

انرژی‌های تجدیدپذیر

دکتر فرهاد ترابی

دانشیار دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

انتشارات دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی

۱۴۰۱



دانشگاه صنعتی کربلای

شماره ۵۲۹

سرشناسه: ترابی، فرشاد، ۱۳۵۴ -

عنوان و نام پدیدآور: انرژی‌های تجدیدپذیر/ فرشاد ترابی.
مشخصات نشر: تهران: دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، انتشارات، ۱۴۰۱.
مشخصات ظاهری: ض، ۴۶۷ ص: مصور، نمودار.

شابک: 978-622-5234-13-0

وضعیت فهرست نویسی: فیپا

یادداشت: کتابنامه

یادداشت: نمایه

موضوع: انرژی‌های پایان‌ناپذیر / Renewable energy sources

رده‌بندی کنگره: TJA۰۸

رده‌بندی دیویی: ۶۲۱/۰۴۲

شماره کتابشناسی ملی: ۹۱۳۳۲۰۵

press.kntu.ac.ir



ناشر: دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

عنوان: انرژی‌های تجدیدپذیر

مؤلف: دکتر فرشاد ترابی

نوبت چاپ: اول

تاریخ انتشار: اسفند ۱۴۰۱

شمارگان: ۲۰۰ جلد

چاپ: نقش آفرین

صحافی: گرنامی

قیمت: ۲۰۰,۰۰۰ تومان

تمام حقوق برای ناشر محفوظ است

خیابان میرداماد غربی- شماره ۴۷۰- انتشارات دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی - تلفن: ۸۸۸۸۱۰۵۲

میدان ونک - خیابان ولی عصر (عج) - بالاتر از چهارراه میرداماد - شماره ۲۶۲۶ - مرکز پخش و فروش انتشارات

تلفن: ۸۸۷۷۲۲۷۷ رایانامه: press@kntu.ac.ir - تارنما (فروش برخط): press.kntu.ac.ir

پیش‌گفتار

تلاش برای بالاتر بردن سطح اقتصادی، بهداشتی، سواد، امنیت و دیگر مسائلی که آبرچالش‌های اصلی بشر بوده در سطح سازمان ملل پیگیری می‌شود. همگی به نوعی به پیشرفت فناوری وابسته است. بنابراین پیشرفت‌های جوامع بشری و بالا رفتن کیفیت زندگی انسان‌ها، مرهون سطح فناوری است که آن هم به نوبه خود نیازمند مصرف انرژی است. بدون تولید انرژی، دستیابی به آرزوهای بشری امکان‌پذیر نیست. از طرفی، علاوه بر تولید انرژی، پایداری آن نیز یکی از معضلات کنونی جهان است. شکی نیست که منابع سوخت‌های فسیلی دیر یا زود پایان می‌یابد و بشر چاره‌ای جز حرکت به سمت استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر نخواهد داشت. این منابع انرژی، چنانچه از نام آنها نیز مشخص است، منابعی هستند که تا پایان عمر زمین موجود بوده و می‌توان از آنها برای تولید انرژی به ویژه انرژی الکتریکی که بیشترین نیاز کنونی است، استفاده نمود.

اگرچه انرژی‌های تجدیدپذیر به تازگی مورد توجه و تحقیق قرار گرفته، اما سبب آن به تمدن انسان‌ها برمی‌گردد. انسان‌ها از دیرباز با این صورت‌های انرژی آشنا بوده و علاوه بر مصارف معمولی و متداول نظیر گرمایش و پخت و پز، حتی به صورت صنعتی نیز مورد استفاده قرار داده‌است. نمونه‌هایی از این موارد را می‌توان در استفاده از نیروی باد برای حرکت کشتی‌های بادبانی، استفاده از نیروی جریان آب برای چرخاندن توربین‌های آبی به منظور تقسیم آب کشاورزی، انرژی خورشید برای خشک کردن محصولات کشاورزی و غیره اشاره کرد. اما با پیدایش نفت و حرکت به سمت صنعتی شدن، این صورت‌های انرژی کمتر مورد توجه قرار گرفتند زیرا در زمان خود، علم بشر در زمینه گرمایش جهانی و همچنین آثار مخرب ناشی از

آن بسیار ناچیز بود. همچنین عدم اطلاع کافی از حجم سوخت‌های فسیلی باعث شد که صنایع مختلف همگی بر مبنای سوخت‌های فسیلی، به ویژه محصولات مشتق‌شده از نفت خام طراحی و ساخته شوند. اما با گذشت زمان و افزایش علم و دانش، بشر پی به معایب مخرب سوخت‌های فسیلی پی برد و دریافت که گرمایش عمومی دمای زمین، تأثیرات جبران‌ناپذیری بر زیست‌بوم داشته طوری که ممکن است حیات انسان‌ها را نیز تحت تأثیر قرار دهد. از این رو بود که رویکردی جدید به سمت استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر که آثار مخرب کمتری نسبت به سوخت‌های فسیلی دارند، آغاز شد. در حال حاضر اگرچه از لحاظ اقتصادی، هنوز هم استفاده از مولدهای تجدیدپذیر توجیه‌پذیر نیست، اما بنا به مسائل زیست‌محیطی سرمایه‌گذاری‌های وسیعی در سطح جهان روی جایگزین کردن نیروگاه‌های فسیلی با نیروگاه‌های تجدیدپذیر صورت گرفته و می‌گیرد.

خوشبختانه از لحاظ موقعیت جغرافیایی، کشور عزیزمان ایران در جایگاه بسیار مناسبی قرار گرفته و از منابع بسیار عظیم انرژی تجدیدپذیر برخوردار است. به ویژه در زمینه‌ی انرژی خورشیدی و بادی، ایران یکی از بهترین مناطق جهان به حساب می‌آید. افزون بر این دو صورت انرژی، تقریباً بیشتر منابع انرژی تجدیدپذیر در ایران قابل استفاده است. منابعی چون زمین‌گرمایی، حرارت اقیانوسی، جزر و مد، جریان‌های دریایی همگی در ایران موجود بوده و قابل استفاده هستند. از این جهت، روشن است که توجه به این مسئله باید دغدغه اصلی مهندسان شاخه انرژی باشد.

در حال حاضر، اهمیت رسیدگی به انرژی‌های تجدیدپذیر و حرکت به سمت فرهنگ‌سازی و کاهش هزینه‌های سیستم‌های مبتنی بر این منابع عظیم انرژی بر کسی پوشیده نیست. گویا است که برای داشتن یک جامعه‌ی جهانی پایدار، ترویج این علم و فرهنگ‌سازی مناسب به ویژه از طرف مهندسان و مخترعان امری ضروری است. کتاب حاضر در همین راستا و با همین شعار شکل گرفته و امید است که در این حرکت نقشی هرچند کوچک ایفا کند.

فرشاد ترابی

تهران، زمستان ۱۴۰۱

فهرست مطالب

چ	پیش‌گفتار	
۱	سیستم انرژی جهانی	۱
۴	۱.۱ عرضه و تقاضای انرژی	۴
۵	۲.۱ صورت‌های مختلف انرژی	۵
۵	۱.۲.۱ انرژی‌های تجدیدناپذیر	۵
۹	۲.۲.۱ انرژی‌های تجدیدپذیر	۹
۱۹	۳.۱ انرژی اقیانوسی	۱۹
۲۴	۴.۱ میزان سرمایه‌گذاری کشورها در زمینه‌ی منابع مختلف انرژی‌های تجدیدپذیر	۲۴
۲۷	۲ مقدمه‌ای بر ترمودینامیک	۲۷
۲۷	۱.۲ مقدمه	۲۷
۲۷	۲.۲ حرکت مولکول‌ها	۲۷
۲۸	۳.۲ دما	۲۸
۲۹	۱.۳.۲ قانون گاز کامل	۲۹
۳۰	۲.۳.۲ درجه آزادی	۳۰

۳۲	انرژی داخلی	۳.۳.۲
۳۲	گرمای ویژه در حجم ثابت	۴.۳.۲
۳۳	قانون اول ترمودینامیک	۴.۲
۳۴	کار فشار-حجم	۵.۲
۳۵	گرمای ویژه در فشار ثابت	۱.۵.۲
۳۵	فرآیند آدیاباتیکی	۲.۵.۲
۴۰	فرآیند دما ثابت	۳.۵.۲
۴۳	قانون دوم ترمودینامیک	۶.۲
۴۶	برگشت ناپذیری و تغییرات آنتروپی	۷.۲
۴۷	تغییر در آنتروپی	۱.۷.۲
۴۹	برگشت پذیری	۲.۷.۲
۵۰	دلائل برگشت ناپذیری	۳.۷.۲
۵۱	چرخه کارنو و راندها	۸.۲
۵۲	راندها قانون اول ترمودینامیک	۱.۸.۲
۵۳	راندها قانون دوم ترمودینامیک	۲.۸.۲
۵۳	جمع بندی	۹.۲
۵۵	انرژی حرارتی خورشید	۳
۵۵	هندسه‌ی خورشید	۱.۳
۵۶	زاویه‌ی انحراف و زاویه‌ی ساعت	۱.۱.۳
۶۳	موقعیت خورشید	۲.۱.۳
۶۵	طلوع و غروب خورشید	۳.۱.۳
۶۷	زاویه‌ی برخورد خورشید	۴.۱.۳
۶۹	میزان کمی دسترسی به شار خورشیدی	۲.۳
۶۹	شار خورشیدی در لبه‌ی اتمسفر	۱.۲.۳
۷۰	شار خورشیدی در سطح زمین	۲.۲.۳
۷۱	تبدیل‌های شار خورشیدی ساعتی	۳.۲.۳
۷۹	میانگین ماهیانه تبدیل‌های شار خورشیدی ساعتی	۴.۲.۳

۸۰	کلیتورهای حرارتی خورشیدی	۳.۳
۸۰	کلیتورهای صفحه تخت یا مسطح	۱.۳.۳
۸۶	کلیتورهای متمرکزکننده	۲.۳.۳
۹۲	آزمایش کلیتور	۳.۳.۳
۹۴	موارد کاربردی کلیتورهای حرارتی خورشیدی	۴.۳
۹۴	آبگرمکن خورشیدی	۱.۴.۳
۹۷	گرمایش مکانیکی فضاهاى مورد نیاز به صورت فعال	۲.۴.۳
۹۹	گرمایش فضایی غیرفعال	۳.۴.۳
۱۰۱	استخر خورشیدی	۴.۴.۳
۱۰۳	تولید توان توسط انرژی حرارتی خورشیدی	۵.۴.۳
۱۰۴	مسائل	
۱۰۹	انرژی باد	۴
۱۱۰	فناوری‌های مختلف مبدل‌های انرژی باد	۱.۴
۱۱۴	منشأ باد از دیدگاه هواشناسی	۲.۴
۱۱۶	توزیع جهانی باد	۱.۲.۴
۱۱۸	بررسی آماری سرعت باد	۲.۲.۴
۱۲۵	تابع توزیع ویبول	۳.۲.۴
۱۳۲	توان خروجی یک توربین ایدنال	۳.۴
۱۳۶	مقدمه‌ای بر آیرودینامیک	۴.۴
۱۳۹	نیروهای وارده بر یک ایرفویل	۱.۴.۴
۱۴۴	اجزای یک نیروگاه بادی	۵.۴
۱۴۶	پره‌های توربین	۱.۵.۴
۱۴۷	جعبه دنده	۲.۵.۴
۱۴۸	ژنراتور یا مولد الکتریسته	۳.۵.۴
۱۵۱	برج یا پایه‌ی نیروگاه	۴.۵.۴
۱۵۳	سامانه تنظیم سمت	۵.۵.۴
۱۵۵	سامانه ترمز	۶.۵.۴

۷.۵.۴	محافظ سرعت بیش از حد	۱۵۶
۸.۵.۴	سامانه اندازه‌گیری نوسان	۱۵۷
۹.۵.۴	بادسنج	۱۵۷
۱۰.۵.۴	سامانه روغن‌کاری	۱۵۷
۱۱.۵.۴	فونداسیون	۱۵۸
۱۲.۵.۴	اجزای دیگر	۱۵۹
۶.۴	رانده‌مان اجزای مختلف یک نیروگاه بادی	۱۶۰
۱.۶.۴	رانده‌مان سامانه انتقال قدرت و ژنراتور	۱۶۶
مسائل		۱۷۵
۵ انرژی موجود در اقیانوس		
۱۰.۵	سیستم‌های مهار	۱۸۱
۱.۵	شکل‌های مختلف انرژی در اقیانوس	۱۸۳
۱.۱.۵	انرژی حرارتی اقیانوس	۱۸۴
۲.۱.۵	انرژی جریان‌های اقیانوسی	۱۸۴
۳.۱.۵	انرژی ناشی از جزر و مد	۱۸۴
۴.۱.۵	انرژی امواج	۱۸۵
۲.۵	حرکت موج و معادلات حاکم	۱۸۶
۱.۲.۵	معادلات امواج خطی	۱۸۷
۲.۲.۵	حرکت ذرات	۱۹۱
۳.۲.۵	انرژی موج	۱۹۴
۴.۲.۵	سرعت موج	۱۹۶
۵.۲.۵	خلاصه‌ی معادلات	۱۹۷
۳.۵	فتاوری‌های مختلف در زمینه‌ی بهره‌برداری از انرژی امواج	۱۹۸
۱.۳.۵	نیروگاه اژدهای موج	۲۰۰
۲.۳.۵	نیروگاه پلامیس	۲۰۱
۳.۳.۵	نیروگاه نوسان‌گر موج	۲۰۴
۴.۳.۵	نیروگاه آونگ موجی	۲۱۰
		۲۱۲