

شرکت توزیع نیروی برق شهرستان مشهد

Mashhad Electric Energy Distribution Co.



# راهنما و دستورالعمل بهره برداری

## نیروگاه‌های خورشیدی

### (PV SYSTEM)



مجری طرح نیرورسانی و تملک دارایی

## به نام خدا

### مقدمه

صنعت برق کشور که در سه دهه گذشته ، رشد متوسط سالیانه ۸ تا ۱۰ درصدی مصرف برق را تجربه کرده ، مجبور بوده که هر ۱۰ سال یکبار ظرفیت خود را ( نیروگاه، شبکه انتقال و توزیع ) دو برابر نماید .

این مهم موجب شده که در تمام ۳۰ سال گذشته ، پارادایم حاکم بر صنعت برق کشور «پارادایم توسعه» باشد . نتیجه نهایی این پارادایم ، عدم تمرکز کافی بر موضوعهایی چون کاهش شدت مصرف برق ، توسعه انرژیهای تجدیدپذیر و کاهش آلایندهها بوده است .

در جهان امروز به دلیل محدودیت و گرانی سوختهای فسیلی و نیز مسایل زیست محیطی ، استفاده از انرژیهای تجدید پذیر رشد بسیاری داشته است . تابش خورشید بزرگترین منبع تجدیدپذیر انرژی روی کره زمین است و اگر فقط یک درصد از صحرای جهان با نیروگاههای خورشیدی به کار گرفته شوند ، همین مقدار برای تولید سالانه جهان کافی خواهد بود . برای بهره‌مندی از انرژی خورشیدی دو راه وجود دارد:

- استفاده از نور خورشید و تبدیل آن به الکتریسیته از طریق سلول‌های فتوولتاییک .
  - استفاده از انرژی حرارتی خورشید و تبدیل آن به انواع انرژیهای دیگر و یا استفاده مستقیم از آن .
- کشور ایران در منطقه‌ای با میزان بالایی از جذب انرژی خورشیدی قرار گرفته است ، بنابراین باید سیاست‌ها و راهکارها طوری تنظیم شوند که بتوان از این منبع انرژی بیشترین بهره را گرفت .
- در راستای تحقق اصل ۴۴ قانون اساسی مبنی بر توسعه مشارکت بخش غیردولتی در فعالیتهای اقتصادی کشور و به منظور صیانت از منابع انرژی فسیلی ، محافظت از محیط زیست ، تنوع بخشی به منابع انرژی و پدافند غیرعامل ، سازمان انرژیهای تجدیدپذیر و بهره‌وری ایران (ساتبا) خرید تضمینی برق تولیدی نیروگاههای تجدیدپذیر و پاک غیر دولتی را در رأس برنامه‌های خود قرار داده است .
- در این راهنما سعی شده بطور اجمالی و با زبان ساده به مهمترین موارد فنی ، ایمنی ، قوانین و دستورالعمل‌های نگهداری سامانه‌ها و ویژه مشترکین دارای نیروگاه خورشیدی اشاره شود.

### سیستم‌های فتوولتائیک

به پدیده‌ای که در اثر تابش نور بدون استفاده از مکانیزم‌های محرک ، الکتریسیته تولید کند «پدیده فتوولتائیک» و به هر سیستمی که از این پدیده استفاده نماید « سیستم فتوولتائیک » گویند .

سیستم‌های فتوولتائیک متشکل از سه جزء اصلی هستند :

ماژول که انرژی خورشیدی را به الکتریسیته تبدیل می کند ، مبدل که الکتریسیته را به جریان متناوب تبدیل می‌کند تا بتوان در مصارف مختلف استفاده کرد و احتمالاً باتری که انرژی الکتریسیته‌ی اضافی تولید شده در سیستم را ذخیره می‌کند . دیگر اجزای جانبی سیستم عبارت‌اند از : کابل‌ها ، سوئیچ برای قطع جریان ، سازه‌های پشتیبانی و غیره .

### طبقه بندی سیستم‌های فتوولتائیک به لحاظ کاربردی

بطور کلی سیستم‌های فتوولتائیک به لحاظ کاربردشان به دو گروه دسته بندی می‌شوند :

#### ۱ - سیستم‌های فتوولتائیک متصل به شبکه برق (ON Grid) :

طراحی سیستم‌های فتوولتائیک متصل به شبکه ، به گونه‌ای است که همزمان و بطور موازی با شبکه برق سراسری انرژی تولید می‌نمایند .

#### ۲ - سیستم‌های فتوولتائیک مستقل از شبکه برق (Off Grid) :

طراحی سیستم‌های فتوولتائیک مستقل از شبکه ، به گونه‌ای است که باید بدون نیاز به شبکه برق سراسری عمل نموده و توان ذخیره سازی انرژی در باتری‌ها را داشته باشند .

### اجزای سیستم‌های فتوولتائیک

#### • آرایه فتوولتائیک یا مجموعه پنل‌ها (Panels Array)

سه نوع اصلی سلول‌های فتوولتائیک عبارتند از :

۱ - تک کریستال (Mono Crystal)

۲ - پلی کریستال (Poly Crystal)

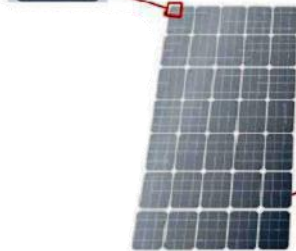
۳ - سلول‌های نانو فتوولتائیک

(Nano Photovoltaic Cells)

سلول فتوولتائیک



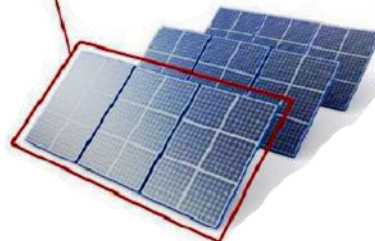
ماژول فتوولتائیک



پانل فتوولتائیک



آرایه فتوولتائیک



طرح سلول، ماژول، پانل و آرایه های فتوولتائیک



- مبدل یا اینورتر DC / AC (Inverter)

دستگاهی برای تبدیل جریان DC تولید شده توسط آرایه‌های فتوولتائیک به جریان AC است. مبدل‌ها به دو دسته کلی، مبدل‌های مستقل از شبکه و متصل به شبکه تقسیم می‌شوند.



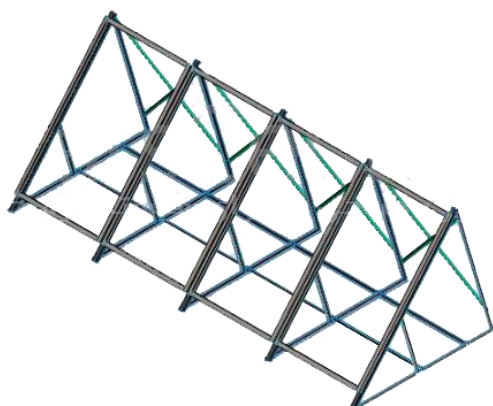
- میکرو اینورتر (Micro Inverter) :

میکرو اینورتر خورشیدی با حذف سیم بندی DC مستقیماً جریان را از پنل‌های خورشیدی به جریان متناوب تبدیل می‌کند. نصب آسان، کارکرد مناسب و عمر مفید از ویژگی‌های میکرواینورترهاست.



- ذخیره ساز یا باتری (Battery)

ذخیره انرژی در قالب باتری صورت می‌گیرد. باتری هم در سیستم‌های مستقل از شبکه و هم متصل به شبکه کاربرد دارد.



- سازه (Structure)

سازه‌هایی مستحکم و پایدار که جهت نصب آرایه‌های فتوولتائیک کاربرد دارند.

• کنترل کننده شارژر (Charge Controller)



کنترل کننده شارژر ، ولتاژ باتری را بررسی نموده و هرگاه ولتاژ باتری زیادتیر از حد مجاز شود، جریان شارژر را متوقف می‌کند . نصب کنترل کننده شارژر در همه سیستم‌های مستقل از شبکه ضروری می‌باشد تا باتری را در برابر شارژ و دشارژ بیش از حد محافظت نماید.

• سایر تجهیزات

شامل کابل ها ، تجهیزات حفاظتی ، کنکتورها (MC۴) ، جعبه‌های تقسیم ، کنتور هوشمند (AMI) ، اتصال زمین و غیره.



• آرایه کامل یک نیروگاه خورشیدی متصل به شبکه برق (On Grid) :





• آرایه کامل یک نیروگاه خورشیدی مستقل از شبکه برق (Off Grid):



### کاربردهای سیستم فتوولتائیک

- ۱ - مصارف فضانوردی و تأمین انرژی مورد نیاز ماهواره‌ها
- ۲ - روشنایی خورشیدی
- ۳ - مصارف خانگی با تأمین برق
- ۴ - سیستم پمپاژ خورشیدی
- ۵ - سیستم تغذیه کننده ایستگاه‌های مخابراتی و زلزله نگاری
- ۶ - یخچال‌های خورشیدی
- ۷ - سیستم تأمین برق قابل حمل
- ۸ - نیروگاه‌های خورشیدی بزرگ

## موارد ایمنی :

۱- با توجه به جریان‌های بالای DC و امکان برق گرفتگی از تماس مستقیم با تجهیزات شامل پنل ها ، اینورتر ، سازه و کابل های نیروگاه خورشیدی اجتناب گردد .

۲- نیروگاه خورشیدی بایستی به گونه‌ای نصب گردد که امکان دسترسی به تمامی نقاط نیروگاه در صورت آتش سوزی (فاصله حداقل ۶۰ سانتیمتر از لبه پشت بام) وجود داشته باشد .



۳- ولتاژ تولیدی مجموعه پنل ها در مولد خورشیدی علی رغم جدا بودن مولد از شبکه برق می تواند تا ۱۰۰۰ ولت برسد. لذا در صورت آسیب دیدگی روکش عایقی کابل ها یا اتصالات از تماس مستقیم با قسمتهای بدون عایق جدا خودداری شود.

۴- در صورت خاموش بودن نیروگاه، کابل های متصل به پنل های خورشیدی کماکان برق دار هستند. بنابراین حتی در هنگام شب و موقع خاموش بودن نیروگاه از تماس با کابل ها اجتناب گردد.



۵- هنگام آفتاب شدید دمای سطح پنل ها به طور قابل ملاحظه ای بالا می رود به طوریکه تماس با آن می تواند منجر به سوختگی سطحی پوست گردد.



۶- به منظور جلوگیری از خطر برق گرفتگی و ایجاد جراحت در صورت شکسته شدن شیشه یا تغییر شکل فریم پانل از تماس با آن خودداری گردد.

۷- از جابجا نمودن وضعیت پنلها حتی الامکان پرهیز شود. در صورت اضطرار، شیب نصب پنلها حفظ و جهت آنها رو به جنوب باشد.

۸- این مولد برای اتصال به شبکه توزیع برق شهر طراحی شده است، از اتصال خروجی مولد به دیزل ژنراتور و یا UPS خودداری گردد.



۹- اینورتر به صورت طبیعی توسط هوای محیط خنک می گردد. قسمت اعظم حرارت از طریق رادیاتور فلزی واقع در پشت اینورتر به محیط دفع می گردد، از پوشاندن اینورتر با پلاستیک یا قراردادن اجسام در مجاورت اینورتر مخصوصاً بر روی آن که باعث کند شدن جریان هوای اطراف اینورتر می گردد ، پرهیز شود.

۱۰- از پاشیدن آب بر روی اینورتر یا شستن تابلوی برق و اینورتر جداً خودداری نموده و برای نظافت می توان از یک پارچه مرطوب استفاده نمود.

## نحوه بهره برداری و نگهداری :

### ۱ - نحوه راه اندازی نیروگاه خورشیدی

#### نحوه روشن کردن نیروگاه خورشیدی

ردیف	شرح مراحل
۱	فیوزهای DC مربوط به تابلوی DC را وصل نمایید.
۲	کلید DC زیر اینورتر را در وضعیت وصل قرار دهید.
۳	کلید اتومات تابلوی AC را وصل نمایید.

#### نحوه خاموش کردن نیروگاه خورشیدی

ردیف	شرح مراحل
۱	کلید اتومات AC تابلو را قطع کنید.
۲	کلید DC زیر اینورتر را در وضعیت قطع قرار دهید.
۳	فیوزهای DC را قطع نمایید.

### ۲ - تنظیمات اینورتر به هیچ عنوان تغییر داده نشود و در صورت نیاز به انجام هرگونه تغییر در تنظیمات با

پیمانکار ذیصلاح تماس گرفته شود.





۳ - در هنگام قطع برق شبکه عمومی ، اینورتر به منظور رعایت مسایل ایمنی براساس استاندارد در مدت زمان بسیار کوتاهی عمل تزریق توان به شبکه را متوقف می‌نماید. لذا عدم تأمین انرژی نیروگاه در شرایط قطع برق به معنای وجود ایراد در سیستم نمی‌باشد. پس از بازگشت برق به شبکه ، اینورتر به صورت خودکار پس از گذشت زمانی حدود یک دقیقه در صورتیکه پارامترهای الکتریکی شبکه برق در محدوده مناسب خود باشند ، مجدداً عمل تزریق توان را شروع خواهد کرد.

۴ - نظافت سطح پنل‌ها با توجه به شرایط اقلیمی و محیطی سالی چند بار انجام پذیرد . تجمع زیاد گرد و غبار بر روی پنل‌ها باعث کاهش در میزان تولید می گردد و با تمیز کردن مرتب پنل‌ها ، می توان توان تولیدی نیروگاه را تا ۳۰ درصد افزایش داد.



۵ - تجمع زیاد گرد و غبار بر روی پنل‌ها باعث کاهش در میزان تولید می گردد. لذا در صورت مشاهده آلودگی بر روی سطح پنل‌ها توسط یک تی پلاستیکی و آب با رعایت فاصله مناسب از پنل‌ها و سازه نیروگاه خورشیدی با دستکش عایق و بدون همراه داشتن انگشتر ، ساعت و دیگر اشیای فلزی اقدام به رفع آلودگی نمایید.

۶ - به علت حرارت زیاد پنل در طول روز و جهت عدم وارد شدن تنش حرارتی به پنل‌های خورشیدی برای نظافت اوایل صبح یا اواخر روز، زمان غروب آفتاب اقدام گردد.

۷ - از استفاده از هرگونه مایع شوینده جهت نظافت پنل‌های خورشیدی اجتناب گردد.

۸ - پنل‌های خورشیدی در اثر وارد آمدن فشار یا برخورد و اصابت اجسام ، به قطعات کوچکتر خرد می‌شود. در صورت شکستن پنل‌ها، برای جلوگیری از افت شدید بازدهی نیروگاه می‌بایست پنل شکسته شده از نیروگاه جدا شده و با پنل‌های دیگری جایگزین شوند. بنابراین از انجام هرگونه عملی که منجر به وارد آمدن

صدمه به پنل‌ها شود، اجتناب نمایید. ضمناً در صورت شکسته شدن شیشه روی پنل‌ها، به هیچ عنوان آنها

را لمس نکنید چرا که امکان نفوذ ذرات ریز شیشه‌ها به داخل پوست دست وجود دارد.

۹ - حداقل سالی یکبار قطع و وصل کلید سوئیچ DC اینورتر الزامی است.

۱۰ - وقوع سایه حتی بر روی قسمتی از پنل‌ها باعث کاهش قابل ملاحظه تولید می‌گردد. از عدم وجود سایه در

روزهای مختلف سال بر روی پنل‌ها مطمئن شوید.

۱۱ - پنل‌های خورشیدی بعد از هر بارندگی باید چک شود و در صورت مشاهده آلودگی، نسبت به رفع آن اقدام

شود.

۱۲ - حتی الامکان از رفت و آمد در مسیر کابل کشی شده اجتناب کرده تا احتمال آسیب دیدگی به افراد و

کابل‌ها به حداقل برسد.

۱۳ - با وزش طوفان و بادهای شدید حتماً وضعیت استحکام سازه بخصوص مهاربندها، کل سازه و پنل‌ها کنترل

شود.

### الزامات فنی، گارانتی و خدمات پس از فروش

۱ - پیشنهاد می‌شود مالک جهت بررسی‌های دوره‌ای نیروگاه با پیمانکار مجری یا یکی از پیمانکاران صاحب

صلاحیت قرارداد نگهداری سالیانه منعقد نماید.

۲ - بازده پنل‌ها در طول زمان ۱۰ سال، بیش از ۹۰ درصد و ۲۵ سال بیش از ۸۰ درصد باشد.

۳ - بازده اینورتر بیش از ۹۵ درصد باشد.

۴ - پنل‌ها باید ضمانت نامه تعویض برای ۵ سال را دارا باشند.

۵ - اینورتر باید ضمانت نامه برای ۵ سال و خدمات پس از فروش برای ۱۵ سال را دارا باشد.

۶ - در دوره گارانتی، تعمیرات نیروگاه باید توسط نماینده مجاز پیمانکار انجام شود.

SOLAR RESOURCE MAP

PHOTOVOLTAIC  
POWER  
POTENTIAL

ISLAMIC  
REPUBLIC  
OF IRAN



**DESCRIPTION**

This solar resource map provides a summary of estimated solar photovoltaic (PV) power generation potential. It represents the average daily/yearly sum of electricity production from a 1 kW peak grid-connected solar PV power plant, calculated for a period of 17 recent years (1999-2015). The PV system configuration consists of ground-based, free-standing structures with crystalline-silicon PV modules mounted at a fixed position, with optimum tilt to maximize yearly energy yield. The optimum tilt ranges from 22° to 34° towards the equator. Use of high efficiency inverters is assumed. The solar electricity calculation is based on high-resolution solar resource data and PV modeling software provided by Solargis. The calculation takes into account solar radiation, air temperature, and terrain, to simulate the energy conversion and losses in the PV modules and other components of a PV power plant. The cumulative effect of losses due to dirt, snow and ice on the PV modules, and the losses from cables, inverters and transformers, is 9%. The power plant availability is considered to be 100%. The underlying solar resource database is calculated from atmospheric and satellite data with a 30-minute time step, and a spatial resolution of 250 m.

**ABOUT**

The World Bank and the International Finance Corporation (IFC), collectively the World Bank Group, have published this solar resource map alongside a **Global Solar Atlas** consisting of global, regional and country maps, to support the scale-up of solar power in our client countries. This work is funded by the Energy Sector Management Assistance Program (ESMAP), a multi-donor trust fund administered by The World Bank and supported by 13 official bilateral donors. It is part of a global ESMAP initiative on Renewable Energy Resource Mapping that covers biomass, small hydro, solar and wind. The World Bank Group has selected Solargis as its global provider of solar resource data and related services, and this map has been prepared by Solargis, under contract to The World Bank, based on a solar resource database that they own and maintain.

To obtain additional maps and information, please visit:  
<http://globalsolaratlas.info>

**TERMS**

This map is published by the World Bank Group, funded by ESMAP, and prepared by Solargis. Data sources: Solar resource database and photovoltaic simulation software © 2015 Solargis. Administrative boundaries © 2014 Cartography Inc., ©2014 World Bank Group. Map data © 2014 OpenStreetMap contributors, © OpenStreetMap contributors, © Data and maps for ArcGIS © 2014 ESRI. Basemap: Tangsatly Maps, version 1.0 (2010-2014) (Tangsatly Maps, Inc.). Cartography © 2017 Solargis.

Copyright © 2017  
THE WORLD BANK  
1818 H Street NW, Washington DC 20433, USA

The World Bank, comprising the International Bank for Reconstruction and Development (IBRD) and the International Development Association (IDA), is the sponsoring agent and copyright holder for this publication, acting on behalf of The World Bank Group. This publication, and the underlying dataset, is licensed by The World Bank under a Creative Commons Attribution license (CC BY 3.0 IGO). Users should cite The World Bank as the data provider, and make reference to ESMAP as the source of funding for this publication.

Considering the nature of climate fluctuations, inter-annual and long-term changes, as well as the uncertainty of measurements and applied methods, The World Bank, International Finance Corporation, and Solargis do not take any responsibility whatsoever, and do not give any warranty, on the accuracy of the data that were used to produce this map. Solargis has done its utmost to make an assessment of solar climate conditions based on the best available data, software, and knowledge. It is recommended that this map be used as a guide of solar resource potential rather than an instrument to plan or develop power installations.

The boundaries, colors, denominations and any other information shown on this map do not imply, on the part of The World Bank, any judgment on the legal status of any territory, or any endorsement or acceptance of such boundaries.

Solargis database version 2.1 - Map issue date: 2017-01-17

