
مراجع فتوالتائیک

جلد اول : طراحی و ساخت سلول، مازول و مولد فتوولتائیک

گردآوری و نگارش: دکتر مصطفی رجبی شهیدی و مهندس عباس جودکی

رجبی‌مشهدی، مصطفی، ۱۳۵۰ -	سرشناسه
مرجع فتوالتائیک/ نویسندگان مصطفی‌رجبی‌مشهدی، عباس جودکی.	عنوان و نام پدیدآور
تهران: پیک نور، ۱۳۹۶.	مشخصات نشر
ج.: مصور، جدول.	مشخصات ظاهری
۲۸۰۰۰۰ ریال: ج. ۳- ۵۶- ۷۶۱۵- ۹۶۴- ۹۷۸- ۱	شابک
فیفا	وضعیت فهرست نویسی
ج. ۱، طراحی و ساخت سلول، مازول و مولد فتوالتائیک	مندرجات
تولید برق از انرژی خورشیدی -- ایران	موضوع
Photovoltaic power generation -- Iran	موضوع
انرژی خورشیدی -- ایران	موضوع
Solar energy -- Iran	موضوع
برق -- سیستم‌های فتوالتایی	موضوع
Photovoltaic power systems	موضوع
جودکی، عباس، ۱۳۵۹ -	شناسه افزوده
TK۱۰۸۷/۳م۴ ۱۳۹۶	رده بندی کنگره
۳۳۳/۷۹۲۳	رده بندی دیویی
۴۷۲۶۶۸۱	شماره کتابشناسی ملی

مرجع فتوالتائیک - جلد اول: طراحی و ساخت سلول، مازول و مولد فتوالتائیک

نویسندگان: دکتر مصطفی رجبی‌مشهدی و مهندس عباس جودکی

قطع: وزیری

شمارگان: ۱۰۰۰ جلد

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۷۶۱۵-۵۶-۳

نوبت چاپ: اول (بهار ۱۳۹۶)

قیمت: ۲۸۰۰۰ تومان

ناشر: انجمن صنفی کارفرمایی شرکت‌های توزیع نیروی برق کشور

تلفن: ۰۲۱-۴۴۴۴۴۳۰۱۱-۱۴

وب سایت: WWW.EDCA.IR

با احترام:

این کتاب که به همت انجمن صنفی کارفرمایی شرکت‌های توزیع نیروی برق ایران چاپ و منتشر شده است، تقدیم می‌شود به سیاست‌گذاران، مدیران و کارشناسان، پژوهشگران و سایر فعالان حوزه انرژی کشور

پیشگفتار نویسندگان

بگذار تا بیوسمت ای نوشخند صبح
بگذار تا بنوشمت ای چشمه شراب
بیمار خنده‌های توام بیشتر بخند
خورشید آرزوی منی گرمتر بتاب

فریدون مشیری

در حال حاضر دولت‌ها با اهدافی نظیر کاهش آلاینده‌گی و مصرف سوخت‌های فسیلی و تأمین انرژی مراکز - ساس و حیاتی و همچنین مناطق دور از شبکه و پدافند غیرعامل افتاده به دنبال توسعه و افزایش سهم انرژی فتوولتائیک می‌باشند. همچنین دانشگاه‌ها، مراکز پژوهشی تلاش‌های زیاد و تحقیقات گسترده‌ای را برای توسعه این صنعت و بهبود عملکرد و کیفیت آن انجام داده و یا در دست اجرا دارند. از طرفی صنعت فتوولتائیک مورد استقبال سرمایه‌گذاران و بنگاه‌های اقتصادی قرار گرفته است: از این رو روند سریع و استفاده از مولدین فتوولتائیک در اغلب کشورها در سال‌های اخیر، ضرورت فراگیری دانش فنی، طراحی، ساخت، نصب و بهره‌برداری از این مولدین را دو چندان کرده است.

در کشور عزیزمان ایران تولید صنعتی پنل‌ها از خود سیدیم و اجزای آن دارای عمر کوتاهی بوده و فرآیند تولید پنل‌های کریستالی کمتر معرفی شده است. به همین منظور در این کتاب علاوه بر تشریح ساز و کار تولید انرژی از نور خورشید و ارائه روابط طراحی و رد نیاز، فرآیند تولید سلول‌های کریستالی به طور کامل معرفی شده است. مراحل تولید پنل‌های خورشیدی نیز با معرفی اجزای مورد استفاده، نکات کلیدی و مهم در مرحله طراحی و تولید پنل ارائه شده و همچنین مشکلات و نواقصی که در این مرحله ایجاد می‌شود، مورد بررسی قرار گرفته است. بدون شک شناخت بیشتر بهره‌برداران و نصاب‌های مولدین فتوولتائیک و آشنایی آنها با مشکلات و نواقص طراحی و تولید پنل می‌تواند مانع از بکارگیری پنل‌های معیوب شود. بازدهی سلول‌ها و مولدین فتوولتائیک و راهکارهای افزایش آن از دیگر موضوعاتی است که در این کتاب مورد توجه بوده است. همچنین در این کتاب مولد فتوولتائیک و نحوه اتصال آن به شبکه معرفی شده است. هر چند مبانی سیستم‌های فتوولتائیک به طور کامل در جلد دوم کتاب تقدیم خوانندگان عزیز خواهد شد.

در این کتاب سعی شده است مفاهیم و مبانی طراحی و ساخت سلول، پنل و مولدین فتوولتائیک به صورت روان و مصور برای کارکنان شرکت‌های طراحی، ساخت، نصب و بهره‌برداری، شرکت‌های توزیع نیروی برق، سرمایه‌گذاران و اساتید و دانشجویان ارائه گردد. این اثر خالی از کاستی‌ها نبوده و امید می‌رود خوانندگان عزیز نظرات خود را برای نویسندگان ارسال نمایند.

مؤلفین این اثر از خانواده مهربان خود به خاطر حمایت‌ها و بردباری‌ها، از آقای مهندس حائری مدیرعامل شرکت مدیریت شبکه برق ایران برای تشویق‌ها و راهنمایی‌ها، از آقای مهندس باغبانی مدیرعامل شرکت صنایع تولیدی انرژی پاک آتیه برای حمایت‌ها، و فراهم نمودن امکان تحقیق و همچنین از هیئت مدیره محترم انجمن صنفی کارفرمایی شرکت‌های توزیع نیروی برق کشور و آقای مهندس عقدایی مدیر محترم این انجمن که چاپ آن را به عهده گرفته‌اند، صمیمانه قدردانی می‌نمایند.

صاحب‌الرأی: **رجبی مشهدی - عباس جودکی**

بهار ۱۳۹۶

پیشگفتار ناشر

انجمن صنفی کارفرمایی شرکت های توزیع نیروی برق کشور تاکنون کتاب های متعددی را با هدف دانش افزایی و آشنایی سیاست گذاران و دست اندرکاران حوزه انرژی با تحولات و رویکردهای جهانی در این عرصه به ویژه انرژی های تجدید پذیر چاپ و منتشر کرده است.

اقداماتی از این دست زمانی اهمیت بیشتری پیدا می کند که ، متولیان حوزه انرژی در ایران بهره گیری از انرژی های تجدیدپذیر از جمله انرژی خورشیدی را در زمره سیاست های اصلی تامین انرژی قرار داده اند و با توجه به اینکه کشور ما بر کمربند خورشیدی زمین قرار دارد و یک چهارم مساحت آن را کویرهایی با شدت تابش بیش از ۵ کیلو وات ساعت بر متر مربع، روانده است ، گرایش به تولید انرژی از این منبع و موقعیت ممتاز ایران برای بهره مندی از آن امری ضروری و گریز ناپذیر است.

کتاب حاضر نیز که به اهتمام جناب آقای دکتر مصطفی رجبی مهدی عضو هیأت علمی دانشگاه و معاونت راهبری شبکه برق کشور و جناب آقای مهندس عباس جودکی تدوین و تألیف شده است ، به لحاظ برخورداری از اطلاعات مفید فنی و کاربردی ، مرجع ارزشمندی برای دست اندرکاران و فعالان عرصه انرژی خورشیدی و علاقمندان به بهره گیری از این منابع می باشد. از این رو ، و انجمن صنفی کارفرمایی شرکت های توزیع نیروی برق کشور در تداوم اقداماتی که به منظور دانش افزایی همکاران داشته و در جهت آشنایی بیشتر آنها با مسایل فنی و کارکردی این منبع تولید انرژی با حمایت هیئت مدیره محترم انجمن ، حرکت به چاپ و انتشار آن کرده است.

در این کتاب ضمن تشریح فرآیندهای تولید انرژی از منابع خورشیدی و روش ها و مراحل فنی تولید سلول های کریستالی، پنل های خورشیدی، به چگونگی انتخاب و بکارگیری آن در شرایط مختلف اقلیمی ایران نیز پرداخته شده است که بی شک مطالعه آن برای مدیران ، کارشناسان ، دانش پژوهان عرصه انرژی و علاقه مندان بکارگیری و استفاده از این منبع انرژی و فناوری های آن مفید خواهد بود.

انجمن صنفی کارفرمایی شرکت های توزیع نیروی برق امیدوار است تلاش قابل تقدیر رزنده نویسندگان محترم کتاب و چاپ و نشر آن مورد استفاده و اقبال همکاران و فعالان حوزه انرژی اعم از دانشگاه ، صنعت و جامعه قرار گیرد و مطالعه آن برای همگان مفید واقع شود.

این انجمن چشم انتظار دیدگاه ها و نقطه نظرات راهگشای خوانندگان محترم برای تداوم این حرکت خواهد بود.

محمدحسین عقدایی

دیرانجمن صنفی کارفرمایی شرکت های توزیع نیروی برق کشور

فهرست مطالب

۱	فصل اول
۱	مهار انرژی خورشیدی برای مقابله با گازهای گلخانه ای
۲	۱-۱ انرژی خورشیدی
۴	۲-۱ گازهای گلخانه ای
۶	فصل دوم
۶	مروری بر مفاهیم و مبانی انرژی نور خورشید
۷	۱-۲ مفاهیم نور
۷	۱-۲-۱ مشخصات نور خورشید
۸	۱-۲-۱-۱ انرژی فوتون
۹	۱-۲-۱-۲ شار فوتون، (شار تابشی)
۱۰	۱-۲-۴ پرتو آبی طیفی
۱۱	۱-۲-۵ چگالی شار تابشی
۱۲	۲-۲ جسم سیاه
۱۴	۳-۲ تابش خورشیدی
۱۴	۱-۳-۲ خورشید
۱۶	۲-۳-۲ تابش خورشید در فضا
۱۷	۳-۳-۲ تابش خورشید در خارج اتمسفر زمین
۱۹	۴-۲ تابش زمینی خورشید
۱۹	۱-۴-۲ تابش خورشید در سطح زمین
۲۰	۲-۴-۲ اثرات جوی
۲۴	۳-۴-۲ جرم هوا
۲۷	۴-۴-۲ حرکت خورشید
۲۸	۵-۴-۲ تعریف زمان خورشیدی
۳۰	۶-۴-۲ زاویه انحراف
۳۲	۷-۴-۲ زاویه افقی (زاویه صعود خورشید در آسمان) EA
۳۵	۸-۴-۲ زاویه با محور زمین (قطبها) AA
۳۷	۹-۴-۲ موقعیت خورشید
۳۸	۱۱-۴-۲ تعیین موقعیت خورشید با دقت بالا
۳۹	۱۲-۴-۲ تابش خورشید بر یک سطح لغزان
۴۱	۱۳-۴-۲ جهت گیری و لغزش دلخواه

۴۱	۲-۴-۱۴ محاسبه تابش خورشید
۴۳	۲-۵ اطلاعات تابش خورشید
۴۳	۲-۵-۱ اندازه گیری اشعه خورشید
۴۴	۲-۵-۲ آنالیز مجموعه اطلاعات
۴۵	۳-۵-۲ نمونه هواشناسی سالانه
۴۶	۲-۵-۴ استفاده از نمونه هواشناسی سالانه
۴۸	۲-۵-۵ میانگین تابش خورشید
۴۹	۲-۵-۶ بیک ساعات تابش خورشید
۴۹	۲-۷ اطلاعات ساعات تابش
۵۰	۲-۸ اطلاعات پوشش ابری
۵۲	فصل دوم
۵۲	نیمه هادی ها و دیود ها
۵۳	۳-۱ مفاهیم پایه
۵۴	۳-۱-۱ مواد نیمه هادی
۵۴	۳-۱-۲ ساختار نیمه هادی ها
۵۵	۳-۱-۳ رسانایی در نیمه هادی ها
۵۷	۳-۱-۴ باند گپ
۵۷	۳-۱-۵ چگالی حامل های ذاتی
۵۸	۳-۱-۶ ناخالص سازی
۵۹	۳-۱-۷ غلظت حامل های ثابت (بدون بایاس)
۶۰	۳-۲ تولید حامل ها
۶۰	۳-۲-۱ جذب نور
۶۰	۳-۲-۲ ضریب جذب
۶۲	۳-۲-۳ عمق جذب
۶۲	۳-۲-۴ نرخ تولید
۶۴	۳-۳ باز ترکیب
۶۴	۳-۳-۱ انواع باز ترکیب
۶۵	۳-۳-۲ دوره زندگی
۶۶	۳-۳-۳ طول پخش
۶۷	۳-۳-۴ باز ترکیب سطحی
۶۹	۳-۴ حرکت حامل ها
۶۹	۳-۴-۱ حرکت حامل ها در نیمه هادی ها

۶۹	۲-۴-۳ پخش شونگی (انحراف)
۷۱	۳-۴-۳ رانش
۷۲	۳-۵ معادلات پیوند PN
۷۲	۱-۵-۳ تشکیل یک پیوند PN
۷۳	۲-۵-۳ دیودهای پیوند PN
۷۴	۳-۵-۳ بایاس پیوند PN
۷۶	۴-۵-۳ معادلات دیود
۷۸	فصل چهارم
۷۸	عملکرد سلول های خورشیدی
۷۹	۴-۱ سلول های خورشیدی ایده آل
۷۹	۱-۴ ساختار سلول خورشیدی
۸۰	۲-۱-۴ جریان تولیدی نوری
۸۲	۳-۱-۴ اتمال جمع آورنده حاملها
۸۴	۴-۱-۴ بازده، $Q.E.$
۸۵	۵-۱-۴ پاسخ طیفی
۸۷	۶-۱-۴ اثر فتوولتائیک
۸۹	۲-۴ پارامترهای سلول خورشیدی
۸۹	۱-۲-۴ منحنی I-V
۹۱	۲-۲-۴ جریان اتصال کوتاه I_{sc}
۹۳	۳-۲-۴ ولتاژ مدار باز VOC
۹۵	۴-۲-۴ ضریب پرشوندگی (FF)
۹۷	۵-۲-۴ بازده
۹۸	۶-۲-۴ محاسبه حداکثر توان بر اساس روش تعادل جزئی (Detailed balance)
۹۹	۶-۲-۴ افزایش بازدهی با سلول دولایه (Tandem solar cells)
۱۰۱	۳-۴ مقاومت های پارازیتی
۱۰۱	۱-۳-۴ معادله مشخصه
۱۰۱	۲-۳-۴ اثر مقاومت پارازیتی
۱۰۳	۳-۳-۴ مقاومت سری
۱۰۵	۴-۳-۴ مقاومت موازی
۱۰۷	۴-۴ اثر دیگر عوامل
۱۱۳	فصل پنجم
۱۱۳	اصول طراحی سلول خورشیدی سیلیکونی

۱۱۴	۱-۵ اصول طراحی
۱۱۴	۱-۱-۵ هدف از طراحی
۱۱۵	۲-۱-۵ تلفات نوری
۱۱۶	۳-۱-۵ پوشش ضد بازتاب
۱۱۹	۴-۱-۵ پوشش‌های ضد بازتاب دولایه
۱۲۱	۵-۱-۵ منسوج کردن سطح
۱۲۳	۶-۱-۵ ضخامت مواد
۱۲۴	۷-۱-۵ به دام اندازی نور
۱۲۶	۸-۱-۵ بازتاب دهنده‌های زیرین لامبرتین
۱۲۷	۲-۵ عفات باز ترکیب
۱۲۸	۱-۲-۵ تلفات ناشی از باز ترکیب
۱۲۹	۲-۲-۵ تلفات ناشی از باز ترکیب
۱۳۰	۳-۲-۵ باز ترکیب سطحی
۱۳۱	۴-۲-۵ میدان سطح زیرین
۱۳۲	۳-۵ طراحی اتصالات رورسول
۱۳۲	۱-۳-۵ مقاومت سری
۱۳۳	۲-۳-۵ مقاومت پایه Rb
۱۳۳	۳-۳-۵ مقاومت سطحی
۱۳۴	۴-۳-۵ مقاومت امیتر
۱۳۷	۵-۳-۵ مقاومت اتصالات
۱۳۸	۶-۳-۵ مقاومت فینگرها
۱۴۰	۷-۳-۵ بهینه سازی مقطع فینگرها
۱۴۰	۸-۳-۵ الگوی شبکه فلزی
۱۴۳	۴-۵ ساختار سلول سیلیکونی
۱۴۳	۱-۴-۵ مشخصات سلول خورشیدی سیلیکونی
۱۴۵	۲-۴-۵ بازدهی و قیمت سلول خورشیدی
۱۴۷	فصل ششم
۱۴۷	ساخت سلول خورشیدی سیلیکونی
۱۴۸	۱-۶ تولید سلول‌های سیلیکونی
۱۴۸	۱-۱-۶ تاریخچه
۱۵۱	۲-۱-۶ سلول‌های سیلیکونی اولیه
۱۵۱	۲-۶ ویفرها و زیر لایه‌های سیلیکونی

۱۵۱	۱-۲-۶ خالص سازی سیلیکون
۱۵۱	۲-۲-۶ سیلیکون بر پایه متالورژی
۱۵۳	۳-۲-۶ سیلیکون با کاربرد الکترونیکی
۱۵۴	۴-۲-۶ انواع سیلیکون
۱۵۴	۵-۲-۶ سیلیکون تک کریستالی
۱۵۶	۶-۲-۶ سیلیکون زوج‌راسکی (Cz)
۱۵۷	۷-۲-۶ سیلیکون ناحیه شناور (FZ)
۱۵۸	۸-۲-۶ سلول‌های مولتی کریستال
۱۶۰	۹-۲-۶ برشکاری شمشهای سیلیکون
۱۶۱	۱۰-۲-۶ روشهای دیگر تولید ویفر
۱۶۲	۳-۶ تکنیک‌های تولید سلول
۱۶۲	۱-۱-۶ تکنیک چاپ سطحی
۱۶۳	پخش (انتشار) سفر
۱۶۷	۲-۳-۶ سلول‌های ترانزیستور با اتصال بور
۱۶۹	۳-۳-۶ سلولهای خورشیدی با بازدهی بالا
۱۷۱	۴-۳-۶ سلولهای خورشیدی با اتصالات لایه زیرین
۱۷۳	۴-۶ خط تولید سلول خورشیدی
۱۷۳	۱-۴-۶ مواد اولیه
۱۷۴	۲-۴-۶ ساخت شمش
۱۷۶	۳-۴-۶ تقسیم شمشها به بلوکهای کوچکتر
۱۷۶	۴-۴-۶ ویفرهای سیلیکونی
۱۷۷	۵-۴-۶ منسوج کردن سطح
۱۷۹	۶-۴-۶ ایجاد و انتشار لایه امیتر
۱۷۹	۷-۴-۶ ایزولاسیون لبه‌های سلول
۱۸۰	۸-۴-۶ پوشش ضد بازتاب
۱۸۱	۹-۴-۶ چاپ سطح بالایی (شابلون کردن)
۱۸۲	۱۰-۴-۶ آلومینیوم سطح زیرین
۱۸۴	۱۱-۴-۶ ایجاد اتصالات لایه زیرین
۱۸۴	۱۲-۴-۶ کنترل کیفی سلول
۱۸۵	فصل هفتم
۱۸۵	ساخت ماژول خورشیدی
۱۸۶	۱-۷ ماژول‌ها و آرایه‌های خورشیدی

۱۸۶	۲-۷ طراحی ماژول
۱۹۷	۳-۷ بررسی اثرات ناشی از نقص اتصالات درونی ماژول
۱۹۷	۱-۳-۷ طراحی مداری ماژول
۱۹۹	۷-۳-۲ اثرات تلفات ناشی از اتصال نامناسب در مرحله طراحی ماژول
۲۰۱	۳-۳-۷ اتصال نادرست یا عدم تطابق در سلول‌هایی که به صورت سری متصل شده اند
۲۰۱	عدم تطابق جریان اتصال کوتاه سلول‌هایی که به صورت سری به هم متصل شده اند
۲۰۲	۴-۳-۷ سایه
۲۰۴	۵-۳-۷ نقطه داغ (هجوم حرارتی)
۲۰۵	۶-۳-۷ دیودهای کنار گذر (بای پس)
۲۰۷	۷-۱-۷ بررسی اثرات عدم تطابق برای سلول‌هایی که به صورت موازی متصل شده اند
۲۰۸	۸-۷ بررسی اثرات عدم تطابق در ردیف‌های موازی
۲۱۱	۴-۷ اثرات ده‌یی
۲۱۱	۱-۴-۷ دمای رول پی PV
۲۱۲	۲-۴-۷ تولید گرما در ماژول
۲۱۴	۳-۴-۷ از دست دادن گرما در ماژول PV
۲۱۸	۴-۴-۷ دمای نقطه کار عملیات نامرئول
۲۲۰	۵-۴-۷ تنش حرارتی
۲۲۰	۵-۷ بررسی سایر خسارت‌های وارده به ماژول
۲۲۰	۱-۵-۷ ایزولاسیون مکانیکی و الکتریکی
۲۲۲	۶-۷ طول عمر یک ماژول خورشیدی
۲۲۲	۱-۶-۷ انواع خرابی و کاهش کیفیت ماژول
۲۲۷	فصل هشتم
۲۲۷	اندازه‌گیری و تحلیل پارامترها
۲۲۸	۱-۸ اندازه‌گیری بازدهی سلول خورشیدی
۲۲۹	۱-۱-۸ منابع تابش سیستم اندازه‌گیری
۲۳۴	۲-۱-۸ اندازه‌گیری و کنترل دما
۲۳۵	۳-۱-۸ مدارات الکترونیکی
۲۳۷	۴-۱-۸ اتصال گذاری
۲۳۸	۲-۸ نمونه‌های دیگر از اندازه‌گیری ولتاژ و جریان
۲۳۸	۸-۲-۱ اندازه‌گیری جریان ولتاژ در تاریکی
۲۴۱	۲-۲-۸ محدودیت‌های اندازه‌گیری‌های جریان ولتاژ در تاریکی
۲۴۲	۸-۲-۳ بررسی منحنی JSC VOC

۲۴۳	۸-۲-۴ ولتاژ مدار باز خورشیدی <i>SUNs VOC</i>
۲۴۳	۳-۸ اندازه‌گیری و تحلیل پارامترهای بدست آمده از جریان و ولتاژ
۲۴۳	۱-۳-۸ اندازه‌گیری مقاومت <i>RS</i>
۲۴۴	۸-۳-۱ اندازه‌گیری مقاومت <i>RS</i> به روش <i>Curve fitting</i>
۲۴۷	۸-۳-۵ مدار معادل تک دیودی
۲۴۹	۸-۴ تحلیل نوری سلول
۲۴۹	۱-۴-۸ پاسخ طیفی
۲۵۰	۲-۴-۸ آزمون تحریک به وسیله بارپکه‌ی لیزری
۲۵۱	۵-۸ طول عمر
۲۵۱	۱-۵-۸ طول عمر حامل‌ها
۲۵۱	۱-۵-۸ طول عمر جسم سلول
۲۵۲	۳-۵-۸ باز ترکیب سطحی
۲۵۴	۴-۵-۸ اندازه‌گیری‌ها گذرا
۲۵۵	۵-۵-۸ اندازه‌گیری شبه مدار
۲۵۶	۶-۵-۸ اندازه‌گیری طول عمر کلم
۲۵۶	۷-۵-۸ تابندگی الکترونیکی
۲۵۸	۸-۵-۸ تصاویر حاصل از تابندگی
۲۶۰	فصل نهم
۲۶۰	مولدهای فتوولتائیک
۲۶۱	۱-۹ مولد فتوولتائیک
۲۶۱	۲-۹ اجزای اصلی الکتریکی یک مولد فتوولتائیک
۲۶۲	۳-۹ نحوه اتصال مولدهای فتوولتائیک به شبکه
۲۶۲	۱-۲-۹ روش متصل به شبکه سراسری برق
۲۶۳	۲-۳-۹ سیستم‌های مستقل از شبکه سراسری برق
۲۶۴	۳-۳-۹ مولدهای متصل به شبکه با پشتیبان باطری
۲۶۵	۴-۳-۹ مولدهای فتوولتائیک منفصل از شبکه و مستقیم
۲۶۶	۴-۹ نقش مولدهای فتوولتائیک در شبکه برق
۲۶۶	۹-۴-۱ مزایا
۲۶۶	۹-۴-۲ اثر مولد فتوولتائیک بر شبکه برق
۲۶۷	۹-۴-۳ مزایای بکارگیری مولدهای فتوولتائیک به صورت تولید پراکنده
۲۶۸	۹-۵ مولدهای فتوولتائیک و استانداردهای موجود
۲۷۲	پیوست‌ها