پودمان ۴

نگهداری و حفاظت سامانه فتوولتاییک

واحد یادگیری ۵

نگهداری و حفاظت سامانه فتوولتاییک

آیا می‌دانید

- چه عواملی در افزایش توان خروجی سامانه فتوولتاییک تأثیرگذار است؟
- نگهداری سامانه فتوولتاییک چه اهمیّتی دارد؟
- شرح وضعیت کنترل شارژ چگونه است؟
- همبندی و صاعقه‌گیر در سامانه فتوولتاییک چه نقشی دارد؟

استاندارد عملکرد

پس از اتمام این واحد یادگیری هنرجویان قادر خواهند بود عیوب و اخطارهای قابل مشاهده سامانه را بررسی کرده و آنها را مرتفع کنند. همچنین آشنایی لازم با انواع اندازه‌گیری‌های الکتریکی و انجام آن در نگهداری سامانه خورشیدی پیدا خواهند کرد و می‌توانند اتصالات حفاظتی سامانه را بررسی و وارسی نمایند.

نگهداری از سامانه فتوولتاییک مستقل از شبکه

مقدمه

سامانه‌های فتوولتاییک در مقایسه با دیگر مولدهای الکتریکی نیاز به نگهداری کمتری دارند. نگهداری از سامانه فتوولتاییک تأثیر مستقیم بر راندمان خروجی و طول‌عمر سیستم (به‌طور میانگین ۲۰ سال) دارد. اتصالات همبندی و صاعقه‌گیر در سامانه‌های فتوولتاییک اهمیت بالایی دارد و در پایش و نگهداری این سامانه باید مدنظر قرار گیرد. هزینه نگهداری سامانه‌های خورشیدی از هزینه نصب بسیار کمتر است. (شکل ۱)

قطعات سامانه فتوولتاییک و اتصالات کابل برای یک بازه ۲۰ ساله نصب می‌شود.

فعالیت

پیام زیر چه نکته‌ای را به برق‌کاران توصیه می‌کند (شکل ۱)؟

Photovoltaic systems are becoming more and more common and it is important that any electricain can inspect them and test them.

پرسش

چرا نگهداری دیزل ژنراتورها نسبت به سامانه‌های فتوولتاییک دارای هزینه بیشتری است؟

شکل ۱ــ نگهداری سامانه فتوولتاییک

بررسی عملکرد سامانه خورشیدی

برای عملکرد بهینه سامانه، بررسی دوره‌ای عملکرد قطعات و اتصالات جزء موارد مهم نگهداری از سامانه فتوولتاییک است.

نگهداری از سامانه به دو دسته تقسیم می‌شود.

۱ــ نگهداری از طریق مشاهده

موارد زیر از نوع نگهداری از طریق مشاهده است:

- بررسی کابل‌ها (به‌دلیل قرار گرفتن در معرض آفتاب، باران و باد) و اتصالات مدول خورشیدی (محکم کردن اتصالات شل شده).
- تمیزی و سلامت صفحه مدول (در مقدار ولتاژ خروجی مؤثر است).
- تهویه اینورتر و کنترل شارژ

(در عمر بهینه آنها مؤثر است و عملکرد بهینه کنترل شارژ در طول عمر باتری تأثیر دارد).

- بررسی ساختمان پنل‌ها (بررسی بسته بودن پیچ‌ها و ساختار فلزی پایه‌ها).

۲ــ نگهداری از طریق تست و اندازه‌گیری

موارد زیر از نوع دوم نگهداری است:

- ثبت ولتاژ و جریان خروجی پنل و مقایسه با مقادیر مجاز.
- اندازه‌گیری ولتاژ بی‌باری و جریان اتصال کوتاه مدول خورشیدی.

دراین بخش سعی شده تا ترکیبی از هر دو نوع نگهداری آورده شود. نگهداری و پایش سامانه در توان بیشینه سامانه بسیار مهم است. عوامل متعددی باعث می‌شود تا توان تولیدی سامانه در عمل کمتر از مقدار نامی باشد. این عوامل عبارت است از:

- بازده مبدل
- تلفات سامانه فتوولتاییک
- تأثیر دما
- اثر آلودگی

ضوابط فنی عملکرد و نگهداری[1]

سیستم‌های خورشیدی در مقایسه با سیستم‌های دیگر تولید انرژی، نیاز به تعمیر و نگهداری کمتری دارند. با این حال تعمیر و نگهداری مناسب سیستم‌های خورشیدی سبب افزایش ۱۲ درصدی مقدار انرژی قابل دریافت از سیستم نصب شده می‌شود. بعضی از شرایط شامل همه اجزا می‌شود، مثلاً همه اجزا سامانه باید تحمل دمای ۲۰- تا ۴۵+ درجه را داشته باشند. انجام فعالیت‌های زیر برای تعمیر و نگهداری از پنل خورشیدی، کنترل شارژ و باتری باید در دستور کار تعمیرات و نگهداری قرار گیرد.

۱ـ پنل خورشیدی

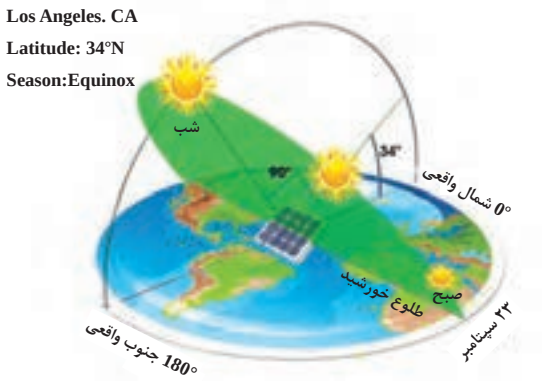
نگهداری پنل خورشیدی از طریق مشاهده مدول خورشیدی در نوع نصب قابل بررسی است. کیفیت و نوع نصب پنل‌ها در بازدهی سامانه مؤثر است. در جدول ۱ به بازده خروجی انواع نصب مدول اشاره شده است.

جدول ۱ـ بازده پانل‌های (آرایه‌ها) فتوولتاییک برای حالت‌های نصب مختلف

نوع نصب	ثابت	ثابت دو فصلی	ثابت چهار فصلی	ردیاب دو محوره
نسبت به حالت بهینه (درصد)	۷۱/۱	۷۵/۲	۷۵/۷	۱۰۰

تحقیق کنید

بازدهی نصب مدول خورشیدی در کدام دو فصل به هم نزدیک‌تر است؟ با افزایش عرض جغرافیایی چه تغییر در زاویه تابش خورشید ملاحظه می‌شود؟ (شکل ۲)



شکل ۲- دو فصل مختلف

۱ـ IEC ۶۱۷۲۴

سؤال

چه عواملی در کاهش توان خروجی چراغ‌های خورشیدی پارک‌ها و چراغ‌های راهنمایی و رانندگی اثرگذار است (شکل ۳)؟

شکل ۳- کاربرد مدول خورشیدی

برای بهره‌وری بیشتر مدول‌های خورشیدی در دوره‌های ۳ ماهه (براساس میزان آلودگی در هر منطقه) باید عملیات نظافت سطح مدول به شرح زیر انجام گیرد. البته بهتر است نظافت مدول‌ها در زمان عدم تابش نور خورشید انجام شود. چرا؟

۱ـ تمیز کردن مدول‌ها تنها با آب بدون استفاده از مواد شیمیایی و حلال انجام شود (شکل۴).

۲ـ در صورت کثیف شدن زیاد سطح مدول، برای تمیز کردن باید از آب و پارچه تنظیف نرم استفاده کرد (شکل۵).

اگر آب مورد استفاده برای نظافت سطح مدول دارای رسوبات و املاح باشد برای شست‌وشو مناسب نیست.

شکل ۴ـ تمیز کردن مدول‌های خورشیدی

شکل ۵ـ تمیز کردن با پارچه نرم و آب

فعالیت

متن زیر چه تذکر مهمی در مورد تمیز کردن و بازرسی مدول خورشیدی را بیان کرده است؟

Do not use a metal brush to clean solar panel surface. Detergents should not used.

Take adequate precanutions while doing maintenance of the solar panels since these are located on rooftops and there is the risk of falling off.

برای جلوگیری از شوک الکتریکی، باید هنگام تمیز کردن پنل‌ها، جواهرات فلزی از دست خارج شود. هرگز نباید روی پنل‌ها ایستاده یا پرید. همچنین باید از افتادن اجسام روی آنها جلوگیری کرد. پنل‌ها باید از گازهای قابل اشتعال دور باشند. اگر آسیب‌دیدگی پنل بعد از عملیات پاک‌سازی رخ دهد باید اقدام به تعویض پنل معیوب کرد.

فعالیت

متن زیر چه تذکر مهمی در مورد جلوگیری از شوک الکتریکی با مدول خورشیدی را بیان کرده است؟

WARNING: Risk of electric shock! Exercise caution when handling solae wiring. The solar module(s) high voltage output can cause severe shock or injury. Cover the solar module(s) from the sun before installing solar wiring.

ولی نگهداری از مدول خورشیدی در قسمت اندازه‌گیری و تست الکتریکی با فعالیت‌های زیر قابل انجام است. رعایت نکات ایمنی در انجام اندازه‌گیری الکتریکی مهم است.

فیلم

فیلم اندازه‌گیری ولتاژ بی‌باری و جریان اتصال کوتاه به مدت "۱:۴۵ و "۳:۳۵

فعالیت

مقادیر نامی پلاک مدول خورشیدی شکل ۶ را در شرایط STC بررسی کنید. ولتاژ بی‌باری و جریان اتصال کوتاه اندازه‌گیری شده این مدول با مقدار واقعی چقدر نزدیک است و چرا؟

شکل۶ــ مقایسه پلاک و مقادیر اندازه‌گیری شده

سؤال

نکته ایمنی متن زیر را بررسی و تفسیر کنید.

DANGER

NOTE If the solar modules are conncted in an array where the open circuit voltage is 120V DC or above, maintenance can only be undertaken by a suitably licensed electrical worker or contractot.

فعالیت

اثر سایه بر مدول خورشیدی چه تأثیری بر مقادیر ولتاژ بی‌باری و جریان اتصال کوتاه دارد؟ آنها را در شکل ۷ بررسی کرده و در مورد آن بحث کنید.

شکل ۷ـ الف ـ اثر سایه بر ولتاژ بی‌باری

شکل ۷ـ ب ـ اثر سایه بر جریان اتصال کوتاه

تذکر

در صورت اختلاف بیش از ۲۵ درصد ولتاژ و جریان ثبت شده پنل، نسبت به مقادیر داده شده در برگه اطلاعات فنی سازنده در شرایط هوای کاملاً آفتابی ظهر، پنل باید تعویض شود. البته باید به این نکته توجه داشت که مقدار ولتاژ مدار باز (V_{OC}) یا جریان اتصال کوتاه (I_{SC}) در شرایط STC با شرایط دیگر، این اندازه‌گیری تفاوت خواهد داشت.

یکی از مواردی که در بعضی از کاتالوگ (دیتا شیت) شرکت سازنده مدول خورشیدی اعلام می‌شود، ضرایب تأثیر دما بر ولتاژ مدار باز و ضریب دما بر جریان اتصال کوتاه است.

این ضریب برای ولتاژ بی‌باری با عبارت (V_{OC}) Temperature Coefficient نشان داده می‌شود . مقدار این ضریب برای ولتاژ بی‌باری منفی است و مفهوم آن این است که به ازای هر درجه اضافه دمای بیشتر از ۲۵ °C چقدر از ولتاژ بی‌باری کاسته می‌شود.

مثلاً اگر این ضریب در یک مدول خورشیدی برابر ۰/۱۵۱ V/°C باشد و دمای محیط برابر ۳۲ درجه باشد مقدار ولتاژی که از V_{OC} نامی کمتر اندازه‌گیری می‌شود، برابر است با: $\Delta V_{OC} = (۳۲-۲۵) \times -۰/۱۵۱ = -۱/۰۵۷$ V

فعالیت

با توجه به ضریب تأثیر دما در کاتالوگ مدول خورشیدی جدول ۲ با فرض دمای ۴۰ درجه محیط مقدار اندازه‌گیری شده V_{OC} چقدر خواهد بود؟ اگر تعداد ۱۰ عدد مدول در یک رشته با هم سری شده باشد این مقدار افت ولتاژ چقدر خواهد بود؟

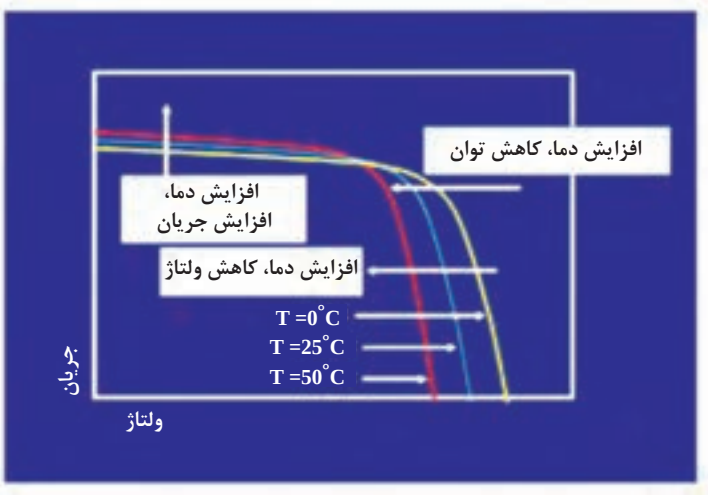
جدول ۲- مشخصات مدول خورشیدی

Rated maximum power	180W
Tolerance	-0/+3%
Voltage at Pmax (Vmp)	36.4V
Current at lmp (lmp)	4.95A
Open.circuit voltage (Voc)	44.2V
Short.circuit Current (Isc)	5.13A
Nominal operating temp	45˚C
Maximum system voltage	1000V d.c
Maximum Series fuse rating	15A
Operating temperature	-40˚C to +85˚C
Protection class	Model Application Class A
Cell technology type	Mono - SI
Weigh (kg)	15.5
Dimentions (mm)	1580×808×45
Standard test conditions	Cell temp = 25˚C AM 1.5 1000W/m²
Temperature coefficient (Voc)	-0.172 V/˚C
Temperature coefficient (Isc)	0.88 mA/ ˚C

در همین کاتالوگ ضریب تأثیر دما بر جریان اتصال کوتاه (I_{SC}) Temperature Coefficient برابر $۰/۸۸\frac{mA}{^{\circ}C}$ است. معنی این ضریب این است که تأثیر افزایش دمای سطح مدول، افزایش جریان اتصال کوتاه را به همراه دارد.

فعالیت

با توجه به مقدار ضریب دما برای جریان اتصال کوتاه و مقدار جریان ISC ، اگر دمای محیط ۴۰ درجه باشد، جریان اتصال کوتاه چند میلی‌آمپر بیشتر خواهد شد؟



شکل ۸ــ نمودار تغییرات ولتاژ ، جریان و توان با تغییر دما

توان الکتریکی مدول خورشیدی از حاصل ضرب ولتاژ (Vmp) در جریان الکتریکی (Imp) به‌دست می‌آید. طبق شکل ۸ طبیعی است که با افزایش دما، توان کاهش خواهد یافت. چرا؟

کار عملی

اندازه‌گیری جریان اتصال کوتاه به دو روش و مقایسه مقدار اندازه‌گیری شده با مشخصه نامی:

وسایل مورد نیاز:

ـ مدول خورشیدی (مثلاً با مشخصات کاتالوگ شکل جدول ۲)	یک‌عدد
ـ آمپرمتر دیجیتال و انبری	یک‌عدد
ـ دماسنج	یک‌عدد

مراحل انجام کار:

مقدار جریان اتصال کوتاه I_{SC} در شرایط STC طبق شکل برابر ۵/۱۳ A است و ضریب تأثیر دما در جریان اتصال کوتاه برابر $۰/۸۸ \frac{mA}{^{\circ}C}$ است. اندازه‌گیری جریان اتصال کوتاه با دو روش زیر امکان‌پذیر است.

روش اول ــ استفاده از آمپرمتر انبری: برای این کار ابتدا مطابق شکل قطب مثبت و منفی آرایه را به یکدیگر متصل کنید. سپس مطابق شکل ۹ با استفاده از آمپرمتر انبری مقدار جریان اتصال کوتاه را اندازه‌گیری کنید.

شکل ۹ــ اندازه‌گیری جریان اتصال کوتاه با آمپرمتر انبری

روش دوم ـ استفاده از مولتی‌متر دیجیتالی

برای انجام این کار ابتدا، سیم هاب (پراب) مولتی‌متر را در پایانه اندازه‌گیری جریان قرار دهید و کلید انتخاب رنج اندازه‌گیری را روی جریان زیاد (معمولاً ۱۰A) قرار دهید با اتصال قطب‌های مثبت و منفی خروجی مدول خورشیدی به پراب قرمز و مشکی، مقدار جریان اتصال کوتاه در محیط دمای محل آزمایشی به‌دست می‌آید (شکل ۱۰).

شکل ۱۰ـ اندازه‌گیری جریان اتصال کوتاه با مولتی متر

مقادیر به‌دست آمده در شرایط آزمایش با مقدار ثبت شده در برگه مشخصات مدول یکی نیست. چرا؟ مقادیر اندازه‌گیری شده را در جدول ۳ ثبت نمایید.

جدول ۳ـ مقادیر اندازه‌گیری شده

ردیف	جریان ISC اندازه‌گیری شد	دمای محیط	جریان ISC ثبت شده در شرایط STC	ضریب تأثیر دما	تأثیر ضریب دما (مقدار پیش‌بینی شده)
۱	؟	مثلاً ۳۵ درجه	۵/۱۳	۰/۸۸	(۳۵-۲۵)×۰/۸۸=۸/۸ ۵/۱۳+۸/۸=۱۳/۹۳
۲					

۲ـ کنترل شارژ:

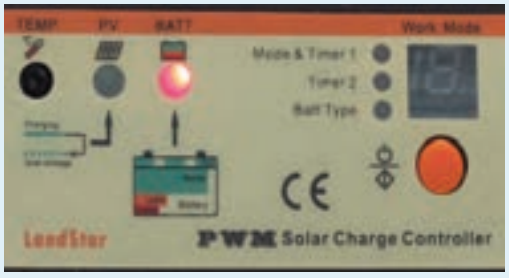
کنترل شارژ در مسیر مدول خورشیدی، باتری و بار قرار دارد. برای نصب کنترل شارژ در سامانه به شکل ۱۱ می‌توان اتصالات باتری، بار و مدول خورشیدی را به صورت ترمینال و فیش ایجاد کرد.

معمولاً نگهداری از کنترل شارژ در دوره‌های ۳ ماهه انجام می‌شود و بررسی وضعیت کنترل شارژ با مشاهده وضعیت چراغ‌های LED قابل تشخیص خواهد بود. اگر شارژ باتری کم باشد با مشاهده LED مربوط به باتری مانند شکل ۱۱ قابل تشخیص است.

شکل ۱۱ـ باتری کاملاً شارژ نیست

اتصال باتری به مدول خورشیدی با کنترل شارژ : هنگامی که شارژ باتری به مقدار مشخص و مناسب رسید باید جریان شارژ قطع و یا کاهش یابد، در غیر این صورت کنترل شارژ معیوب است. نقطه قطع ولتاژ[1] کنترل‌کننده شارژ باتری باید مطابق با بیشترین میزان مجاز برای کاهش دشارژ باتری باشد. در جدول ۴ نشانه‌های بررسی و پایش کنترل شارژ از طریق وضعیت LED تعریف شده است.

جدول ۴ـ شرح وضعیت LED کنترل شارژ

نشانگر LED	نشانه کنترل شارژ
سبز روشن: مدول خورشیدی در حال شارژ باتری است. **سبز چشمک‌زن:** ولتاژ سامانه بیشتر از حد معمول است.	
سبز روشن: سطح شارژ باتری در حد مناسبی است. **سبز سوسو زدن آرام:** باتری کامل شارژ شده است. **زرد روشن:** سطح شارژ باتری پایین است. **قرمز روشن:** بار قطع شده است.	
قرمز روشن: خروجی برقرار است. **قرمز سوسو زدن آرام:** اضافه بار. **زرد روشن:** سطح شارژ باتری پایین است (جریان بار۱/۲۵ برابر جریان نامی به مدت ۶۰ ثانیه یا ۱/۵ برابر جریان نامی به مدت ۵ ثانیه). **قرمز چشمک‌زن:** بار اتصال کوتاه شده است.	

۱ـ Low Voltage Disconnect Set Point (L V D)

تذکر

اگر خروجی سامانه دچار اتصال کوتاه یا اضافه بار شد کنترل شارژ سریعاً قطع می‌شود. در این حالت تمام اتصالات بار را قطع کنید و بعد از چند ثانیه با آماده شدن کنترل شارژ، مجدداً بار را وارد مدار کنید.

فعالیت

متن زیر مربوط به نکات مهم در بازرسی و نگهداری از کنترل‌کننده شارژ است. چه نکات مهمی در این متن آورده شده است؟

Inspection and Maintenance:

It is highly recommended that each user inspect the charge controller at least once per year to ensure logevity and optimal perfomance. Please follow this procedure:

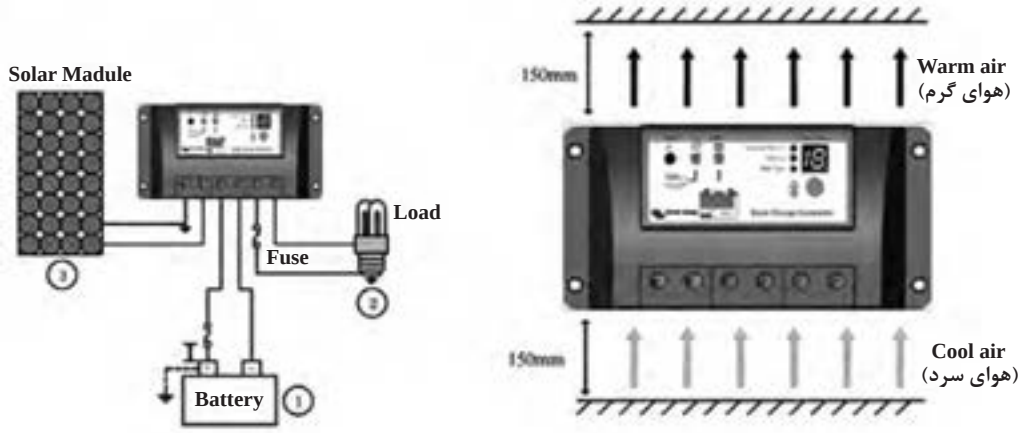
1. Confirm that the correct battery type has been used.
2. Confirm that the current levels of the solar array and load do not exceed the controller rathings.
3. Inspect for loose, broken, or burnt wire connections and replace them if needed . make sure all terminals are tightened.
4. Press the SET button until number 16 is displayed to verfy the lights are working properly.
5. Inspect for dirt, insects, and corrosion on the charge controller.
6. Check to make sure there is still enough space around the charge controller for maximum airflow.
7. Check to make sure the charge controller functions and LED indicators are working properly.
8. Make sure the PV array is clean and remove any debris.
9. Make sure all of the railing and PV bolts are tightened.

فعالیت

کاتالوگ یک کنترل شارژ را از اینترنت دانلود کرده و موارد ایمنی و بازرسی آن را به کلاس ارائه دهید.

تمرین

چه نکات حفاظتی نصب و سیم‌کشی کنترل شارژ در شکل۱۲ نشان داده شده است.



شکل ۱۲

توجه داشته باشید زمانی که نور خورشید به مدول خورشیدی می‌تابد، باید کنترل‌کننده شارژ نشان دهد که سیستم در حال شارژ است، در غیر این صورت بلافاصله مسئول نصب را در جریان بگذارید.

ـ اتصال باتری به مدول خورشیدی بدون کنترل شارژ: در اتصال مستقیم باتری به مدول خورشیدی ممکن است جریان برگشتی از سمت باتری به مدول خورشیدی جریان یابد. در ضمن هیچ کنترلی روی شارژ باتری وجود ندارد. از طرفی مقدار ولتاژ خروجی مدول خورشیدی متغیر است (شکل ۱۳).

شکل ۱۳ـ اتصال مستقیم باتری به مدول

به طور مثال اگر دو روز متوالی باتری بدون واسطه به مدول خورشیدی متصل باشد ممکن است زمانی که باتری شارژ کامل شده است با تولید انرژی الکتریکی ماکزیمم از طرف مدول خورشیدی همزمان باشد. دراین حالت باتری بدون نیاز به شارژ شدن زیر شارژ قرار می‌گیرد، بنابراین به یک واسطه کنترلی (کنترل‌شارژ) در نظارت شارژ و دشارژ باتری نیاز است.

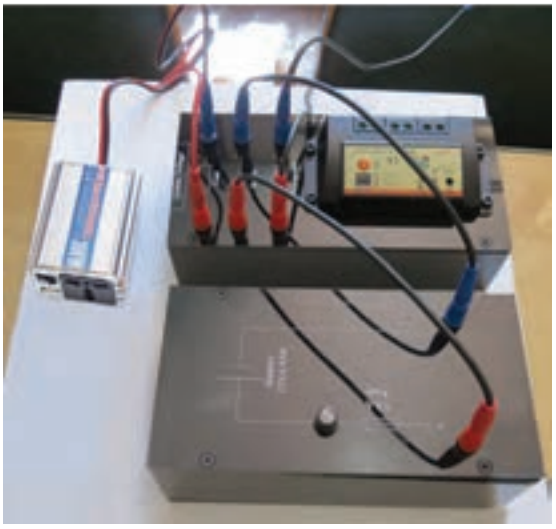
تذکر:

هنگام اتصال کنترل‌شارژ حتماً باید به حفاظت پلاریته + و – دقت کرد، زیرا بعضی از کنترل‌شارژها به‌دلیل عدم برخورداری از حفاظت پلاریته در صورت عدم رعایت پلاریته، آسیب می‌بینند.(شکل ۱۴)

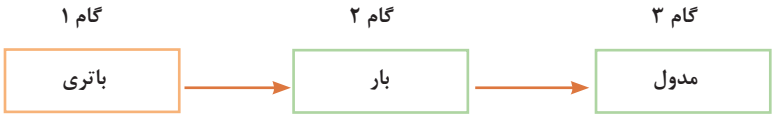
توالی اتصال قطعات به کنترل شارژ: برای اتصال قطعات به کنترل‌شارژ با رعایت پلاریته مثبت و منفی ابتدا باتری به کنترل‌شارژ متصل می‌شود بعد از آن بار به کنترل‌شارژ متصل می‌شود و در نهایت و آخرین مرحله مدول خورشیدی متصل خواهد شد (شکل ۱۵).

تذکر

اتصال مبدل به کنترل‌شارژ به منزله اتصال بار می‌باشد.



شکل ۱۴ــ اتصال باتری به کنترل شارژ



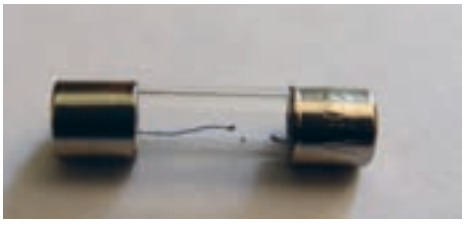
شکل۱۵ــ مراحل نصب قطعات سامانه به کنترل‌شارژ

ایمنی

درصورت عدم رعایت توالی اتصالات ممکن است به کنترل‌شارژ آسیب وارد شود. در شکل ۱۶ چون در زمان اتصال باتری، مدول خورشیدی به کنترل‌شارژ متصل بوده است، فیوز حفاظتی سری شده با باتری، سوخته است.

عواملی که روی طول‌عمر باتری اثرگذار خواهد بود عبارت است از:

- جریان واقعی
- زمان شارژ
- ولتاژ نهایی
- تعداد شارژ و دشارژ



شکل ۱۶ - فیوز آسیب دیده است.

تذکر:

چنانچه تعداد باتری کمتر از مقدار بار موردنظر باشد یا مقدار بار، بیشتر از حد توان باتری باشد، می‌تواند روی طول‌عمر باتری اثرگذار باشد. گاهی نیز در اثر عدم تغذیه مناسب، باتری شارژ کامل نمی‌شود. مثلاً باتری چراغ‌های خیابانی به دلیل چرخش مدول خورشیدی، کثیف شدن سطح مدول (هوای غبار آلود یا فضولات پرندگان) کاملاً شارژ نمی‌شود و بعضاً چراغ خاموش می‌ماند.

یکی از نکات دیگر مشخصه دستگاه کنترل شارژ درجه حفاظت IP(Ingress Protection) دستگاه است این پارامتر دلالت بر محل نصب و شرایط نصب دستگاه دارد. شرایطی نظیر میزان غبار، رطوبت، دما و تهویه در نصب‌کنترل شارژ بسیار مهم است.

بار	سیم رابط	کنترل شارژ	منبع تغذیه

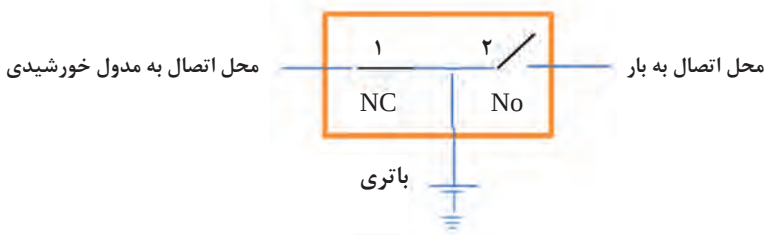
کار عملی

هدف: بررسی عملکرد کنترل شارژ

تجهیزات: کنترل شارژ ۱۲ ولت، بار، منبع تغذیه ولتاژ مستقیم، سیم و فیش رابط

شرح کار: یکی از فرایندهایی که در عملکرد دستگاه کنترل شارژ اهمیت دارد وظیفه کنترل شارژ و دشارژ باتری توسط این دستگاه است.

از نظر شماتیک عملکرد دستگاه کنترل شارژ قطع و وصل کلید در لحظات شارژ و دشارژ است. به عبارت دیگر با تغییر وضعیت کلیدهای داخل دستگاه اتصال باتری به مدول خورشیدی و بار کنترل می‌شود (شکل ۱۷).



شکل ۱۷ـ عملکرد کنترلی کنترل شارژ

کلید ۱، در حالت عادی بسته است (NC) و به معنی اتصال مدول خورشیدی به ورودی کنترل‌شارژ باتری است. ولی کلید ۲ در حالت عادی باز است (NO) یعنی مسیر بار (یا اینورتر) به باتری در حالت عادی قطع است. عملکرد شارژ و دشارژ دستگاه به شرح زیر است:

الف) عملکرد کنترل شارژ باتری: از یک منبع متغیر ولتاژ جریان مستقیم به‌جای باتری استفاده کنید. با قرار دادن این منبع به‌جای باتری می‌توان دو مرحله رفتار کنترل‌شارژ و دشارژ دستگاه را بررسی کرد. ابتدا مطابق شکل ۱۸ منبع تغذیه DC متغیر را به‌جای باتری قرار داده و ولتاژ منبع را گام‌به‌گام افزایش دهید.
درحالتی‌که ولتاژ نامی باتری به دستگاه برسد LED سبز رنگ روشن می‌شود. این وضعیت حالت اتصال مدول به باتری را گزارش می‌کند. هنگامی که مقدار ولتاژ افزایش یابد LED خاموش شده و کلید وصل به مدول (کلید ۱) قطع می‌شود. این رفتار به این معنی است که باتری کاملاً شارژ شده و نیازی به تغذیه بیشتر از طرف مدول خورشیدی نیست.
مقادیر این دو حد را یادداشت کنید و با برگه مشخصات فنی دستگاه مطابقت دهید.

شکل ۱۸ــ تست کنترل شارژ

ب) عملکرد دشارژ باتری: در این وضعیت با اتصال بار به کنترل‌شارژ آزمایش قبل را مجدداً تکرار کنید. با افزایش ولتاژ منبع تغذیه، کلید شماره ۲ به حالت بسته تغییر وضعیت داده و باتری به بار متصل می‌شود. (اگر بار لامپ انتخاب شود روشن می‌شود) . با کاهش ولتاژ منبع تغذیه که به معنی دشارژ باتری است کلید۲ به حالت قطع می‌رود تا با گذشت زمان باتری مجدد به شارژ اولیه برسد (شکل ۱۹).

شکل ۱۹ــ حالت کنترل دشارژ

فیلم

عملکرد شارژ و دشارژ باتری

ایمنی

محدوده ۶۰۰VDC همراه با شوک الکتریکی و برق‌گرفتگی است.

تذکر

در تمامی مسیر سیم مثبت و منفی باید از یکدیگر جدا باشد.

۳ـ باتری

باتری‌های سرب ـ اسیدی دارای عمر متوسط ۵ سال بوده و دارای بیشترین هزینه تعمیر و نگهداری در سامانه به‌دلیل عمر کوتاه نسبت به دیگر اجزای سامانه خورشیدی است. بنابراین دقت در نوع استفاده و انجام عملیات نگهداری از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (شکل ۲۰). پیش از انجام عملیات نگهداری باید سامانه به‌ترتیب مراحل زیر خاموش و ایزوله شود.

شکل ۲۰ـ باتری سامانه فتوولتاییک

۱ـ ابتدا تمامی بارهای متصل شده به سامانه خورشیدی خاموش شود.

۲ـ پنل و اینورترها با استفاده از کلیدهای جداکننده مربوطه، جداسازی شوند.

۳ـ بانک باتری با استفاده از کلیدها و فیوزهای مربوط به بانک باتری، جداسازی شود.

تذکر:

برای جدا کردن فیوزها ابتدا باید فیوزهای ترمینال مثبت و فیوز متصل به قطب مثبت بانک باتری خارج شوند و سپس فیوزهای‌ترمینال منفی خارج شود.

۴ـ اتصالات و ترمینال‌های باتری‌ها با جوش‌شیرین و فرچه مخصوص شسته و تمیز شوند.

۵ـ الکترولیت باتری: در صورت کم شدن الکترولیت باتری با آب مقطر باید پر شود.

- باتری‌های سرب ـ اسیدی نباید بیش از چند روز در حالت دشارژ کامل باقی بمانند. این حالت به سرعت باتری را غیرقابل استفاده خواهد کرد.
- بعد از هر بار دشارژ عمیق، مثلاً شب‌ها یا روزهای ابری، باتری باید به‌صورت کامل شارژ شود. عدم شارژ مجدد به‌صورت کامل (حتی نیمه شارژ) عمر باتری را به کمتر از یک سال کاهش خواهد داد.

فعالیت

متن زیر به چه نکاتی در بازرسی از طریق مشاهده باتری اشاره می‌کند؟

A visual inspection should be done to assess the general condition of the system's batteries. Check for any electrolyte leak, cracks in the battereis, or corrosion at the terminals or connectors.

۶ـ بازدید و مشاهده منظم شارژ و دشارژ باتری‌ها هر ۳ ماه یک‌بار.

ـ تمیز بودن ترمینال‌ها (ماهیانه یکبار پایانه باتری تمیز شود.)

ـ سطح الکترولیت در باتری‌های اسیدی

ـ نشت الکترولیت به بیرون

ـ اندازه‌گیری ولتاژ باتری

دو نمونه نگهداری ضعیف باتری در شکل ۲۱ نشان داده شده است. سولفاته شدن قطب و نشتی باتری به‌دلیل عدم نگهداری درست اتفاق افتاده است.

شکل ۲۱ـ سولفاته و نشتی باتری

فعالیت

متن زیر چه تذکر مهمی در مورد جلوگیری از آتش‌سوزی توسط باتری را بیان کرده است؟

WARNING: Risk of explosion or fire! Never short circuit battery positive(+) and negative(-).

Do not smoke or light fire near batteries. Betteries produce hydrogen gas which is highly flammable.

سطح مناسب شارژ: سطح مناسب ولتاژ باتری در حالت استراحت (عدم شارژ و دشارژ) باید مطابق جدول باشد. اگر ولتاژ باتری ۱۰ درصد بالاتر یا کمتر از مقدار معین شده باشد، عملیات یکسان‌سازی شارژ مطابق راهنمای سازنده انجام و ولتاژ دوباره اندازه‌گیری شود. در صورت عدم رسیدن به ولتاژ مشخص شده در جدول ۵ بعد از انجام عملیات یکسان‌سازی ولتاژ، باتری معیوب بوده و باید تعویض شود.

جدول ۵ـ سطح ولتاژهای مجاز باتری

ولتاژ نامی (ولت)	ولتاژ غیرقابل قبول (کمتر از نامی)	ولتاژ قابل قبول بعد از انجام عملیات یکسان‌سازی شارژ
۲	۱/۹	۲ تا ۲/۲
۱۲	۱۱/۴	۱۲ تا ۱۳/۲
۲۴	۲۲/۸	۲۴ تا ۲۶/۴
۴۸	۴۵/۶	۴۸ تا ۵۲/۸

اطلاعات زیر نیز در مورد باتری حتماً باید از سازنده آن دریافت شود:

۱ـ توصیه سازنده برای ماکزیمم میزان دشارژ مجاز باتری‌ها.

۲ـ بازه زمانی توصیه‌شده برای انجام یکسان‌سازی شارژ باتری‌ها.

۳ـ جدول ولتاژ باتری‌ها متناسب با مقدار شارژ.

نکات‌ایمنی هنگام نگهداری یا تعویض باتری:

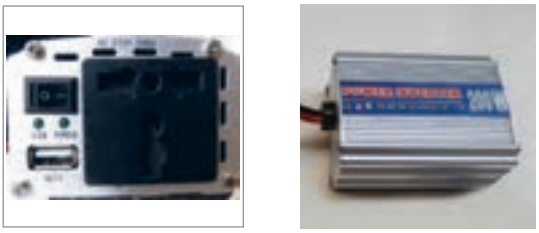
- هنگام تعمیر و نگهداری باتری فرسوده، باید از عینک ایمنی استفاده شود.
- برای جلوگیری از تماس با اسید باتری، باید از دستکش‌های حفاظتی و دستکش لاستیکی مقاوم در برابر مواد شیمیایی استفاده شود.
- در صورتی که نشت اسید وجود دارد، برای خنثی‌سازی اسید از آب و محلول سود دوکربنات استفاده شود.
- برای انجام هرگونه تعمیر و نگهداری از ابزار دسته‌دار عایق استفاده شود.

ایمنی:

WARNING Do not use any metal files or other harsh abrasives (eg. sand paper) to remove corrosion or oxidisation from terminals or posts as this may cause a poor fit when terminals are reconnected.

۴ـ اینورتر

اینورتر باید قابلیت تغذیه بار در ولتاژ و فرکانس مورد نظر را داشته باشد. بیشتر مبدل‌های مجزا از شبکه برق برای جداسازی بخش DC و AC از یکدیگر با یک‌ترانسفورماتور ایزوله به بار متصل می‌شوند (شکل ۲۲).



شکل ۲۲ـ اینورتر مستقل از شبکه

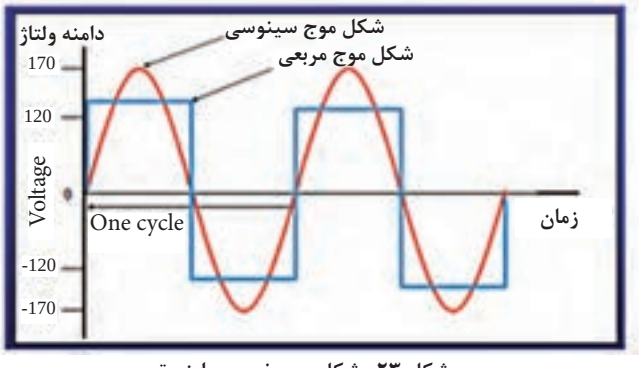
برخی از مبدل‌ها با توان کم، شکل موج مربعی یا شبیه سینوسی دارند. این‌گونه شکل موج‌ها در راه اندازی الکتروموتورها ایجاد مشکل می‌کنند (شکل ۲۳) .

توجه:

زمانی که مبدل روشن است و به بار متصل نیست می‌تواند جریان بی‌باری مصرف کند و این جریان باعث تخلیه باتری شود.

معمولاً ساختمان اینورتر و کنترل شارژ از فیوز برای حفاظت استفاده شده است، ولی می‌توان با استفاده از کلید و فیوز مناسب حفاظت و ایزوله کردن هر قسمت را به‌طور کامل انجام داد. این کلید و فیوز در محل‌های زیر قرار می‌گیرد.

۱ـ بین مدول خورشیدی و شارژ کنترلر
۲ـ بین شارژ کنترلر و باتری
۳ـ بین باتری و اینورتر



شکل ۲۳ـ شکل موج خروجی اینورتر

فعالیت

متن زیر چه اخطار مهمی در مورد محل نصب اینورتر بیان کرده است؟

WARNING : Burn hazard

Do not install in a location where people can accidentlly come into contact with the front of the inverter. High temperatures can be present on the face of the inverter, causing a potential burn hazard.

کار عملی

اندازه‌گیری شارژ باتری و تست مبدل ولتاژ (اینورتر)

مولتی‌متر	مبدل و بار	سیم رابط	کنترل شارژ	منبع تغذیه (مدول خورشیدی)

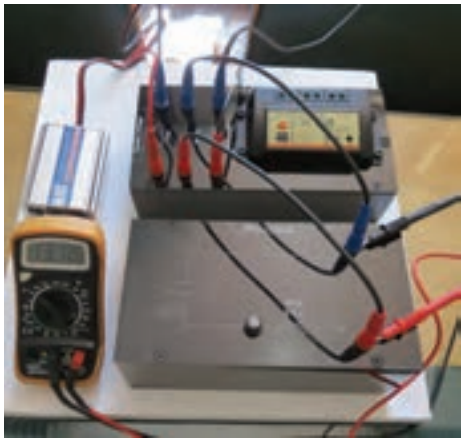
تجهیزات: کنترل شارژ ۱۲ ولت، بار، مولتی‌متر، مدول خورشیدی۱۷ ولت، سیم و فیش رابط

شرح کار: شارژ باتری یکی از فرایندهای مهم و زمان‌بر در سامانه فتوولتاییک است. برای اطمینان از عملکرد صحیح شارژ باتری مطابق شکل ۲۴ قطعات را با رعایت توالی نصب مونتاژ کنید.

سپس با اندازه‌گیری مداوم ولتاژ دو سر باتری از صحت و کیفیت باتری اطمینان حاصل کنید و جدول۶ را تکمیل کنید.

جدول ۶ــ شارژ باتری و وضعیت LEDها

مقدار ولتاژ اندازه‌گیری شده دو سر باتری	وضعیت LED مربوط به باتری	وضعیت LED مربوط به مدول خورشیدی



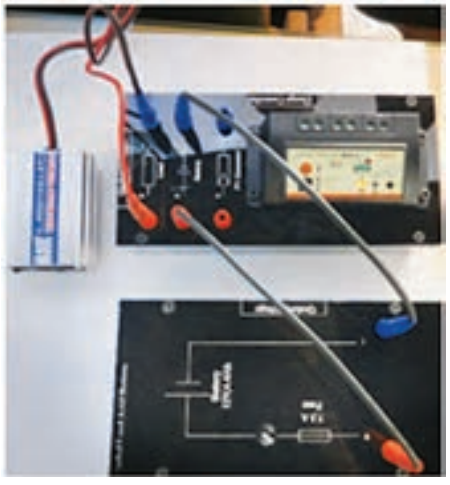
شکل ۲۴ـ مراحل شارژ باتری

در مرحله دوم پس از شارژ کامل باتری، بار، مثلاً یک لامپ به خروجی اینورتر متصل کنید و با گذشت زمان جدول ۷ را تکمیل کنید.

جدول ۷ـ وضعیت باتری و مصرف‌کننده

مقدار ولتاژ اندازه‌گیری شده دو سر باتری	وضعیت LED مربوط به باتری	وضعیت نور لامپ(بار متصل به مبدل)

در مورد نتایج به‌دست آمده (شکل ۲۵) با گروه‌های دیگر تبادل‌نظر کنید و نتیجه‌گیری نمایید. آیا باتری استفاده شده با توجه به آمپرساعت و جریان بار مصرفی عملکرد درستی دارد؟



شکل ۲۵ـ شارژ باتری

دوره نگهداری سه ماهه اینورتر سامانه فتوولتاییک: نگهداری از اینورتر در چند مرحله آورده شده است:

۱ـ بررسی عملکرد صحیح : ولتاژ خروجی ۲۳۰ ولت ،فرکانس ۵۰ هرتز و توان در محدوده نرمال باشد.

۲ـ تمیز کردن اینورتر به ویژه قسمت‌های مربوط به خنک‌سازی دستگاه با دستمال خشک انجام گیرد.

فعالیت

متن زیر چه اخطار مهمی در مورد خنک شدن اینورتر بیان کرده است؟

Import: The inveter will reduce its energy output to protect its electronic circuits from overheating and possible damage in high heat conditions. for maximum output in hot climates, mount the inverter in a shaded location with good air flow.

۳ـ پاک کردن حشرات موذی از رو و داخل دستگاه به‌خصوص در قسمت‌هایی از دستگاه که باید خنک شود.

۴ـ اطمینان از عملکرد صحیح اینورتر از طریق LED و صفحه نمایشگر روی دستگاه حاصل شود.

۵ـ بررسی دمای عملکرد دستگاه و روشن بودن فن‌های خنک‌کننده بررسی شود.

در صورت خاموش بودن فن‌ها (بی‌صدا شدن اینورتر) و غیرعادی بودن دما، سریعاً سیستم خاموش شود.

۶ـ تست عملکرد آماده به کار

فعالیت

متن زیر چه اخطار مهمی در مورد سیم‌کشی اینورتر بیان کرده است؟

WARNING: Shock hazard

Before wiring the inverter, ensure the main breaker in the primary utility breaker box is switched off. Switch this breaker on only after all wiring is completed as instructed in the procedures.

برای تست این عملکرد ابتدا باید تمامی مصارف متصل به سیستم خورشیدی را خاموش کرد. سپس اینورتر روی حالت مذکور قرار داده شود. پس از این با روشن کردن کوچک‌ترین مصرف‌کننده موجود، اینورتر باید سریعاً شروع به کار کند.

با به حداقل رساندن تجمع گردوغبار می‌توان نگهداری خوبی از اینورتر به‌عمل آورد. برای این کار با یک پارچه خشک هر نوع گردوغبار انباشته شده را تمیز کنید. برای اطمینان از اینکه تمام شاخص‌های مانند چراغ‌های LED در حال کار و سیم منتهی به این دستگاه شل نشده بررسی به‌عمل آورید.

فعالیت

متن زیر چه هشدار مهمی در مورد جلوگیری از خسارت به اینورتر بیان کرده است؟

CAUTION: Equipment damage

To prevent damage to the inverter, the array voltage must never exceed 600 V_{oc}(open circuit voltage) under any condition.

زمان‌بندی نگهداری و بازدید قطعات: برای بازدید دوره‌ای قطعات سامانه فتوولتاییک مطابق با جدول۸ می‌توان یک فهرست‌وارسی تهیه و مراحل پایش سامانه را دنبال کرد.

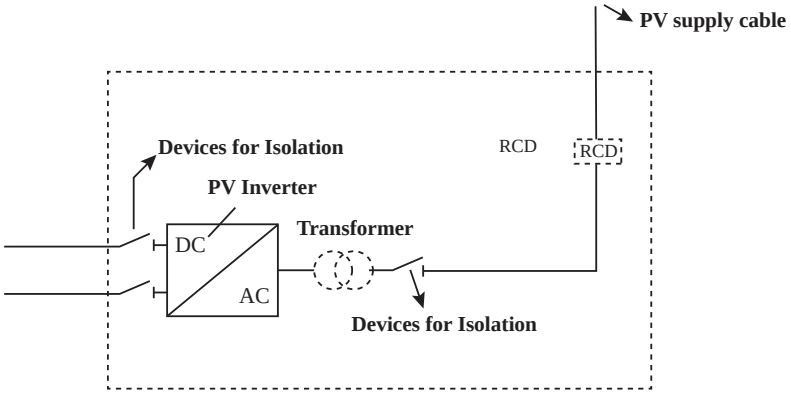
جدول۸ــ زمان‌بندی بررسی قطعات سامانه

نگهداری سامانه فتوولتاییک	هفتگی	ماهیانه	سه ماه یک‌بار
مشاهده و بازرسی سیم‌کشی و لامپ‌ها	☑		
بررسی مدول خورشیدی			☑
بازرسی باتری	☑	☑	
تمیز کردن باتری			
بازرسی سیم‌کشی	☑		
اینورتر و کنترل‌شارژ	☑		
کنترل شارژ	☑		
بررسی آب باتری		☑	

یکی از موارد مهم نگهداری سامانه فتوولتاییک اطمینان از وجود ترانسفورماتور ایزوله بعد از اینورتر و قبل از اتصال بخش AC به بار است، که با علامت در نقشه نشان داده می‌شود. اگر ترانسفورماتور ایزوله موجود نباشد حتماً اینورتر باید با چارچوب فلزی آرایه‌ها همبندی شود.

فعالیت

در نقشه شکل ۲۶ محل قرار گرفتن اینورتر ترانسفورماتور ایزوله را مشخص کنید.



شکل ۲۶ــ محل قرار گرفتن ترانسفورماتور ایزوله

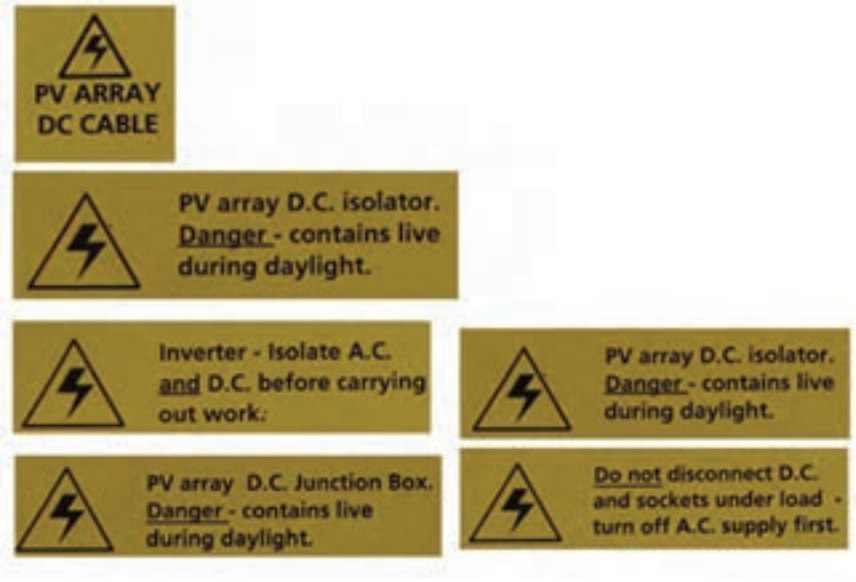
برچسب روی قطعات

نصب برچسب روی قطعات، احتمال خطر ناشی از عدم شوک الکتریکی به‌دلیل عدم اطلاع از ماهیت قطعات را کاهش می‌دهد. برچسب برای قطعات زیر ضروری است:

۱ـ همه هادی‌ها : کابل‌های dC و کابل‌های AC

۲ـ نقاط جداکننده : طرف dC اینورتر، طرف AC اینورتر

۳ـ علائم هشدار: تابلو اتصالات مدول (اطلاع دهد که اتصالات برقدار در طی روز است)، عدم قطع اتصالات dC در حالتی که سامانه به بار متصل است.



شکل ۲۷ـ برچسب حفاظتی

فعالیت

برچسب‌های داده شده شکل ۲۷ مربوط به کدام قسمت سامانه بوده و حامل چه پیامی‌است؟

ایمنی

خروجی مدول خورشیدی (بخش dc) در هنگام تابش خورشید دارای ولتاژ الکتریکی است.

فعالیت

مشخصه‌های الکتریکی داده شده در شکل ۲۸ را با یکدیگر مقایسه کنید.

چراغ راهنمایی	تک خانه	سه خانه
ولتاژ کار کرد	۱۲V DC	۱۲V DC
توان چراغ	۵W	۱۵W
LED تعداد	۱۳۴ عدد	۳۷۳ عدد
قطر ماژول	۴۰mm	۴۰mm
درجه حفاظت	ip ۶۵	ip ۶۵
پنل خورشیدی	۱۰ وات	۳۰ وات
باتری خورشیدی	۱*۷۱۵ آمپرساعت	۳*۷۱۵ آمپرساعت
جنس بدنه	پلی کربنات و لوله فلزی	پلی کربنات و لوله فلزی
ابعاد	۳۶*۴۶*۷۰cm	۴۶*۵۰۰*۱۵۴cm
وزن	۲kg	۲۵۴kg

شکل ۲۸ـ مشخصه سامانه چراغ راهنمایی رانندگی از نوع خورشیدی

حفاظت در سامانه‌های فتوولتاییک

مقدمه

حفاظت از سیستم فتوولتاییک برای محافظت از افراد و سامانه در دو بخش همبندی و اتصال زمین انجام می‌شود.

همبندی در نصب آرایه‌های فتوولتاییک:

یکی از مراحل مهم نصب آرایه‌های خورشیدی همبندی پایه‌های فلزی و اینورتر است. این کار به معنی هم‌پتانسیل کردن قطعات فلزی و برای ایمنی سامانه انجام می‌شود. همبندی توسط تسمه فلزی قابل انعطاف انجام می‌شود (شکل ۲۹).

شکل ۲۹ـ همبندی در سامانه فتوولتاییک

● **حفاظت و اتصال زمین:** هدف از زمین‌کردن سامانه فتوولتاییک این است که اطمینان ایجاد شود که در هیچ شرایطی بین دو نقطه فلزی بی‌حفاظ سامانه ولتاژی القا نمی‌شود.
به منظور حفاظت افراد و دستگاه‌ها، استفاده از سیستم ارت و زمین‌کردن تجهیزات مطابق روش‌های استاندارد[1] ضروری است. سیستم زمین‌کردن به‌گونه‌ای طراحی شود که باعث ایجاد اضافه ولتاژی فراتر از مقدار نامی تجهیزات متصل شده به شبکه برق نشود و همچنین نباید موجب اختلال در هماهنگی حفاظت خطای زمین در شبکه برق شود. مطابق شکل کلیه قسمت‌ها نظیر باتری، مبدل، آرایه و جعبه اتصال باید به اتصال زمین وصل شود (شکل ۳۰). مقاومت عایقی بین اتصالات نیز اهمیت دارد که در فیلم به آن اشاره شده است.

فیلم

اندازه‌گیری مقاومت عایقی به مدت "۴′۲۳

شکل ۳۰ـ همبندی بدنه فلزی آرایه‌ها و اینورتر

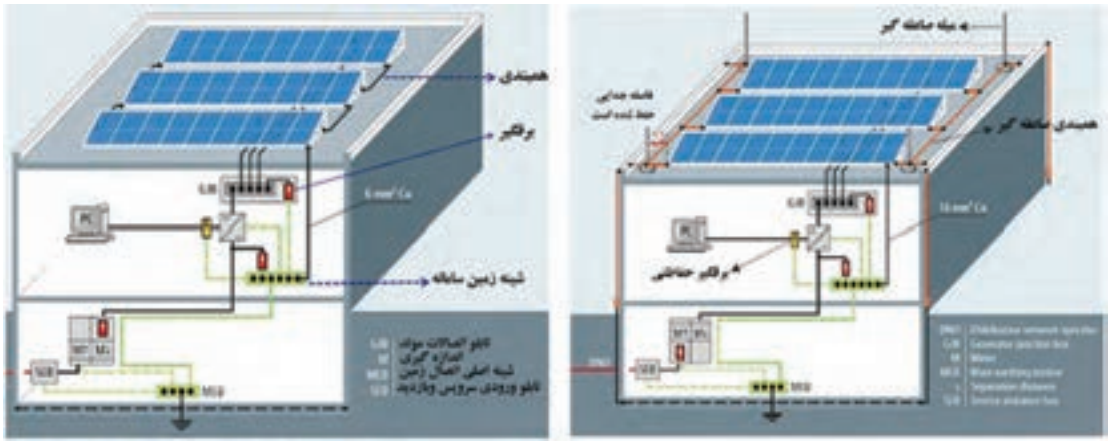
برای اجرای اتصال زمین اینورتر و بدنه فلزی پایه‌ها می‌توان از میله‌های مسی مطابق شکل ۳۱ استفاده کرد. این میله روی بدنه فلزی میکرواینورتر محکم پیچ می‌شود. اندازه میله مسی به اندازه طول آرایه انتخاب می‌شود (شکل ۳۲).

شکل ۳۱ـ اتصال زمین

فعالیت

با توجه به آنچه در واحد یادگیری همبندی و صاعقه‌گیر فرا گرفته‌اید نقش همبندی و صاعقه‌گیر در شکل ۳۳ را تفسیر کنید.

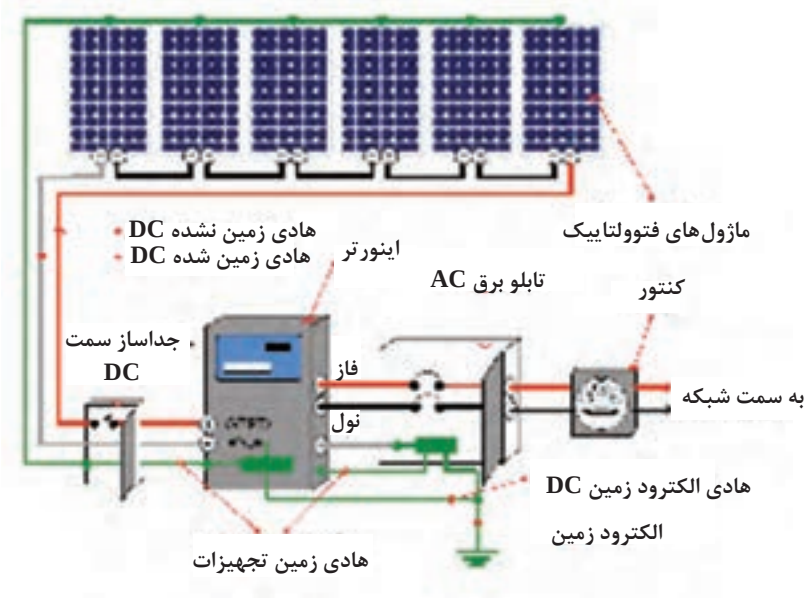
۱ـ NEC ۶۹۰



شکل ۳۲ـ اتصال برق‌گیر و همبندی با اتصال زمین

فعالیت

در مورد هادی زمین شده و زمین نشده در شکل ۳۳ بحث و تبادل نظر کنید.



شکل ۳۳

● مقررات اتصال زمین سیستم‌های فتوولتاییک

ـ برای آرایشی از صفحات فتوولتاییک اگر ماکزیمم ولتاژ سیستم بیشتر از ۵۰ ولت است، در سمت DC یکی از سیم‌های حامل جریان (غالباً هادی منفی) باید زمین شود. همچنین در سمت AC سیم نول باید زمین شود (شکل ۳۴).

شکل ۳۴ـ اتصال زمین آرایه خورشیدی

بعد از اتصال میکروواینورتر به میله مسی در انتهای میله مسی ابتدا به بدنه فلزی پایه‌های همبندی شده متصل می‌شود. بعد از این کار سر میله مسی به اتصال زمین متصل می‌شود.

رعایت موارد زیر اهمیت نگهداری در بخش حفاظتی را بیان می‌کند.

ـ مقاومت سیستم زمین کمتر از ۲ اهم باشد .

- تمام سطوح فلزی بی‌حفاظ که می‌تواند برقدار باشد، باید از طریق هادی و یا ارتباطات مکانیکی که وظیفه زمین‌کردن تجهیزات را دارند، زمین شوند.
- هادی زمین در سمت پنل‌ها و در سمت مدار خروجی، باید حداقل ظرفیت عبور جریانی معادل ۱/۲۵ برابر جریان اتصال کوتاه پنل‌ها را داشته باشد.
- برای حفاظت تابلو اتصالات میله مسی متصل شده به زمین به بدنه جعبه اتصالات و سربندی سامانه فتوولتاییک نیز باید اتصال الکتریکی داشته باشد (شکل ۳۵).

شکل ۳۵ـ اتصال میله مسی به بدنه تابلو اتصالات

- به‌دلیل وجود هر دو نوع ولتاژ AC و DC باید هر دو طرف اتصال زمین شود. برای این کار هر دو اتصال به یک الکترود زمین متصل شود.

شکل ۳۶ـ سامانه فتوولتاییک بدون اتصال زمین که منجر به آتش‌سوزی شده است.

- اجزای موجود در سامانه باید از لحاظ الکتریکی به هم متصل بوده (همبند باشند) و در نهایت سازه باید به سیستم زمین متصل شود (شکل ۳۶).
- سیستم زمین باید مطابق با استانداردهای موجود اجرا شده، هادی‌های سیم زمین باید حداقل با سایز ۶ mm^2 برای جنس‌هادی مسی، ۱۰ mm^2 برای جنس هادی آلومینیومی باشد. سیم زمین می‌تواند از همان مسیر سیم‌های سامانه عبور داده شود.
- سازه باید حداقل از ۲ نقطه به شینه اصلی سیستم زمین متصل باشد.

فعالیت

مقاومت اتصال زمین سامانه فتوولتاییک را توسط میگر اندازه‌گیری نمایید.

کار عملی

فیلم شماره ۱ را نگاه کنید و مشابه این کار را برای سامانه فتوولتاییک انجام دهید. نتیجه را در دفتر گزارش‌کار ثبت کنید.

هزینه نگهداری سامانه

هزینه نگهداری سامانه فتوولتاییک نسبت به مولدهای سوخت فسیلی بسیار کمتر است. در جدول ۹ هزینه‌های نگهداری سالانه را معادل یک درصد هزینه تجهیزات نشان داده است.

جدول ۹ـ هزینه اولیه و نگهداری سامانه

سرمایه‌گذاری اولیه	هزینه‌های متغیر
پنل فتوولتاییک ۴۵ تا ۵۰٪	۱ـ تعویض اینورتر: توصیه می‌شود که در طول عمر سیستم هزینه یک‌بار تعویض اینورتر لحاظ شود.
سازه نگهدارنده ۵۰٪	۲ـ نگهداری و تمیزکاری مدول‌ها
اینورتر ۲۰ تا ۲۵ ٪	۳ـ هزینه سالانه سیستم فتوولتاییک معادل ۱٪ هزینه تجهیزات
هزینه نصب و راه‌اندازی سیستم ۲۰ تا ۳۰٪	

عیوب سامانه فتوولتاییک: بررسی و تعیین وضعیت عیوب ظاهری تجهیزات سامانه فتوولتاییک و رفع عیب مطابق جدول شماره ۱۰ قابل انجام خواهد بود. در جدول ۱۱ نیز فهرست‌وارسی الکتریکی سامانه فتوولتاییک آورده شده است.

جدول ۱۰ـ چک‌لیست بررسی سامانه‌های فتوولتاییک بعد از نصب و بهره‌برداری

ردیف	قطعات / تجهیزات	توضیحات	چاره‌اندیشی / اقدام
۱	مدول‌های فتوولتاییک	کنترل و بازدید گرد و غبار و نخاله‌های موجود بر روی صفحه مدول فتوولتاییک	باید به‌صورت تمیز پاک شود. برای تمیز کردن فقط از آب استفاده شده و استفاده از سایر حلال مجاز نمی باشد.
		کنترل و بازدید سلامت فیزیکی و ظاهری کلیه مدول‌های موجود در سیستم	جایگزین نمودن مدول آسیب دیدن با مدول سالم با همان مشخصات فنی
		کنترل و بازدید کابل‌های شل شده در ترمینال‌های موجود مربوط به مدول‌های فتوولتاییک، آرایه‌های فتوولتاییک و سایر موارد مشابه	محکم نمودن اتصالات مربوطه
		چک کردن اتصالات کابل‌ها	جایگزین نمودن کابل‌ها، در صورت نیاز
۲	اینورترفتوولتاییک	کنترل و بازدید قابلیت‌های اینورتر اعم از قابلیت قطع اتوماتیک (در صورت نبود منبع توان شبکه)	جایگزین نمودن اینورتر در صورت وجود چنین خطایی
		کنترل و بازدید شرایط تهویه هوا	تمیز نمودن گردوخاک و غبار موجود در سیستم تهویه هوا
		کنترل و بازدید کابل‌های شل شده در ترمینال‌های موجود در اینورتر	محکم نمودن اتصالات مربوطه
		کنترل و بازدید دمای عملکرد (در صورت غیر نرمال بودن)	جایگزین نمودن
۳	کابل	کنترل و بازدید شرایط کابل‌ها، اعم از ساییدگی و پارگی	جایگزین نمودن کابل‌ها، در صورت نیاز
		کنترل و بازدید ترمینال کابل‌ها جهت مشاهده علائم سوختگی، نقطه جوش یا ذوب‌شدگی و یا شل شدن اتصالات	محکم نمودن اتصالات مربوطه یا جایگزین نمودن تجهیزات مربوطه در صورت نیاز
۴	جعبه تقسیم یا جعبه اتصالات	کنترل و بازدید ترمینال کابل‌ها اعم از ساییدگی و پارگی یا شل‌شدگی	محکم نمودن اتصالات مربوطه یا جایگزین نمودن تجهیزات مربوطه در صورت نیاز
		کنترل و بازدید (برچسب) تذکرات هشدار دهنده	جایگزین نمودن برچسب تذکرات هشداردهنده در صورت لزوم
		کنترل و بازدید ظاهر فیزیکی	جایگزین نمودن

۵	تجهیزات عایقی	کنترل و بازدید قابلیت عملکرد عایق‌ها	جایگزین نمودن
۶	سیستم زمین یا ارتینگ مربوط به نیروگاه فتوولتاییک	کنترل و بازدید شرایط کابل‌های مربوط به سیستم زمین	جایگزین نمودن در صورت لزوم
		کنترل و بازدید ظاهری و فیزیکی اتصالات مربوط به سیستم زمین	محکم نمودن اتصالات مربوطه
		کنترل و بازدید پیوستگی کابل سیستم زمین	عیب‌یابی و جایگزین نمودن در صورت لزوم
۷	اتصال فلزی استراکچر سیستم‌فتوولتاییک مربوط به ارت رعدوبرق	کنترل و بازدید شرایط اتصال کابل	جایگزین نمودن در صورت لزوم
		کنترل و بازدید و رویت ظاهری و فیزیکی اتصال کابل	محکم نمودن اتصالات مربوطه
		کنترل و بازدید پیوستگی اتصال ارت رعد و برق	عیب‌یابی و جایگزین نمودن در صورت لزوم

جدول۱۱ــ نمون برگ فهرست وارسی مشخصات الکتریکی سامانه فتوولتاییک

ردیف	مشخصات الکتریکی سامانه فتوولتاییک		مقدار اندازه‌گیری شده	مقدار ثبت شده در شرایط STC	مقادیر صحیح است / نیاز به بررسی دارد
۱	مدول خورشیدی	VOC			
		ISC			
۲	سیم کشی	سیم فاز (mm^2)		***	
		سیم زمین (mm^2)		***	
۳	مقاومت عایقی	ولتاژ آزمون		***	
		قطب مثبت با زمین $M\Omega$		***	
		قطب منفی با زمین $M\Omega$		***	
۴	توان و نقطه کار	$Vmp_{(v)}$			
		$Imp_{(A)}$			
		$pmP_{(W)}$			

ارزشیابی شایستگی نگهداری و حفاظت سامانه فتوولتاییک

شرح کار:
- اهمیت نگهداری از سامانه فتوولتاییک
- نگهداری از طریق مشاهده و اندازه‌گیری
- ترجمه متون فنی نگهداری و ایمنی قطعات سامانه
- برچسب روی قطعات

استاندارد عملکرد: بررسی عملکرد قطعات سامانه از طریق کنترل رفتار آنها و ترجمه متون فنی

شاخص‌ها:
- تغییر رفتار قطعات سامانه
- تغییر LED کنترل‌کننده شارژ
- مشاهده و اندازه‌گیری کمیت‌های ولتاژ و جریان سامانه

شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:

شرایط: فضای مناسب ـ ابزار مناسب ـ مدت زمان متناسب با حجم کار
ابزار و تجهیزات: ابزار عمومی سیم‌کشی برق ـ باتری لید اسید ـ اینورتر ـ لباس کار- مدول خورشیدی- کنترل شارژ باتری- اینورتر و اتصالات و کابل

معیار شایستگی

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	تشخیص رفتار سامانه از روی وضعیت LED	۲	
۲	تغییر موارد ایمنی و حفاظتی به زبان اصلی	۱	
۳	تشخیص عیوب سامانه	۲	
۴	برچسب‌خوانی روی قطعات	۱	
	شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش: کسب اطلاعات کارتیمی مستندسازی ویژگی شخصیتی	۲	
	میانگین نمرات		*

* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می باشد.