

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



آشنایی با انواع سامانه‌های انرژی تجدیدپذیر

ویراست دوم

والکر کوآشنینگ

ترجمه:

دکتر مهدی هدایتی‌زاده

عضو هیئت علمی دانشگاه بیرجند

سرشناسه:	کواشنینگ، والکر، ۱۹۶۹ -
عنوان و نام پدیدآور:	آشنایی با انواع سامانه‌های انرژی تجدیدپذیر/ والکر کواشنینگ؛ ترجمه مهدی هدایتی‌زاده؛ ویراستاران علمی محمودرضا گلزاریان، محمدعلی ابراهیمی‌نیک؛ ویراستار ادبی مصطفی قندهاری.
مشخصات نشر:	مشهد: دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۳۹۹.
مشخصات ظاهری:	۵۴۸ ص. مصور، جدول، نمودار.
فروست:	انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد؛ ۷۴۵.
شابک:	ISBN: 978-964-386-442-2
وضعیت فهرست‌نویسی:	فیبا.
یادداشت:	Understanding Renewable Energy Systems, 2 nd edition, 2016
یادداشت:	عنوان اصلی: چاپ قبلی (ویراست اول): نشر چهار درخت ۱۳۹۷، (۳۷۱ص.)
موضوع:	انرژی‌های پایان‌ناپذیر
شناسه افزوده:	هدایتی‌زاده، مهدی، ۱۳۶۲ - مترجم.
شناسه افزوده:	گلزاریان، محمودرضا، ۱۳۵۵ - ، ویراستار.
شناسه افزوده:	ابراهیمی‌نیک، محمدعلی، ۱۳۴۸ - ، ویراستار.
شناسه افزوده:	دانشگاه فردوسی مشهد، انتشارات.
رده‌بندی کنگره:	TJ۸۰۸
رده‌بندی دیویی:	۳۳۳/۷۹۴
شماره کتابشناسی ملی:	۶۱۸۹۸۴۸

آشنایی با انواع سامانه‌های انرژی تجدیدپذیر (ویراست دوم)

پدیدآورنده:	والکر کواشنینگ
ترجمه:	دکتر مهدی هدایتی‌زاده
ویراستاران علمی:	دکتر محمودرضا گلزاریان؛ دکتر محمدعلی ابراهیمی‌نیک
ویراستار ادبی:	مصطفی قندهاری
مشخصات:	وزیری، ۱۵۰ نسخه، چاپ اول، پاییز ۱۳۹۹
چاپ و صحافی:	چاپخانه دقت
بها:	۸۵۰/۰۰۰ ریال
حق چاپ برای انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد محفوظ است.	

مراکز پخش:

فروشگاه و نمایشگاه کتاب پردیس: مشهد، میدان آزادی، دانشگاه فردوسی مشهد، جنب سلف یاس
 تلفن: ۳۸۸۰۲۶۶۶ - ۳۸۸۳۳۷۲۷ (۰۵۱)
 مؤسسه کتابیران: تهران، خیابان کارگر جنوبی، خیابان لبافی‌نژاد، بین خیابان فروردین و اردیبهشت،
 شماره ۲۳۸، تلفن: ۶۶۴۹۴۴۰۹ - ۶۶۴۸۴۷۱۵ (۰۲۱)
 مؤسسه دانشیران: تهران، خیابان انقلاب، خیابان منیری جاوید (اردیبهشت) نبش خیابان نظری، شماره ۱۴۲
 تلفکس: ۶۶۴۰۰۲۲۰ - ۶۶۴۰۰۱۴۴ (۰۲۱)

<http://press.um.ac.ir>

Email: press@um.ac.ir



فهرست مطالب

۲۷	پیشگفتار ناشر خارجی
۲۸	پیشگفتار مترجم
۲۹	فصل ۱: انرژی و حفاظت از آبوهوا
۲۹	واژه انرژی
۳۶	روند تقاضای انرژی
۳۶	روند تقاضا برای انرژی در سطح دنیا
۳۸	روند تقاضا برای انرژی در آلمان
۴۱	وسعت منابع متداول انرژی
۴۳	اثر گلخانه‌ای
۵۰	توان هسته‌ای به‌عنوان راهکاری برای (مقابله با) اثر گلخانه‌ای
۵۰	شکافت هسته‌ای
۵۴	هم‌جوشی هسته‌ای
۵۵	استفاده از انرژی تجدیدپذیر
۵۷	انرژی زمین‌گرمایی
۵۸	انرژی سیاره‌ای
۵۸	انرژی خورشیدی
۶۰	استفاده مستقیم از انرژی خورشیدی
۶۰	نیروگاه‌های حرارتی خورشیدی
۶۱	کلکتورهای خورشیدی برای تولید حرارت
۶۲	فتوولتائیک‌ها
۶۳	استفاده غیرمستقیم از انرژی خورشیدی
۶۳	توان برقی
۶۴	توان باد
۶۵	زیست‌توده

۶۶	..... حرارت با دمای پایین
۶۷	..... پیل‌های سوختی و تولید هیدروژن
۶۸	..... نیاز آبی به انرژی، تبدیل انرژی و حفاظت از آب‌وهوا
۶۸	..... روند جهانی نیاز به انرژی
۷۱	..... حفاظت بین‌المللی از آب‌وهوا
۷۳	..... تبدیل انرژی در آلمان و حفاظت از آب‌وهوا
۷۳	..... روند تصاعدات کربنی در آلمان
۷۴	..... منبع انرژی تجدیدپذیر در آلمان
۷۵	..... منبع توان
۷۹	..... تأمین گرما
۷۹	..... حمل و نقل
۸۰	..... تغییر منبع انرژی
۸۲	..... منابع فصل اول
۸۵	..... فصل ۲: تابش خورشیدی
۸۵	..... مقدمه
۸۶	..... خورشید: یک راکتور هم‌جوش
۹۲	..... شدت تابش خورشید روی سطح زمین
۹۸	..... شدت تابش روی یک صفحه افقی
۱۰۲	..... موقعیت خورشید و زاویه تابش
۱۰۷	..... شدت تابش روی یک سطح شیب‌دار
۱۰۷	..... شدت تابش مستقیم روی یک سطح شیب‌دار
۱۰۸	..... شدت تابش پخش روی سطح شیب‌دار
۱۱۰	..... بازتابش زمین
۱۱۱	..... جذب تابش در نتیجه تعقیب خورشید
۱۱۴	..... محاسبه تلفات ناشی از سایه
۱۱۵	..... ناحیه پیرامون
۱۱۶	..... تعیین میزان سایه مستقیم
	..... تعیین میزان سایه پراکنده ۱۱۸
۱۲۰	..... تخمین کلی سایه
۱۲۰	..... فاصله بهینه برای ماژول‌های خورشیدی روی تکیه‌گاه
۱۲۵	..... ابزارهای اندازه‌گیری شدت تابش و شبیه‌سازهای خورشیدی
۱۲۵	..... اندازه‌گیری شدت تابش کل
۱۲۶	..... اندازه‌گیری تابش مستقیم و پخش

۱۲۸	خورشیدهای مصنوعی
۱۲۹	منابع فصل دوم
۱۳۱	فصل ۳: گرمایش خورشیدی حاصل از به‌کارگیری غیرمتمرکزکننده‌ها
۱۳۱	مبانی
۱۳۵	سیستم‌های حرارتی خورشیدی
۱۳۵	گرمایش خورشیدی استخر شنا
۱۳۷	سیستم‌های حرارتی خورشیدی برای گرم کردن آب
۱۳۸	سامانه‌های ثقلی و ترموسیفونی
۱۴۰	سامانه‌های حرارتی خورشیدی با گردش اجباری
۱۴۳	استفاده از انرژی خورشیدی برای گرمایش منزل
۱۴۳	گرمایش تنها به‌واسطهٔ خورشید
۱۴۶	گرمایش خورشیدی ناحیه‌ای
۱۴۷	سرمایش خورشیدی
۱۴۸	کلکتورهای خورشیدی
۱۴۹	کلکتورهای یکپارچه با مخزن
۱۵۱	کلکتورهای صفحه‌تخت
۱۵۶	کلکتورهای لوله‌خلأ
۱۵۸	صفحات جاذب کلکتور
۱۶۰	عملکرد و بازده کلکتور
۱۶۷	پایپ‌ها و لوله‌ها
۱۷۰	تلفات طی مرحلهٔ گرمایش لوله‌ها
۱۷۱	تلفات گردش سیال
۱۷۳	ذخیرهٔ گرمایی
۱۷۵	ذخیرهٔ آب آشامیدنی
۱۷۹	استخرهای شنا
۱۸۲	طراحی سامانه
۱۸۲	انرژی مفید موردنیاز
۱۸۳	میزان تابش خورشیدی و میزان مصرف
۱۸۵	تأمین آب شرب با انرژی خورشید
۱۸۷	انرژی حرارتی خورشیدی به‌منظور کمک به گرمایش محیط داخل
۱۸۹	گرمایشی خالص خورشیدی
۱۹۰	برج‌های مکشی خورشیدی
۱۹۲	منابع فصل سوم

۱۹۳	فصل ۴: توان خورشیدی متمرکز
۱۹۳	مقدمه
۱۹۴	تابش متمرکز
۱۹۷	کلکتورهای متمرکزکننده
۱۹۹	کلکتورهای خطی
۱۹۹	انواع کلکتورها و هندسه آن‌ها
۲۰۱	خروجی و بازده کلکتور
۲۰۶	انبساط ناشی از حرارت
۲۰۷	میدان کلکتورهای ناودانی سهمی‌گون
۲۰۹	کلکتورهای نقطه‌ای
۲۱۱	موتورهای حرارتی
۲۱۱	فرایند کارنو
۲۱۲	فرایند رانکین کلازیوس
۲۱۶	چرخه برایتون
۲۱۷	فرایند استرلینگ
۲۱۸	سامانه‌های حرارتی خورشیدی متمرکزکننده
۲۲۳	برج‌های خورشیدی
۲۲۵	دریافت‌کننده حجمی باز
۲۲۵	دریافت‌کننده تحت فشار
۲۲۷	سامانه‌های استرلینگ بشقابی
۲۲۸	کوره‌های خورشیدی و شیمی خورشیدی
۲۲۹	واردات برق
۲۳۲	منابع فصل چهارم
۲۳۳	فصل ۵: فتوولتائیک‌ها
۲۳۳	مقدمه
۲۳۶	نحوه کار سلول‌های خورشیدی
۲۳۶	مدل اتمی بوهر
۲۳۷	اثر فتوالکتریک
۲۴۰	نحوه کار یک سلول خورشیدی
۲۵۰	ساخت سلول‌ها و ماژول‌های خورشیدی
۲۵۰	سلول‌های خورشیدی ساخته شده از سیلیکون کریستالی
۲۵۵	ماژول‌های خورشیدی ساخته شده از سلول‌های کریستالی
۲۵۶	سلول‌های خورشیدی ساخته شده از سیلیکون آمورف

۲۵۸	سلول‌های ساخته‌شده از سایر مواد.....
۲۶۰	ارزیابی ماژول‌ها و تضمین کیفیت.....
۲۶۱	توصیف الکتریکی سلول‌های خورشیدی.....
۲۶۱	مدار معادل ساده.....
۲۶۳	مدار معادل بسط‌یافته (مدل تکدیودی).....
۲۶۶	مدل دودیودی.....
۲۶۷	مدل دودیودی با ترم بسیط.....
۲۶۸	سایر پارامترهای الکتریکی سلول.....
۲۷۱	ضرایب دمایی.....
۲۷۶	تعیین پارامترها.....
۲۷۷	توصیف الکتریکی ماژول‌های خورشیدی.....
۲۷۷	سلول‌های خورشیدی در مدارهای سری.....
۲۷۹	اتصال سری تحت شرایط ناهمگن.....
۲۸۳	اتصال موازی سلول‌های خورشیدی.....
۲۸۵	اطلاعات فنی در رابطه با ماژول‌های خورشیدی.....
۲۸۷	مولد‌های خورشیدی و بار (الکتریکی).....
۲۸۷	بار مقاومتی.....
۲۸۸	مبدل دی‌سی‌دی‌سی.....
۲۹۰	مبدل‌های کاهنده.....
۲۹۳	مبدل‌های افزایشنده.....
۲۹۴	سایر مبدل‌های دی‌سیدی‌سی.....
۲۹۵	تعقب‌کننده نقطه توان بیشینه.....
۲۹۸	ذخیره‌سازی در باتری.....
۲۹۸	انواع باتری‌ها.....
۲۹۹	باتری‌های سربی.....
۳۰۵	سایر باتری‌های.....
۳۰۸	سامانه‌های باتری.....
۳۱۳	سایر روش‌های ذخیره.....
۳۱۴	اینورترها.....
۳۱۴	فناوری اینورتر.....
۳۱۶	اینورتر مستطیلی.....
۳۱۹	توپولوژی اینورترهای جدید.....
۳۲۲	اینورتر برای فتوولتائیک.....
۳۲۲	وظایف و عملکردهای یک اینورتر.....

۳۲۴	..... بازده اینورتر تر
۳۲۷	..... مفاهیم سامانه
۳۳۰	..... استفاده مستقیم از فتوولتائیک‌ها
۳۳۴	..... برنامه‌ریزی و طراحی
۳۳۴	..... سامانه‌های منفصل از شبکه
۳۳۷	..... سامانه‌های متصل به شبکه
۳۴۱	..... سامانه‌هایی با مصرف مستقیم
۳۴۸	..... منابع فصل پنجم
۳۴۹	..... فصل ۶: انرژی باد
۳۴۹	..... مقدمه
۳۵۱	..... تأمین انرژی بادی
۳۵۱	..... باد چگونه پدید می‌آید؟
۳۵۲	..... گروه‌بندی سرعت‌های باد
۳۵۳	..... توزیع سرعت باد
۳۵۶	..... تأثیر محیط اطراف و ارتفاع
۳۵۹	..... بهره‌برداری (استفاده) از انرژی باد
۳۵۹	..... محتوای انرژی باد
۳۶۱	..... توربین پسا
۳۶۴	..... توربین برا
۳۶۸	..... توربین‌های بادی محور عمودی
۳۷۰	..... انواع طراحی‌های توربین بادی
۳۷۱	..... توربین‌های بادی محور افقی
۳۷۱	..... ساختمان
۳۷۲	..... پره‌های روتور
۳۷۳	..... محدوده سرعت باد
۳۷۵	..... محدود کردن توان خروجی و توقف توربین طی طوفان
۳۷۸	..... تعقیب باد
۳۷۹	..... برج، پی (فونداسیون)، جعبه‌دنده و ژنراتور
۳۸۱	..... توربین‌های بادی فراساحلی
۳۸۳	..... ماشین‌های الکتریکی
۳۸۴	..... محاسبه جریان الکتریکی متناوب
۳۸۸	..... میدان مغناطیسی دوآر
۳۹۳	..... موتورهای سنکرون

۳۹۳	طراحی.....
۳۹۵	توصیف الکتریکی ماشین سنکرون.....
۳۹۸	سنکرون کردن.....
۳۹۹	موتورهای القایی.....
۳۹۹	طراحی و شرایط کاری.....
۴۰۰	مدارهای معادل و منحنی‌های لوکاس جریان.....
۴۰۴	موازنه توان.....
۴۰۵	منحنی‌های سرعت گشتاور و داده‌های معمول ژنراتور.....
۴۰۷	اجزای سامانه الکتریکی.....
۴۰۷	ژنراتور القایی با اتصال مستقیم به شبکه.....
۴۱۲	ژنراتور سنکرون با اتصال مستقیم به شبکه.....
۴۱۳	ژنراتور سنکرون با مدار میانی و مبدل.....
۴۱۵	ژنراتورهای القایی کنترل شده با سرعت.....
۴۱۶	سامانه‌های ریزشبکه.....
۴۱۷	توربین‌های بادی متصل به شبکه.....
۴۱۷	بهره سامانه.....
۴۱۷	اتصال شبکه.....
۴۲۰	منابع فصل ششم.....
۴۲۱	فصل ۷: توان برقایی.....
۴۲۱	مقدمه.....
۴۲۲	پتانسیل برقایی.....
۴۲۷	نیروگاه‌های برقایی.....
۴۳۰	سدهای ذخیره‌ای.....
۴۳۱	نیروگاه تلمبه‌ذخیره‌ای.....
۴۳۵	توربین‌های آبی.....
۴۳۶	توربین کاپلان و توربین حبابی.....
۴۳۷	توربین اوزبرگر.....
۴۳۷	توربین فرانسیس.....
۴۳۸	توربین پلتون.....
۴۳۹	بازده توربین.....
۴۴۱	انواع دیگر سامانه‌های برقایی.....
۴۴۱	نیروگاه‌های جزرومدی.....
۴۴۲	نیروگاه‌های جریان اقیانوسی.....

۴۴۴	نیروگاه‌های موجی.....
۴۴۵	منابع فصل هفتم.....
۴۴۷	فصل ۸: انرژی زمین گرمایی.....
۴۴۷	منابع زمین گرمایی.....
۴۵۳	ایستگاه‌های حرارتی زمین گرمایی.....
۴۵۴	تأمین برق از انرژی زمین گرمایی.....
۴۵۵	فرایندهای نیروگاهی.....
۴۵۶	نیروگاه‌های زمین گرمایی.....
۴۵۹	پمپ‌های حرارتی.....
۴۶۰	پمپ‌های حرارتی تراکمی.....
۴۶۱	پمپ‌های حرارتی جذبی.....
۴۶۴	پمپ‌های حرارتی جذب سطحی.....
۴۶۵	کاربردها، طرح‌ریزی و ضریب عملکرد.....
۴۶۹	منابع فصل هشتم.....
۴۷۱	فصل ۹: استفاده از زیست‌توده.....
۴۷۱	دسترسی به زیست‌توده.....
۴۷۴	سوخت جامد.....
۴۷۸	زیست سوخت‌های مایع.....
۴۷۹	روغن گیاهی.....
۴۸۰	بیودیزل.....
۴۸۰	الکل‌های زیستی.....
۴۸۲	سوخت‌های زیست‌توده به مایع.....
۴۸۳	زیست سوخت‌های گازی.....
۴۸۵	عملکرد در هکتار و تعادل زیست‌محیطی.....
۴۸۷	واحدهای زیست‌توده.....
۴۸۷	هیتر زیست‌توده‌ای.....
۴۹۰	ایستگاه‌های حرارتی زیست‌توده.....
۴۹۲	منابع فصل نهم.....
۴۹۳	فصل ۱۰: تولید هیدروژن، پیل‌های سوختی و تولید متان.....
۴۹۳	مقدمه.....
۴۹۳	تولید و ذخیره هیدروژن.....

۴۹۸	..... پیل‌های سوختی
۴۹۸	..... مقدمه
۴۹۸	..... انواع پیل‌های سوختی
۵۰۲	..... بازده‌ها و پاسخ عملکردی
۵۰۴	..... متانسیون و ذخیره زیرزمینی
۵۰۸	..... منابع فصل دهم
۵۰۹	..... فصل ۱۱: بررسی امکان‌سنجی اقتصادی
۵۰۹	..... مقدمه
۵۱۱	..... هزینه تولید انرژی
۵۱۱	..... محاسبات بدون لحاظ سود سرمایه
۵۱۲	..... هزینه‌های یک سامانه حرارتی خورشیدی برای تأمین آب گرم
۵۱۳	..... نیروگاه‌های حرارتی خورشیدی
۵۱۴	..... سامانه‌های فتوولتائیک
۵۱۵	..... توربین‌های بادی
۵۱۶	..... تأسیسات برقی
۵۱۷	..... تأسیسات زمین گرمایی
۵۱۸	..... گرمایش حاصل از پلت‌های چوبی
۵۲۰	..... محاسبه سود سرمایه
۵۲۳	..... سامانه‌های حرارتی خورشیدی برای تأمین آب گرم
۵۲۴	..... نیروگاه‌های حرارتی خورشیدی
۵۲۴	..... سامانه‌های فتوولتائیک
۵۲۵	..... توربین‌های بادی
۵۲۵	..... کمک به سامانه‌های انرژی تجدیدپذیر
۵۲۶	..... روند آتی هزینه‌های انرژی تجدیدپذیر
۵۲۹	..... هزینه‌های سامانه‌های متداول انرژی
۵۳۱	..... هزینه‌های خارجی
۵۳۱	..... سوبسید بر بازار انرژی
۵۳۴	..... هزینه‌های تحقیق و توسعه
۵۳۵	..... هزینه اثرات زیست‌محیطی و (تأثیر آن بر) سلامتی
۵۳۷	..... سایر هزینه‌های خارجی
۵۳۷	..... درونی‌سازی هزینه‌های خارجی
۵۳۹	..... دیدگاه نقادانه بر تحلیل‌های امکان‌سنجی اقتصادی

۵۳۹	.....	رشد نامحدود سرمایه
۵۴۱	.....	مسئولیت سرمایه
۵۴۲	.....	منابع فصل یازدهم
۵۴۳	.....	ضمیمه: ثابت‌های مهم
۵۴۴	.....	واحدهای اصلی انگلیسی و آمریکایی
۵۴۵	.....	نمایه

Press.um.ac.ir

فهرست شکل‌ها

- شکل ۱-۱ هزینه گرمایش آب..... ۳۳
- شکل ۲-۱ زنجیره تبدیل انرژی، تلفات و انتشار دی‌اکسید کربن ناشی از گرمایش آب..... ۳۵
- شکل ۳-۱ تولید سالیانه نفت خام در جهان..... ۳۷
- شکل ۴-۱ مصرف جهانی انرژی اولیه در سال ۲۰۱۱ در هر منطقه..... ۳۸
- شکل ۵-۱ سهم منابع گوناگون در مصرف انرژی اولیه در آلمان در سال ۲۰۱۱..... ۴۰
- شکل ۶-۱ سهم بخش‌های مختلف در مصرف انرژی نهایی در آلمان در سال ۲۰۱۰..... ۴۰
- شکل ۷-۱ مصرف انرژی تجدیدپذیر در بخش انرژی آلمان..... ۴۱
- شکل ۸-۱ نحوه اثر گلخانه‌ای آنتروپژون (ناشی از فعالیت‌های بشر)..... ۴۴
- شکل ۹-۱ افزایش غلظت دی‌اکسید کربن اتمسفر در طی چهارصد هزار سال و نیز هزار سال گذشته..... ۴۵
- شکل ۱۰-۱ سرنه انتشار دی‌اکسید کربن ناشی از مصرف انرژی در سال ۲۰۱۰..... ۴۷
- شکل ۱۱-۱ مسیرهای کاهش تصاعدات دی‌اکسید کربن کل به منظور محدود کردن گرمایش جهان به زیر ۲ درجه سلسیوس..... ۴۹
- شکل ۱۲-۱ سهم انرژی هسته‌ای در تأمین برق در سال ۲۰۱۱..... ۵۲
- شکل ۱۳-۱ منابع و روش‌های استفاده از انرژی تجدیدپذیر..... ۵۶
- شکل ۱۴-۱ دایره‌های انرژی. مقدار انرژی خورشیدی که سالیانه به زمین می‌رسد، چندین برابر بیشتر از کل مصرف انرژی سالیانه و کل ذخایر انرژی است..... ۵۹
- شکل ۱۵-۱ ارقام فروش پمپ‌های حرارتی در آلمان..... ۶۷
- شکل ۱۶-۱ روندهای تصاعد دی‌اکسید کربن در آلمان..... ۷۴
- شکل ۱۷-۱ روند گذشته توسعه تقاضا برای انرژی اولیه در آلمان طی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۱ در کنار یک سناریو برای توسعه پایدار تا سال ۲۰۵۰..... ۷۵
- شکل ۱۸-۱ روند گذشته مصرف انرژی ناخالص در آلمان طی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۱ در کنار یک سناریو برای توسعه پایدار تا سال ۲۰۵۰..... ۷۶
- شکل ۱۹-۱ مفهوم ذخیره برای یک منبع انرژی تجدیدپذیر..... ۷۸
- شکل ۲۰-۱ تأمین حرارت بلوک‌های ساختمانی از انرژی‌های تجدیدپذیر..... ۸۰
- شکل ۱-۲ هم‌جوشی چهار هسته هیدروژن برای تشکیل یک هسته هلیوم (ذره آلفا)..... ۸۷
- شکل ۲-۲ توان تابشی عبوری از سطح یک کره با شعاع rSE برابر با توان تابشی عبوری از سطح خورشید است..... ۸۹
- شکل ۳-۲ طیف AM0 و طیف پلانک برای یک جسم سیاه با دمای ۵۷۷۷ کلوین..... ۹۱

- شکل ۲-۴ طیف‌های نور خورشید. AMO: طیف در فضا؛ AM1.5g: طیف روی زمین، درحالی‌که زاویه خورشید ۴۱/۸ درجه و یک سطح با زاویه ۳۷ درجه به سمت خورشید است ۹۳
- شکل ۲-۵ مسیرهای خورشید و مقادیر AM برای روزهای مختلفی در برلین و قاهره ۹۴
- شکل ۲-۶ منحنی‌های روزانه شدت تابش کل در کارلسروه در ۲ ژوئن، ۲۲ دسامبر و ۲۸ دسامبر ۱۹۹۱ ۹۵
- شکل ۲-۷ میانگین درازمدت شدت تابش کل سالیانه روی سطح افقی در طی سال در اروپا ۹۷
- شکل ۲-۸ شدت تابش سالیانه در پوتسدام از سال ۱۹۳۷ تا ۲۰۱۱ به همراه مقادیر میانگین ۹۸
- شکل ۲-۹ عبور تابش خورشیدی از جو ۹۹
- شکل ۲-۱۰ مجموع تابش مستقیم و پخشی در برلین ۱۰۰
- شکل ۲-۱۱ مجموع تابش مستقیم و پخشی در قاهره ۱۰۰
- شکل ۲-۱۲ سهم شدت تابش پخشی با توجه به kT و Y_s ۱۰۲
- شکل ۲-۱۳ اختصاص زوایا برای موقعیت خورشید با توجه به ۱۰۳
- شکل ۲-۱۴ نمودار مربوط به موقعیت خورشید برای برلین ۱۰۵
- شکل ۲-۱۵ نمودار مربوط به موقعیت خورشید برای قاهره ۱۰۶
- شکل ۲-۱۶ محاسبه زاویه برخورد تابش خورشید روی یک سطح شیب‌دار ۱۰۶
- شکل ۲-۱۷ شدت تابش خورشید روی یک سطح افقی و یک سطح عمود بر تابش ۱۰۷
- شکل ۲-۱۸ تفاوت میزان تابش روی یک سطح افقی و سطحی که خورشید را تعقیب می‌کند در روزهای غیرابری و عرض جغرافیایی ۵۰ درجه ۱۱۱
- شکل ۲-۱۹ تفاوت در تابش خورشیدی سالیانه در برلین با توجه به جهت و زاویه در مقایسه با یک سطح افقی ۱۱۳
- شکل ۲-۲۰ محاسبه میزان تابش روی یک سطح شیب‌دار از روی داده‌های موجود برای یک سطح افقی ۱۱۵
- شکل ۲-۲۱ تعیین ارتفاع و زاویه آزیموت یک مانع نسبت به یک نقطه مرجع ۱۱۶
- شکل ۲-۲۲ محیط پیرامون داخل یک شبکه زاویه‌بندی شده ۱۱۷
- شکل ۲-۲۳ نمودار موقعیت خورشید برای برلین با شبه‌سایه‌هایی از اشیای پیرامون ۱۱۷
- شکل ۲-۲۴ آزمایش سایه برای دو موقعیت مختلف خورشید A و B ۱۱۸
- شکل ۲-۲۵ سطحی که با اتصال دو نقطه و افق مشخص شده است ۱۱۹
- شکل ۲-۲۶ هندسه مازول‌ها روی پایه‌های نگهدارنده ۱۲۱
- شکل ۲-۲۷ زاویه سایه α نسبت به میزان بهره‌برداری از سطح f و زاویه شیب EY ۱۲۲
- شکل ۲-۲۸ تلفات نسبی سایه s نسبت به زاویه سایه α و زاویه شیب YE در برلین ۱۲۳
- شکل ۲-۲۹ تابش سنج برای اندازه‌گیری شدت تابش کل ۱۲۵
- شکل ۲-۳۰ ایستگاهی که تابش مستقیم، پخشی و کل را اندازه‌گیری می‌کند ۱۲۶
- شکل ۲-۳۱ بالا: تابش سنج با کره سایه‌انداز؛ پایین: آذرسنج ۱۲۷
- شکل ۳-۱ عبور حرارت از یک مانع شامل n لایه با سطح مقطع یکسان A ۱۳۴
- شکل ۳-۲ نحوه کار استخر خورشیدی ۱۳۵
- شکل ۳-۳ سامانه‌های خورشیدی تولید آب داغ ۱۳۸
- شکل ۳-۴ چگونگی نحوه کار یک سامانه حرارت‌تبخیر خورشیدی ثقلی (ترموسیفونی) ۱۳۹

- شکل ۳-۵ نحوه کار یک سامانه دودمداره با جریان اجباری ۱۴۱
- شکل ۳-۶ نحوه کار یک سامانه تأمین آب گرم نوشیدنی با دو مخزن حرارتی ۱۴۲
- شکل ۳-۷ سامانه حرارتی خورشیدی برای تأمین آب گرم و نیز گرمایش هوای محیط ۱۴۳
- شکل ۳-۸ سامانه حرارتی خورشیدی برای تأمین آب گرم و گرمایش محیطی کاملاً متکی به خورشید ۱۴۵
- شکل ۳-۹ یک مجموعه مسکونی در ابربرگ سوئیس که گرمایشی محیطی منازل آن تماماً به وسیله خورشید است ۱۴۵
- شکل ۳-۱۰ چگونگی نحوه کار شبکه حرارتی خورشیدی ناحیه‌ای ۱۴۶
- شکل ۳-۱۱ نحوه کار یک سامانه سرمایش خورشیدی ۱۴۹
- شکل ۳-۱۲ کلکتورهای صفحه تخت و لوله خلاً ۱۵۰
- شکل ۳-۱۳ مقطع عرضی یک کلکتور با منبع ذخیره یکپارچه ۱۵۰
- شکل ۳-۱۴ عرض مقطع یک کلکتور صفحه تخت ۱۵۲
- شکل ۳-۱۵ نحوه کار یک کلکتور صفحه تخت ۱۵۳
- شکل ۳-۱۶ تبدیل انرژی در یک کلکتور خورشیدی و انواع مختلف تلفات ۱۵۳
- شکل ۳-۱۷ برخورد اشعه خورشید با پوشش شیشه‌ای بالا ۱۵۴
- شکل ۳-۱۸ سطح مقطع یک کلکتور ۱۵۶
- شکل ۳-۱۹ نحوه کار یک کلکتور لوله خلاً ۱۵۷
- شکل ۳-۲۰ طرح‌های مختلف جاذب‌های خورشیدی ۱۵۹
- شکل ۳-۲۱ تلفات ناشی از پوشش‌های مختلف ۱۶۰
- شکل ۳-۲۲ طیف‌های اجسام سیاه در دماهای ۵۷۷۷ و ۳۵۰ کلوین در کنار مقادیر جذب جاذب‌های انتخابی و غیرانتخابی .. ۱۶۱
- شکل ۳-۲۳ بازده‌های کلکتور در مقابل شدت تابش و اختلاف دماهای متفاوت ۱۶۳
- شکل ۳-۲۴ بازده انواع کلکتورها بسته به اختلاف دما در شدت تابش ۸۰۰ وات بر مترمربع ۱۶۴
- شکل ۳-۲۵ ضریب اصلاح‌کننده زاویه برخورد برای یک کلکتور صفحه تخت و لوله خلاً با توجه به زاویه برخورد ۱۶۷
- شکل ۳-۲۶ یک مخزن ذخیره استوانه‌ای با دو انتهای کروی ۱۷۵
- شکل ۳-۲۷ منحنی دمای مخزن در برابر زمان برای یک مخزن ۳۰۰ لیتری بدون ورود یا خروج آب ۱۷۹
- شکل ۳-۲۸ تعادل انرژی برای یک استخر شنا ۱۸۰
- شکل ۳-۲۹ کسر خورشیدی برای آب آشامیدنی در مقابل مساحت کلکتور برای انواع کلکتورها و اندازه‌های مختلف مخزن ۱۸۴
- شکل ۳-۳۰ منحنی مشخصه کسر تابش برای سامانه‌های آبگرم‌کن حرارتی خورشیدی در آلمان ۱۸۶
- شکل ۳-۳۱ رشد معمول نیاز به گرمایش محیط و آب داغ در آلمان و سهم انرژی خورشیدی و گرمایش رایج در یک ساختمان قدیمی که ۲۰ درصد از نیاز حرارتی آن توسط انرژی خورشید تأمین می‌شود ۱۸۸
- شکل ۳-۳۲ نحوه کار یک برج مکشی خورشیدی ۱۹۱
- شکل ۴-۱ نحوه تمرکز یافتن نور ۱۹۵
- شکل ۴-۲ زاویه نیمه‌مخروطی خورشید ۱۹۵
- شکل ۴-۳ بیشینه دمای جاذب بر مبنای ضریب تمرکز ۱۹۷
- شکل ۴-۴ متمرکز کردن تابش خورشید با استفاده از کلکتورهای خطی ۱۹۸
- شکل ۴-۵ متمرکز کردن تابش خورشید با استفاده از کلکتورهای نقطه‌ای ۱۹۹

- شکل ۴-۶ کلکتورهای ناودانی سهمی گون در مرکز تحقیقاتی PSA در آلمریا، اسپانیا ۲۰۰
- شکل ۴-۷ هندسه یک کلکتور ناودانی سهمی گون ۲۰۱
- شکل ۴-۸ میزان تلفات و انرژی دریافتی در نقاط انتهایی کلکتورهای ناودانی سهمی گونی که در یک ردیف کنار هم قرار دارند ۲۰۲
- شکل ۴-۹ رخدادهای حرارتی و نوری در لوله جاذب ۲۰۳
- شکل ۴-۱۰ بازده کلکتور در مقابل دمای جاذب برای ضریب تمرکزهای مختلف ۲۰۵
- شکل ۴-۱۱ بالا: استفاده از قطعه آکاردئونی برای جذب انبساط‌های شیشه و فلز؛ پایین: لوله جاذب برای دماهای بالا که توسط شرکت Schott برای نیروگاه‌های ناودانی سهمی گون ساخته شده است ۲۰۶
- شکل ۴-۱۲ سایه افتادن روی ردیفی از کلکتورهای ناودانی سهمی گون به‌واسطه ردیفی دیگر ۲۰۸
- شکل ۴-۱۳ منحنی معمول زمان برای شدت تابش مستقیم عمود و (توان) خروجی میدان و ژنراتور در طی یک روز برای یک نیروگاه ناودانی سهمی گون ۲۱۰
- شکل ۴-۱۴ هلیوستات‌های واقع در مرکز تحقیقاتی PSA در آلمریا، اسپانیا ۲۱۰
- شکل ۴-۱۵ کردار فرایند رانکین کلایوس (فرایند توربین بخار) ۲۱۲
- شکل ۴-۱۶ نمودار حجم فشار برای فرایند رانکین کلایوس ۲۱۳
- شکل ۴-۱۷ نمودار T-s برای فرایند رانکین کلایوس بدون فوق گرمایش میانی ۲۱۵
- شکل ۴-۱۸ نحوه کار یک توربین گازی باز ۲۱۶
- شکل ۴-۱۹ یک نیروگاه ناودانی سهمی گون با تولید بخار موازی و یک کلکتور مجزا و یک مدار توربین بخار ۲۱۹
- شکل ۴-۲۰ یک نیروگاه ناودانی سهمی گون با مخزن حرارتی ۲۲۰
- شکل ۴-۲۱ خروجی تضمینی یک نیروگاه ناودانی سهمی گون با مخزن حرارتی ۲۲۱
- شکل ۴-۲۲ یک توربین گازی سیکل ترکیبی به‌همراه میدان کلکتور ناودانی سهمی گون یکپارچه ۲۲۲
- شکل ۴-۲۳ برج خورشیدی در مجموعه تحقیقاتی PSA در آلمریا (اسپانیا) ۲۲۴
- شکل ۴-۲۴ برج خورشیدی با دریافت کننده حجمی باز ۲۲۶
- شکل ۴-۲۵ برج خورشیدی با دریافت کننده تحت فشار حجمی به‌منظور به‌گردش در آوردن توربین‌های بخار و گاز با استفاده از انرژی خورشید ۲۲۶
- شکل ۴-۲۶ نمونه‌های یورو بشقاب در مرکز تحقیقاتی PSA در آلمریا، اسپانیا ۲۲۸
- شکل ۴-۲۷ کوره‌های خورشیدی در مرکز تحقیقاتی PSA در آلمریا، اسپانیا ۲۲۹
- شکل ۴-۲۸ گزینه‌های واردات برق تجدیدپذیر از آفریقای شمالی به اروپا در کنار هزینه و ظرفیت آن‌ها در میان‌مدت ۲۳۱
- شکل ۵-۱ سامانه فتوولتائیک یکپارچه با بام ۲۳۵
- شکل ۵-۲ وضعیت انرژی الکترون‌ها در یک اتم، در مولکول‌ها و جامدات ۲۳۹
- شکل ۵-۳ باندهای انرژی برای رساناها، نیمه‌رساناها و عایق‌ها ۲۳۹
- شکل ۵-۴ فوتون‌ها باعث حرکت الکترون‌ها از نوار ظرفیت به نوار رسانش می‌شوند ۲۴۰
- شکل ۵-۵ ساختمان کریستالی سیلیکون (چپ)، هدایت ذاتی به‌دلیل حفره‌های الکترونی در شبکه کریستالی (راست) ۲۴۲
- شکل ۵-۶ سیلیکون n- دوپینگ و p- دوپینگ ۲۴۳
- شکل ۵-۷ تشکیل ناحیه سدّی در یک اتصال p-n در نتیجه نفوذ الکترون‌ها و حفره‌های الکترونی ۲۴۵

- شکل ۹-۵ اتفاقاتی که داخل یک سلول خورشیدی در معرض نور خورشید روی می‌دهد ۲۴۷
- شکل ۵-۱۰ منحنی رایج برای بازده کوآنتوم داخلی انواع سلول‌های خورشیدی ۲۴۸
- شکل ۵-۱۱ منحنی رایج حساسیت طیفی یک سلول خورشیدی برای انواع سلول‌های خورشیدی ۲۴۸
- شکل ۵-۱۲ سیلیکون پلی کریستال برای سلول‌های خورشیدی ۲۵۱
- شکل ۵-۱۳ ساختمان یک سلول خورشیدی کریستالی ۲۵۵
- شکل ۵-۱۴ بالا: ساختمان کلی یک ماژول خورشیدی؛ پایین: ماژول‌های خورشیدی نصب شده ۲۵۷
- شکل ۵-۱۵ ساختمان کلی یک سلول خورشیدی آمورف ۲۵۸
- شکل ۵-۱۶ بالا: تصویر الکترو لومینوسانس که نشان‌دهنده سلول‌های آسیب‌دیده است ۲۶۲
- شکل ۵-۱۷ مدار معادل ساده‌شده یک سلول خورشیدی ۲۶۴
- شکل ۵-۱۸ تأثیر شدت تابش بر منحنی مشخصه جریان ولتاژ یک سلول خورشیدی ۲۶۴
- شکل ۵-۱۹ مدار معادل بسط‌یافته برای یک سلول خورشیدی (مدل تک‌دیودی) ۲۶۴
- شکل ۵-۲۰ تأثیر مقاومت سری R_s بر منحنی مشخصه جریان ولتاژ یک سلول خورشیدی ۲۶۵
- شکل ۵-۲۱ تأثیر مقاومت موازی R_p بر منحنی مشخصه جریان ولتاژ یک سلول خورشیدی ۲۶۵
- شکل ۵-۲۲ مدل دودیودی یک سلول خورشیدی ۲۶۷
- شکل ۵-۲۳ مدار معادل دودیودی با منبع جریان ثانویه معرف شکست در ولتاژهای منفی ۲۶۸
- شکل ۵-۲۴ منحنی جریان ولتاژ یک سلول پلی کریستال در گستره وسیعی از ولتاژ ۲۶۹
- شکل ۵-۲۵ مشخصه‌های جریان ولتاژ و توان ولتاژ سلول خورشیدی با نقطه توان بیشینه ۲۷۰
- شکل ۵-۲۶ چگونگی تغییر منحنی مشخصه سلول خورشیدی با تغییرات دما ۲۷۴
- شکل ۵-۲۷ اتصال سری سلول‌های خورشیدی ۲۷۷
- شکل ۵-۲۸ منحنی مشخصه یک ماژول بر مبنای منحنی‌های حاصل از ۳۶ سلول ۲۷۹
- شکل ۵-۲۹ منحنی مشخصه ماژولی که ۷۵ درصد یک سلول آن سایه شده است ۲۸۰
- شکل ۵-۳۰ ترکیب دیودهای کنارگذر در یک ماژول خورشیدی با ۳۶ سلول ۲۸۲
- شکل ۵-۳۱ منحنی مشخصه یک ماژول، درحالی که یک سلول آن ۷۵ درصد سایه شده و نیز با تعداد سلول‌هایی که یک تک‌دیود به آن‌ها متصل است ۲۸۳
- شکل ۵-۳۲ منحنی‌های جریان ولتاژ یک ماژول با ۳۶ سلول و دو دیود کنارگذر که هر یک به ۱۸ سلول متصل است و یک سلول میزان سایه متفاوتی را تجربه می‌کند ۲۸۴
- شکل ۵-۳۳ منحنی‌های توان ولتاژ یک ماژول با ۳۶ سلول و دو دیود کنارگذر که هر یک به ۱۸ سلول متصل است و یک سلول میزان سایه متفاوتی را تجربه می‌کند ۲۸۴
- شکل ۵-۳۴ تعداد n سلول خورشیدی که به صورت موازی به هم متصل شده‌اند ۲۸۵
- شکل ۵-۳۵ موگد خورشیدی با بار مقاومتی ۲۸۸
- شکل ۵-۳۶ ماژول خورشیدی به همراه مقاومت الکتریکی در شرایط کاری مختلف ۲۸۸
- شکل ۵-۳۷ موگد خورشیدی متصل به یک وسیله برقی از طریق مبدل دی‌سیدی سی ۲۸۹
- شکل ۵-۳۸ یک ماژول خورشیدی با بار ولتاژ ثابت در شرایط کاری مختلف ۲۸۹
- شکل ۵-۳۹ یک مبدل کاهنده با بار مقاومتی ۲۹۰

- شکل ۵-۴۰ منحنی جریان و ولتاژ به همراه یک مبدل کاهنده ۲۹۲
- شکل ۵-۴۱ مبدل کاهنده با خازن‌ها ۲۹۲
- شکل ۵-۴۲ نحوه کار یک مبدل افزایشنده ۲۹۴
- شکل ۵-۴۳ مبدل با کبوست ۲۹۵
- شکل ۵-۴۴ نحوه کار یک مبدل فلای‌بک ۲۹۵
- شکل ۵-۴۵ چگونگی عملکرد یک تعقیب‌کننده نقطه توان بیشینه ۲۹۸
- شکل ۵-۴۶ فرایندهای شارژ و تخلیه داخل یک باتری سربی ۳۰۱
- شکل ۵-۴۷ ظرفیت موجود یک باتری سربی با $C_{100}=100\text{ Ah}$ به صورت تابعی از جریان تخلیه و دما ۳۰۲
- شکل ۵-۴۸ ولتاژ باتری به صورت تابعی از مدت‌زمان تخلیه و جریان تخلیه ۳۰۳
- شکل ۵-۴۹ فلوجارت محاسبه حالت شارژ یک سامانه باتری فتوولتائیک ۳۰۵
- شکل ۵-۵۰ یک سامانه فتوولتائیک ساده با ذخیره باتری ۳۰۹
- شکل ۵-۵۱ نقاط توان یک مولد خورشیدی به همراه یک باتری سربی برای ذخیره و نیز یک دیود مسدودکننده و مقاومت کابل 0.1 اهمی ، بدون بار ۳۱۱
- شکل ۵-۵۲ یک سامانه باتری فتوولتائیک به همراه یک کنترل‌کننده شارژ ۳۱۱
- شکل ۵-۵۳ یک سامانه باتری فتوولتائیک با یک کنترل‌کننده شارژ سری ۳۱۲
- شکل ۵-۵۴ یک سامانه باتری فتوولتائیک با یک کنترل‌کننده شانت ۳۱۲
- شکل ۵-۵۵ مدار یک ماسفت n کاناله با قابلیت خودانسدادی ۳۱۵
- شکل ۵-۵۶ پل اچ ۳۱۶
- شکل ۵-۵۷ یک منحنی توان ایده‌ال برای یک پل اچ نیمه‌کنترلی ۳۱۷
- شکل ۵-۵۸ ایجاد یک موج مستطیلی با استفاده از موج‌های سینوسی مختلف ۳۱۸
- شکل ۵-۵۹ پل شش‌پالسی ۳۲۰
- شکل ۵-۶۰ منحنی حاصل از ماژولاسیون پهنای پالس ۳۲۰
- شکل ۵-۶۱ مدارهای اینورتر با بازده بالا ۳۲۱
- شکل ۵-۶۲ اجزای یک اینورتر فتوولتائیک ۳۲۲
- شکل ۵-۶۳ بازده اینورتر نسبت به خروجی سامانه دی‌سی و (نیز) سهم متداول انرژی برای خروجی متوسط ساعتی سامانه در انرژی کل برای شهر برلین ۳۲۵
- شکل ۵-۶۴ بازده اینورتر نسبت به خروجی سامانه دی‌سی در دو ولتاژ دی‌سی مختلف و (نیز) سهم متداول انرژی، برای خروجی متوسط ساعتی سامانه، در انرژی کل برای شهر لس‌آنجلس ۳۲۶
- شکل ۵-۶۵ یک سامانه فتوولتائیک شامل چندین رشته که به یک اینورتر مرکزی متصل شده‌اند ۳۲۸
- شکل ۵-۶۶ اینورتر مرکزی ارباب‌برده برای سامانه فتوولتائیک ۳۲۸
- شکل ۵-۶۷ مبدل فتوولتائیک با اینورترهای رشته‌ای (بالا) و ریزاینورترها (پایین) ۳۲۹
- شکل ۵-۶۸ سامانه فتوولتائیک متصل به شبکه با ذخیره‌سازی در باتری متصل به جریان متناوب ۳۳۱
- شکل ۵-۶۹ سامانه فتوولتائیک متصل به شبکه با ذخیره‌سازی در باتری متصل به جریان مستقیم ۳۳۲
- شکل ۵-۷۰ سامانه فتوولتائیک متصل به شبکه به همراه منبع ذخیره هیدروژن ۳۳۳

- شکل ۵-۷۱ یک سامانه فتوولتائیک متصل به شبکه به همراه منبع ذخیره انرژی مازاد ۳۳۴
- شکل ۵-۷۲ متوسط روزانه و ماهیانه شدت تابش خورشید روی سطحی افقی و نیز سطحی با شیب ۶۰ درجه به سمت جنوب در ماه دسامبر برای شهر برلین ۳۳۶
- شکل ۵-۷۳ گستره‌های ولتاژ برای یک مولد فتوولتائیک و یک اینورتر ۳۳۹
- شکل ۵-۷۴ بار معمول برای یک خانه تک‌خانوار در آلمان در یک پایان هفته بهاری آفتابی با رزولوشن یک دقیقه‌ای در مقابل برق تولیدی یک سامانه فتوولتائیک ۵ کیلوواتی ۳۴۱
- شکل ۵-۷۵ نرخ خودمصرفی متوسط سالیانه و معمول در آلمان برای یک خانه تک‌خانوار نسبت به اندازه سامانه فتوولتائیک و تعداد نفرات ۳۴۲
- شکل ۵-۷۶ منحنی بار معمولی برای یک شرکت تجاری بر مبنای استاندارد بار G0 با مصرف ۶۰۰۰۰ کیلووات ساعت برق ... ۳۴۴
- شکل ۵-۷۷ روش‌های استفاده از انرژی مازاد تولیدی توسط یک سامانه فتوولتائیک که مستقیماً به مصرف نمی‌رسد ۳۴۵
- شکل ۵-۷۸ مقادیر متوسط سالیانه معمول برای نرخ خودمصرفی نسبت به ظرفیت فتوولتائیک و ظرفیت ذخیره باتری در آلمان برای یک خانوار با مصرف سالیانه ۴۷۰۰ کیلووات ساعت ۳۴۵
- شکل ۵-۷۹ مقادیر متوسط سالیانه معمول برای نرخ خودمصرفی در سامانه‌های خودمصرف نسبت به ظرفیت فتوولتائیک و ظرفیت ذخیره باتری در آلمان برای یک خانوار با مصرف سالیانه ۴۷۰۰ کیلووات ساعت ۳۴۶
- شکل ۵-۸۰ نحوه کار سلول خورشیدی بر مبنای مدل باند (نوار) انرژی ۲۴۶
- شکل ۵-۸۰ مقادیر متوسط سالیانه معمول برای میزان خودکفایی نسبت به ظرفیت فتوولتائیک و ظرفیت ذخیره باتری در آلمان برای یک خانوار با مصرف سالیانه ۴۷۰۰ کیلووات ساعت ۳۴۷
- شکل ۶-۱ گردش کلی (روی سطح کره زمین) و تولید باد ۳۵۲
- شکل ۶-۲ توزیع فراوانی سرعت‌های باد در مکانی واقع در ساحل دریایی در شمال آلمان در ارتفاع ده متری ۳۵۴
- شکل ۶-۳ توزیع‌های ریلی برای انواع سرعت‌های متوسط باد ۳۵۶
- شکل ۶-۴ عباراتی که برای توصیف راستای باد استفاده می‌شوند ۳۵۶
- شکل ۶-۵ افزایش سرعت باد با ارتفاع و با توجه به طول ناهمواری، در مقایسه با سرعت باد در ارتفاع ۱۰ متری ۳۵۸
- شکل ۶-۶ جریان باد در اطراف یک توربین بادی در مزرعه ۳۶۰
- شکل ۶-۷ ضرایب مقاومت برای شکل‌های مختلف ۳۶۲
- شکل ۶-۸ مدل بادسنج استفاده شده برای محاسبه توان ۳۶۳
- شکل ۶-۹ سرعت باد و چرخش روتور برای محاسبه نرخ جریان استفاده شده‌اند ۳۶۵
- شکل ۶-۱۰ نیروهای مؤثر برای یک توربین برا ۳۶۶
- شکل ۶-۱۱ سرعت‌های باد و نیروهای روی یک پره روتور ۳۶۶
- شکل ۶-۱۲ ضریب توان CP به صورت تابعی از نسبت سرعت نوک ۸ برای توربین وستاس ۳۶۸
- شکل ۶-۱۳ ضرایب توان و تقریب‌هایی با استفاده از چند جمله‌ای درجه ۳ ۳۶۹
- شکل ۶-۱۴ روتورهای محور عمودی ۳۶۹
- شکل ۶-۱۵ طراحی و اجزای یک توربین بادی ۳۷۲
- شکل ۶-۱۶ تغییر ضخامت و زاویه در عرض پره روتور ۳۷۴

شکل ۶-۱۷	توان واقعی و ضریب توان یک ژنراتور در مقابل سرعت باد برای یک توربین بادی ۲/۳ مگاواتی	۳۷۶
.....	Enercon E-70 [Ene06]	.....
شکل ۶-۱۸	برهم خوردن (اختلال در) جریان باد به علت اثر استال در هنگام وزش بادی با سرعت زیاد	۳۷۶
.....	
شکل ۶-۱۹	تنظیم (زاویه) پیچ پره در سرعت‌های متفاوت باد	۳۷۸
.....	
شکل ۶-۲۰	منحنی توان برای توربین‌های بادی‌ای که به شیوه استال و پیچ کنترل می‌شوند	۳۷۸
.....	
شکل ۶-۲۱	ساخت یک توربین بادی	۳۸۰
.....	
شکل ۶-۲۲	انواع فونداسیون‌ها برای توربین‌های بادی فراساحلی	۳۸۲
.....	
شکل ۶-۲۳	منحنی زمانی جریان و ولتاژ در برابر دامنه	۳۸۴
.....	
شکل ۶-۲۴	مدار سری مقاومت و سلف به همراه نمودارهای برداری	۳۸۶
.....	
شکل ۶-۲۵	میدانهای مغناطیسی در اطراف یک رسانا و یک سلف بر اثر جریان عبوری از آن‌ها	۳۸۸
.....	
شکل ۶-۲۶	چپ: مقطع عرضی یک استاتور با سه سیمپیچ که با زوایای ۱۲۰ درجه نسبت به یکدیگر و به منظور تولید میدان دوار قرار گرفته‌اند	۳۸۹
.....	
شکل ۶-۲۷	تغییر میدان مغناطیسی در دو نقطه مختلف زمانی (مرحله I و مرحله II) و در پی اعمال جریان سینوسی‌ای که ۱۲۰ درجه اختلاف فاز دارد	۳۸۹
.....	
شکل ۶-۲۸	جریان سه‌فاز برای ایجاد یک میدان مغناطیسی دوار	۳۹۰
.....	
شکل ۶-۲۹	اتصالات مثلث و ستاره	۳۹۱
.....	
شکل ۶-۳۰	مقطع عرضی یک موتور سنکرون	۳۹۴
.....	
شکل ۶-۳۱	مدار معادل ساده‌شده یک روتور توربو با یک سیم	۳۹۶
.....	
شکل ۶-۳۲	نمودارهای برداری یک موتور سنکرون با یک روتور توربو در چهار حالت	۳۹۶
.....	
شکل ۶-۳۳	منحنی گشتاور یک موتور سنکرون با روتور توربو نسبت به زاویه قطب و ولتاژ داخلی قطبی	۳۹۸
.....	
شکل ۶-۳۴	یک ترانسفورماتور ایده‌آل با مقاومت‌های راکتیو و واقعی	۴۰۱
.....	
شکل ۶-۳۵	مدار معادل تک‌رشته‌ای برای یک موتور القایی	۴۰۲
.....	
شکل ۶-۳۶	نموداری براساس هایلند و اوسانا، برای تعیین منحنی‌های مکان هندسی جریان برای جریان استاتور	۴۰۳
.....	
شکل ۶-۳۷	مدار معادل تک‌فاز ساده‌شده یک موتور القایی	۴۰۳
.....	
شکل ۶-۳۸	موازنه توان برای یک موتور القایی	۴۰۴
.....	
شکل ۶-۳۹	منحنی سرعت گشتاور یک موتور القایی	۴۰۶
.....	
شکل ۶-۴۰	ژنراتور القایی با اتصال مستقیم به شبکه	۴۰۸
.....	
شکل ۶-۴۱	منحنی گشتاور نسبت به لغزش s در کنار مقاومت‌های قابل تغییر روتور RL	۴۰۹
.....	
شکل ۶-۴۲	نقاط توان یک ژنراتور القایی که مستقیماً به شبکه متصل شده است	۴۱۰
.....	
شکل ۶-۴۳	نقاط توان یک توربین بادی با دو ژنراتور القایی در سرعت‌های متفاوت	۴۱۱
.....	
شکل ۶-۴۴	ژنراتور سنکرون با اتصال مستقیم به شبکه	۴۱۲
.....	
شکل ۶-۴۵	ژنراتور سنکرون با مدار جریان مستقیم میانی	۴۱۳
.....	
شکل ۶-۴۶	نقاط کاری یک توربین بادی سرعت متغیر	۴۱۴
.....	
شکل ۶-۴۷	ژنراتور سنکرون اتصال مستقیم با یک مدار جریان مستقیم میانی	۴۱۴

- شکل ۶-۴۸ ژنراتور القایی سرعت متغیر به همراه مبدلی در مدار روتور..... ۴۱۵
- شکل ۶-۴۹ اصول یک ریزشبهکه به همراه توان بادی..... ۴۱۶
- شکل ۷-۱ چرخه آب روی زمین..... ۴۲۳
- شکل ۷-۲ تخلیه متوسط رودخانه راین در شهر رنفلدان از سال ۱۹۵۶ تا ۲۰۱۱..... ۴۲۵
- شکل ۷-۳ تخلیه رودخانه راین نزدیک شهر رنفلدان و رودخانه نکار در شهر راکنو، طی سال ۱۹۹۱..... ۴۲۵
- شکل ۷-۴ منحنی های تداوم بار برای رودخانه های راین واقع در رنفلدان و نکار در راکنو در سال ۱۹۹۱..... ۴۲۶
- شکل ۷-۵ تعیین تخلیه نامی براساس منحنی تداون (بار) پایین..... ۴۲۷
- شکل ۷-۶ شماتیک یک نیروگاه جریانی..... ۴۲۸
- شکل ۷-۷ عکس هوایی از نیروگاه ایتاپو..... ۴۳۱
- شکل ۷-۸ نحوه کار یک نیروگاه تلمبه ذخیره ای..... ۴۳۲
- شکل ۷-۹ یک نیروگاه تلمبه ذخیره ای نزدیک شهر مالانگا در اسپانیا..... ۴۳۲
- شکل ۷-۱۰ تلفات و بازده یک نیروگاه تلمبه ذخیره ای..... ۴۳۴
- شکل ۷-۱۱ کار پمپ و تولید برق توسط یک نیروگاه تلمبه ذخیره ای واقع در آلمان در تاریخ ۱۵ آگوست ۱۹۹۶..... ۴۳۴
- شکل ۷-۱۲ استفاده از توربین های آبی بسته به ارتفاع آب و تخلیه..... ۴۳۵
- شکل ۷-۱۳ شماتیک یک توربین کاپلان (در سمت چپ) و عکسی از آن (در سمت راست)..... ۴۳۶
- شکل ۷-۱۴ شماتیک یک توربین جابی به همراه ژنراتور..... ۴۳۷
- شکل ۷-۱۵ شماتیک یک توربین پمپی فرانسیس در نیروگاه تلمبه ذخیره ای گولدیشنال (سمت چپ) و عکسی از یک توربین فرانسیس در نیروگاه ایتاپو (سمت راست)..... ۴۳۸
- شکل ۷-۱۶ شماتیک یک توربین پلتون با ۶ عدد جت (سمت چپ) و عکس یک توربین پلتون (سمت راست)..... ۴۳۹
- شکل ۷-۱۷ بازدهی هر یک از انواع توربین در مقابل تخلیه Q استاندارد شده براساس تخلیه اسمی..... ۴۳۹
- شکل ۷-۱۸ منحنی بازده کل در مقابل تخلیه استاندارد در یک نیروگاه با ۶ عدد توربین..... ۴۴۱
- شکل ۷-۱۹ سمت چپ: یک نمونه اولیه در پروژه seaflo، دور از ساحل غربی بریتانیا؛ سمت راست: کشتی (تعمیر) و نگهداری در نیروگاه جریان اقیانوسی..... ۴۴۳
- شکل ۷-۲۰ نحوه کار نیروگاه های موجی؛ سمت چپ: سامانه شناور؛ سمت راست: سامانه محفظه ای..... ۴۴۴
- شکل ۸-۱ نمای برش خورده زمین..... ۴۴۸
- شکل ۸-۲ صفحات تکنونیک روی زمین..... ۴۴۹
- شکل ۸-۳ دما در عمق ۱۰۰۰ و ۳۰۰۰ متری در آلمان..... ۴۵۰
- شکل ۸-۴ بالا: مته نو؛ وسط: مته کار کرده؛ پایین: دکل حفاری..... ۴۵۲
- شکل ۸-۵ چگونگی نحوه کار یک نیروگاه حرارتی زمین گرمایی..... ۴۵۴
- شکل ۸-۶ چگونگی کار نیروگاه زمین گرمایی ORC..... ۴۵۶
- شکل ۸-۷ نحوه کار فرایند کالینا..... ۴۵۷
- شکل ۸-۸ بازده انواع فرایندهای دما پایین در مقایسه با بازده ایده آل کارنو (دمای مرجع ۴۰ درجه سلسیوس) در مقابل دمای تغذیه (ورودی)..... ۴۵۷
- شکل ۸-۹ نحوه کار یک نیروگاه HDR..... ۴۵۹

- شکل ۸-۱۰ نحوه کار یک پمپ حرارتی تراکمی ۴۶۰
- شکل ۸-۱۱ اثر زیست‌محیطی دو سامانه حرارتی مجهز به پمپ حرارتی در مقایسه با یک هیتر گازسوز ۴۶۲
- شکل ۸-۱۲ نحوه کار یک پمپ حرارتی جذبی ۴۶۳
- شکل ۹-۱ انواع روش‌های استفاده از زیست‌توده ۴۷۴
- شکل ۹-۲ روش‌های مختلف فراوری چوب ۴۷۵
- شکل ۹-۳ ارزش گرمایی الوار نسبت به میزان آب و درصد رطوبت ۴۷۶
- شکل ۹-۴ نحوه تولید سوخت‌های بی‌تی‌ال ۴۸۴
- شکل ۹-۵ اثر زیست‌محیطی استفاده از سوخت‌های زیست‌محیطی ۴۸۶
- شکل ۹-۶ بویلر چوب ۴۸۸
- شکل ۹-۷ سامانه حرارتی پلنی و مکان ذخیره ۴۸۹
- شکل ۹-۸ نیروگاه برقی حرارتی زیست‌توده در شهر فافن هوفن ۴۹۱
- شکل ۱۰-۱ روش‌های تولید هیدروژن ۴۹۴
- شکل ۱۰-۲ اکترولیز آب با استفاده از الکترولیت قلیایی ۴۹۶
- شکل ۱۰-۳ یک پیل سوختی با الکترولیت اسیدی ۴۹۹
- شکل ۱۰-۴ گازها، الکترولیت‌ها، دماهای کاری و عامل اکسیداسیون انواع پیل‌های سوختی ۵۰۰
- شکل ۱۰-۵ یک نمونه پیل سوختی ۵۰۱
- شکل ۱۰-۶ منحنی ولتاژجریان یک پیل سوختی ۵۰۵
- شکل ۱۰-۷ تولید متان از انرژی تجدیدپذیر (انرژی به گاز) ۵۰۶
- شکل ۱۱-۱ روند قیمت خرده‌فروشی گاز طبیعی، نفت و برق برای کار کردن پمپ‌حرارتی با ضرایب متفاوت عملکردی در آلمان ۵۱۸
- شکل ۱۱-۲ مقایسه قیمت مصرف‌کننده برای نفت، گاز طبیعی و پلت ۵۱۹
- شکل ۱۱-۳ چگونگی تأمین اعتبار مالی نیروگاه‌های تجدیدپذیر به‌واسطه قانون انرژی تجدیدپذیر آلمان ۵۲۶
- شکل ۱۱-۴ قیمت تعدیل‌شده ماژول‌های فتوولتائیک نسبت به نرخ تورم در مقابل تولید تجمعی ماژول‌های فتوولتائیک از سال ۱۹۷۶ تا ۲۰۱۱ ۵۲۷
- شکل ۱۱-۵ تعرفه‌های تشویقی برای سامانه‌های فتوولتائیک کوچک‌تر از ۱۰ کیلووات در کنار نرخ خرده‌فروشی و قیمت سوخت برای هیترهای نفتی (بازده بویلر ۸۰ درصد است) تا سال ۲۰۱۲ و نمایش روندها تا سال ۲۰۲۰ ۵۲۸
- شکل ۱۱-۶ قیمت متوسط سالیانه نفت که براساس نرخ تورم و تبدیل ارز تعدیل شده‌اند ۵۳۰

فهرست جدول‌ها

- جدول ۱-۱ ضرایب تبدیل برای انواع واحدهای انرژی ۳۱
- جدول ۲-۱ پیشوندها و مخفف آن‌ها ۳۱
- جدول ۳-۱ انرژی اولیه، نهایی و مفید ۳۵
- جدول ۴-۱ مصرف جهانی انرژی اولیه بدون زیست‌توده و سایر ۳۷
- جدول ۵-۱ ذخایر انرژی فسیلی در سال ۲۰۱۰ ۴۳
- جدول ۶-۱ ذخایر اورانیوم ۴۳
- جدول ۷-۱ ویژگی‌های گازهای گلخانه‌ای در جو ۴۴
- جدول ۸-۱ مساحت جدید کلکتور حرارتی خورشیدی نصب‌شده با پوشش شیشه‌ای از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۱ ۶۱
- جدول ۹-۱ ظرفیت فتوولتائیک نصب‌شده در سطح جهان برحسب گیگاوات ۶۲
- جدول ۱۰-۱ ظرفیت جهانی نصب‌شده توان برقایی برحسب گیگاوات ۶۴
- جدول ۱۱-۱ ظرفیت نصب‌شده جهانی توان بادی ۶۵
- جدول ۱۲-۱ فرضیات مربوط به رشد اقتصادی و رشد جمعیت تا سال ۲۱۰۰ در سناریوهای مختلف IPCC ۶۹
- جدول ۱۳-۱ فرضیات مربوط به افزایش نیاز انرژی اولیه و سهم انرژی عاری از کربن تا سال ۲۱۰۰ بر اساس سناریوهای مختلف IPCC ۶۹
- جدول ۱۴-۱ افزایش تصاعدات دی‌اکسید کربن تا سال ۲۱۰۰ در کنار افزایش غلظت دی‌اکسید کربن جو، افزایش دمای متوسط سالانه و بالا آمدن سطح آب دریا در انواع سناریوهای IPCC ۷۰
- جدول ۱۵-۱ ضرایب ویژه تصاعد دی‌اکسید کربن برای حامل‌های انرژی ۷۱
- جدول ۱۶-۱ الزامات کاهش طبق پروتکل کیوتو و روند واقعی آن در کشورهای امضاکننده ۷۲
- جدول ۱۷-۱ ترکیب تولید توان توسط چهار شرکت بزرگ تأمین‌کننده توان آلمان در سال ۲۰۱۱ ۸۱
- جدول ۱-۲ پارامترهای اصلی در فیزیک تابش و نور ۸۶
- جدول ۲-۲ داده‌های مربوط به زمین و خورشید ۸۶
- جدول ۳-۲ جرم انواع ذرات و هسته‌ها ۸۷
- جدول ۴-۲ طول‌موج انواع رنگ‌ها ۹۰
- جدول ۵-۲ تأثیرات کاهش در مقابل ارتفاع خورشید ۹۳
- جدول ۶-۲ متوسط ماهیانه تابش دهی کل در درازمدت (۲۰۱۰-۱۹۹۸) ۹۶
- جدول ۷-۲ متوسط ماهیانه تابش دهی کل برحسب کیلووات‌ساعت در مترمربع ۹۷
- جدول ۸-۲ متوسط (۲۰۱۰-۱۹۹۸) تابش مستقیم و پخشی کل در برلین برحسب کیلووات‌ساعت در مترمربع ۹۹
- جدول ۹-۲ متوسط (۲۰۱۰-۱۹۹۸) تابش دهی پخشی و مستقیم کل سالیانه برحسب کیلووات‌ساعت بر مترمربع ۱۰۱

- جدول ۱۰-۲ تعاریف و علائم متفاوت از زاویه آزمون خوردشید ۱۰۳
- جدول ۱۱-۲ ثابت‌هایی برای تخمین F1 و F2 متناسب با ϵ [Per90] ۱۱۰
- جدول ۱۲-۲ مقدار آلیدو برای محیط‌های مختلف ۱۱۰
- جدول ۱۳-۲ میانگین (۱۹۹۸-۲۰۱۰) تابش ماهانه و سالانه روی سطحی با راستاهای مختلف بر حسب کیلووات‌ساعت بر مترمربع ۱۱۴
- جدول ۱۴-۲ تلفات سایه s و ضریب تصحیح کل k برای نقطه P0 در مقابل مقادیر مختلف بهره‌برداری از زمین و زوایای شیب سطح در شهر برلین ۱۲۳
- جدول ۱۵-۲ تلفات سایه و ضریب تصحیح کل میان‌گیری شده از سه نقطه P0، P1 و P2 در مقابل مقادیر مختلف بهره‌برداری از زمین و زوایای شیب سطح در شهر برلین ۱۲۴
- جدول ۱۶-۲ تلورانس‌های مجاز و مشخصات شبیه‌سازهای خوردشیدی بر مبنای IEC 904-9 ۱۲۸
- جدول ۱۷-۲ توزیع ایده‌آل شدت تابش کل در قالب طول موج در استاندارد IEC 904-9 ۱۲۹
- جدول ۱-۳ کمیتهای ترمودینامیکی برای محاسبات گرمایی ۱۳۲
- جدول ۲-۳ ظرفیت گرمایی c مواد مختلف در دمای بین ۰ تا ۱۰۰ درجه سلسیوس ۱۳۳
- جدول ۳-۳ هدایت حرارتی مواد مختلف ۱۳۴
- جدول ۴-۳ داده‌های مربوط به برخی پروژه‌های حرارتی خوردشیدی ناحیه‌ای ۱۴۷
- جدول ۵-۳ ضریب عبور حرارت U و ضریب عبور انرژی کل (مقدار g) برای مواد عایق شفاف و معمول مختلف ۱۵۱
- جدول ۶-۳ ضریب جذب α ، عبور τ و بازتابش ρ برای انواع مواد به کاررفته در جاذب‌ها ۱۶۱
- جدول ۷-۳ نمونه‌ای از ضرایب تبدیل و اتلاف ۱۶۴
- جدول ۸-۳ ویژگی‌های لوله‌های مسی استاندارد ۱۶۹
- جدول ۹-۳ قطره‌های توصیه‌شده برای لوله‌های مسی در تأسیسات همی شامل مخلوط آب و ضدیخ ۱۷۰
- جدول ۱۰-۳ قطره‌های توصیه‌شده برای لوله‌های مسی در سامانه ترموسیفونی شامل مخلوط آب و ضد یخ ۱۷۰
- جدول ۱۱-۳ ویژگی‌های برخی از موادی که قابلیت ذخیره دمای پایین را دارند ۱۷۴
- جدول ۱۲-۳ فشار بخار آب و دمای نقطه شبنم در رطوبت نسبی ۷۰ درصدی در مقابل دمای هوای محیط ۱۸۱
- جدول ۱۳-۳ مقدار آب داغ مورد نیاز خانگی ۱۸۲
- جدول ۱۴-۳ مقدار آب داغ مورد نیاز در هتل‌ها و غیره ۱۸۳
- جدول ۱۵-۳ مقدار مصرف آب داغ برای کارهای مختلف ۱۸۳
- جدول ۱۶-۳ کسر خوردشیدی ۱۸۹
- جدول ۱۷-۳ داده‌های مربوط به منازل مسکونی واقع در آلمان و سوئیس با تأمین گرمای ۱۰۰ درصدی از خوردشید ۱۹۰
- جدول ۱-۴ داده‌های فنی برای کلکتورهای ناودانی سهمی گون ۲۰۰
- جدول ۲-۴ پارامترهای معمول به منظور محاسبه بازده کلکتورهای ناودانی سهمی گون ۲۰۶
- جدول ۳-۴ ضرایب انبساط خطی برای اجسام مختلف در گستره دمایی ۰ تا ۵۰۰ درجه سلسیوس ۲۰۷
- جدول ۴-۴ داده‌های فنی برای نیروگاه ناودانی سهمی گون SEGS در کالیفرنیا ۲۲۰
- جدول ۵-۴ داده‌های فنی مربوط به مجموعه‌ای از نیروگاه‌های ناودانی سهمی گون جدید ۲۲۳
- جدول ۶-۴ داده‌های فنی مربوط به مجموعه‌ای از برج‌های خوردشیدی ۲۲۵

جدول ۴-۷	داده‌های فنی برای واحد یورو بشقاب استرلینگ.....	۲۲۸
جدول ۴-۸	داده‌های کلیدی برای خطوط انتقال برق هوایی برای حالت HVAC و HVDC [Hos88].....	۲۳۰
جدول ۵-۱	پارامترهای کلیدی الکتریکی.....	۲۳۵
جدول ۵-۲	شکاف باند برای انواع نیمه‌رساناها در ۳۰۰ کلومین.....	۲۴۱
جدول ۵-۳	مروری بر اختصارات رایج مربوط به سیلیکون.....	۲۵۲
جدول ۵-۴	پارامترهای مدل دودبندی برای ماژول‌های فتوولتائیک مختلف.....	۲۶۷
جدول ۵-۵	پارامترهای الکتریکی سلول خورشیدی.....	۲۶۹
جدول ۵-۶	بازده‌های پیشینه و ضرایب انباشتگی برای انواع فناوری‌های سلول (خورشیدی).....	۲۷۲
جدول ۵-۷	پارامترهای مربوط به ضرایب دمایی انواع ماژول‌های فتوولتائیک.....	۲۷۳
جدول ۵-۸	ضرایب دمایی متداول برای جریان، ولتاژ و توان برای برخی از ماژول‌های خورشیدی متداول.....	۲۷۵
جدول ۵-۹	ضریب تناسب C برای محاسبه دمای یک ماژول در حالت‌های مختلف نصب.....	۲۷۵
جدول ۵-۱۰	داده‌های فنی برای برخی از ماژول‌های خورشیدی.....	۲۸۶
جدول ۵-۱۱	اطلاعاتی مربوط به انواع باتری‌ها.....	۲۹۹
جدول ۵-۱۲	ولتاژ مدارباز و چگالی اسید بسته به حالت شارژ یک باتری سربی ۱۲ ولتی.....	۳۰۳
جدول ۵-۱۳	ولتاژ باتری ۱۲ ولتی چه چیزی از حالت شارژ را بیان می‌دارد.....	۳۰۴
جدول ۵-۱۴	داده‌های فنی انتخابی برای برخی از اینورترهای فتوولتائیک.....	۳۲۷
جدول ۵-۱۵	مجموع ماهیانه و سالیانه شدت تابش خورشید برحسب کیلووات ساعت در هر مترمربع برای مکان‌های و جهت‌گیری‌های مختلف.....	۳۳۵
جدول ۶-۱	طبقه‌بندی سرعت باد بر مبنای معیار بیوفورت.....	۳۵۳
جدول ۶-۲	پارامترهای ویبل و سرعت‌های متوسط باد در ارتفاع ۱۰ متری در نقاط مختلف آلمان.....	۳۵۵
جدول ۶-۳	طول ناهمواری برای طبقه‌بندی‌های مختلف زمین در داوینپورت.....	۳۵۷
جدول ۶-۴	چگالی هوا با توجه به دما در فشار یک بار.....	۳۵۹
جدول ۶-۵	سرعت و لغزش در شرایط کاری مختلف.....	۴۰۰
جدول ۶-۶	داده‌های فنی برای یک ژنراتور القایی ۶۰۰ کیلوواتی در یک توربین بادی.....	۴۰۷
جدول ۷-۱	سهم توان برقایی از تولید توان در سال ۲۰۱۰.....	۴۲۳
جدول ۷-۲	داده‌های فنی مربوط به نیروگاه ایتاپو.....	۴۳۱
جدول ۷-۳	پارامترهای رایج برای تعیین بازده توربین.....	۴۴۰
جدول ۷-۴	نیروگاه‌های جزرومدی دنیا.....	۴۴۲
جدول ۸-۱	خواص فیزیکی مبردهای رایج و پتانسیل گاز گلخانه‌ای در طی ۱۰۰ سال.....	۴۶۲
جدول ۸-۲	ضریب عملکرد میانگین سالیانه معمول برای پمپ‌های حرارتی الکتریکی به منظور گرمایش محیط.....	۴۶۷
جدول ۸-۳	مقدار ممکن برای استخراج حرارت ویژه برای یک چاه U شکل دوتایی براساس [VDI4640] برای سامانه‌های کوچکی تا ۳۰ کیلووات و طول لوله تا ۱۰۰ متر.....	۴۶۸
جدول ۸-۴	سطوح ممکن جهت استخراج حرارت ویژه برای کلکتورهای زمین گرمایی با ۱۸۰۰ ساعت کار سالانه.....	۴۶۹
جدول ۹-۱	بازده تولید زیست توده.....	۴۷۲

جدول ۹-۲	ارزش گرمایی انواع سوخت‌های حاصل از زیست‌توده.....	۴۷۲
جدول ۹-۳	پتانسیل زیست‌توده در آلمان.....	۴۷۳
جدول ۹-۴	ویژگی‌های انواع مختلف الوار.....	۴۷۶
جدول ۹-۵	ضرایب تبدیل اندازه‌گیری حجم محصولات الواری (تقریبی).....	۴۷۷
جدول ۹-۶	مشخصات پلت‌های چوبی بر مبنای EN 14961-2 / ENplus.....	۴۷۷
جدول ۹-۷	مشخصات برای توزیع اندازه ذرات تراشه‌های چوب بر مبنای دو استاندارد ONORM M7133 و CEN/TS 14961.....	۴۷۸
جدول ۹-۸	مقایسه ویژگی‌های بیوانرژی‌ها با سوخت‌های رایج.....	۴۷۹
جدول ۹-۹	عملکرد مواد خام مصرفی به منظور تولید بیواتانول.....	۴۸۱
جدول ۹-۱۰	عملکرد بیوگاز و حجم متان انواع مواد زیست‌توده اولیه (خام).....	۴۸۴
جدول ۹-۱۱	پتانسیل انواع محصولات انرژی که در مساحت ۲۰۰ هکتاری کشت شده‌اند.....	۴۸۴
جدول ۹-۱۲	عملکرد ناخالص بیوانرژی در زمین زراعی.....	۴۸۶
جدول ۱۰-۱	داده‌های انرژی هیدروژن در شرایط معمول (فشار ۰/۱۰۱ مگاپاسکال، دمای ۲۷۳/۱۵ کلوین).....	۴۹۴
جدول ۱۰-۲	واکنش شیمیایی در آند و کاتد انواع پیل‌های سوختی و جابه‌جایی یون در الکترولیت.....	۵۰۱
جدول ۱۰-۳	پارامترهای کلیدی پیل‌های سوختی اکسیژن‌هیدروژن در شرایط استاندارد.....	۵۰۴
جدول ۱۰-۴	خواص مشخصه انواع سوخت‌های گازی.....	۵۰۶
جدول ۱۰-۵	بازده تولید هیدروژن و متان.....	۵۰۷
جدول ۱۰-۶	ظرفیت ذخیره هیدروژن و متان در آلمان.....	۵۰۸
جدول ۱۱-۱	شاخص قیمت مصرف‌کننده در آلمان؛ داده‌های قبل از سال ۱۹۹۱ به آلمان غربی سابق برمی‌گردد.....	۵۱۰
جدول ۱۱-۲	هزینه تولید حرارت برحسب یورو به‌ازای هر کیلووات‌ساعت حرارتی (یورو به‌ازای کیلووات‌ساعت حرارت) برای تولید آب گرم خورشیدی بدون در نظر گرفتن سود سرمایه و نیز هزینه کاری سالیانه ۴۰ یورو.....	۵۱۴
جدول ۱۱-۳	عملکرد انرژی یک توربین با توجه به اندازه توربین و سرعت باد در ارتفاع توبی توربین و توزیع ریلی سرعت‌های باد.....	۵۱۷
جدول ۱۱-۴	ضرایب سالواره a برای انواع دوره‌های کاری n و نرخ‌های مختلف سود p.....	۵۲۳
جدول ۱۱-۵	هزینه‌های تولید انرژی توسط سامانه‌های آب گرم کن حرارتی‌خورشیدی برحسب یورو درازای هر کیلووات‌ساعت حرارت، با نرخ سود ۶ درصد و هزینه‌های کاری (عملیاتی) ۴۰ یورویی.....	۵۲۴
جدول ۱۱-۶	قیمت متوسط انرژی در آلمان در سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۱۱.....	۵۳۱
جدول ۱۱-۷	سویسید داده‌شده به معادن استخراج زغال‌سنگ سخت آلمان.....	۵۳۲
جدول ۱۱-۸	کمک دولتی از سوی دولت فدرال برای حوزه زغال‌سنگ سخت آلمان.....	۵۳۲
جدول ۱۱-۹	هزینه میلیون یورویی فدرال که مابین سال‌های ۱۹۵۶ تا ۱۹۸۸ برای تحقیق و توسعه حوزه انرژی در آلمان صرف گردید.....	۵۳۴
جدول ۱۱-۱۰	هزینه میلیون یورویی فدرال که مابین سال‌های ۱۹۸۹ تا ۲۰۱۲ برای تحقیق و توسعه حوزه انرژی در آلمان صرف گردید.....	۵۳۵
جدول ۱۱-۱۱	فجایع بزرگ آب‌وهوایی (بلاای طبیعی به غیر از زلزله) و خسارات ناشی از آن.....	۵۳۷

پیشگفتار ناشر خارجی

اگر بخواهیم که توان هسته‌ای را به تدریج از مدار خارج و جلوی تغییرات آب‌وهوایی را با موفقیت سد کنیم، بایستی تا اواسط این قرن، تمام انرژی موردنیازمان را از منابع انرژی تجدیدپذیر تأمین کنیم. در ویرایش دوم این کتاب که نسبت به ویرایش اول به‌روز شده و جنبه‌های وسیع‌تری را در بر گرفته است، تمامی سامانه‌های انرژی تجدیدپذیر بررسی شده‌اند و در کنار آن موضوعات جاری از قبیل ذخیره‌سازی انرژی خورشید، فناوری‌های تبدیل توان (الکتريکی) به (سوخ) گاز و تکنیک‌های لازم به‌منظور تبدیل کامل و موفقیت‌آمیز انرژی مورد واکاوی قرار گرفته است.

عناوین به‌صورت جامع بررسی شده‌اند، به‌شکلی که مباحث ریاضی، مهندسی، محیط‌زیستی و اقتصادی یکجا آورده شده‌اند و خواننده را قادر می‌سازند تا به درک صحیح و جامعی از فناوری‌های مرتبط با انرژی‌های تجدیدپذیر و پتانسیل آن‌ها دست یابد. همچنین به‌منظور انجام محاسبات، مثال‌های فراوانی آورده شده است و از شکل‌ها برای به‌تصویر کشیدن انواع فناوری‌ها و اصول ریاضی بهره گرفته شده است. کتاب حاضر با عنوان *آشنایی با انواع سامانه‌های انرژی تجدیدپذیر* می‌تواند در قالب دروسی از قبیل انرژی تجدیدپذیر در رشته‌های تحصیلی مهندسی برق، فناوری مهندسی، فیزیک، مهندسی فرایند، مهندسی عمران، محیط‌زیست، مکانیک کاربردی و مهندسی مکانیک و به‌عنوان یک منبع ایده‌آل برای دانشجویان رشته تحصیلی انرژی‌های تجدیدپذیر در دانشگاه‌ها و دانشکده‌های فنی تدریس شود و نیز مورد استفاده محققان و مهندسان در صنعت قرار گیرد.

والکر کوآشینگ در حال حاضر در گروه سیستم‌های انرژی تجدیدپذیر دانشگاه علوم کاربردی برلین (HTW)، در آلمان، مشغول به تدریس و تحقیق بوده و دارای تجارب فراوانی در زمینه‌های مختلف انرژی تجدیدپذیر در آلمان و خارج از این کشور است.

پیشگفتار مترجم

خداوند متعال را شاکرم که امکان ترجمه ویرایش دوم این کتاب را برای این جانب فراهم آورد تا بتوانم گامی بسیار کوچک، با هدف و امید در جهت ارتقای دانش عمومی/تخصصی دانشجویان، محققان و صاحب نظران حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر بردارم.

ویرایش دوم این کتاب در مقایسه با ویرایش اول، با تغییرات قابل توجهی همراه است که از جمله این موارد می‌توان به افزایش تعداد فصل‌های کتاب اشاره کرد. بنابراین از جمله دلایلی که مترجم را بر آن داشت تا به ترجمه ویرایش دوم این کتاب بپردازد، پوشش بیشتر مباحث حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر بود. لازم به ذکر است که با وجود صرف زمان فراوان برای ترجمه هرچه صحیح‌تر و روان‌تر کتاب حاضر، مطمئناً ترجمه ارائه شده عاری از ایراد نخواهد بود. بنابراین از تمامی عزیزانی که کتاب حاضر را مطالعه می‌کنند، خواهشمند است تا نکات ارزنده و یا اشکالات علمی و ادبی مشاهده شده را به این جانب منعکس کنند تا در چاپ‌های بعدی بتوان آن‌ها را رفع کرد.

بر خود لازم می‌دانم تا از جناب پروفوسور کوآشنینگ که در حین ترجمه کتاب حاضر از هیچ کمک و مساعدتی دریغ نکردند و همچنین شکل‌های رنگی کتاب مذکور را در اختیار بنده قرار دادند، تشکر ویژه نمایم. لذا در صورتی که خواننده محترم به شکل‌های رنگی کتاب حاضر نیاز داشته باشد، می‌تواند از طریق آدرس‌های ایمیلی ذیل با بنده تماس حاصل نماید، تا با افتخار شکل‌های مورد نظر را در اختیار ایشان بگذارم.

در پایان، از مدیریت محترم و کارشناسان زحمت کش حوزه نشر آثار علمی دانشگاه فردوسی مشهد و همچنین از ویراستاران علمی و ادبی این کتاب که وقت زیادی صرف بهبود کیفی این کتاب کرده‌اند، کمال تشکر و سپاس را دارم.

با آرزوی توفیق

مهدی هدایتی‌زاده

mhedayatizadeh@birjand.ac.ir

mhedayatizadeh@gmail.com