

راهنمای طراحی و نصب سیستم‌های فتوولتائیک

(طبق استاندارد سازمان آموزش فنی و حرفه‌ای کشور)

مولفین:

محمد رضا شیرین آبادی

(مدرس انرژی‌های تجدیدپذیر سازمان آموزش فنی و حرفه‌ای کشور و انجمن انرژی ایران)

حسن باقرزاده

(عضو انجمن انرژی ایران)

نام کتاب	: راهنمای طراحی و نصب سیستم های فتوولتائیک
مؤلفین	: محمدرضا شیرین آبادی - حسن باقرزاده
زیر نظر	: انجمن انرژی ایران
ناشر	: انتشارات علمیران
ناشر همکار	: انتشارات عبادی
نوبت چاپ	: چاپ اول - پاییز ۱۳۹۸
تیراژ	: ۱۰۰۰ نسخه
تعداد صفحات و قطع	: ۲۷۶ صفحه - وزیری
صفحه آرائی	: مؤسسه سایه نو
لینتر گرافی	: چار دیز
چاپ	: امین
صحافی	: امین
قیمت	: ۵۵۰ تومان
کلیه حقوق چاپ و نشر محفوظ است	: شابک : ۹۶ - ۹۶ - ۵۲۶۶ - ۶۰۰ - ۹۷۸

مركز پخش: انتشارات علميران: تهران - خیابان امام - مایلین سه راه طالقانی و تربیت - مجتمع تجاری استاد شهريار
طبقه پايين - تلفن: ۳۵۵۴۹۳۰۴ - ۳۵۵۴۹۳۰۵ (۰۴۱) - تلفاكس: ۳۵۵۴۹۳۲۷ (۰۴۱)

سرشناسه	شیرین آبادی، محمدرضا، ۱۳۵۹ -
عنوان و نام پدیدآور	راهنمای طراحی و نصب سیستم‌های فتوولتائیک / طبق استاندارد سازمان آموزش فنی و حرفه‌ای کشور / مؤلفین محمدرضا شیرین‌آبادی، حسن باقرزاده
مشخصات نشر	تیریز: علمیران، ۱۳۹۸.
مشخصات ظاهری	[۲۷۸] ص: مصور (بخشی رنگی)، جدول، نمودار (بخشی رنگی)
شابک	۵۰۰۰۰ ریال : 978-600-5266-96-2
وضعیت فهرست نویسی	فیا
یادداشت	کتابنامه، ص [۲۷۸].
موضوع	برق - سیستم‌های فتوولتائیک
موضوع	Photovoltaic power systems
موضوع	برق - سیستم‌های فتوولتائیک - طرح و ساختمان
موضوع	Photovoltaic power systems - Design and construction
شناسه افزوده	باقرزاده، حسن، ۱۳۷۸ -
رده بندی کنگره	TK ۱۰۸۷
رده بندی دیویی	۶۲۱/۳۱۲۴۴
شماره کتابشناسی ملی	۵۸۸۱۹۵۹

پیشگفتار

رشد و پیشرفت روزافزون علم و فناوری، زمینه آسایش و رفاه زندگی انسان‌ها را در جهان امروز فراهم کرده است، اما این پیشرفت و رشد، با خود مشکلاتی را به همراه خواهد داشت که از جمله این مشکلات می‌توان به آلودگی‌های زیست محیطی، تغییرات نامتعارف آب و هوایی و تبعات ناشی از آن‌ها اشاره نمود.

به یقین می‌دانیم که سوخت‌های فسیلی از سرمایه‌های ملی و حیاتی کشور هستند که مصرف بی‌رویه آن‌ها، آسیب‌های جبران‌ناپذیری را در پی خواهند داشت. تا سال ۲۰۵۰ به علت افزایش جمعیت جهانی و همچنین در پی گسترش اقتصاد کشورهای در حال توسعه، نیاز به انرژی دو و یا حتی سه برابر خواهد شد و انتشار گازهای گلخانه‌ای با سوختن ذغال سنگ و نفت و سایر سوخت‌های فسیلی و انباشته شدن پسماندهای هسته‌ای از راکتورها مشکلات زیادی را به وجود خواهند آورد. از این‌رو دانشمندان و صاحب‌نظران به دنبال منبع پاک هستند که بتوانند به تدریج جایگزین منابع انرژی سنتی کنونی کرده و از آلودگی محیط زیست و دیگر مشکلات حاصل از سوخت‌های فسیلی جلوگیری به عمل آورند. از طرفی دسترسی به سوخت‌های فسیلی روز به روز مشکل‌تر شده و دیگر به آسانی روزهای گذشته نخواهد بود، و اگر این رویه مصرف سوخت‌های فسیلی ادامه یابد، زندگی بشر با چالش بزرگی روبه‌رو خواهد شد. این عوامل و عوامل دیگر سبب شده‌اند تا اغلب کشورها با جدت تمام‌تر استفاده از سایر انرژی‌های موجود در طبیعت و به خصوص انرژی‌های تجدیدپذیر را مورد توجه قرار دهند. استفاده از انرژی خورشیدی، باد، زمین گرمایی، زیست توده، هیدروالکتریسیته و... که به انرژی‌های تجدیدپذیر معروف‌اند، مستلزم مطالعات و تحقیقات فراوانی هستند که باید قبل از استفاده انجام پذیرد. این منابع انرژی روزبه‌روز سهم بیش‌تری از انرژی جهان را به خود اختصاص می‌دهند و در سال ۲۰۱۴، حدود ۹/۷۴٪ از تامین انرژی جهان را به خود اختصاص داده‌اند که نسبت به سال ۲۰۱۳ در حدود ۰/۰۴٪ افزایش داشته است.

در ادامه قصد داریم درباره انواع انرژی تجدیدپذیر بحث نماییم. و از آن جایی که فناوری فتوولتائیک یک فناوری مورد اطمینان از لحاظ بازده است و نصب و راه‌اندازی نسبتاً آسان و سریعی دارد، به طور مستقل می‌تواند تقریباً در هر نقطه از سیاره زمین انرژی موردنیاز را تامین کند، به باروری آن به رشد تبدیل شده است که تجارت‌های کوچک و بزرگ می‌توانند خود را در گوشه‌ای از آن جی دهند. از این‌رو در فصل‌های بعدی کتاب به طور مفصل درباره نصب و راه‌اندازی این فناوری نوین بحث خواهیم نمود.

امیدواریم با مطالعه این کتاب اطلاعات مفید و کاربردی در اختیار شما خوانندگان محترم قرار گیرد.

با احترام

فهرست مطالب

۱۱	مقدمه
فصل اول: مقدمه ای بر الکترونیک	
۱۹	۱-۱- مفاهیم اولیه ای الکترونیک
۲۵	۲-۱- شناخت قطعات الکترونیکی مورد نیاز در سیستم فتوولتائیک
۲۵	۱-۲-۱- مقاومت
۲۹	۲-۲-۱- خازن
۳۰	۳-۲-۱- سلف
۳۱	۴-۲-۱- دیود
۳۲	۵-۲-۱- ترانزیستور
۳۴	۶-۲-۱- ترانزیستور BJT
۳۵	۷-۲-۱- ترانزیستور MOSFET
۳۸	۸-۲-۱- ترانزیستور IGBT
۴۰	۹-۲-۱- آی سی رگولاتور یا تثبیت کننده ولتاژ
فصل دوم: سیستم های فتوولتائیک	
۴۵	۱-۲- انرژی خورشیدی
۴۷	۲-۲- سیستم های فتوولتائیک
۴۸	۳-۲- طبقه بندی سیستم های فتوولتائیک از لحاظ کاربری
۴۸	۱-۳-۲- واحدهای فتوولتائیک متصل به شبکه
۵۱	۲-۳-۲- واحدهای فتوولتائیک مستقل از شبکه
۵۳	۴-۲- اجزاء سیستم فتوولتائیک
۵۳	۵-۲- آرایه های فتوولتائیک
۵۶	۱-۵-۲- نسل اول فن آوری های فتوولتائیک: سلول های کریستالی
۵۸	۲-۵-۲- نسل دوم فن آوری های فتوولتائیک: سلول های خورشیدی فیلم نازک
۶۱	۳-۵-۲- نسل سوم فن آوری های فتوولتائیک: نانو ساختار
۶۷	۶-۲- زاویه نصب پنل فتوولتائیک
۷۱	۷-۲- طراحی استراکچر (سازه نصب)
فصل سوم: شارژ کنترلر	
۷۷	۱-۳- شارژ کنترلر
۷۸	۲-۳- وظایف شارژ کنترلر خورشیدی

۷۹	۳-۳- انواع تکنولوژی شارژ کنترلرها
۷۹	۳-۳-۱- شارژ کنترلرهای سری
۷۹	۳-۳-۲- کنترلرهای موازی (شنت)
۸۰	۳-۴- PWM
۸۲	۳-۵- MPPT
۸۴	۳-۶- الگوریتم ردیابی حداکثر توان P&O
۸۵	۳-۷- الگوریتم هدایت افزایشی (INC)
۸۶	۳-۸- الگوریتم Hill Climbing
۸۷	۳-۹- الگوریتم ولتاژ ثابت
۸۸	۳-۱۰- الگوریتم جریان اتصال کوتاه جزئی
۸۹	۳-۱۱- مبدل های DC-DC
۹۱	۳-۱۲- سرببندی رز کنترلرها

فصل چهارم: سیستم های ذخیره سازی انرژی

۹۷	۴-۱- سیستم ذخیره سازی باتری
۹۸	۴-۲- باتری های سرب اسید
۹۸	۴-۲-۱- باتری سرب اسید تر
۹۹	۴-۲-۲- باتری سرب اسید خشک
۹۹	۴-۲-۲-۱- AGM Battery
۱۰۰	۴-۲-۲-۲- GEL Battery
۱۰۱	۴-۳- ولتاژ و جریان شارژ و تنظیمات آن
۱۰۲	۴-۴- DOD باتری
۱۰۲	۴-۵- پیکربندی باتری ها برای تامین جریان مورد نیاز
۱۰۳	۴-۵-۱- اتصال سری
۱۰۳	۴-۵-۲- اتصال موازی
۱۰۴	۴-۵-۳- اتصال سری- موازی
۱۰۴	۴-۶- محل نگهداری باتری ها

فصل پنجم: اینورترها

۱۰۹	۵-۱- اینورتر
۱۱۱	۵-۲- تقسیم بندی اینورترها بر اساس شکل موج خروجی
۱۱۳	۵-۳- تقسیم بندی اینورترها بر اساس سرعت سوئیچینگ
۱۱۳	۵-۴- تقسیم بندی اینورترها بر اساس شبکه ای در آن کار می کنند

۱۱۳	۵-۴-۱- اینورترهای مستقل از شبکه
۱۱۵	۵-۴-۲- اینورترهای متصل به شبکه
۱۱۵	۵-۵- پیکربندی اینورترها
۱۲۱	۵-۶- تعیین ظرفیت اینورترهای منفصل از شبکه
۱۲۱	۵-۷- تعیین ظرفیت اینورترهای متصل به شبکه

فصل ششم: طراحی سیستم‌های فتوولتائیک

۱۲۵	۶-۱- طراحی سیستم‌های فتوولتائیک
۱۲۶	۶-۲- اصول طراحی سیستم‌های فتوولتائیک
۱۲۸	۶-۳- طراحی سیستم‌های فتوولتایی متصل به شبکه
۱۲۸	۶-۳-۱- میزان راندن مورد انتظار
۱۲۸	۶-۳-۲- افت توان ناشی از اثر بی اینورتر
۱۳۴	۶-۴- محاسبه انرژی خروجی شبکه فتوولتائیک
۱۳۷	۶-۵- طراحی سیستم فتوولتائیک متصل از شبکه
۱۴۱	۶-۵-۱- محاسبه حداقل تعداد برای آبه‌ها فتوولتائیک
۱۴۲	۶-۵-۲- اینورتر
۱۴۳	۶-۵-۳- ظرفیت باتری مورد نیاز
۱۴۳	۶-۵-۴- انتخاب کنترل شارژر

فصل هفتم: حفاظت زمین

۱۴۹	۷-۱- حفاظت زمین
۱۴۹	۷-۲- سیستم اتصال زمین
۱۵۰	۷-۳- قواعد اساسی سیستم‌های اتصال زمین در طرف AC و DC برای مولد فتوولتائیک
۱۵۳	۷-۴- انواع الکترودها
۱۵۳	۷-۴-۱- الکترود میله‌ای
۱۵۴	۷-۴-۲- الکترود صفحه‌ای مسی
۱۵۵	۷-۵- هادی یا سیم ارت

فصل هشتم: سیم و کابل

۱۶۳	۸-۱- BOS
۱۶۳	۸-۲- کابل
۱۶۷	۸-۳- کانکتور
۱۷۰	۸-۴- سیم‌بندی

فصل نهم: ارزیابی عملکرد سیستم‌های فتوولتائیک

۱۷۵	۱-۹- ارزیابی عملکرد سیستم‌های فتوولتائیک
۱۷۶	۲-۹- تجهیزات اندازه‌گیری
۱۸۳	۳-۹- ارزیابی عملکرد سیستم‌های فتوولتائیک
۱۸۳	۴-۹- معایب قابل تشخیص از روی منحنی جریان-ولتاژ
	فصل دهم: استانداردهای اجرا و دستورالعمل‌های فنی نصب سامانه‌های فتوولتائیک IEC16478
۱۹۱	۱-۱۰- مشخصات فنی تجهیزات نیروگاه‌های فتوولتائیک
۱۹۲	۲-۱۰- مشخصات فیزیکی پنل
۱۹۵	۳-۱۰- مشخصات فنی عمومی سازه نگهدارنده
۱۹۷	۴-۱۰- مشخصات فنی عمومی اینورتر متصل به شبکه
۱۹۸	۵-۱۰- مشخصات فنی عمومی سیم‌کشی و اتصالات
۲۰۰	۶-۱۰- سیستم زمین
۲۰۱	۷-۱۰- مشخصات عمومی تابلوها
۲۰۳	۸-۱۰- اتصال شبکه
۲۰۳	۹-۱۰- حفاظت‌ها و ایمنی
۲۰۵	۱۰-۱۰- مدارک فنی و مستندات قابل ارائه به کارفرما
۲۰۷	۱۱-۱۰- ضمانت و گارانتی تجهیزات
۲۰۷	۱۲-۱۰- بهره‌برداری، تعمیر و نگهداری و بازرسی
۲۱۰	۱۳-۱۰- پیوست ۱
۲۱۱	۱۴-۱۰- پیوست ۲
۲۱۱	۱-۱۴-۱۰- استانداردهای بین‌المللی مورد استفاده برای سیستم‌های فتوولتائیک
۲۲۰	۲-۱۴-۱۰- استانداردهای سازمان ملی استاندارد ایران برای سیستم‌های فتوولتائیک

پیوست‌های کتاب

۲۲۷	پیوست ۱: آزمایش‌های آموزشی
۲۵۶	پیوست ۲: نکات مهم جهت یادآوری
۲۶۰	پیوست ۳: نمونه سوالات چهارگزینه‌ای