جامعة فلسطين التقنية - خضوري
Palestine Technical University - Kadoorie

مشغل تركيبات الطاقة المتجددة

03091410

Eng. Ahmad w belbisy

جامعة فلسطين التقنية - خضوري
Palestine Technical University - Kadoorie

الكلية	مجتمع فلسطين التقنية خضوري			
القسم	المهن الهندسية			
البرنامج	الطاقة المتجددة			
اسم المساق	مشغل تركيبات الطاقة المتجددة	رقم المساق	03091410	
السنة الدراسية	2022-2021	الفصل الدراسي	الثاني	
المتطلب السابق	لا يوجد متطلبق سابق			
المحاضر	م .احمد وليد بلبيسي			
الأيميل	Ahmad.belbisy@ptuk.edu.ps			
الساعات المكتبية	الثلاثاء 10-14			
موعد المحاضرة	احد ,ثلاثاء 8-10	القاعة	H114	
وصف المساق	يشمل هذا المساق على : مكونات النظام الشمسي,انظمة الحماية ,تصميم نظام الطاقة المتصل بالشبكة ,قراءة مخططات الطاقة الشمسية ,تركيب محطات الطاقة الشمسية ,انظمة المراقبة ,حساب توفير الطاقة .			

مكونات الطاقة الشمسية :

1- الخلايا الشمسية (الكهرو ضوئية):

الخلية الشمسية تعمل على امتصاص الفوتونات من اشعة الشمس على ان تقوم بتحويل الطاقة الضوئية الى طاقة كهربائية مستمرة.

❖ أنواع الخلايا الشّمسيّة حسب التّصنيع:

أ- خلايا السّليكون آحادي التبلور (Monocrystalline).

ب- خلايا السّيلكون ثنائي(عديد) التبلور (Polycrystalline).

ج- خلايا السّليكون غير المتبلور(عديمة التبلور) "رقيقة" (Thin Film).

1- خلايا السيليكون احادية التبلور **(Monocrystalline)**

تتميز بمظهرها المتناسق الذي يدل على نقاء كريستلات السيلكون و لونها مائل الازرق الغامق , هي اغلى الانواع ثمنا لانها مصنوعة من السليكون النقي , كما انها تعطي اعلى كفاءة التي تصل الى 22 % , و يتراوح سمك الخلية (0.14 – 0.3) , وعمرها الافتراضي كبير و تاتي بضمان 25 سنة انتاجية و 12 سنة مصنعية .

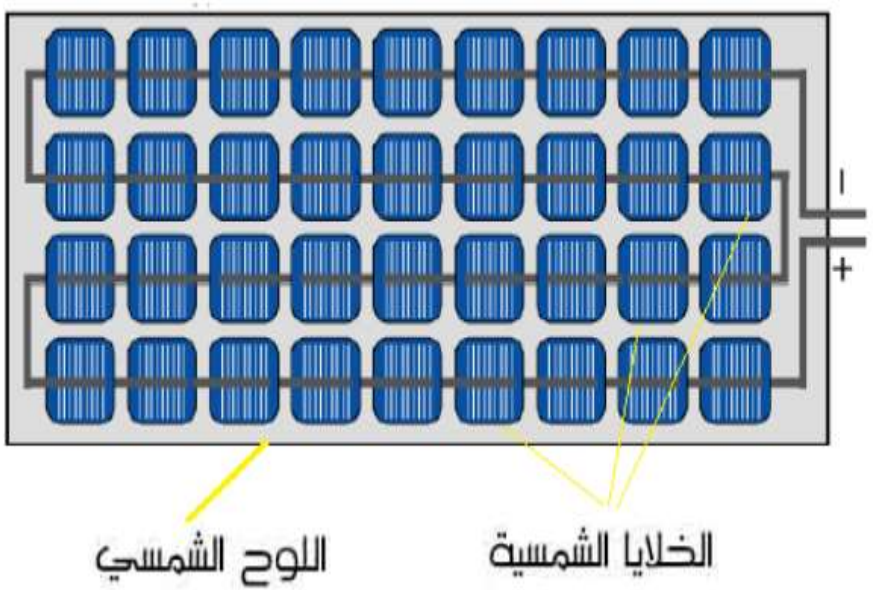
2- اللوح الشمسي عديد التبلور (Polycrystalline)

تتكون فيها الخلايا الشمسية عبارة عن مربعات متراصة , كما تتميز بانخفاض ثمنها بشكل طفيف مقارنة بالالواح الشمسة الاحادية و كذلك تاثرها بدرجة الحرارة يكون اقل من الاحادية و تتراوح كفاءتها ما بين (13 -17.5) % , وتصل سماكة الخلية (0.16 – 0.24) ملم و تاتي بضمان 25 سنة انتاجية و 12 سنة مصنعية .

3- الواح شمسية من نوع الشريط الرفيع عديمة التبلور (Thin Film Solar Panels)

هذا النوع من الالواح الشمسية رقيق و انسيابي , و من اهم ميزاتها انها خفيفة الوزن و مرنة و يمكن ثنيها بسهولة , و من سيئاتها أقل كفاءة من مثيلاتها للمساحة نفسها من الانواع الاخرى , و بالتالي أقل ثمنا , فكفاءتها قد لا تزيد عن 10 % .

فولتية الالواح



تتكون الالواح الشمسية من سلسة الخلايا
عادة تكون 60 او 72 خلية يعتمد فولتية
كل خلية على جهد الدارة المفتوحة
Vo.cللوح الشمسي .

ELECTRICAL DATA | STC*

CS6W	525MS	530MS	535MS	540MS	545MS
Nominal Max. Power (Pmax)	525 W	530 W	535 W	540 W	545 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	40.4 V	40.6 V	40.8 V	41.0 V	41.2 V
Opt. Operating Current (Imp)	13.00 A	13.06 A	13.12 A	13.18 A	13.23 A
Open Circuit Voltage (Voc)	48.6 V	48.8 V	49.0 V	49.2 V	49.4 V
Short Circuit Current (Isc)	13.75 A	13.8 A	13.85 A	13.9 A	13.95 A
Module Efficiency	20.5%	20.7%	20.9%	21.1%	21.3%
Operating Temperature	-40°C ~ +85°C				
Max. System Voltage	1500V (IEC/UL) or 1000V (IEC/UL)				
Module Fire Performance	TYPE 1 (UL 61730) or CLASS C (IEC 61730)				
Max. Series Fuse Rating	25 A				
Application Classification	Class A				
Power Tolerance	0 ~ + 10 W				

* Under Standard Test Conditions (STC) of irradiance of 1000 W/m², spectrum AM 1.5 and cell temperature of 25°C.

لوحة بيانات الألواح الفولتضوئيّة:

تقوم الشركات الصّانعة للألواح الفولتضوئيّة بلصق لوحة تعريفية تسمّى **لوحة بيانات "Data Label"** اللوح الفولتضوئيّ على الجهة الخلفية للوح نفسه، إذ تُعطي معلومات كافية عنه بهدف مساعدة الشخص المختص أثناء استخدام هذا اللوح لتوليد الكهرباء بطريقة فعالة، كما في الشكل المجاور. وإن نشرة البيانات الخاصة باللوح الفولتضوئي تعطي المعلومات الأساسية لاستخدام هذا اللوح من قدرة قصوى وجهود وتيارات إضافة إلى اسم الشركة المصنعة وأبعاد اللوح ووزنه، ومعلومات أخرى يأخذها مصمم النظام الشّمسيّ بالاعتبار.

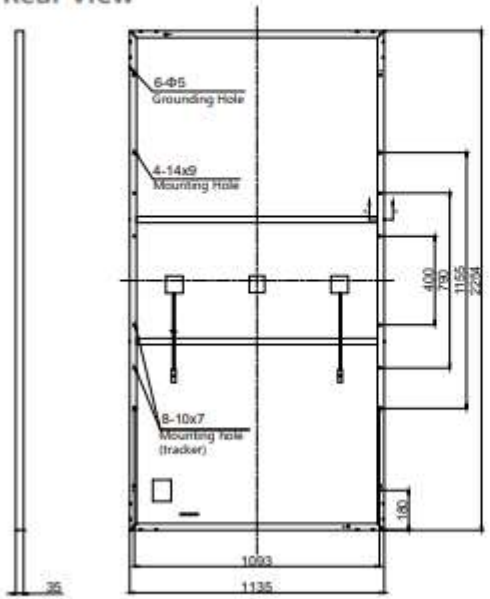
يوضّح الجدول الآتي بعض دلالات هذه البيانات الموجودة على الملصق الخاص باللوح الشّمسيّ

ابعاد الخلية الشمسية

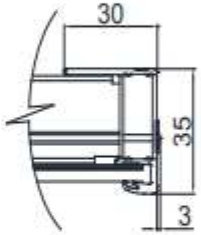
I_V CURVE

ENGINEERING DRAWING (mm)

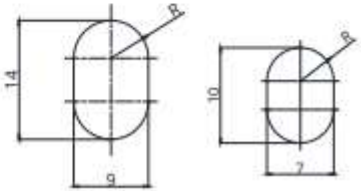
Rear View



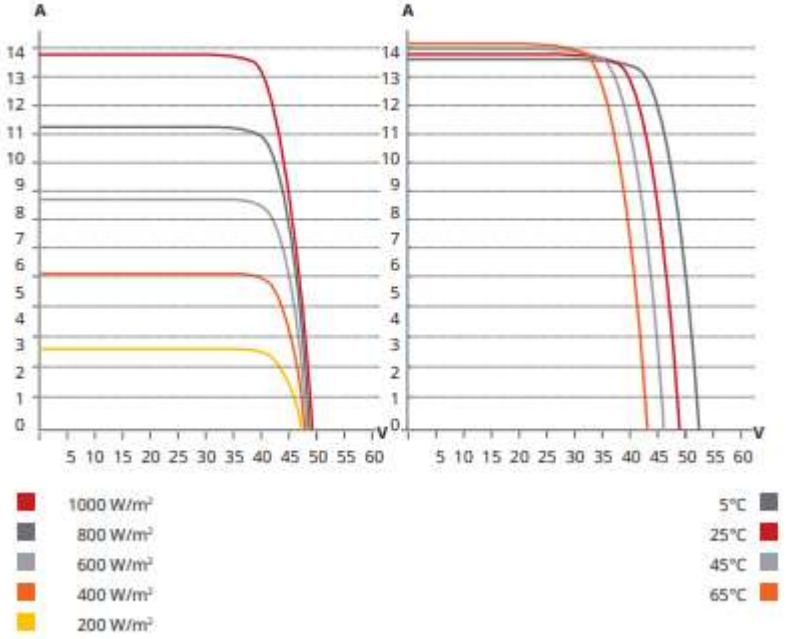
Frame Cross Section A-A



Mounting Hole



CS6W-530MS / I-V CURVES



خصائص درجة الحرارة:

TEMPERATURE CHARACTERISTICS

Specification	Data
Temperature Coefficient (Pmax)	-0.35 % / °C
Temperature Coefficient (Voc)	-0.27 % / °C
Temperature Coefficient (Isc)	0.05 % / °C
Nominal Module Operating Temperature	42 ± 3°C

حساب جهد الدائرة المفتوحة للوح الشمسي عند درجات حرارة مختلفة

$voc_{new} = voc + voc * kv(T_{new} - T25)$

حساب الجهد المقرر عند القدرة الأقصى للوح الشمسي عند درجات حرارة مختلفة

$vmpp_{new} = vmpp + vmpp * kp(T_{new} - T25)$

جدول (1): تفسير بعض بيانات لوحة لوح فولتضوئي

الرقم	المصطلح بالإنجليزية	الرمز	المصطلح بالعربية	التوضيح
1	Peak Power	P_{max}	القدرة الكهربائية القصوى للوح	تعطى بالوات بقيمة انحراف لا تتعدى (5%) زيادة أو نقصان.
2	Panel Efficiency	μ	كفاءة اللوح الشّمسيّ	وهي نسبة مئوية توضح مدى الاستفادة من اللوح الشمسي بالنسبة للمساحة المحجوزة.
3	Maximum Power Voltage	V_{mpp}	الجهد المقرر عند القدرة الاقصى للوح	الجهد عند قيمة القدرة القصوى للوح الذي يجب أن يعمل عنده اللوح.
4	Maximum Power Current	I_{mpp}	التيار المقرر عند القدرة الاقصى للوح	التيار عند قيمة القدرة القصوى الذي يجب أن يعمل عنده اللوح.
5	Open Circuit Voltage	V_{OC}	جهد الدّارة المفتوحة للوح	الجهد الخارج من اللوح دون توصيله مع أي حمل خارجي وهو أعلى جهد ممكن الحصول عليه من اللوح.
6	Short- Circuit Current	I_{SC}	تيار دارة القصر للوح	التيار الخارج من اللوح عند عمل قصر على طرفيه، وهو أعلى تيار ممكن الحصول عليه من اللوح.
7	Maximum System Voltage	V_M	أقصى جهد مستمر للنظام	أقصى جهد مستمر يستطيع أن يعمل عنده النظام دون مشكلات، عادةً ما يكون1000 V.
8	Nominal Operating Cell Temperature	$NOCT$	هي درجة حرارة العمل للخلية الشّمسيّة عند ظروف عامة.	درجة حرارة الخلية عند سرعة رياح 1متر/ثانية وإشعاع شمسي 800 وات/متر مربع ودرجة حرارة تكون مدرجة على شكل فترة (−40_85) مثلاً، وهذه الظروف تؤخذ كظروف عمل اعتيادية.

ومن الجدير ذكره أن هذه البيانات تُقاس ضمن ظروف قياسية تسمّى "ظروف الفحص المعيارية" (STC)، تتضمن ما يلي:

- إشعاع شمسيّ بقدرة (1000 وات للمتر المربع).
- وزن الهواء (Air Mass– AM) ويساوي (1.5).
- درجة حرارة الخلايا (25) درجة مئوية.

ويُشار إلى أن هذه الظروف يصعب الوصول إليها في الحياة العملية؛ ففي بعض المناطق في العالم مثل فلسطين قد نحصل على إشعاع شمسيّ أعلى من $1000W/m^2$، وذلك لأننا نقع في الحزام الشّمسيّ العالميّ وحيث إن وزن الهواء متغير اعتماداً على موقعنا الشّمسيّ.

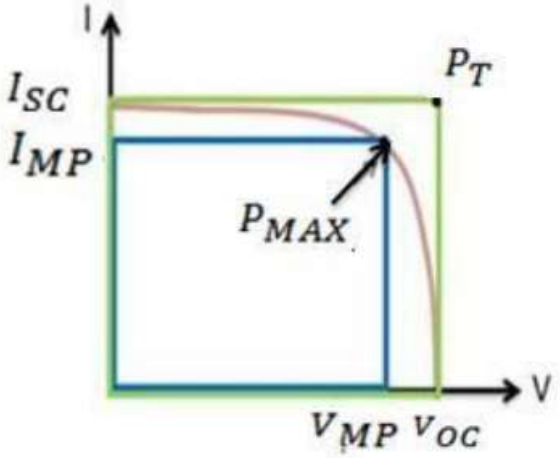
❖ كفاءة اللوح الفولتضوئيّ Panel Efficiency (μ):

إن كلمة كفاءة تعني مقدار الاستفادة، وعند الحديث عن كفاءة الألواح الشمسية فإننا نتحدث عن مقدار استثمار مساحة اللوح الشّمسيّ لإنتاج طاقة كهربائية، كما أن الكفاءة هي نسبة بين مقدار الطاقة الناتجة إلى مقدار الطاقة الداخلة إلى اللوح الشّمسيّ. كما في المعادلة الآتية:

$$\text{كفاءة اللوح الشمسي} = \frac{\text{القدرة الناتجة من اللوح الفولتضوئيّ لكلّ متر مربع } (W/m^2)}{\text{كمة الإشعاع الشمسي الواصل سطح اللوح الفولتضوئيّ لكل متر مربع}(W/m^2)} \times 100\%$$

تعرف كفاءة تحويل الطّاقة للوح الشّمسيّ بأنها النسبة المئوية للقدرة الكهربائية الناتجة من اللوح الشّمسيّ و القدرة المحولة من الإشعاع الضوئيّ الواصل إلى سطح اللوح الشّمسيّ، وذلك من خلال قياس كمية الإشعاع الشّمسيّ الواصل إلى سطح اللوح الشّمسيّ بوحدة الـ (W/m^2) باستخدام جهاز قياس شدة الإشعاع الشّمسيّ.

ومن أهم العوامل المؤثّرة على قيمة الكفاءة هو معامل الملئ(FF)، ويعرف **معامل الملئ (Fill Factor)**: بأنه المعامل الذي يقيس جودة اللوح الشّمسيّ حيث يمثّل النسبة بين القدرة القصوى الحقيقية (P_{max}) و القدرة النظرية (P_T) للوح الشّمسيّة التي تمثّل (حاصل ضرب تيار الدّارة المغلقة وجهد الدّارة المفتوحة).



ولحساب قيمة معامل التعبئة (FF):

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

أما حساب القدرة الناتجة من اللوح الفولتضوئيّ بناء على المساحة أي بالاعتماد على أبعاد اللوح الفولتضوئي بوحدة المتر (الطول"L"، العرض"W") و ما يعرف بمعامل الملئ (FF)، (القدرة الناتجة من اللوح الشّمسيّ بوحدة: واط/متر مربع) فإننا نستخدم العلاقة الآتية:

$$P_{(W/m^2)} = \frac{I_{SC} \cdot V_{OC} \cdot FF}{W \cdot L}$$

وبتعويض قيمة معامل الملئ نحصل على ما يلي:

$$P_{(W/m^2)} = \frac{I_{MP} \cdot V_{MP}}{W \cdot L}$$

مثال1: لوح شمسيّ تحتوي لوحة بياناته على المعلومات الآتية، إذا علمت أن أبعاد اللوح الشّمسيّ، هي (طول=2م عرض=1م). وكمية الإشعاع الشّمسيّ الذي تم قياسه على سطح اللوح الشّمسيّ هو ($1000\ W/m^2$)، احسب ما يلي:

1) معامل الملئ (FF)
2) كفاءة اللوح الشّمسيّ(μ)

P_{max}	320 W
V_{mpp}	37.1 V
I_{mpp}	8.63 A
V_{OC}	45.7 V
I_{SC}	9.00 A

الحلّ:

(1

$$FF = \frac{I_{MPP} \cdot V_{MPP}}{I_{SC} \cdot V_{OC}} = \frac{8.63\ x\ 37.1}{9\ x\ 45.7} = \frac{320.173}{411.3} = 0.778$$

(2

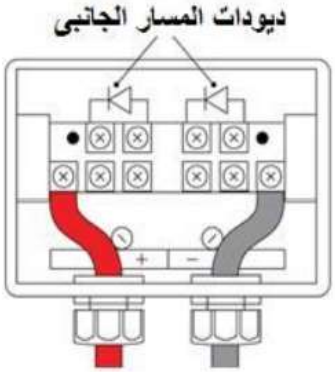
$$P_{(W/m^2)} = \frac{I_{SC} \cdot V_{OC} \cdot FF}{W \cdot L} = \frac{9\ x\ 45.7\ x\ 0.778}{1\ x\ 2} = 160\ W/m^2$$

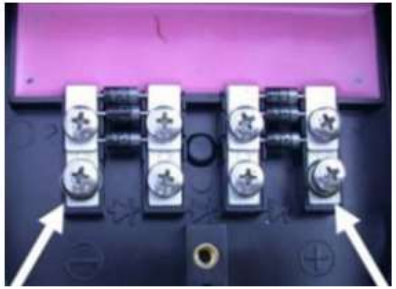
كفاءة اللوح الشّمسيّ $= \frac{160}{1000} \times \%100 = \%16$

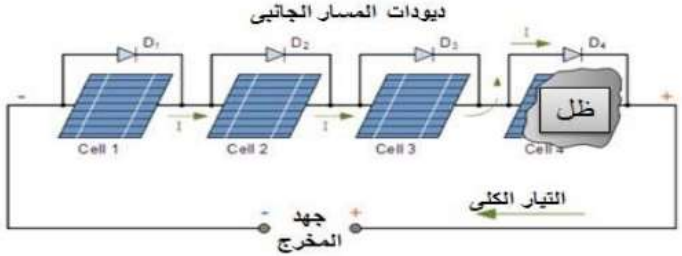
من المعروف أن الثنائيات (الديودات) هي عبارة عن عناصر إلكترونية تسمح بمرور التّيار الكهربائيّ في اتجاه واحد فقط، ولعل هذا السبب الذي يدفعُنا لاستخدامها في الأنظمة الشّمسيّة.

1) ديودات المسار الجانبيّ: (Bypass Diodes)

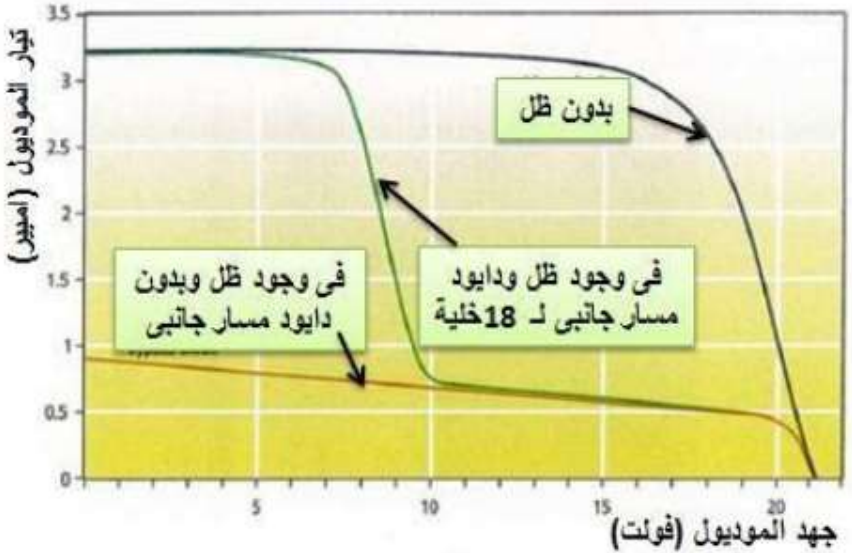
وهي ديودات يتم توصيلها على التوازي مع خلية واحدة أو مجموعة خلايا داخل اللوح الشّمسيّ إذ تسمح بمرور التّيار الكهربائيّ في اتجاه واحد، ويبرز دورها فى حال وجود ظلال على أحد الخلايا، حيث تصبح الخلية المظلله دائرة مفتوحة أو كمقاومة كبيرة جدا، وعادةً ما توضع هذه الديودات في لوحة التّجميع الخاصة باللوح الشمسيّ. وعملياً يتم توصيل ديود مسار جانبي كلّ (20-14) خلية شمسيّة؛ لذلك فإن الألواح التي تحتوي على 36 خلية يوصل معها ديودين مسار جانبيّ، ويوصل مع الألواح التي تحتوي على 60 خلية ديودات ثلاث، أما ألواح ال72 خلية 4 فيوصل معها ديودات مسار جانبيّ وهكذا.

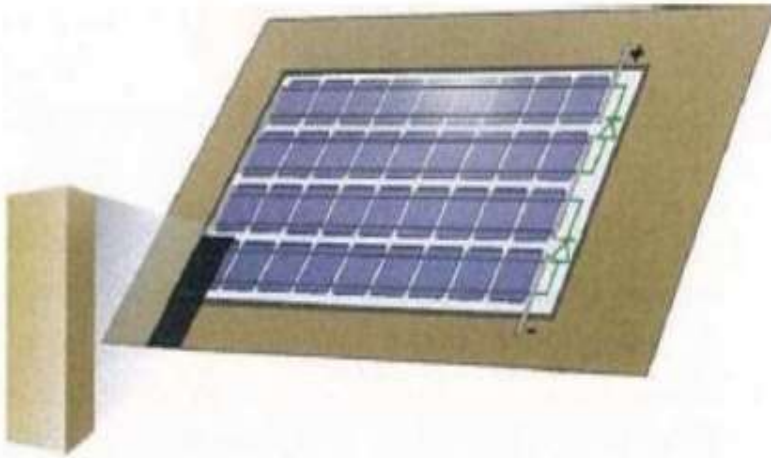






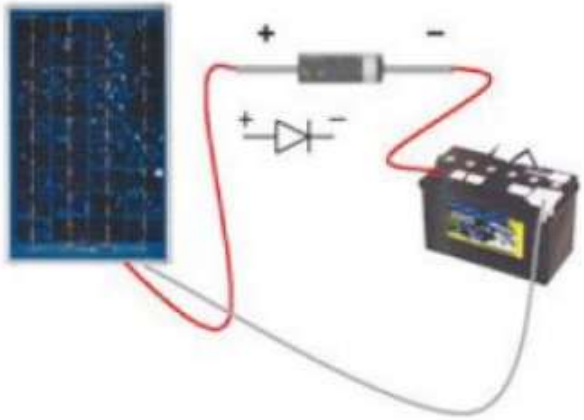
عند حدوث ظل على جزء من اللوح الشمسيّ أو عطل أحد الخلايا فإن ذلك يؤدّي إلى تسخين الخلايا الشمسيّة المتعرضة للظلّ ثم انهيارها، حيث إن الخلية المظللة أو المعطوبة تصبح حملاً بالنسبة لباقي الخلايا، مما يتسبب في ارتفاع حرارتها، وتُعرف هذه الظاهرة بـ ظاهرة البقع السّاخنة "Hot Spot" التي تُسبب انخفاض قدرة اللوح الشمسيّ، وانهيار خلايا اللوح مع زيادة زمن تعرضهم للظل، إضافة إلى الى تأثيرات تدميرية مثل كسر زجاج سطح اللوح الشمسيّ أو الخلايا أو انصهار نقاط اللحام، موصلات سطح الخلايا.

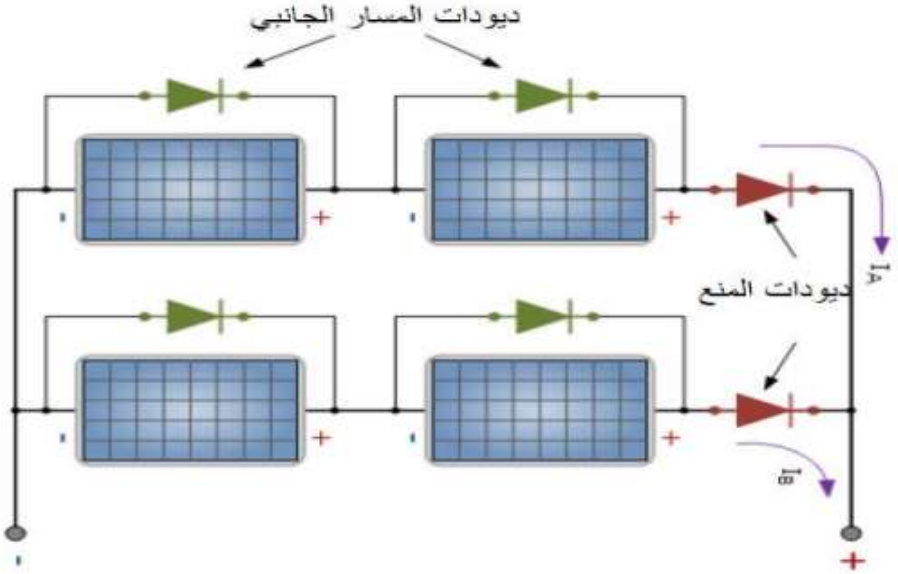




2) ديودات منع التّيار العكسي: (Blocking Diodes)

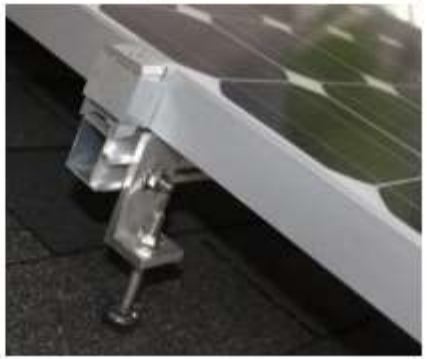
وهي ديودات تمنع مرور التّيار الكهربائيّ في الاتجاه المعاكس، أي تمنع إعادة التيار إلى مجموعة الألواح المتصلة معا، والتي قد يكون حدث لها عطل أو تظليل وهي مفيدة في التوصيل على التّوازي، إضافة إلى أنها تمنع إعادة التّيار من البطارية إلى اللوح الشّمسيّ عند غياب ضوء الشّمس. والأشكال الآتية توضّح مكان تركيب ديودات المنع في الأنظمة الشّمسيّة.





تثبيت الألواح الشّمسيّة:

يتم تثبيت الألواح الشّمسيّة على أسطح المباني أو كمظلات أو في مساحات مفتوحة، وفي الحالات جميعها فإنها تتعرض بشكل دائم إلى الرياح وحالات الجو المختلفة؛ فمن المهم أن يكون الهيكل الحامل للألواح الشّمسيّة قوياً آمناً ومقاوماً للصدأ. كما ويجب تثبيت الأسلاك الناتجة عن توصيلات الألواح على الهيكل الحامل للمحافظة على سلامة العامة للنظام والمستخدمين، إضافة إلى الشكل الجمالي. وسنتناول الهياكل وطرق تركيب الألواح الشّمسيّة لاحقاً.

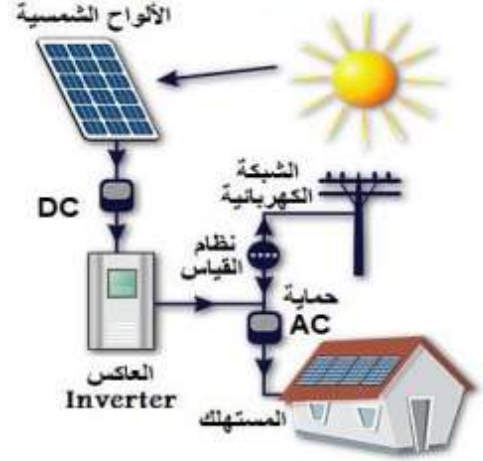


من افضل انواع الشركات المصنعة للواح الشمسي:

#	Module Supplier
1	JinkoSolar
2	JA Solar
3	Trina Solar
4	LONGi Solar
5	Canadian Solar
6	Hanwha Q-CELLS
7	Risen Energy
8	GCL-SI
9	Talesun

❖ العواكس المرتبطة مع شبكة الكهرباء (ON-Grid Inverter)

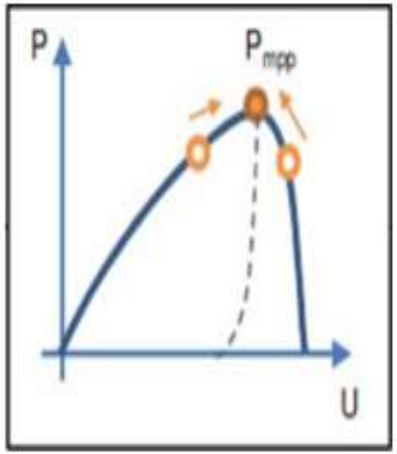
هي عواكس قدرة كهربائيّة تستخدم في الأنظمة الشّمسيّة المرتبطة مع شبكة الكهرباء المحليّة، حيث لا يعمل هذا العاكس إلا عند وجود التّيار الكهربائيّ من الشّبكة المحلية، وبما أنها مرتبطة مع الشّبكة المحليّة فهي تخضع لخصائصها الكهربائيّة؛ حيث يتم إنتاج موجة جيبية مطابقة للموجة الجيبية للشّبكة الكهربائيّة التي يرتبط معها، أي تمتلك قيمة الجهد والتردد نفسه؛ حتى يتسنى للعاكس مواءمة موجته مع موجة الشّبكة، وبالتالي يبدأ بضخّ التّيار الكهربائيّ النّاتج من النّظام في الشّبكة الكهربائيّة.



وكما أصبح معروف لدينا أن الهدف الأساسيّ من استخدام العواكس الكهربائيّة المختلفة هو تحويل التّيار المستمر النّاتج من الألواح الفولتضوئيّة إلى تيار متناوب يمكن استخدامه في المنازل والمصانع، ولكن لا يقتصر عمل العاكس على هذه المهمة، بل إن هناك مجموعة من المهمات الإضافيّة التي يقوم بها العاكس والتي لا تقل أهمية عن تحويل التّيار، وهي تختلف وفقاً لنوع العاكس، فالعواكس المستخدمة في الأنظمة الشّمسيّة المرتبطة مع الشّبكة تقوم بالمهمات الآتية:

1) تتبع أقصى نقطة قدرة MPPT - (Maximum Power Point Tracker):

بعد دراسة منحنى الخصائص الكهربائيّة للألواح الشمسية وجدنا أن القدرة تتغير مع تغير الجهد والتّيار، ثم وجدنا أن هناك قيمة للقدرة القصوى موجودة على المنحنى، ولتحقيق أكبر استفادة من اللوح الشّمسيّ يجب العمل عند نقطة القدرة القصوى، ولكن ونتيجة لتغير الإشعاع الشّمسيّ ودرجة الحرارة خلال اليوم فإن قيم الجهد والتّيار الناتجين من مصفوفة الألواح الشّمسيّة لا تكون ثابتة، وإنما تكون في تغير مستمر، كما أنّ منحنى الجهد والتّيار أيضا يكون في تغيّر مستمر؛ لذلك كانت هناك حاجة لمثل هذه التّقنيات التي تعمل للمحافظة على نقطة القدرة القصوى مع تغيّر درجة الحرارة والإشعاع الشمسيّ أو أيّ ظروف أُخرى محتملة الحدوث قد تؤثّر على الألواح الشّمسيّة.



2) *الحماية بتقنية الجزر (Islanding Protection):*

وهي تقنية حماية يتم فيها فصل العاكس عن الشّبكة المحليّة للكهرباء في حال انقطاع التّغذية من تلك الشّبكة نتيجة أي سبب كان؛ حيث يفصل العاكس نفسه عن الشبكة لحماية نفسه وحماية أفراد طواقم الصّيانة لشركة الكهرباء، وتعدّ هذه التقنية متطلباً أساسيّاً لأي نظام توليد طاقة متصل مع الشّبكة العامة للكهرباء.

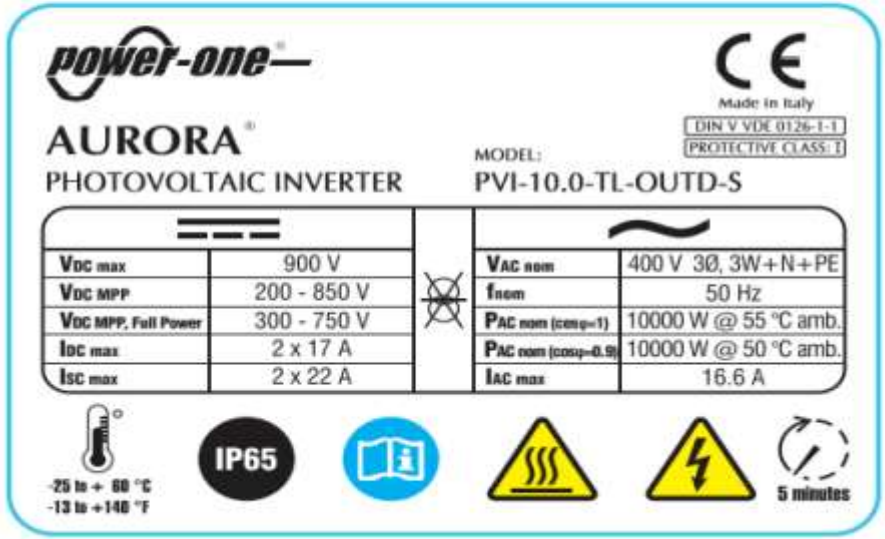
3) *تزامن التّردد والجهد (Voltage and Frequency Synchronization):*

تعدّ هذه المهمة من أبرز مهمات العواكس المرتبطة مع الشّبكة، حيث إنه يجب على العاكس الكهربائيّ أن ينتج جهداً بتردد وقيمة تتناسب (مطابق) مع جهد وتردد الشبكة نفسها، وهذا ما يسمّى مرحلة تزامن العاكس مع الشّبكة، كذلك يجب أن يكون تيار العاكس في الاتجاه نفسه مع تيار الشّبكة العامة ومعامل القدرة بها جيداً. إضافة إلى أن العواكس يجب أن تعمل دون مشكلات عند التعرض إلى التقلبات الطفيفة فى الجهد والتردد عند جانب الشبكة العامة. علماً أن هناك متحكمات وأجهزة حماية تراقب بصفة مستمرة جهد وتردد الشبكة العامة. وعند خروج هذه القيم خارج الحدود المسموحة فإن المتحكمات الداخلية للعاكس تقوم بفصل العاكس عن الشّبكة لحمايته.

إضافة إلى المهمات الأساسيّة السّابقة فإن العواكس المرتبطة مع الشبكة عادةً ما تمتلك كفاءة عالية، إضافة إلى احتوائها على أجهزة حماية ضد الجهود العابرة وتيارات القصر وارتفاع حرارة العناصر الداخليّة للعاكس.

المواصفات الكهربائيّة لعاكس القدرة الكهربائيّة:

يوجد لكلّ عاكس كهربائيّ مستخدم في الأنظمة الشّمسيّة مجموعة من القيم التي تصف الخصائص الكهربائيّة له والتي عادةً ما تقوم الشّركات الصّانعة لها بإدراجها فيما تسمّى **نشرة بيانات "Data sheet"** للعاكس الكهربائيّ، حيث تُعطي معلومات كافية عنه بهدف مساعدة الشخص المختص أثناء استخدام هذه العواكس لتوليد الطاقة الكهربائية بطريقة فعاله وتغذية الأحمال، علما أن اختيار العواكس في تصميم الأنظمة الشّمسيّة يعدّ أمراً مهماً؛ إذ إن الاختيار الخاطئ للعاكس قد يؤدّي إلى مفقودات طاقة واضحة أو حدوث أعطال في العاكس نفسه. لذلك لابد من معرفة أهم القيم التي يتم التّعامل معها عند اختيار العاكس المناسب وهي على النحو الآتي:



- **أقصى كمية قدرة DC يعمل عندها العاكس(*Input Power*):**

وهو أعلى قيمة قدرة DC يمكن أن يعمل عندها العاكس دون أي أعطال، وعادةً ما تكون أعلى بنسبة قليلة من القدرة المقننة (الاسمية) للعاكس.

- **جهد بداية التّشغيل وأقصى جهد تشغيل لـ نقطة الـ(MPP):**

غالبا ما نجد في نشرة بيانات العاكس فترة من قيم الجهد التي لا يعمل العاكس إلا عند تحقيق هذه القيمة، أي أن هناك قيمة ابتدائية (Start-Up Voltage)، وهي أقل قيمة جهد تنتجه الألواح الشّمسيّة يكفي لبداية عمل العاكس. وعلى الجانب الآخر فإن هناك أقصى قيمة جهد يمكن لمدخل العاكس تحملها والعمل ضمن فترة عمل أقصى قدرة حتى نحصل على أعلى كفاءة من الألواح.

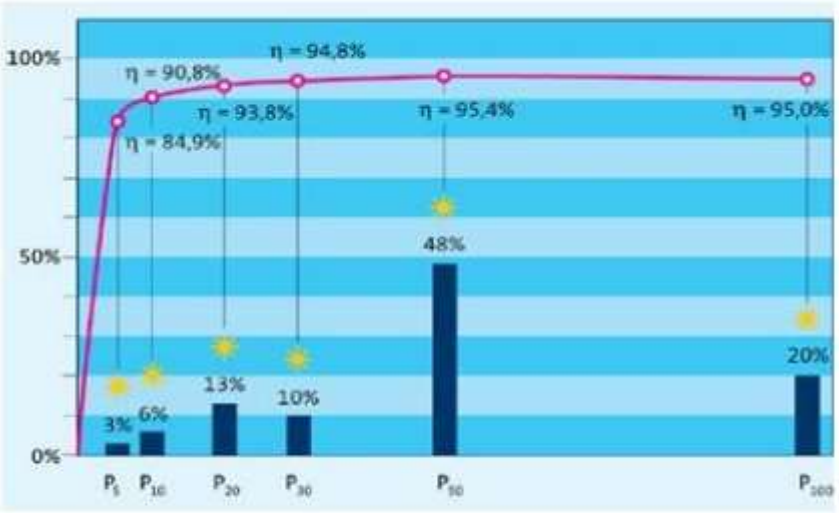
- **أقصى تيار مستمر (DC) يمكن أن يعمل عنده العاكس:**

وهو أقصى قيمة من التّيار يمكن أن يعمل عنده العاكس دون تلف عناصره الإلكترونيّة الداخليّة، وهذه القيمة غالبا ما تحدد عدد الصّفوف التي نستطيع ربطها مع العاكس حتى يعمل بكفاءة ودون أعطال.

- **مخرج العاكس الاسمي (AC):**

وكما أصبح معروف لدينا أن القدرة الخارجة من العاكس هي قدرة متناوبة (AC) وبجهد متناوب 230 فولتاً للعواكس أحادية الطور، و400 فولت للعواكس ثلاثية الطور وبتردد ثابت 50 هيرتزاً، علما بأن هذه القيم ثابتة لعواكس القدرة المرتبطة أو المعزولة عن الشبكة، لأن الهدف من العاكس تغذية الأحمال التي تعمل على التيار المتناوب في الأنظمة المعزولة، أو أن يتم ربطها مع شبكة الكهرباء كما في الأنظمة المرتبطة مع الشّبكة.

- **كفاءة العاكس:**



وهي عبارة عن النسبة بين القدرة الخارجة من العاكس إلى القدرة الداخلة إليه بالنسبة للقيم المعيارية، حيث إن الكفاءة تقيس مدى الاستفادة من العاكس، وغالبا ما يتم تمثيل الكفاءة بنسبة مئوية (%)، وتصل كفاءة العواكس حالياً إلى أكبر من 90%، ويجدر الإشارة إلى أن كفاءة عواكس الأنظمة المرتبطة مع الشبكة أكبر من تلك المستقلة عنها.

وبعبارة أخرى فإن الكفاءة تعبر عن المفاقيد داخل العاكس، والمفاقيد متغيرة تتناسب مع مربع تيار الحمل. ويمكن التّعبير عن الكفاءة المتغيرة لكلّ عاكس بناء على منحنى خاص يكون موجوداً في نشرة بيانات العاكس. والشكل الآتي يوضّحُ أحد هذه المنحنيات التي تعبّر عن مقدار الكفاءة عند نسب حمل مختلفة للعاكس.

والشكل الآتي يمثّل نموذجاً لنشرة بيانات Data sheet لعاكس مرتبط مع الشّبكة المحليّة أحادي الطور وقدرته 5 كيلوواط، وتحتوي على المتغيّرات السّابقة بالتّفصيل.

Input (DC)	
Maximum recommended PV power	5,000W
Maximum input voltage	600V
Operating voltage range	100 ~ 550V
MPP voltage range - symmetrical	180 ~ 500V
Start-up voltage	100V
Nominal voltage	350V
MPP tracker	2
Maximum input current (DC1 / DC2)	12A / 12A
Maximum input current (total MPPT)	24A
Connection type	2 pairs MC4 (1 / 1)
Output (AC)	
Maximum apparent power	4,000VA
Maximum output current	18.2A
Rated voltage	230V
Operating voltage range	-20% / +22%
Operating frequency range	50 / 60Hz
Efficiency	
Peak efficiency	97.50%

تقنيات توصيل الألواح الشّمسيّة مع العواكس الكهربائيّة المرتبطة مع الشّبكة:

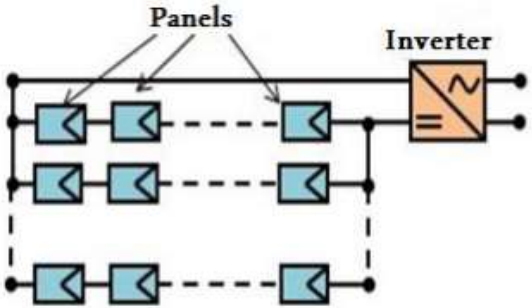
تعدُّ العواكس الكهربائيّة المرتبطة مع الشّبكة حلقة الوصل بين الألواح الشّمسيّة وشبكة الكهرباء المحليّة أو الأحمال المنزليّة حيث إن النظام الشمسي يتكوّن من مجموعة من الألواح الشّمسيّة التي يتم ربطها مع عاكس واحد أو أكثر، وذلك حسب آلية التصميم المتبعة، ومن تلك الآليات ما يلي:

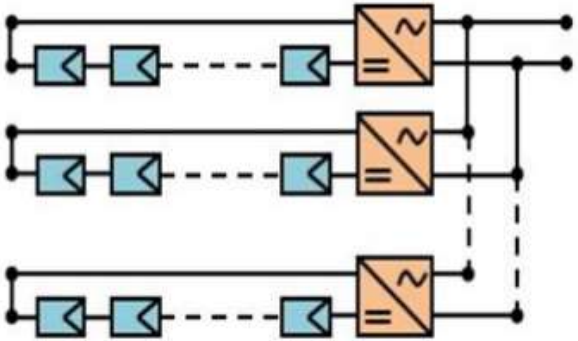
1) العواكس المركزية (Central Inverters):

وهي العواكس التي تُستخدم في محطات الطّاقة الضّخمة ويتم فيها ربط مجموعة كبيرة من الألواح مع عاكس تيار كهربائيّ ذي قدرة عالية، علماً أن ما يميّز هذا النوع من العواكس الكفاءة العالية للنظام، حيث إن الخسائر تكون قليلة؛ لأنها تكون مقتصرة على عاكس واحد. وتكون تكلفة النظام أقل، ولكن من عيوب هذا العاكس أن قوة النظام تكون مركّزة في نقطة أو عاكس واحد، أي أنه وفي حال حدوث أي خلل في هذا العاكس يسبب توقفاً كاملاً للمحطة الشّمسيّة.

2) عواكس السّلسلة (String Inverters):

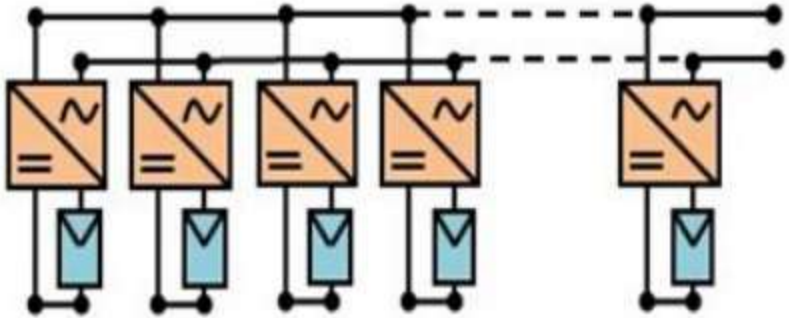
وهي العواكس التي يتم ربطها بشكل مباشر بمجموعة من الألواح الشّمسيّة التي تكون مرتبطة معاً على التّوالي (String)، جاء هذا العاكس للتّغلب على نقاط ضعف العاكس المركزيّ، حيث إنه قسم النّظام الشّمسيّ إلى مجموعة من السّلاسل، وبالتّالي فإن قوة النظام تكون موزّعة، أي في حال عطل أحد العواكس تبقى العواكس الأخرى في العمل. وأهم ما يميّز هذا النظام أنه في حال وقوع ظل على أحد السّلاسل لا يؤثّر على السّلاسل الأخرى، إضافة إلى أنها عادةً ما تمتلك أكثر من مدخل نقطة MPPT، وبالتالي يزيد من موثوقية النّظام الشّمسيّ.





3) عواكس اللوح الواحد (Micro/Module-Inverters):

وهو عاكس يتم ربطه مع كلّ لوح شمسيّ، ثم يتم تجميع مخارج العواكس جميعها وربطها مع شبكة الكهرباء. ويعدُّ هذا النّظام مكلفاً والأقل كفاءة مقارنة بعواكس السّلسلة والعواكس المركزيّة، علماً أن المميزة المهمة لهذا النّظام هي عند تعرّض أحد الألواح أو جزء منها للظل فإن الانخفاض في القدرة لا يتناسب مع كامل المصفوفة، إضافة إلى أن كلّ عاكس يعمل عند القدرة القصوى لكلّ لوح. ويعدّ هذا النّظام ملائماً للأنظمة ذات القدرات المنخفضة وألواح القدرات المختلفة.

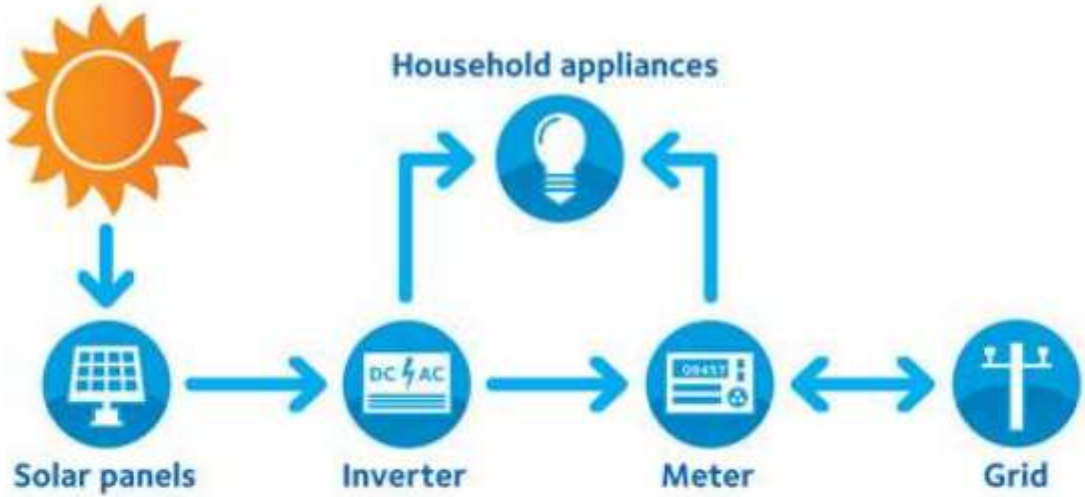


الشركات المصنعة لأنفيرترات المتصلة باللشبكة :

الأنظمة المرتبطة بالشبكة :

تُعدُّ الأنظمة الشمسيّة المتصلة بشبكة الكهرباء المحليّة من الأنظمة الأوسع انتشاراً في فلسطين، حيث يتميّز بانخفاض تكلفته، وسهولة تنفيذه، مقارنة بالأنظمة المنفصلة عن الشبكة. وبما أنّ النظام الشمسي يكون مرتبطاً مع الشبكة الكهربائيّة التابعة لشركات توزيع الكهرباء فلا بدّ للنظام من اجتياز الاختبارات وتحقيق متطلّبات هذه الشركات، وسنتعرّف في هذا الدرس إلى الأنظمة الشمسيّة المرتبطة بالشبكة المحليّة، وطبيعة العلاقة بين المستهلك وشركة التوزيع بعد تركيب النظام الشمسي.

وكما ذكرنا سابقاً أنّ الأنظمة الكهروضَوْئيّة المتّصلة بالشبكة تتكوّن من الألواح الشمسيّة المنتجة للتيار الثابت (DC)، ولكن شبكة الكهرباء المحليّة تعمل على تغذية المستهلك بتيار كهربائي متناوب (AC)، أحادي أو ثلاثي الطّوْر، وبتردّد 50Hz، ومن هنا ظهرت الحاجة إلى العاكس الخاص بالأنظمة المرتبطة بالشبكة وهو (ON-Grid Inverter)، الذي يعمل على تحويل التيار من (DC) إلى (AC)، وبما أنّ العاكس المرتبط مع الشبكة يجب أن يقوم بمزامنة الجهد الناتج من النظام الشمسي وجهد الشبكة، إضافة إلى جعل النظام يعمل عند نقطة القدرة القصوى (MPPT) للألواح الشمسيّة فإنّ العديد من المراجع تسمّيه (Power Conditioning Unit-PCU).



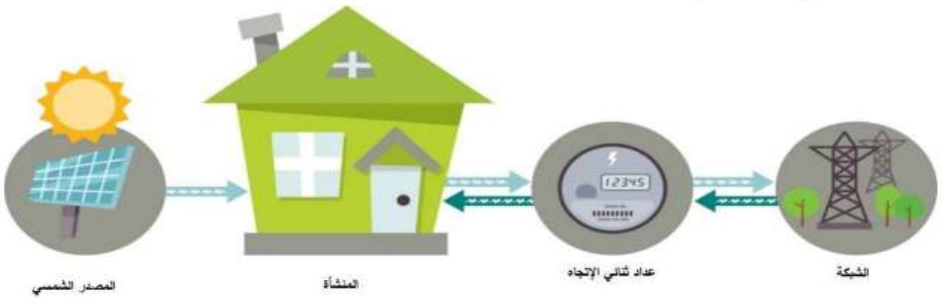
تعتمد الأنظمة المرتبطة مع الشبكة بشكل مباشر على شبكة الكهرباء، حيث إنّ الحمل الكهربائي يمكن أن تتمّ تغذيته من النظام الشمسي، إضافة إلى الشبكة المحليّة، حيث تعمل على تعويض الطاقة الكهربائيّة المطلوبة عند عدم تمكُّن النظام الشمسي من تزويد الأحمال بالكهرباء؛ بسبب الغيوم أو أيّة أسباب أخرى، إضافة إلى توفير التيارات العالية المطلوبة للأحمال، مثل تيارات البدء للمحركات، وعليه فإنّ النظام لا يحتاج إلى بطاريات التخزين. وتجدر الإشارة إلى أنّ النظام الشمسي لازال يعاني من نقطة واحدة وهي "خاصية الحماية بتقنية الجزر"، التي سبق ذكرها، حيث إنّ المحطات الضخمة قد تتوقف عن الإنتاج لمجرد توقُّف شبكة الكهرباء لخللٍ ما، وهذا يعود على المستثمرين بالخسائر الكبيرة أحياناً.

أنظمة القياس (Metering Systems)

الأنظمة الشمسيّة الموصولة على الشبكة المحليّة تفتقر إلى نظام تخزين؛ ما يعني أنّ الإنتاج يجب تصديره بشكل فوري؛ لذلك تتم الاستعانة بشبكة الكهرباء لنقلها إلى أقرب مستهلك، ويمكن تنظيم العلاقة بين المنتج وشركة الكهرباء بطريقتين، هما:

1- نظام صافي الإنتاج/ القياس (Net Metering)

مبدأ العمل في هذه الآليّة، هو أنّ إنتاج المحطة الشمسيّة يتم توجيهه إلى صاحب المنشأة ليتم استهلاكه بشكل مباشر، ويتم تصدير الفائض اللّحظي إلى شركة الكهرباء؛ لتقوم باحتسابها في قراءة العدّاد الصادر، فيما يتم أيضاً تزويد العجز في الإنتاج من قبل شركة الكهرباء المحليّة لحظيّاً، ويتم تسجيل هذه القراءة في العدّاد نفسه تحت بند القراءة المستوردة، ويُسمّى العدّاد المستخدَم في هذه الآليّة عدّاداً ثنائيّ الاتّجاه (Bidirectional). وتجدر الإشارة إلى أنّ شركات توزيع الكهرباء تقوم باقتطاع جزء من الطاقة الصادرة؛ لقاء تعويضها عن الخسائر الناتجة عن نقل الطاقة من موقع التوليد إلى موقع الاستهلاك في الشبكة، ولتعويض الخسائر الناتجة في الشبكة نتيجة إرجاع الطاقة إلى أحمال صاحب المحطة الشمسيّة عند الحاجة.



مثال (1): إذا استهلك مشترك (1100 KWh) في شهرٍ ما، وكان إنتاج محطته الشمسيّة في ذلك الشهر هو (600KWh)، وظهر في قراءة العدّاد الصادر (250KWh)، وفي قراءة العداد الوارد (750KWh)؛ لأنّ (350KWh) تم استهلاكها من الأحمال قبل أنْ يتم تصديرها إلى الشبكة، مع العلم أنّ شركة الكهرباء تقوم بخصم 25% من الفائض اللّحظي بدل استعمال الشبكة، احسب ما يأتي:

1) قيمة الفاتورة إذا كان ثمن الكيلوواط. ساعة 55 فلساً.
2) قيمة التوفير في الفاتورة.

الحل:

1) كمية الطاقة المخزنة لدى شركة الكهرباء= كمية الطاقة الصادرة *(1-نسبة الخصم)

كمية الطاقة المخزنة = 250KWh * (1-0.25) = 250 * 0.75

187.5 KWh =

قيمة الفاتورة = [(كمية الطاقة الواردة) – (كمية الطاقة المحفوظة لدى الشركة)] * سعر الكيلو

= [187.5 KWh – 750 KWh] * 55

= [562.5 KWh] * 55 فلساً/ كيلو = 30937.5 فلس

2) قيمة التوفير في الفاتورة = قيمة الاستهلاك الشهري – قيمة الفاتورة المدفوعة

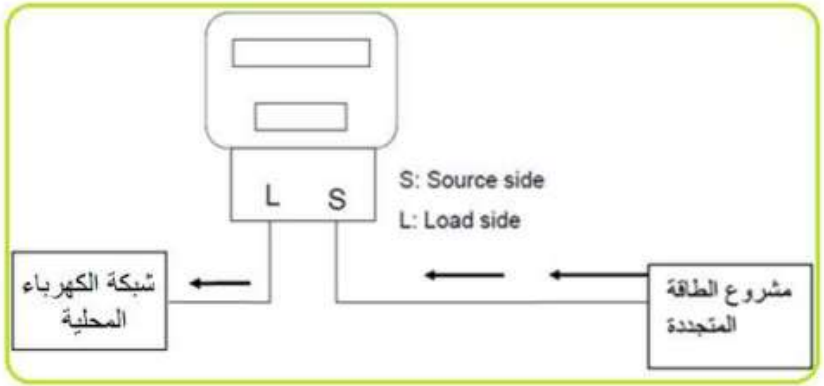
قيمة الاستهلاك الشهري(الكلي) = 1100 * 55 = 60500 فلس

قيمة التوفير في الفاتورة= 60500 – 30937.5 =29562.5 فلس

2- نظام التعرفة (Feed IN)

وهو نظام ربط يعتمد على مبدأ ضخّ كاملِ الإنتاج الشمسيّ إلى شبكة الكهرباء المحليّة مقابل تعرفة بيْعٍ ثابتة لكلّ كيلوواط. ساعة، ويتم تحديد هذه التعرفة من قبل السلطات المختصّة، مرفقة باتفاقيّة تُلزم شركات الكهرباء بشراء هذه الطاقة بهذه التعرفة لمدة معيّنة، بالعادة لا تقلّ عن 20 عاماً، وتُعدّ المحطات الشمسيّة التي تتبنّى هذه التعرفة ذات طابع استثماري. ويمكن تمثيل المخطّط السهمي لطريقة توصيل عدّاد الطاقة الكهربائيّ مع الشّبكة بطريقتيْن:

أ) توصيل عدّاد محطة طاقة شمسيّة استثماريّة منفردة دون أحمال.



مثال (4): محطة طاقة شمسيّة خاصّة بمشترك منزلي تمّ ربطها مع شبكة الكهرباء المحليّة بآليّة الربط المباشر (نظام التعرفة)، تمّت قراءة عدّاد الطاقة الشمسيّة في نهاية الشهر، فكانت قراءته (8750 kWh)، علماً بأنّ هناك عقداً مُبرماً بين صاحب المشروع وشركة الكهرباء، على أنّ تعرفة شراء الكهرباء هي 54 فلساً، وكانت قراءة عدّاد الاستهلاك (9500 KWh)، احسب ما يأتي:

1) قيمة فاتورة الاستهلاك إذا كان ثمن الكيلوواط. ساعة 65 فلساً.
2) قيمة فاتورة إنتاج المحطة الشمسيّة.

الحل:

قيمة فاتورة الاستهلاك = 9500 كيلوواط.ساعة * 65 فلساً.

= 617500 فلس

قيمة فاتورة إنتاج المحطة الشمسية = 8750 كيلو واط.ساعة * 54 فلساً

= 472500 فلس

التعليمات الفنية لربط مشاريع الخاليا الشمسية
على شبكة الكهرباء 5Kwh

فهرس المحتويات :

رقم الصفحة

I. التجهيزات الكهربائية جهة التيار الثابت (DC) 2

1. نظام تأريض النظام الشمسي 2

2. الحمايات على مخارج سلسلة اللوحات الشمسية (قبل الانفرتر) (جهة التيار المستمر DC) 6

اولا : القاطع الالي 6

ثانيا : الحماية من الصواعق SPD T2 6

3. كوابل التيار المستمر DC 7

II. التجهيزات الكهربائية جهة التيار المتردد (AC) 9

1. الحمايات على طرف التيار المتردد (AC) 9

2. الحماية من الصواعق SPD T2 10

3. حماية التسريب الارضي RCD 10

4. كوابل التيار المتردد (AC) 10

5. لوحة عدادات النظام الشمسي 10

III. إشارات النظام الشمسي 11

IV. الفحوصات المطلوبة لاستلام النظام الشمسي 15

I. التجهيزات الكهربائية جهة التيار الثابت (DC):

1. نظام تأريض النظام الشمسي :

يختلف نظام التأريض للمشاريع الشمسية حسب طبيعة النظام المعتمد في تأريض المشتركين ووفق التالي :

a. للشبكات المزودة بنظام تأريض للمشتركين ، يكون نظام تأريض المحطة نظام تأريض موضعي من خلال الكتروادات من النحاس الصافي أو أي نوع اخر من صور نظم التأريض (يستثى من ذلك التأريض من خلال اساسات المبنى) و مفصولا كليا عن الشبكة او اي نظام تأريض موضعي اخر على ان يراعى تركيب النظام وفق الاسس العلمية والفنية الصحيحه ويتم ارفاق مخطط تفصيلي بنظام الارضي(as built) وكيفية تصميمه .

b. للاشتراكات التي يكون نظام التأريض فيها موضعي وليس عن طريق الشبكة : يتم اعتماد التأريض من خلال نظام التأريض الموضعي للمبنى شريطة مطابقته لشروط السلامة العامة والشروط الفنية.

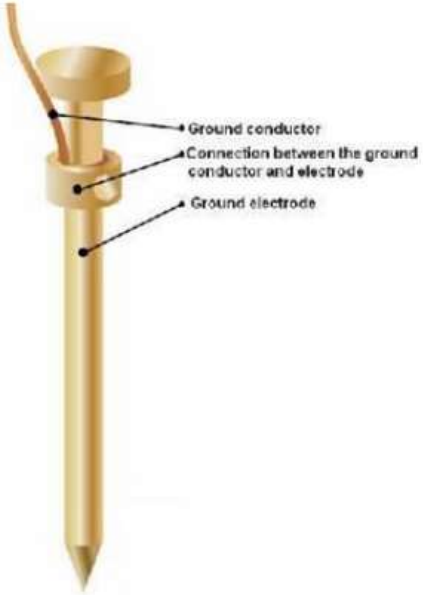
c. تكون اعلى قيمة مقبوله لنظام الارضي هي اقل من (4) اوم , ويتم التاكد من قيم مقاومه الارضي بشكل دوري من قبل الشركة المركبة (شهرين على اكثر تقدير) ويتم ارفاق نسخه من تقرير الفحص الدوري في ملف الاشتراك الشمسي.

2. يمنع منعا باتا التأريض من خلال الربط على خط الارضي الخاص بشبكة الكهرباء او مواسير المياه.

3. يتم فصل خط تأريض مانعة الصواعق عن خط تأريض النظام الشمسي فصلا تاما .

تكون ابعاد الالكترود كما يلي :
الطول 1.5 م ، القطر 18 ملم .

تكون ابعاد الالكترود كما يلي :
الطول 1.5 م ، القطر 18 ملم .



طريقة التركيب :

- في حال كون التربة صخرية :
  - يتم حفر حفرة مستقلة بعمق 180 سم بمساحة ½ م2 للالكترود الواحد .
  - يتم دفن الالكترود في الحفرة ووضع غطاء منهل باطون او حديد سكب مع مقبض .

- في حال كون التربة رملية او ترابية : يدق الالكترود في التربة بحيث لايزيد البروز في طرفه عن 10 سم عن سطح التربة .

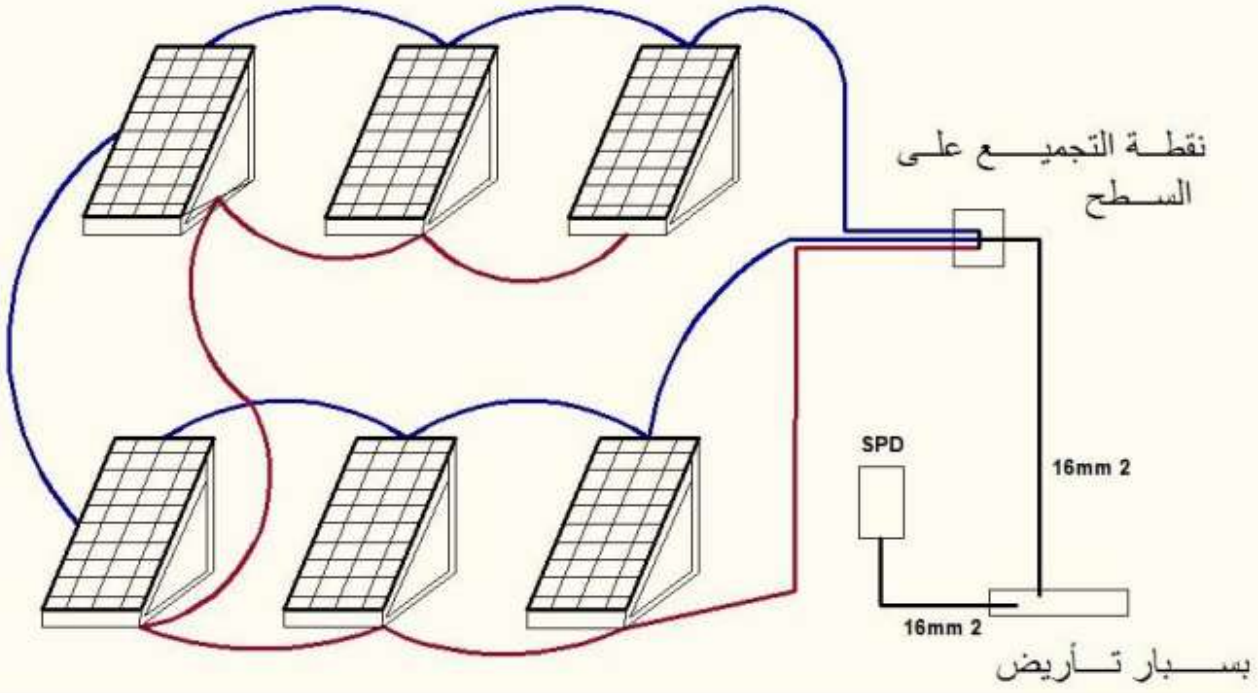
في حال الحاجة لاستعمال اكثر من الكترود في نظام التأريض ، تكون المسافة بين كل الكترودين متجاورين لا تقل عن ضعف طول الالكترود الواحد .

التوصيلات بين اجزاء نظام التأريض :

- يتم التوصيل بين الالكترودات عن طريق سلك نحاس شعرات مساحة مقطعه لا تقل عن 25 ملم 2 (عاري او معزول) .
- يكون التوصيل بين الالكترودات وبسبار التأريض قرب حفرة التأريض من خلال سلك نحاس شعرات معزول بمساحة مقطع لا تقل عن 25 ملم2 .
- من بسبار التأريض صعودا الى نقطة التجميع على السطح يتم التوصيل من خلال سلك نحاس شعرات معزول بمساحة مقطع لا تقل عن 16 ملم 2.
- من نقطة التجميع على السطح يتم تمديد سلك نحاس معزول شعرات بمساحة مقطع لا تقل عن 16 ملم 2 عدد 2 الى الخليتين الشمسيتين الاولى والاخيرة، و كذلك تمديد سلك نحاس بنفس المواصفة من نقطة التجميع على السطح الى احدى القواعد الحاملة للخلايا الشمسية لتأريض هذه القواعد .
- يتم الربط بين اجسام الخلايا الشمسية بسلك نحاس معزول شعرات بمساحة مقطع لا تقل عن 16 ملم 2 لعمل نظام حلقة بين الخلايا (شكل رقم 1) .

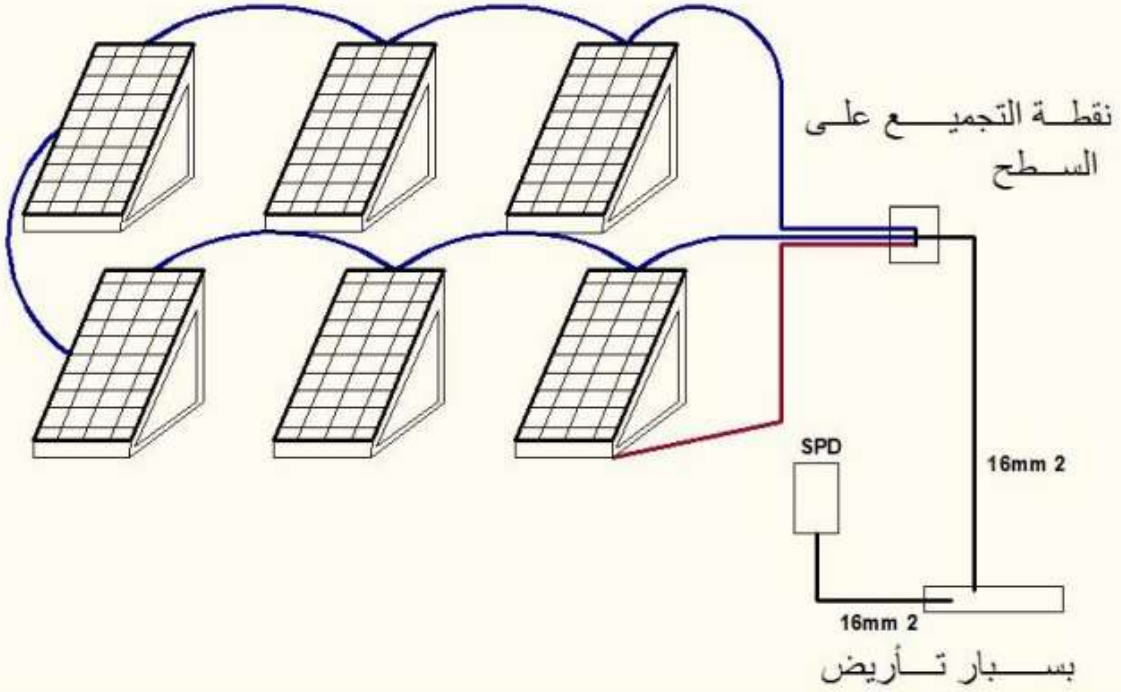
الشـــكل رقـم (1) (أ)

فـــي حال كـون القواعـــد الحاملـة للخلايـــا منفصـــلة عن بعضـــها البعـــض



الشـــكل رقـم (1) (ب)

فـي حال كون القواعـد الحاملـة
للخلايـــا متصـــلة مع بعضـــها البعـــض



- يتم الربط بين القواعد الحاملة للخلايا الشمسية بسلك نحاس معزول شعرات بمساحة مقطع لا تقل عن 16 ملم 2 (في حالة كون هذه القواعد منفصلة عن بعضها)، أو الخروج من أي قاعدة منها بسلك نحاس مع عدم الحاجة لربطها معا (و ذلك في حالة كونها متصلة أصلا ببعضها كوحدة واحدة) (كما هو موضح في الشكل رقم 1).
- يتم تمديد سلك نحاس معزول شعرات بمساحة مقطع لا تقل عن 16 ملم 2 من مانعة الصواعق مباشرة وصولا الى بسبار تأريض منفصل قرب حفرة التأريض .
- يتم تأريض الانفرتر على بسبار التأريض من خلال سلك نحاس معزول شعرات بمساحة مقطع لاتقل عن 16 ملم2

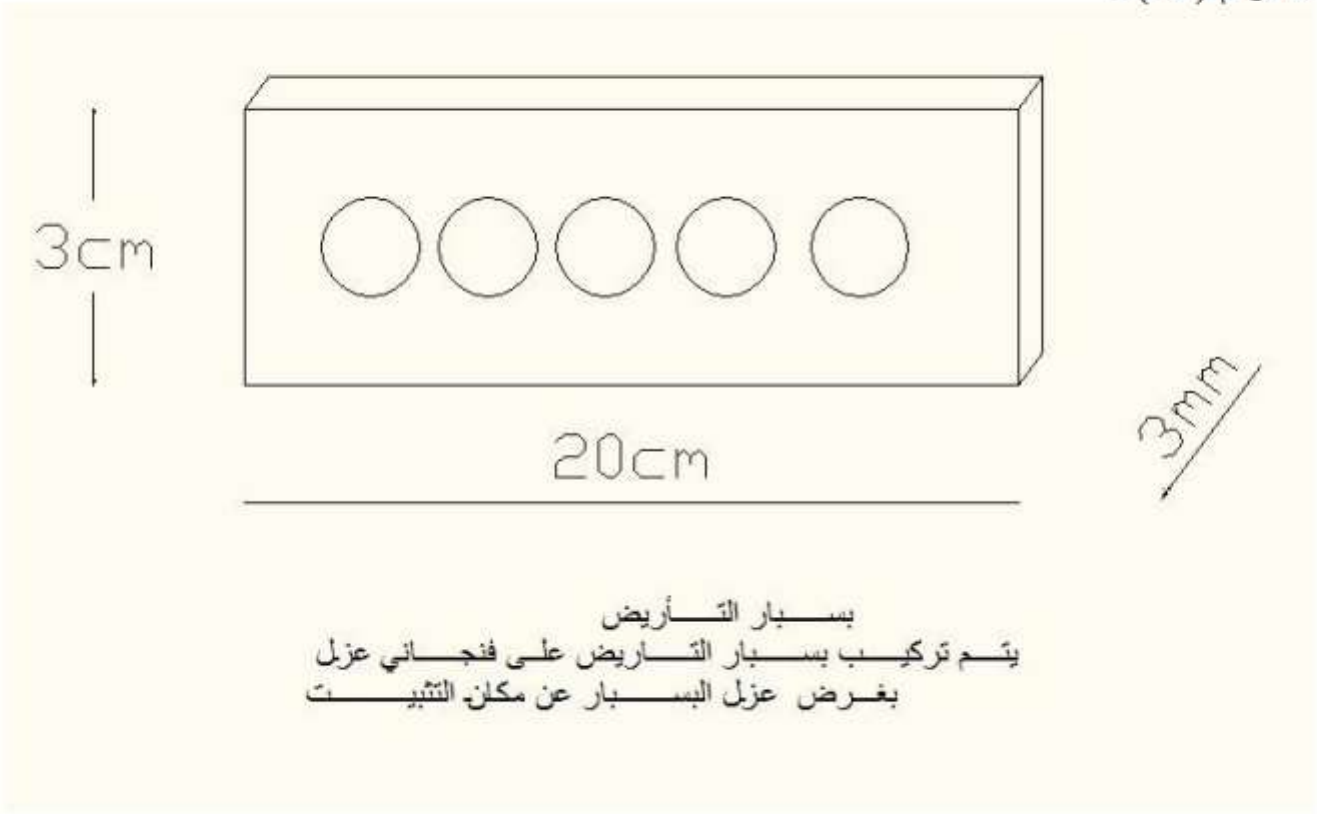
يتم تغطية أسلاك التأريض الصاعدة على واجهة البناء من بسبار التأريض قرب حفرة التأريض حتى سطح البناء بوساطة ترنك او ماسورة حديد كنوع من الحماية والمنظر الجمالي .

بسبار التأريض :

يتم تجميع أسلاك التاريض على بسباري تأريض ، الاول يكون على السطح كما تم توضيحه سابقا ، والثاني يكون موقعه اقرب ما يمكن لحفرة التاريض (مستواه ارضي) ، وبحيث تكون مواصفات البسبار كالتالي :

- أبعاد البسبار : طول البسبار 30 سم على الاقل ، عرضه 3 سم على الاقل ، وبسماكة 3 ملم .
- عدد الثقوب على البسبار : 5 ثقوب على الاقل .
- يتم تركيب البسبار في علبة تجميع محمية water proof بأبعاد مناسبة ، ويتم تركيبه على فنجاني عزل بغرض عزل البسبار عن مكان التثبيت (قاعدة الصندوق وواجهة البناء) .

كما هو موضح بالشكل رقم (2) .



4. الحمايات على مخارج سلسلة اللوحات الشمسية (قبل الانفرتر) (جهة التيار المستمر DC):

يتم تركيب قاطع الي DOUBLE POLE اضافة الى مانعة صواعق SPD T2 وذلك حسب التالي :

اولا : القاطع الالي :

تكون معايير اختيار القاطع كالتالي :

I rated > 1.25 Imp of the PV string
V rated > 1.25 V out from PV system

و في حال خروج خطين (خط من كل مصفوفة string) يتم تركيب قاطع حماية لكل خط ، اما في حال دمج الخطوط الخارجة من المصفوفات بخط واحد تكون الحماية واحدة .

يتم تركيب القاطع داخل صندوق (water proof) بمعامل حماية من العوامل الجوية لايقل عن IP 65 ، وبحيث تكون حماية CABLE GLANDS للصندوق لاتقل عن IP 68.

في حال تركيب الانفرتر بعيدا عن الخلايا (بجانب اللوحة الرئيسة) يتم تركيب قاطعي حماية لكل خط DC، قاطع عند بداية الخط و قاطع عند نهاية الخط ، مع مراعاة الانتباه الى تتالي الحماية (cascading).

ثانيا : الحماية من الصواعق SPD T2:

يتم تركيب مانعة صواعق SPD T2 على كل خط خارج من مصفوفة خلايا ، وفي حال دمج الخطوط الخارجة من المصفوفات تكون الحماية واحدة .

تكون معايير اختيار الحماية من الصواعق كالتالي :

- SPD – SURGE PROTECTION DEVICE – TYPE 2 (T2)
- MAX DISCHARGE CURRENT (I max (8 /20 µs)) = 40 kA
- Nominal Discharge Current (I n (8 /20 µs)) = 20 kA
- Maximum Continuous Operating Voltage = 1.25 * V out from PV

SLP-PV500Y V
SPD PV T2
SALTEK
SLP-PV500Y V
SPD PV T2
SALTEK
SLP-PV500Y V
SPD PV T2
SALTEK

Schneider Electric
PRD
C40-1000 PV
Imax: 40kA (8/20)
In: 15kA (8/20)
Up: ≤ 1.9kV
Ucpv: 1000V DC
T2
Red = Replace
Schneider Electric
PRD
C40-1000 PV
Imax: 40kA (8/20)
In: 15kA (8/20)
Up: ≤ 1.9kV
Ucpv: 1000V DC
T2
Red = Replace
Schneider Electric
PRD
T2

5. كوابل التيار المستمر DC :

- تكون مساحة مقطع الكابل الواصل من الخلايا الشمسية وصولا الى الانفرتر لا تقل عن 4 ملم 2 ، ويتم استخدام كابل نحاس شعرات مرن بعازل مزدوج مقاوم للاشعة فوق البنفسجية (UV resistive) ، كما يراعى في استخدام الكوابل اعتماد لونين مختلفين ، لون لكل قطبية (الاحمر للقطب الموجب ، والاسود للقطب السالب)

- يتم تمديد الكوابل بين الخلايا الشمسية داخل مواسير FLEXIBLE بلاستيكية او ترنشات بلاستيكية ، وفي حالة تركيب الخلايا على ارضية السطح يتم تمديد الكوابل على السطح داخل مواسير بلاستيك FLEXIBLE توضع داخل ترنكات حديد للحماية من الصدمات الميكانيكية ، وبحيث يتم تاريض هذه الترنكات ، وتركيبها بارتفاع عن سطح الارض لا يقل عن 10 سم باستخدام قواعد حديديدة فقط .

- يراعى عدم تقاطع التمديدات الكهربائية الخاصة بالخلايا مع مواسير المياه على السطح ، وان تكون صناديق الحمايات في موقع مناسب بعيدا عن تمديدات المياه والخزانات .

II. التجهيزات الكهربائية جهة التيار المتردد (AC):

1. الحمايات على طرف التيار المتردد (AC) :

- يتم تركيب قاطع الي (Double Pole) سعة 25 أمبير بعد الانفرتر ، ويكون التركيب داخل صندوق بلاستيك (WATER PROOF) بمعامل حماية من العوامل الخارجية لا يقل عن IP 65 للصندوق ، وحماية IP 68 على Cable Glands للصندوق .

- يتم ختم صندوق القاطع نصف الاوتوماتيك ما بعد جهاز الانفرتر بختم الشركة ولا يخول لاي كان عمل أي تعديلات على النظام دون الرجوع الى الشركة .

- يتم تركيب قاطعي حماية البين (Double Pole) قبل عداد النظام الشمسي وبعده ، بسعة 20 امبير لكل منهما ، وذلك داخل اللوحة الحديد التي يتم تركيب الاشتراكات فيها ، وبخانة مختومة بختم الشركة.

2. الحماية من الصواعق SPD T2:

يتم تركيب مانعة صواعق SPD T2 على خط التيار المتردد (AC) الخارج من الانفرتر ، وبعد القاطع ، ويكون التركيب داخل صندوق بلاستيك (WATER PROOF) بمعامل حماية من العوامل الخارجية لا يقل عن IP 65 للصندوق ، وحماية IP 68 على Cable Glands للصندوق .

تكون معايير اختيار الحماية من الصواعق كالتالى :

3. SPD – SURGE PROTECTION DEVICE – TYPE 2 (T2)
4. MAX DISCHARGE CURRENT (I max (8 /20 µs)) = 40 kA
5. Nominal Discharge Current (I n (8 /20 µs)) = 20 kA
6. Maximum Continuous Operating Voltage = 1.25 * V out

3. حماية التسريب الارضي RCD :

يكون الزاميا تركيب الحمايات الخاصة بمنع التسريب الكهربائي (RDC) لتحقيق المتطلبات العامه من الحماية للتجهيزات الكهربائية حسب الكود (BS 7671) , ويكون اختيار جهاز الحمايه من التسريب الكهربائي (RDC) من النوع الثانى Type B حسب الكود IEC 62423 .

4. كوابل التيار المتردد (AC) :

- تكون الكوابل بعد الانفرتر كوابل قياس (3 * 10) ملم2 تحدد من قبل شركة الكهرباء حسب نظام العمل والمواصفات المعتمدة في الشركة .

- في حال كون البناء جديدا وقيد الانشاء يفضل قيام المواطن بتجهيز ماسورة 2 " في مسار مخفي من موقع الانفرتر وصولا الى لوحة العدادات .

5. لوحة عدادات النظام الشمسي :

يتم تعديل لوحة المشترك أو تغييرها بما يتناسب مع واقع الحال لدى زيارة الموقع ، حيث يتم اعطاء المقاول التصميم وفقا لكل حالة .

III. إشارات النظام الشمسي :

يتم الزام المقاولين تركيب اللاقتات والاشارات التالية ضمن النظام الشمسي المركب ، وتكون بأبعاد مناسبة حسب كل حالة مكتوبة على الواح المنيوم محمية ، ذات خلفية حمراء ، أو فايبر مخصص للتركيب الخارجي ذات خلفية حمراء ، مطبوعة باللون الابيض ، كالتالي :

- الالواح الشمسية : توضع اشارة بالقرب من الالواح ، تتضمن العبارة التالية : " **خطر ، تيار ثابت (DC) من ألواح الخلايا الشمسية** "

- لوحة تجميع قواطع DC : توضع لوحة تتضمن العبارة التالية : **" خطر ، تيار ثابت (DC) ، لا تقم بفصل تغذية القاطع (DC) في حال وجود احمال قبل التأكد من فصل قاطع (AC) مغذي الاحمال أولا "**

كما يتم توضيح التالي على اللوحة عند القواطع : الحد الاقصى للتيار في النظام الشمسي ، الحد الاقصى لجهد التشغيل في النظام الشمسي ، قيمة تيار short circuit للنظام الشمسي .

- قرب الانفرتر : توضع لوحة تتضمن العبارة التالية : " خطر الكهرباء ، تأكد من فصل قاطع (DC) وقاطع (AC) قبل اجراء اي عمل على الانفرتر "

- بالقرب من الكوابل الكهربائية (كل 3 متر كحد ادنى) من الالواح لغاية الانفرتر : " خطر ، تيار ثابت (DC) "

- بالقرب من الكوابل الكهربائية (كل 3 متر كحد ادنى) من الانفرتر وحتى اللوحة الرئيسة : "خطر الكهرباء ، تيار متردد (AC)"

- على لوحة تجميع قاطع التيار المتردد الخارج من الانفرتر : " خطر الكهرباء ، قاطع (AC) الرئيس للنظام الشمسي "

كما يتم توضيح قيمة التيار الاسمية (AC) الخارج من الانفرتر ، والقيمة الاسمية لجهد التشغيل (AC) الخارج من الانفرتر على اللوحة .

- على القاطع الرئيس الخاص بالنظام الشمسي في اللوحة الرئيسة قبل عداد الطاقة الشمسية : " قاطع (AC) ، يغذى من النظام الشمسي "

- على عداد النظام الشمسي : " عداد النظام الشمسي ، المشترك (اسم المشترك) ، رقم الخدمة "

- على اللوحات الكهربائية : للوحة المتضمنة عداد المشترك وعداد النظام الشمسي ، يتم وضع اشارة على اللوحة من الخارج تتضمن العبارة التالية : " **خطر ! يتم تغذية النظام من مصدرين ، تتم التغذية من النظام الشمسي والشبكة معا ، يرجى التأكد من فصل كلا المصدرين قبل العمل داخل اللوحة الكهربائية** "

- كما يتم اضافة لوحة على الدفة الداخلية للوحة المتضمنة عداد المشترك وعداد النظام الشمسي ، تتضمن و توضح مخطط احادي الطور Single Line Diagram للنظام المركب موضحا فيها تسلسل الفصل للنظام الشمسي في حال الحاجة الى فصله وفق ارقام القواطع الموضحة على المخطط وعلى القواطع بوساطة ملصقات labels (مثال DC1, DC2 , AC1 , AC2 .. الخ)

IV. الفحوصات المطلوبة لاستلام النظام الشمسي :

قبل استلام اي نظام شمسي مركب ، يتم التحقق من وظيفية النظام وتركيبه الفني باجراء الفحوصات التالية :

أولا : فحوصات جهة التيار المستمر (DC) :

1. فحص القطبية .
2. اختبار جهد الدائرة المفتوحة للوحدات الشمسية - Open Circuit Voltage Test- وذلك كالتالي :
   - فحص الجهد على عينات عشوائية من الخلايا الشمسية ، والتحقق من مطابقتها للقيم الصحيحة .
   - فحص الجهد لكل مصفوفة على حدة وفحص الجهد الكلي للنظام ، والتحقق من مطابقة الجهد للقيم الصحيحة .
3. اختبار الوظيفية للأجهزة على جهة التيار المستمر (DC) .
4. فحص العازلية لدوائر التيار المستمر(DC) وذلك بفحص العازلية بين القطبين الموجب والسالب الخارجين من الخلايا بعد فصل أطراف الخلايا الشمسية (فصل المصدر).
5. فحص نظام التأريض الموضعي الخاص بتجهيزات طرف التيار المستمر (DC) عن طريق جهاز Loop Test ، بحيث تكون القيمة المقبولة للمقاومة لا تزيد عن 2 اوم .

ثانيا : فحوصات جهة التيار المتردد (AC) :

1. فحص العازلية للكيبل الممتد من جهاز الانفرتر وحتى لوحة العدادات ، يتم كذلك التحقق من عازلية التمديدات الداخلية للمشترك .
2. فحص الجهد والتيار الخارج من جهاز الانفرتر .
3. فحص وظيفية وسلامة قاطع التسرب الارضي للمشترك (ELCB) .
4. فحص نظام تأريض المنزل في حال كونه نظام تأريض موضعي (TT) وذلك من خلال جهاز Loop Test ، وبحيث تكون قيمة مقاومة الارضي المقبولة للفحص لا تزيد عن (4) اوم .