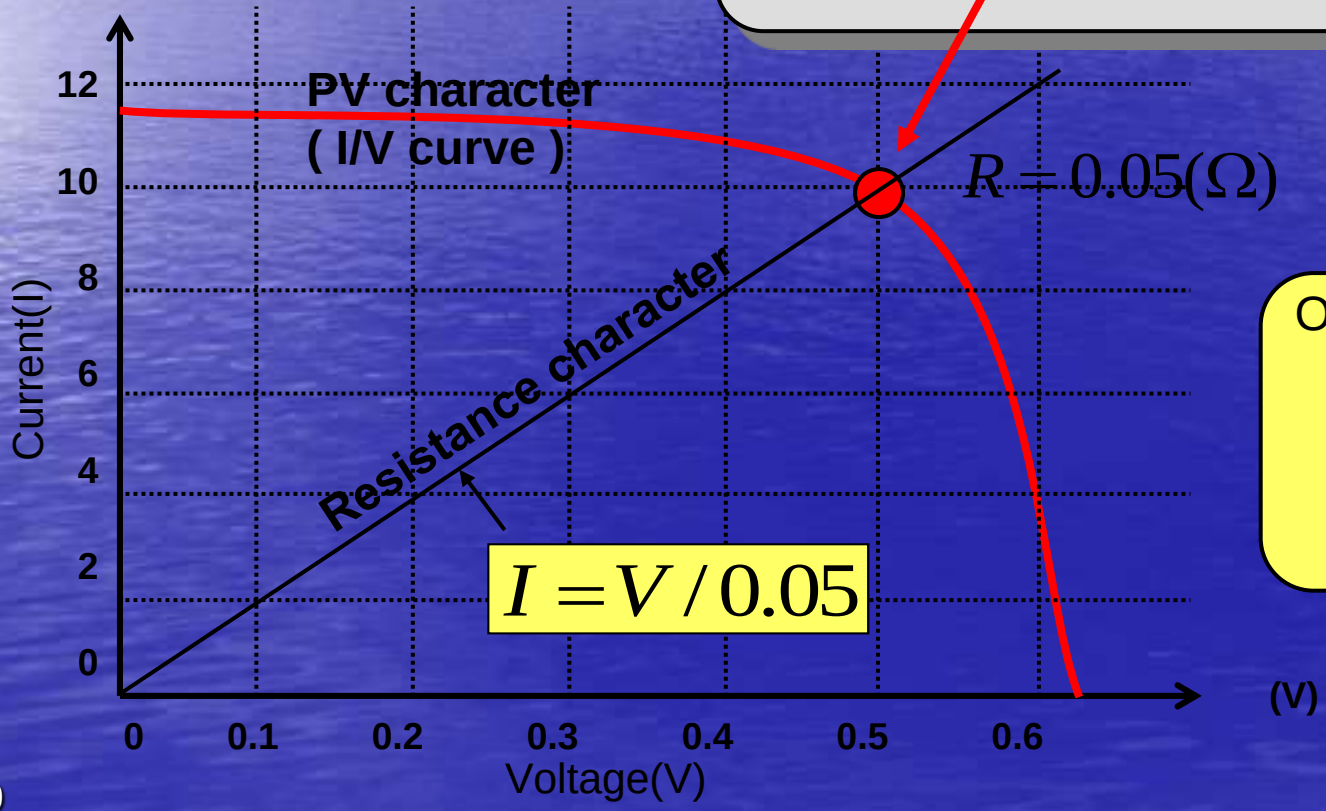
Basic Characteristic

- **Estimate obtained power by I / V curve**



If the load has 0.05 ohm resistance, cross point of resistance character and PV-Character will be following point.

Then power is 10x0.5=5 W



Ohm's theory

$$I = \frac{V}{R}$$

10

اللوحة الاسمية للوح الشمسي

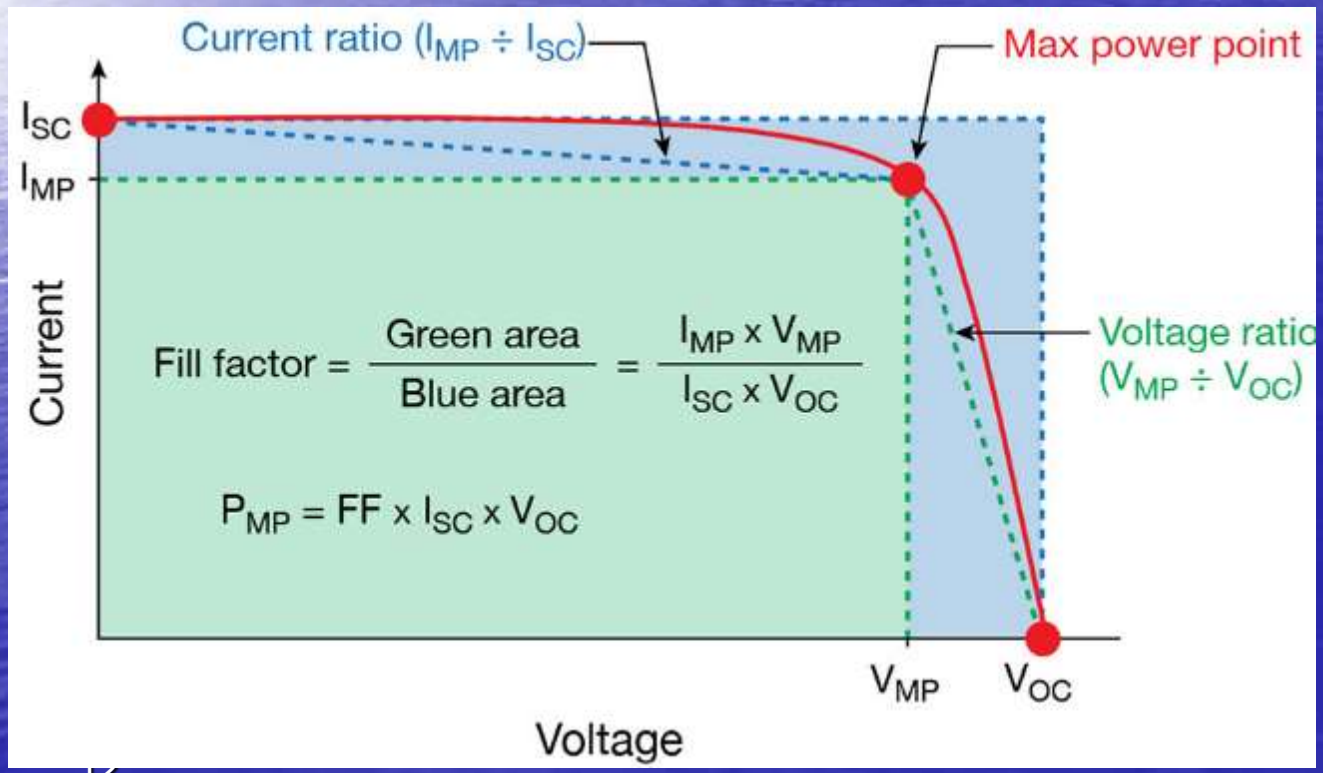
Example: Module specification

- **FILL FACTOR (FF) عامل الامتلاء**

باستخدام تيار (I_{MPP})و جهد (V_{MPP}) نقطة الاستطاعة العظمى (MPP)، و تيار الدارة القصيرة (I_{SC}) و جهد الدارة المفتوحة(V_{OC})، عندئذ يعطى عامل الامتلاء بالعلاقة:

إنه معيار لقياس الجودة الكلية للخلية الشمسية (بالتالي تعتبر الخلية جيدة كلما اقترب هذا العامل من الواحد، أو بكلام آخر كلما اقترب شكل المميزة I-V من شكل المربع)، و هو عبارة عن معدل الاستطاعة العظمى الفعلية ($I_{MPP}xV_{MPP}$) على الاستطاعة النظرية ($I_{SC}xV_{OC}$) و التي لا يمكن الحصول عليها. و ذلك عائد لوجود المقاومات التسلسلية و التفرعية و الدايود في الدارة المكافئة.

القيمة النموذجية لعامل امتلاء الخلايا الشمسية التجارية يتجاوز 0,70.



$$FF = \frac{I_{MPP} \times V_{MPP}}{I_{SC} \times V_{OC}}$$

Efficiency and Solar Cell Cost

تحت الشروط المخبرية و تبعاً لتقنية صناعة الخلايا الشمسية فإنه من الممكن نظرياً انتاج خلايا سيليكونية احادية البلورة بكفاءة تقارب 25%. على أية حال فإن الخلايا المنتجة تجارياً تملك كفاءة فقط في المجال (13-14)%. بالتالي تبني تقنيات ذات كلفة منخفضة هو المسؤول عن انخفاض الكفاءة.

و الهدف الحالي لتقنيات صناعة الخلايا هو تسويق خلايا بمردود يصل إلى المجال (25-30%).

Efficiency values

Material	η (laboratory)	η (produktion)

PV systems:

Stand-alone Systems +
Grid- connected systems +
Hybrid systems

Grid-Connected Systems

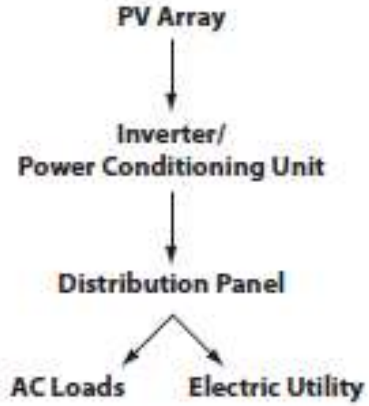


Image courtesy of PG&E

PG&E's Vaca-Dixon Solar Station in California is a 2-MW grid-connected system.

Stand-Alone Systems

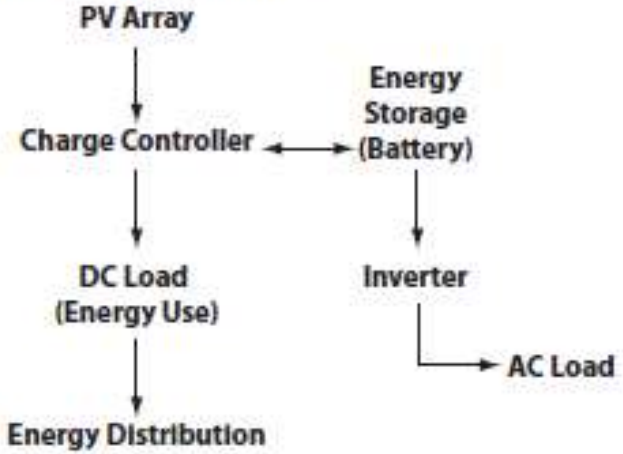


Image courtesy of NASA

The Mars Rovers, Spirit and Opportunity, are powered by stand-alone systems because they operate far away from Earth.

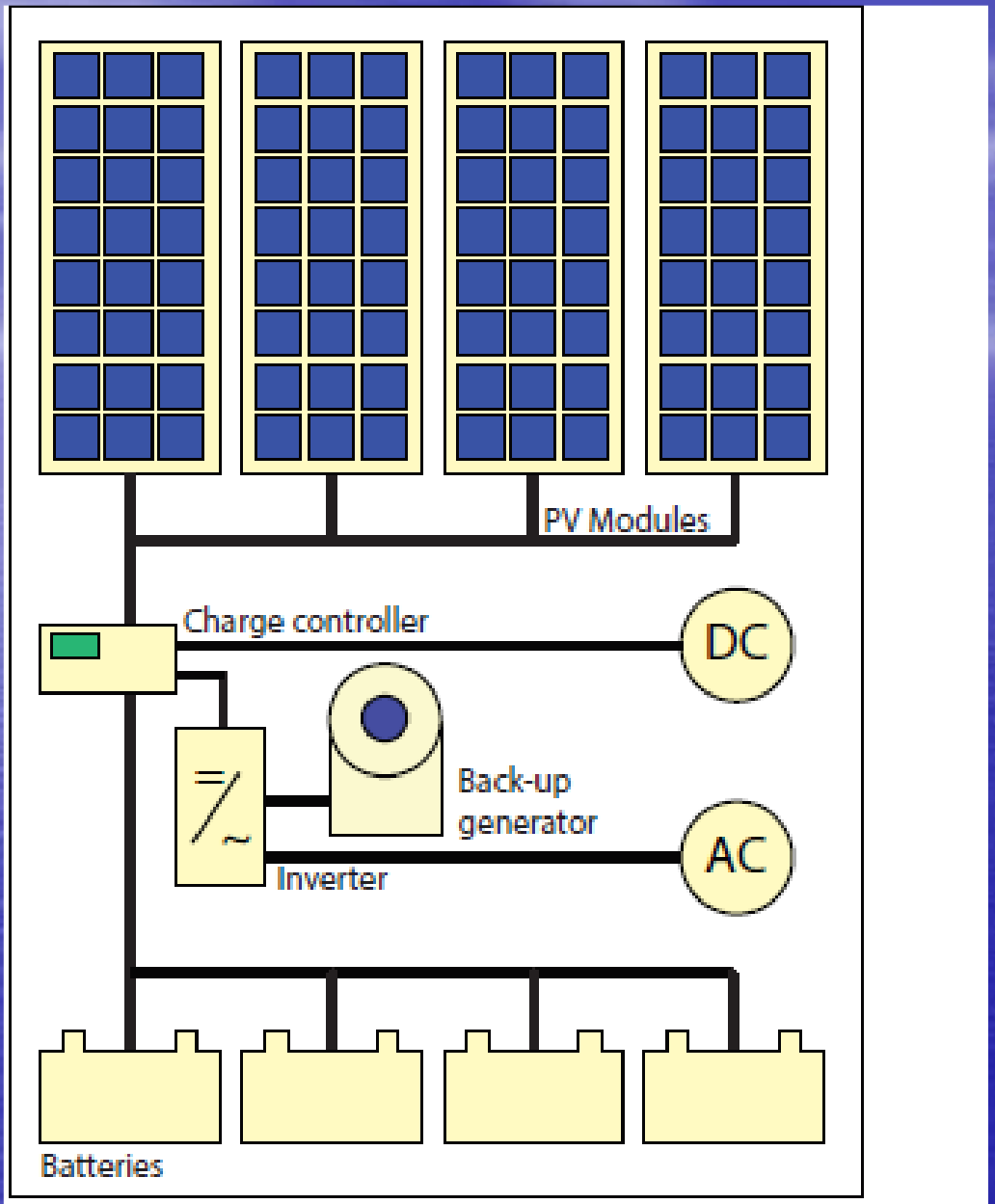


Figure 15.4: Schematic representation of a hybrid PV system that has a diesel generator as alternative electricity source..

وظائف النظام الكهروضوئي المستقل عن الشبكة

- **تقوم الألواح الكهروضوئية في الأنظمة المستقلة عن الشبكة العامة، بما يلي:**

- تغذية الأجهزة الكهربائية.
- شحن المدخرات في الأنظمة عند توفر الإشعاع الشمسي, أما في الأوقات التي لا تتوفر فيها أشعة الشمس, فيتم تزويد الطاقة من خلال المدخرات.
- يُستفاد من الأنظمة المستقلة في المنازل و المزارع و المضخات غير المتصلة بالشبكة الكهربائية.
- تُعتبر هذه الأنظمة صديقة للبيئة و تؤمن راحة و استقلالية عن الشبكة
- تساهم في توفير مصاريف الطاقة و الوقود من جهة المستهلك كونها مصدر نظيف و رخيص متوفر بشكل مستمر.

بعض التطبيقات

- تطبيقات ذات استطاعة منخفضة.
- تطبيقات ذات استطاعة متوسطة.
- تطبيقات ذات استطاعة متوسطة وعالية.

صيانة النظم الكهروضوئية

- تنظيف اللواقط الشمسية باستمرار برش الماء فقط.
- تفادي الظل على اللواقط.
- صيانة المدخرات و مراقبتها بشكل مستمر.
- مراقبة وصيانة العناصر الإلكترونية: متحكم الشحن والمبدلة.
- صيانة الأجهزة الكهربائية الملحقة.

مصطلحات و اعتبارات أساسية في بطاريات النظم الكهرضوئية

- **البطارية:** هي ببساطة جهاز يقوم بتخزين الطاقة الكهربائية (أو باختصار هي جهاز كهر كيميائي يقوم بتحويل الطاقة الكيميائية إلى كهربائية و بالعكس).
- **السعة (Capacity):** هي مقدار الطاقة الكهربائية التي ستحتويها البطارية.
- **SOC (State Of Charge):**

$$SOC = \frac{\text{Ah capacity remaning in the battery}}{\text{Rated Ah capacity}} \qquad 0 \le SOC \le 1$$

- **DOD (Depth Of Discharge):** عمق التفريغ و يعبر عن أقصى طاقة يمكن استجرارها من البطارية.
- **Efficiency:** و تساوي طاقة الخرج على طاقة الدخل (و تتراوح ما بين 85% - 80).
- **الوظائف (مبررات الاستخدام):**

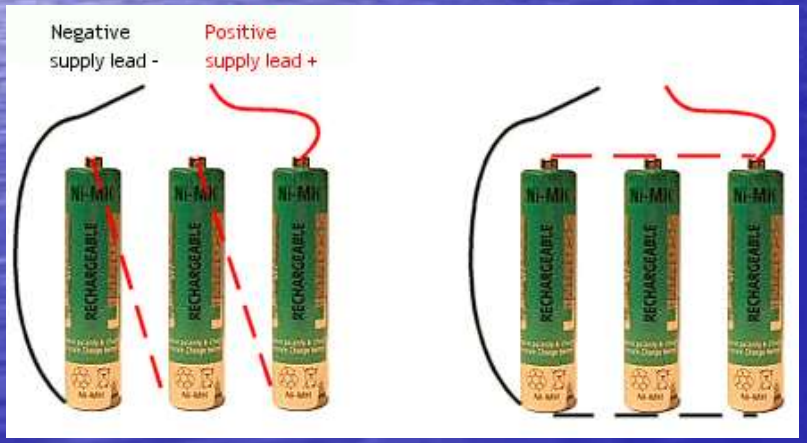
✓ التخزين لأجل الليل.
✓ التخزين لأجل الطقس الغائم.
✓ طاقة قابلة للنقل.
✓ مناسبة لإقلاع المحركات (تلائم الحالة العابرة أكثر من الخلايا الشمسية).
✓ **البطارية بالنتيجة تعمل كطاقة طوارئ أو كطاقة احتياطية (فقط عند الضرورة!).**

تفاصيل هامة فى البطاريات

1= الأنواع:

- Primary (single use).
- Secondary (rechargeable).
- Shallow Cycle (20% DOD).
- Deep Cycle (50-80% DOD).

. Batteries in Series and Parallel:



- التوصيلات التسلسلية تبني الجهد.
- التوصيلات التفرعية تبني الـ amp-hour capacity.

Controller Considerations (اعتبارات المتحكم):

Charge controllers manage interactions and energy flows between a PV array, battery bank, and electrical load.

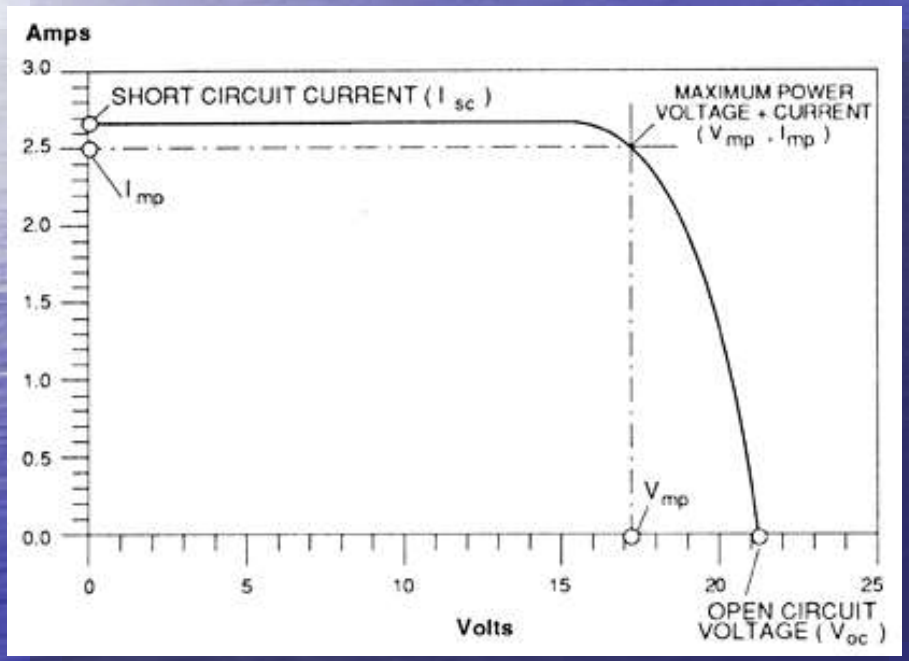
الوظيفة:

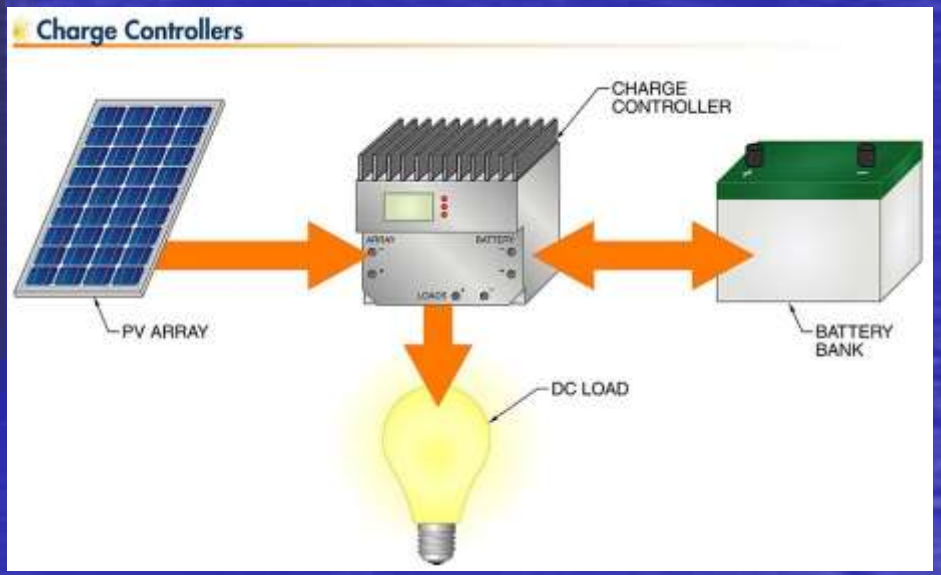
- يحمي البطاريات من الشحن الزائد.

الميزات:

1= تتبع نقطة الاستطاعة العظمى (MPPT):

✓ تتبع نقطة الإستطاعة العظمى للحقل (يمكن أن يحسن إنتاج الإستطاعة بحوالي 20%)!





2= Voltage Step-down Controller:

- ✓ يعوض الفرق في الجهود بين الحقل و البطاريات (مثال: حقل 48V يشحن بطارية 12V).
- ✓ استخدام حقل بجهد أعلى يمكن من استخدام سلك بمقطع أصغر يصل الحقل بالبطاريات (توفير بالنحاس)!

3= تعويض درجة الحرارة:

- ✓ يضبط شحن البطاريات وفقاً لدرجة الحرارة المحيطة.

3= عند توصيف متحكم يجب مراعاة ما يلي:

- ✓ جهد الدخل و الخرج المستمر.
- ✓ تيار الدخل و الخرج.
- ✓ أية ميزات اختيارية أخرى نحتاجها.

4= تكرار المتحكم:

- ✓ في حالة النظام المستقل يمكن أن يكون مرغوباً استخدام أكثر من متحكم واحد لكل حقل تفادياً لحدوث عطل!

اعتبارات المعرج (Inverter Considerations):

الوظيفة:

- عبارة عن جهاز إلكتروني يستخدم لتحويل التيار المستمر إلى تيار متناوب.

العيوب:

- مشكلة الكفاءة - التعقيد و احتمال التعطل - الكلفة!!

توصيف المعرج:

1= ما نوع النظام المنوي تصميمه؟

1. نظام مستقل!
2. نظام مستقل مزود بمولد!
3. نظام مستقل مزود ببطاريات!
4. نظام مربوط بالشبكة مع بطاريات!
5. نظام مربوط بالشبكة بدون بطاريات!

2= المواصفات:

1. خرج متناوب (Watts).
2. جهد الدخل (متعلق بالألواح و أسلاك التوصيل).
3. جهد الخرج (مثلاً 220V سكني).
4. تيار الدخل (متعلق بالألواح و أسلاك التوصيل).
5. السعة العابرة (Surge Capacity).
6. الكفاءة.
7. الحماية من الظروف الجوية.
8. قياس (معايرة)/ برمجة.

توصيات ختامية

- النظم الكهرضوئية الشمسية صديقة للبيئة (غير ملوثة أو نظيفة)!
- مرشحة لأن تكون مثالية في أدائها (وثوقية عالية) و اقتصادية (شبه مجانية و لعدم اعتمادها على الوقود الأحفوري) في المناطق التي لا تصلها توسعات الشبكة الوطنية!
- التصميم المناسب للنظم الكهرضوئية سيقلل احتمالات الإصلاح و يرفع الأداء!
- اختيار و كلفة النظام الكهرضوئي تتناسب مع الطاقة المستجرة من الحمل!
- اختيار حمل بكفاءة عالية إضافة لتحقيق التوازن بين الأداء و الجودة هو الطريق الوحيد لخفض كلفة النظام و الأفضل من ذلك جعله اقتصادياً!!
- بالتالي اختيار مكونات نظام رخيصة الثمن ليس الحل الأفضل على الإطلاق!!
- إن التصميم الفعال للنظم الكهرضوئية الشمسية يقتضي الإجابة على السؤالين:

1= ما نوع النظام الكهرضوئي المراد تصميمه؟

2= ما هو مستوى الأداء و الجودة المطلوب بلوغه؟

❖ أخيراً: التصميم الأمثل و الفعال للنظام الكهرضوئي الشمسي يقتضي اختيار مكونات النظام بحيث نحصل على أقصى طاقة ممكنة بأفضل سعر ممكن!!

شكراً
لاستماعكم ..