

۱۵۹۱۵۹۸

سیستم‌های تبدیل انرژی بادی اساس، فناوری، بهره‌برداری و کنترل

تألیف:

دکتر نوراللهی

دانشگاه تهران

مهندس حامد جواهری فرد

دانشجوی دکتری برق دانشگاه تهران

سرشناسه: نوراللهی، یونس، ۱۳۴۹-

عنوان و نام پدیدآور: سیستم‌های تبدیل انرژی بادی: اساس، فناوری، بهره‌برداری و کنترل / تألیف یونس نوراللهی، حامد جواهری فرد.

وضعیت نشر: تهران، نشر تالاب، ۱۳۹۷.

مشخصات ظاهری: ۳۲۰ ص: مصور، جدول، نمودار.

فروست: نشر تالاب ۶۲؛ انرژی، پایداری، محیط‌زیست ۴.

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۷۰۷۸-۴۱-۹ وضعیت فهرست‌نویسی: فیفا

یادداشت: کتاب‌نامه.

موضوع: Wind energy conversion systems

موضوع: Wind turbines

موضوع: Renewable energy sources

موضوع: سیستم‌های تبدیل انرژی باد

موضوع: توربین‌های بادی

موضوع: انرژی‌های پایان‌ناپذیر

شماره: ۱۳۴۴-زوده: جواهری فرد، حامد، ۱۳۶۴-

رد دی - کتبه: ۱۳۹۷ ۹۷۸-۶۰۰-۷۰۷۸-۴۱-۹ TK1541

رده‌بندی دیویی: ۶۲۱/۳۱۲۱۳۶

شماره کتاب‌شناختی: ملی: ۵۱۳۵۰۶۵

نشر تالاب آیدهای پایدار برای تو

سیستم‌های تبدیل انرژی بادی

اساس، فناوری، بهره‌برداری و کنترل

Wind Energy Conversion Systems (Basis, Technology, Operation and Control)

تألیف: دکتر یونس نوراللهی؛ مهندس حامد جواهری فرد

لیتوگرافی، چاپ و صحافی: آرمانسا

نوبت چاپ: اول، ۱۳۹۷

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۷۰۷۸-۴۱-۹

شمارگان: ۳۲۰۰۰ نسخه؛ وزیری: ۳۲۰ صفحه

قیمت: ۳۲۰۰۰ تومان

© تمام حقوق چاپ و نشر این اثر محفوظ و در اختیار نشر تالاب است.

هرگونه چاپ و تکثیر از محتویات آن بدون اجازه‌ی کتبی ممنوع است.

متخلفان به‌موجب قانون حمایت از حقوق مؤلفان، مصنفان و هنرمندان ایران تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

مسئولیت صحت مطالب کتاب بر عهده‌ی مؤلفان است.

نشر تالاب، ناشر تخصصی علوم و مهندسی محیط‌زیست؛ منابع طبیعی

علوم زمین، HSE، مدیریت پایدار شهری، انرژی و توسعه‌ی پایدار

وبسایت: www.wetlandpress.com

همراه: ۹۱۲۳۸۴۶۹۱۰

مراکز پخش

دانشیران: تهران، میدان انقلاب، خیابان اردبیهشت، نبش خیابان وحید نظری، پلاک ۱۴۲، تلفن: ۶۶۴۰۰۲۲۰

کتابیران: میدان انقلاب، خیابان شهید لایفی نژاد، بین خیابان دوازده فروردین و اردبیهشت، پلاک ۲۳۸، تلفن: ۶۶۴۸۳۵۴۵

فروشگاه الکترونیکی نشر تالاب: www.keta.ir/talab

فهرست مطالب

۱۹	پیش‌گفتار.....
۲۱	فصل اول: انرژی باد در حال حاضر.....
۲۳	۱-۱. مقدمه‌ای بر وضعیت انرژی باد.....
۲۵	۲-۱. مزایا و معایب سیستم‌های انرژی بادی.....
۲۶	۱-۲-۱. مزایا.....
۲۶	۲-۲-۱. معایب.....
۲۷	۳-۱. انواع مختلف توربین‌های انرژی بادی: مرور کلی.....
۳۰	۴-۱. خلاصه‌ی فصل.....
۳۱	منابع فصل.....
۳۳	فصل دوم: باد: منشأ و تأثیرات مکانی و محلی.....
۳۵	۱-۲. مقدمه.....
۳۵	۲-۲. منشأ و دسترسی جهانی.....
۳۶	۳-۲. تأثیرات محلی بر جریان باد.....
۳۷	۴-۲. نسیم دریا و نسیم خشکی.....
۳۷	۵-۲. نسیم کوه.....
۳۸	۶-۲. گلیاد.....
۳۹	۷-۲. موقعیت و مکان‌های مناسب برای انرژی باد.....
۴۰	۸-۲. تأثیرات محلی بر روی جریان باد.....
۴۰	۱-۸-۲. طول ناهمواری و ضریب ارتفاعی باد.....
۴۱	۲-۸-۲. نوسانات در سرعت باد.....
۴۲	۳-۸-۲. تلاطم.....

۴۲	۴-۸-۲. موانع موجود برای جریان و شارش باد
۴۳	۴-۸-۲. ۱. موانع و ارتفاع توربین
۴۳	۴-۸-۲. ۲. فاصله‌ی بین مانع و توربین
۴۳	۴-۸-۲. ۵. اثر مزرعه‌ی بادی و خط حرکت باد (دنباله‌ی باد)
۴۵	۴-۸-۲. ۶. اثر تونل بادی و اثر تپه
۴۵	۴-۸-۲. ۱. اثر تونل باد
۴۵	۴-۸-۲. ۲. اثر تپه
۴۶	۹-۲. انتخاب محل توربین
۴۶	۹-۲. ۱. شرایط باد
۴۶	۹-۲. ۲. جستجوی منطقه‌ی دید
۴۶	۹-۲. ۱. شیب خاک و تسهیلات حمل و نقل
۴۷	۹-۲. ۱۰. خلاصه، فصل
۴۷	منابع فصل
۴۹	فصل سوم: فیزیک انرژی باد
۵۱	۱-۳. مقدمه
۵۱	۲-۳. میزان انرژی موجود در باد
۵۱	۱-۲-۳. چگالی هوا
۵۲	۲-۲-۳. سطح روتور
۵۳	۳-۲-۳. سرعت باد
۵۴	۳-۳. تبدیل انرژی در پره‌های روتور
۵۶	۴-۳. ضرایب توان و اصول طراحی
۵۷	۱-۴-۳. ضریب توان، C_p و قانون بتز
۵۷	۲-۴-۳. نسبت سرعت نوک پره
۵۸	۳-۴-۳. بازده توان
۵۹	۴-۴-۳. اصول طراحی
۶۰	۵-۳. تغییرات و نوسانات باد
۶۰	۱-۵-۳. تغییرات سمتی باد و اثر ارتفاع
۶۲	۲-۵-۳. تأثیر توزیع ویبول
۶۵	۶-۳. خلاصه‌ی فصل
۶۵	منابع فصل
۶۷	فصل چهارم: اجزاء توربین بادی
۶۹	۱-۴. مقدمه
۶۹	۲-۴. پره‌های روتور

۷۱	۳-۴. گیربکس یا جعبه‌دنده.....
۷۲	۴-۴. ژنراتورها.....
۷۲	۴-۴-۱. تولید ولتاژ.....
۷۳	۴-۴-۲. سیستم خنک‌کننده‌ی ژنراتور.....
۷۳	۴-۴-۳. سرعت چرخشی ژنراتور.....
۷۵	۴-۴-۴. ژنراتورهایی با قابلیت تعویض قطب، دوسرعته.....
۷۵	۴-۵. برج‌ها.....
۷۶	۴-۵-۱. برج‌های فولادی لوله‌ای شکل.....
۷۶	۴-۵-۲. برج‌های شبکه‌ای.....
۷۶	۴-۵-۳. برج‌های بتونی.....
۷۷	۴-۵-۴. برج‌های دکل، مهارشده.....
۷۷	۴-۵-۵. راهدارهای برج آکریلی.....
۷۷	۴-۵-۶. قسمت‌های متفرقه.....
۷۷	۴-۵-۶-۱. مکانیزم انحراف.....
۷۸	۴-۵-۶-۲. ترمزها.....
۷۸	۴-۵-۶-۳. محافظت پرسرعت.....
۷۹	۴-۵-۶-۴. اندازه‌گیری ارتعاش.....
۷۹	۴-۵-۶-۵. بادسنج.....
۸۴	۴-۵-۶-۶. بادنما.....
۸۴	۴-۶. جایجایی حسگرها.....
۸۸	۴-۷. خطا در اندازه‌گیری سرعت باد به کمک بادسنج‌ها.....
۸۸	۴-۷-۱. خطای درجه‌بندی گیرنده.....
۸۸	۴-۷-۲. سرعت دینامیکی بیش از حد.....
۸۸	۴-۷-۳. اثرات سایه‌ی برج، بازو و نصب.....
۸۸	۴-۷-۴. تغییرات سمتی باد.....
۹۰	۴-۷-۴-۱. مثال تخمین خطا.....
۹۱	۴-۸. ادامه‌ی شرح قسمت‌های متفرقه مربوط به برج‌ها.....
۹۱	۴-۸-۱. سیستم روغن‌کاری.....
۹۲	۴-۸-۲. فونداسیون یا پی.....
۹۴	۴-۸-۳. سایر قسمت‌ها.....
۹۶	۴-۸-۳-۱. مزیت‌ها و نواقص حسگر راه دور جهت اندازه‌گیری باد.....
۹۷	۴-۸-۴. مجوز.....
۹۷	۴-۹. خلاصه‌ی فصل.....
۹۸	منابع فصل.....

۹۹	فصل پنجم: ملاحظات طراحی توربین‌های بادی
۱۰۱	۱-۵. مقدمه
۱۰۱	۲-۵. فضای روتور توربین‌ها
۱۰۱	۱-۲-۵. دلایلی برای انتخاب توربین‌های بزرگ
۱۰۱	۲-۲-۵. دلایلی برای انتخاب توربین‌های کوچک‌تر
۱۰۲	۳-۵. تعداد پره‌های توربین
۱۰۴	۴-۵. توربین محور عمودی یا افقی
۱۰۴	۱-۴-۵. توربین‌های بادی محور افقی
۱۰۴	۲-۴-۵. توربین‌های بادی محور عمودی
۱۰۶	۵-۵. توربین خلاف جهت باد و رو به سمت باد
۱۰۷	۱-۵-۵. توربین‌های پشت به باد
۱۰۷	۲-۵-۵. توربین‌های رو به باد
۱۰۷	۶-۵. ملاحظات بار برای انتخاب توربین
۱۰۸	۷-۵. توربین‌های بادی دارای گیربکس یا بدون گیربکس
۱۰۸	۱-۷-۵. طراحی با گیربکس
۱۰۹	۲-۷-۵. طراحی بدون گیربکس
۱۱۰	۳-۷-۵. طراحی شرکت مالتی‌پرید
۱۱۱	۸-۵. الزام شبکه، استفاده از ژنراتورهای سنکرون (القائی)
۱۱۲	۱-۸-۵. ژنراتورهای سنکرون
۱۱۳	۲-۸-۵. ژنراتورهای آسنکرون (القائی)
۱۱۵	۳-۸-۵. پدیده ناپایداری ژنراتورهای القائی و جریان هجیم در بهره‌برداری موازی
۱۱۵	۴-۸-۵. ژنراتورهای دائمی
۱۱۶	۹-۵. موضوع اختلال و کنترل آن
۱۱۸	۱۰-۵. خلاصه‌ی فصل
۱۱۹	منابع فصل
۱۲۱	فصل ششم: بهره‌برداری و کنترل توربین‌های بادی
۱۲۳	۱-۶. مقدمه
۱۲۳	۲-۶. منحنی توان و ضریب ظرفیت
۱۲۳	۱-۲-۶. منحنی توان
۱۲۳	۱-۱-۲-۶. سرعت شروع باد (V_C)
۱۲۴	۲-۱-۲-۶. سرعت قطع باد (V_F)
۱۲۴	۳-۱-۲-۶. سرعت نامی باد (V_R)
۱۲۴	۴-۱-۲-۶. سرعت دوام توربین

۱۲۵	۲-۲-۶. ضریب ظرفیت.....
۱۲۸	۳-۶. کنترل توان توربین‌های بادی.....
۱۲۹	۱-۳-۶. کنترل گام.....
۱۳۰	۱-۱-۳-۶. کارکرد یک توربین سرعت متغیر و کنترل‌شده با گام.....
۱۳۰	۲-۳-۶. توربین‌های بادی کنترل‌شده با واماندگی.....
۱۳۱	۱-۲-۳-۶. کنترل واماندگی غیرفعال.....
۱۳۱	۲-۲-۳-۶. کنترل واماندگی فعال.....
۱۳۲	۳-۳-۶. کنترل انحراف.....
۱۳۲	۴-۶. اتصال با شبکه‌ی الکتریکی.....
۱۳۳	۱-۴-۶. بارهای توربین بادی.....
۱۳۳	۴-۶-۱-۱. سیستم متصل به شبکه.....
۱۳۳	۴-۶-۱-۲. سیستم متخل.....
۱۳۳	۴-۶-۱-۳. سیستم‌های ترکیبی.....
۱۳۴	۲-۴-۶. ولتاژ مورد نیاز.....
۱۳۵	۳-۴-۶. جنبه‌های ویژه در اتصال راع بادی مستقر در دریا.....
۱۳۶	۵-۶. خلاصه‌ی فصل.....
۱۳۶	منابع فصل.....
۱۳۷	فصل هفتم: سیستم‌های انرژی بادی.....
۱۳۹	۱-۷. مقدمه.....
۱۳۹	۱-۱-۷. توزیع باد.....
۱۴۰	۲-۱-۷. کنترل توان آئرو دینامیکی.....
۱۴۱	۳-۱-۷. تبدیل آئرو دینامیکی.....
۱۴۲	۲-۷. سیستم‌های توربین بادی.....
۱۴۳	۱-۲-۷. توربین بادی سرعت ثابت.....
۱۴۴	۲-۲-۷. توربین بادی سرعت متغیر.....
۱۴۵	۳-۲-۷. توربین بادی سرعت متغیر با ژنراتور القائی دوسو تغذیه.....
۱۴۵	۳-۷. سیستم‌های ژنراتور القائی دوسو تغذیه (DFIG) برای توربین‌های بادی.....
۱۴۷	۱-۳-۷. مدار معادل ژنراتور القائی دوسو تغذیه.....
۱۴۹	۲-۳-۷. پخش توان.....
۱۵۱	۳-۳-۷. نسبت تبدیل استاتور به روتور.....
۱۵۲	۴-۳-۷. کاهش تلفات مغناطیسی.....
۱۵۲	۱-۴-۳-۷. DFIG اتصال کوتاه‌شده.....
۱۵۳	۲-۴-۳-۷. اتصال $Y-\Delta$ در DFIG.....

۱۵۴	۵-۳-۷. انواع دیگر ماشین‌های دوسو تغذیه.....
۱۵۴	۵-۳-۷. ۱. ماشین القائی دوسو تغذیه‌ی آبشاری.....
۱۵۴	۵-۳-۷. ۲. ماشین القائی دوسو تغذیه‌ی آبشاری با تک‌قاب.....
۱۵۵	۵-۳-۷. ۳. ماشین القائی دوسو تغذیه بدون جاروبک.....
۱۵۵	۵-۳-۷. ۴. ماشین دوسو تغذیه‌ی رلوکتانسی.....
۱۵۵	۴-۷. خلاصه‌ی فصل.....
۱۵۶	منابع فصل.....
۱۵۷	فصل هشتم: بازده انرژی توربین‌های بادی.....
۱۵۹	۸-۱. مقدمه.....
۱۵۹	۸-۲. تعریف تلفات توان.....
۱۶۰	۸-۱-۱. تلفات اثر دینامیکی.....
۱۶۰	۸-۲-۲. تلفات میربکس.....
۱۶۱	۸-۲-۳. تلفات اثرات القائی.....
۱۶۲	۸-۲-۴. تلفات مبدل.....
۱۶۵	۸-۲-۵. تلفات کل.....
۱۶۶	۸-۳. تولید انرژی از سیستم L, IG.....
۱۶۷	۸-۳-۱. بررسی تأثیر اندازه‌ی مبدل بر تولید انرژی.....
۱۶۹	۸-۳-۲. کاهش تلفات مغناطیسی.....
۱۶۹	۸-۴. مقایسه با انواع دیگر سیستم‌های توربین بادی.....
۱۷۱	۸-۵. نتیجه‌گیری.....
۱۷۲	۸-۶. خلاصه‌ی فصل.....
۱۷۲	منابع فصل.....
۱۷۳	فصل نهم: کنترل ژنراتورها در توربین‌های بادی.....
۱۷۵	۹-۱. مقدمه.....
۱۷۵	۹-۲. بردارهای فضایی.....
۱۷۶	۹-۳. توان اکتیو و توان راکتیو در بردارهای فضایی.....
۱۷۷	۹-۴. حلقه‌ی قفل‌شده‌ی فاز از نوع تخمین‌گر.....
۱۷۷	۹-۵. روش کنترل مدل داخلی.....
۱۷۹	۹-۶. روش میرایی فعال.....
۱۸۱	۹-۷. اشباع و جلوگیری از پدیده‌ی کوک‌شدگی در کنترلرهای انرژی.....
۱۸۱	۹-۸. گسسته‌سازی.....
۱۸۲	۹-۹. مدل‌های ریاضی سیستم DFIG.....
۱۸۳	۹-۹-۱. مدل ماشین.....

۱۸۵	۲-۹-۹. مدل فیلتر- شبکه
۱۸۵	۳-۹-۹. مدل لینک-DC
۱۸۶	۴-۹-۹. چکیده
۱۸۷	۱۰-۹. جهت‌گیری میدان
۱۸۸	۱-۱۰-۹. جهت‌گیری شار استاتور
۱۸۸	۲-۱۰-۹. جهت‌گیری شار شبکه
۱۸۹	۱۱-۹. کنترل مبدل سمت ماشین
۱۸۹	۱-۱۱-۹. کنترل جریان
۱۹۲	۲-۱۱-۹. کنترل گشتاور
۱۹۳	۳-۱۱-۹. کنترل سرعت
۱۹۵	۴-۱۱-۹. کنترل توان راکتیو
۱۹۵	۱-۱۱-۹. کنترل توان راکتیو حلقه‌ی بسته
۱۹۶	۵-۱۱-۹. عملکرد بدون حسگر
۱۹۶	۱-۱۱-۹. تخمین زاویه‌ی فرکانس سنکرون
۱۹۷	۲-۱۱-۹. تخمین زاویه‌ی فرمان - لغزش
۱۹۸	۱۲-۹. کنترل مبدل سمت شبکه
۱۹۸	۱-۱۲-۹. کنترل جریان فیلتر شبکه
۱۹۹	۲-۱۲-۹. کنترل ولتاژ لینک-DC
۲۰۱	۱۳-۹. مقدمه‌ای بر کنترل پیش‌بین
۲۰۲	۱۴-۹. استراتژی کنترل پیش‌بین
۲۰۵	۱۵-۹. اجزاء MPC
۲۰۵	۱-۱۵-۹. مدل پیشگویی
۲۰۵	۱-۱۵-۹. مدل فرایند
۲۰۷	۲-۱۵-۹. تابع هدف
۲۰۹	۳-۱۵-۹. به‌دست آوردن قانون کنترلی
۲۱۰	۱۶-۹. کاربرد کنترل پیش‌بین مبتنی بر مدل در کنترل توربین بادی مبتنی بر DFIG
۲۱۱	۱۷-۹. مدل ماشین و کنترل برداری جریان روتور
۲۱۳	۱-۱۷-۹. معادلات طرف روتور
۲۱۴	۱۸-۹. استراتژی پیش‌بین برای کنترل توان DFIG مبتنی بر توربین بادی
۲۱۷	۱-۱۸-۹. تخمین پارامترها
۲۱۸	۱۹-۹. تأثیر تغییرات پارامتر بر روی عملکرد سیستم
۲۱۹	۲۰-۹. نتایج و شبیه‌سازی
۲۲۵	۲۱-۹. مقدمه‌ای بر کنترل مقاوم
۲۲۶	۲۲-۹. تاریخچه

۲۳۸	۲۳-۹. مشخصه‌های عملکرد و استحکام پایداری
۲۳۹	۱-۲۳-۹. عملکرد اسمی سیستم‌های فیدبک
۲۴۱	۲-۲۳-۹. وزن دهی به توابع حساسیت و مکمل حساسیت
۲۴۳	۲۴-۹. مدل‌سازی عدم قطعیت
۲۴۴	۲۵-۹. پایداری مقاوم
۲۴۴	۱-۲۵-۹. قضیه‌ی بهره‌ی کوچک
۲۴۶	۲۶-۹. عملکرد مقاوم
۲۴۷	۲۷-۹. کنترل H_{∞}
۲۴۷	۱-۲۷-۹. علائم و واژگان
۲۴۹	۲۷-۹. فرمون دودخانه‌ی مسائل کنترل
۲۴۰	۳-۱-۲۷-۹. فرمول مسئله‌ی H_{∞} و حل آن
۲۴۱	۱-۳-۲۷-۹. مسئله
۲۴۳	۲۸-۹. کنترل تک‌جلی مقوم یک واحد ژنراتور توربین بادی
۲۴۳	۱-۲۸-۹. مدل‌سازی یک واحد ژنراتور توربین بادی
۲۴۴	۱-۱-۲۸-۹. مدل شکست
۲۴۵	۲-۱-۲۸-۹. مدل توربین
۲۴۹	۳-۱-۲۸-۹. مدل محور انتقال قدرت و جعبه‌دنده
۲۵۰	۴-۱-۲۸-۹. مدل ژنراتور
۲۵۳	۵-۱-۲۸-۹. مدل مبدل الکترونیک قدرت
۲۵۶	۶-۱-۲۸-۹. مدل خط انتقال
۲۵۷	۲-۲۸-۹. ورودی و خروجی‌ها و هدف کنترل‌کننده‌ی تک‌جلی
۲۵۸	۳-۲۸-۹. معادلات حالت سیستم تعمیم‌یافته
۲۶۵	۴-۲۸-۹. معرفی عدم قطعیت‌های موجود در سیستم
۲۶۸	۵-۲۸-۹. روش جدا کردن عدم قطعیت‌ها از سیستم
۲۷۱	۶-۲۸-۹. جداسازی عدم قطعیت‌ها از سیستم
۲۷۲	۷-۲۸-۹. فرمول‌بندی مسئله‌ی کنترل مقاوم
۲۷۳	۸-۲۸-۹. تشکیل سیستم تعمیم‌یافته
۲۷۳	۹-۲۸-۹. تحلیل حوزه‌ی فرکانس کنترل‌کننده‌ی طراحی‌شده
۲۷۴	۱۰-۲۸-۹. نتایج شبیه‌سازی در حوزه‌ی زمان
۲۷۸	۲۹-۹. خلاصه‌ی فصل
۲۸۰	منابع فصل
۲۸۱	فصل دهم: مسائل سیاسی و اقتصادی مرتبط با توربین‌های بادی
۲۸۳	۱-۱۰. مقدمه

۲۸۳	۲-۱۰. هزینه‌های توربین‌های بادی.....
۲۸۳	۱-۲-۱۰. هزینه‌ی اولیه‌ی ساخت یک توربین بادی.....
۲۸۴	۲-۲-۱۰. هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری برای توربین‌های بادی.....
۲۸۴	۱-۲-۲-۱۰. هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری.....
۲۸۵	۲-۲-۲-۱۰. سرمایه‌گذاری مجدد در توربین.....
۲۸۵	۳-۲-۲-۱۰. ضریب دسترسی.....
۲۸۶	۳-۱۰. تعرفه‌های الکتریکی.....
۲۸۶	۱-۳-۱۰. تعرفه‌ی خرید تضمینی.....
۲۸۷	۲-۳-۱۰. سیستم سنجش خالص.....
۲۸۸	۳-۳-۱۰. نرخ‌های وابسته به زمان.....
۲۸۸	۴-۳-۱۰. سیستم سهمیه‌بندی و تعهد خرید تجدیدپذیر.....
۲۸۹	۵-۳-۱۰. انگیزه‌های سرمایه‌گذاری و یا انگیزه‌های مالیاتی بخش تولید.....
۲۹۰	۶-۳-۱۰. تولید مبتنی بر انگیزه‌ها.....
۲۹۰	۴-۱۰. مکانیزم‌ها برای حمل و نقل مالی.....
۲۹۰	۱-۴-۱۰. اعتبار ظرفیت.....
۲۹۱	۲-۴-۱۰. اعتبار زیست‌محیطی و مکانیزم تولید پاک.....
۲۹۱	۳-۴-۱۰. مزایای مالیاتی.....
۲۹۲	۵-۱۰. اقتصاد انرژی باد.....
۲۹۲	۱-۵-۱۰. تجزیه و تحلیل مالی: مطالعه‌ی موردی برای کشور هند.....
۲۹۴	۲-۵-۱۰. تأمین مالی یک مزرعه‌ی بادی: توصیف موردی در کشور آلمان.....
۲۹۵	۶-۱۰. توربین‌های بادی بعد از عمر بهره‌برداری.....
۲۹۶	۷-۱۰. خلاصه‌ی فصل.....
۲۹۶	منابع فصل.....
۲۹۷	فصل یازدهم: ارزیابی چرخه‌ی حیات یک مزرعه‌ی بادی.....
۲۹۹	۱-۱۱. مقدمه.....
۳۰۰	۲-۱۱. رویکرد و اهداف بنیادی.....
۳۰۱	۳-۱۱. مطالعه‌ی موردی: پروژه‌ی دریایی آلفا و نتوس.....
۳۰۱	۱-۳-۱۱. تعریف هدف و قلمرو.....
۳۰۳	۲-۳-۱۱. تحلیل موجودی.....
۳۰۴	۳-۳-۱۱. ارزیابی تأثیر.....
۳۰۴	۱-۳-۳-۱۱. تقاضای انرژی متراکم.....
۳۰۴	۲-۳-۳-۱۱. پتانسیل گرمایش جهانی.....
۳۰۴	۳-۳-۳-۱۱. شاخص‌های اضافی.....

۳۰۵	۴-۳-۱۱. تفسیر و نتایج.....
۳۰۶	۱-۴-۳-۱۱. تقاضای انرژی متراکم و پتانسیل گرمایش جهانی در خصوص مراحل چرخه‌ی حیات.....
۳۰۷	۲-۴-۳-۱۱. مرحله‌ی تولید.....
۳۰۷	۳-۴-۳-۱۱. مرحله‌ی استفاده.....
۳۰۷	۴-۱۱. زمان بازپرداخت.....
۳۰۹	۵-۱۱. خلاصه‌ی فصل.....
۳۰۹	منابع فصل.....
۳۱۱	فصل دوازدهم: چشم‌انداز انرژی بادی.....
۳۱۳	۱-۱۲. چشم‌انداز انرژی بادی در دنیا.....
۳۱۵	۲-۱۲. چشم‌انداز انرژی بادی در ایران.....
۳۱۷	منابع فصل.....

پیش‌گفتار

در چند دهه گذشته، پیشرفت در بخش انرژی بادی در میان همه‌ی منابع تجدیدپذیر انرژی چشم‌گیر بوده است. در سراسر دنیا این اتفاق نظر وجود دارد که برای ضمانت یک آینده‌ی پایدار در تمام بخش‌های سیاست‌گذاری یک کشور، قطع به یقین انرژی بادی می‌تواند نقش مهمی ایفا کند.

کتاب حاضر در راستای برطرف کردن نیاز علاقه‌مندان و متخصصین حوزه‌ی سیستم‌های انرژی بادی و مباحث مرتبط با آن نوشته شده است. نویسندگان تلاش کرده‌اند تا بین یک فصل کوتاه کتاب و یک کتاب با جزئیات بیش‌تر برای خوانندگان تعادل برقرار کنند. سه دلیل اصلی برای انجام این کار وجود داشت: ابتدا، این حوزه چندرشته‌ای است و برای یک بیان ساده‌شده برای فردی نیاز دارد که آن فرد حوزه‌ی کارش رشته‌ی غیرتخصصی می‌باشد؛ دلیل دوم برای انتخاب این نسخه‌ی کوتاه از یک کتاب کامل این است که نویسندگان این کتاب، دانشجویان و افرادی که مدام در جستجوی این گونه کتاب‌ها یعنی با موضوع انرژی بادی هستند را به‌دفعات مشاهده کرده بودند. دیده بودند که آن‌ها در این راه چه مرارت‌هایی می‌کشند و با چه دشواری‌های در ارتباط با این - رز - رو هستند؛ انگیزه‌ی بعدی و دلیل سوم برای نگارش این کتاب این بود که بتواند برخی اطلاعات اولیه را برای افرادی فراهم کند که آن افراد در صنعت انرژی باد حرفه‌ای دارند و مشغول به فعالیت در این صنعت هستند. لذا این کتاب برای این گروه از افراد نیز می‌تواند مفید باشد.

این کتاب، مفاهیم پایه، پیرامون انرژی بادی و اساس آن را در فصل‌های ۱ و ۲ ارائه می‌کند. فصل ۳ به موضوع فیزیک و مکانیک بهره‌برداری از سیستم‌های تبدیل انرژی بادی می‌پردازد. این فصل نحوه‌ی تبدیل انرژی بادی و گردش توربین را توضیح، و پارامترهای حساس و تعیین‌کننده‌ی حاکم بر بازده این تبدیل را شرح می‌دهد. در واقع همین پارامترها هستند که بر بازده این تبدیل تأثیر می‌گذارند. فصل ۴ یک نمای کلی از بخش‌های مختلف توربین بادی و اجزاء سازنده‌ی آن‌ها را با ترکیبی از اصول اولیه و پیشرفت‌های اخیر ارائه می‌دهد. فصل ۵ به ملاحظات طراحی اختصاص داده شده است، در حالی که نحوه‌ی انتخاب مناسب توربین‌های بادی را برای هر مکان نشان می‌دهد. گزینه‌های طراحی با نقاط قوت و نقاط ضعف خود در همین فصل ارائه شده است. همچنین انواع ژنراتورهای موجود در سیستم تبدیل انرژی بادی که یکی از اجزاء بنیادین این سیستم به‌منظور تولید برق است و ترکیب آن‌ها نیز در فصل ۵ بررسی شده است.

موضوعات مربوط به کنترل و بهره‌برداری توربین‌های بادی در فصل ۶ بیان شده است. در این فصل، پارامترها و روش‌های مختلفی برای بهینه کردن عملکرد سیستم، مورد بحث قرار می‌گیرند. فصل ۷ به خواص آئرودینامیکی باد و فرمولاسیون آن پرداخته است. سیستم‌های تبدیل انرژی بادی از لحاظ سرعت و یکی از ژنراتورهای پُرکاربرد موجود در این سیستم‌ها یعنی ژنراتور القایی دوسو تغذیه در این فصل کاملاً بررسی شده‌اند.

در فصل ۸ به مباحث مربوط به بازده و تلفات کل سیستم تبدیل انرژی بادی در ژنراتورها و مبدل‌های آن‌ها اشاره شده است. فصل ۹ که بیش‌تر به مبحث الکترونیکال می‌پردازد و برای مهندسين برق جذاب است، مدل‌سازی و کنترل دو ماشین مورد استفاده در سیستم تبدیل انرژی بادی یعنی ژنراتور القایی دوسو تغذیه و ژنراتور القایی ۱ در بر می‌گیرد. در این فصل به جهت نشان دادن تکنیک‌های روز دنیا و روش‌های پیشرفته‌ی کنترلی که هنوز در صنعت بادی به کار می‌روند، از دو روش کنترلی توانمند که یکی بر روی ژنراتور القایی دوسو تغذیه و دیگری بر روی ژنراتور القایی اعمال شده است بهره می‌بریم؛ این دو روش به ترتیب استراتژی پیش‌بین و کنترل ناوم هستند که نسبت به تکنیک‌های کنترلی کلاسیک بسیار برتری دارند. پس از مدل‌سازی و اجرای هر روش بر روی ژنراتورها نتایج شبیه‌سازی به‌منظور تأیید عملکرد کنترل‌کننده‌ها نیز نشان داده شده است.

فصل ۱۰ بیش‌تر به جنبه‌های مربوط به سیاست‌هایی که کشورهای دنیا در مورد تولید و نصب مزارع بادی مواجه هستند و البته مباحث اقتصادی نیز که شامل این موضوع می‌باشد، پرداخته است. این فصل موضوعات اقتصادی و مالی مربوط به سیستم‌های انرژی بادی را با مثالی از کشورهای هند و آلمان ارائه می‌کند. در نهایت در فصل ۱۱ ارزیابی چرخه‌ی حیات توربین‌های انرژی بادی را پوشش می‌دهد. این موضوع، بحث جدیدیست که اخیراً در صنعت بادی به‌شدت متخصصان بر روی آن تمرکز کرده‌اند. در پایان بایستی اشاره به این نکته شود که در این کتاب تلاش شده است پیشرفت‌های تخصصی در این صنعت تا آغاز سال ۲۰۱۶ نشان داده شوند.