



منابع انرژی تجدیدپذیر

دکتر گل محمد خوب بخت

عضو هیأت علمی دانشگاه پیام نور

دکتر محسن سلیمانی

عضو هیأت علمی دانشگاه شهید چمران اهواز

دکتر مصطفی کیانی ده کیانی

عضو هیأت علمی دانشگاه شهید چمران اهواز

سرشناسه	:	سلیمانی، محسن، ۱۳۶۲ فروردین -
عنوان و نام پدید آور	:	منابع انرژی تجدیدپذیر/ محسن سلیمانی، گل محمد خوبخت، مصطفی کیانی ده کیانی.
مشخصات نشر	:	تهران: دانشگاه پیام نور، ۱۳۹۷.
مشخصات ظاهری	:	دوازده، ۲۸۶ ص.
فروست	:	دانشگاه پیام نور؛ ۲۴۸۴. گروه مهندسی و فناوری کشاورزی؛ ۱/۳
شابک	:	978 - 964 - 14 - 0531 - 3
وضعیت فهرست نویسی	:	فیبا
یادداشت	:	کتابنامه.
موضوع	:	انرژی های پایا ناپذیر - آموزش برنامه های
موضوع	:	Renewable energy sources -- Programmed instruction
سازنده	:	خوبخت، گل محمد، ۱۳۶۰ -
شماره افزوده	:	کیانی ده کیانی، مصطفی، ۱۳۶۲ -
شماره افزوده	:	دانشگاه پیام نور
شناسه افزوده	:	Payam Noor University
رده بندی کتبی	:	۱۳۹۷ خ/۸/۸۰۸ TJ۸۰
رده بندی دیویدی	:	۶۲۱/۰۴
شماره کتابشناسی ملی	:	۵۲ - ۵۸



پیام نور

منابع انرژی تجدیدپذیر

مؤلفان: دکتر محسن سلیمانی - دکتر گل محمد خوبخت - دکتر مصطفی کیانی ده کیانی

ویراستار علمی: دکتر ترب کریم

تهیه و تولید: دفتر تدوین و تولید کتب و مواد آموزشی

لیتوگرافی، چاپ و صحافی: مرکز چاپ و توزیع دانشگاه پیام نور

شمارگان: ۱۰۰ نسخه

نوبت و تاریخ چاپ: چاپ اول اسفند ۱۳۹۷

شابک: ۳ - ۵۳۱ - ۱۴ - ۹۶۴ - ۹۷۸

ISBN: 978 - 964 - 14 - 0531 - 3

فروش این کتاب فقط از طریق نمایندگی های دانشگاه پیام نور مجاز می باشد و فروش

آن در سایر مراکز فروش کتاب موجب تعقیب قانونی فروشنده خواهد گردید.

(کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر محفوظ و متعلق به دانشگاه پیام نور است. تولید، کپی یا خلاصه برداری، نشر و ترجمه، چاپ، افست، توزیع گسترده، تهیه CD و ... این اثر یا بخشی از آن اعم از متن، طرح پشت و روی جلد و ... بدون اخذ مجوز کتبی از معاونت فناوری و پژوهش دانشگاه خلاف مقررات و تعرض به حقوق مادی و معنوی دانشگاه است. متخلفین وفق قانون حمایت از مولفان و مصنفان و هنرمندان دارای مسئولیت حقوقی و کیفری بوده و تحت پیگرد قرار می گیرند.)

قیمت: ۱۷۵۰۰۰ ریال

آدرس فروشگاه مرکزی چاپ و انتشارات دانشگاه پیام نور: تهران، خیابان شهید رجایی،
نرسیده به تقاطع آزادگان، جنب ورزشگاه یادآوران. تلفن: ۵۵۵۰۲۱۰۴ - ۵۵۵۰۹۸۳۸

سایت فروش اینترنتی: <http://digibook.pnu.ac.ir>

فهرست مطالب

پیشگفتار.....	یازده
فصل اول. اصول تبدیل انرژی.....	۱
هدف کلی.....	۱
هدف‌های یادگیری.....	۱
مقدمه.....	۱
۱-۱ انواع کار، گرما، انرژی و واحدهای آن.....	۲
۲-۱ واحدهای انرژی.....	۳
۳-۱ منشأ ترمودینامیک و تاریخچه آن.....	۵
۴-۱ مفاهیم پایه‌ای ترمودینامیک.....	۸
۵-۱ کار، گرما و انرژی.....	۱۱
۱-۵-۱ کار.....	۱۱
۲-۵-۱ گرما.....	۱۲
۳-۵-۱ قرارداد علائم.....	۱۳
۶-۱ قانون اول ترمودینامیک: بقا (توازن) انرژی.....	۱۴
۱-۶-۱ سیستم‌های بسته.....	۱۴
۲-۶-۱ سیستم‌های چرخه‌ای.....	۱۵
۳-۶-۱ سیستم‌های باز.....	۱۷
۷-۱ قانون دوم ترمودینامیک.....	۲۱
۱-۷-۱ کاربردهای قانون دوم ترمودینامیک در سیستم‌ها و فرایندهای تبدیل انرژی.....	۲۳
۸-۱ نیروگاه‌های حرارتی.....	۲۵
۱-۸-۱ چرخه‌های قدرت بخار: چرخه رانکین.....	۲۵
۲-۸-۱ چرخه‌های گازی: چرخه برایتون.....	۲۸

۳۱	۳-۸-۱ چرخه‌های پمپ گرما (پمپ حرارتی) و تبرید
۳۴	۹-۱ اکسرژی: در دسترس بودن
۳۵	۱-۹-۱ منابع انرژی زمین گرمایی
۳۷	۲-۹-۱ تابش: خورشید به عنوان منبع انرژی
۳۷	خلاصه فصل اول
۴۰	خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل اول
۴۳	منابع
۴۵	فصل دوم. زیست توده
۴۵	هدف کلی
۴۵	هدف‌های یادگیری
۴۵	مقدمه
۴۸	۱-۲ نقش آیند زیست توده
۵۱	۲-۲ تولید برق
۵۳	۳-۲ فناوری‌های تبدیل انرژی: زیست توده و کاربردهای آن
۵۳	۱-۳-۲ احتراق
۵۶	۲-۳-۲ گازی سازی
۵۹	۳-۳-۲ هضم بی هوازی
۶۰	۴-۳-۲ پیرولیز
۶۲	۵-۳-۲ زیست سوخت‌ها
۶۷	۴-۲ پیاده سازی سامانه های انرژی زیست توده
۶۷	۱-۴-۲ منابع زیست توده
۶۹	۲-۴-۲ آثار و مزایای زیست محیطی
۷۳	۳-۴-۲ مسائل اقتصادی و تولید
۷۴	۵-۲ مطالعه موردی: استفاده از درشت جلبک ها با هدف انرژی
۷۴	۱-۵-۲ مقدمه
۷۵	۲-۵-۲ وضعیت موجود صنایع مرتبط با درشت جلبک ها
۷۶	۳-۵-۲ ترکیبات شیمیایی درشت جلبک ها
۷۸	۴-۵-۲ زنجیره عرضه درشت جلبک ها
۷۸	۵-۵-۲ کاشت
۷۹	۱-۵-۵-۲ تولید جلبک در هجر
۸۱	۲-۵-۵-۲ رشد در مزارع روباز
۸۳	۶-۵-۲ روش های برداشت
۸۴	۷-۵-۲ پیش فراوری
۸۶	۸-۵-۲ تولید متان
۸۸	۹-۵-۲ تولید اتانول

۹۱	۲-۵-۱۰ مسائل زیست محیطی
۹۲	۲-۵-۱۱ هزینه‌ها
۹۳	۲-۶-۶ پتانسیل کاربرد زیست توده در ایران
۹۳	۲-۶-۱ بیودیزل
۹۴	۲-۶-۲ اتانول زیستی
۹۴	۲-۶-۳ زیست گاز
۹۵	خلاصه فصل دوم
۹۷	خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل دوم
۱۰۰	منابع
۱۰۵	فصل سوم رژیم باد
۱۰۵	هدف کلی
۱۰۵	هدف‌های یادگیری
۱۰۵	مقدمه
۱۰۶	۳-۱-۱ الگوهای باد
۱۰۸	۳-۱-۱-۱ به کارگیری باد در گذشته
۱۱۰	۳-۱-۱-۲ پتانسیل قدرت باد
۱۱۲	۳-۲-۱ اصول توان بادی
۱۱۲	۳-۲-۱-۱ ویژگی‌های زمانی و مکانی باد: لایه‌های منحنی‌های وقوع
۱۱۶	۳-۲-۲ توزیع‌های احتمال سرعت و توان باد
۱۱۷	۳-۲-۳ اصول تولید توان بادی
۱۲۱	۳-۲-۴ بازدهی توربین‌های واقعی
۱۲۳	۳-۳-۱ سامانه‌های تولید قدرت: اجزاء توربین‌های بادی معمول
۱۲۸	۳-۳-۲ توربین‌های بادی کوچک‌تر
۱۲۹	۳-۳-۳ دیگر سامانه‌های توان بادی
۱۳۱	۳-۳-۴ آینده توان بادی
۱۳۳	۳-۴-۱ آثار زیست محیطی
۱۳۴	۳-۵-۱ پتانسیل کاربرد انرژی باد در ایران
۱۳۶	خلاصه فصل سوم
۱۳۷	خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل سوم
۱۴۰	منابع
۱۴۱	فصل چهارم. انرژی برگرفته از آب
۱۴۱	هدف کلی
۱۴۱	هدف‌های یادگیری

۱۴۱	مقدمه
۱۴۱	۱-۴ توان آبی و تاریخچه استفاده از آب به عنوان منبع انرژی
۱۴۲	۱-۴-۱ نیروی آبی: منبع مهم تولید برق
۱۴۴	ایتاپو: بزرگ‌ترین نیروگاه برق آبی دنیا
۱۴۶	پروژه تری جورج
۱۴۹	۱-۴-۲ سدها و سدهای انحرافی
۱۵۰	۱-۴-۳ هد و جریان
۱۵۲	۱-۴-۴ توربین‌ها
۱۵۵	۱-۴-۵ نیروی آبی در مقیاس کوچک
۱۵۷	۱-۴-۶ نگرانی‌های زیست‌محیطی
۱۵۸	۱-۴-۷ هزینه‌ها
۱۵۹	۲-۴ تولید انرژی از اقیانوس
۱۶۱	۲-۴-۱ انرژی باد
۱۶۲	۲-۴-۲ انرژی خورشیدی
۱۷۰	۲-۴-۳ انرژی زمین‌گرمایی
۱۷۱	۲-۴-۴ انرژی امواج
۱۷۲	۲-۴-۵ مکانیک و توان
۱۷۴	۲-۴-۶ سامانه‌های بهره‌برداری از قدرت موج
۱۷۷	۲-۴-۷ تبدیل انرژی گرمایی اقیانوس
۱۷۸	۲-۴-۸ انرژی اسمزی
۱۸۱	خلاصه فصل چهارم
۱۸۲	خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل چهارم
۱۸۴	منابع
۱۸۵	فصل پنجم. انرژی خورشیدی
۱۸۵	هدف کلی
۱۸۵	هدف‌های یادگیری
۱۸۵	مقدمه
۱۸۷	۵-۱ مکانیک خورشید-زمین و تابش خورشیدی
۱۸۸	۵-۲ طیف و تابش خورشیدی روی سطح زمین
۱۹۳	۵-۲-۱ قدرت خورشیدی متوسط سالانه: پتانسیل انرژی خورشیدی
۱۹۵	۵-۳ انرژی حرارتی خورشیدی
۱۹۶	۵-۳-۱ چرخه‌های قدرت
۱۹۸	۵-۳-۲ منعکس‌کننده‌های خورشید و هلیوستات‌ها
۱۹۹	۵-۳-۳ تولید آب گرم برای استفاده محلی
۲۰۲	۵-۳-۴ گرمایش، سرمایش و تهویه با استفاده از انرژی خورشیدی

۲۰۵	۵-۳-۵ اجاق خورشیدی
۲۰۶	۵-۴ نیروگاه‌های متمرکز خورشیدی
۲۰۶	۱-۴-۱ ناودانی سهموی
۲۰۹	۱-۴-۲ جمع‌کننده‌های بشقابی سهموی
۲۱۰	۵-۵ دودکش‌ها یا برج‌های خورشیدی
۲۱۱	۵-۵-۱ برج‌های قدرت
۲۱۴	۵-۶ تلفات انرژی و فعالیت نیروگاه‌های گرمایی
۲۱۷	۵-۷ سامانه‌های فوتوولتاییک
۲۱۸	۵-۷-۱ تسخیر بازار به وسیله سلیکون
۲۲۰	۵-۷-۲ دیگر فناوری‌های فوتوولتاییک
۲۲۷	۵-۸ ذخیره
۲۲۹	۵-۹ اقتصاد و نیتاز است
۲۳۰	۵-۱۰ پتانسیل انرژی خورشیدی در ایران
۲۳۰	خلاصه فصل پنجم
۲۳۳	خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل پنجم
۲۳۷	منابع
۲۳۹	فصل ششم. انرژی زمین گرمایی
۲۳۹	هدف کلی
۲۳۹	هدف‌های یادگیری
۲۳۹	مقدمه
۲۴۰	۶-۱ تاریخچه و قدمت استفاده از انرژی زمین گرمایی
۲۴۴	۶-۱-۱ منابع زمین گرمایی
۲۴۷	۶-۲ نیروگاه‌های زمین گرمایی
۲۴۷	۶-۲-۱ واحدهای بخار خشک
۲۴۹	۶-۲-۲ واحدهای سینگل فلاشینگ
۲۵۰	۶-۲-۳ واحدهای زمین گرمایی دوفلاشه
۲۵۲	۶-۲-۴ فرایندهای چندفلاشه: یک مثال تئوری مفید
۲۵۵	۶-۲-۵ واحدهای دوتایی
۲۵۸	۶-۲-۶ نیروگاه‌های هیبریدی زمین گرمایی - سوخت فسیلی
۲۵۹	۶-۳ اثر ناخالصی‌های سیال زمین گرمایی
۲۶۵	۶-۴ سامانه خنک‌کننده
۲۶۷	۶-۵ گرمایش منطقه‌ای با استفاده از زمین گرمایی: مثالی از ذخیره آکسژن و مزایای زیست محیطی
۲۶۹	۶-۶ آثار زیست محیطی
۲۷۱	۶-۷ پتانسیل انرژی زمین گرمایی در ایران

۲۷۲	 خلاصه فصل ششم
۲۷۳	 خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل ششم
۲۷۶	 منابع
۲۷۹	 پاسخنامه خودآزمایی‌های چهارگزینه‌ای

www.ketab.ir

پیشگفتار

با وجود اینکه منابع انرژی مرسوم وابسته به نفت، زغال سنگ و گاز طبیعی، محرک‌های بسیار مؤثری در رشد اقتصادی‌اند، اما در عین حال برای محیط زیست و سلامتی بشر مضرند. افزون بر این، نواحی به اثرهای الیگوبلی^۱ در تولید و توزیع، این منابع تمایل به چرخه در طبیعت دارند.

انرژی‌های تجدیدپذیر، توانایی بالایی در تأمین تقاضای انرژی جهانی دارند. این منابع انرژی، از قبیل زیست توده، انرژی بادی، خورشیدی، برق آبی و زمین گرمایی^۲، به دلیل استفاده از منابع موجود معمول و برمی، می‌توانند هدف‌های پایداری انرژی را فراهم کنند. مرحله گذار به سوی سامانه‌های مبتنی بر منابع انرژی تجدیدپذیر، در سی سال گذشته به خوبی طی شده است. در همین رابطه، همزمان با افزایش نوسانات قیمت نفت و گاز طبیعی، هزینه‌های مربوط به انرژی بادی و خورشیدی، کاهش قابل توجهی داشته است. در واقع، جریان قیمت سوخت‌های فسیلی با انرژی تجدیدپذیر و هزینه‌های اجتماعی با هزینه‌های زیست محیطی، در جهت مخالف هم بوده است. افزون بر این، سازوکارهای اقتصادی و سیاستی مورد نیاز برای حمایت از بازارهای پایدار سامانه‌های انرژی تجدیدپذیر نیز به سرعت در حال تکامل‌اند. بسیار روشن است که رژیم جدید انرژی تجدیدپذیر و تا حدودی سامانه‌های مبتنی بر گاز طبیعی، بازار آتی بخش انرژی را فرا گیرد و برعکس، منابع وابسته به زغال سنگ و نفت، از دور خارج شوند. بازارهای

1. Oligopoly
2. Geothermal

سرمایه‌گذاری، بر فناوری‌های انرژی تجدیدپذیر و سایر انرژی‌های نو، متمرکز شده‌اند که این موضوع، نویددهنده این واقعیت است که سامانه‌های انرژی تجدیدپذیر، از نظر اقتصادی کاملاً رقابتی‌اند.

به علاوه، اغلب سامانه‌های انرژی تجدیدپذیر، دارای الگوهای غیرمتمرکز و کوچک مقیاس‌اند که در اصل، به توزیع متناسب برق، تولید هم‌زمان (تولید ترکیبی بخار و برق) و کاهش نگرانی‌های مرتبط با محیط‌زیست و مسئله هزینه - سرمایه منجر می‌شوند. سامانه‌های تجدیدپذیر مبتنی بر آرایه‌های فوتوولتائیک^۱، آسیاب بادی (توربین بادی)، زیست‌زده و نیروگاه‌های برق‌آبی کوچک، به عنوان جایگزین مناسب نیروگاه‌های متمرکز سنتی تولید برق، می‌توانند با هزینه تولیدی کمتر، به تولید انبوه انرژی بپردازند. این سامانه‌ها می‌توانند تا حد زیادی آثار زیست محیطی را کاهش دهند و همچنین به پراکنده کردن آثار متمرکز بزرگ سرمایه در بررسی موارد، جدی‌ترین پدیدآورنده آلودگی هوای پیرامون نیروگاه، باران اسیدی و تغییرات آب و هوایی جهانی‌اند، کمک کنند.

در حال حاضر، منابع انرژی تجدیدپذیر حدود ۱۵ تا ۲۰ درصد تقاضای انرژی کل جهان را عرضه می‌کنند. بیشترین سهم این عرضه را زیست‌توده سنتی و در کشورهای در حال توسعه آفریقایی، آسیایی و آمریکای لاتین نیز، اغلب سوخت چوب مورد استفاده در پخت و پز و گرمایش، تشکیل می‌دهد. نیروگاه‌های برق‌آبی بزرگ مقیاس نیز نزدیک به ۲۰ درصد عرضه برق دنیا را به خود اختصاص داده‌اند. در حال حاضر حدود دو درصد از این عرضه انرژی، به منابع انرژی تجدیدپذیر جدید (انرژی خورشیدی، انرژی بادی، انرژی زیستی نوین، انرژی زمین‌گرمایی و نیروگاه‌های برق‌آبی کوچک) اختصاص دارد. سناریوهای زیادی، پتانسیل انرژی تجدیدپذیر از عرضه انرژی جهانی را بررسی کرده و نشان داده‌اند که این منابع، در نیمه دوم قرن ۲۱، با روند رشد کنونی و با سیاست‌های توسعه‌ای مناسب، قابلیت رشد تا تأمین ۵۰ درصد از عرضه انرژی جهانی را دارا هستند.

مهر ۱۳۹۶

محسن سلیمانی، استادیار دانشگاه شهید چمران اهواز

گل محمد خوب‌بخت، استادیار دانشگاه پیام نور

مصطفی کیانی ده‌کیانی، استادیار دانشگاه شهید چمران اهواز