

اصول طراحی سیستم های فتوولتائیک

محمد رضا زرگر

کارشناس ارشد سیستم های فتوولتائیک ساتبا

PVSOLAR

انواع سامانه های خورشیدی

- متصل به شبکه

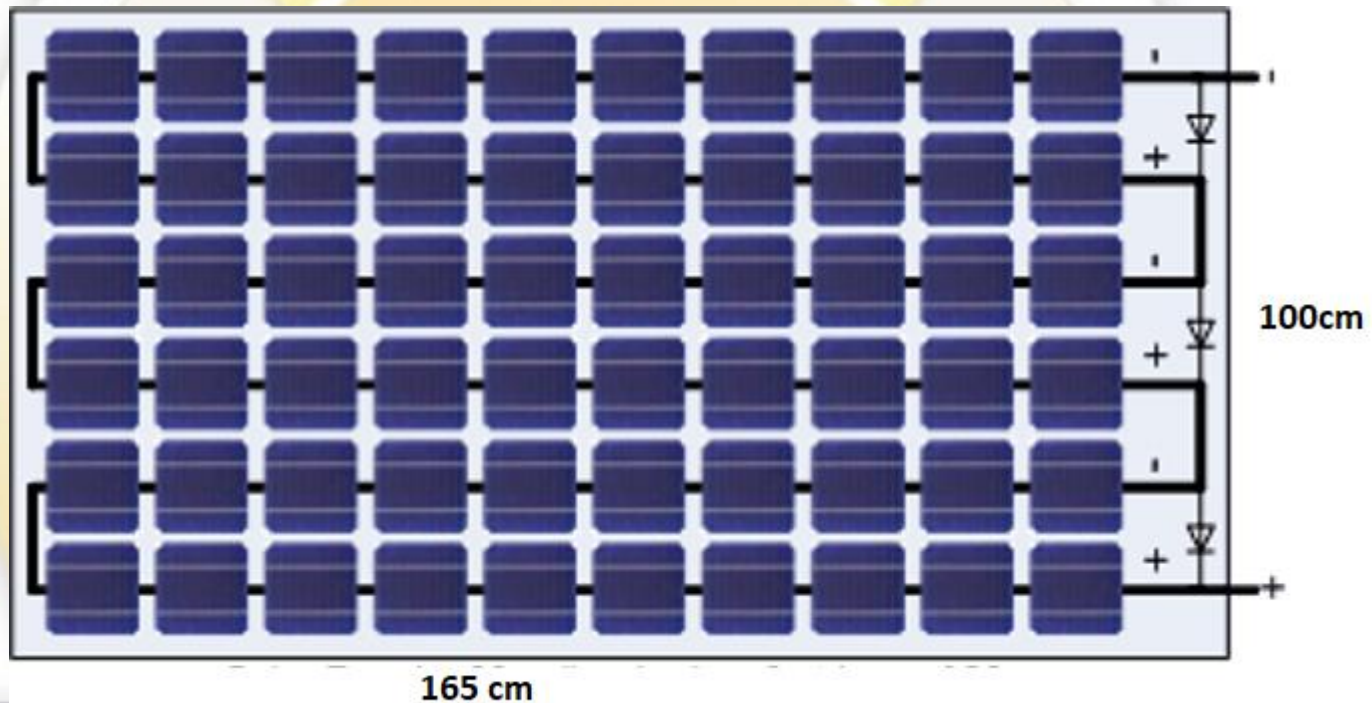
(پنل خورشیدی ، اینورتر متصل به شبکه خورشیدی ، سازه خورشیدی ، کابل ، تابلوهای DC و AC و متعلقات تابلو (انواع فیوز ، سرج ارستر))

- منفصل از شبکه

(پنل خورشیدی ، اینورتر منفصل از شبکه خورشیدی ، سازه خورشیدی ، کابل ، باتری ، شارژ کنترلر، تابلو DC و AC و متعلقات تابلو)

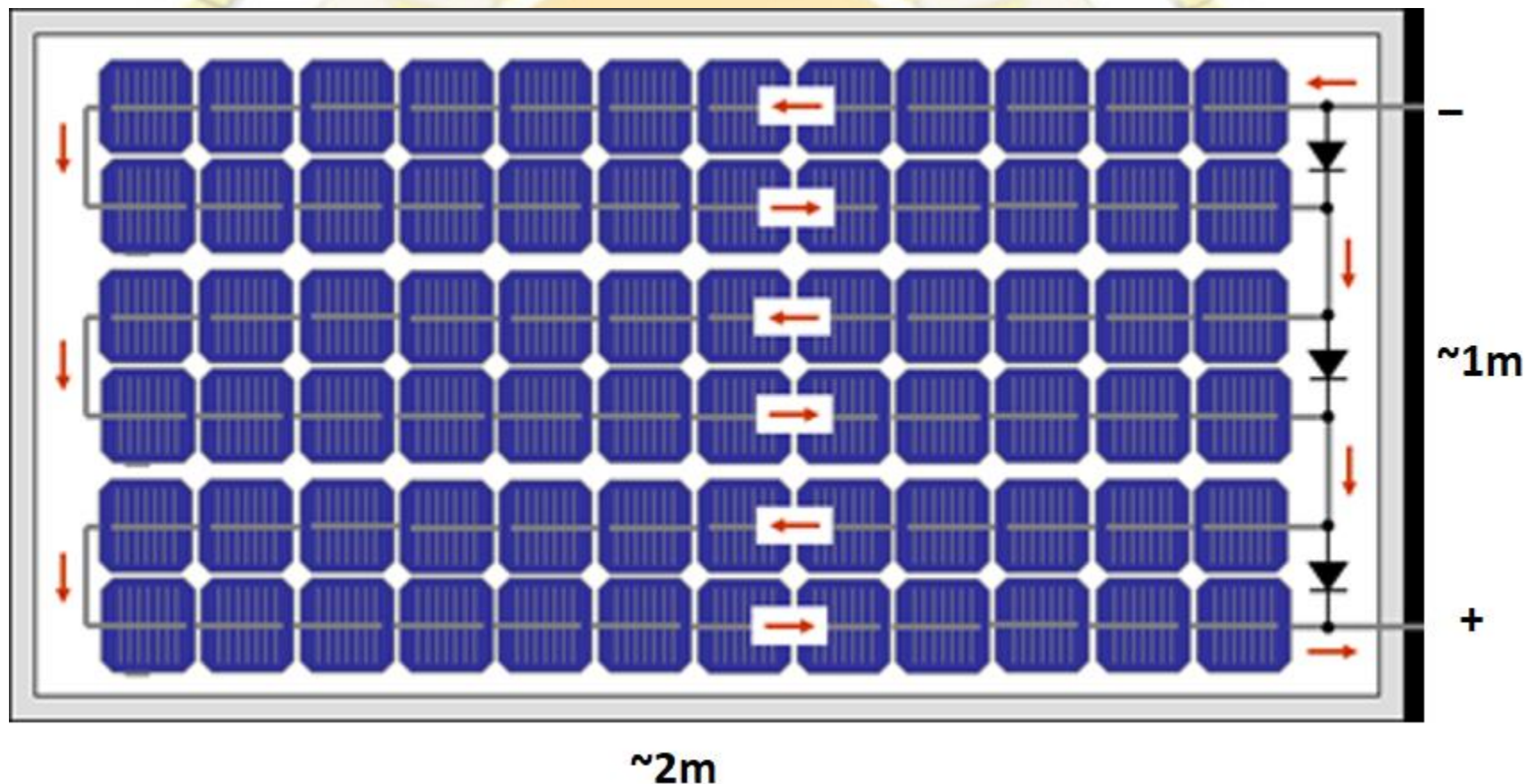
PV SOLAR

نمای درونی یک پنل خورشیدی ۶۰ سلوله

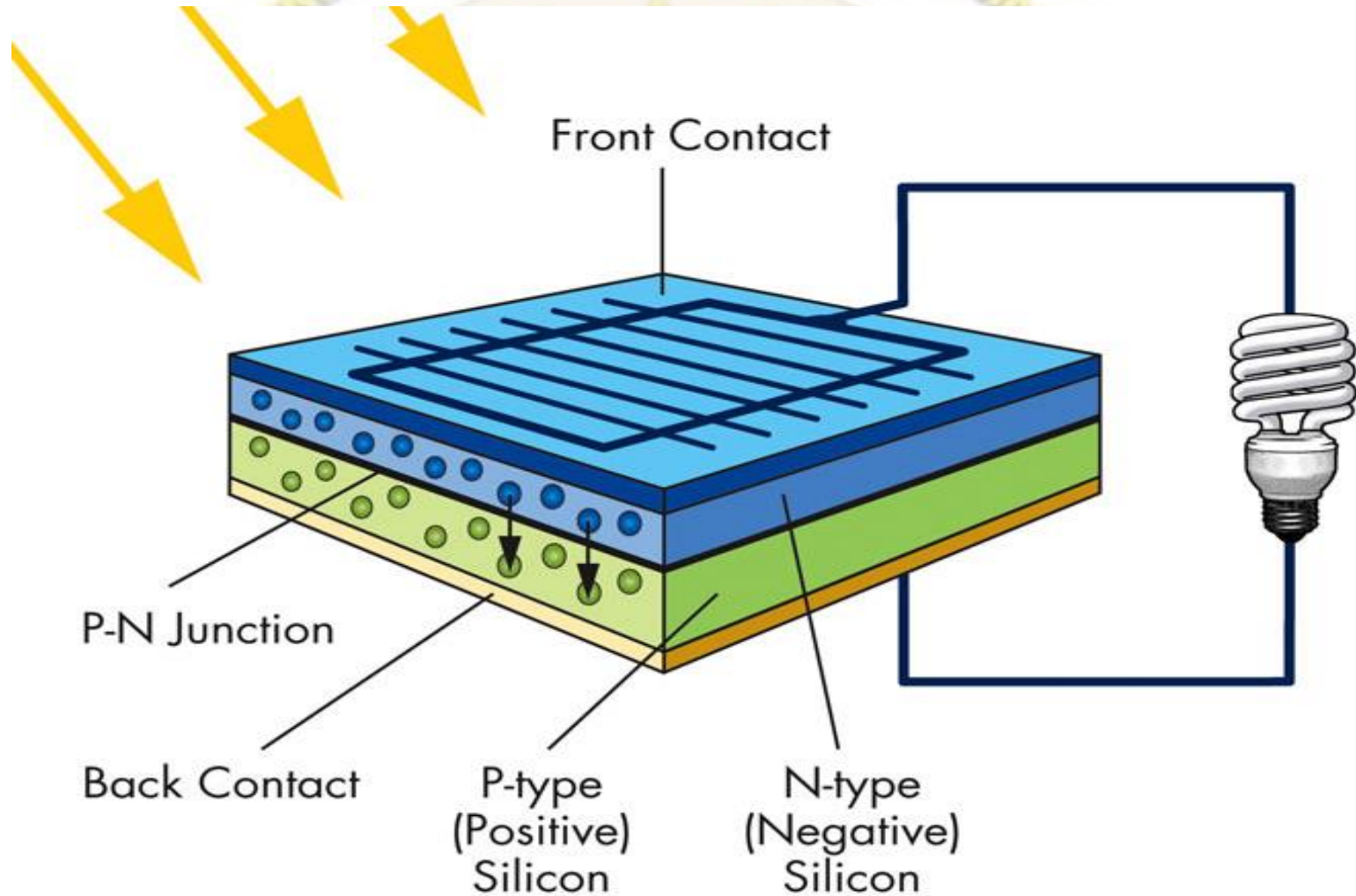


PVSOLAR

نمای درونی یک پنل خورشیدی ۷۲ سلوله



عملکرد یک سلول خورشیدی



- زمانی که فوتون جذب می شود انرژی آن به الکترون در شبکه بلوری داده می شود. معمولاً این الکترون درون نوار والانس است، و با یک پیوند کوالانسی محکم بین دو اتم مجاور مقید شده است و نمی تواند دور شود. انرژی که توسط فوتون به آن داده می شود آن را به نوار رسانش (هدایت) برانگیخته می کند (انتقال می دهد)، جایی که الکترون آزادانه می تواند درون نیمه هادی حرکت کند. در پیوند کوالانسی که الکترون قبلاً قسمتی از آن بوده و الان یک الکترون کمتر دارد، حفره ایجاد میشود. تکرار این کار باعث می شود الکترون های در قید اتم ها به طرف حفره ها حرکت کنند، به این صورت یک حفره در جای خود باقی می گذارند، و به این طریق حفره از میان شبکه می تواند حرکت کند. بنابراین، گفته می شود که فوتون هایی که توسط نیمه هادی جذب می شوند زوج های سیال الکترون-حفره ایجاد میکنند.

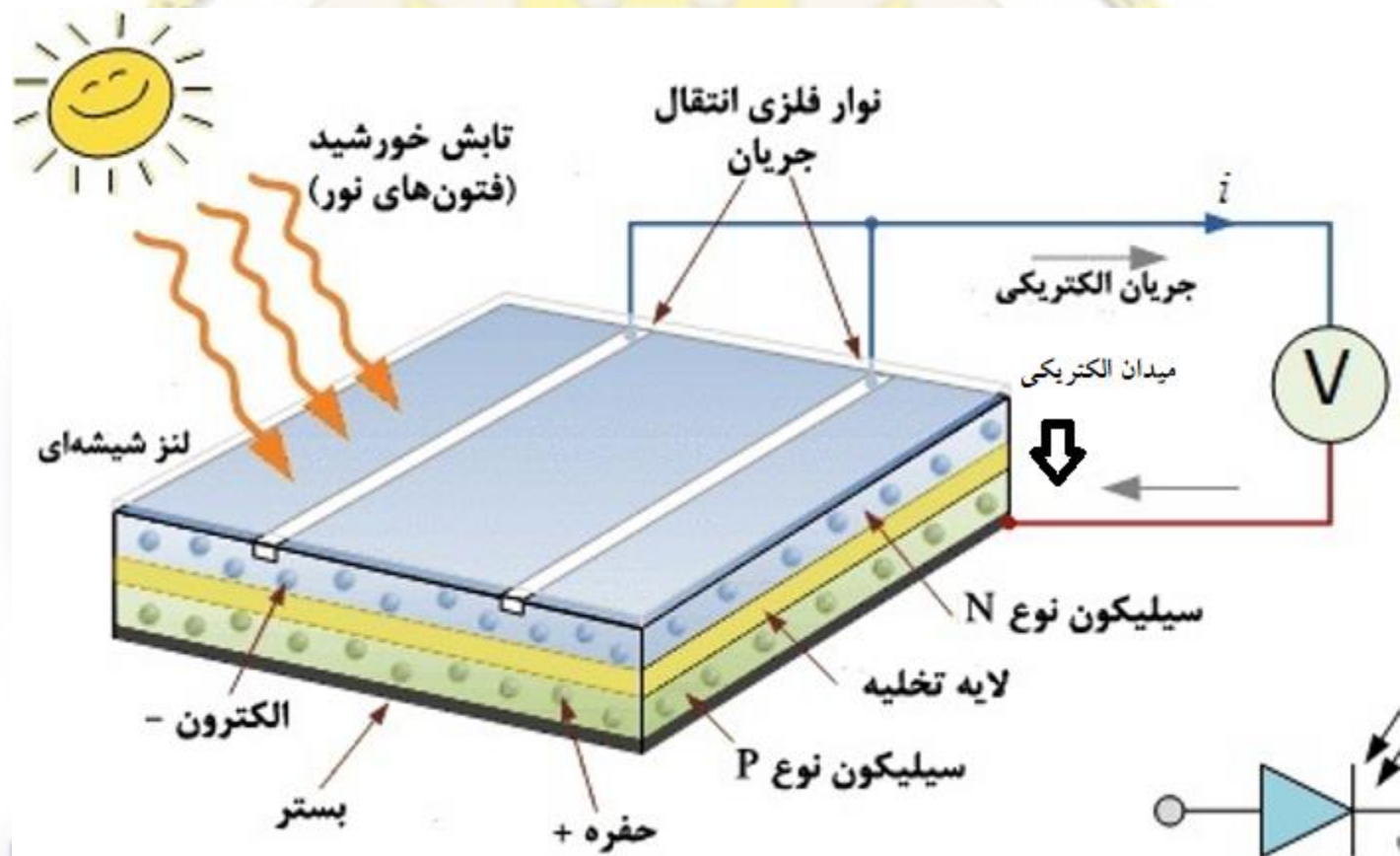
PVSOLAR

- برای اینکه الکترون از نوار والانس به نوار رسانش برانگیخته شود به فوتونی احتیاج است که انرژی بیشتر از گاف انرژی داشته باشد. به هر حال، طیف فرکانسی خورشید تقریباً یک طیف جسم سیاه است، و بیشتر فوتون هایی که از خورشید به زمین می رسد انرژی بیشتر از گاف انرژی سیلیکون دارند.

- فوتون ها با انرژی بالاتر توسط سلول های خورشیدی جذب می شوند ، اما تفاوت سطح انرژی بین گاف انرژی و انرژی فوتون، بیشتر به گرما تبدیل می شود تا به انرژی الکتریکی مفید .
(از طریق ارتعاشات شبکه که فونون نامیده می شود)

PVSOLAR

ناحیه تخلیه و ایجاد میدان الکتریکی



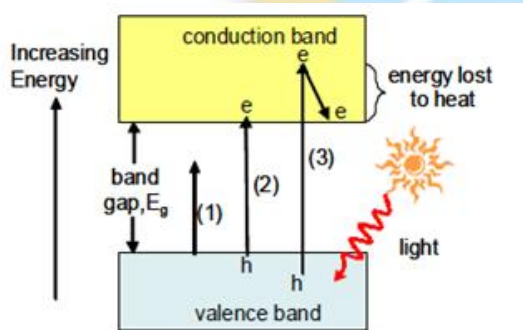
PV SOLAR

زمانی که یک فوتون به قسمتی از سیلیکون برخورد می کند، یکی از سه حالت زیر رخ می دهد:

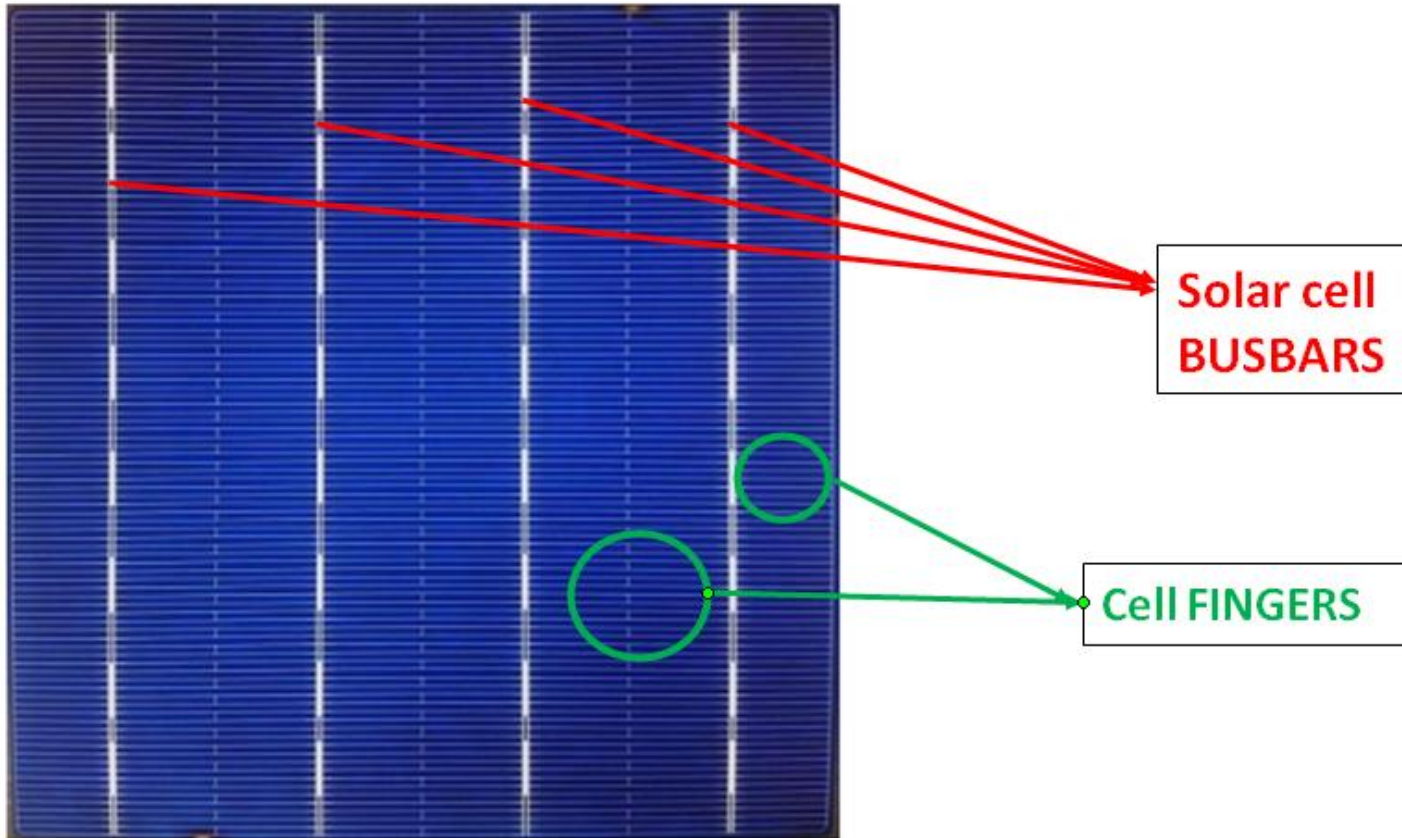
۱. فوتون ها به طور مستقیم از سیلیکون عبور می کنند، این زمانی اتفاق می افتد که انرژی فوتون ها کم باشد. (بدون اینکه اثری داشته باشند)

۲. اگر انرژی فوتون با انرژی گپ برابر باشد الکترون آزاد می گردد

۳. اگر انرژی فوتون از گاف انرژی بیشتر باشد توسط سیلیکون جذب می شود. اضافه انرژی آن به گرما تبدیل می شود

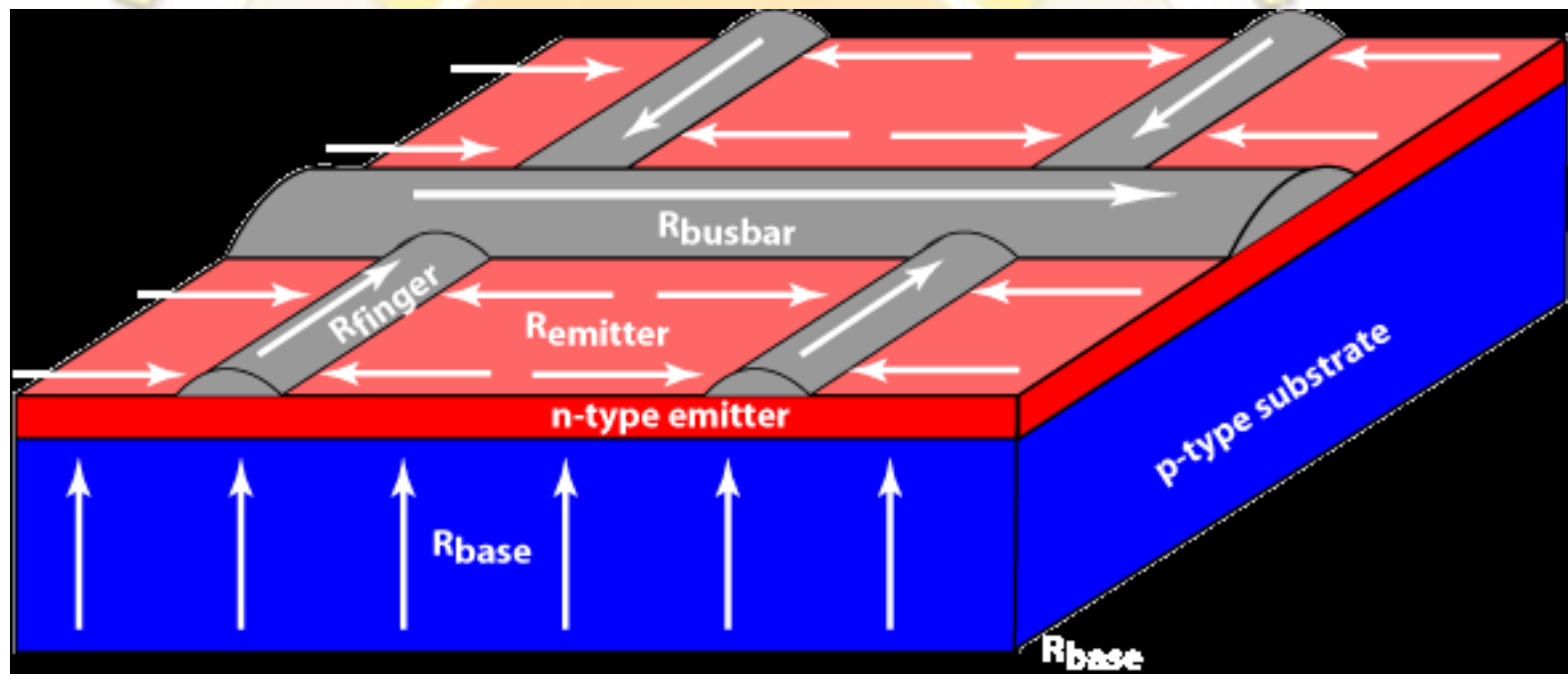


فینگر و باسبار



PVSOLAR

مسیر حرکت الکترونها بر روی فینگر و باسبار



PVSOLAR

نحوه سری شدن سلولهای خورشیدی در یک ماژول



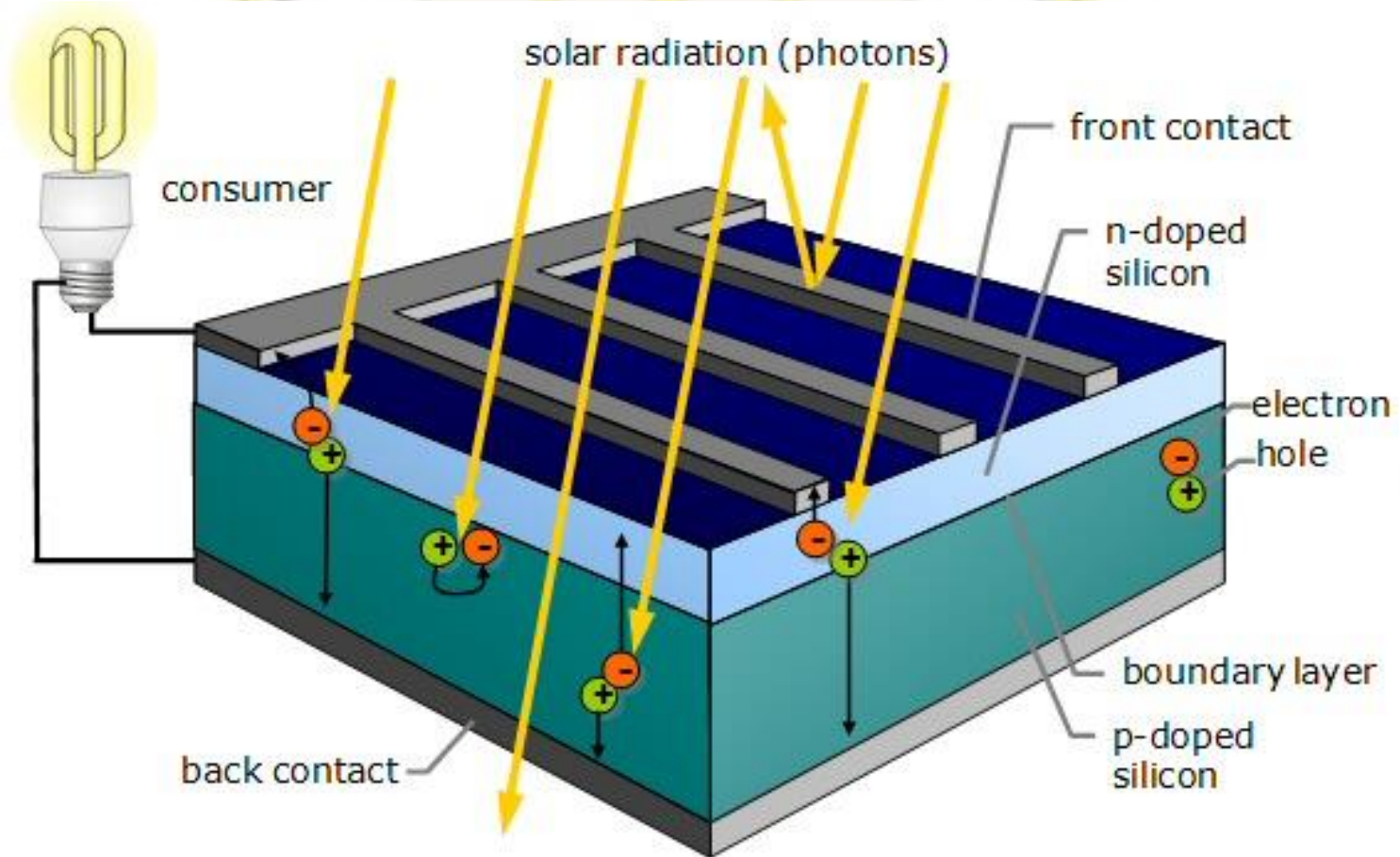
PVSOLAR

سری سازی سلولهای خورشیدی توسط دستگاه استرینگر



PVSOLAR

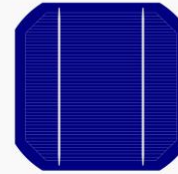
تابش نور خورشید بر روی سل خورشیدی



PVSOLAR

چگونگی روند تکامل سامانه PV

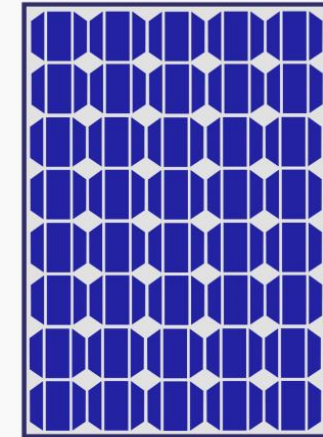
From a solar cell
to a PV System



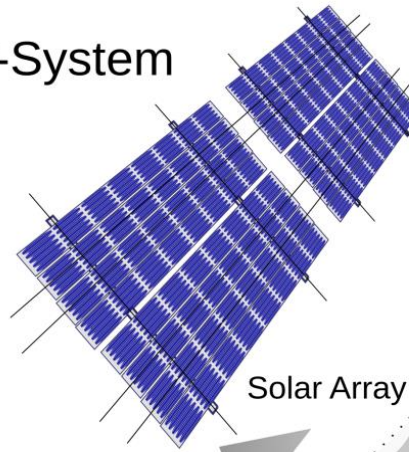
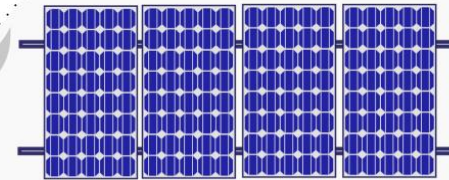
Solar Cell



Solar Module



Solar Panel

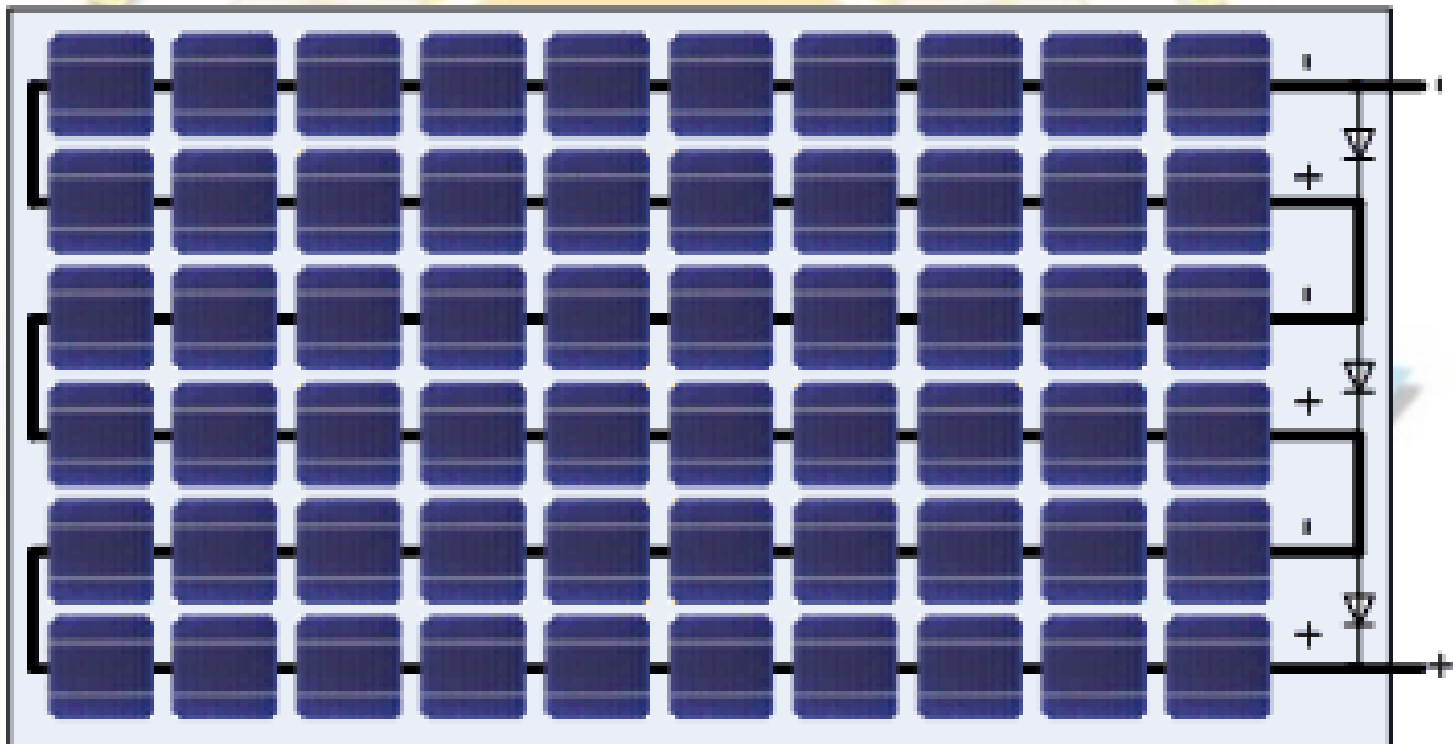


Solar Array

PV-System

- Electricity Meter
- AC Isolator
- Fusebox
- Inverter
- Battery
- Charge Controller
- Generation Meter
- DC Isolator
- Cabling
- Mounting
- Tracking System

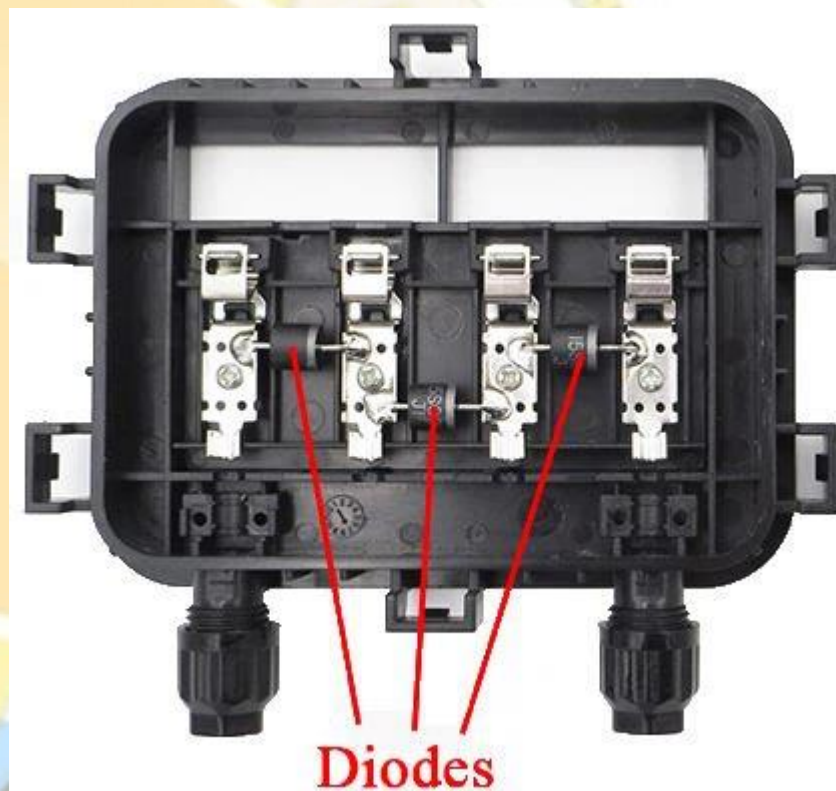
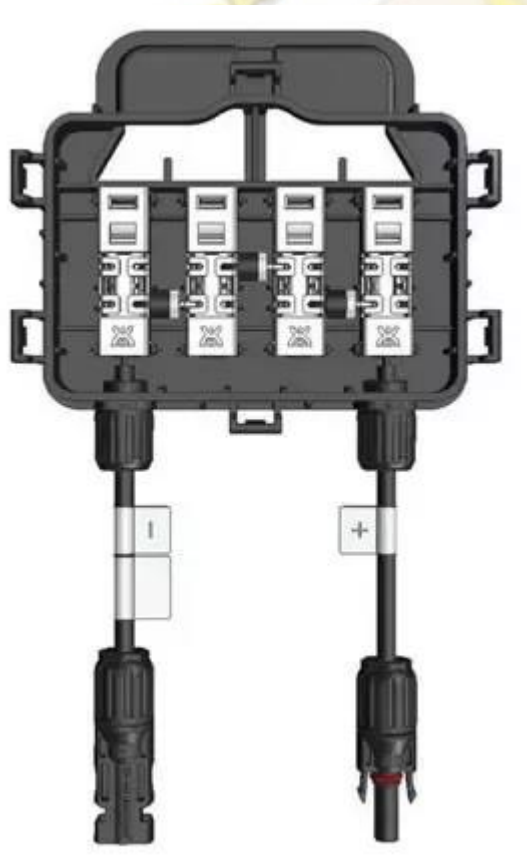
نحوه قرار گیری سلولها و دیود بای



Solar Panel – 60 cells wired as 3 strings of 20
with bi-pass diodes

PVSOLAR

جانکشن باکس پنل خورشیدی



PVSOLAR

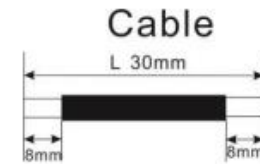
MC4 کانکتور اصلی سامانه فتوولتائیک

MC4



Cable preparation and connector assembly process:

Strip one cable 8 mm on both end sides and be careful NOT to nick conductors.



Insert striped cable into female terminal and crimp female terminal as shown below charts.



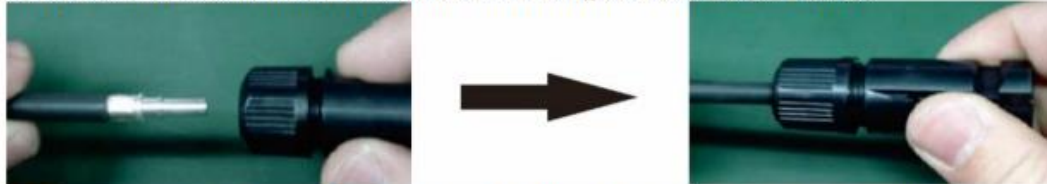
Insert assembled cable into female connector housing as shown below charts.



Insert striped cable into male terminal and crimp male terminal as shown below charts.



Insert assembled cable into male connector housing as shown below charts.



Then, use spanner to screw pressure dome tightly to female connector and male connector as shown below.

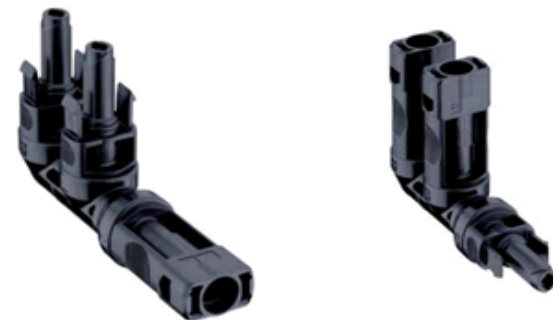


کانکتور MC4

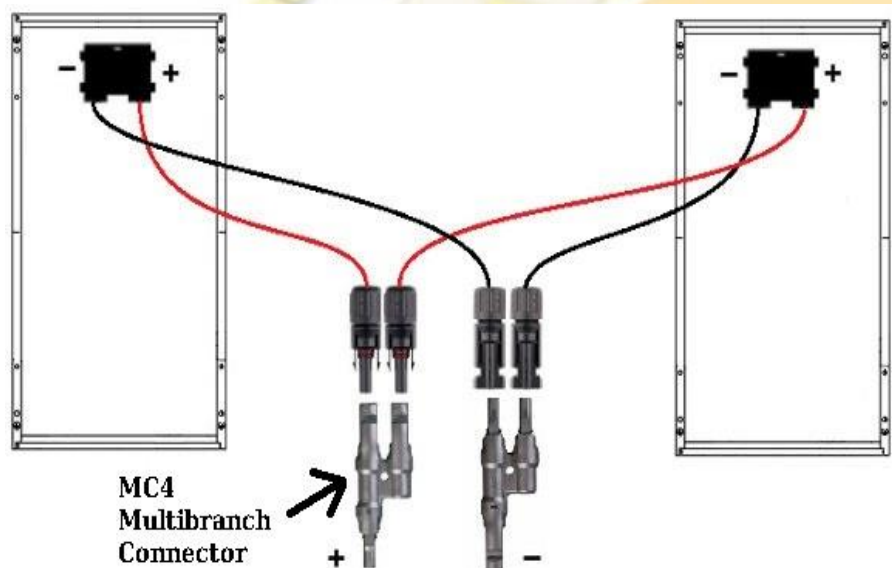


کانکتور دو به یک MC4

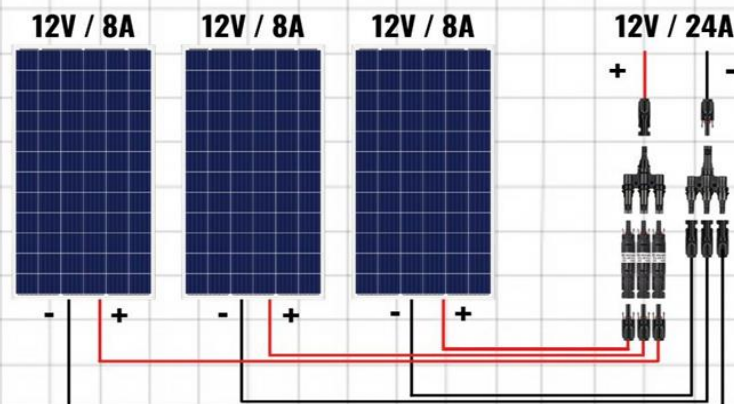
انواع و اقسام کانکتور های موازی کننده



اتصال موازی ماژول خورشیدی استفاده از کانکتورهای موازی کننده



Wiring Solar Panels in Parallel



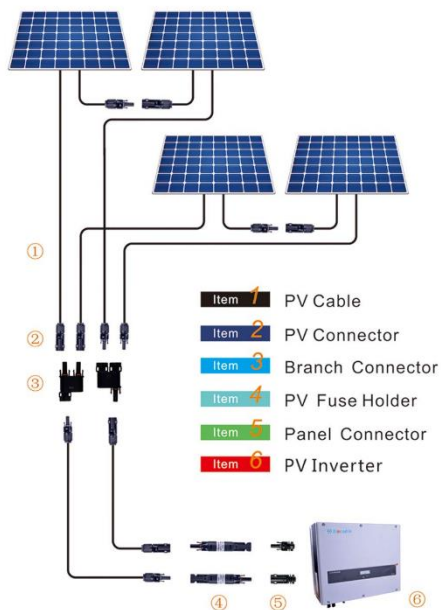
Currents are summed. Voltage remains the same.

PVSOLAR

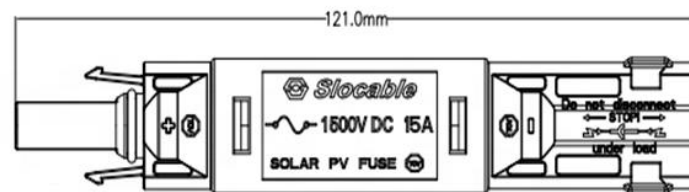
Connector DC Fuse



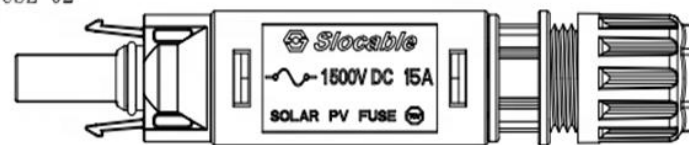
Connection from the module to the inverter



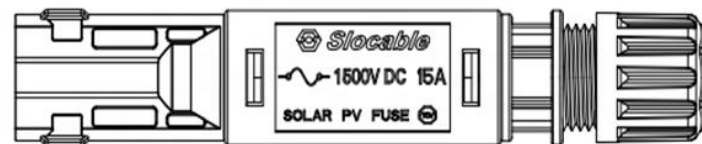
CN40-FUSE-01



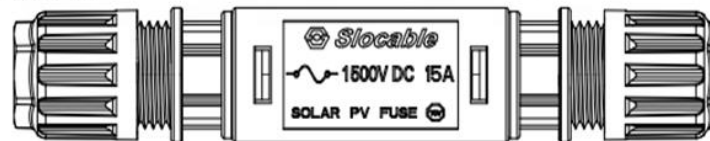
CN40-FUSE-02



CN40-FUSE-03



CN40-FUSE-04



فرمول بدست آوردن راندمان پنل خورشیدی

 Solar panel efficiency % *

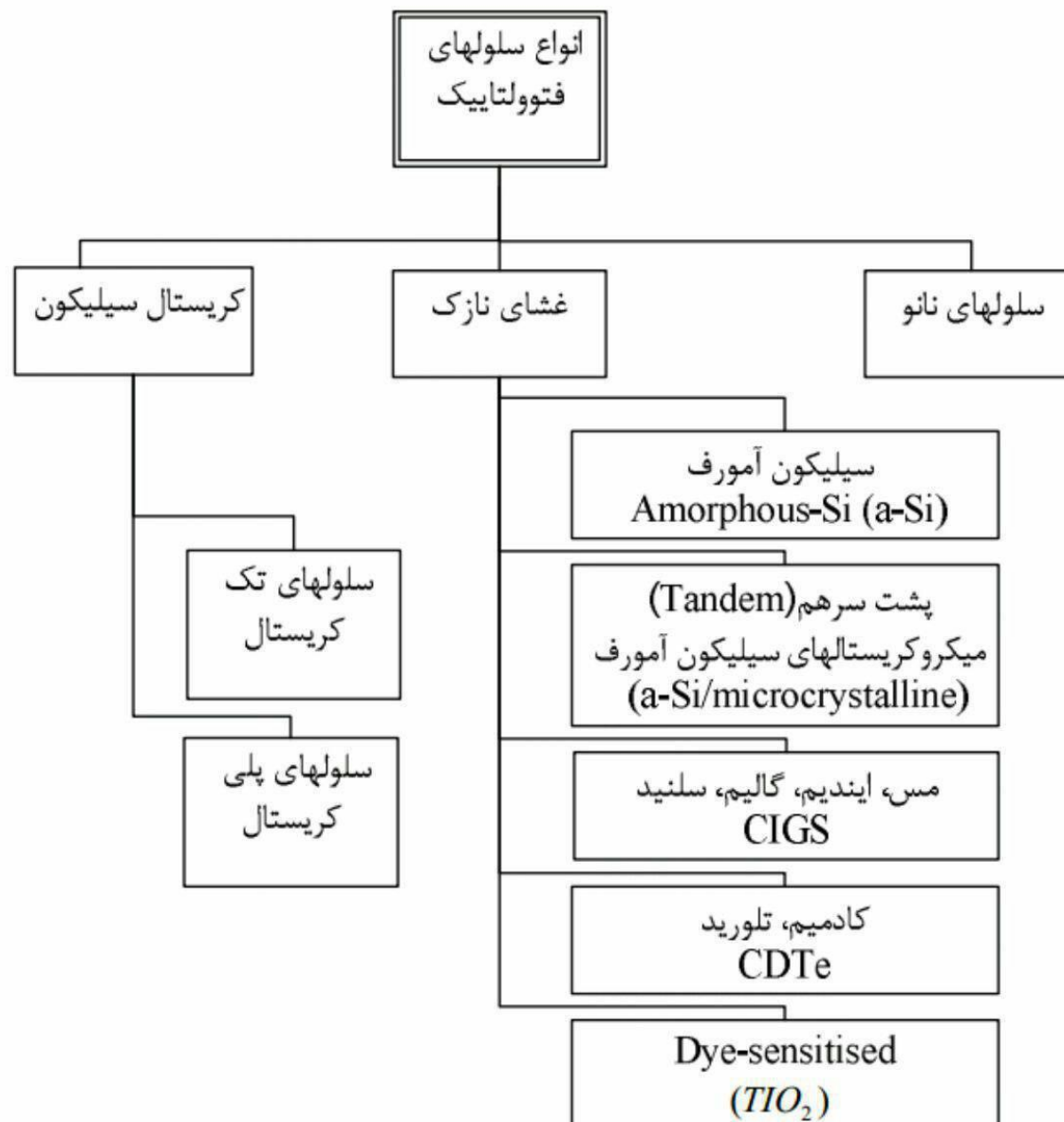
$$\text{Efficiency (\%)} = \frac{P_{\text{max}}}{(\text{Area} \times 1000\text{W/m}^2)} \times 100$$

* at STC = Irradiance 1000W/m^2

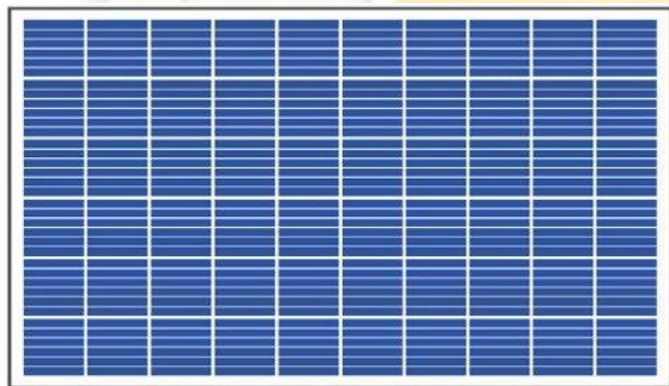
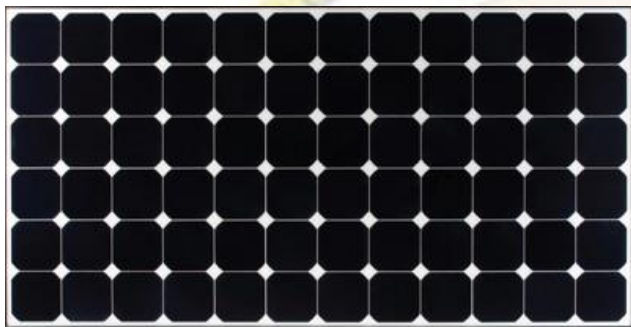
- P_{max} = Max panel power (W)

- Area = Panel area (m^2)

PVSOLAR



انواع ماژولهای خورشیدی و بررسی مشخصه های کیفی آن



• ماژول مونوکریستال:

۱. راندمان بالا (۱۷ تا ۲۳ درصد)
۲. تاثیرپذیری زیاد در شرایط سایه و هوای ابری
۳. قیمت بالا

• ماژول پلی کریستال:

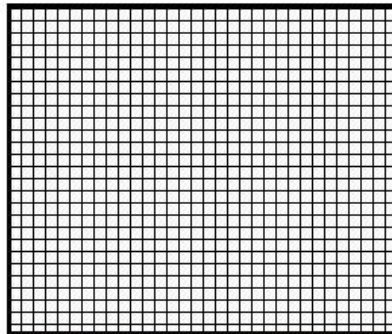
۱. راندمان بالا (پایینتر از مونوکریستال) (۱۵ تا ۱۸)
۲. تاثیرپذیری زیاد در شرایط سایه و هوای ابری
۳. قیمت پایین تر از پلی کریستال

• ماژول فیلم نازک:

۱. راندمان پایین (۷ تا ۱۴)
۲. تاثیرپذیری اندک در شرایط سایه و هوای ابری
۳. قیمت بیشتر از فناوری کریستالی

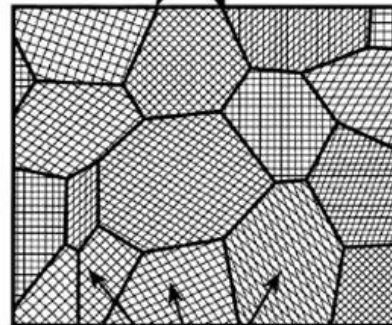
تفاوت ساختاری پنل‌های مونو و پلی و لایه نازک

Single Crystal

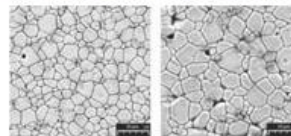
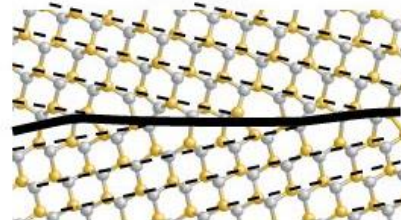


Polycrystalline

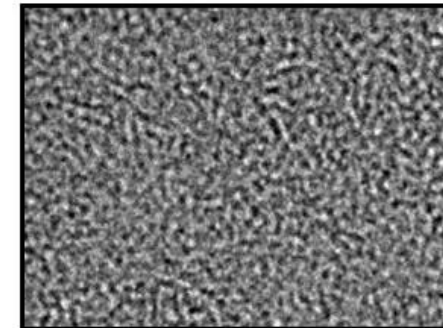
Grain boundaries



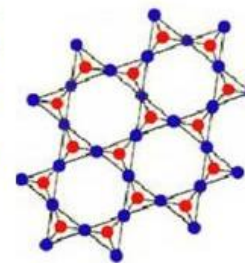
Grains



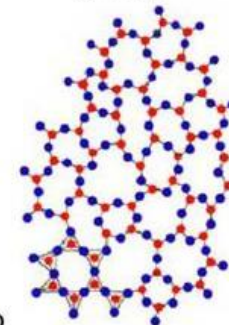
Amorphous



Crystalline SiO₂
(Quartz)



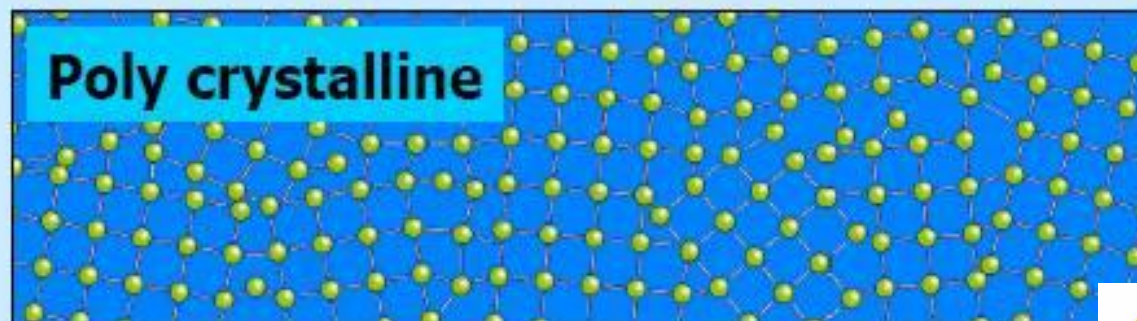
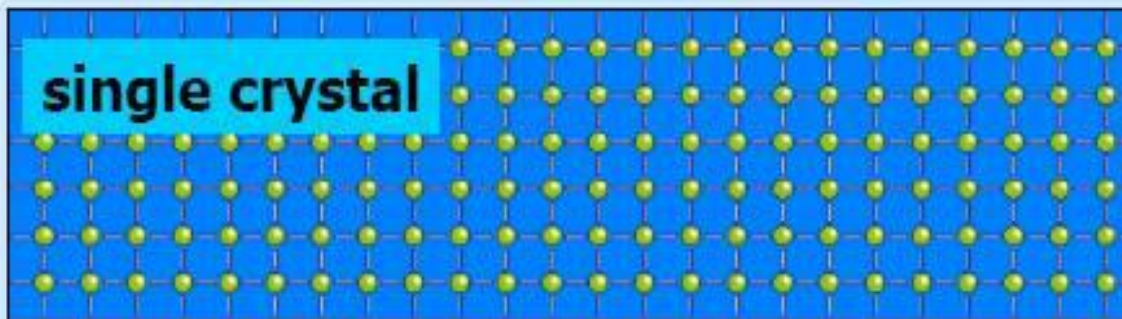
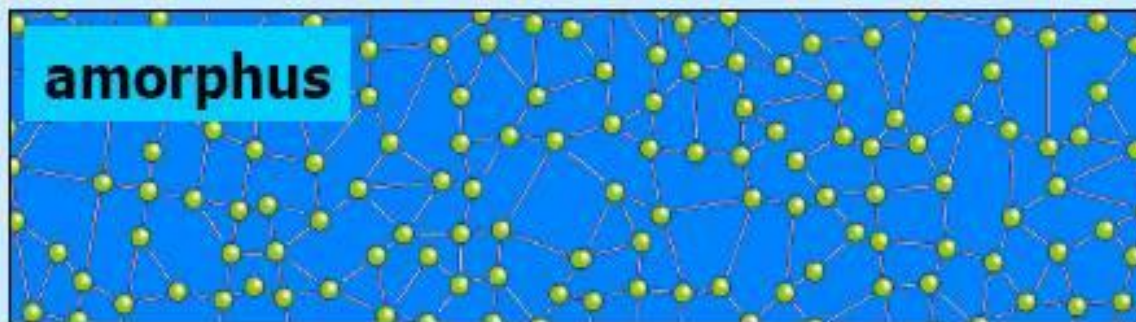
Amorphous SiO₂
(Glass)



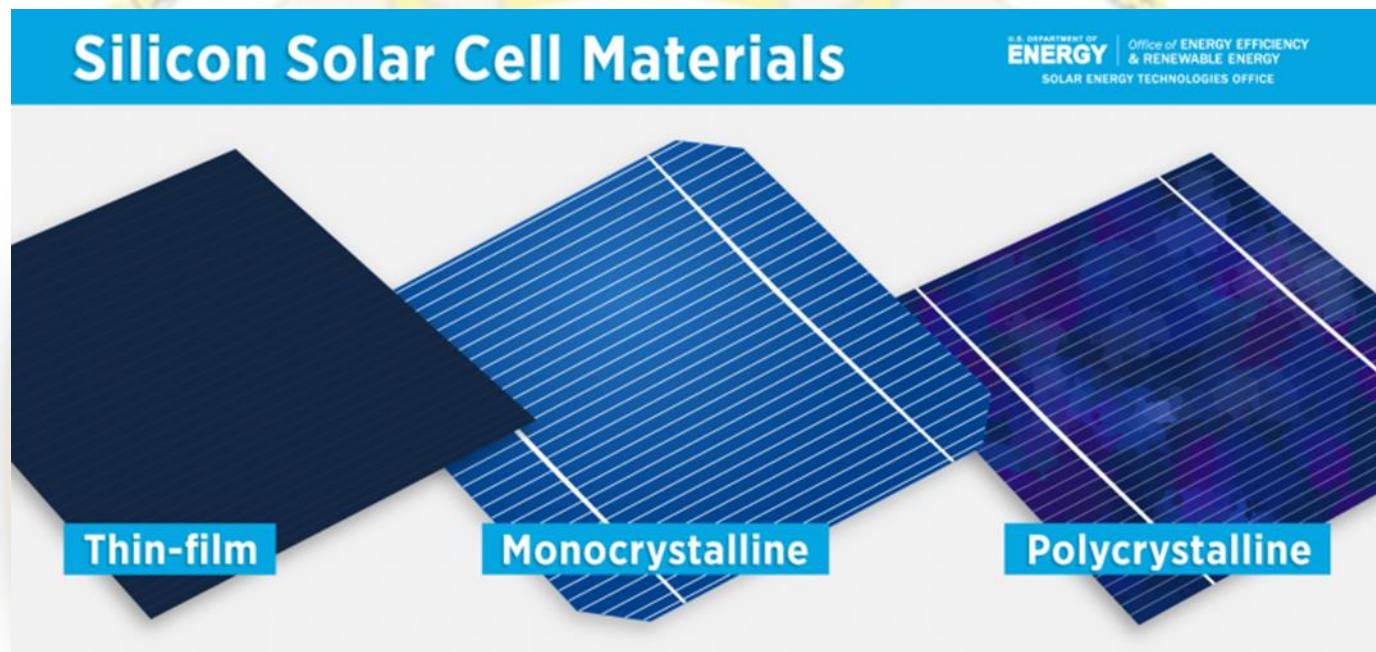
• Si • O

PVSOLAR

تفاوت‌های ساختاری انواع سلولها

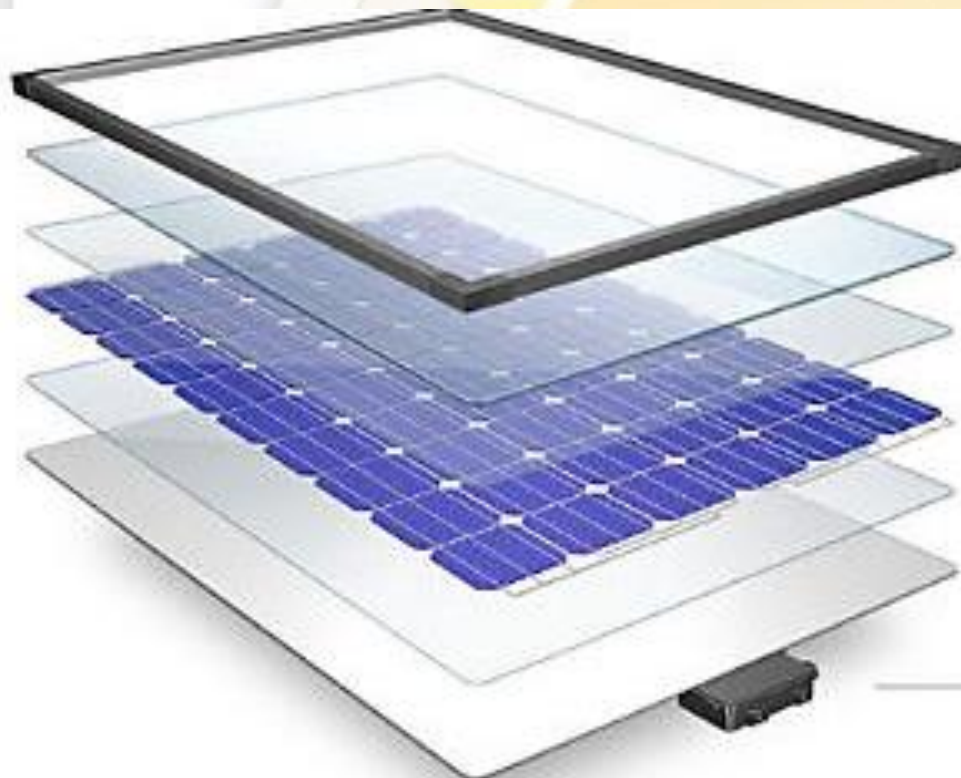
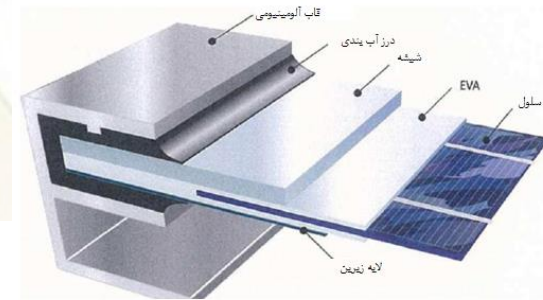


تفاوت ظاهری پنل‌های مونو و پلی کریستال



PVSOLAR

لایه های مختلف یک پنل خورشیدی



Frame

Glass

Encapsulant

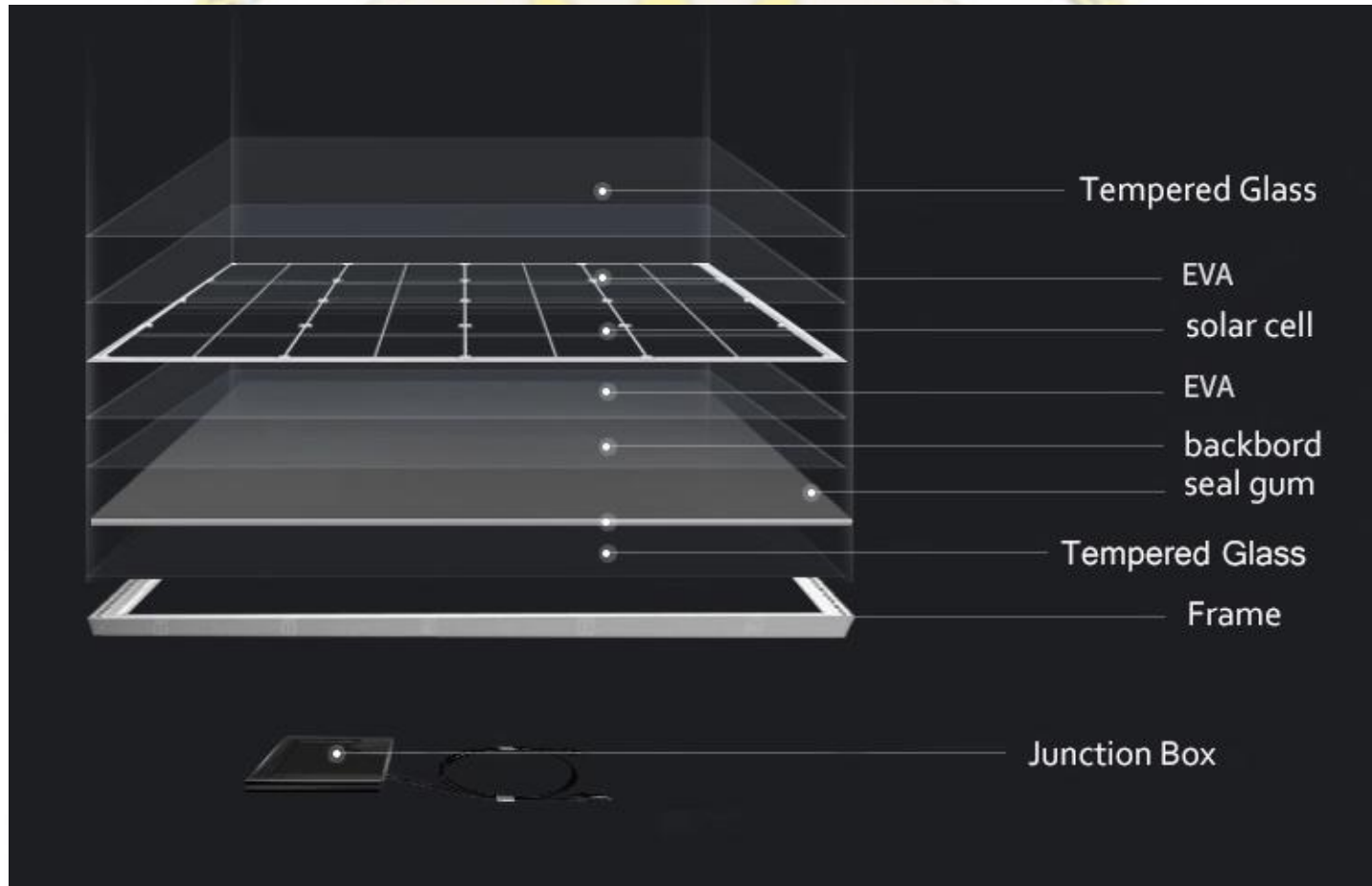
Solar Cells

Encapsulant

Backsheet

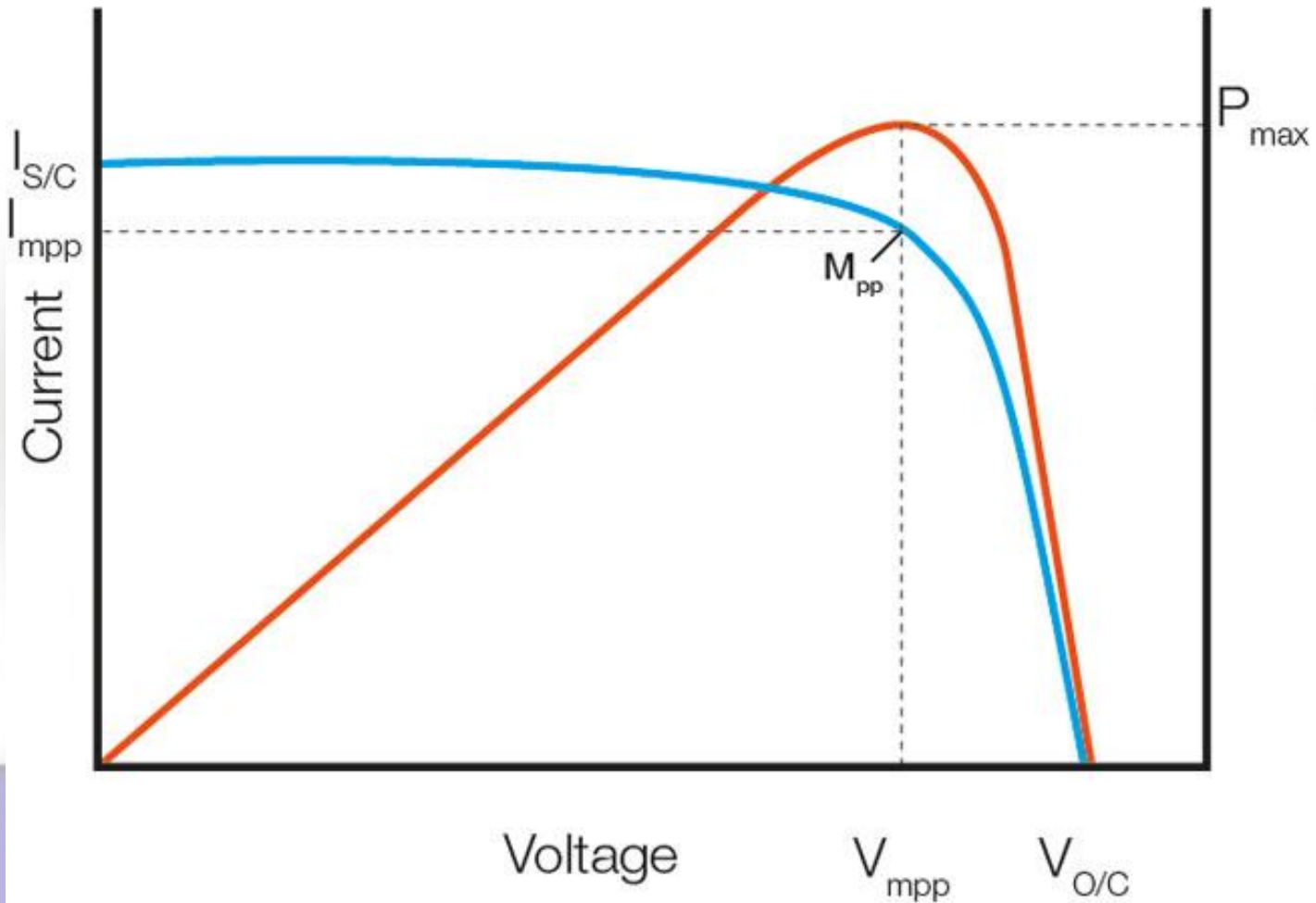
Junction Box

لایه های مختلف یک پنل خورشیدی

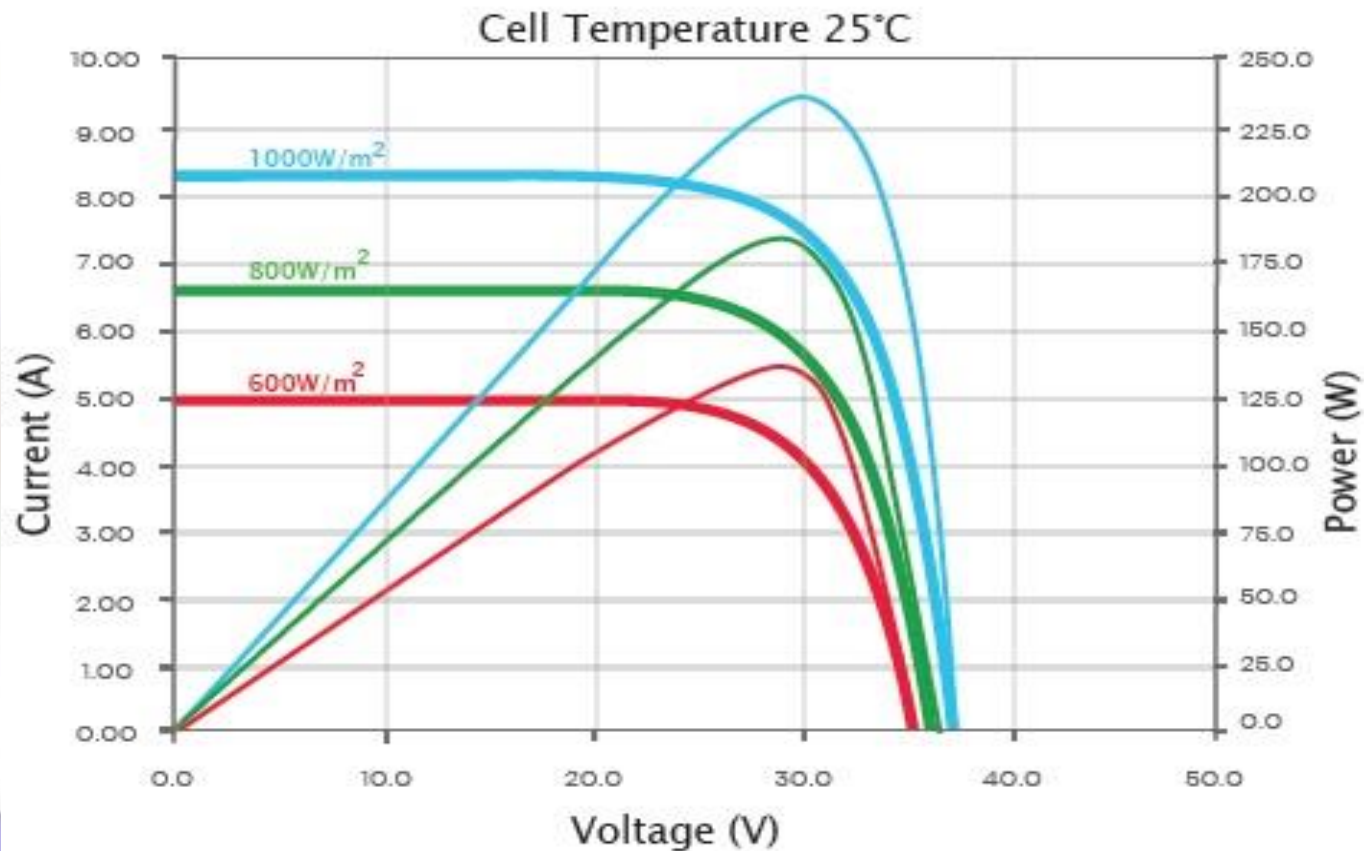


PVSOLAR

منحنی ولتاژ و جریان پتلا خورشیدی



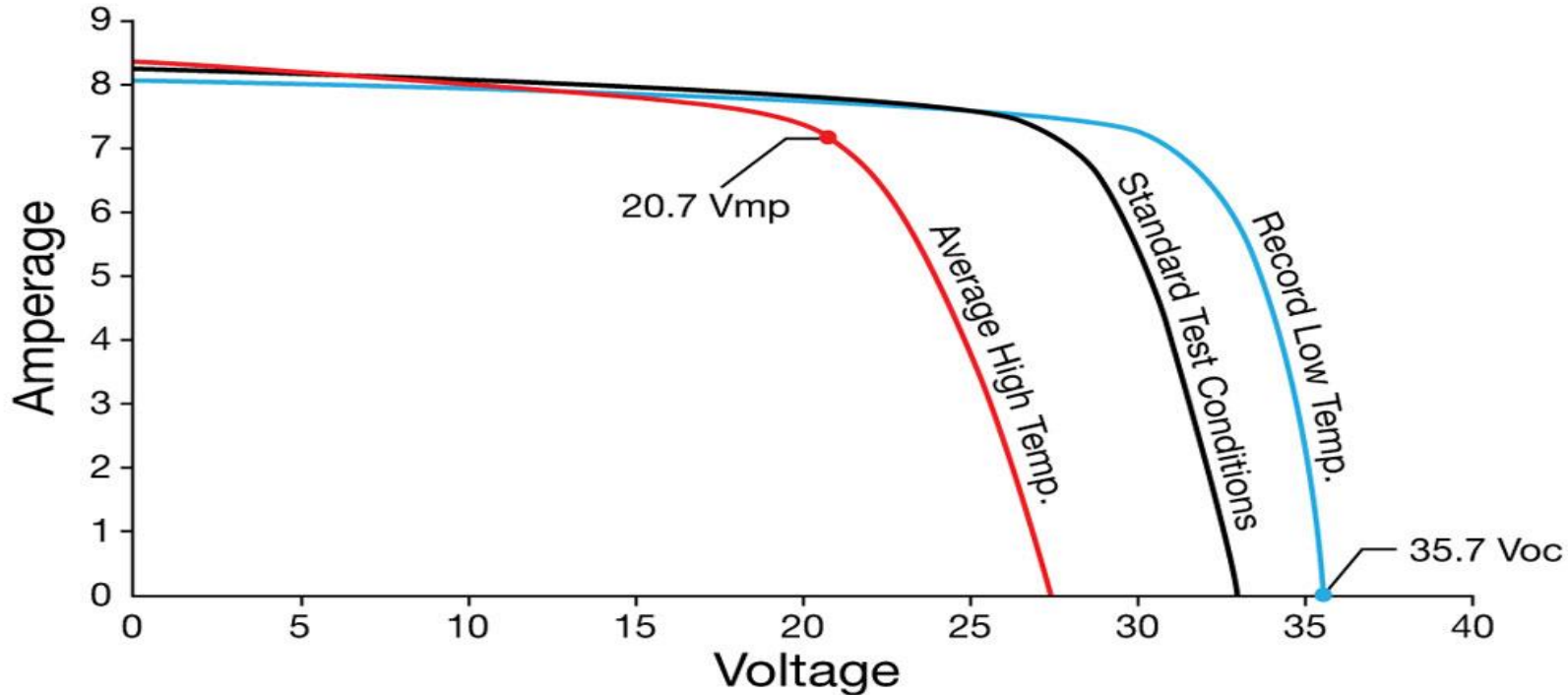
منحنی جریان، ولتاژ و توان ماژول (بر اساس میزان تابش)



Current, Power vs. Voltage Characteristics of RNG-235P

Current vs. Voltage Power vs. Voltage

تغییرات منحنی جریان، ولتاژ بر اساس تغییرات دما



$$\text{Module Voc (winter)} = \text{Voc(stc)} + \text{Voc(stc)} \cdot \text{Tk} \cdot (\text{T(amb)} - \text{T(stc)})$$

$$\text{Module Vmpp (summer)} = \text{Vmpp(stc)} + \text{Vmpp(stc)} \cdot \text{Tk} \cdot (\text{T(amb)} + \text{T(add)} - \text{T(stc)})$$

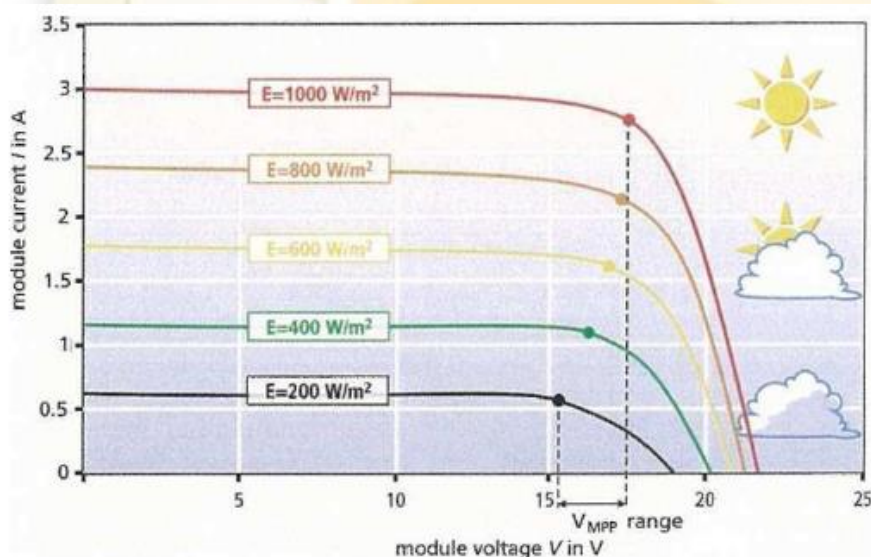
PVSOLAR

عوامل موثر در میزان تولید جریان ماژول های خورشیدی

- محاسبه راندمان سلول خورشیدی:

$$\frac{P_{Mpp}}{A \times 1000 \text{ W/m}^2}$$

- جریان خروجی سلول های خورشیدی وابسته به شدت تابش می باشد. البته افزایش دما هم به میزان بسیار کمی در میزان تولید جریان موثر است که ما معمولاً آنرا نادیده می گیریم.



$$\text{Module loc (any time)} = I_{oc} * (\text{radiation} / 1000)$$

شرایط استاندارد آزمون پنل‌های خورشیدی

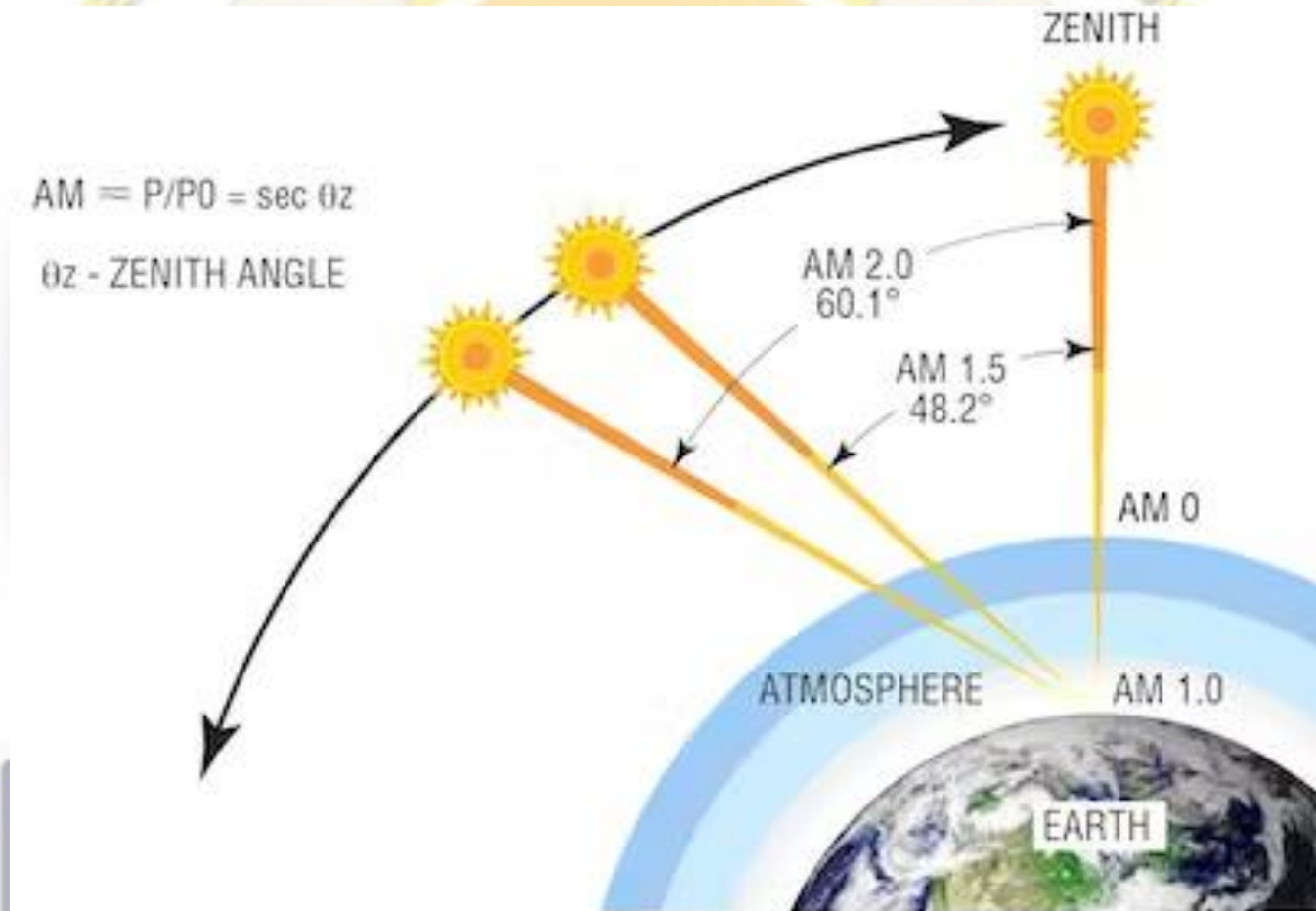
• تابش 1000 w/m^2

• دما 25 درجه سانتی گراد

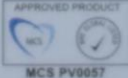
• جرم هوا 1.5

PVSOLAR

جرم هوا



برچسب پنل خورشیدی 60 و 72 سلولی

		PHOTOVOLTAIC MODULE	
		MODEL: EG-310M60-C	
Standard Test Condition: 1000W/m ² AM1.5 25°C			
Pmax	310W(0~+3%)	Isc	10.01A
Vmp	32.67V	Cells	60pcs
Imp	9.49A	Weight	18.6kg
Voc	40.08V	Sys.Volt.	1000V
Size of module		1650×990×35mm	
Fuse Rating		15 A	
Module Application		Class A	
 WARNING Please follow the instruction manual during installation or maintenance. Do not connect or disconnect the connectors under load current.			
Certified in accordance with IEC61215(ed.2)/IEC61730-1,-2			
    			
MADE IN CHINA CHANGZHOU EGING			

		Jinko Solar Co., Ltd NO.1 Jinko Road Shangrao Economic Development Zone Jiangxi Province 334100 China www.jinkosolar.com	
PHOTOVOLTAIC MODULE			
Made in China			
Solar Module Type : JKM400M-72H			
Maximum Power	(Pmax)	400W	
Power Tolerance		0~+3%	
Maximum Power Voltage	(Vmp)	41.7V	
Maximum Power Current	(Imp)	9.60A	
Open Circuit Voltage	(Voc)	49.8V	
Short Circuit Current	(Isc)	10.36A	
Nominal Operating Cell Temp	(NOCT)	45±2°C	
Maximum System Voltage		1000VDC	
Maximum Series Fuse Rating		20A	
Operating Temperature		-40°C~+85°C	
Application Class		A	
Fire Class		C	
Weight		22.5(kg)	
Dimension		2008×1002×40(mm)	
STC: 1000W/m ² , AM1.5, 25°C			
 WARNING			
ONLY qualified personnel should install or perform maintenance work on these modules BE AWARE of dangerous high DC voltage when connecting modules DO NOT damage or scratch the rear surface of the module			
			
			
		A2	

نمونه یک دیتاشیت

- Reducing equipment loss increases the power generation in overall system.
- Loss minimization due to excellent temperature co-efficient.

- Higher specific yield.

Quality & Reliability

- Manufactured in an ISO 9001:2015, ISO 14001:2015, OHSAS 18001:2007 certified facility.
- Manufactured using high grade raw materials from reputed international suppliers adopting a stringent quality criteria.
- PID resistant (IEC 62804).

- Salt mist and ammonia corrosion resistant (IEC 61701 & IEC 62716).
- IP67/IP68 rated junction box for long-term weather endurance.
- 25 years output warranty.
- Certified for hail resistance.
- Certified with IEC & BIS.

Technical Data for GOLDI_72GN -Polycrystalline Module

Electrical Parameter at STC

Module Type	GOLDI072FWpPY24			
Capacity rating – Pmax(Wp)	320	325	330	335
Power Tolerance (%)	0 - 2	0 - 2	0 - 2	0 - 2
Module efficiency (%)	16.53	16.79	17.05	17.31
Rated voltage - Vmp(V)	36.90	37.20	37.40	37.70
Rated current - Imp(A)	8.68	8.75	8.83	8.9
Open circuit voltage - Voc(V)	45.70	45.90	46.20	46.50
Short circuit current - Isc(A)	9.05	9.12	9.19	9.26

Under Standard Test Conditions (STC) of irradiance 1000 W/m², spectrum AM 1.5 and cell temperature of 25°C. Except Pmax, all other parameters have a tolerance of ±3%.

Electrical Parameter at NOCT

Capacity rating - Pmax(Wp)	238.01	241.89	245.41	249.34
Rated voltage - Vmp(V)	34.17	34.44	34.63	34.91
Rated current - Imp(A)	6.97	7.02	7.09	7.14
Open circuit voltage - Voc	42.71	42.90	43.18	43.46
Short circuit current -Isc(A)	7.30	7.35	7.41	7.47

NOCT irradiance of 800 W/m², ambient temperature of 20°C, Wind speed 1m/sec

Guarantees and certifications

Product warranty**	10 years
Performance guarantee**	Limited warranty for power output :- 90% for 10 years and 80% for 25 years
Product Certificates	IEC 61215, IEC 61730, IEC 61701, IEC 62716, IEC 62804, CE, BIS

Mechanical Specification

Solar cells	72 pcs Polycrystalline Silicon, 5BB/4BB
Encapsulation	Ultra - clear PID free EVA (Ethylene-Vinyl-Acetate)
Backside	UV protected reflective backsheet
Frame	Silver Anodized Aluminium Alloy (screwless)
Front glass	3.2 mm, High Transmission, AR Coated Tempered Glass
Dimensions	(L) 1955 mm x (W) 990 mm x (H) 35mm
Weight	21.5 kg
J-box	IP 67/IP68 certified 4-rail, 3 diodes junction box
Cable	Solar cable 400mm to 1200 mm length, 4 mm ²
Connectors	MC4 compatible connectors
Application Class	Class A
Electrical Safety	Class II
Fire Safety	Class C (Type 1)
Surface load	(snow load 5400 Pa, wind load 2400 Pa).

Temperature Coefficients (TC)

Temperature Coefficient (Voc)	-0.30% /°C
Temperature Coefficient (Isc)	0.05% /°C
Temperature Coefficient (Pmax)	-0.38% /°C

Permissible Operating Conditions

Temperature range	-40°C to + 85°C
Maximum system voltage	1500/1000 VDC
NOCT	45± 2°C
Hail resistance	Maximum diameter of 25 mm with velocity 23 m/s

ضریب دمایی ولتاژ و جریان یک پنل خورشیدی

Temperature Coefficients (TC)

Temperature Coefficient (Voc)	-0.30% /°C
-------------------------------	------------

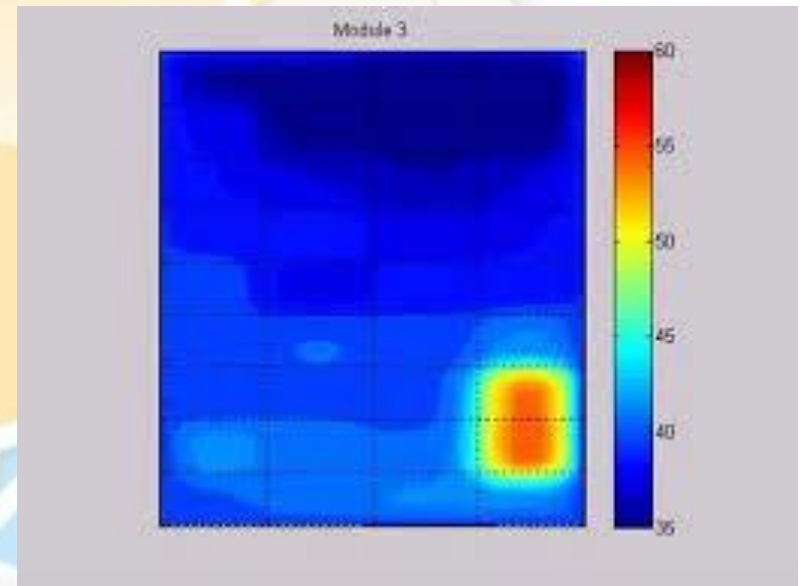
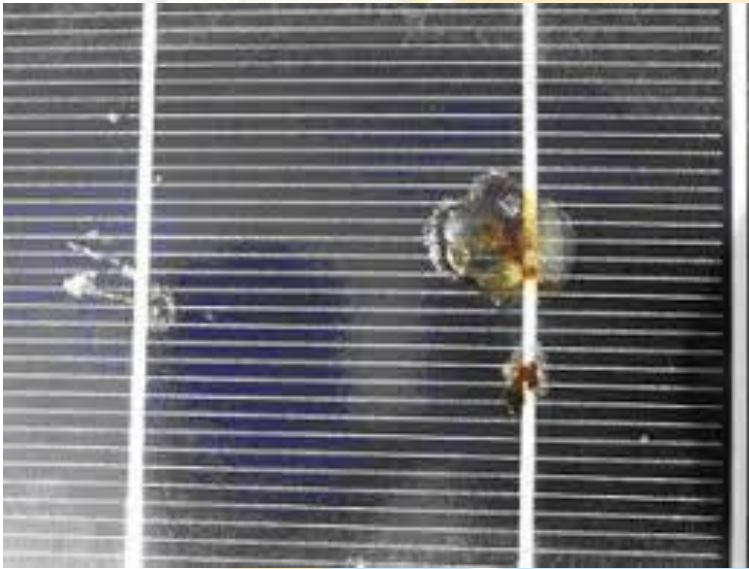
Temperature Coefficient (Isc)	0.05% /°C
-------------------------------	-----------

Temperature Coefficient (Pmax)	-0.38% /°C
--------------------------------	------------

PVSOLAR

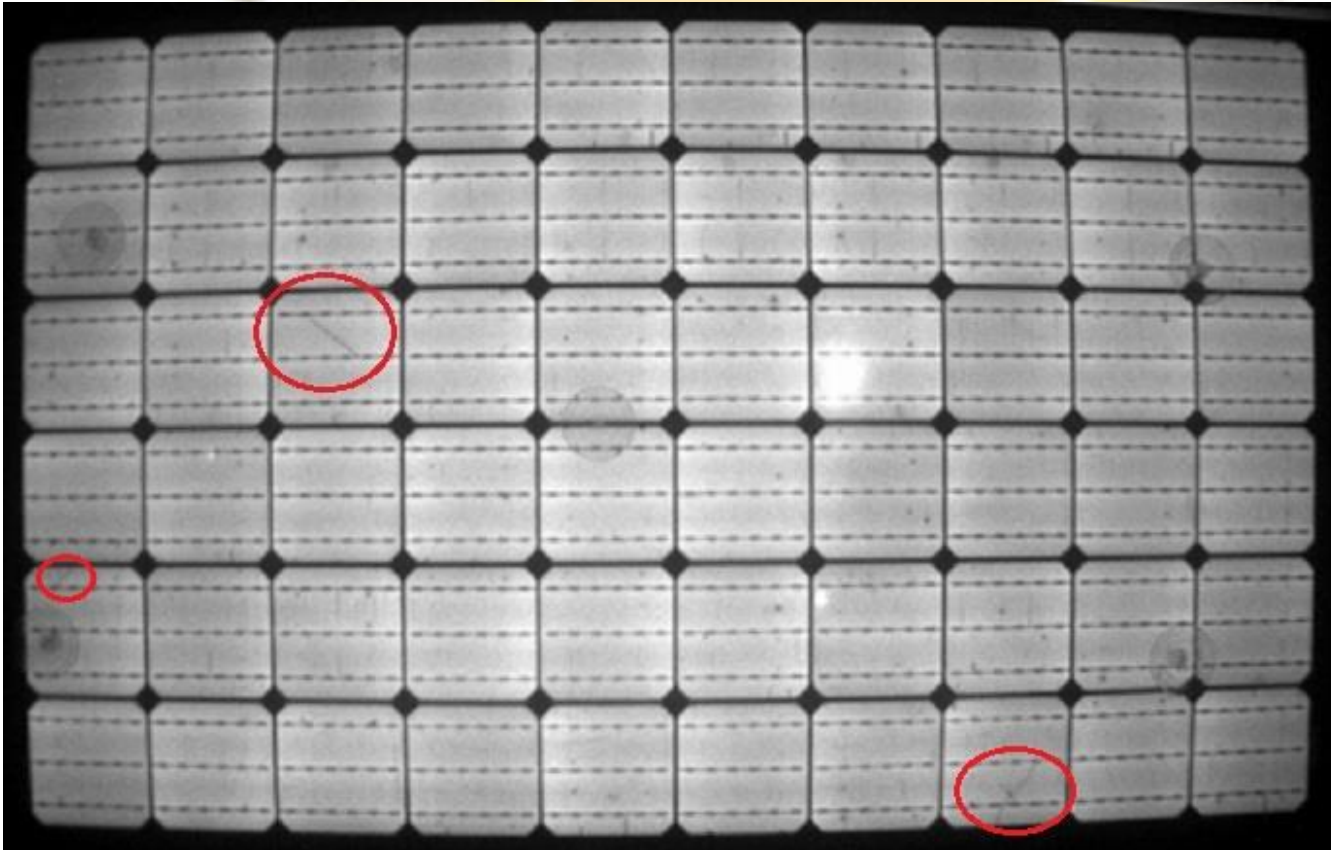
تشکیل نقطه داغ

اگر بر روی یک سلول پنل ، به مدت طولانی سایه تشکیل شود آن نقطه رفته رفته به نقطه داغ تبدیل می شود. و باعث افت راندمان سلول می شود.

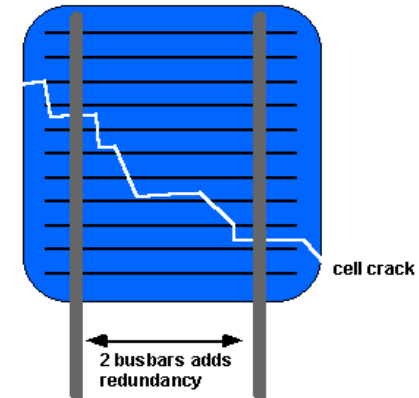


PVSOLAR

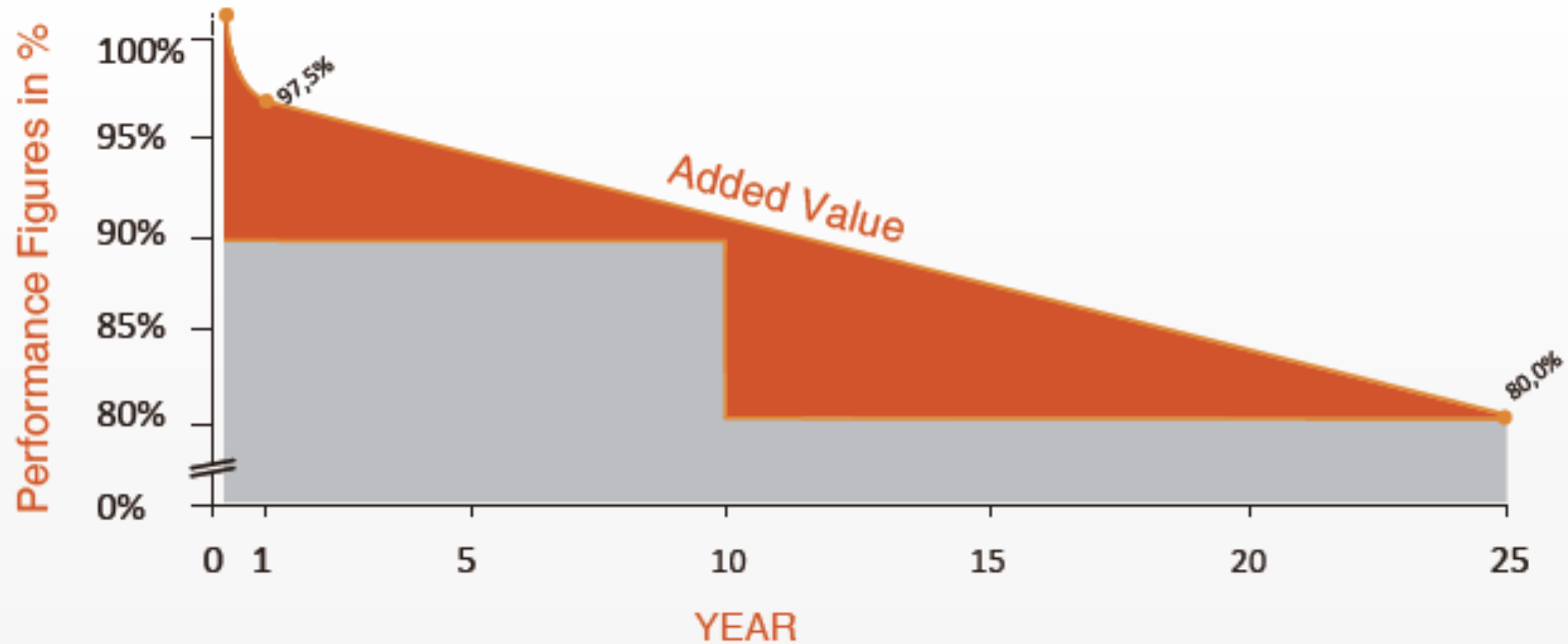
میکرو کرک (ترک های ریز)



Cell busbars hold the cell together even with a crack right across the cell

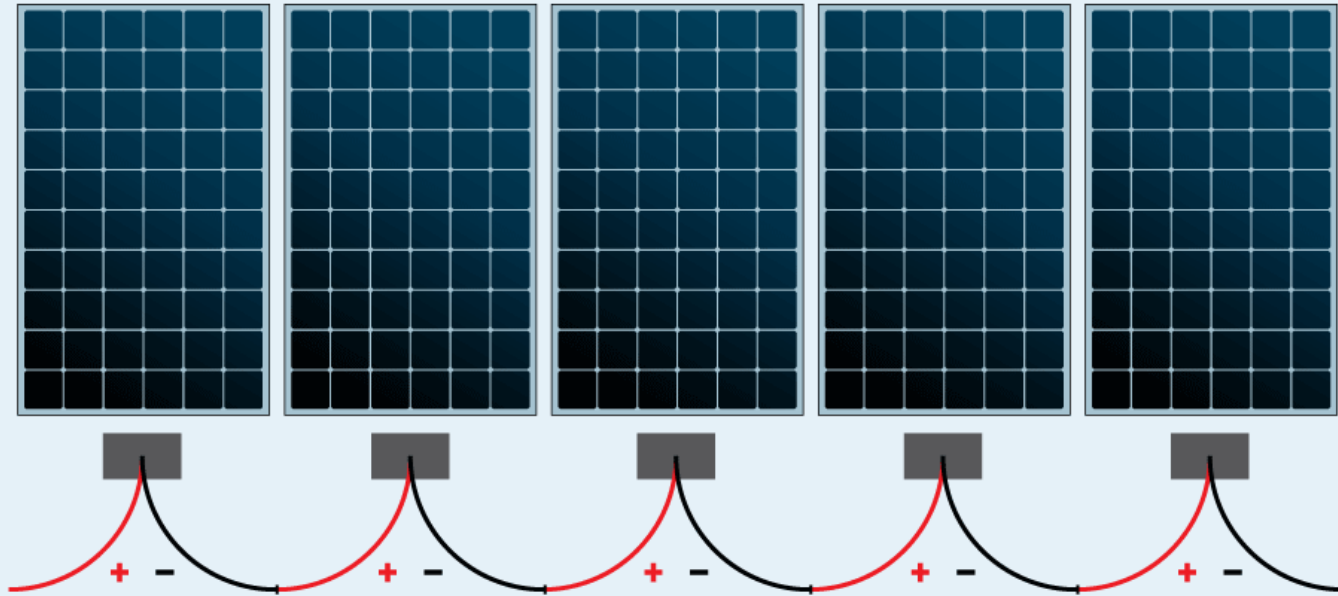


شرایط وقوانین گارانتی پنل خورشیدی



PVSOLAR

استرینگ ماژول خورشیدی



$$\text{Module Voc (winter)} = \text{Voc(stc)} + \text{Voc(stc)} \cdot \text{Tk} \cdot (\text{T(amb)} - \text{T(stc)})$$

$$\text{Module Vmpp (summer)} = \text{Vmpp(stc)} + \text{Vmpp(stc)} \cdot \text{Tk} \cdot (\text{T(amb)} + \text{T(add)} - \text{T(stc)})$$

PVSOLAR

روشهای ایجاد استرینگ خورشیدی

Figure 1a: Representative 72-cell PV module source circuit connected in series using conventional daisy chain wiring

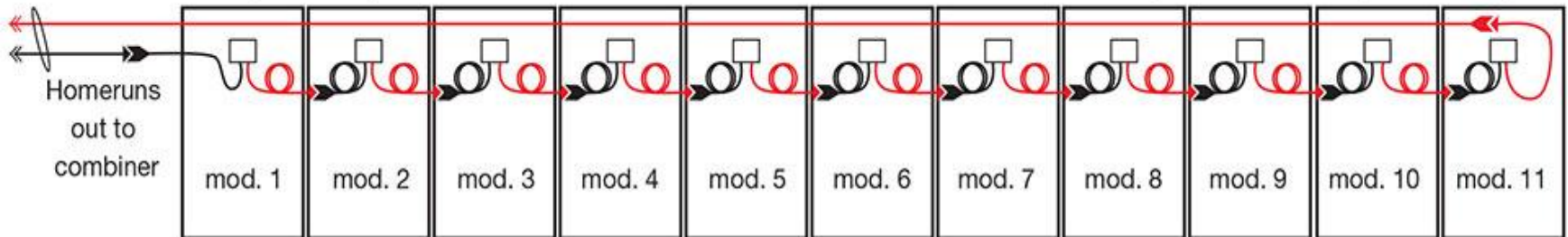
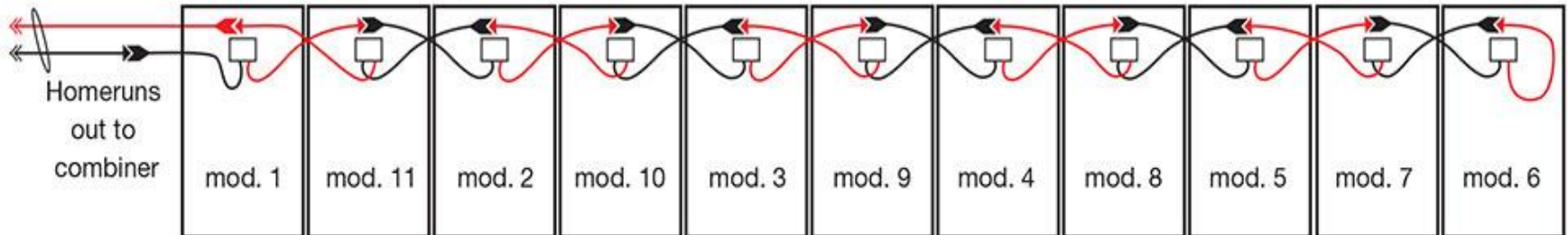
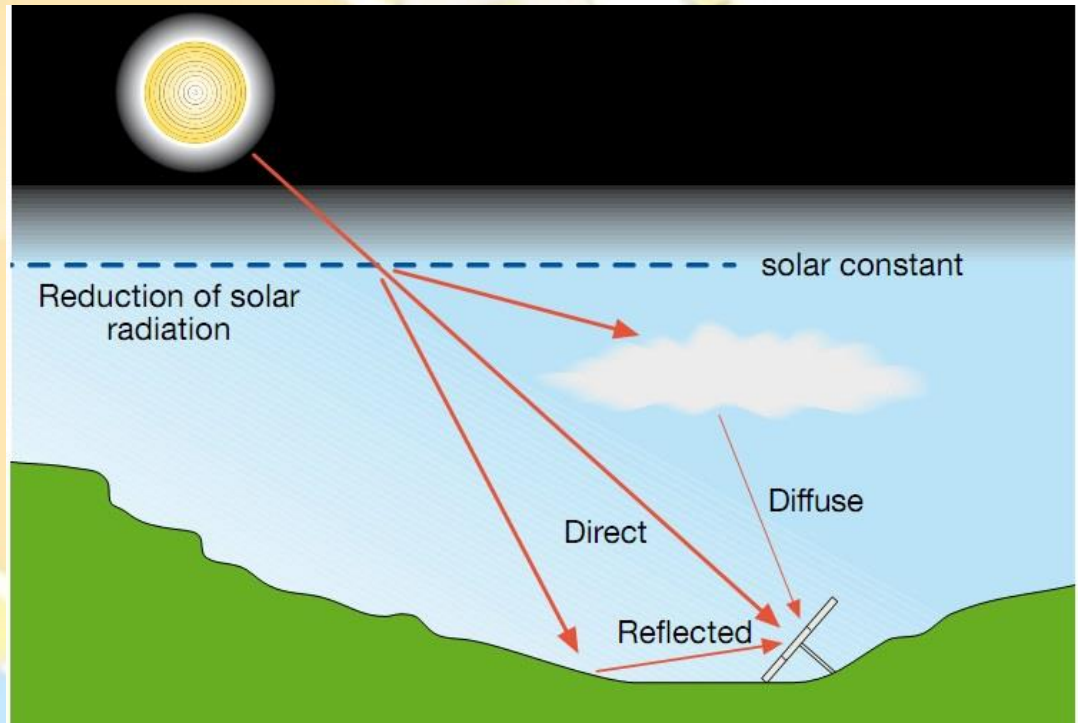
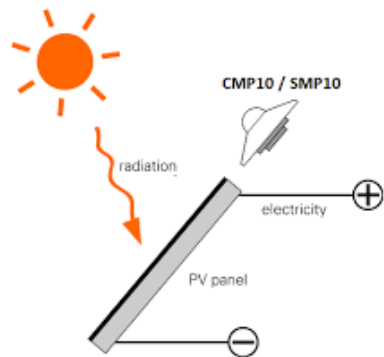


Figure 1b: Representative 72-cell PV module source circuit connected in series using leapfrog wiring



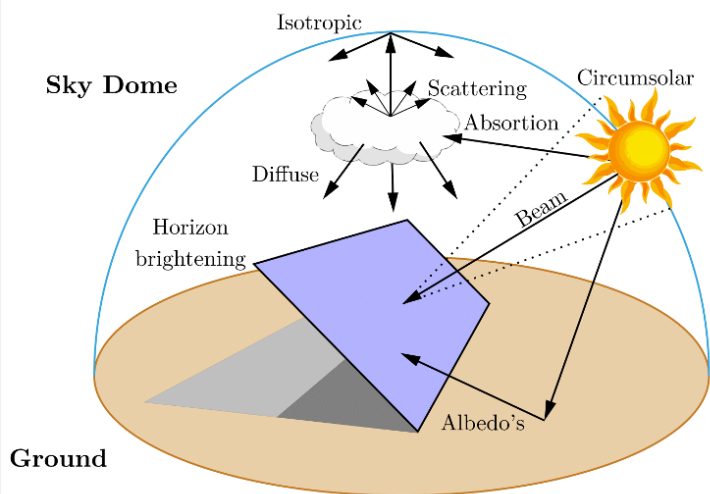
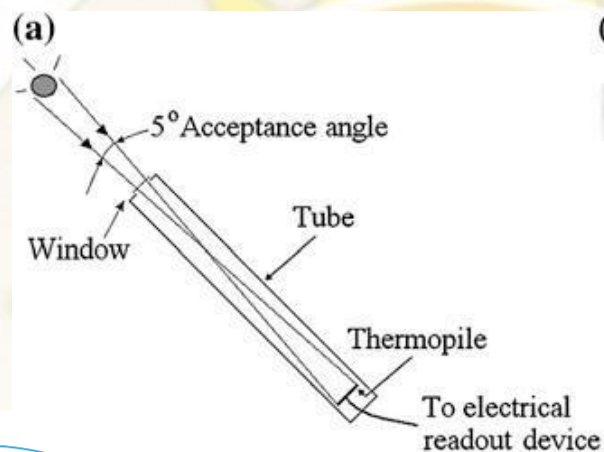
PVSOLAR

مولفه های تابش خورشیدی

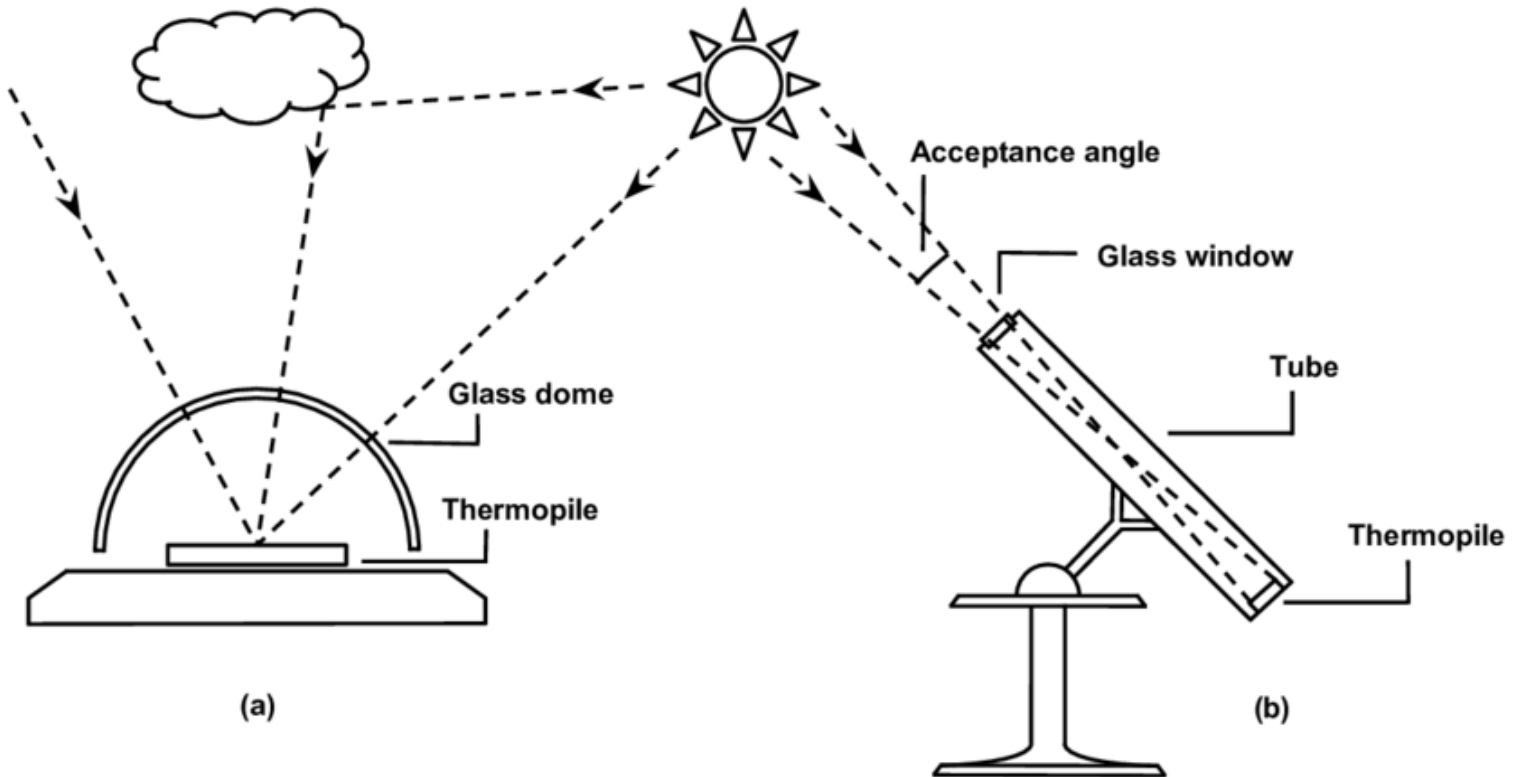


PV SOLAR

پیر هلیومتر (اندازه گیری تابش مستقیم خورشیدی)

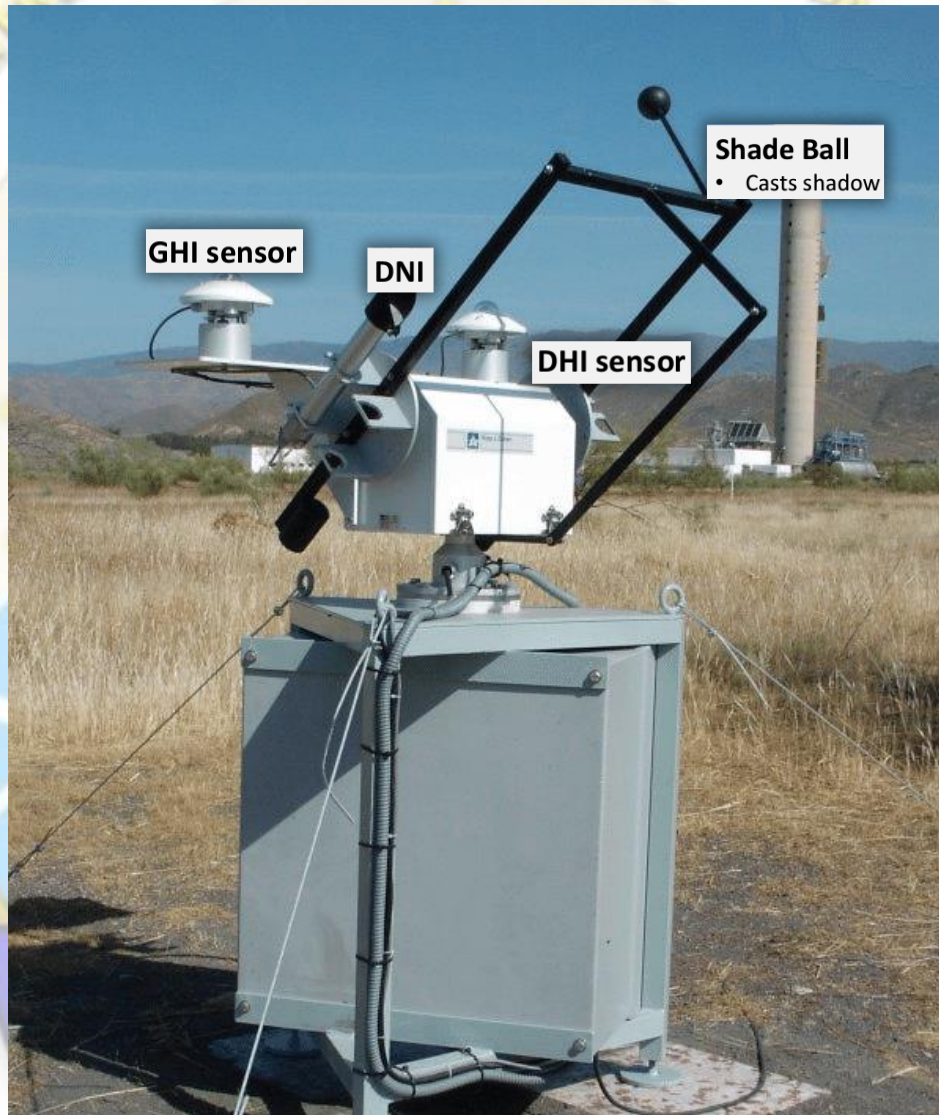


پیرانومتر و پیرھلیومتر

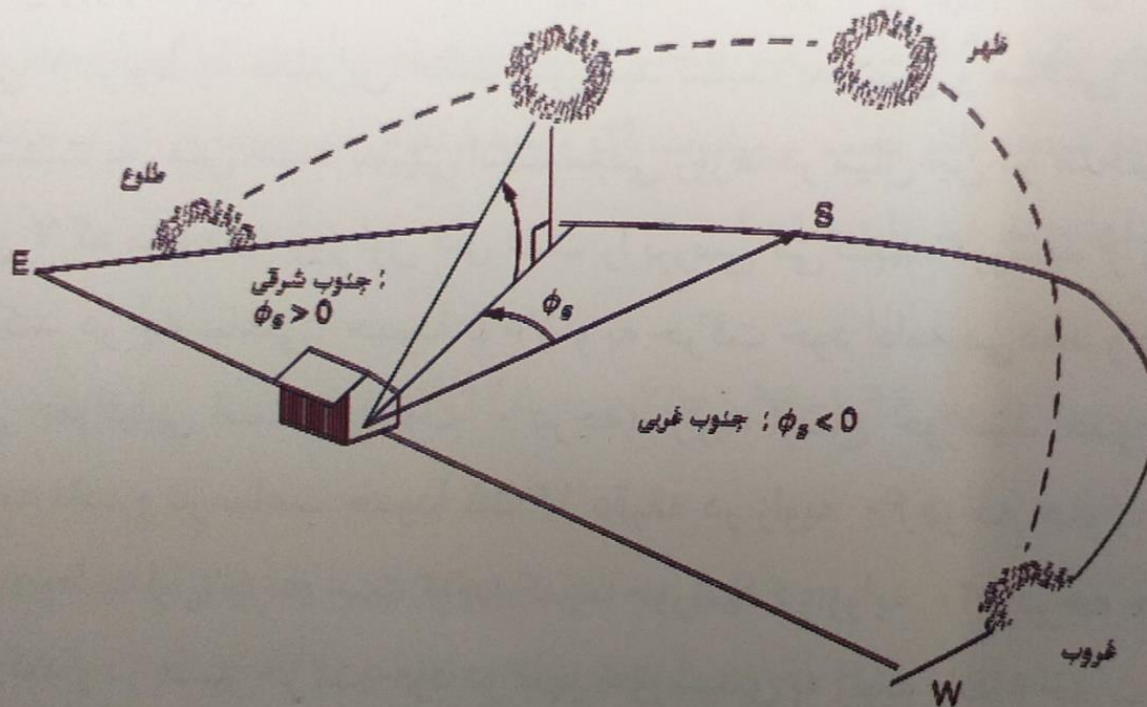


PVSOLAR

مجموعه تابش سنج خورشیدی



مسیر تابش خورشیدی



شکل ۱-۹ موقعیت خورشید در هر زمان از روز

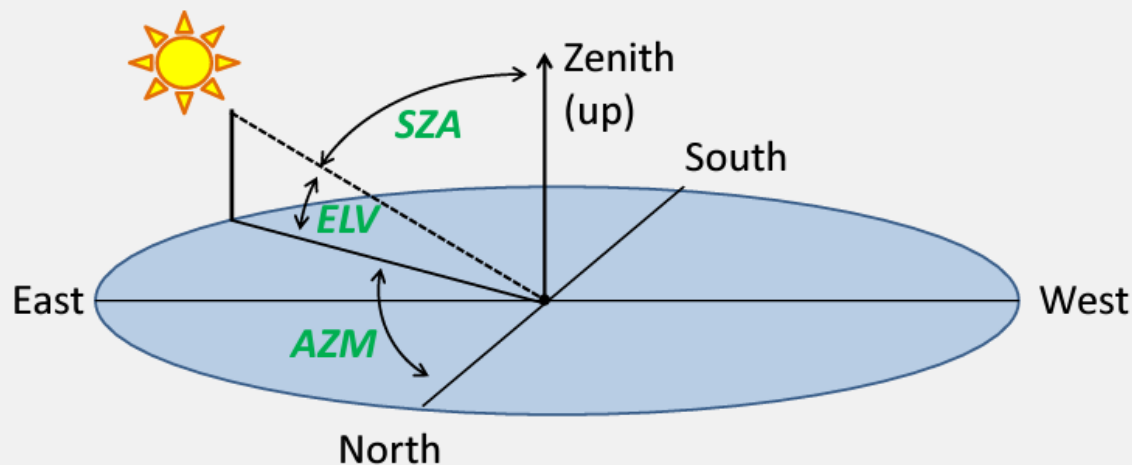
PVSOLAR

Solar Positioning

Azimuthal Angle (AZM): Angle measured clockwise from North

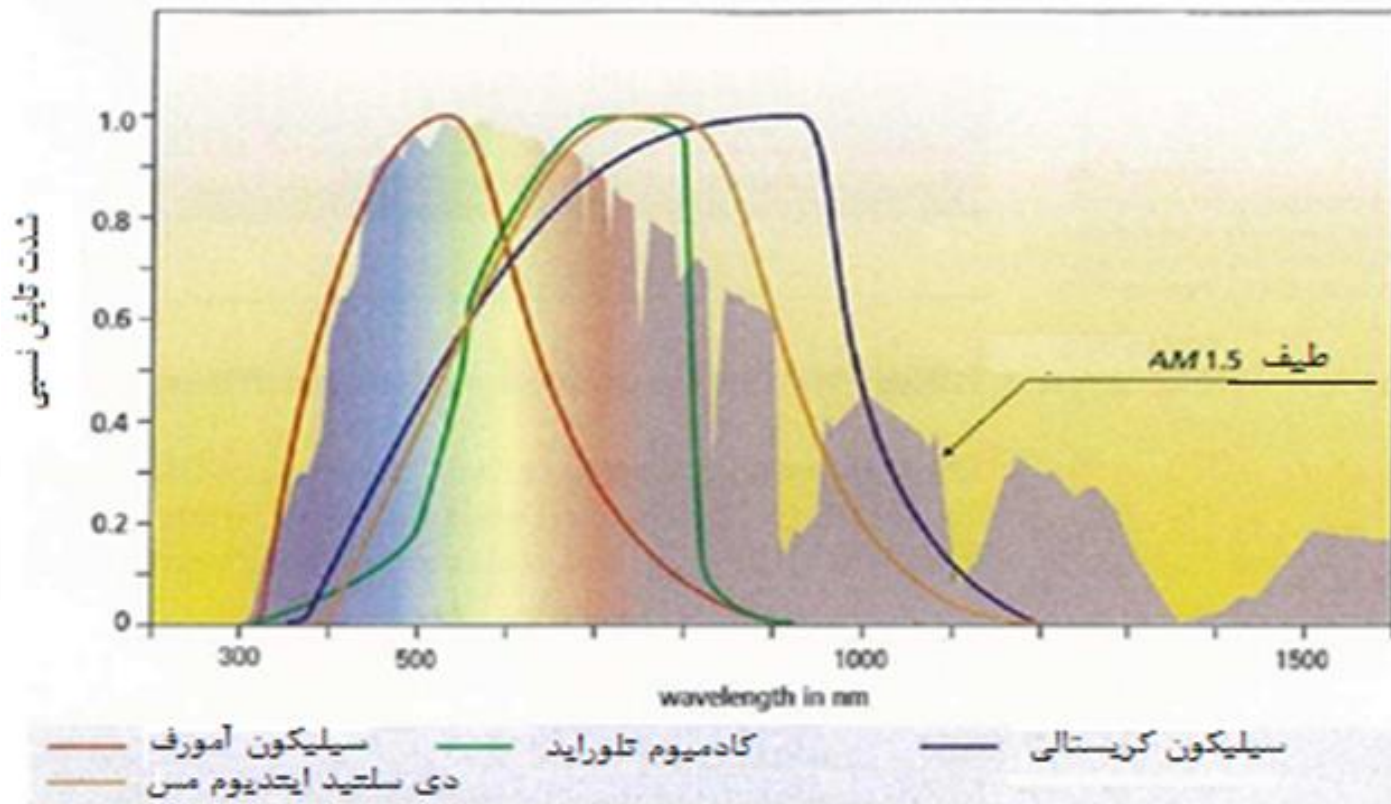
Elevation Angle (ELV): Angle measured up from the horizon

Solar Zenith Angle (SZA): Angle measured down from vertical



PVSOLAR

حساسیت طیفی پنل های مختلف



PVSOLAR

تابش خورشیدی در ایران

Küresel yatay radyasyon

Türkiye



Ortalama yıllık toplam (4/2004 - 3/2010)

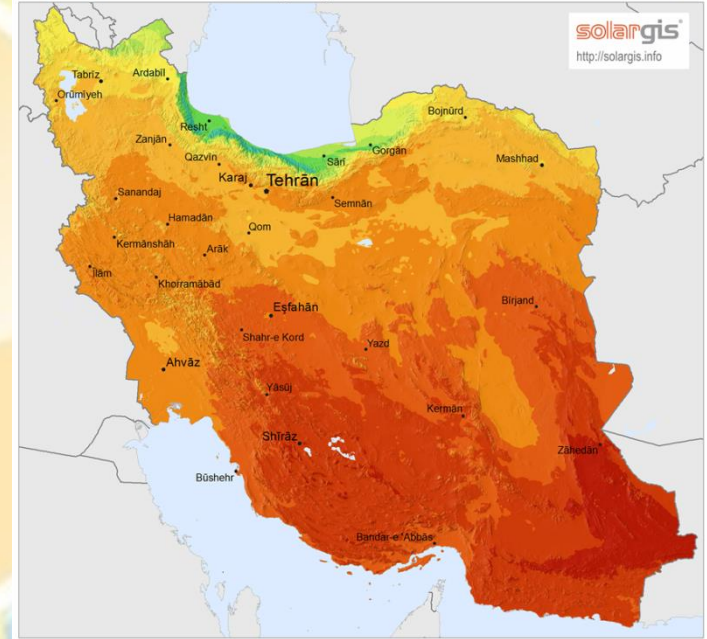
< 1100 1250 1400 1550 1700 1850 2000 kWh/m²

0 50 100 km

© 2011 GeoModel Solar s.r.o.

Global Horizontal Irradiation (GHI)

Iran



Average annual sum, period 1999-2011

< 1200 1400 1600 1800 2000 2200 kWh/m²

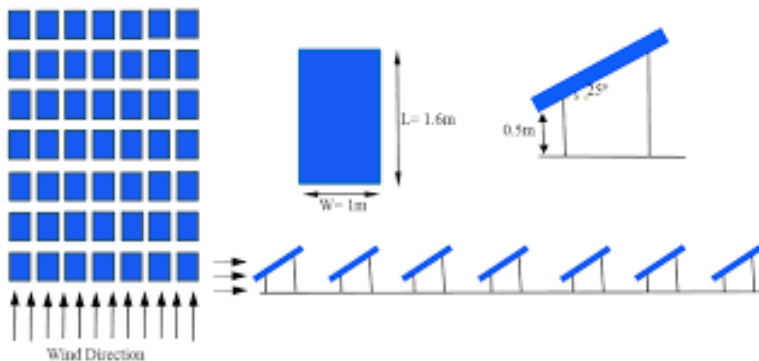
0 100 200 km

GHI Solar Map © 2015 GeoModel Solar

PVSOLAR

یک تیل (میز) خورشیدی



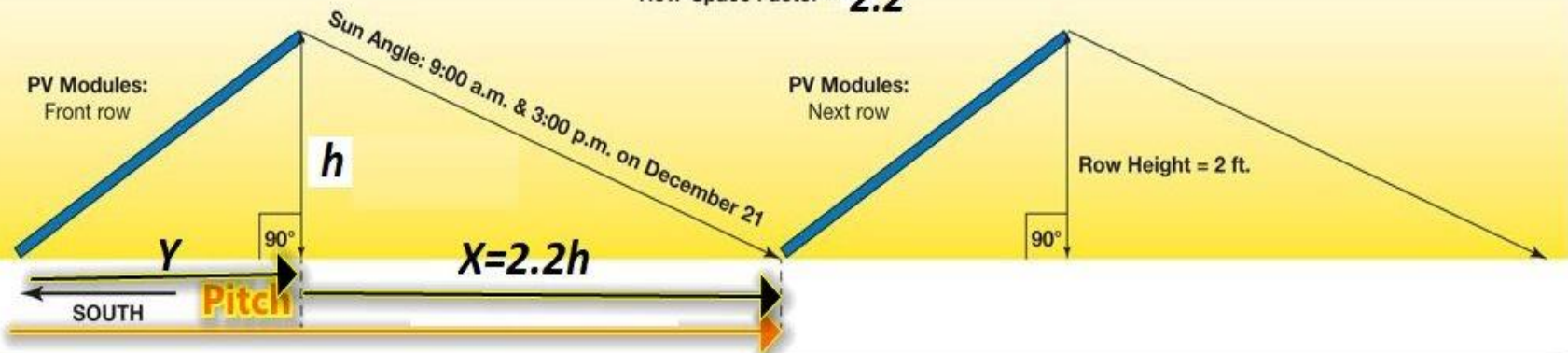


محاسبه فاصله بهینه میان سازه های خورشیدی

Calculating Pitch

$$\text{Pitch} = X + Y$$

Row-Space Factor = **2.2**



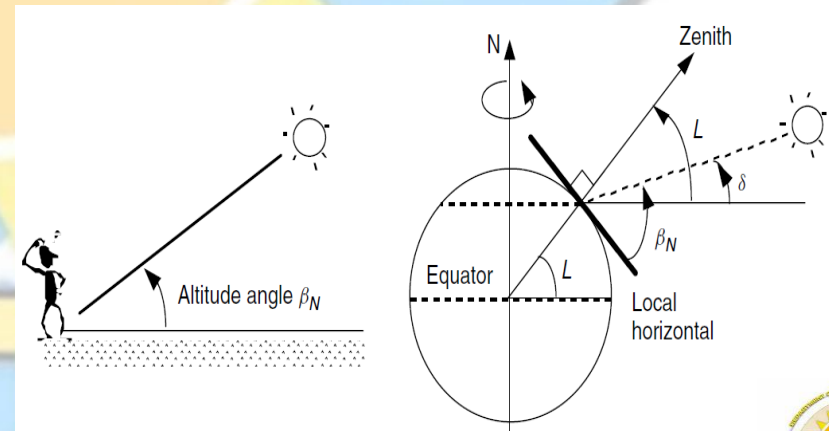
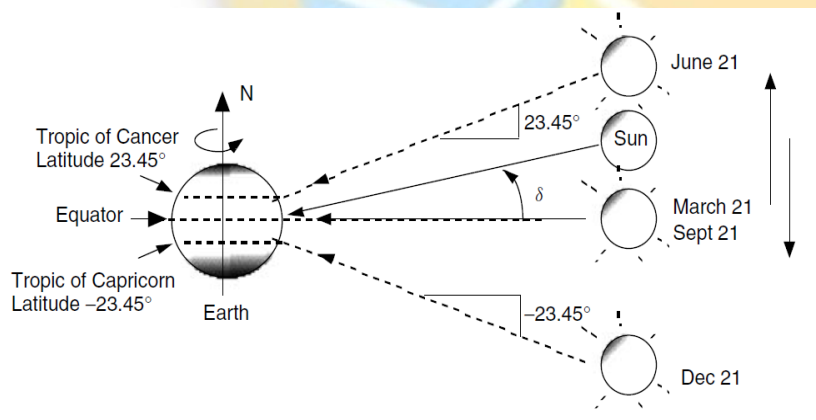
تعیین زاویه نصب ماژول خورشیدی

- زاویه بین سطح استوا و خطی که از مرکز خورشید به مرکز زمین کشیده شده است به نام زاویه انحراف خورشید، شناخته می شود که این مقدار بین $+23.45$ تا -23.45 درجه خواهد بود و یک رابطه ساده سینوسی با فرض یک سال ۳۶۵ روزه و اینکه اعتدال شب و روز در روز ۸۱ ام بهار بهار در نظر بگیریم، بنا شده است.

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

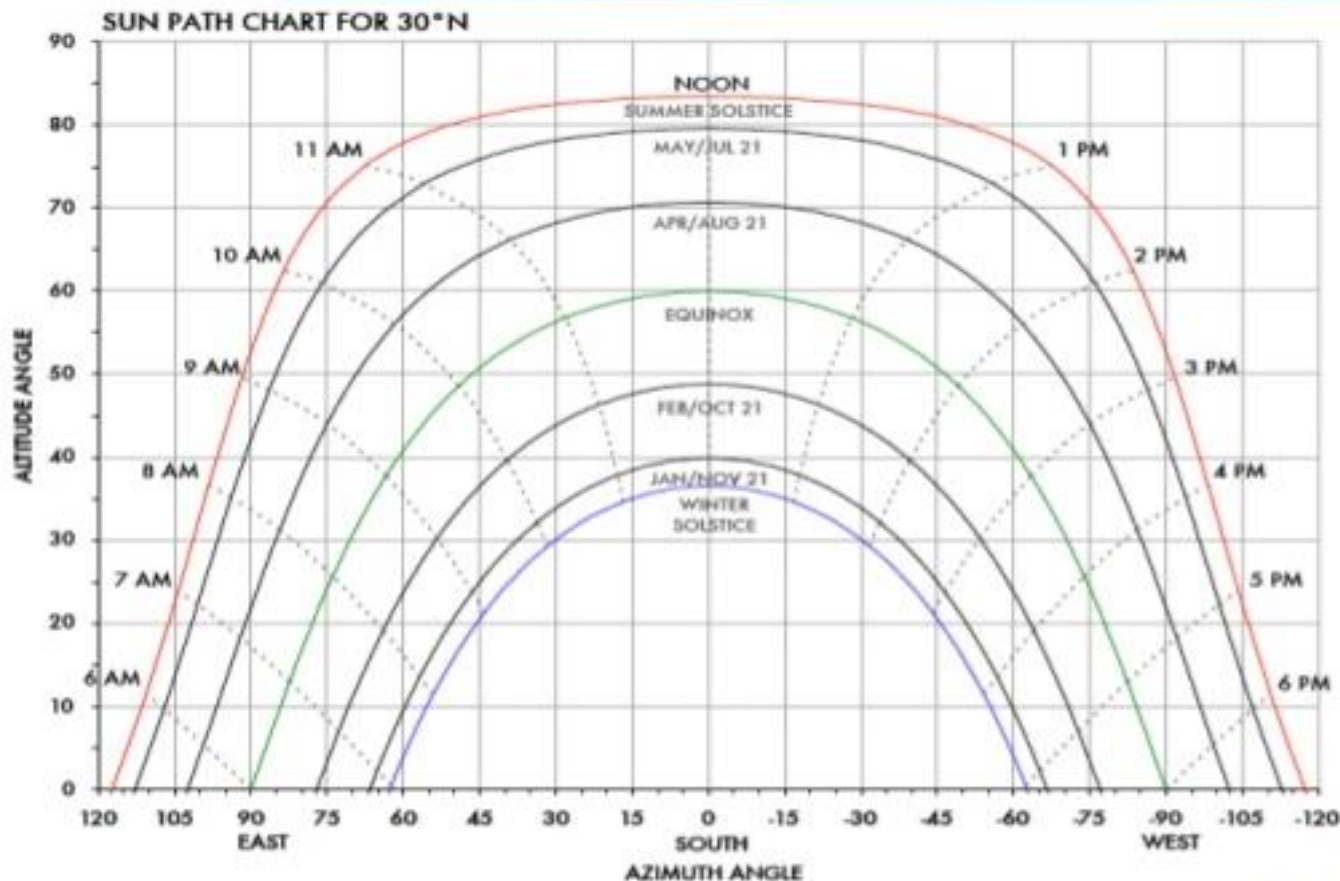
- برای اینکه بخواهیم زاویه نصب ماژول را بدانیم باید زاویه ارتفاع خورشید در ظهر خورشیدی β_N را محاسبه کنیم

$$\beta_N = 90^\circ - L + \delta \quad \text{زاویه} = 90^\circ - \beta_N$$



SunPath

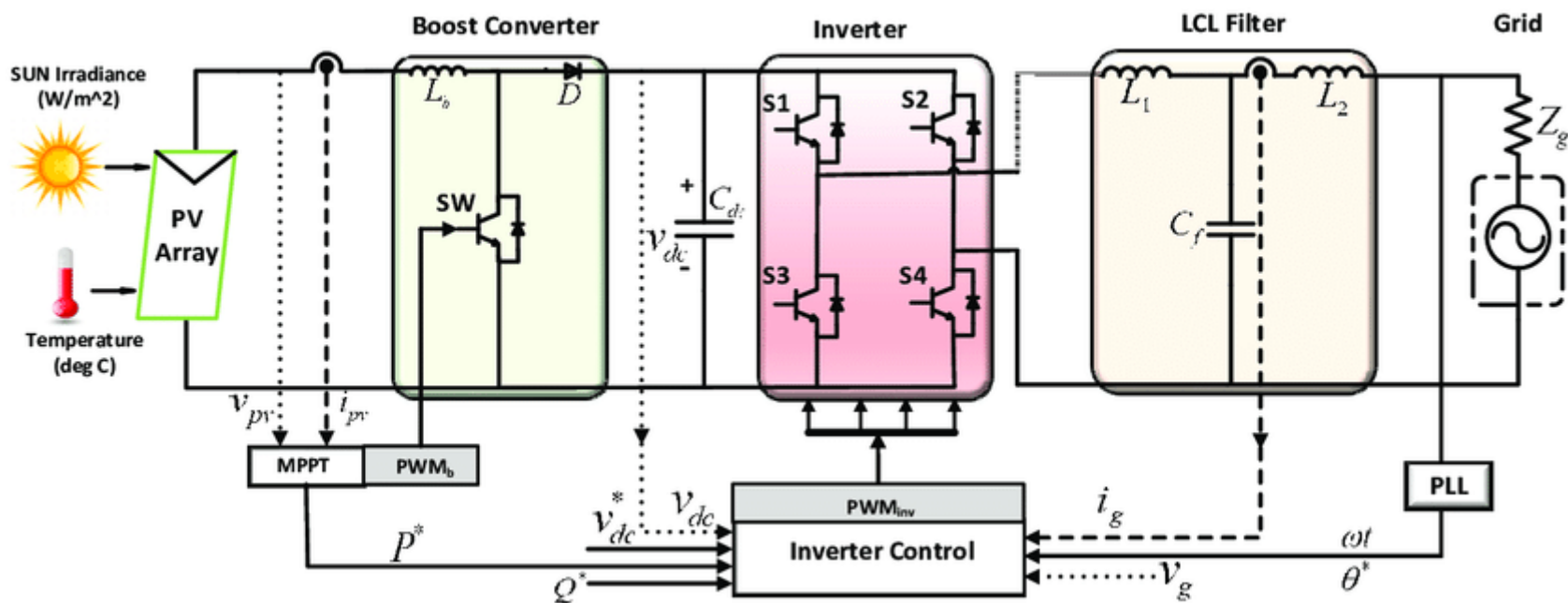
منحنی حرکت خورشید



PVSOLAR

اینورترهای متصل به شبکه

- اینورترهای متصل به شبکه ی قادر هستند که عملیات زیر را انجام دهند :
- تبدیل برق تولید شده توسط ماژول های به ولتاژ سینوسی مطابق با استاندارد شبکه سراسری برق.
- تنظیم نقطه استرینگ های خورشیدی برای عملکرد بهینه (MPPT)
- ثبت اطلاعات عملکرد و سیکنالینگ (برای مثال : نمایش ، ذخیره اطلاعات و انتقال
- برقراری دستگاه های حفاظتی (برای مثال : حفاظت پلاریته ناصحیح ، حفاظت اضافه بار و اضافه ولتاژ و)



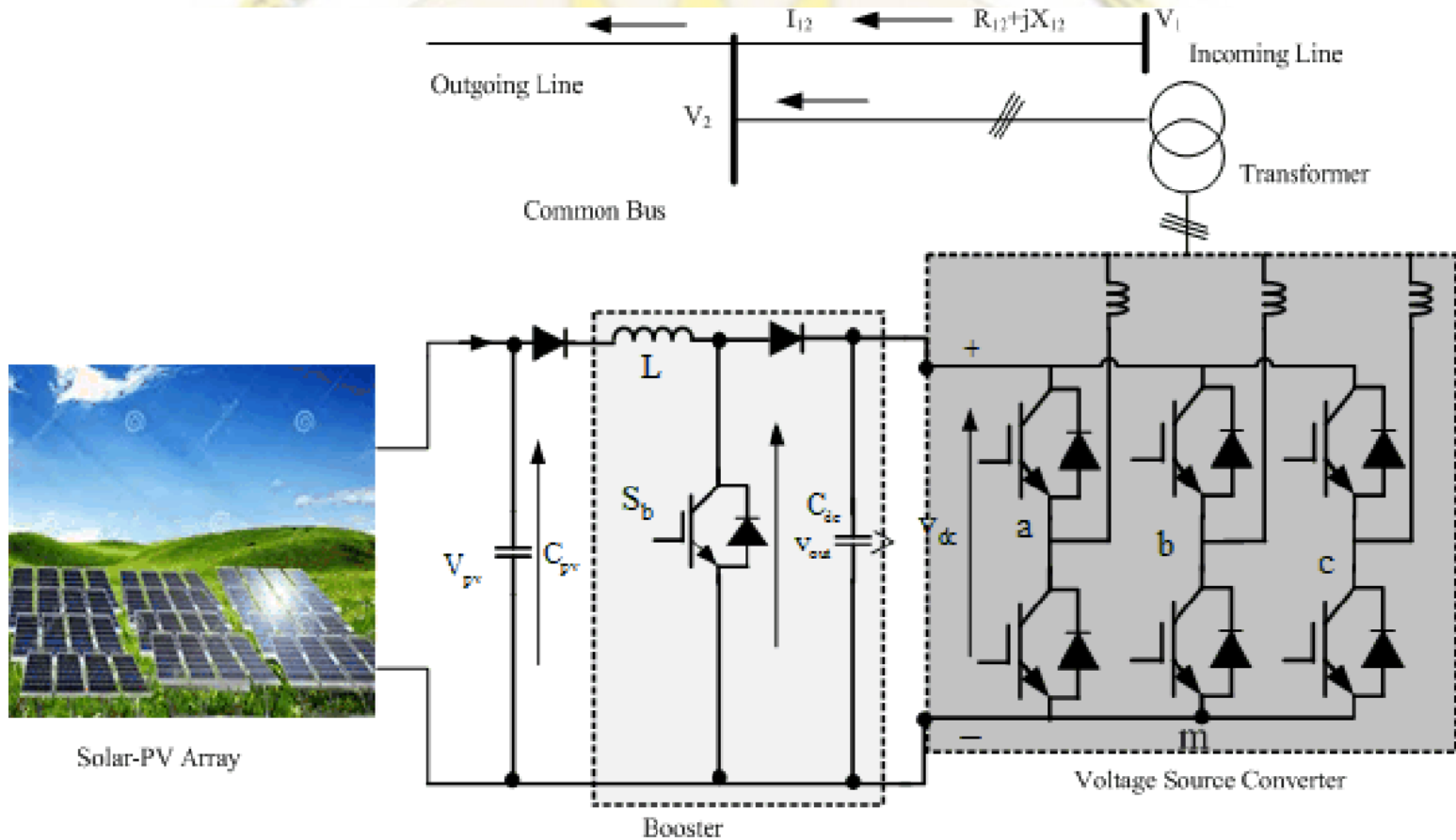


Fig. 1 Schematic diagram of solar-PV power plant integrated with Distribution feeder

PV SOLAR

مشخصات یک اینورتر خورشیدی متصل به شبکه

- تبدیل ولتاژ DC به AC
- میتواند دارای چندین ورودی باشد . (بسته به میزان ظرفیت اینورتر اینورودی ها متغیر است) همچنین معمولاً این ورودیها از نوع MC4 است . (البته این موضوع همگانی نیست)
- دارای یک خروجی است . این خروجی در اینورترهای بالاتر از ظرفیت ۵ کیلووات معمولاً سه فاز (۵ سیمه) و در اینورترهای کمتر از ۵ کیلووات معمولاً تکفاز (سه سیمه است) .
- ورودی ها معمولاً در قسمت سمت چپ اینورتر و خروجی در سمت راست اینورتر قرار دارد .
- دارای تجهیزاتی به نام MPPT است که وظیفه اصلی آن تعیین نقطه بهینه توان استرینگ خورشیدی است .
- اینورترها می توانند دارای چندین MPPT باشند . در صورتی که اینورتر تنها یک MPPT داشت کلیه استرینگها می بایست همگون باشند . (تعداد ، توان ، برند و سری ساخت پنلها یکی باشند)
- دارای یک بوستراست که ولتاژ استرینگ را در یک نقطه ثابت که قابل استفاده برای قسمت کانورتر دستگاه است تنظیم می کند .
- اینورترهای تکفاز دارای ۴ قطعه IGBT و اینورترهای سه فاز دارای ۶ قطعه IGBT هستند
- اینورتر دارای یک بازه ولتاژ است که ولتاژ استرینگهای خورشیدی می بایست در شرایط مختلف دمایی سال در این بازه باشند .
- پس از اتصال استرینگهای خورشیدی و نیز اتصال خروجی به شبکه برق و نیز مساعد بودن شرایط فرکانسی و ولتاژی ، ابتدا فرکانس سینوس تولیدی خود را با فرکانس برق شهر هم فاز می کند و در نهایت به شبکه تزریق می کند .

• $49 < F < 51$

$85\% < V < 110\%$

اینورتر های استرینگ

Sungrow 3PH Inverter 250KW (SG250HX)



مشخصات فنی اینورتر

Type designation	SG250HX
Input (DC)	
Max. PV input voltage	1500 V
Min. PV input voltage / Startup input voltage	600 V / 600 V
Nominal PV input voltage	1160 V
MPP voltage range	600 V – 1500 V
MPP voltage range for nominal power	860 V – 1300 V
No. of independent MPP inputs	12
Max. number of input connectors per MPPT	2
Max. PV input current	26 A * 12
Max. current for input connector	30 A
Max. DC short-circuit current	50 A * 12
Output (AC)	
AC output power	250 kVA @ 30 °C / 225 kVA @ 40 °C / 200 kVA @ 50 °C
Max. AC output current	180.5 A
Nominal AC voltage	3 / PE, 800 V
AC voltage range	680 – 880V
Nominal grid frequency / Grid frequency range	50 Hz / 45 – 55 Hz, 60 Hz / 55 – 65 Hz
THD	< 3 % (at nominal power)
DC current injection	< 0.5 % I _n
Power factor at nominal power / Adjustable power factor	> 0.99 / 0.8 leading – 0.8 lagging
Feed-in phases / connection phases	3 / 3

PVSOLAR

نمایی از ورودی و خروجی اینورتر متصل به شبکه



PVSOLAR

اینورترهای مرکزی (سانترال)



PVSOLAR

کمباینر باکس اینورٹر سنترال



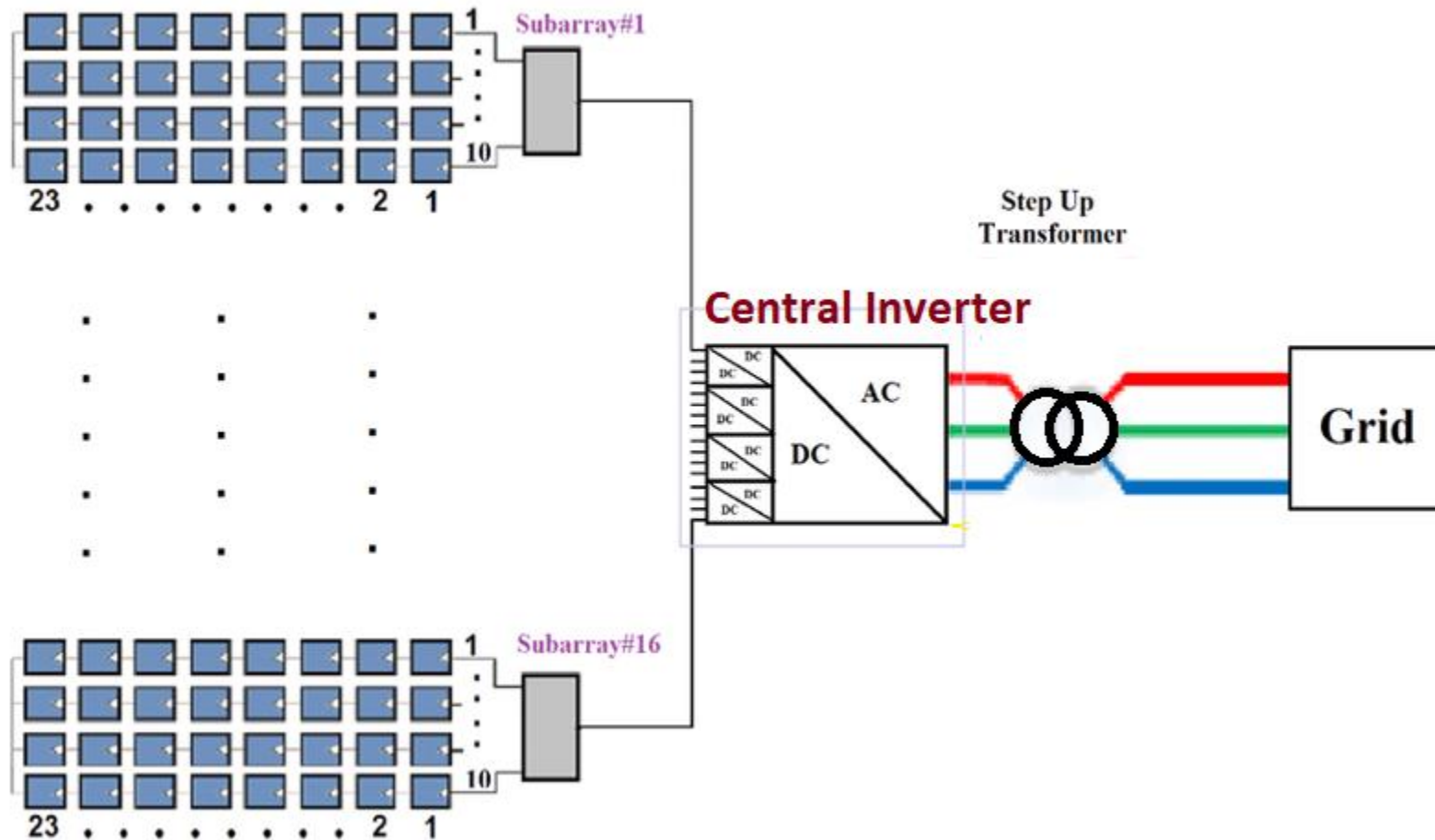
PVSOLAR

کمباینر باکس

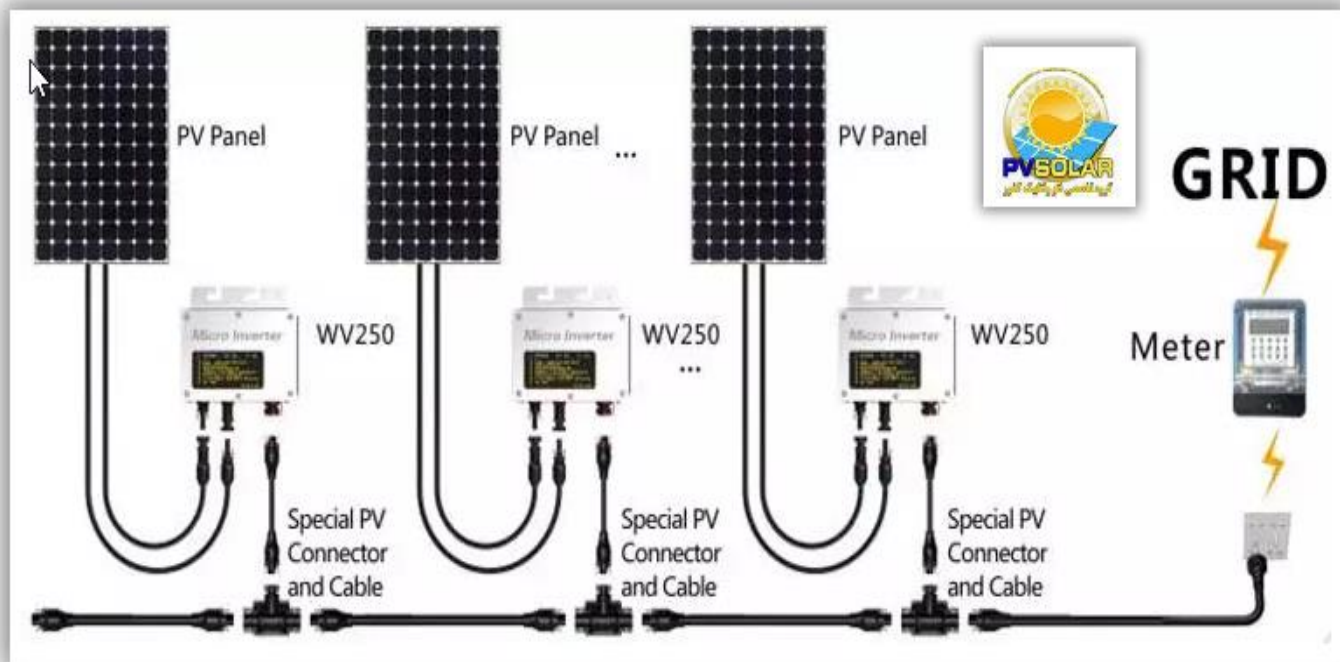


PVSOLAR

نمای ارتباطات استرینگ های خورشیدی و اینورتر سنترال



سیستم متصل با میکرو اینورتر



اینورتر منفصل از شبکه



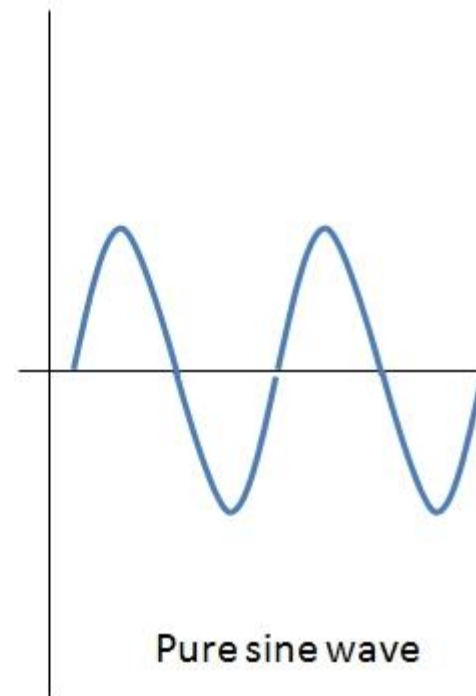
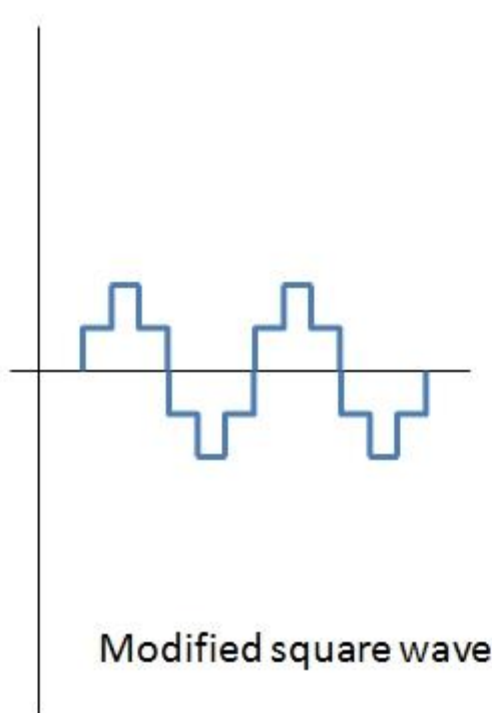
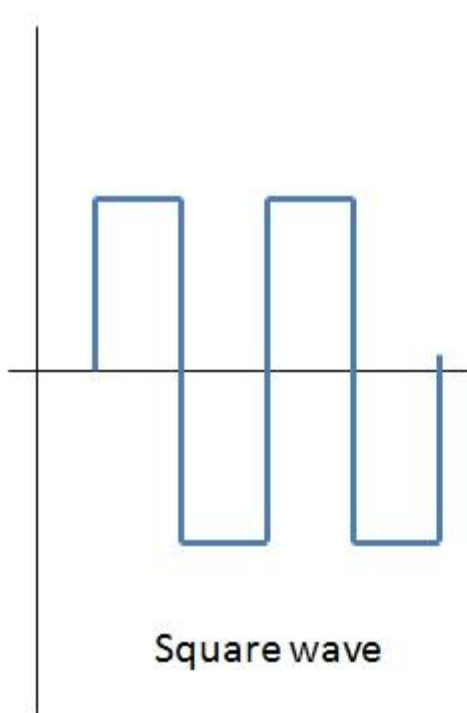
PVSOLAR

مشخصات یک اینورتر منفصل از شبکه

- تبدیل ولتاژ DC به AC
- دارای یک ورودی است. (معمولا ورودی را از باتری می گیرد.)
- دارای یک خروجی تک فاز است. (دو سیمه)
- ورودی اینورتر از باتری است.
- دارای یک ولتاژ ورودی تقریبا ثابت است (۲۴ یا ۴۸)
- دارای انواع خروجی های مربعی ، شبه سینوسی و یا سینوسی خالص است که بسته به نیاز و با توجه به بار مصرفی انتخاب می شود.
- به شبکه وصل نمیشود.

PVSOLAR

انواع شکل موج های خروجی یک اینورتر منفصل از شبکه



PVSOLAR

کابل فتوولتائیک (کابل سولار)

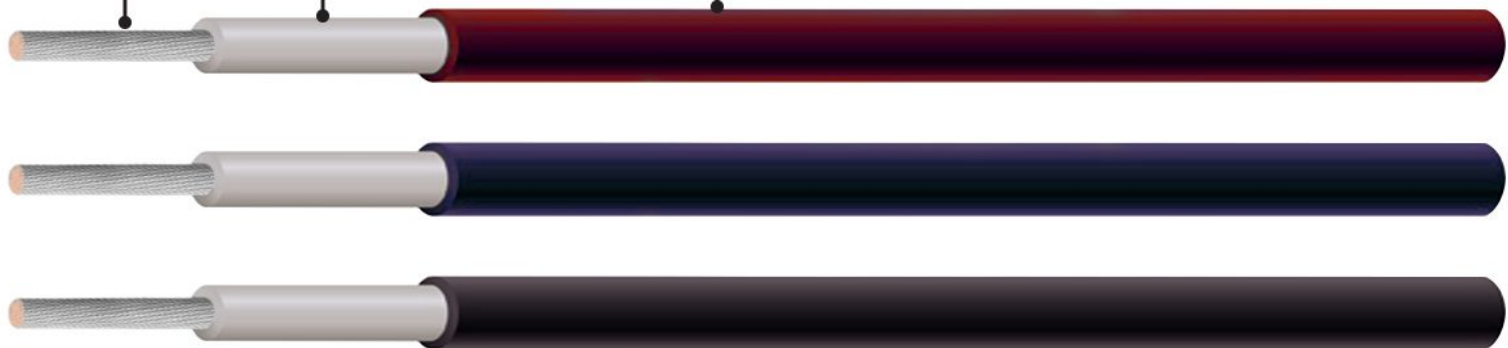


PV Cable (DC Cable)

Flexible Tinned Copper

XLPE Insulation

XLPE Outer Sheath



PVSOLAR

سازه های نگهدارنده ماژول های خورشیدی

- انواع سازه های نگهدارنده :

- سازه ثابت :

۱- سازه تمام ثابت

۲-

سازه ثابت فصلی

- سازه متحرک :

۱- تک محوره

۲- دو

PVSOLAR

وره



سازه همیشه ثابت



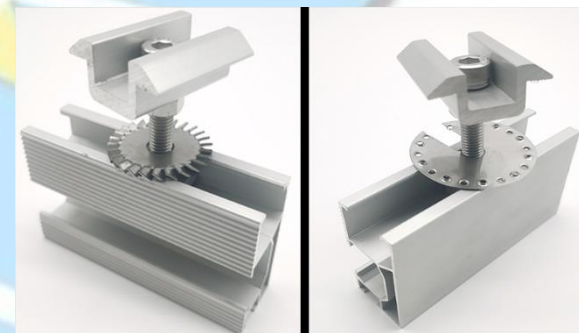
- استراکچر زاویه ثابت با پایه کوبشی

PVSOLAR

یک نمونه از سازه خورشیدی



Solar Panel Mounting Brackets
Suitable for frame solar panels ranging
from 35 mm to 50 mm



• کلمپ کناری نگهدارنده سازه

• کلمپ میانی نگهدارنده سازه

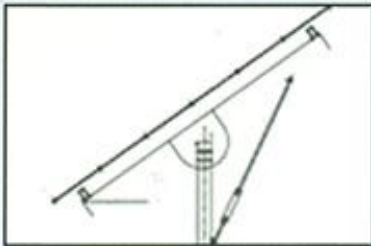
متعلقات استراکچر خورشیدی



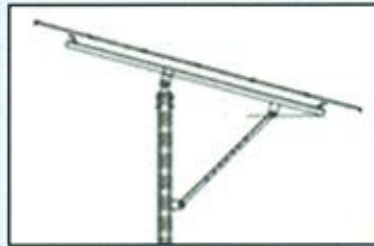
- کلمپ کناری و کلمپ میانی نگهدارنده سازه

PVSOLAR

استراکچر فصلی



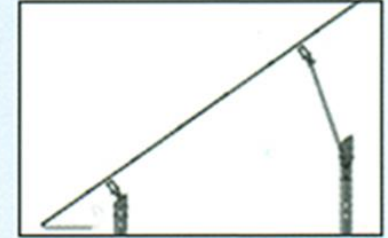
Seasonal structure with unique turn buckle mechanism tilting



Seasonal structure with manual tilting



Seasonal tilting structure with turn buckle with struts

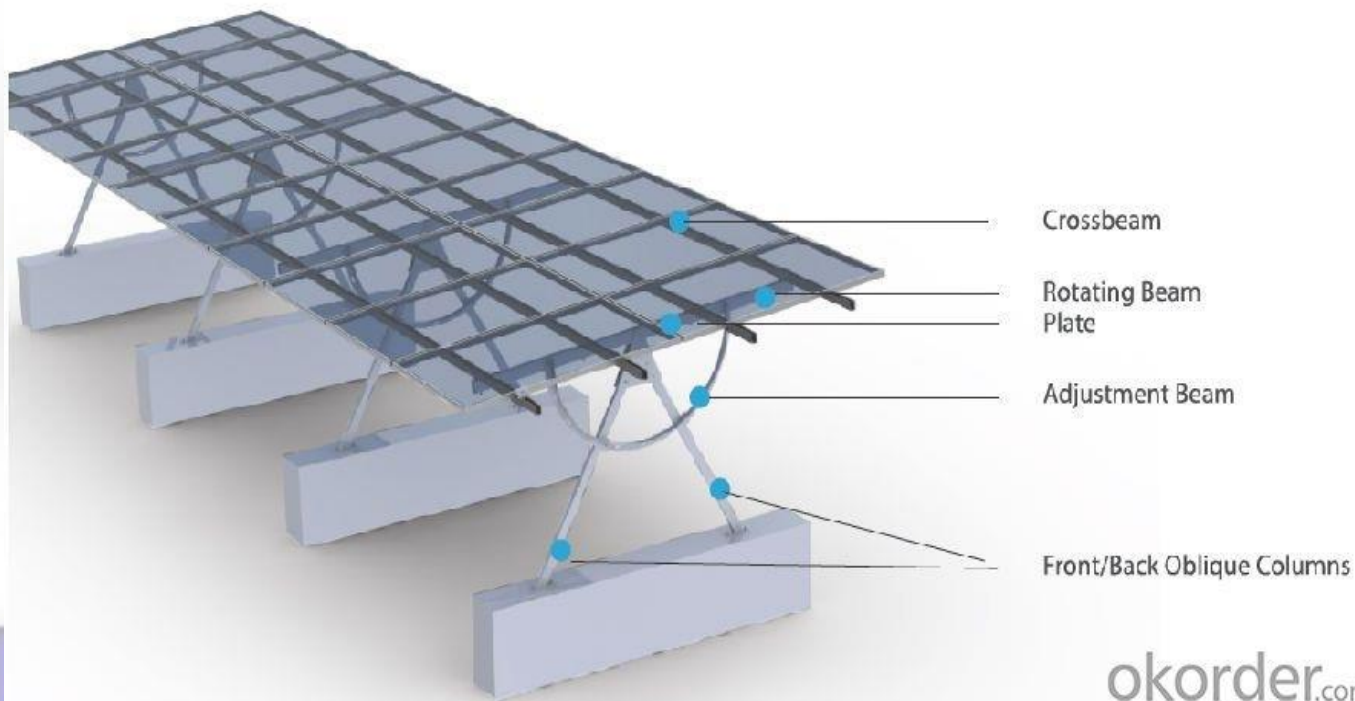


Double pole seasonal tilting structure

- تغییرات زاویه تیلت به صورت دستی و یا خودکار در فصول مختلف سال

PVSOLAR

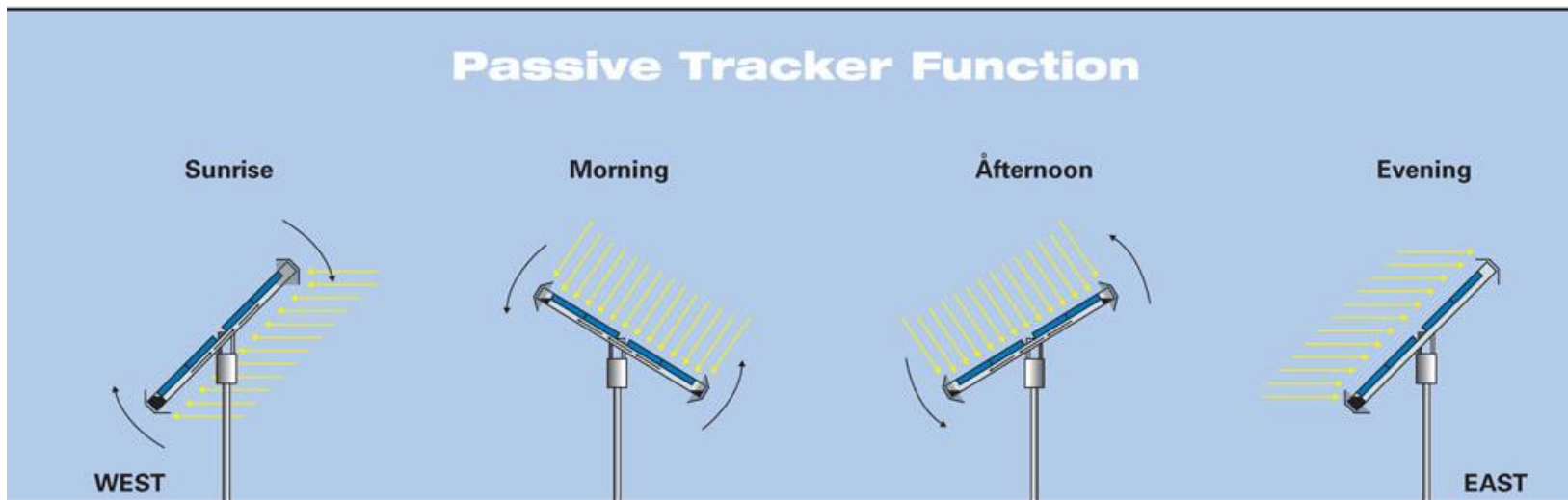
سیستم ردیاب خورشیدی (تک محوره)



PVSOLAR

عملکرد ردیاب خورشیدی (تک محوره شرقی - غربی)

Passive Tracker Function



PVSOLAR

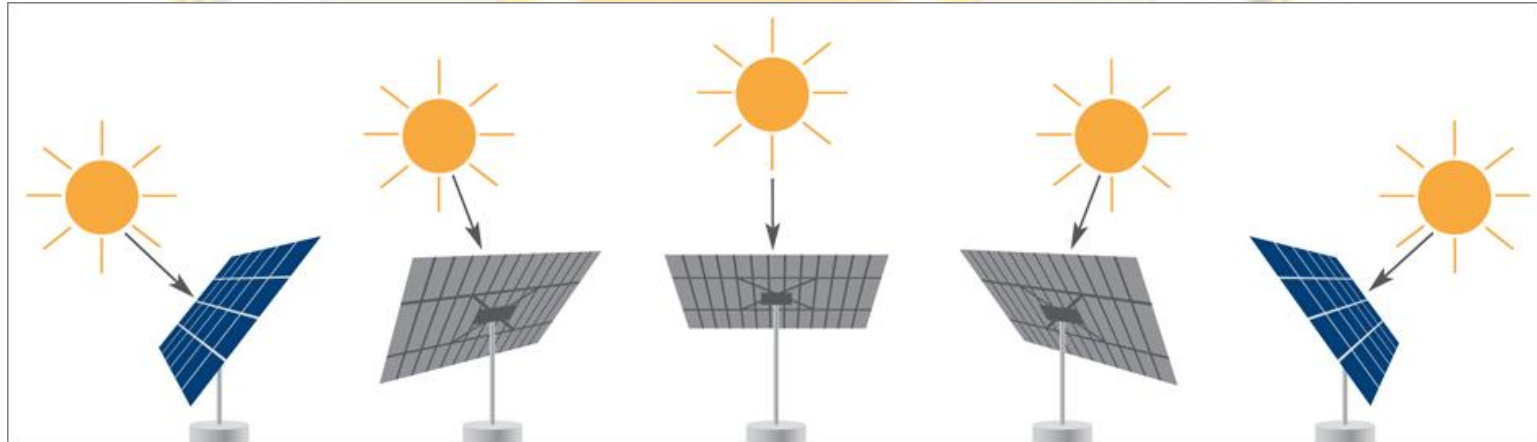
سازہ تک محورہ (شرقی - غربی)



- تغییرات زاویه آزمون استراکچر براساس موقعیت مکانی خورشید

PVSOLAR

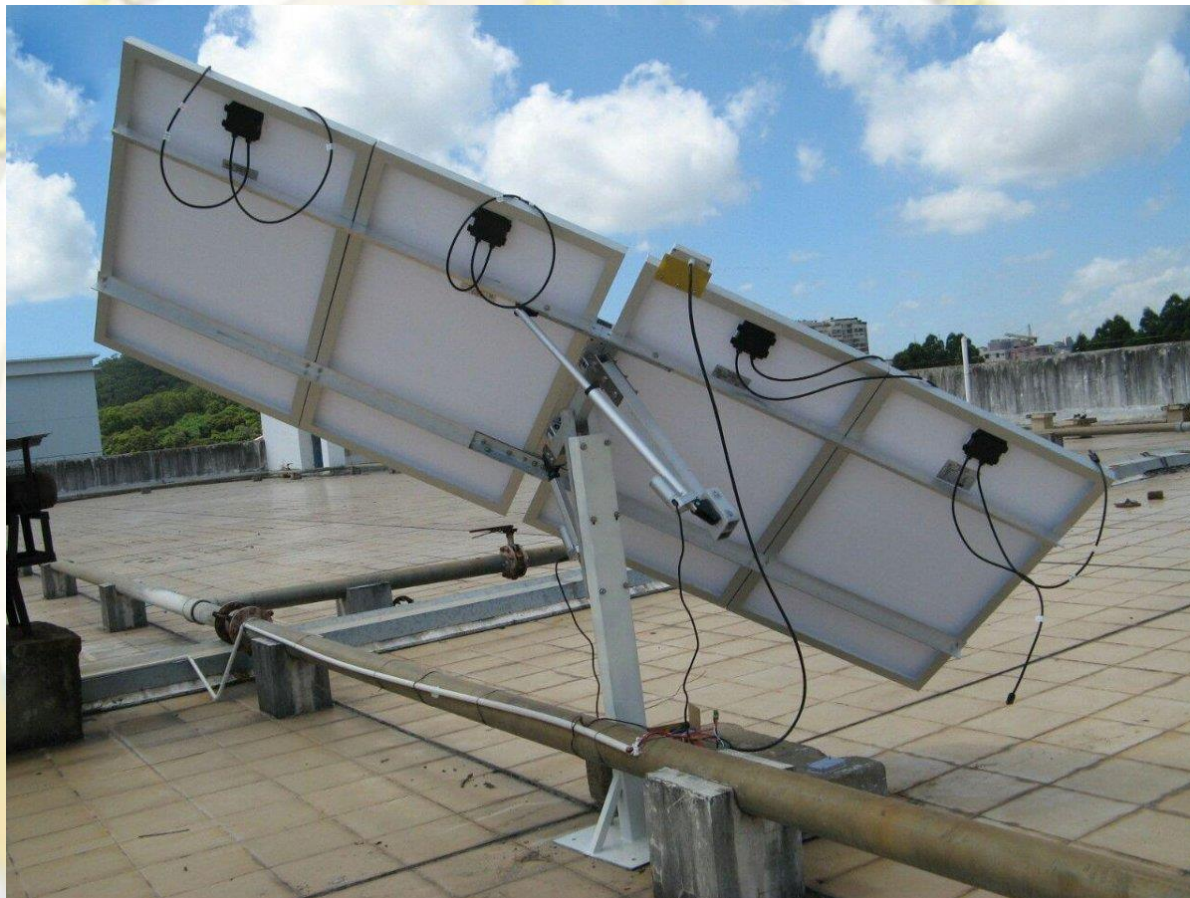
سازه ردیاب خورشیدی متحرک (دو محوره)



- تغییرات زاویه تیلست استراکچر بر اساس فصول مختلف سال
- تغییرات زاویه آزیموت استراکچر بر اساس موقعیت مکانی خورشید

PVSOLAR

استراکچر دو محوره



PVSOLAR

استراکچر دو محوره



PVSOLAR

سازه ثابت سقفی



① Front Leg



② Support Leg



③ Back Leg

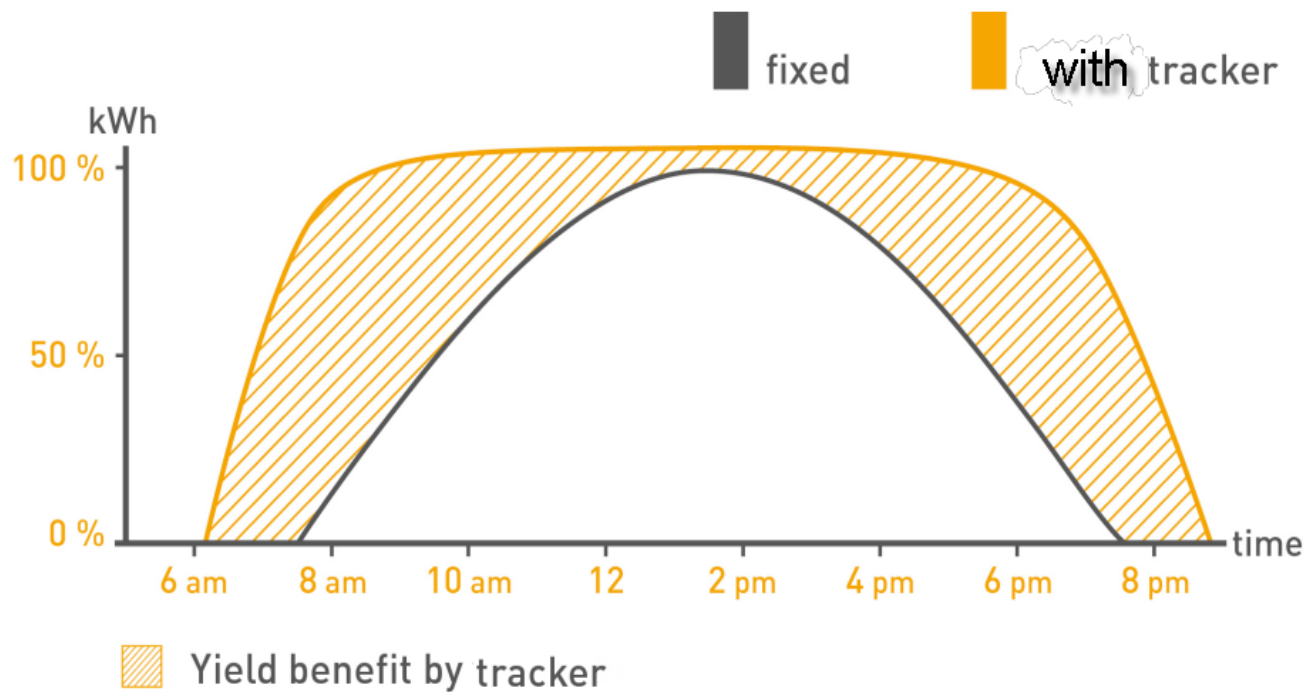


④ End Clamp Kit



PVSOLAR

منحنی دریافت تابش با سیستم ردیاب دو محوره



PVSOLAR

مراحل طراحی الکتریکال سیستم متصل به شبکه

- مفروضات در طراحی یک سامانه متصل به شبکه
 - ۱- مشخص بودن توان کل سیستم
 - ۲- مشخصات فنی پنل خورشیدی
 - ۳- مشخصات فنی اینورترخورشیدی
 - ۴- مشخص بودن دمای حداقل و حداکثر محل نصب

● خواسته ها در طراحی سامانه متصل به شبکه

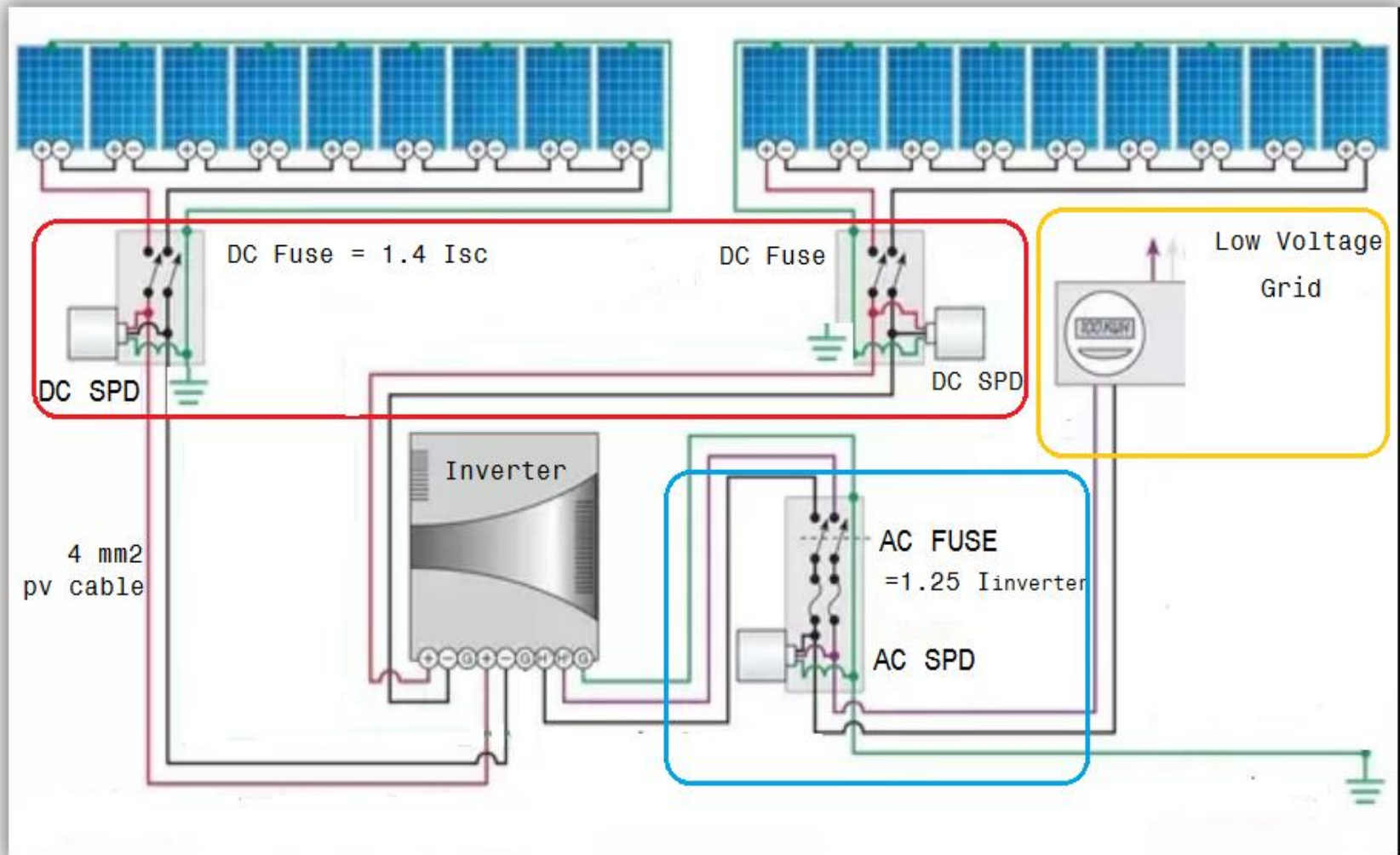
- حداکثر توان از اینورتر گرفته شود
- استرینگ بندی به گونه ای باشد تا ضمن تلفات حداقل ، اینورتر در سرد ترین نقطه زمستان و گرمترین و زمان تابستان به فعالیت خود ادامه دهد
- محاسبات کابل DC و AC
- محاسبات فیوز DC و AC
- الزامات مربوط به انتخاب سرج ارستر

PVSOLAR

مراحل تعیین استرینگ بندی

- تعیین ولتاژ پنل خورشیدی در سرد ترین و گرمترین روزهای سال توسط فرمولهای مربوطه
 - $\text{Module Voc (winter)} = \text{Voc(stc)} + \text{Voc(stc)} \cdot \text{Tk} \cdot (\text{T(amb)} - \text{T(stc)})$
 - $\text{Module Vmpp (summer)} = \text{Vmpp(stc)} + \text{Vmpp(stc)} \cdot \text{Tk} \cdot (\text{T(amb)} + \text{T(add)} - \text{T(stc)})$
- تعیین حداکثر و حداقل تعداد ماژول ها در یک استرینگ با توجه به دو پارامتر فوق و بازه ولتاژی اینورتر با توجه به فرمول های مربوطه
 - $\text{Max(no.module)} =$ بیشترین ولتاژ / حد بالایی محدوده ولتاژ اینورتر در زمستان
 - $\text{Min (no.module)} =$ کمترین ولتاژ / حد پایینی محدوده ولتاژ اینورتر در تابستان
- تعیین تعداد استرینگ ها با توجه به اصول مهندسی (حداقل تلفات و قیه پارامتر ها) و جریان ورودی هر MPPT در اینورتر

سیستم متصل به شبکه



PVSOLAR

فیوز سیلندری سامانه فتوولتایک GPV



PVSOLAR

سرج ارستر DC (SPD)



دو پل



سه پل

PVSOLAR

تابلوی دی سی



PVSOLAR

سرج ارستر AC



سه فاز



تک فاز

PVSOLAR

تابلوی AC



انواع شارژ کنترلر از لحاظ تکنولوژی



• PWM

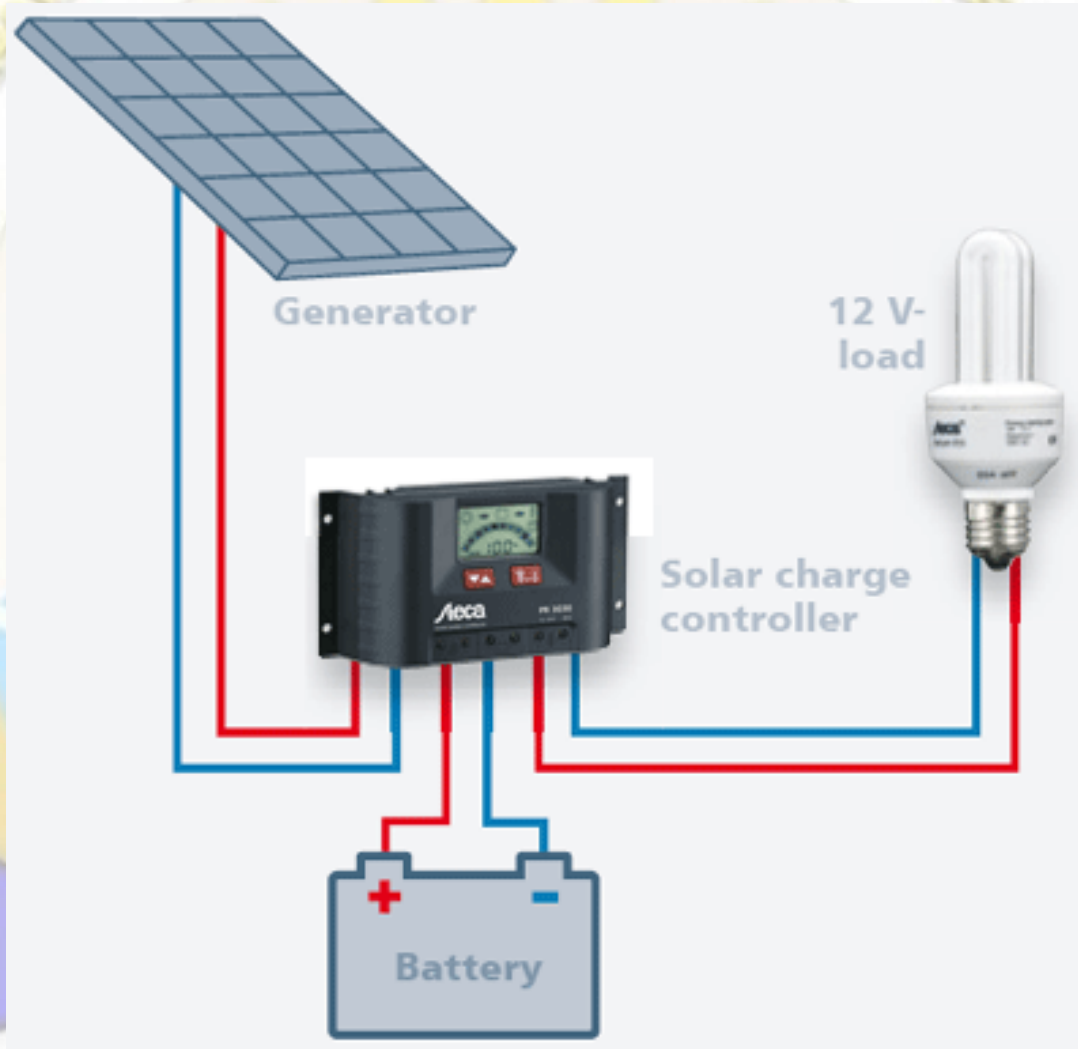
۱. قیمت پایین
۲. قابلیت موازی شدن با حداقل محدودیت
۳. محدودیت حد ولتاژ



• MPPT

۱. قیمت بالا
۲. افزایش ظرفیت شارژ باتری بین ۱۰ تا ۳۰ درصد
۳. قابلیت اتصال ماژولها با ولتاژهای بالاتر از ولتاژ نامی

سیستم منفصل از شبکه (بار دی سی)



یک نمونه باتری و مشخصات آن

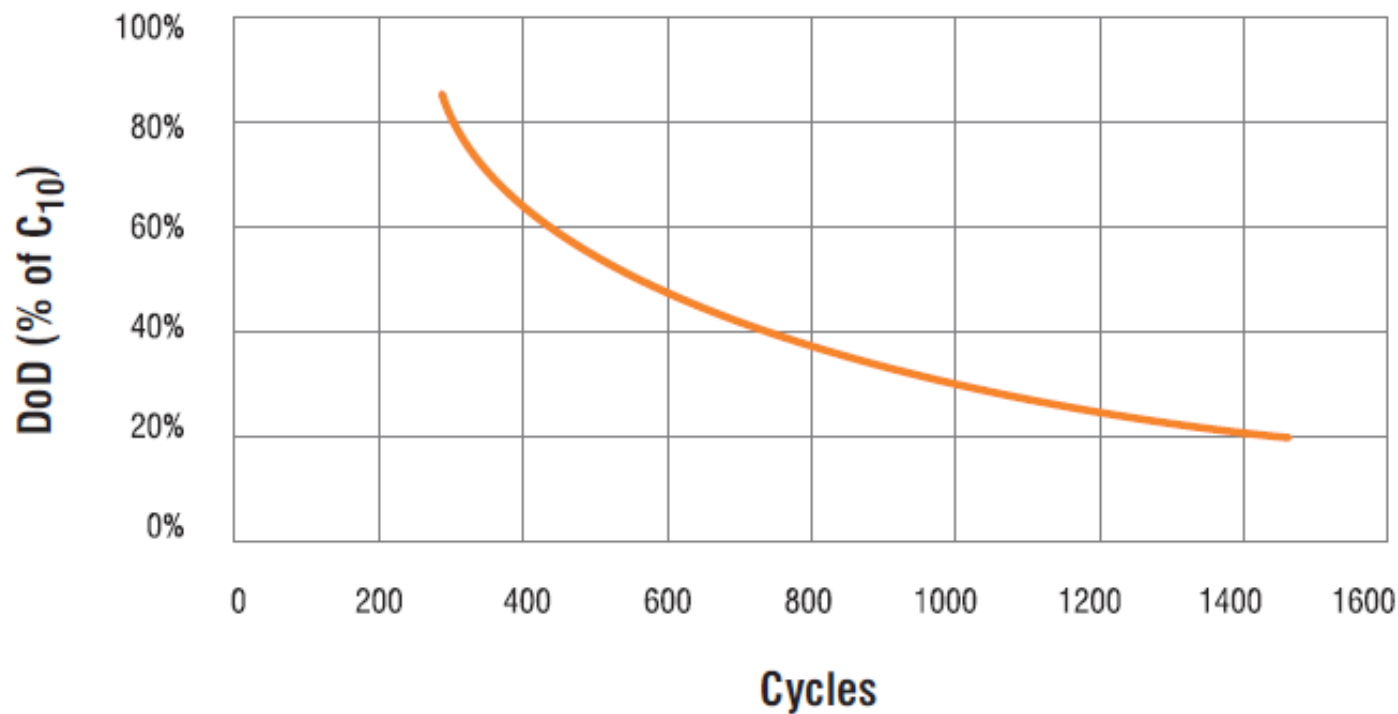
Technical Characteristics

Design Life at 20°C	10-12 years
Eurobat Classification	High Performance
Internal Resistance (Fully charged - 25°C)	5 mΩ
Short-circuit current	2100 A
Max Charging Current	30 A
Min safe end Discharge Voltage	1,60 V/cell
Self discharge per month at 20°C	3%
Recommended Charging Voltage at 20°C	Stand-by use (V/cell): 2,25 to 2,30 Cycle use (V/cell): 2,40 to 2,50
Container Material	ABS-UL94 HB
Electrolyte Type	Sulfuric Acid
Type of plates / Alloy	Flat plates / Lead-Calcium-Tin alloy
Type of Separator	Absorbant Glass Mat
Valve Type / Operational Pressure	Rubber / 1-3 psi (70-200 mbar)
Operating Temperature Range	-20 to + 50°C
Storage time at 20°C	9 months



طول عمر یک باتری با توجه به عمق دشارژ

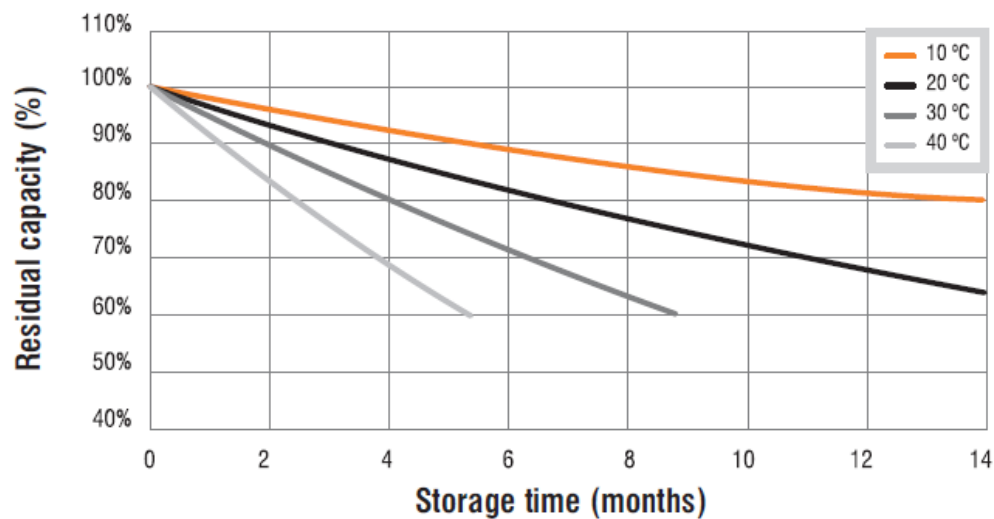
Cycle life vs. Depth of Discharge (DoD)



PVSOLAR

تأثيرات دما بر تخلیه خودبخودی شارژ باتری

Self-discharge characteristics



Temperature	Shelf Life
0 - 20 °C	12 months
21 - 30 °C	7 months
31 - 40 °C	4 months
41 - 50 °C	2,5 months

PVSOLAR

تجهيزات تشكيل دهنده يك سيستم مستقل از شبكه

اینورتر

باتری

شارژ كنترلر

پنل‌های خورشیدی



PVSOLAR

مراحل طراحی الکتریکال یک سامانه منفصل از شبکه

- مفروضات جهت طراحی سامانه منفصل از شبکه
- تعیین جدول بار مصرفی روزانه

بار مصرفی	توان مصرفی بار	تعداد ساعات روشنایی در شبانه روز	انرژی مصرفی شبانه روز
لامپ			
تلویزیون			
یخچال			
پمپ			
متفرقه			
مجموع			

PVSOLAR

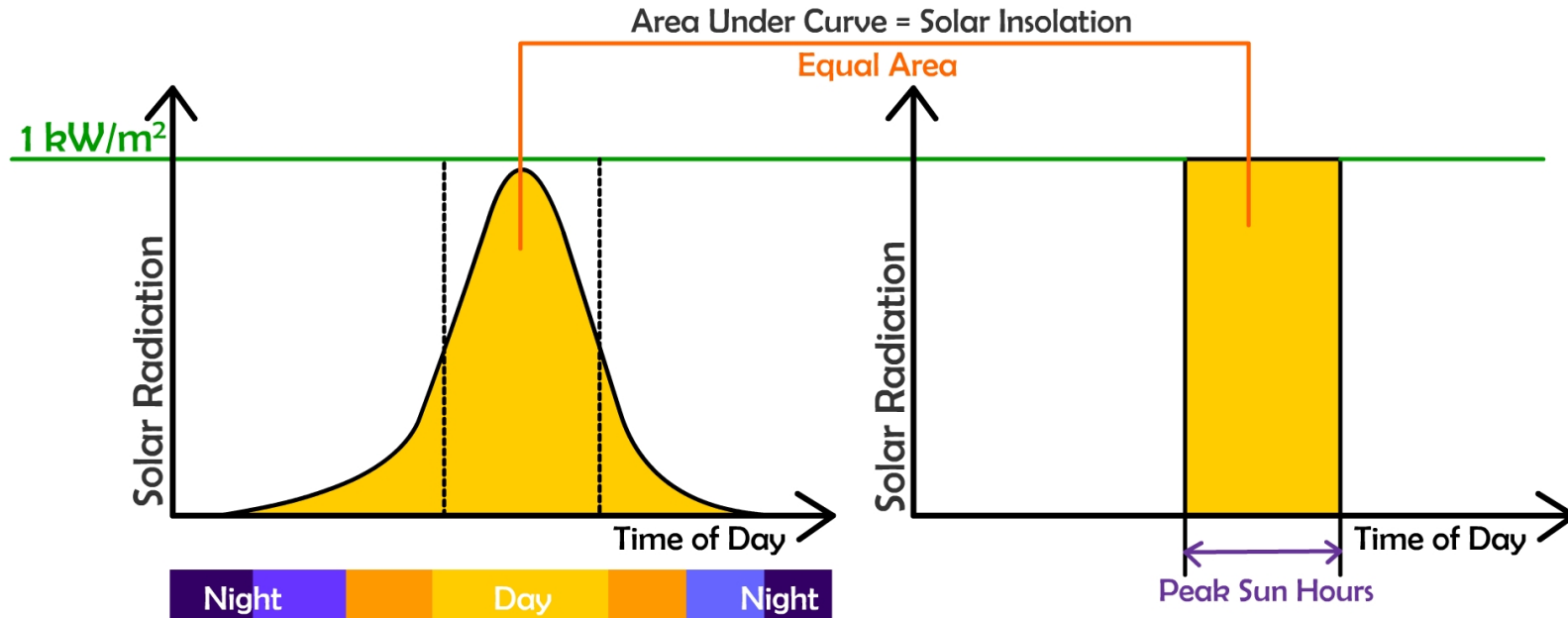
مراحل طراحی یک سامانه متصل به شبکه

• خواسته ها در طراحی سامانه منفصل از شبکه

- ۱- تعیین ظرفیت پنل خورشیدی
- ۲- تعیین ظرفیت بانک باتری
- ۳- تعیین ظرفیت شارژ کنترلر مورد نیاز
- ۴- تعیین ظرفیت اینورتر منفصل از شبکه
- ۵- محاسبه کابل DC موردنیاز
- ۶- محاسبه فیوز DC و AC موردنیاز

PVSOLAR

ساعت آفتابی موثر روزانه (PSH)



PVSOLAR

تعیین ظرفیت پنل خورشیدی مورد نیاز

- $P = E / (PSH * 0.76)$

- P = توان پنل خورشیدی مورد نیاز
- E = انرژی مصرفی روزانه شبانه روز
- PSH = ساعت آفتابی متوسط روزانه منطقه نصب سامانه (متوسط یکساله)
- 0.76 = راندمان سامانه (با توجه به تلفات گرمایی پنل ، گرد و غبار سطح پنل ، تلفات کابل ، اینورتر، شارژ کنترلر و باتری

PVSOLAR

تعیین ظرفیت بانک باتری

- $B \text{ (Amh)} = (1.25 * E * D) / 12$

- $\text{ضریب DOD} = 1.25$

- $E = \text{انرژی مصرفی شبانه روز}$

- $D = \text{تعداد روزهای ابری پشت سر هم}$

- $12 = \text{ولتاژ باتری}$

PVSOLAR

تعیین آمپراژ شارژ کنترلر

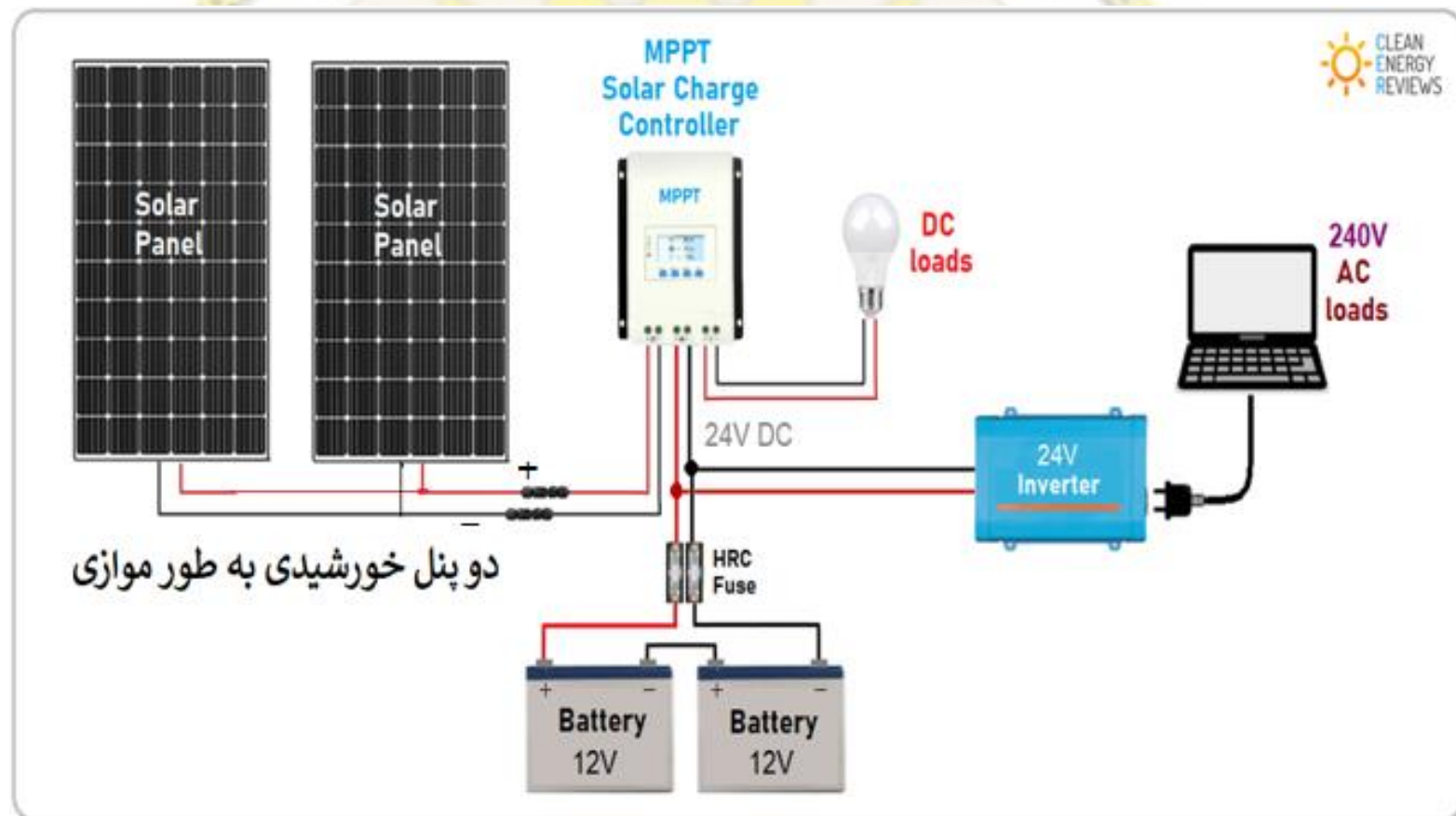
- $I \text{ (charge controller)} = I \text{ (total of modules)} * 1.1$

تعیین ظرفیت توانی اینورتر

- $P \text{ (inverter)} = P \text{ (total of loads)} * 1.25$

PVSOLAR

سیستم مستقل از شبکه (با اینورتر)



PVSOLAR

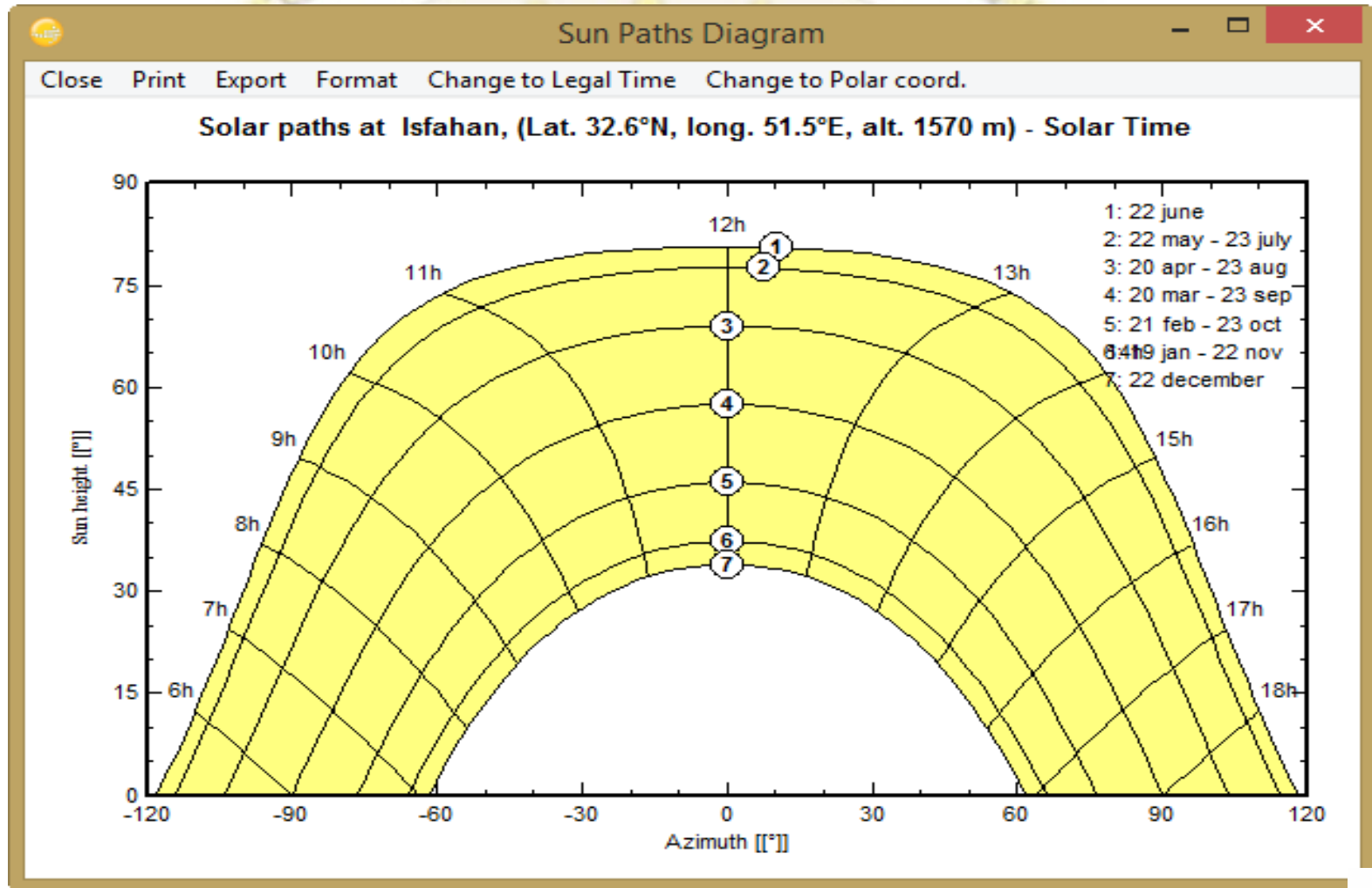
جدول استاندارد انتخاب کابل

جدول محاسبه سطح مقطع سیم های مسی و آلومینیومی ، نسبت به مسافت و جریان مجاز

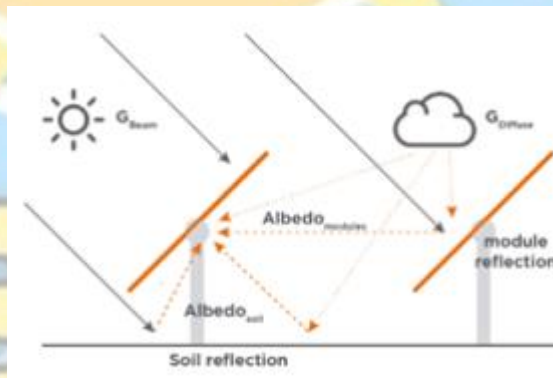
مس	الومنیوم	۱۰	۵۰	۱۰۰	۱۵۰	۲۰۰	۲۵۰	۳۰۰	۳۵۰	۴۰۰	۴۵۰	۵۰۰	۶۰۰	۷۰۰	۸۰۰	۹۰۰	۱۰۰۰
۱,۵	۲,۵	۲۷	۱۵	۷	۵	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
۲,۵	۴	۳۶	۲۵	۱۲	۸	۶	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
۴	۶	۴۶	۴۰	۲۰	۱۳	۱۰	۸	۸	-	-	-	-	-	-	-	-	-
۶	۱۰	۵۸	۵۸	۳۰	۲۰	۱۵	۱۲	۱۰	۸	۷	۶,۵	۶	۵	-	-	-	-
۱۰	۱۶	۷۷	۷۷	۵۰	۳۳	۲۵	۲۰	۱۸	۱۴	۱۲	۱۱	۱۰	۸	۷	۶	۵	۵
۱۶	۲۵	۱۰۰	۱۰۰	۸۰	۵۳	۴۰	۳۲	۲۶	۲۲	۲۰	۱۷	۱۶	۱۳	۱۱	۱۰	۸	۸
۲۵	۵۰	۱۳۰	۱۳۰	۱۲۵	۸۳	۶۲	۵۰	۴۱	۳۵	۳۱	۲۷	۲۵	۲۰	۱۷	۱۵	۱۳	۱۲
۳۵	۷۰	۱۵۵	۱۵۵	۱۵۵	۱۱۵	۸۶	۶۹	۵۷	۴۹	۴۳	۳۸	۳۴	۲۸	۲۴	۲۱	۱۸	۱۷
۵۰	۹۵	۱۸۵	۱۸۵	۱۸۵	۱۵۸	۱۱۷	۹۳	۷۸	۶۶	۵۸	۵۲	۴۶	۳۸	۳۲	۲۸	۲۵	۲۳
۷۰	۱۲۰	۲۳۰	۲۳۰	۲۳۰	۲۲۲	۱۶۶	۱۳۳	۱۱۱	۹۵	۸۳	۷۴	۶۶	۵۵	۴۷	۴۱	۳۶	۳۳
۹۵	۱۵۰	۲۷۵	۲۷۵	۲۷۵	۲۷۵	۲۲۵	۱۸۰	۱۵۰	۱۲۹	۱۱۲	۱۰۰	۹۰	۷۵	۶۴	۵۸	۵۰	۴۵
۱۲۰	۱۸۵	۳۱۵	۳۱۵	۳۱۵	۳۱۵	۲۷۵	۲۲۲	۱۸۵	۱۵۹	۱۳۹	۱۲۳	۱۱۱	۹۲	۸۹	۶۹	۸۷	۵۵
۱۵۰	۲۴۰	۳۵۵	۳۵۵	۳۵۵	۳۵۵	۳۳۰	۲۶۴	۲۲۰	۱۸۹	۱۶۵	۱۴۷	۱۳۲	۱۱۰	۹۴	۸۲	۷۳	۶۶
۱۸۵	۳۰۰	۴۰۰	۴۰۰	۴۰۰	۴۰۰	۳۹۳	۳۱۴	۲۶۷	۲۲۴	۱۹۸	۱۷۶	۱۵۷	۱۳۱	۱۱۲	۹۸	۸۷	۷۸
۲۴۰	۴۰۰	۴۶۵	۴۶۵	۴۶۵	۴۶۵	۴۳۷	۳۴۹	۲۹۱	۲۴۹	۲۱۸	۱۹۴	۱۷۴	۱۴۵	۱۲۴	۱۰۹	۹۷	۸۷
۳۰۰	۵۰۰	۵۵۰	۵۵۰	۵۵۰	۵۵۰	۴۹۶	۳۹۷	۳۳۱	۲۸۳	۲۴۸	۲۲۰	۱۸۹	۱۶۵	۱۴۱	۱۲۴	۱۱۰	۹۹

PVSOLAR

منحنی حرکت خورشید شهر اصفهان



پنل‌های خورشیدی دو طرفه

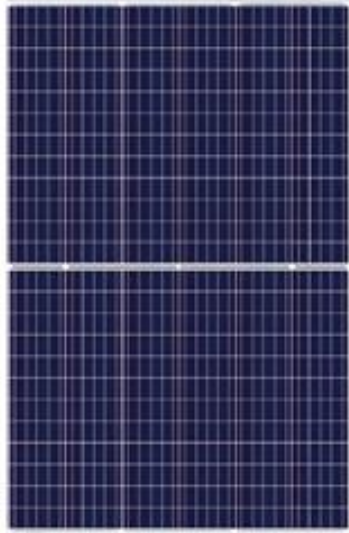


(bifacial) پنل خورشیدی بای فشیال (دوطرفه)



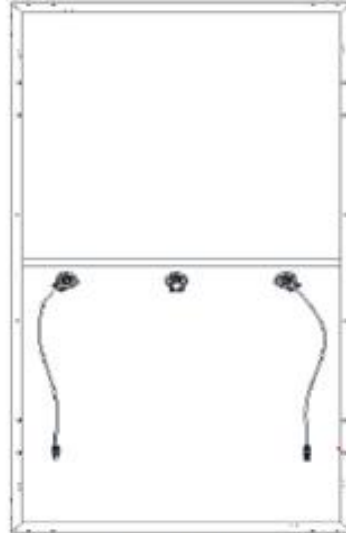
PV SOLAR

پنل خورشیدی با فناوری نیم سلولی



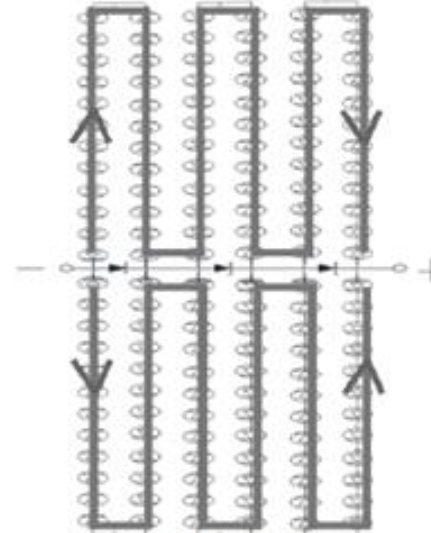
Front View

Dual cell



Back View

Split junction box

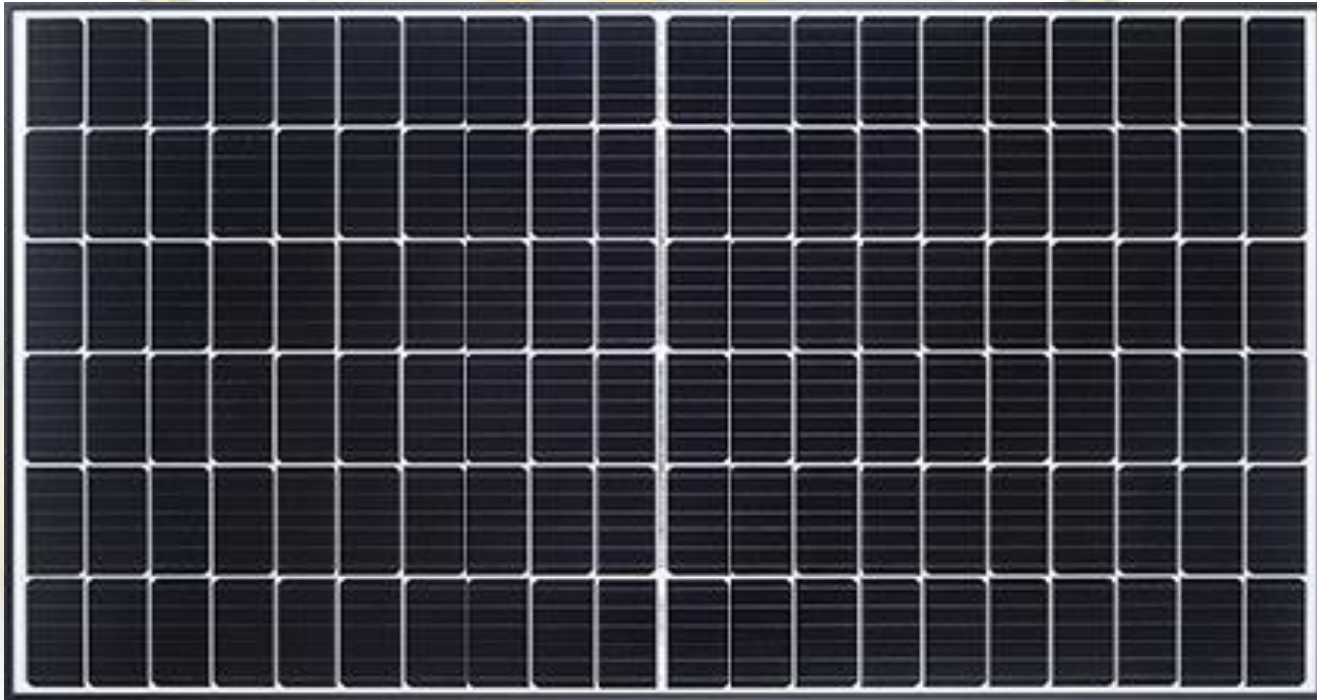


Circuit

Series & parallel

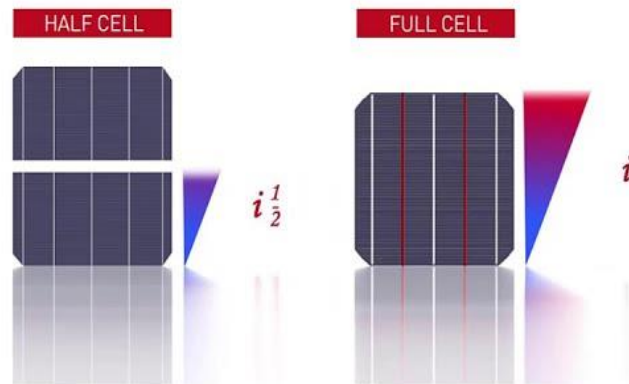
PVSOLAR

نمایی از یک ماژول خورشیدی نیم سلولی

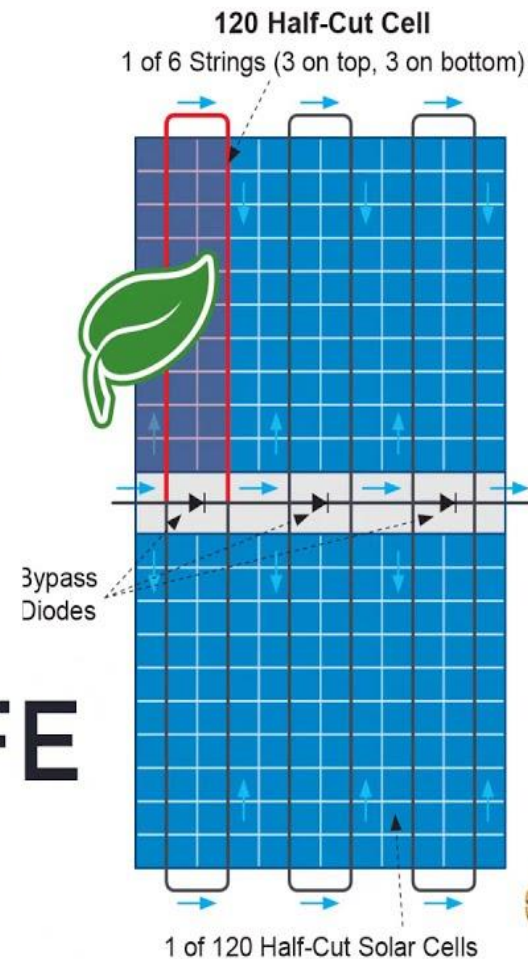


PV SOLAR

Half-Cell Technology



Hot-Spot SAFE



PVSOLAR

