

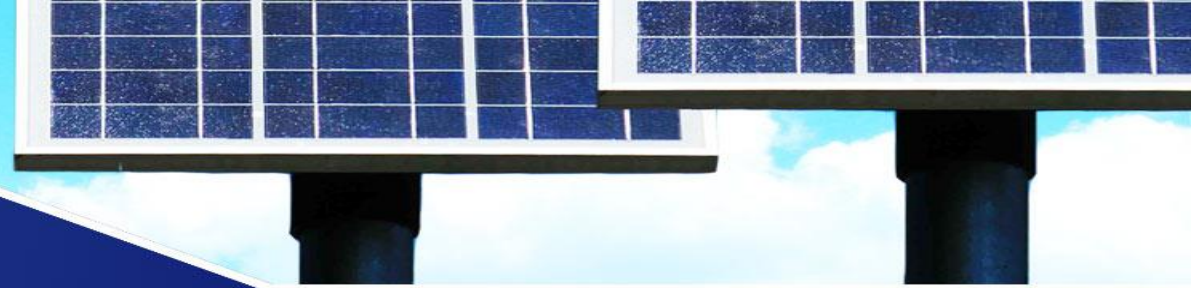


کارگاه فناوری‌های تولیدات پراکنده

دکتر معین معینی اقطاعی



سیستم‌های فتوولتائیک



تاریخچه، معرفی تکنولوژی و انواع پنل‌های خورشیدی

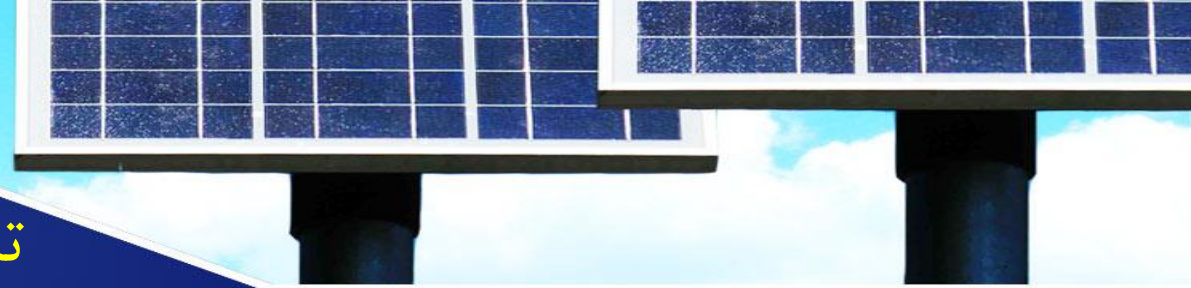


تاریخچه، معرفی تکنولوژی و انواع پنل‌های خورشیدی

هدف از تولید برق با استفاده از انرژی خورشیدی:

- تقاضای افزایش مصرف کنندگان برق در سطح جهان
- افزایش بهای انرژی‌های فسیلی
- تأکید مقررات بر محدود کردن انتشار گازهای گلخانه‌ای





تاریخچه، معرفی تکنولوژی و انواع پنل‌های خورشیدی

کاربردهای انرژی خورشیدی:

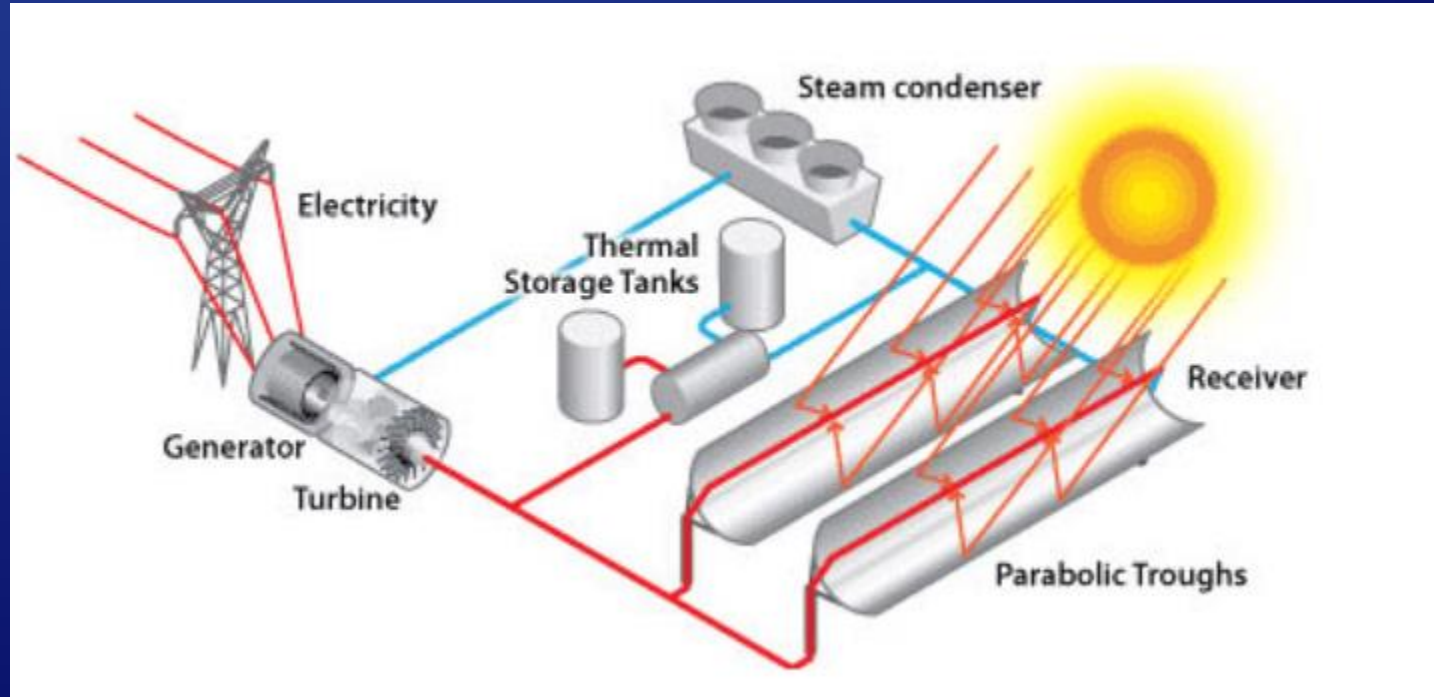
- استفاده از انرژی حرارتی خورشید برای مصارف خانگی، صنعتی و نیروگاهی
✓ کاربردهای نیروگاهی
 - نیروگاه‌هایی که گیرنده آن‌ها آینه‌های سهموی ناودانی هستند (شلجمی باز)
 - نیروگاه‌هایی که گیرنده آن‌ها در یک برج قرار دارد (دریافت کننده مرکزی)
 - نیروگاه‌هایی که گیرنده آن‌ها بشقاب سهموی می‌باشد (شلجمی بشقابی)
- تبدیل مستقیم نور حاصل از پرتوهای خورشید به الکتریسیته توسط سلول‌های فتوولتائیک

SOLAR ENERGY



تاریخچه، معرفی تکنولوژی و انواع پنل‌های خورشیدی

کاربردهای انرژی خورشیدی:

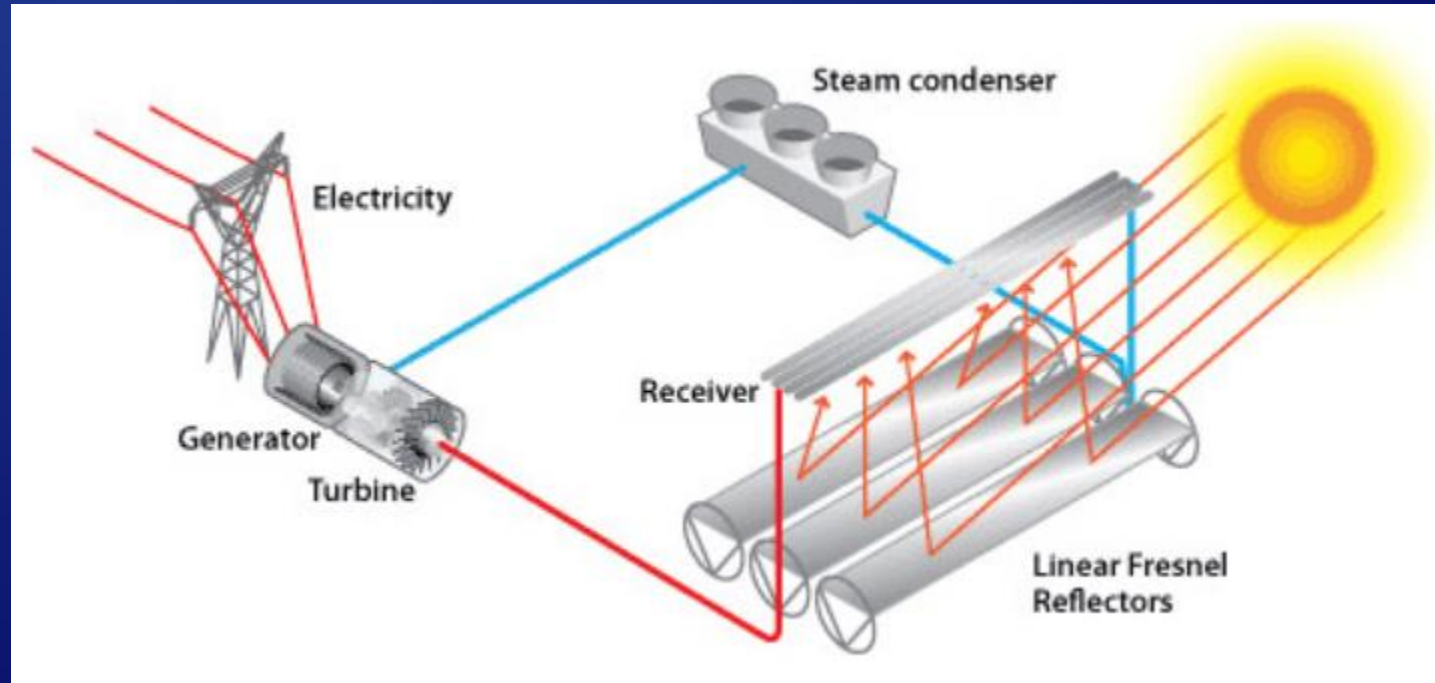


SOLAR ENERGY



تاریخچه، معرفی تکنولوژی و انواع پنل‌های خورشیدی

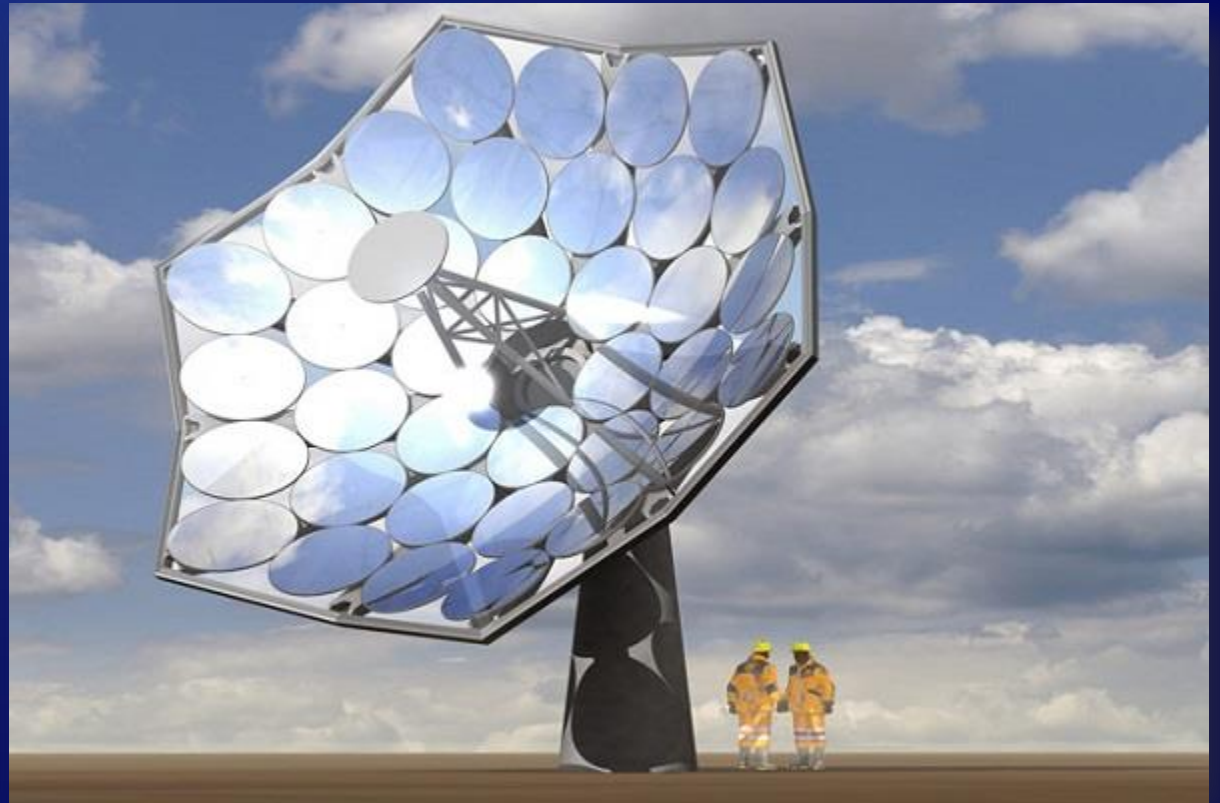
کاربردهای انرژی خورشیدی:



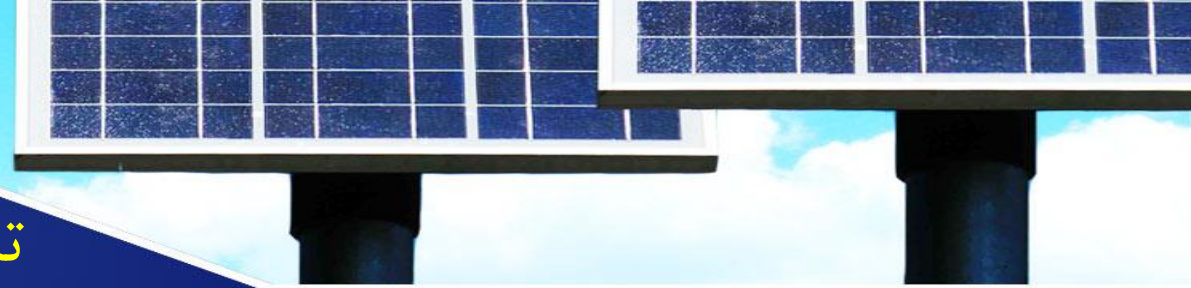
SOLAR ENERGY

تاریخچه، معرفی تکنولوژی و انواع پنل‌های خورشیدی

کاربردهای انرژی خورشیدی:

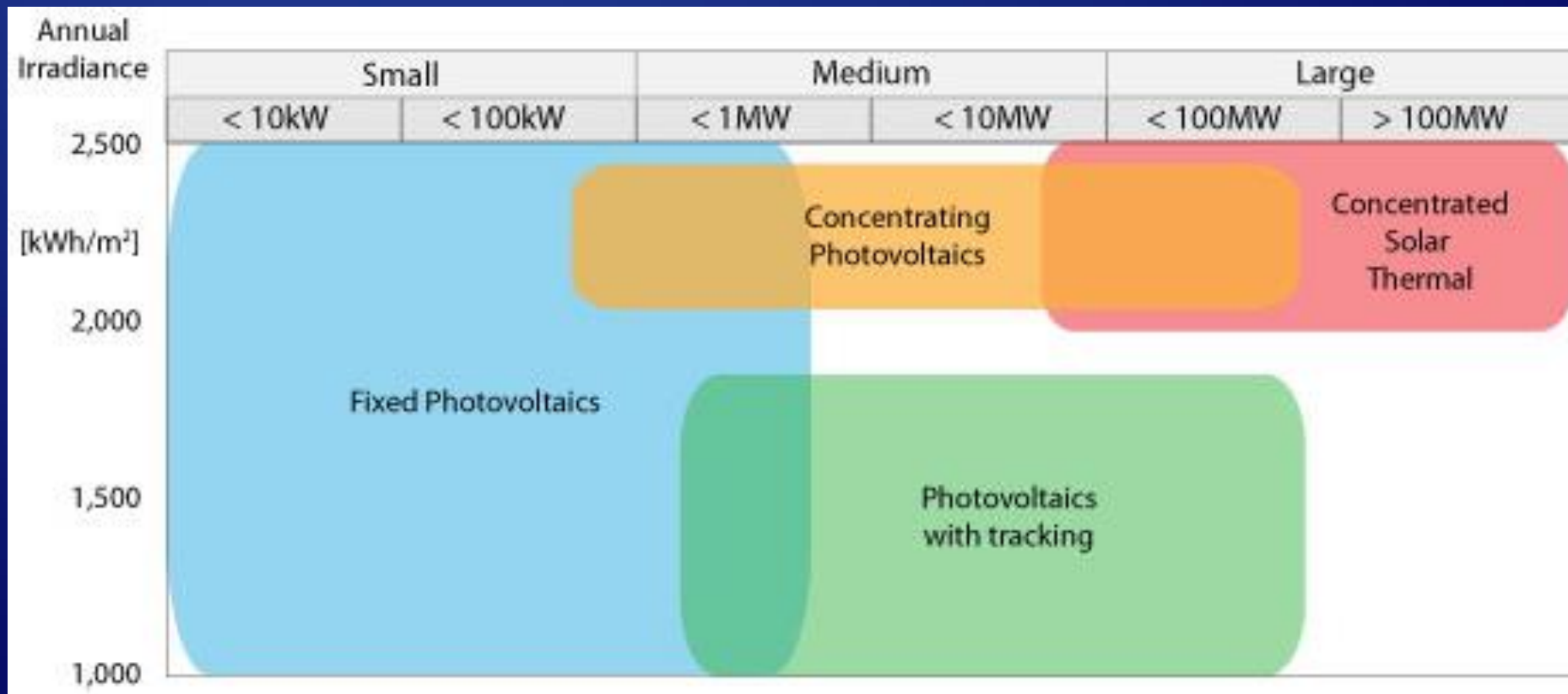


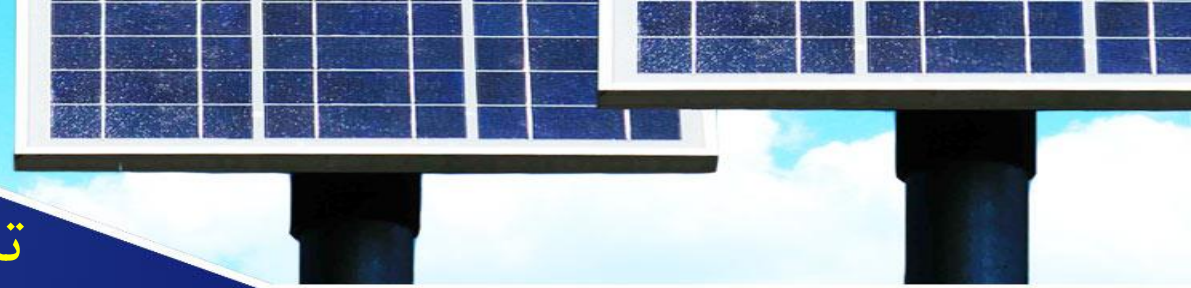
SOLAR ENERGY



تاریخچه، معرفی تکنولوژی و انواع پنل‌های خورشیدی

ظرفیت تولیدی سیستم‌های خورشیدی:

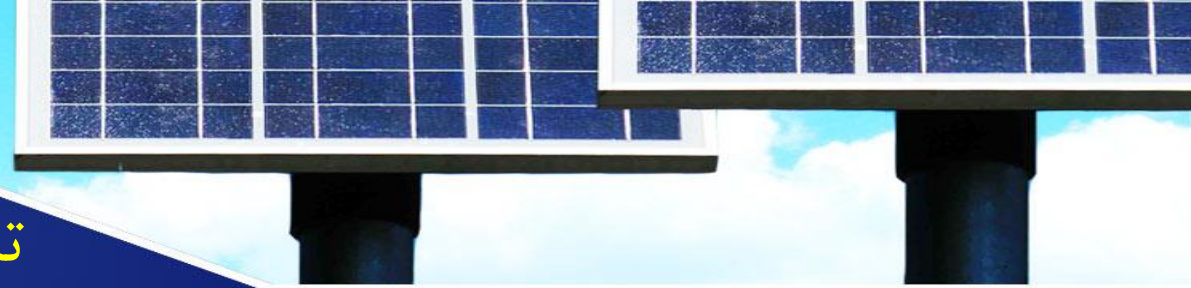




تاریخچه، معرفی تکنولوژی و انواع پنل‌های خورشیدی

تاریخچه سلول‌های فتوولتائیک:

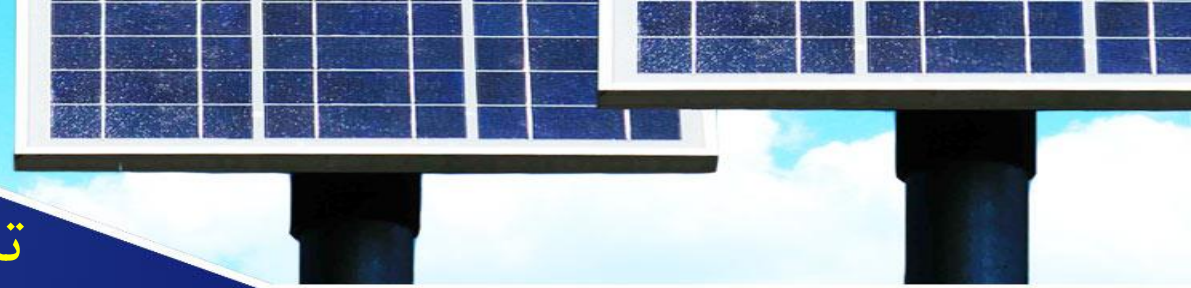
- در سال ۱۸۷۶ میلادی، Adams و Day با بررسی اثر فتوولتائیک در مواد جامد، قادر به ساخت سلول‌های سلنیوم شدند که ۱ تا ۲ درصد تأثیرگذار بودند.
- آلبرت انیشتین یک توضیح نظری از اثر فتوولتائیک در سال ۱۹۰۴ منتشر کرد که منجر به اخذ جایزه نوبل در سال ۱۹۲۳ شد.
- در همان زمان، یک دانشمند لهستانی به نام Czochralski شروع به توسعه روشی برای رشد کریستال‌های کامل از سیلیکون کرد که در دهه ۱۹۴۰ و ۱۹۵۰، این فرآیند به استفاده از نسل اول فتوولتائیک سیلیکون تک کریستال منجر شد.



تاریخچه، معرفی تکنولوژی و انواع پنل‌های خورشیدی

تاریخچه سلول‌های فتوولتائیک:

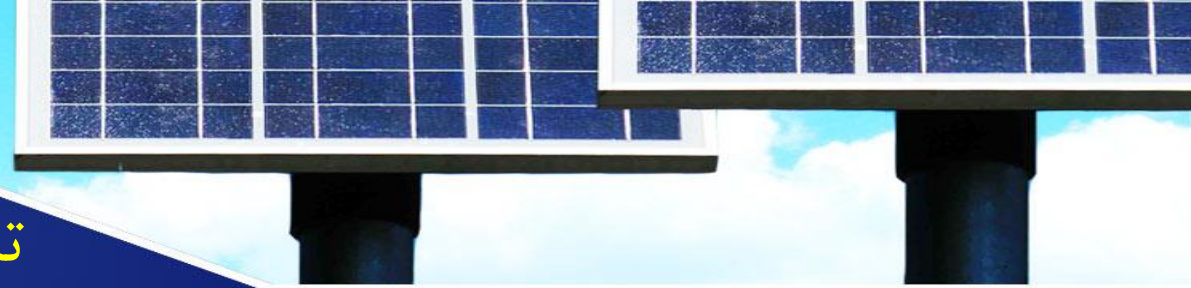
- در دهه ۱۹۵۰ تلاش‌ها برای تجاری شدن سلول‌های فتوولتائیک به دلیل هزینه‌های بالا بی نتیجه ماند. ظهور واقعی سلول‌های فتوولتائیک به عنوان یک منبع انرژی عملیاتی در سال ۱۹۵۸ است که برای اولین بار در ماهواره Vanguard I مورد استفاده قرار گرفتند.
- در اواخر دهه ۱۹۸۰، بازدهی بالاتر و هزینه‌های پایین‌تر استفاده از سلول‌های فتوولتائیک را عملی‌تر کرد.
- در سال ۲۰۰۲، تولید فتوولتائیک در سراسر جهان به ۶۰۰ مگاوات در سال رسید و بیش از ۴۰ درصد در سال افزایش یافت که در مقایسه با فروش جهانی انرژی باد ۱۰ برابر بیشتر بود.



تاریخچه، معرفی تکنولوژی و انواع پنل‌های خورشیدی

سلول‌های فتوولتائیک:

- تبدیل مستقیم انرژی خورشید به الکتریسیته با استفاده از اثر فتوولتائیک
- انرژی خورشید چگالی انرژی کمی دارد و بنابراین، ماژول‌های فتوولتائیک باید سطح زیادی داشته باشند تا بتوانند انرژی کمی تولید کنند.
- سیستم‌های فتوولتائیک در شبکه‌های قدرت به هم پیوسته از مبدل استفاده می‌کنند تا جریان مستقیم تولید شده به وسیله آرایه‌های فتوولتائیک به جریان متناوب و متناسب با ولتاژ و فرکانس موردنیاز در شبکه برق تبدیل شود.

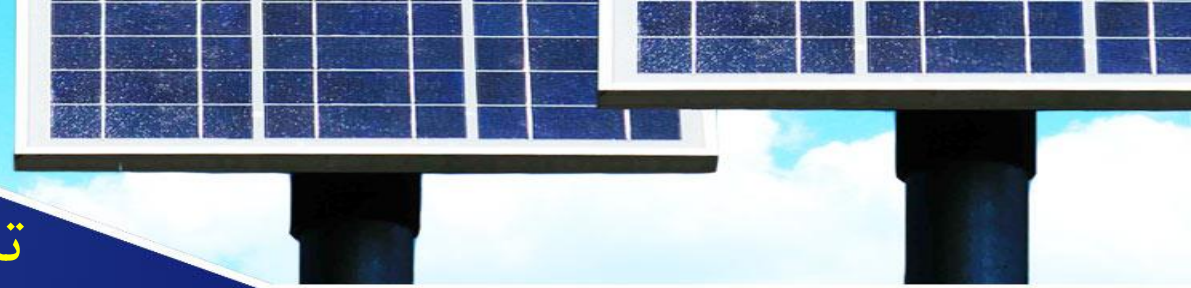


تاریخچه، معرفی تکنولوژی و انواع پنل‌های خورشیدی

فواید سیستم‌های فتوولتائیک:

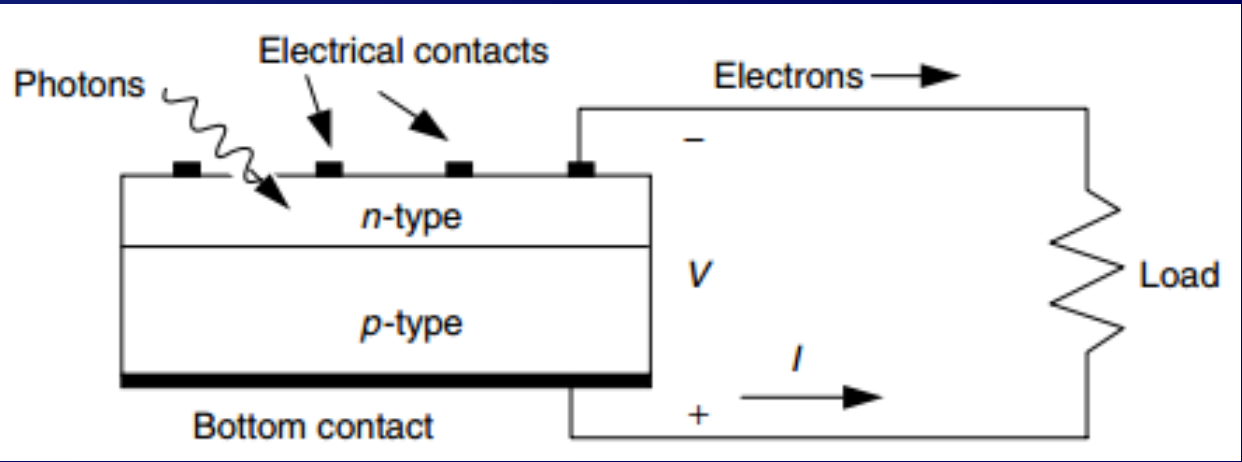
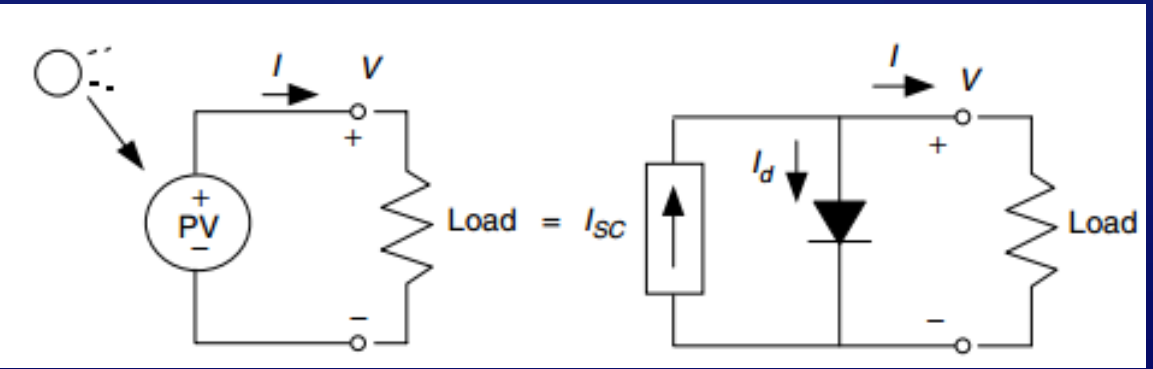
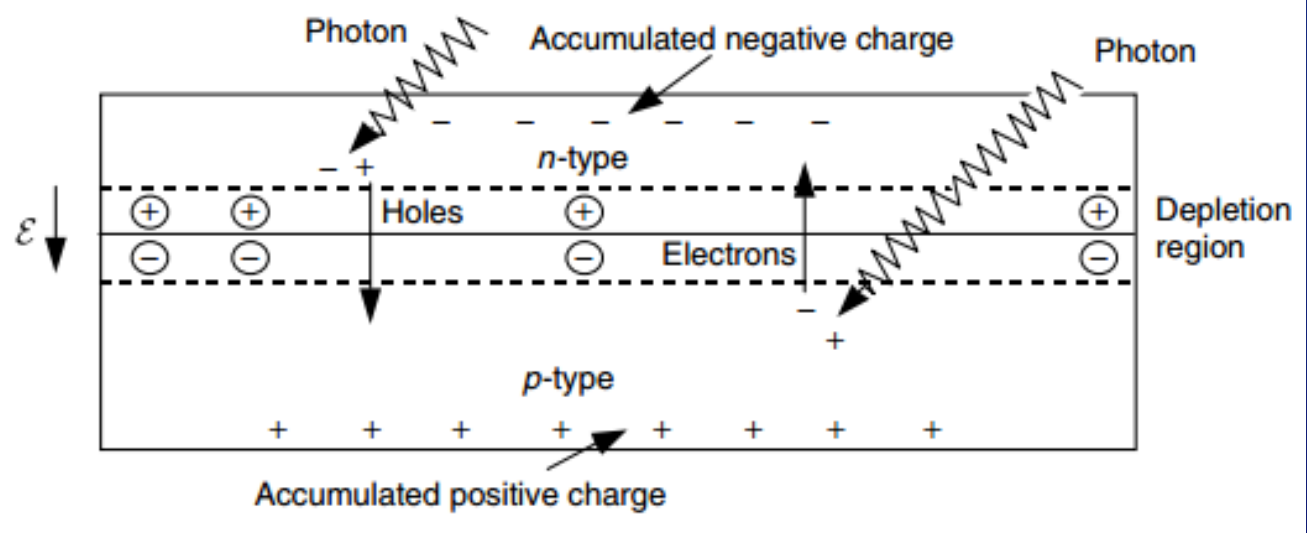
- عمر طولانی (حدود ۲۰ سال)
- قابلیت نصب و راه‌اندازی در شرایط جغرافیایی ویژه مانند مناطق کوهستانی
- قابلیت استفاده در سیستم‌های متحرک
- نگهداری آسان
- عدم وابستگی به شبکه در نقاط دور دست
- قابلیت استفاده به صورت متصل به شبکه

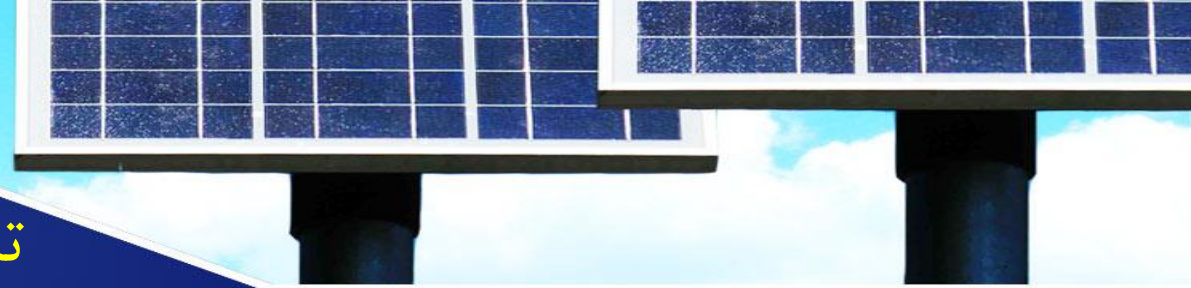
SOLAR ENERGY



تاریخچه، معرفی تکنولوژی و انواع پنل‌های خورشیدی

مداری ساده از سلول‌های فتوولتائیک:

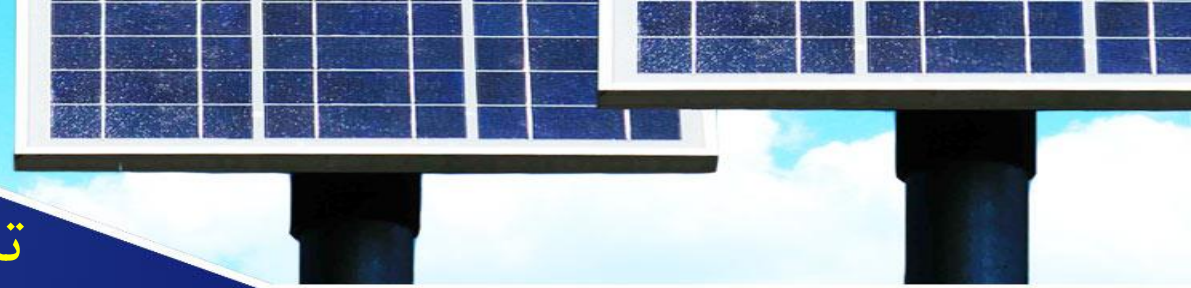




تاریخچه، معرفی تکنولوژی و انواع پنل‌های خورشیدی

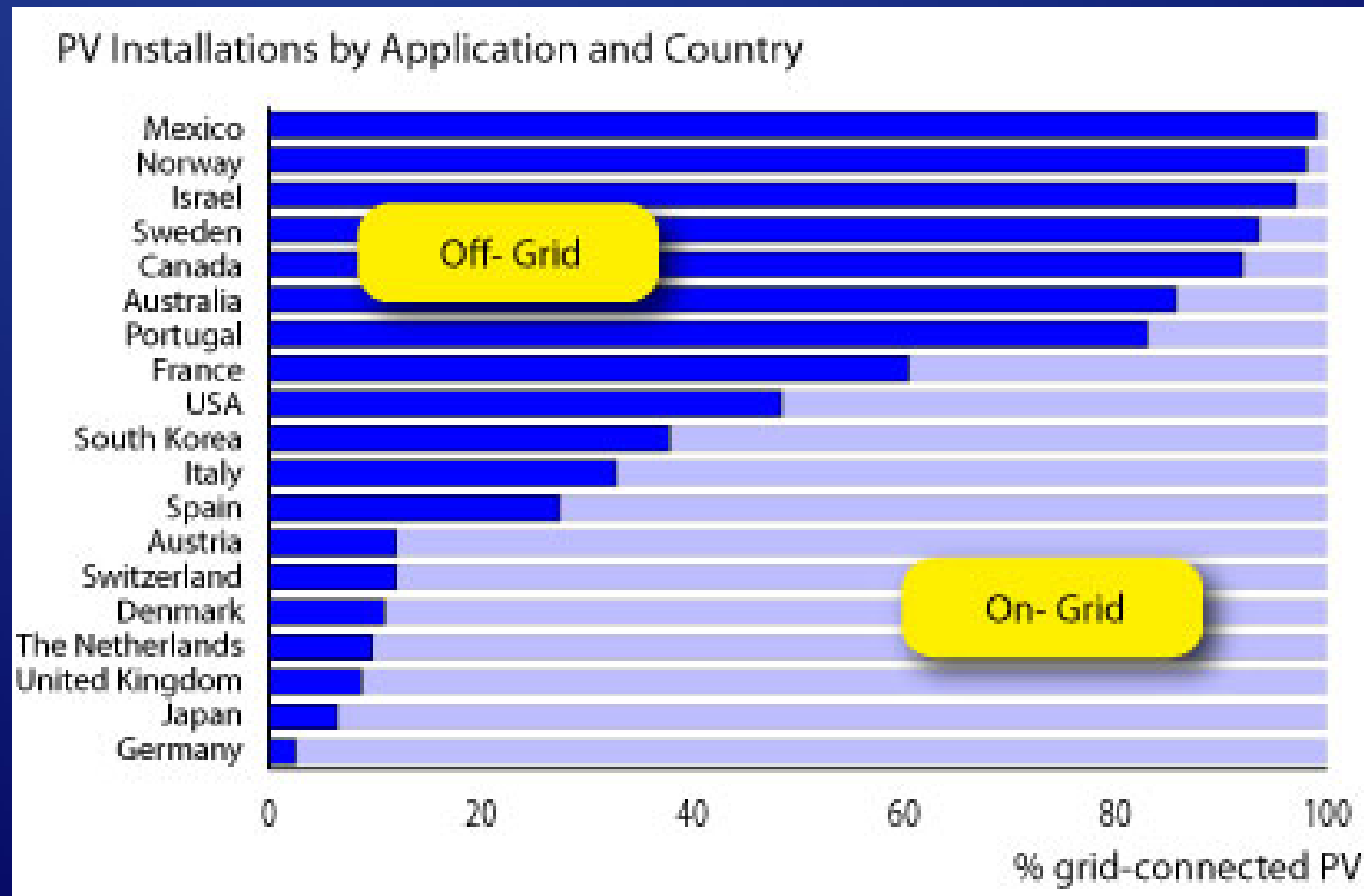
طبقه‌بندی سیستم‌های فتوولتائیک از لحاظ کاربری:

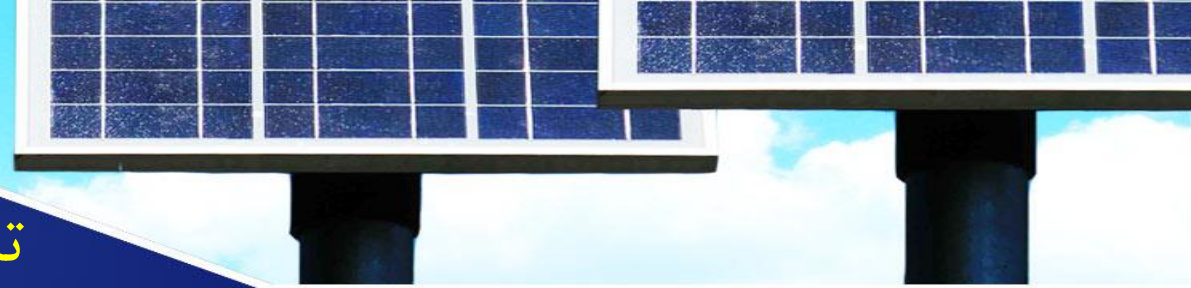
- واحدهای متصل به شبکه:
 - ❖ نصب و راه‌اندازی آسان
 - ❖ بازدهی بالا و عدم نیاز به تجهیزات جانبی پیچیده
 - ❖ عدم نیاز به باتری جهت ذخیره انرژی الکتریکی
- واحدهای مجزا از شبکه و متصل به بار:
 - ❖ عدم نیاز به شبکه سراسری، سیستم انتقال شبکه و تعمیر و نگهداری آن
 - ❖ عدم نیاز به سوخت و رفع مشکلات سوخت‌رسانی به‌ویژه در مناطق صعب‌العبور
 - ❖ عدم نیاز به تعمیر و نگهداری مداوم و طول عمر مناسب



تاریخچه، معرفی تکنولوژی و انواع پنل‌های خورشیدی

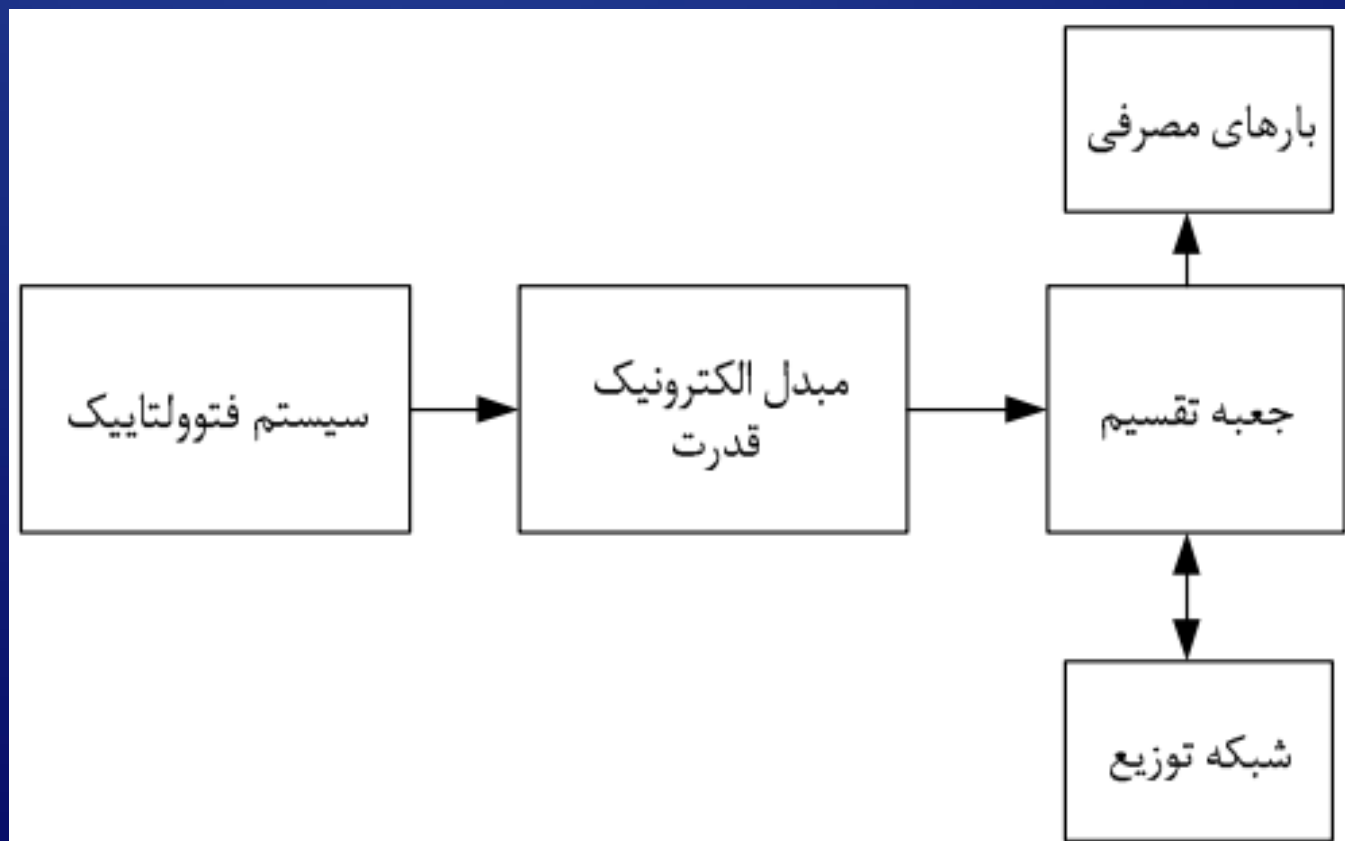
مقایسه واحدهای مختلف
فتوولتائیک در جهان:

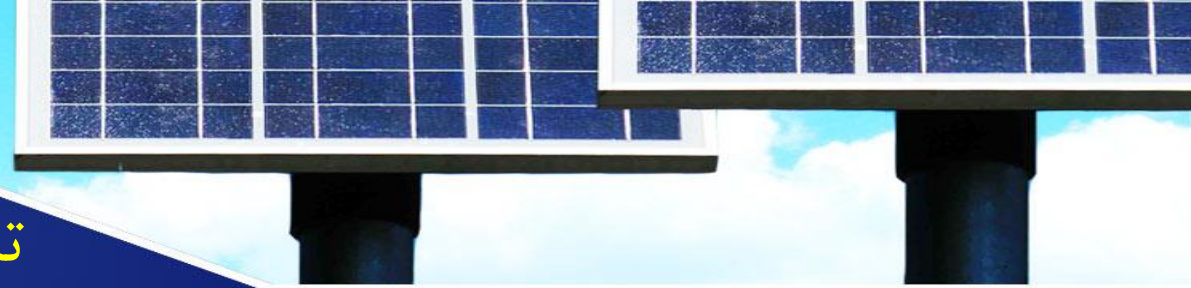




تاریخچه، معرفی تکنولوژی و انواع پنل‌های خورشیدی

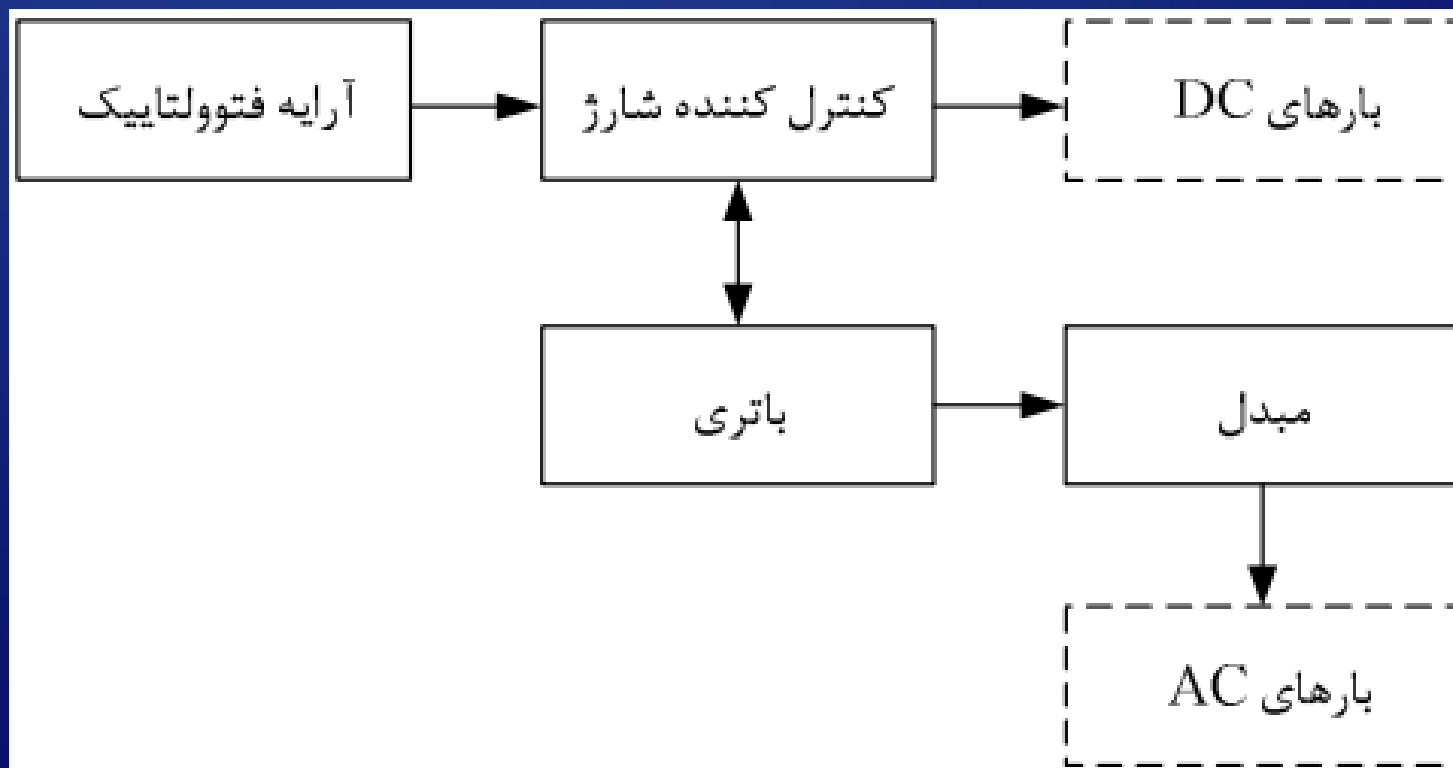
واحدهای فتوولتائیک متصل به شبکه:





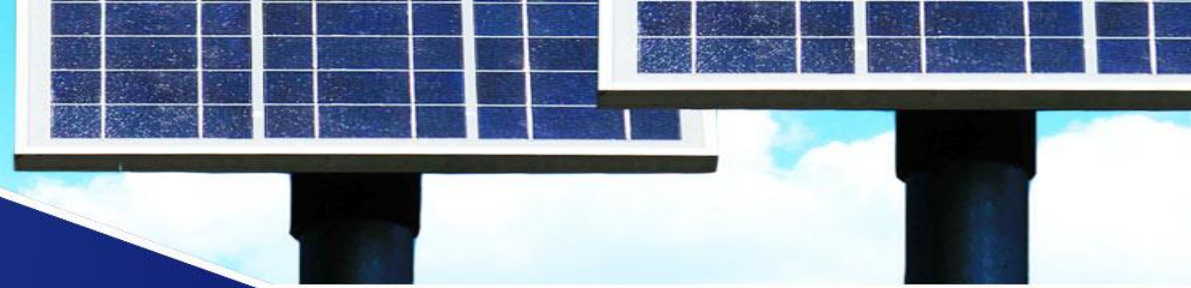
تاریخچه، معرفی تکنولوژی و انواع پنل‌های خورشیدی

واحدهای فتوولتائیک مجزا از شبکه:





پتانسیل سنجی، نحوه چینش پنل‌ها و ساختار مزرعه خورشیدی



پتانسیل سنجی و ساختار مزرعه خورشیدی

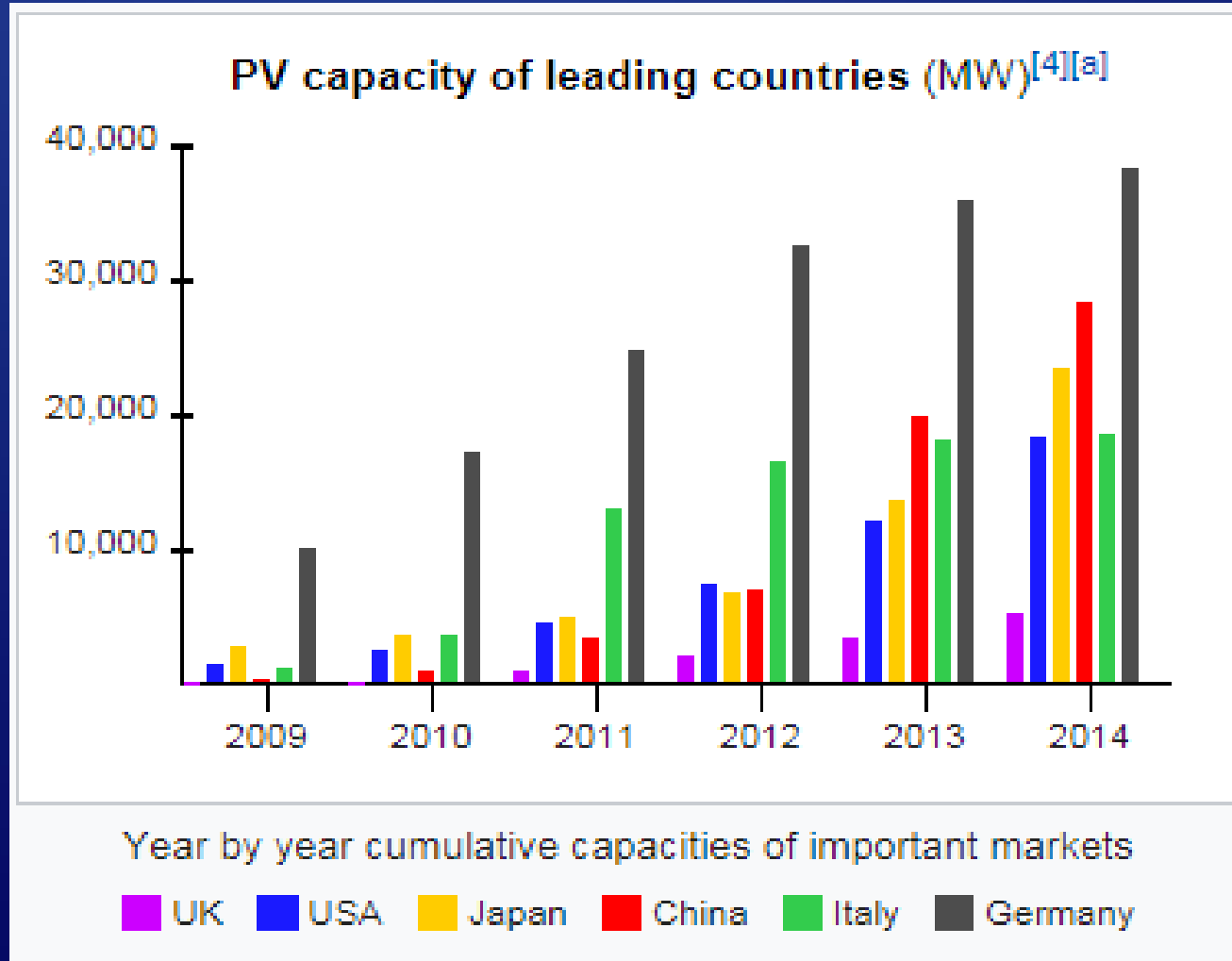
وضعیت کنونی سیستم‌های فتوولتائیک:

- دو برابر شدن میزان تولید برق از طریق سیستم‌های فتوولتائیک در جهان در هر پنج سال
- در طول دو دهه گذشته، هزینه ساخت و نصب یک سیستم فتوولتائیک در حدود ۲۰ درصد کاهش یافته و توان تولیدی هر واحد نصب شده دو برابر شده است

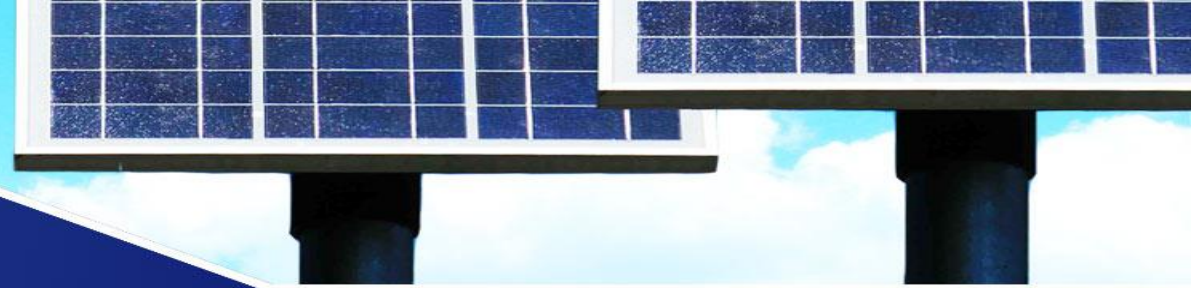


پتانسیل سنجی و ساختار مزرعه خورشیدی

وضعیت کنونی انرژی خورشیدی:

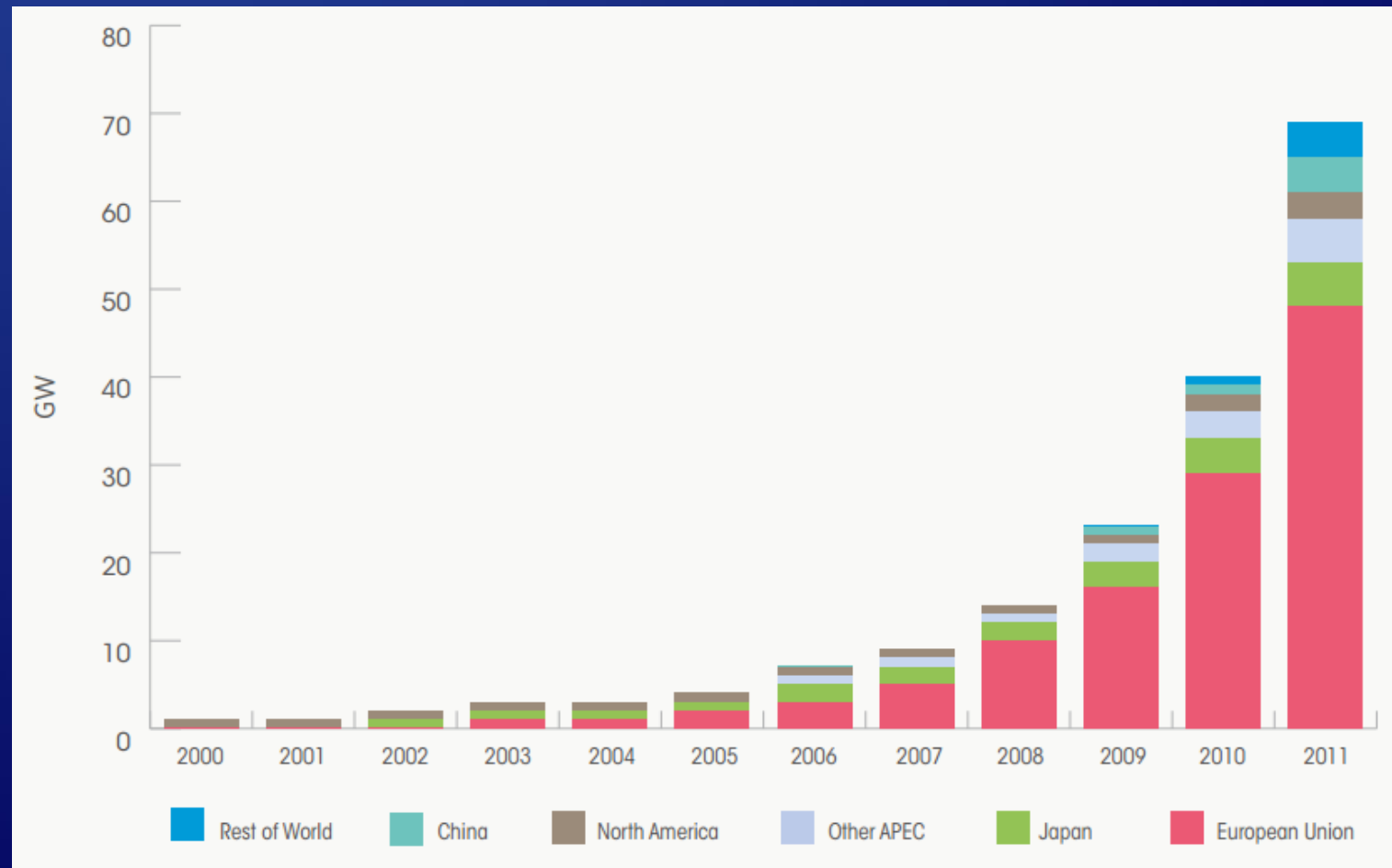


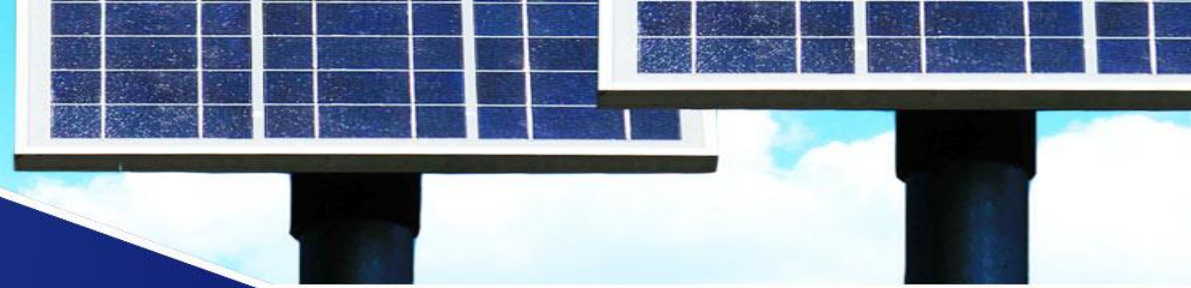
SOLAR ENERGY



پتانسیل سنجی و ساختار مزرعه خورشیدی

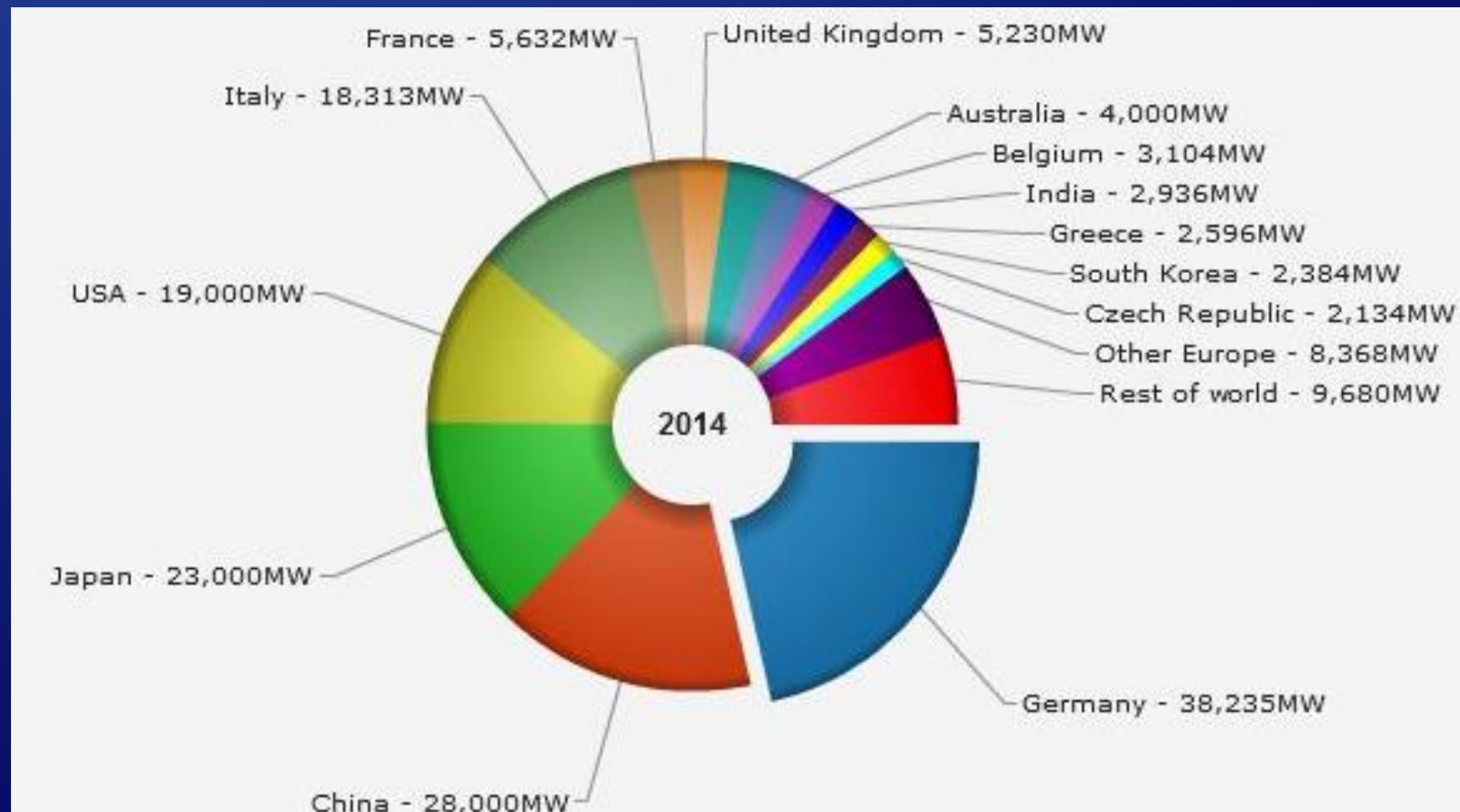
ظرفیت نصب شده سلول‌های فتوولتائیک:

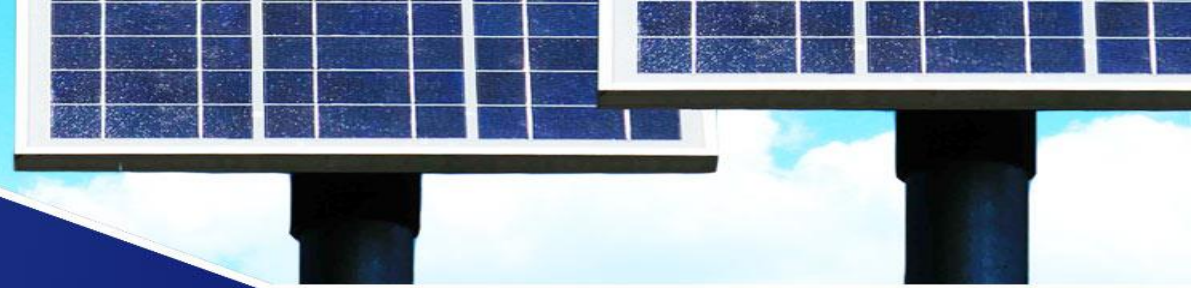




پتانسیل سنجی و ساختار مزرعه خورشیدی

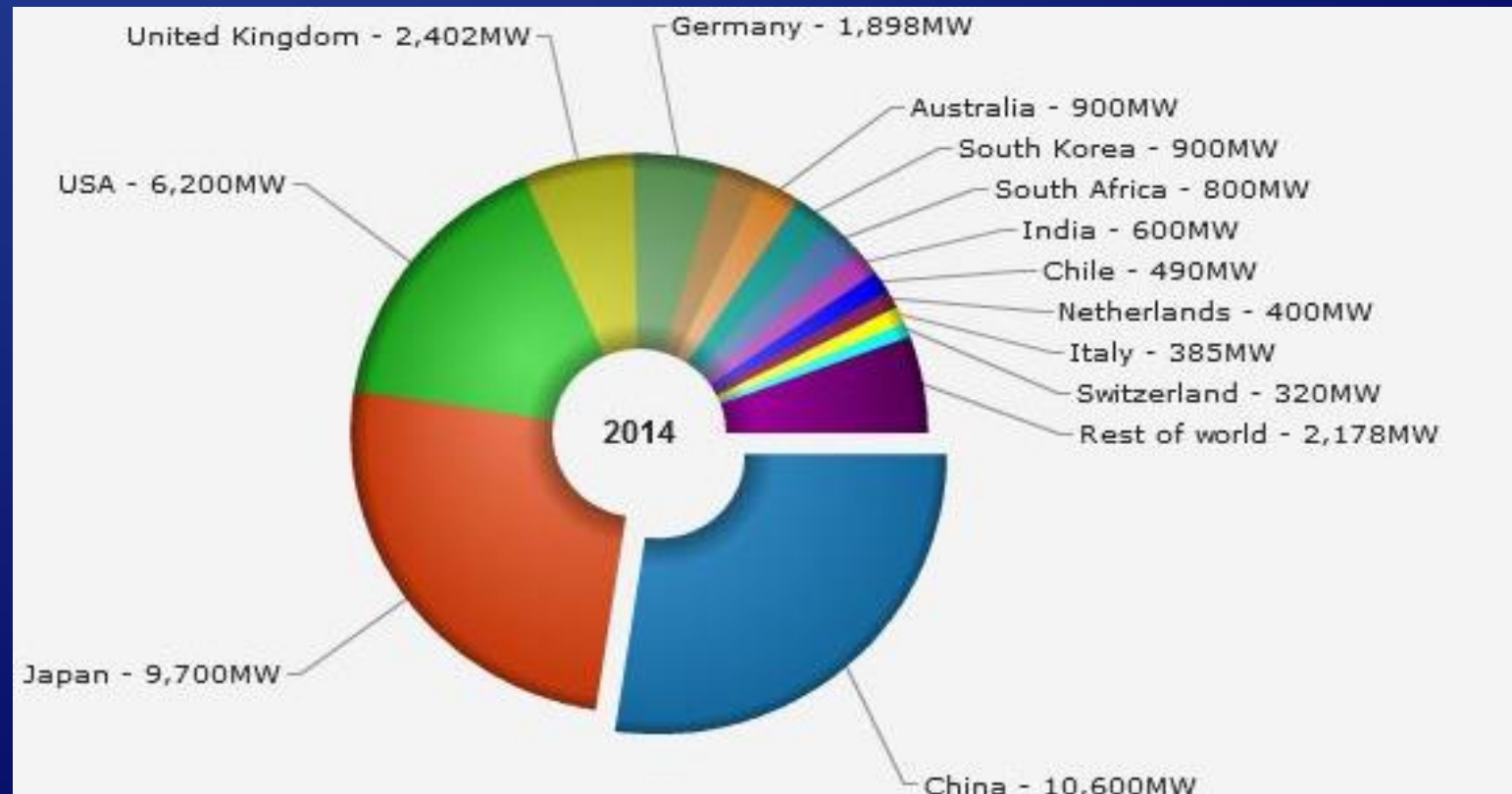
میزان کل واحدهای خورشیدی در جهان:





پتانسیل سنجی و ساختار مزرعه خورشیدی

میزان واحدهای خورشیدی نصب شده در سال ۲۰۱۴:

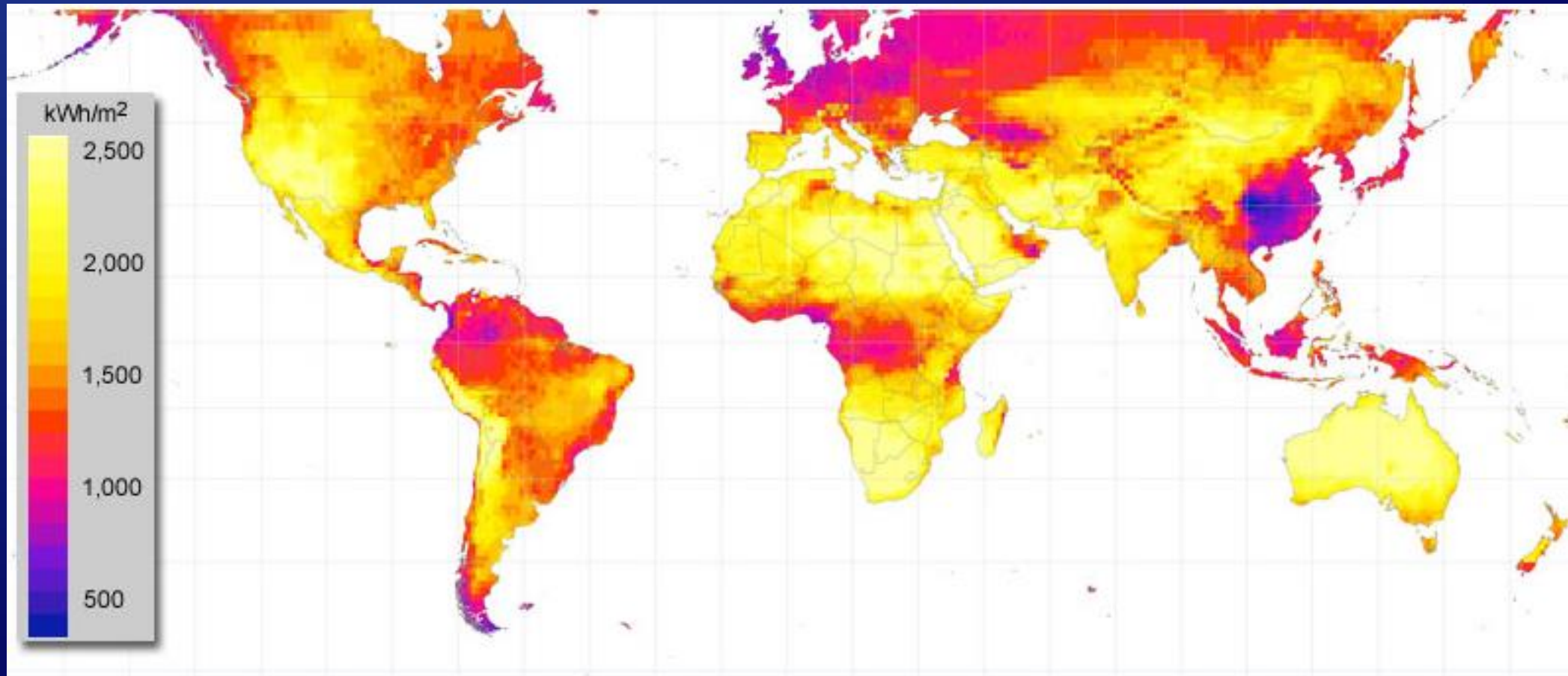


SOLAR ENERGY

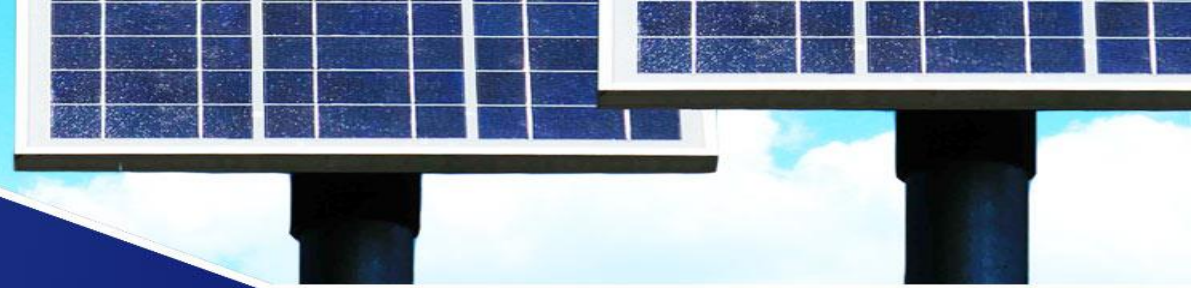


پتانسیل سنجی و ساختار مزرعه خورشیدی

تابش مستقیم سالانه در جهان:



SOLAR ENERGY



پتانسیل سنجی و ساختار مزرعه خورشیدی

بررسی اندازه آرایه‌های فتوولتائیک و ساختار مزرعه:

در این شکل ولتاژ، جریان، توان و اندازه سلول، ماژول و آرایه‌های فتوولتائیک جهت برنامه‌ریزی مزرعه خورشیدی ارائه شده است.

	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

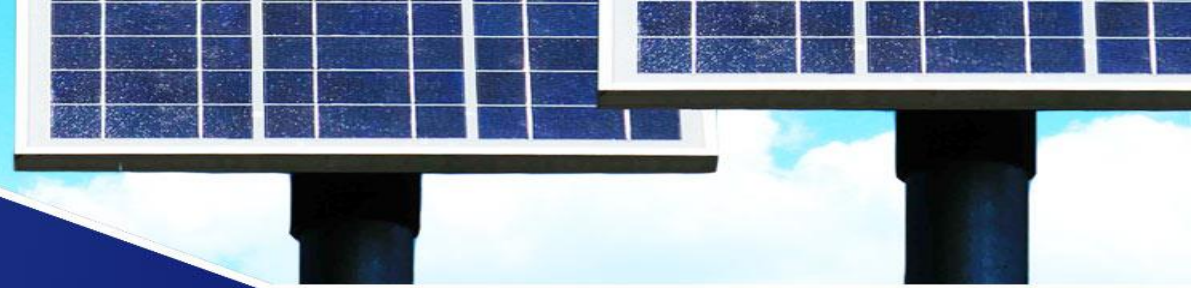
Array
10 - 50 kW

Module, Panel
100 - 200 W

Cell
2 - 3 W

6x9=54 (cells)

100-300 (modules)



پتانسیل سنجی و ساختار مزرعه خورشیدی

طراحی مزرعه خورشیدی:

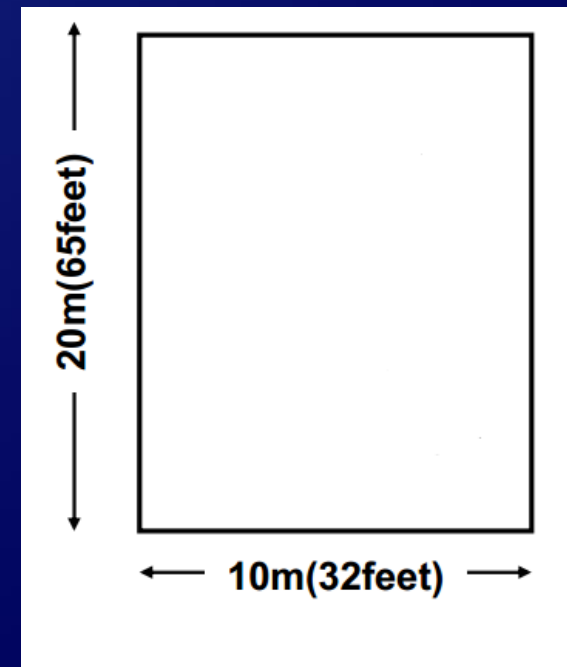
فضای مورد نیاز برای هر کیلووات سلول فتوولتائیک

10 m²



20 kW PV

ظرفیت فتوولتائیک نصب شده در این مکان



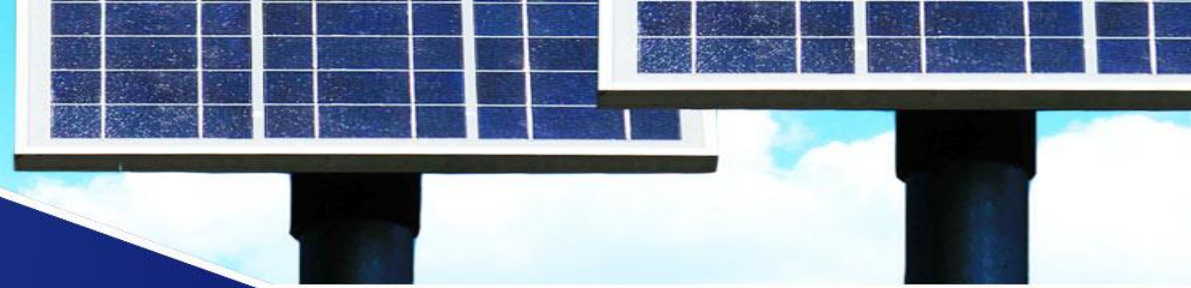
SOLAR ENERGY



پتانسیل سنجی و ساختار مزرعه خورشیدی

ساختار مزرعه خورشیدی:





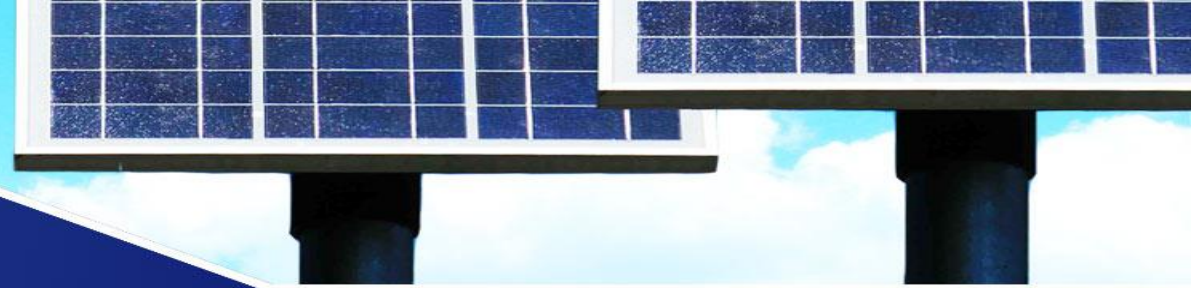
معرفی اجزای سیستم‌های فتوولتائیک و استفاده از مبدل‌های الکترونیک قدرت



معرفی اجزای سیستم‌های فتوولتائیک

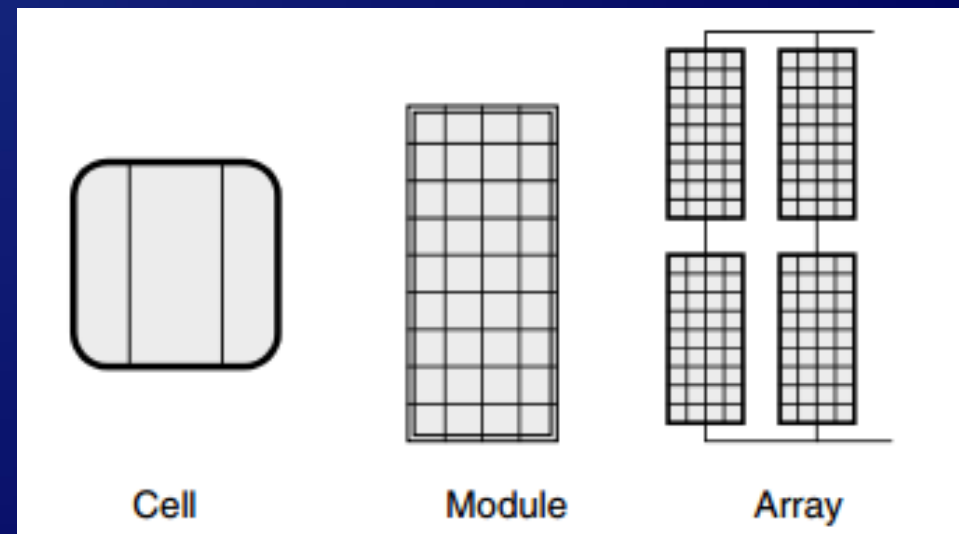
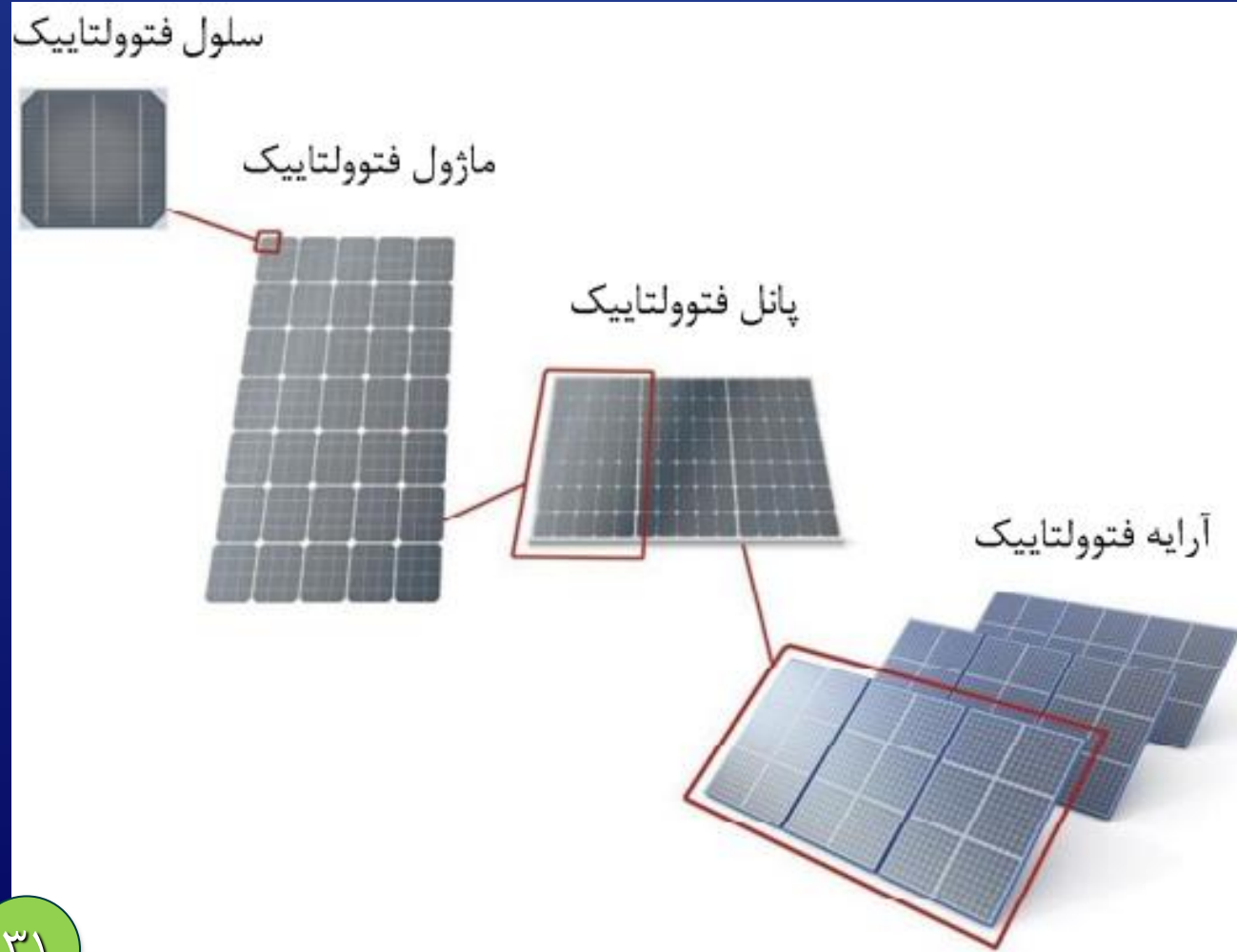
اجزای سیستم فتوولتائیک:

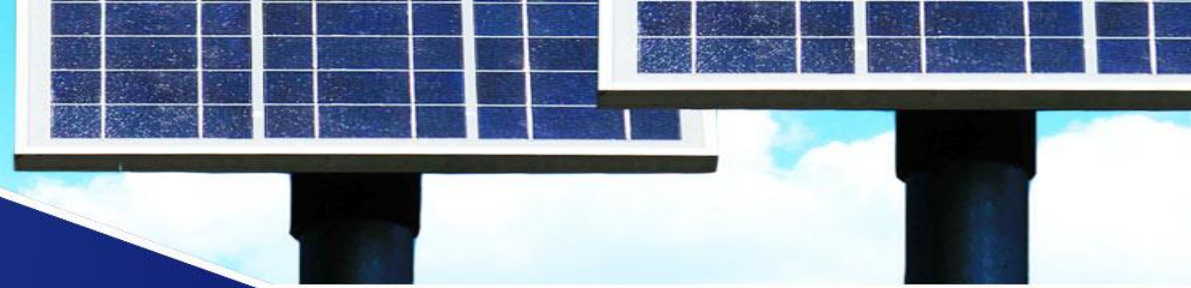
- آرایه فتوولتائیک
- سیستم‌های دنبال کننده تابش خورشید
- اینورتر یا مبدل الکترونیک قدرت
- ذخیره ساز
- دنبال کننده حداکثر توان
- تجهیزات متعادل کننده (BOS) شامل سیستم نصب و سیم کشی



معرفی اجزای سیستم‌های فتوولتائیک

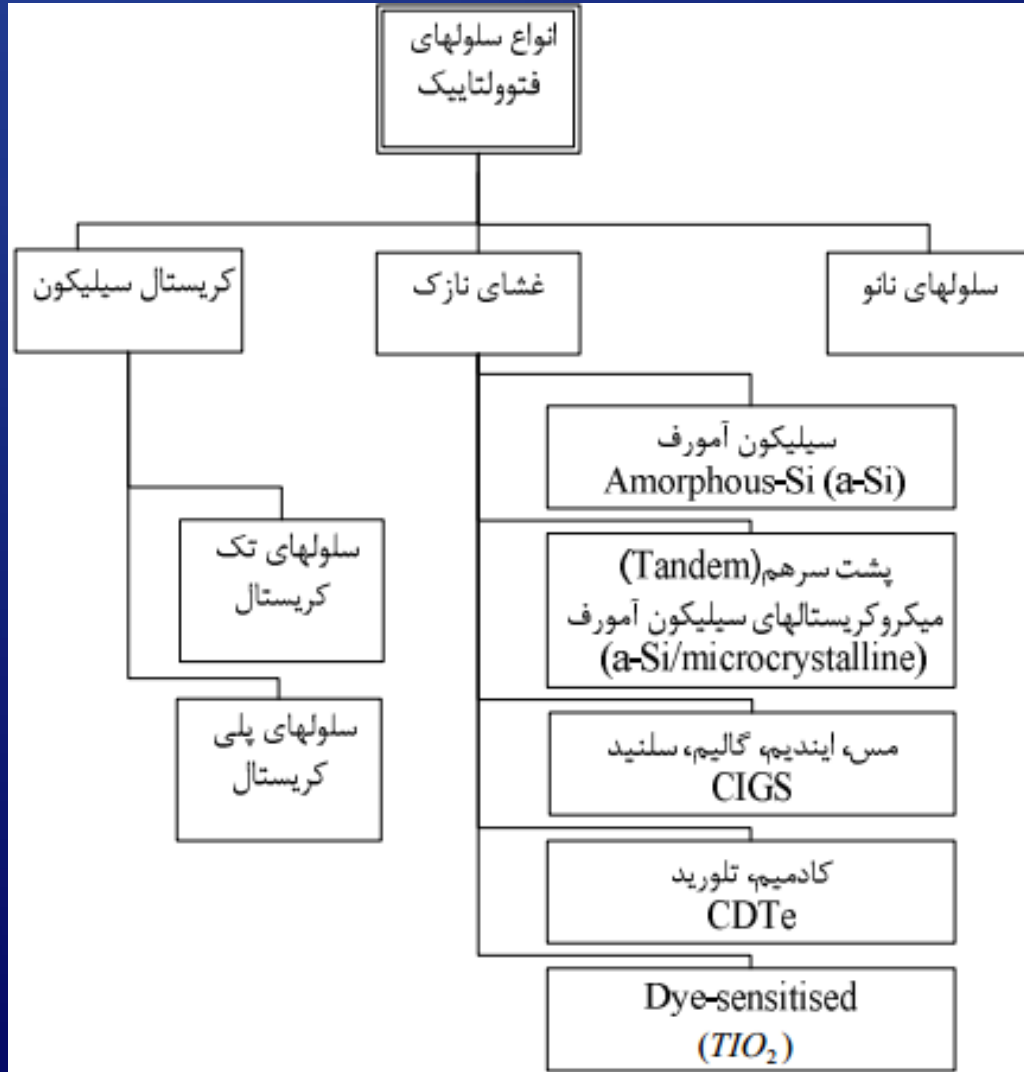
آرایه فتوولتائیک:

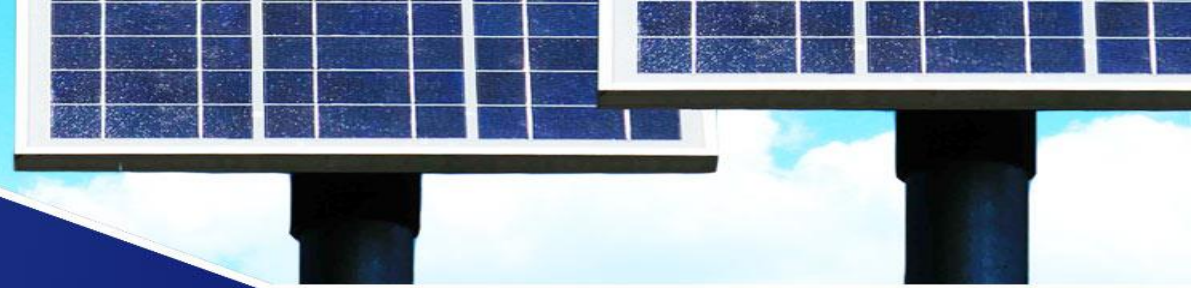




معرفی اجزای سیستم‌های فتوولتائیک

انواع سلول‌های فتوولتائیک:





معرفی اجزای سیستم‌های فتوولتائیک

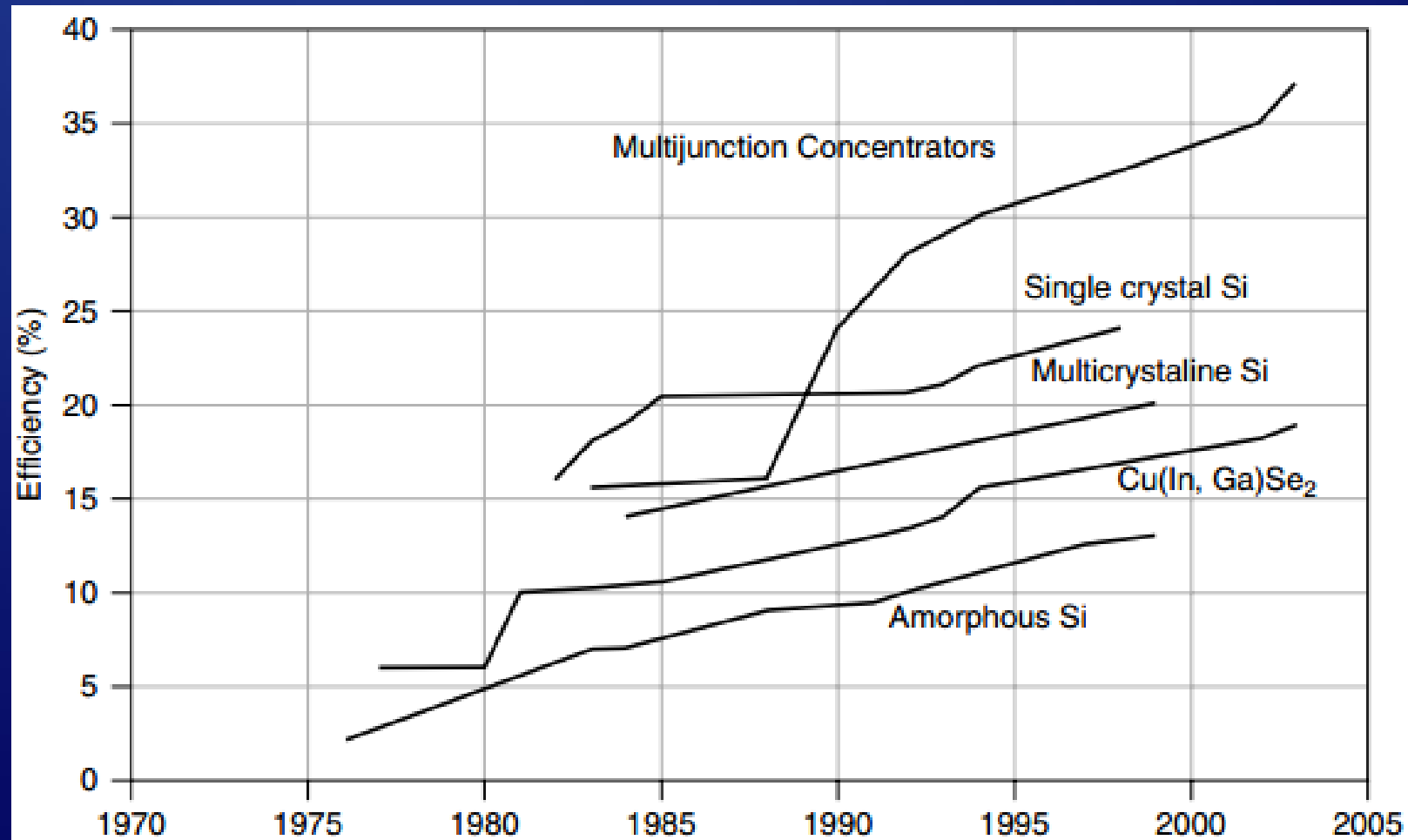
مقایسه انواع سلول‌های فتوولتائیک:

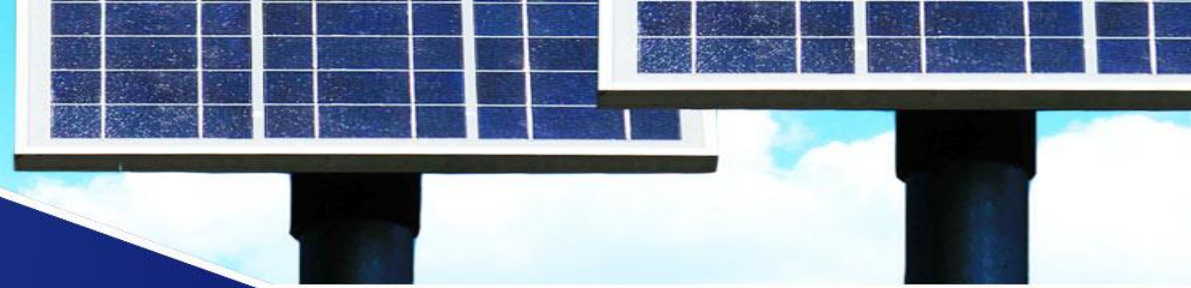
		1 st Generation PV		2 nd Generation PV			3 rd Generation PV		
Technology	Units	Single crystalline silicon (sc-Si)	Polycrystalline silicon (pc-Si)	Amorphous silicon (a-Si)	Copper Indium Gallium Diselenide (CIS/ CIGS)	Cadmium Telluride solar cells (CdTe)	III-V compound Multijunction, Concentrated PV (CPV)	Dye-sensitized (DSSC)	Organic or Polymer (OPV)
Best research solar cell efficiency at AM1.5*	%	24.7		10.4 Single junction 13.2 Tandem	20.3	16.5	43.5	11.1	11.1
Confirmed solar cell efficiency at AM1.5	%	20-24	14-18	6-8	10-12	8-10	36-41	8.8	8.3
Commercial PV Module efficiency at AM1.5	%	15-19	13-15	5-8	7-11	8-11	25-30	1-5	1
Confirmed maximum PV Module efficiency	%	23	16	7.1/ 10.0	12.1	11.2	25	-	-
Current PV module cost	USD/W	< 1.4	< 1.4	~ 0.8	~ 0.9	~ 0.9	-	-	-
Market share in 2009	%	83	3	1	13		-	-	-
Market share in 2010	%	87	2	2	9		-	-	-
Maximum PV module output power	W	320		300	120	120	120	-	-
PV module size	m ²	2.0	1.4-2.5	1.4	0.6-1.0	0.72	-	-	-
Area needed per kW	m ²	7	8	15	10	11	-	-	-
State of commercialisation		Mature with large-scale production	Mature with large-scale production	Early deployment phase, medium-scale production	Early deployment phase, medium-scale production	Early deployment phase, small-scale production	Just commercialised, small-scale production	R&D phase	R&D phase



معرفی اجزای سیستم‌های فتوولتائیک

بازده انواع سلول‌های فتوولتائیک:





معرفی اجزای سیستم‌های فتوولتائیک

بازده انواع سلول‌های فتوولتائیک:

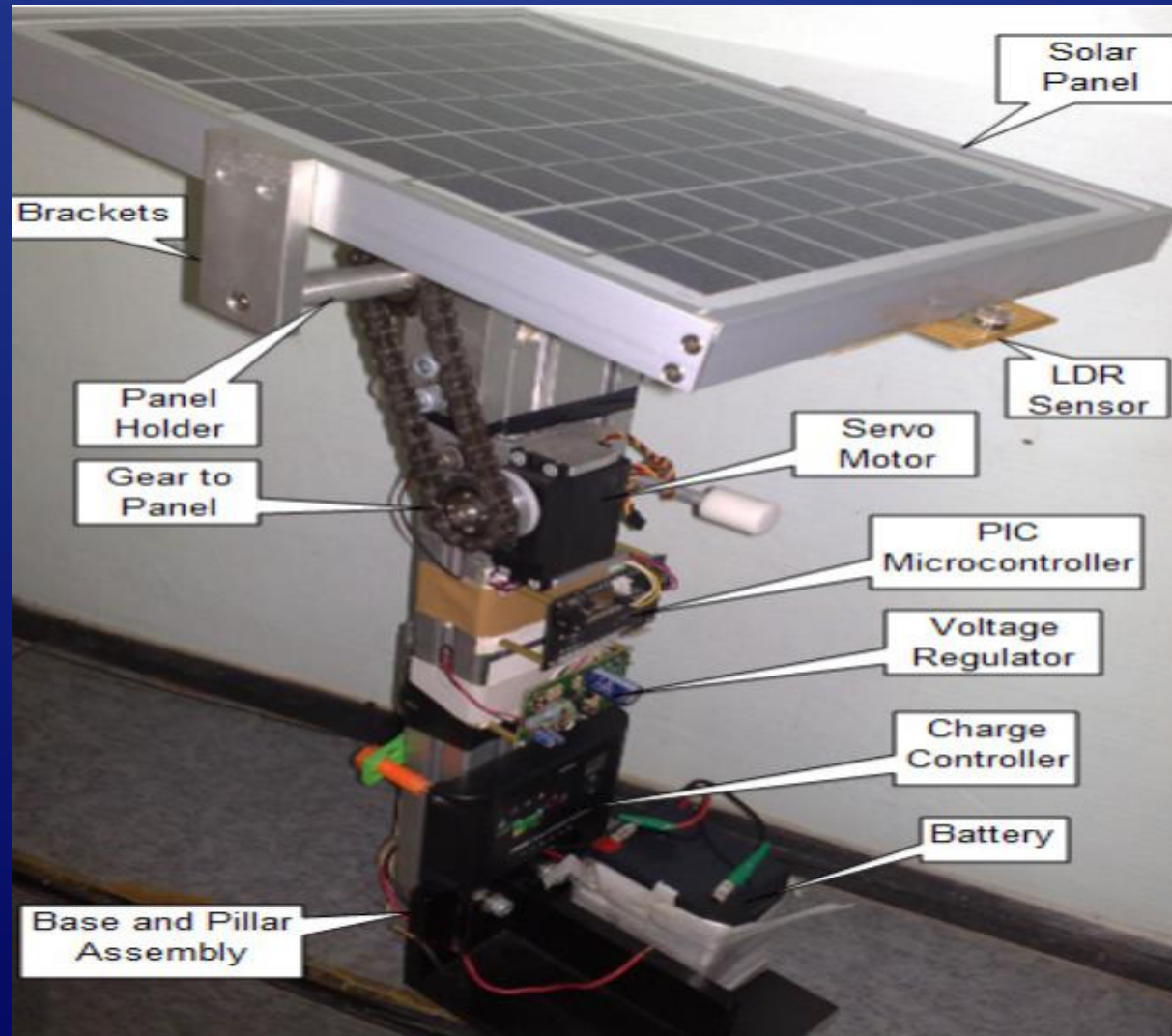
بازده (%)	ماژول
۱۲/۵ - ۱۵	تک کریستال سیلیکون
۱۱ - ۱۴	پلی کریستال سیلیکون
۱۰ - ۱۳	مس ایندیم گالیم سلنید (CIGS)
۹ - ۱۲	کادمیم تلورید (CdTe)
۵ - ۷	سیلیکون آمورف

SOLAR ENERGY

معرفی اجزای سیستم‌های فتوولتائیک



نمونه‌ای از سیستم‌های متحرک:

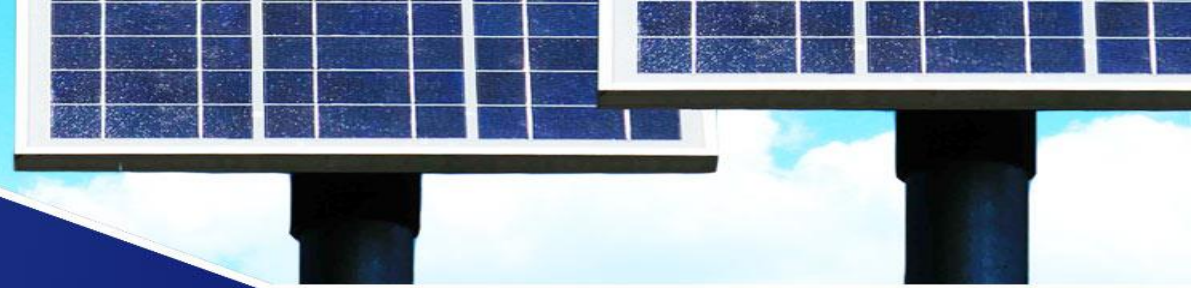


SOLAR ENERGY

معرفی اجزای سیستم‌های فتوولتائیک

نمونه‌ای از سیستم‌های متحرک:





معرفی اجزای سیستم‌های فتوولتائیک

اینورتر یا مبدل الکترونیک قدرت:

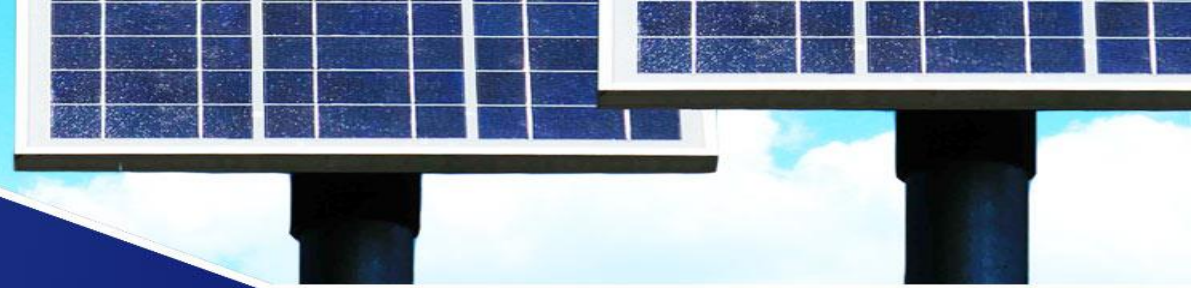
مبدل وسیله‌ای است که تبدیل برق مستقیم گرفته شده از آرایه‌های فتوولتائیک به جریان استاندارد متناوب

✓ مبدل‌های مجزا از شبکه:

- قابلیت تغذیه بار در ولتاژ و فرکانس مورد نظر در حالت تغییر ناگهانی بار
- برای انتخاب مبدل‌های مجزا به شبکه باید معیارهای شکل موج خروجی و تلفات در بی‌باری در نظر گرفته شود.

✓ مبدل‌های متصل به شبکه:

- سنکرون خروجی مبدل با شبکه اصلی به معنی تطابق سطح ولتاژ، فرکانس و فاز ولتاژ خروجی مبدل با ولتاژ شبکه
- برای انتخاب مبدل‌های متصل به شبکه باید معیارهای بازده، ایمنی، کیفیت توان مبدل و سیستم حفاظتی آن در نظر گرفته شود.



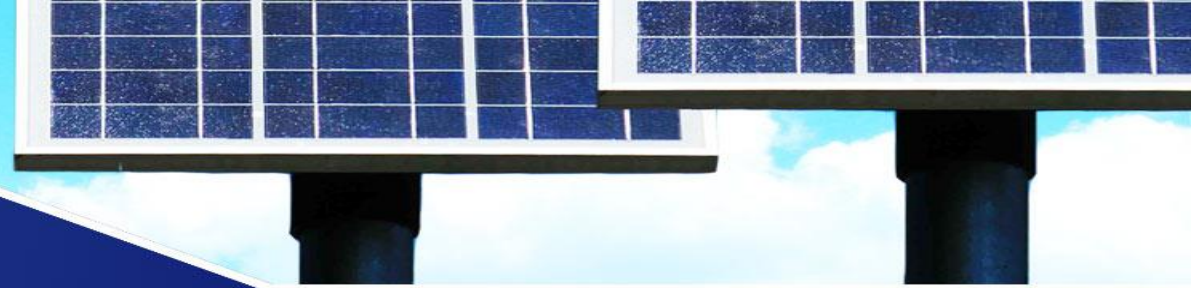
معرفی اجزای سیستم‌های فتوولتائیک

ذخیره‌ساز:

اجزای تشکیل‌دهنده:

- محفظه باتری
- کنترل‌کننده شارژ باتری
- پانل‌های فرعی مجزا برای مدارهای بار بحرانی

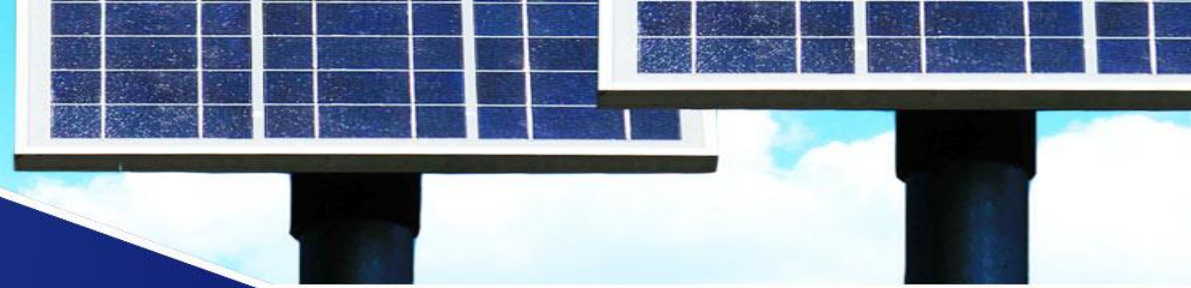
- باتری‌های سرب اسید، نیکل-کادمیوم، هیدروکسید نیکل و لیتیوم از انواع باتری‌ها می‌باشند که باتری‌های سرب اسید مصرف بیشتری دارند.
- مهمترین فاکتور در انتخاب باتری برای سیستم‌های فتوولتائیک قابلیت شارژ و دشارژ شدید در دفعات مختلف بدون ایجاد هرگونه خسارت و آسیب برای باتری



معرفی اجزای سیستم‌های فتوولتائیک

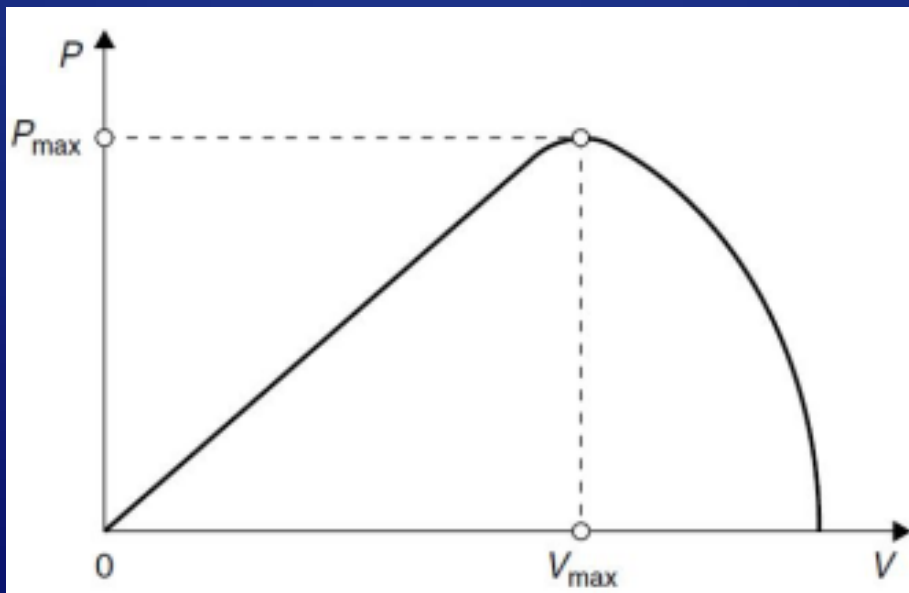
وظیفه دستگاه کنترل شارژ باتری:

- اندازه‌گیری ولتاژ خروجی پانل‌ها
- اندازه‌گیری جریان خروجی پانل‌ها
- اندازه‌گیری ولتاژ خروجی باتری‌ها
- اندازه‌گیری جریان خروجی باتری‌ها
- اندازه‌گیری دمای محیط
- اندازه‌گیری غلظت الکترولیت باتری‌ها
- تصمیم‌گیری قطع یا وصل ولتاژ و جریان خروجی پانل‌ها جهت شارژ باتری‌ها
- تصمیم‌گیری قطع یا وصل ولتاژ و جریان خروجی پانل‌ها جهت مصرف‌کننده

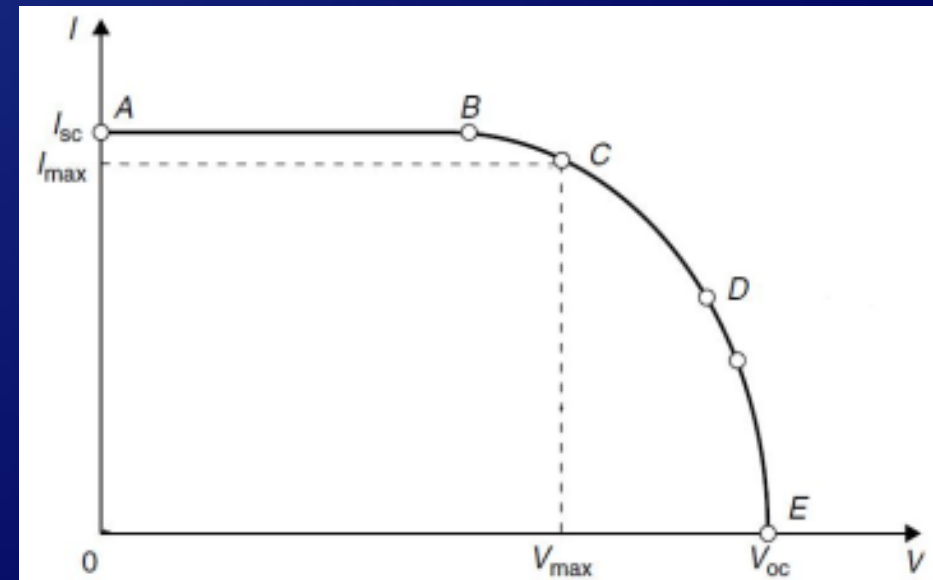


معرفی اجزای سیستم‌های فتوولتائیک

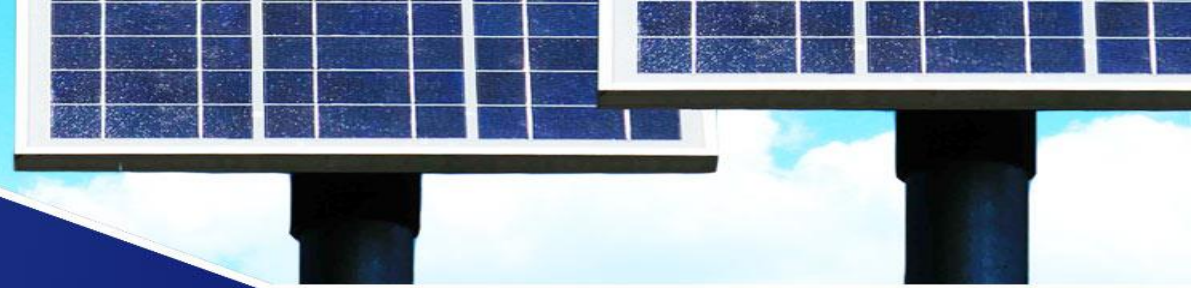
دنبال‌کننده حداکثر توان:



منحنی توان - ولتاژ یک پانل خورشیدی



منحنی جریان - ولتاژ یک پانل خورشیدی

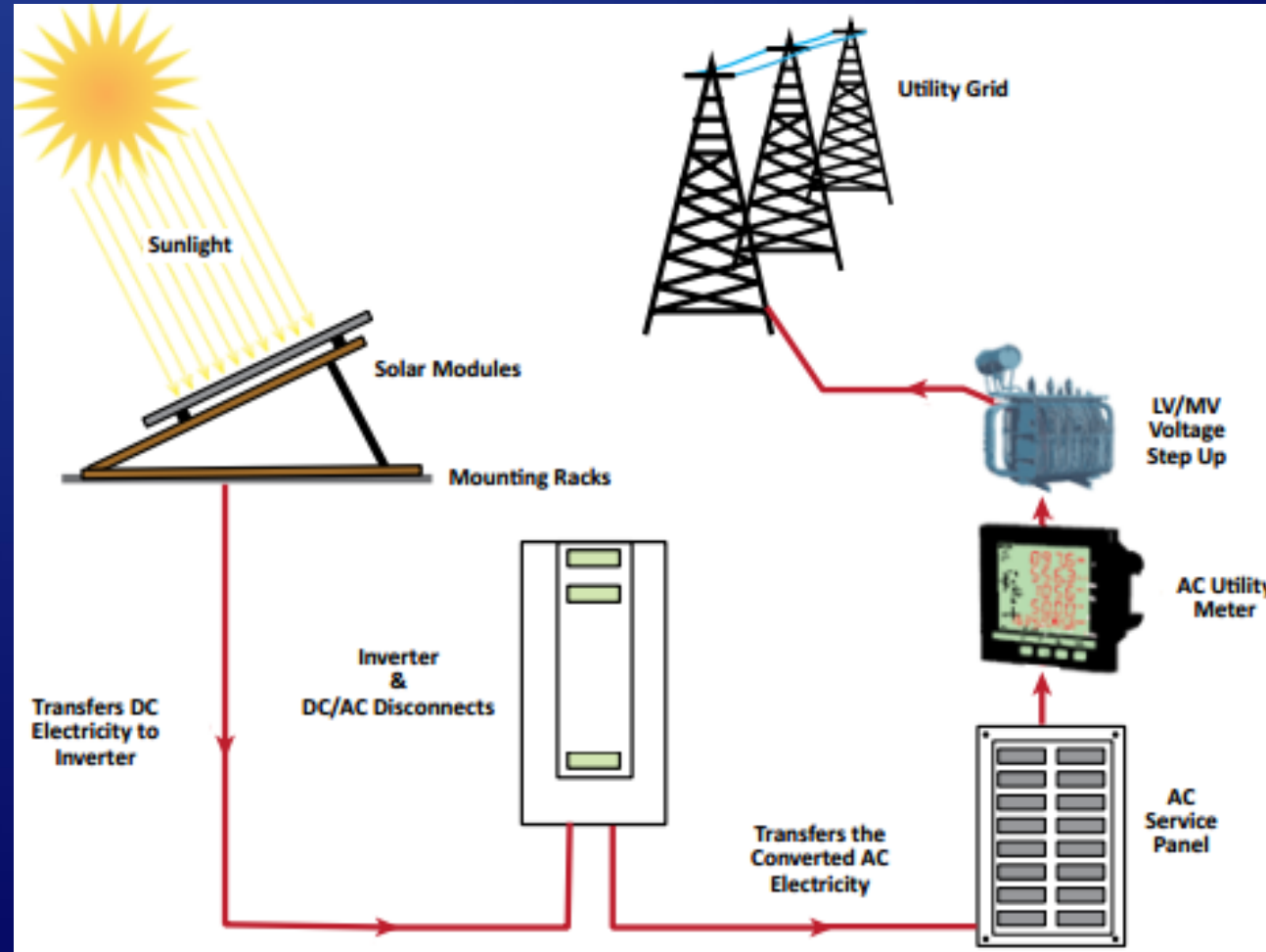


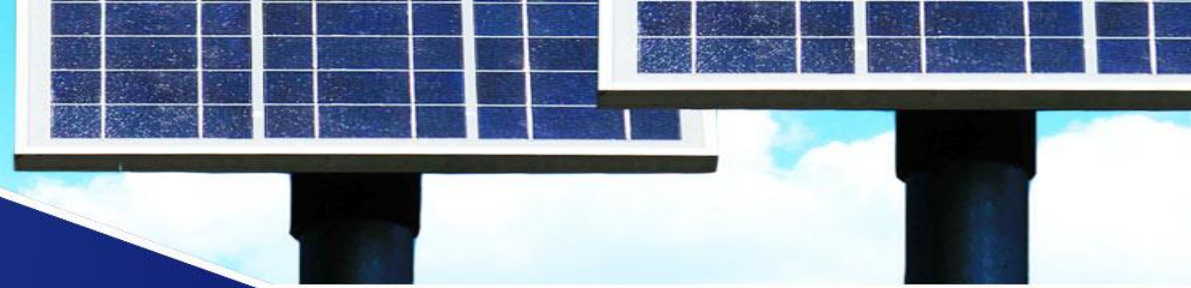
روش محاسبه و اتصال به شبکه

SOLAR ENERGY

روش محاسبه و اتصال به شبکه

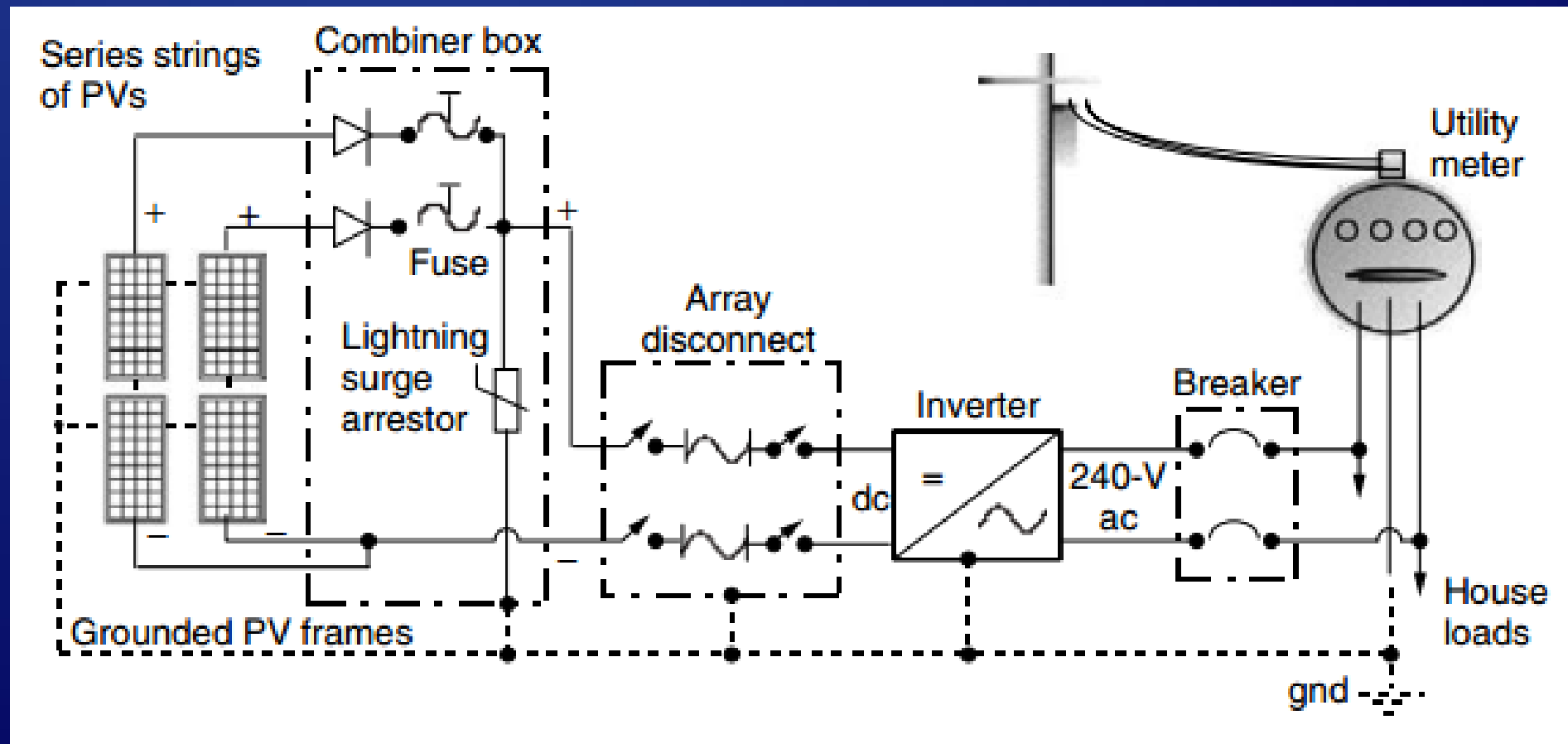
اتصال به شبکه:



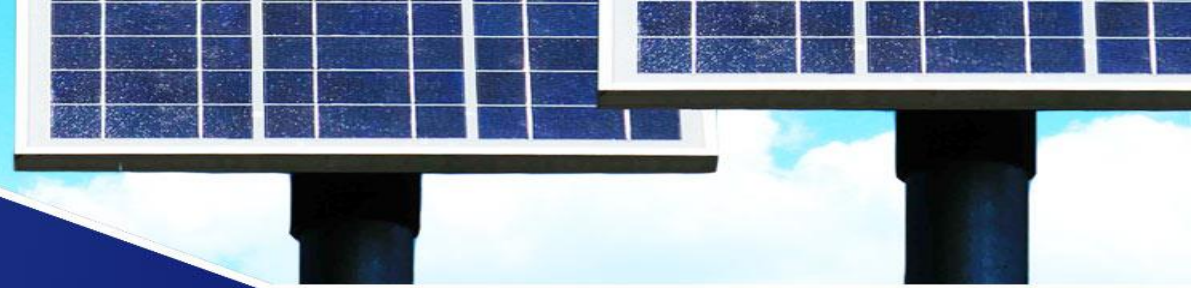


روش محاسبه و اتصال به شبکه

اتصال به شبکه:



SOLAR ENERGY



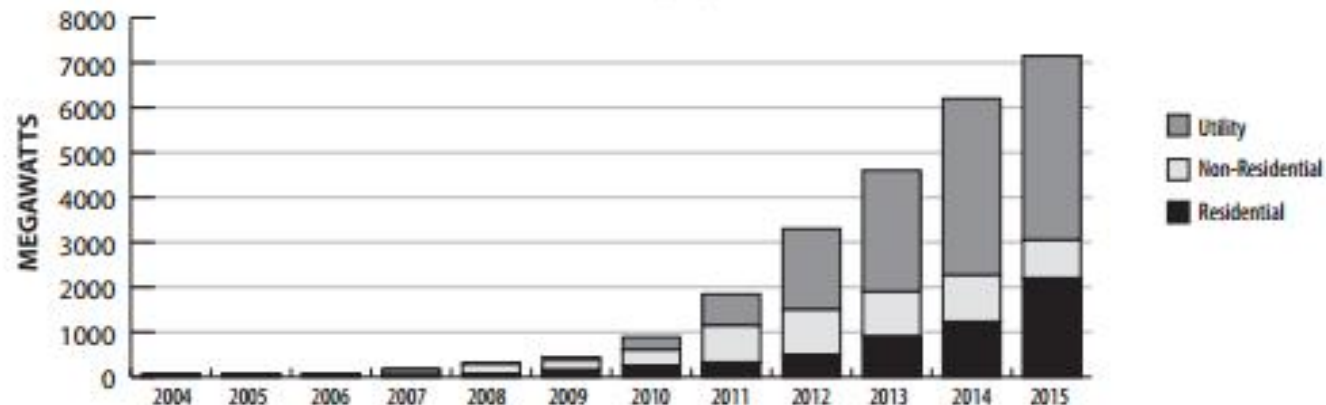
روش محاسبه و اتصال به شبکه

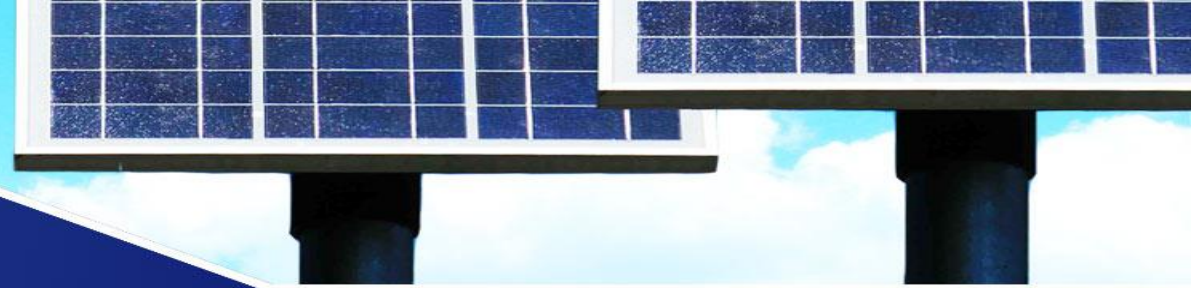
ظرفیت متصل به شبکه (ایالات متحده):

Average Size of Grid-Connected Photovoltaic Systems, 2015

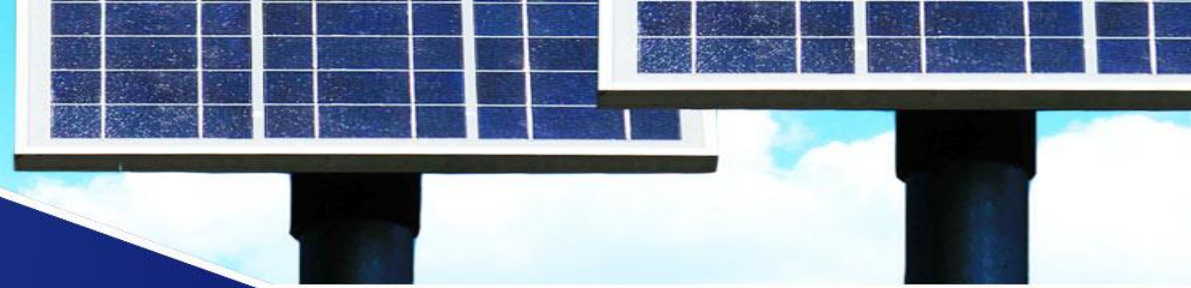


Annual Installed Grid-Connected PV Capacity by Sector





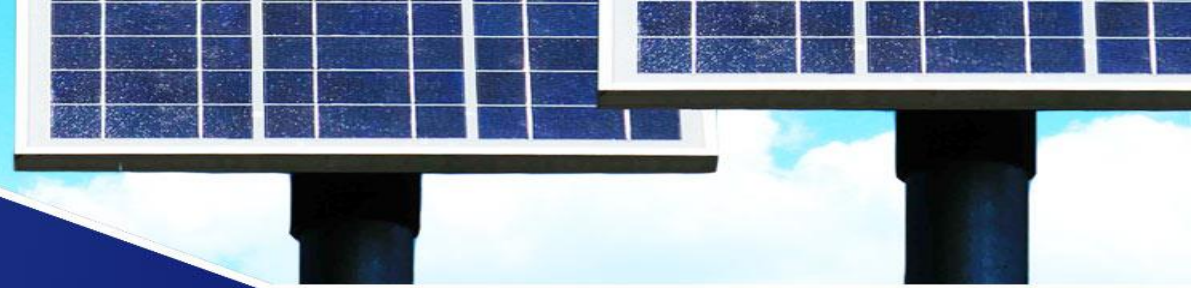
**دستورالعمل‌های بهره‌برداری و نظارت بر توان تولیدی، ولتاژ و
هامونیک‌های مزارع خورشیدی**



دستورالعمل‌های بهره‌برداری و نظارت

اصول طراحی سیستم‌های فتوولتائیک:

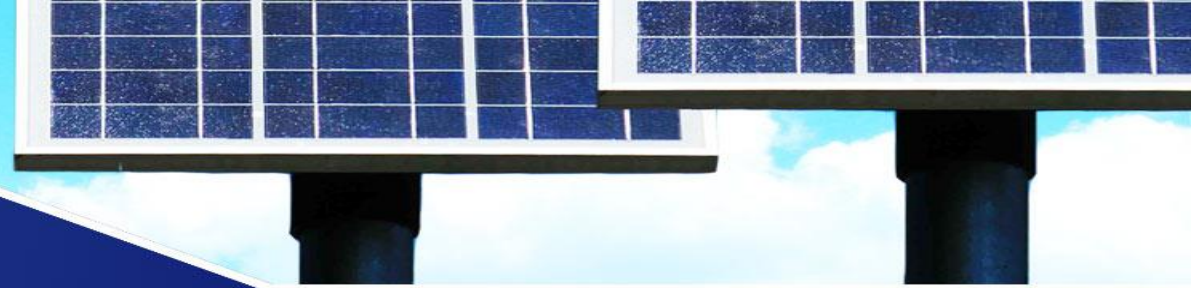
- برآورده کردن انتظارات مصرف‌کنندگان شامل کاهش هزینه‌های ماهیانه برق، فواید زیست‌محیطی و ذخیره انرژی
- اطمینان از تحمل وزن پانل‌ها و تجهیزات مربوطه در مکان‌های نصب تجهیزات فتوولتائیک
- استفاده از مواد مقاوم در برابر نور خورشید و هوا برای تمام تجهیزات مورد استفاده در فضای باز
- پانل‌ها باید در مکانی نصب شوند که میزان سایه ایجاد شده به وسیله تجهیزات مجاور، شاخ و برگ درختان، لوله‌ها و ... به کمترین میزان خود برسد.
- مطابقت سیستم طراحی شده با مقررات ساختمان و تأسیسات الکتریکی آن
- سیستم باید به گونه‌ای طراحی شود که تلفات انرژی در سیم‌ها، فیوزها، سوئیچ‌ها و ... به کمترین مقدار برسد.
- استفاده از باتری‌های مناسب در صورت وجود باتری در سیستم
- طراحی باید به گونه‌ای باشد که نیاز اتصالات بین شبکه محلی را برآورده نماید.



دستورالعمل‌های بهره‌برداری و نظارت

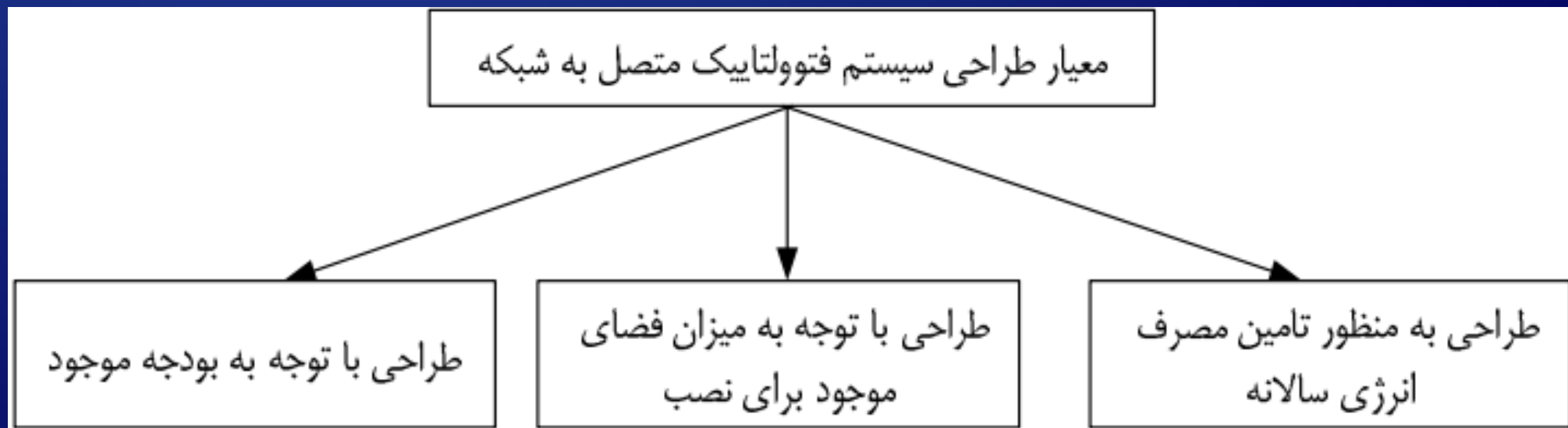
روند کلی طراحی یک سیستم فتوولتائیک:

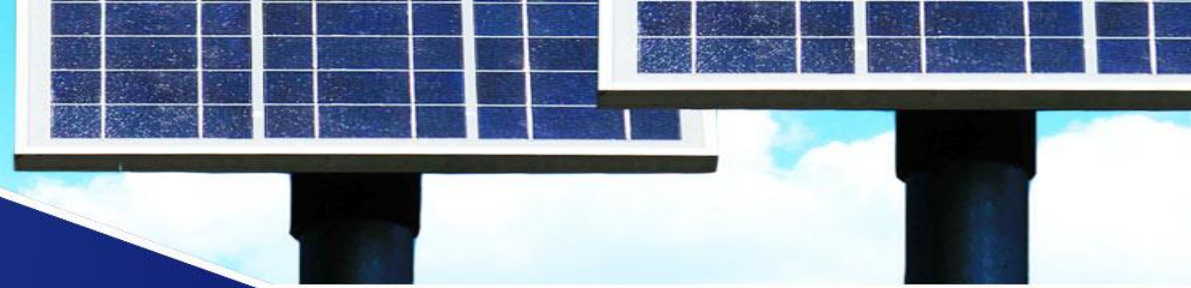




دستورالعمل‌های بهره‌برداری و نظارت

معیارهای کلی طراحی سیستم فتوولتائیک متصل به شبکه:

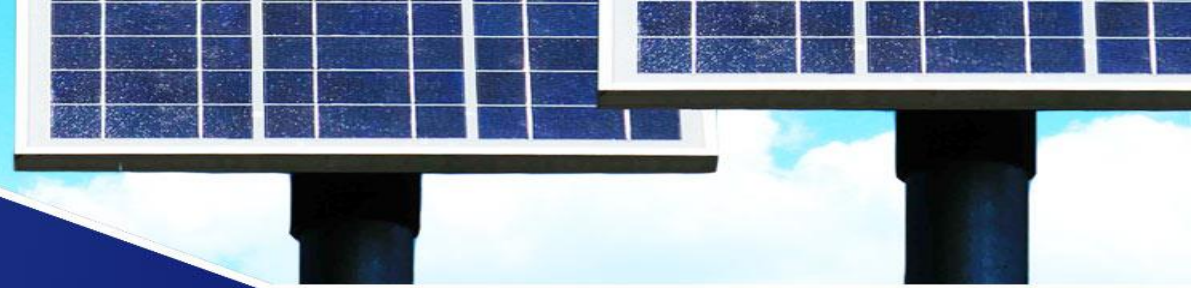




دستورالعمل‌های بهره‌برداری و نظارت

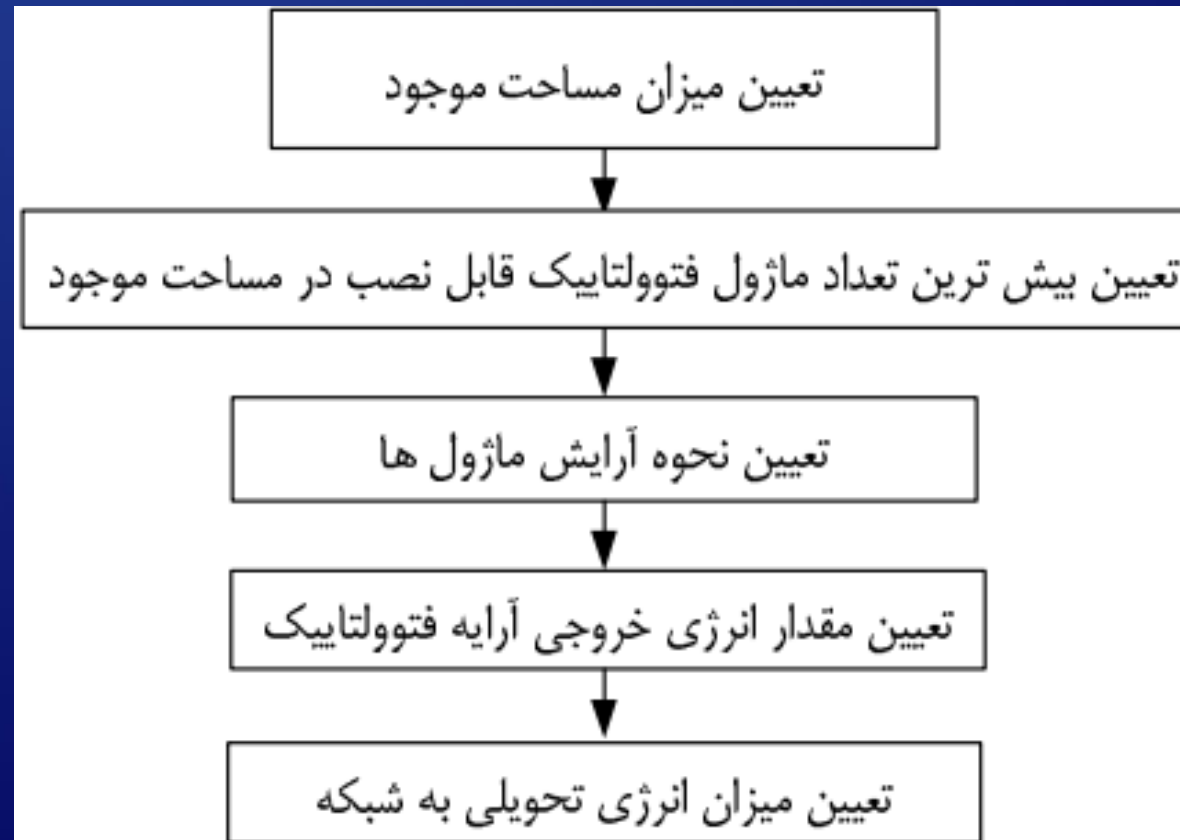
طراحی سیستم فتوولتائیک به منظور تامین مصرف انرژی سالانه:

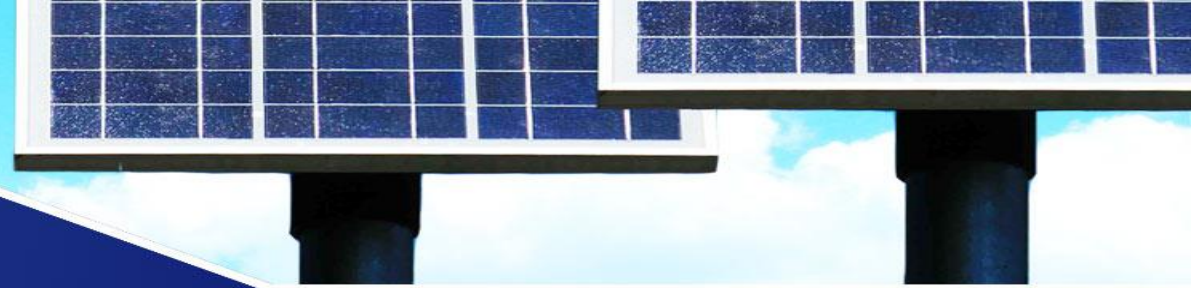




دستورالعمل‌های بهره‌برداری و نظارت

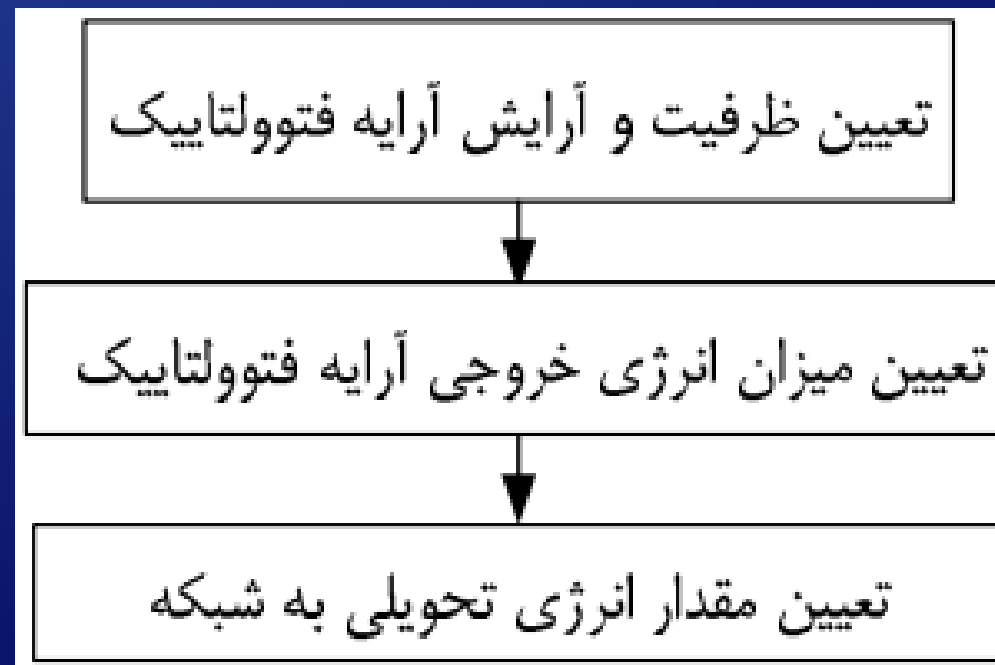
طراحی سیستم فتوولتائیک با توجه به میزان فضای موجود:

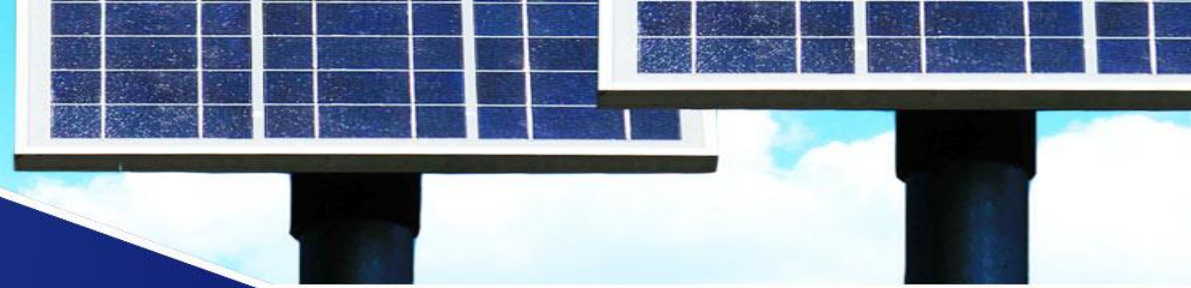




دستورالعمل‌های بهره‌برداری و نظارت

طراحی سیستم فتوولتائیک با توجه به بودجه موجود:





دستورالعمل‌های بهره‌برداری و نظارت

کیفیت توان:

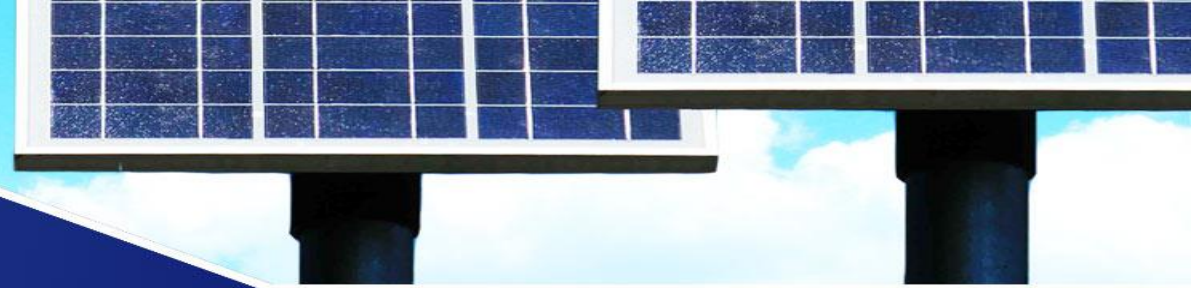
کیفیت برق تناسب توان الکتریکی تحویلی به تجهیز مصرف‌کننده را مشخص می‌کند. سنکرون کردن (همزمانی فرکانس و فاز ولتاژ) به شبکه برق اجازه می‌دهد تا تجهیز بدون افت کیفیت قابل توجه عملکرد مطلوبی داشته باشد.

پارامترهای کیفیت برق:

- ✓ محدوده مجاز فرکانس و سطح ولتاژ شبکه
- ✓ فلیکر ولتاژ
- ✓ اعوجاج هارمونیک
- ✓ ضریب توان

بررسی کیفیت توان از دو دیدگاه:

- کیفیت توان تولید شده توسط مبدل
- کیفیت توان شبکه
- در صورت بروز خطا در شبکه، تزریق توان توسط مبدل متوقف می‌گردد.
- تعریف شرایط کار عادی یک شبکه در استاندارد تدوین شده برای آن شبکه درج می‌شود.



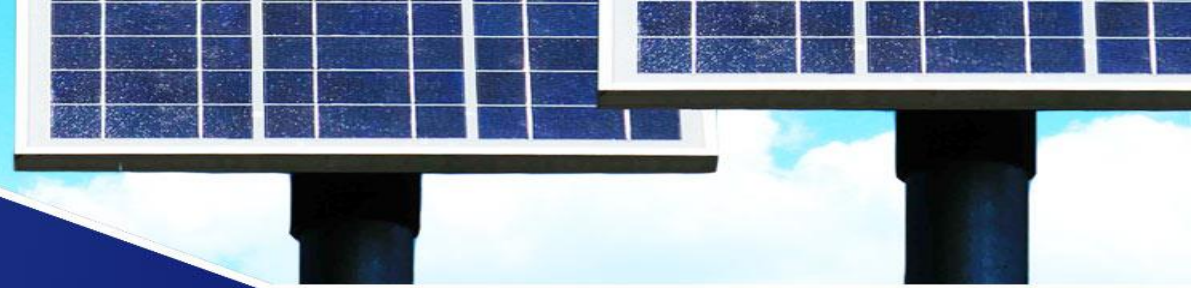
دستورالعمل‌های بهره‌برداری و نظارت

محدوده مجاز فرکانس:

- فرکانس شبکه ایران در تمامی سطوح تولید، انتقال و توزیع در محدوده $49/7 - 50/3$ هرتز قرار دارد. لذا مبدل سیستم فتولتائیک متصل به شبکه باید همواره فرکانس شبکه را نمونه‌گیری کرده و توان هم فرکانس با فرکانس نقطه اتصال به شبکه که در محدوده مجاز قرار دارد را تزریق نماید.

اغتشاشات ولتاژ:

- وقتی شرایط غیرعادی در شبکه به وجود می‌آید، نیاز است که سیستم فتولتائیک به این شرایط پاسخ دهد. این پاسخ سیستم باعث حفظ امنیت دیگر تجهیزات می‌شود. شرایط غیر عادی شبکه شامل خارج شدن ولتاژ از محدوده مجاز خود می‌باشد که این سطح ولتاژ مجاز شبکه بین 88 تا 110 درصد ولتاژ نامی شبکه می‌باشد و در صورت اختلاف از این سطح تزریق توان به شبکه باید قطع گردد.
- از آنجا که نسبت توان نامی مبدل متصل به شبکه به کل توان تولیدی شبکه، مقدار کوچکی است لذا نوسان ولتاژ شبکه برای مصرف‌کنندگان کمتر از 16 آمپر که توان کمی نسبت به کل توان تولیدی در شبکه مصرف می‌نمایند، مشکل مبدل نیست و معمولاً اندازه‌گیری نمی‌شود و محدودیتی به سیستم فتولتائیک اعمال نمی‌کند.



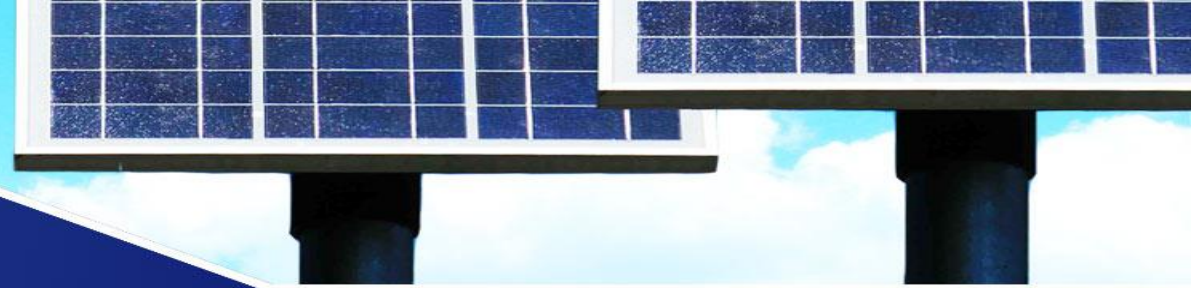
دستورالعمل‌های بهره‌برداری و نظارت

هارمونیک‌ها:

- هارمونیک‌ها ولتاژها و یا جریان‌های سینوسی هستند که فرکانس آن‌ها مضرب صحیحی از فرکانس نامی سیستم است. تجهیزات مختلفی از جمله مبدل‌ها، کوره‌های القایی و ... تولید جریان هارمونیکی می‌کنند. هارمونیک جریان تولید شده توسط تجهیزات مختلف باعث ایجاد افت ولتاژ هارمونیکی در دو سر امپدانس شبکه می‌شود. از طرف دیگر اتصال خازن‌های تصحیح‌کننده ضریب توان ممکن است باعث ایجاد تشدید در فرکانس هارمونیک‌های تولید شده شود و باعث اضافه ولتاژ می‌گردد.
- محدودیت هارمونیکی مربوط به هارمونیک‌های جریان و ولتاژ می‌باشد که در هر یک از این موارد به صورت محدودیت بر روی اعوجاج تکی هر هارمونیک و همچنین اعوجاج کلی ارائه می‌شود:

$$THD_I = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{50} I_h^2}}{I_n} \times 100$$

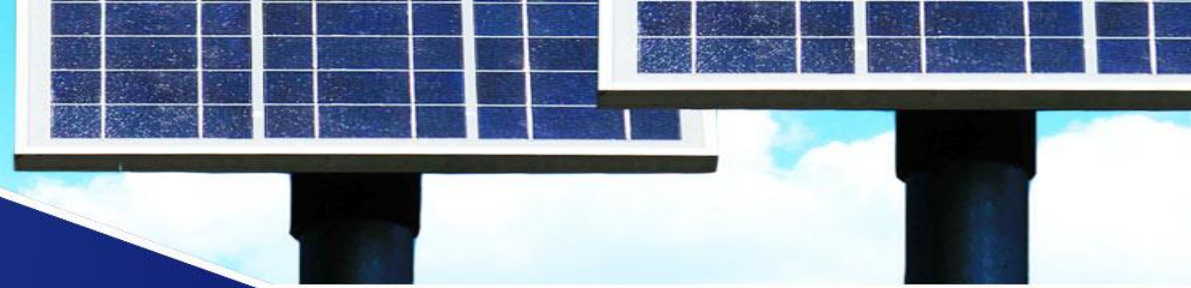
$$THD_V = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{50} V_h^2}}{V_n} \times 100$$



دستورالعمل‌های بهره‌برداری و نظارت

حدود مجاز اعوجاج ولتاژ برای سیستم‌های فتوولتائیک متصل به شبکه فشار ضعیف:
برای سیستم‌های فتوولتائیک، حدود مجاز هارمونیک‌های ولتاژ باید مطابق جدول زیر در نظر گرفته شوند.

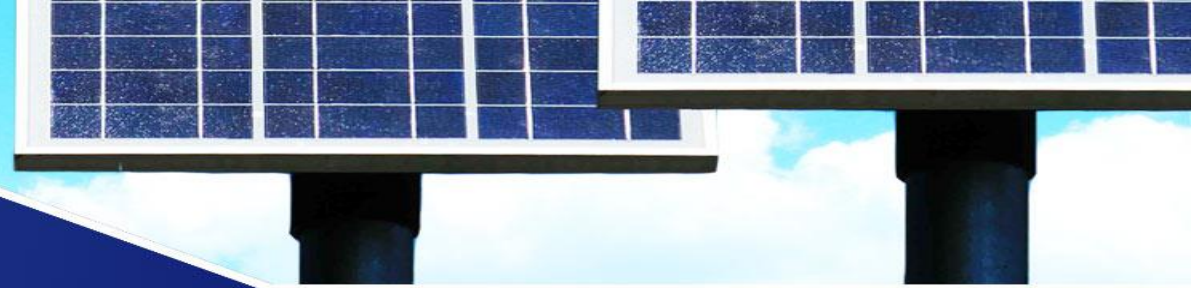
حد مجاز اعوجاج درصد ولتاژ هارمونیک‌ها نسبت به ولتاژ نامی در فرکانس ۵۰ هرتز			
اعوجاج کلی ولتاژ (THD)	اعوجاج تکی ولتاژ		ولتاژ
	زوج	فرد	۳۸۰ ولت
۵	۰/۵	۳	



دستورالعمل‌های بهره‌برداری و نظارت

فلیکر ولتاژ:

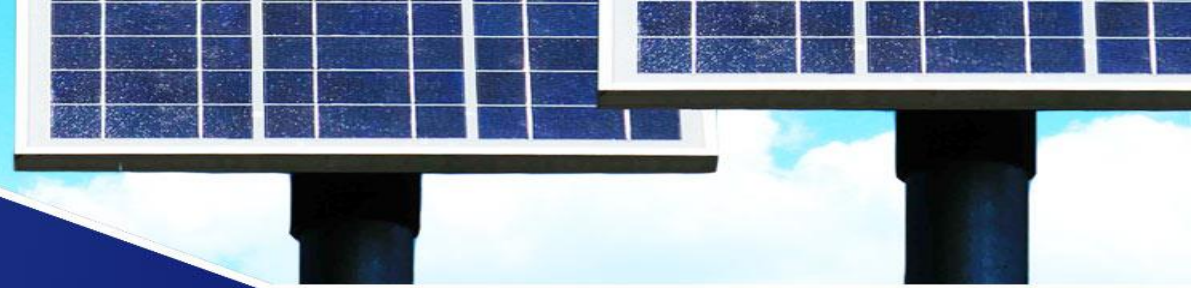
- فلیکر در حقیقت یک احساس شخصی از کم و زیاد شدن میزان روشنایی است که به صورت سوسو زدن نور لامپ‌های رشته‌ای ظاهر می‌شود. به عبارتی دیگر فلیکر تأثیر زودگذر یک منبع روشنایی بر روی حس بینایی انسان است، در حالی که طیف فرکانسی یا شدت روشنایی آن تغییر می‌کند. فرکانس نوسانات فلیکر بین $5/0$ تا 35 هرتز می‌باشد. عواملی مانند کوره‌های الکتریکی، دستگاه‌های نور آهن، جوش کاری، راه‌اندازی موتورهای الکتریکی باعث ایجاد فلیکر می‌شوند. برای بهبود فلیکر روش‌های مختلفی وجود دارد که برخی از آنها عبارتند از: راه‌اندازی موتورها با کم نمودن ولتاژ اعمالی به موتور و استفاده از جبران‌کننده‌های سنکرون.
- در کشور ایران استاندارد فلیکر ولتاژ برای سطوح مختلف ولتاژ وجود دارد که برای شین‌های در سطح ولتاژ فشار ضعیف، حد مجاز فلیکر کوتاه مدت و بلند مدت به ترتیب باید **کمتر از ۱ و ۰/۸** باشد. از آنجا که سیستم فتوولتائیک یک تولیدکننده توان می‌باشد، لذا با یک شین مدل می‌شود و باید حدود مجاز فلیکر ذکر شده را رعایت نماید.



دستورالعمل‌های بهره‌برداری و نظارت

عدم تعادل ولتاژ:

- عدم تعادل ولتاژ به حالتی گفته می‌شود که مقادیر ولتاژ سه فاز با یکدیگر متفاوت بوده و یا اختلاف فاز ۱۲۰ درجه بین آن‌ها وجود نداشته باشد. عدم تعادل ولتاژ مبحث بسیار مهمی است که باید با افزایش منابع پراکنده تکفاز در شبکه به طور جدی مدنظر قرار بگیرد.
- تا به امروز ظرفیت منابع تولید پراکنده نسبت به منابع تولید سنتی بسیار کمتر است و مهم‌تر از آن، عمده ظرفیت منابع تولید پراکنده را نیروگاه‌های توربین‌های بادی تشکیل داده‌اند که معمولاً به ولتاژ فشار قوی و به صورت سه فاز به شبکه متصل شده‌اند، لذا تأثیر منفی چندانی بر عدم تعادل ولتاژ ندارند.
- به تدریج با بالا رفتن ضریب نفوذ سیستم‌های فتوولتائیک متصل شده به شبکه در سطح ولتاژ فشار ضعیف که عمدتاً به صورت تکفاز هستند، شاخص نامتعادلی ولتاژ برای سطح ولتاژ فشار ضعیف اهمیت پیدا می‌کند.
- در استاندارد کیفیت برق ایران، حد مجاز عدم تعادل ولتاژ برای ولتاژ ۴۰۰ ولت که سیستم فتوولتائیک به شبکه وصل می‌شود برابر ۲ درصد در نظر گرفته شده است.



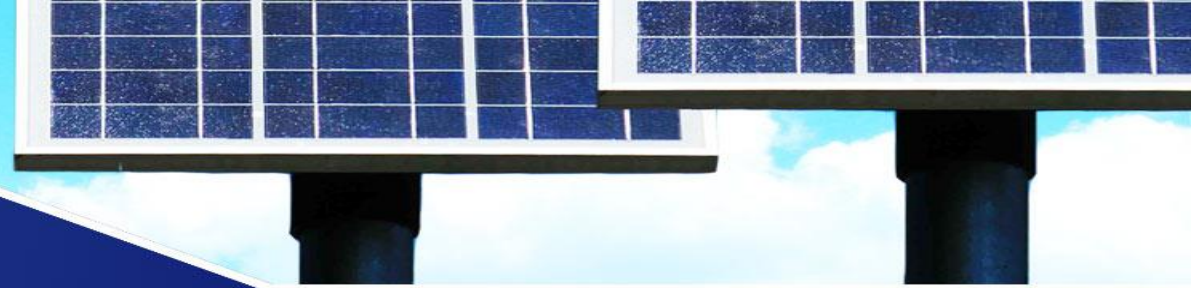
دستورالعمل‌های بهره‌برداری و نظارت

ایمنی و حفاظت:

- سیستم‌های فتوولتائیک معمولاً در نزدیکی و معرض دید مصرف‌کننده قرار دارند، به گونه‌ای که برای یک مصرف‌کننده عادی می‌تواند خطرناک باشد. به همین دلیل در سیستم‌های فتوولتائیک متصل به شبکه، ایمنی مصرف‌کننده باید با توجه به استانداردها رعایت شود. گاهی مواقع ممکن است به منظور رسیدگی و تعمیرات در شبکه، نیاز باشد که سیستم فتوولتائیک از شبکه قطع گردد، لذا باید کلیدهای مناسبی تعبیه گردد.

نکات ایمنی مهم:

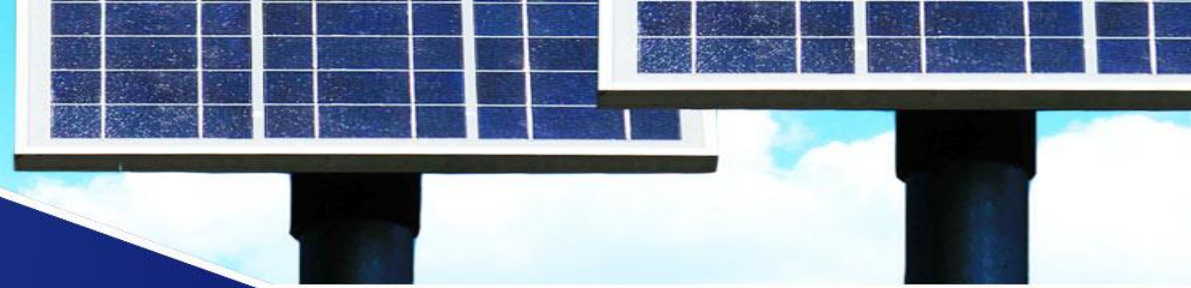
- ✓ جریان مستقیم
- ✓ پرهیز از کارکرد جزیره‌ای
- ✓ اغتشاشات فرکانس
- ✓ اتصال مجدد سیستم فتوولتائیک به شبکه بعد از رفع خطای شبکه و سنکرون شدن با آن
- ✓ حفاظت در مقابل موج ضربه و سیستم زمین



دستورالعمل‌های بهره‌برداری و نظارت

جریان مستقیم:

- تزریق جریان مستقیم، امر نامطلوبی است که موجب ناپایداری شبکه می‌گردد. سطح جریان مستقیم تزریق شده به شبکه همواره باید کمتر از $0/5$ درصد جریان متناوب نامی خروجی باشد.
- به منظور جلوگیری از تزریق جریان مستقیم، باید از ترانسفورماتور مجزاساز استفاده نمود و یا همواره جریان مستقیم خروجی را کنترل کرد و در صورت اختلاف با سطح مجاز، جریان خروجی را قطع نمود. این ترانسفورماتور باعث جلوگیری از تزریق جریان مستقیم، کاهش هارمونیک و نوسان ولتاژ و پیشگیری از اضافه ولتاژهای فرورزونانسی می‌شود.
- با حذف این ترانسفورماتور، باید با طراحی مناسب مبدل سیستم فتوولتائیک، فرمان کلیدها، فیلتر خروجی و مدارهای حفاظتی نتایج حاصله از این ترانسفورماتور را تأمین نمود.



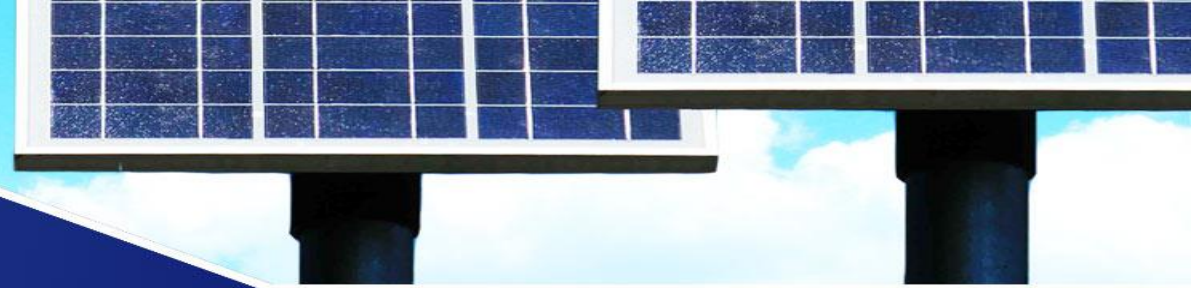
دستورالعمل‌های بهره‌برداری و نظارت

پرهیز از کارکرد جزیره‌ای:

- چنانچه شبکه قطع گردد و سیستم فتوولتائیک بدون حضور شبکه به تغذیه بارهای موجود در شبکه ادامه دهد، گفته می‌شود سیستم به صورت جزیره‌ای عمل می‌کند. کارکرد جزیره‌ای امری نامطلوب است و مبدل سیستم فتوولتائیک متصل به شبکه مجاز به عملکرد به صورت جزیره‌ای نمی‌باشد.
- ممکن است شبکه به منظور رسیدگی و تعمیرات مورد نیاز قطع گردد. در این حالت چنانچه سیستم فتوولتائیک به کار خود ادامه دهد، برای کارگرانی که انتظار قطع کامل شبکه را دارند ایجاد خطر می‌نماید. از سوی دیگر سیستم فتوولتائیک متصل به شبکه، همواره فرکانس خود را همزمان با فرکانس شبکه می‌کند اما شبکه خود را با سیستم فتوولتائیک همزمان نمی‌کند. بنابراین کارکرد جزیره‌ای می‌تواند در راه‌اندازی مجدد شبکه در سیستم فتوولتائیک ایجاد اختلال کند.

به طور کلی حفاظت‌های متداول در این زمینه به دو دسته حفاظت‌های غیرفعال و فعال تقسیم می‌شوند:

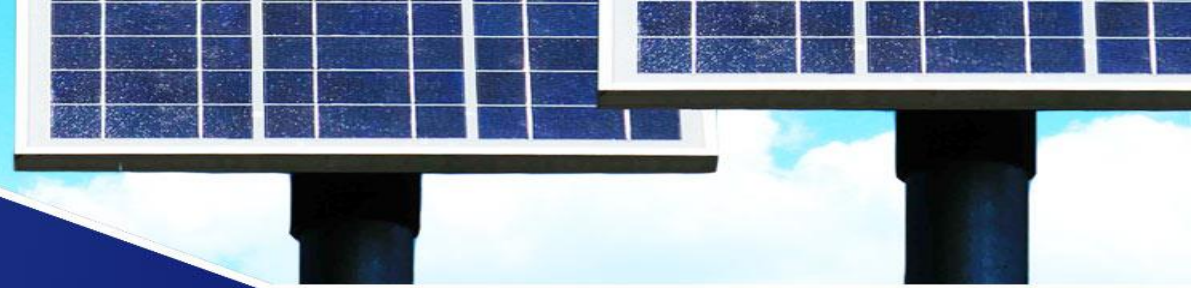
- ✓ حفاظت‌های غیرفعال پارامترهایی از شبکه را نظیر ولتاژ و فرکانس بررسی می‌نمایند.
- ✓ حفاظت‌های فعال با اعمال تغییرات یا اغتشاشاتی به شبکه و با بررسی پاسخ حاصله سعی در تشخیص عملکرد جزیره‌ای دارند.



دستورالعمل‌های بهره‌برداری و نظارت

اغتشاشات فرکانس:

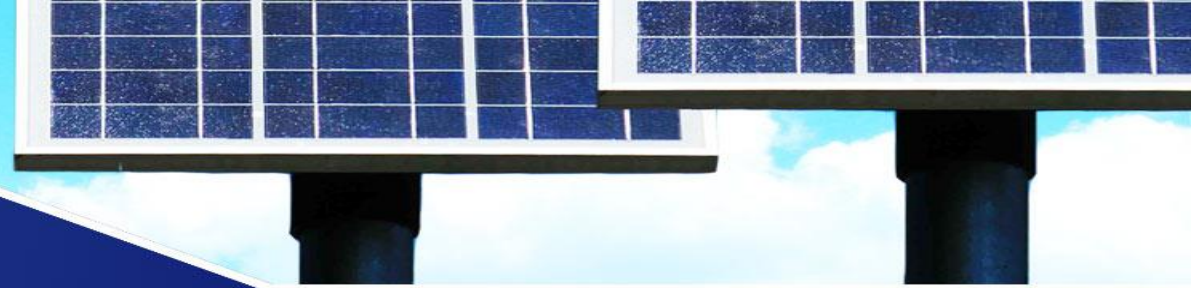
- سیستم فتوولتائیک متصل به شبکه دارای یک حلقه قفل فاز می‌باشد که آن را با شبکه سنکرون می‌کند. به همین دلیل سیستم فتوولتائیک در حالت ماندگار و پایدار همواره با فرکانس شبکه کار می‌کند و اگر فرکانس شبکه از محدوده مجاز خود خارج شود باعث می‌شود که سیستم فتوولتائیک هم با همان فرکانس توان تولید نماید و شرایط فرکانس شبکه را بدتر کند.
- زمانی که فرکانس شبکه از محدوده مجاز خارج گردد، سیستم فتوولتائیک باید حدود شش سیکل، تزریق انرژی به شبکه را متوقف کند و سپس اگر فرکانس در محدوده مجاز خود قرار نگیرد، از شبکه خارج شود. این تأخیر به دلیل گذر از اغتشاشات کوتاه مدت و جلوگیری از ایجاد نویزهای زیادی است که در هنگام خارج شدن از شبکه به وجود می‌آید.



دستورالعمل‌های بهره‌برداری و نظارت

اتصال مجدد سیستم فتوولتائیک به شبکه بعد از رفع خطای شبکه و سنکرون شدن با آن: وقتی خطا در شبکه اتفاق می‌افتد، سیستم فتوولتائیک خود را از شبکه قطع می‌نماید تا اینکه ولتاژ و فرکانس دوباره حداقل برای ۵ دقیقه در محدوده مجاز خود قرار بگیرند. بعد از این مدت، سیستم فتوولتائیک اجازه خواهد داشت که به طور اتوماتیک به شبکه وصل شود و اگر محدوده‌های مجاز رعایت نشده باشد، مبدل سیستم فتوولتائیک اجازه اتصال به شبکه را ندارد.

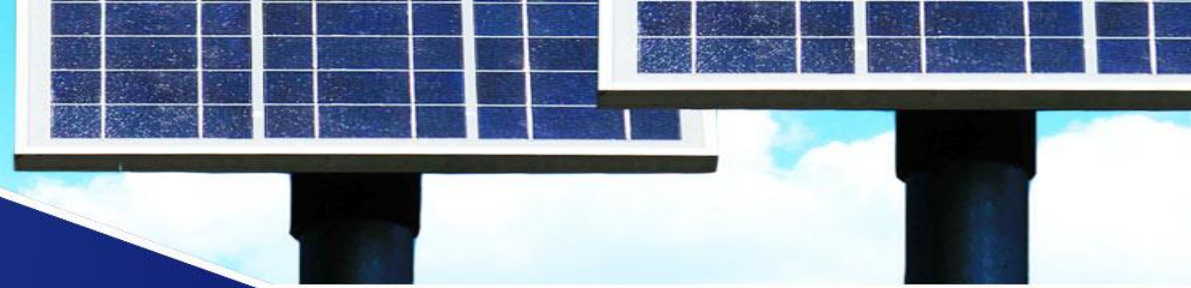
اختلاف زاویه ولتاژ (درجه)	اختلاف ولتاژ (%)	اختلاف فرکانس (Hz)	سطح توان (kVA)
۲۰	۱۰	۰/۳	۵۰۰-۰
۱۵	۵	۰/۲	۱۵۰۰-۵۰۰
۱۰	۳	۰/۱	۱۵۰۰<



دستورالعمل‌های بهره‌برداری و نظارت

حفاظت در مقابل موج ضربه و سیستم زمین:

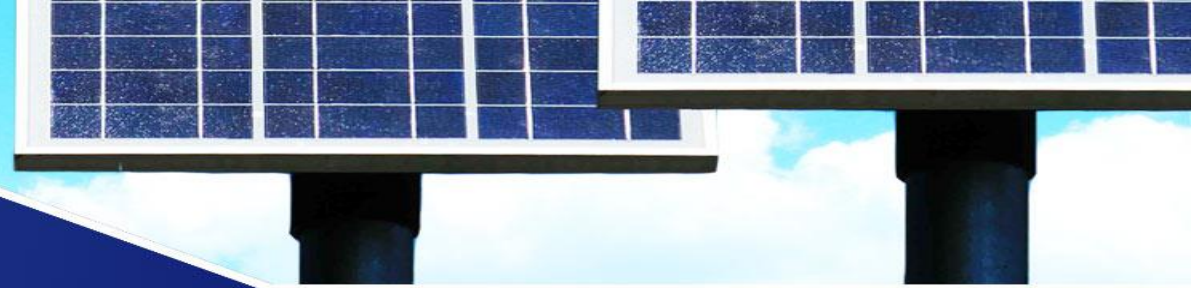
- موج ضربه موجی با دامنه بسیار زیاد در مدت زمانی کوتاه است. سیستم‌های فتوولتائیک متصل به شبکه باید توانایی ایستادگی در مقابل ولتاژ و جریان ضربه‌ای را بر اساس استانداردهای موجود داشته باشند.
- همینطور به منظور رعایت مسائل حفاظتی سیستم‌های فتوولتائیک باید مطابق با استانداردهای موجود به زمین متصل شوند.



دستورالعمل‌های بهره‌برداری و نظارت

اندازه‌گیری و پایش متغیرها:

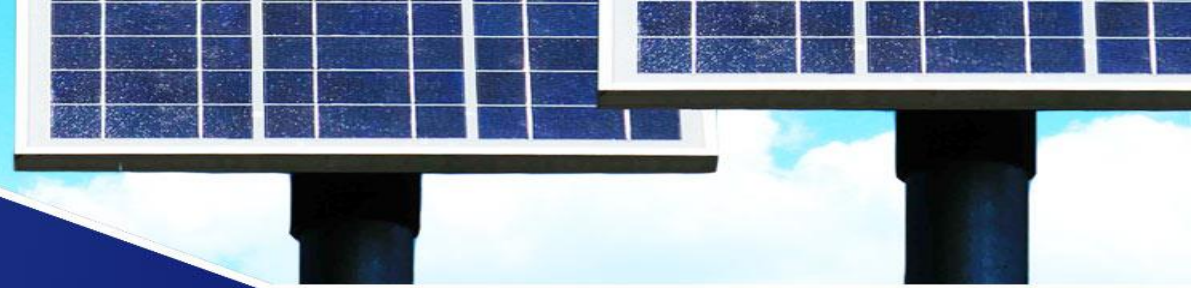
- ✓ اندازه‌گیری تابش
- ✓ اندازه‌گیری دمای محیط
- ✓ اندازه‌گیری سرعت باد
- ✓ اندازه‌گیری دمای آرایه
- ✓ اندازه‌گیری ولتاژ و جریان
- ✓ اندازه‌گیری توان



دستورالعمل‌های بهره‌برداری و نظارت

نمونه‌های عملی (مشخصه مبدل‌های متصل به شبکه):

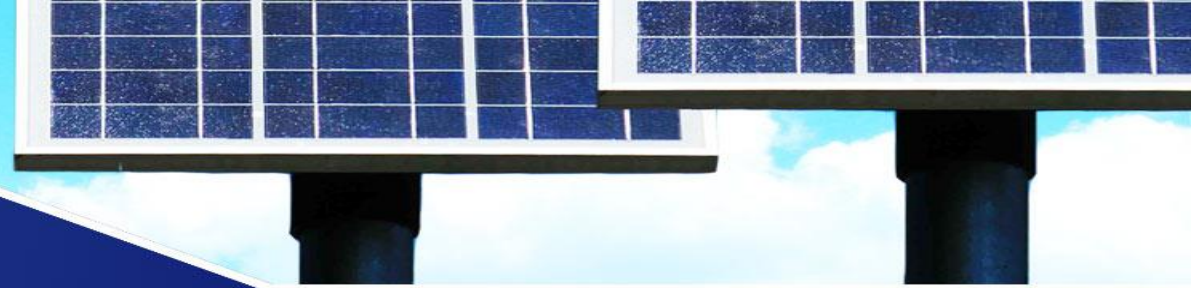
Manufacturer:	Xantrex	Xantrex	Xantrex	Sunny Boy	Sunny Boy
Model:	STXR1500	STXR2500	PV 10	SB2000	SB2500
AC power:	1500 W	2500 W	10,000 W	2000 W	2500 W
AC voltage:	211–264 V	211–264 V	208 V, 3Φ	198–251 V	198–251 V
PV voltage range	44–85 V	44–85 V	330–600 V	125–500 V	250–550 V
MPPT:					
Max input voltage:	120 V	120 V	600 V	500 V	600 V
Max input current:	—	—	31.9 A	10 A	11 A
Maximum efficiency:	92%	94%	95%	96%	94%



دستورالعمل‌های بهره‌برداری و نظارت

نمونه‌های عملی (مشخصات
فنی ماژول پلی کریستال
نوع ND شرکت SHARP):

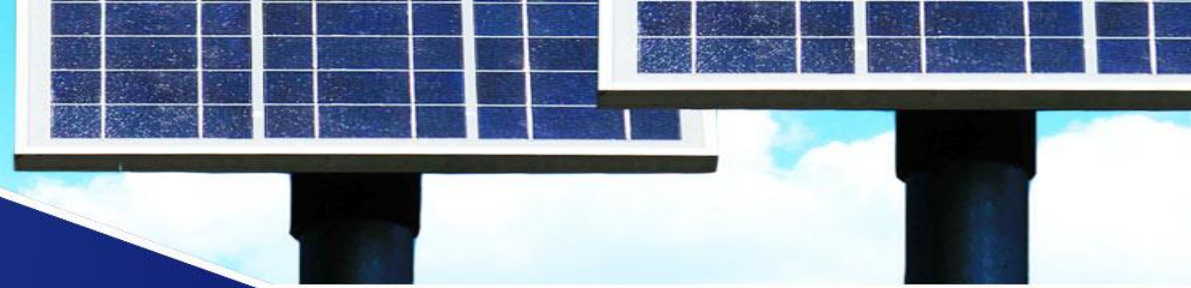
ND195R1s	مدل
۱۹۵ W	توان بیشینه در شرایط استاندارد
۱۰۰۰ V _{DC}	ولتاژ یکسو شده بیشینه در شرایط استاندارد
۲۳/۶۶ V	ولتاژ در نقطه توان بیشینه در شرایط استاندارد
۸/۲۷ A	جریان در نقطه توان بیشینه در شرایط استاندارد
۲۹/۷ V	ولتاژ مدار باز در شرایط استاندارد
۸/۶۸ A	جریان اتصال کوتاه در شرایط استاندارد
۱۵ A	بیشینه جریان مجاز در شرایط استاندارد
۴۰- تا ۹۰ درجه سانتی‌گراد	محدوده دمای مجاز
۴۷/۵ درجه سانتی‌گراد	دمای نامی
٪۱۴/۹	بازده
± ٪۵	خطای مقدار توان خروجی
۴۸ عدد	تعداد سلول‌ها
mm ۱۵۶/۵ × ۱۵۶/۵	ابعاد سلول‌ها
۳ mm	قطر شیشه جلو
mm ۴۶ × ۹۹۴ (W) × ۱۳۱۸ (L)	ابعاد ماژول
۱۵/۵ kg	وزن



دستورالعمل‌های بهره‌برداری و نظارت

نمونه‌های عملی (مشخصات
فنی ماژول تک کریستال
نوع MLE شرکت MITSUBISHI):

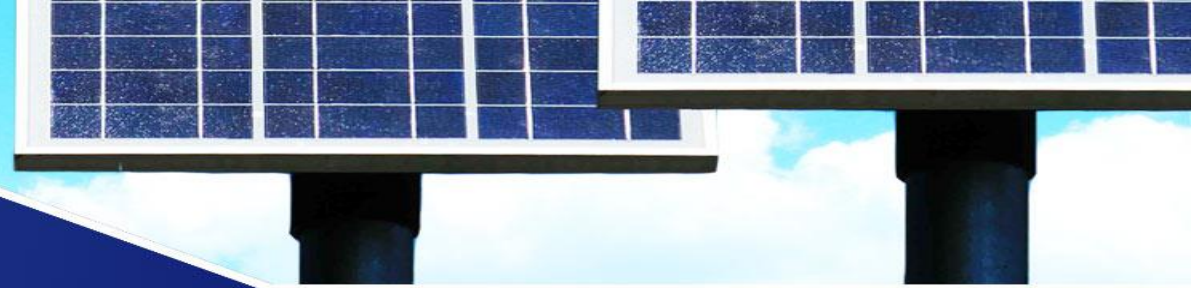
مدل	ND195R1s
توان بیشینه در شرایط نامی	۲۶۵ W
ولتاژ یکسو شده بیشینه در شرایط استاندارد	۱۰۰۰ V _{DC}
ولتاژ در نقطه توان بیشینه در شرایط نامی	۳۱/۷ V
جریان در نقطه توان بیشینه در شرایط نامی	۸/۳۸ A
ولتاژ مدار باز	۳۸/۲ V
جریان اتصال کوتاه	۹/۰۸ A
بیشینه جریان مجاز	۱۵ A
دمای نامی	۴۵/۷ درجه سانتی‌گراد
بازده	٪۱۶
خطای مقدار توان خروجی	± ٪۵
تعداد سلول‌ها	۱۲۰ عدد
ابعاد سلول‌ها	mm ۷۸ × ۱۵۶
ابعاد ماژول	mm ۴۶ × ۱۰۱۹ (W) × ۱۶۲۵ (L)
وزن	۲۰ Kg



دستورالعمل‌های بهره‌برداری و نظارت

نمونه‌های عملی (مشخصات
دنبال‌کننده‌های خورشیدی
مدل PEDT 1400):

PEDT 1400	مدل
9/9 m ²	سطح ماژول‌های فتوولتاییک
210-230 W	توان ماژول‌ها
1380 W	توان تولیدی
۲۴۰ درجه (۱۲۰ تا ۱۲۰- درجه)	زاویه چرخش در جهت سمت
۰-۱۲۰ درجه	زاویه ارتفاع
4 m	ارتفاع پایه
Slew drive	سیستم حرکت افقی
جک الکتریل خطی	سیستم حرکت عمودی
24 یا 48 V _{DC}	موتورهای حرکتی
چند وجهی فولادی با گالوانیزه گرم	نوع پایه
PE Smart Tracker	کنترلر
ساخته شده در شرکت پارس التک انرژی	
مقایسه‌ای	سنسور
۱۵۰ Km/h و در سرعت‌های بیش از آن سیستم به حالت افقی برمی‌گردد	سرعت باد در حال حرکت
پشتیبانی از سنسورهای حرارت و باد	امکانات اضافی



دستورالعمل‌های بهره‌برداری و نظارت

نمونه‌های عملی (مشخصات فنی باتری نمونه):

۴W	توان نامی
$\pm 3\%$	خطای توان تولیدی
۱۸ V	حداکثر ولتاژ (V_{mp})
۰/۲۲ A	حداکثر جریان (I_{mp})
۰/۲۴ A	جریان مدار باز (I_{sc})
۲۲/۳ V	ولتاژ مدار باز (V_{oc})
۴۰- تا ۸۵ درجه سانتیگراد	محدوده دمای مجاز
۷۱۵ V _{DC}	بیشینه ولتاژ سیستم
۲۵ (h) × ۱۶۰ (W) × ۳۲۰ (L) mm	ابعاد
۱ kg	وزن
۱۵ سال، ۹۰٪ توان اسمی ۲۵ سال، ۸۰٪ توان اسمی	توان خروجی ضمانت شده

با سپاس از توجه شما