



انرژی‌های تجدیدپذیر در سیستم‌های قدرت

لئون فرریس

مرکز فناوری سیستم‌های انرژی تجدیدپذیر (CREST)

دانشگاه لافبروگ، بریتانیا

دیوید اینفیلد

مؤسسه انرژی و محیط زیست

دانشگاه استراسکلاید، بریتانیا

ترجمه:

دکتر رضا نوروزیان (عضو هیئت علمی دانشگاه زنجان)

دانشیار دانشگاه زنجان

مهندس حسین حدادیان

دانشجوی دکتری مهندسی برق دانشگاه زنجان

عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد خدابنده

سرشناسه	فرریس، ال. ال. م. - ۱۹۳۴ - Freris, L. L.
عنوان و نام پدیدآور	انرژی‌های تجدیدپذیر در سیستم‌های قدرت/ لیون فرریس، دیوید اینفیلد؛ ترجمه رضا نوروزیان، حسین حدادیان.
مشخصات نشر	زنجان : دانشگاه زنجان، ۱۳۹۳.
مشخصات ظاهری	خ، ۵۲۳ ص.؛ مصور، جدول، نمودار.
شابک	۲۲۰۰۰۰ ریال 9789648885583
وضعیت فهرست نویسی	فیا
یادداشت	عنوان اصلی: Renewable energy in power systems, 2008.
یادداشت	واژه‌نامه.
یادداشت	کتابنامه.
موضوع	انرژی‌های پایان‌ناپذیر
شناسه افزوده	اینفیلد، دی. جی.
شناسه افزوده	Infield, D. G.
شناسه افزوده	نوروزیان، رضا، ۱۳۵۲ - مترجم
شناسه افزوده	حدادیان، حسین، ۱۳۶۲ - مترجم
شناسه افزوده	دانشگاه زنجان
رده بندی کنگره	۱۳۹۳ الف ۸ / اف ۴ / TJA۰۸
رده بندی دیویی	۶۲۱ / ۴
شماره کتابشناسی ملی	۲۵۸۵۷۲۷



دانشگاه زنجان

انرژی‌های تجدیدپذیر در سیستم‌های قدرت

مترجم: دکتر رضا نوروزیان (عضو هیئت علمی دانشگاه زنجان)

مهندس حسین حدادیان (عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد خدابنده)

ویراستار: دکتر گنورگ قره‌پشیان

طراحی جلد: مسعود رضایی	صفحه‌آرایی: فریبا علیجانی
نویت چاپ: اول	سال چاپ: ۱۳۹۳
شمارگان: ۱۱۰۰ نسخه	قیمت: ۲۲۰۰۰۰ ریال

نشانی: زنجان، کیلومتر ۶ جاده تبریز، دانشگاه زنجان - صندوق پستی ۳۱۳

تلفن: ۰۲۴ - ۳۳۰۵۲۶۴۱ - ۰۲۴ دورنگار: ۳۲۲۸۳۰۷۷ - ۰۲۴

مراکز پخش:

دانشگاه زنجان، روبروی سلف مرکزی، جهاد دانشگاهی زنجان - تلفن: ۳۳۰۵۲۲۳۶
 کتابیران ۱: خیابان انقلاب، بین خیابان فروردین و خیابان فخر رازی، روبروی دانشگاه تهران
 مجتمع فرهنگی فروزنده، طبقه همکف، واحد ۳۱۶ - تلفن تماس: ۴-۶۶۹۵۲۹۳۳
 کتابیران ۲: خیابان انقلاب، بین خیابان فروردین و خیابان فخر رازی، روبروی دانشگاه تهران
 مجتمع فرهنگی فروزنده، طبقه همکف، واحد ۳۱۹ - تلفن تماس: ۶۶۹۵۳۴۶۲
 شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۸۸۸۵-۵۸-۳ ISBN: 978-964-8885-58-3

فهرست مطالب

۱	فصل ۱: انرژی و برق
۲	۱-۱ چشم‌انداز انرژی جهان
۲	۱-۱-۱ تاریخچه
۳	۲-۱-۱ مصرف انرژی جهان
۳	۳-۱-۱ منابع محدود
۵	۴-۱-۱ امنیت انرژی و مصرف ناهمگون
۶	۲-۱ آثار محیطی مصرف انرژی
۶	۱-۲-۱ مسئله
۸	۲-۲-۱ دانش روز
۱۱	۳-۲-۱ پیمان کیوتو
۱۳	۴-۲-۱ گزارش Stern
۱۶	۵-۲-۱ مصرف کارآمد انرژی
۱۸	۶-۲-۱ بخش برق
۱۹	۷-۲-۱ راه حل‌های ممکن و پایدارسازی
۲۰	۳-۱ تولید برق
۲۰	۱-۳-۱ تبدیل از طریق سایر صورت‌های انرژی - اهمیت بهره‌وری
۲۲	۲-۳-۱ مسیر هسته‌ای
۲۳	۳-۳-۱ کنترل و ذخیره‌ی کربن
۲۵	۴-۳-۱ انرژی‌های تجدیدپذیر
۲۹	۴-۱ سیستم قدرت الکتریکی

۲۹	۱-۴-۱) ساختار سیستم قدرت الکتریکی
۳۲	۲-۴-۱) الحاق منابع تجدیدپذیر به سیستم‌های قدرت
۳۳	۳-۴-۱) تولید پراکنده
۳۴	۴-۴-۱) نفوذ انرژی تجدیدپذیر
۳۷	فصل ۲: ویژگی‌های تولید برق از منابع متعارف و تجدیدپذیر
۳۸	۱-۲) مقدمه
۳۹	۲-۲) منابع متعارف: زغالسنگ، گاز و هسته‌ای
۴۲	۳-۲) انرژی برق آبی
۴۴	۱-۳-۲) نیروگاه‌های آبی بزرگ
۴۵	۲-۳-۲) نیروگاه‌های آبی کوچک
۴۹	۴-۲) انرژی باد
۴۹	۱-۴-۲) منشأ
۵۱	۲-۴-۲) تغییرپذیری باد
۵۴	۳-۴-۲) توربین‌های بادی
۵۹	۴-۴-۲) تغییرپذیری توان
۶۳	۵-۲) برق PV و برق حرارتی خورشیدی
۶۳	۱-۵-۲) منشأ
۶۶	۲-۵-۲) فناوری
۶۷	۳-۵-۲) سلول‌های ولتاژ نوری
۷۰	۴-۵-۲) سیستم‌های الکتریکی حرارتی خورشیدی
۷۳	۶-۲) انرژی جزر و مد
۷۳	۱-۶-۲) منشأ
۷۴	۲-۶-۲) افزایش جزر و مد
۷۵	۳-۶-۲) سدهای جزر و مدی
۷۶	۴-۶-۲) فنون بهره‌برداری
۷۸	۵-۶-۲) طرح‌های جریان جزر و مدی
۸۱	۷-۲) نیروی موج
۸۱	۱-۷-۲) منشأ
۸۳	۲-۷-۲) فناوری

۸۵	تغییرپذیری (۳-۷-۲)
۸۶	زیست توده (۸-۲)
۸۶	منشأ (۱-۸-۲)
۸۸	پایداری منابع (۲-۸-۲)
۹۰	خلاصه‌ی ویژگی‌های تولید برق (۹-۲)
۹۲	ترکیب منابع (۱۰-۲)
۹۵	فصل ۳: تعادل توان- کنترل فرکانس
۹۶	مقدمه (۱-۳)
۹۶	مسئله تعادل توان (۱-۱-۳)
۹۸	تقاضای برق (۲-۳)
۹۸	منحنی‌های تقاضا (۱-۲-۳)
۹۹	انباشتگی (۲-۲-۳)
۱۰۰	مدیریت سمت تقاضا- بارهای تأخیرپذیر (۳-۲-۳)
۱۰۲	کنترل توان (۳-۳)
۱۰۲	زنجیره‌ی تبدیل توان (۱-۳-۳)
۱۰۳	گاورنر (۲-۳-۳)
۱۰۵	کار موازی دو ژنراتور (۳-۳-۳)
۱۰۶	سیستم چند ژنراتوری (۴-۳-۳)
۱۰۸	رابطه‌ی حالت ماندگار توان- فرکانس (۵-۳-۳)
۱۱۰	کنترل دینامیکی فرکانس سیستم‌های بزرگ (۴-۳)
۱۱۰	تطبیق تقاضا (۱-۴-۳)
۱۱۳	پیش‌بینی تقاضا (۲-۴-۳)
۱۱۵	حدود فرکانس (۳-۴-۳)
۱۱۶	برنامه‌ریزی تولید و ذخیره (۴-۴-۳)
۱۱۷	کنترل فرکانس در مقیاس‌های زمانی متفاوت (۵-۴-۳)
۱۲۱	تأمین تقاضا و تضمین قابلیت اطمینان (۶-۴-۳)
۱۲۳	ضریب ظرفیت و اعتبار ظرفیت (۷-۴-۳)
۱۲۵	اثر تولید از طریق منابع تجدیدپذیر بر روی کنترل فرکانس و قابلیت اطمینان (۵-۳)
۱۲۵	مقدمه (۱-۵-۳)

۱۲۶.....	۲-۵-۳) انباشتگی منابع
۱۳۰.....	۳-۵-۳) بهای انرژی حاصل از باد
۱۳۱.....	۴-۵-۳) تأثیر بر روی متعادل‌سازی
۱۳۵.....	۵-۵-۳) اثر قابلیت اطمینان
۱۳۶.....	۶-۵-۳) انرژی رها شده - حذف شده
۱۳۷.....	۷-۵-۳) جرائم کلی ناشی از افزایش نفوذ
۱۳۸.....	۸-۵-۳) ترکیب منابع تجدیدپذیر مختلف
۱۳۹.....	۹-۵-۳) اختلاف بین سیستم‌های برق
۱۴۰.....	۱-۵-۳) محدودیت‌های ضریب نفوذ منابع غیر قابل توزیع
۱۴۲.....	۶-۳) سرویس پاسخ فرکانسی از جانب منابع تجدیدپذیر
۱۴۴.....	۱-۶-۳) انرژی باد
۱۴۶.....	۲-۶-۳) سوخت‌های زیستی
۱۴۶.....	۳-۶-۳) انرژی آب
۱۴۷.....	۴-۶-۳) سلول ولتاژ نوری
۱۴۸.....	۷-۳) مدل‌سازی کنترل فرکانس
۱۴۸.....	۱-۷-۳) پیش‌زمینه
۱۵۱.....	۲-۷-۳) یک نمونه مدل‌سازی
۱۵۴.....	۸-۳) ذخیره‌سازی انرژی
۱۵۴.....	۱-۸-۳) مقدمه
۱۵۵.....	۲-۸-۳) ادوات ذخیره‌سازی
۱۵۹.....	۳-۸-۳) کنترل دینامیکی تقاضا (DDC)
۱۶۵.....	فصل ۴: تولید و آماده‌سازی انرژی الکتریکی
۱۶۶.....	۱-۴) تبدیل انرژی تجدیدپذیر به صورت الکتریکی
۱۶۸.....	۲-۴) ژنراتور سنکرون
۱۶۸.....	۱-۲-۴) ساختار و نحوه بهره‌برداری
۱۷۲.....	۲-۲-۴) میدان مغناطیسی دوار
۱۷۵.....	۳-۲-۴) عملکرد ژنراتور سنکرون در حالت متصل به شبکه
۱۷۸.....	۴-۲-۴) مدار معادل ژنراتور سنکرون
۱۸۰.....	۵-۲-۴) روابط تحویل توان

۱۸۱	۶-۲-۴ روابط سه فاز
۱۸۲	۷-۲-۴ عملکرد چهار- ربعی
۱۸۳	۸-۲-۴ مشخصه‌ی توان- زاویه‌ی بار: پایداری
۱۸۴	۳-۴ ترانسفورماتور
۱۸۵	۱-۳-۴ مبانی ترانسفورماتور
۱۸۸	۲-۳-۴ مدار معادل ترانسفورماتور
۱۹۰	۳-۳-۴ جزئیاتی بیشتر درباره‌ی ترانسفورماتور
۱۹۱	۴-۴ ژنراتور آسنکرون
۱۹۱	۱-۴-۴ ساختار و خصوصیات
۱۹۵	۲-۴-۴ مدار معادل ماشین القایی
۱۹۸	۳-۴-۴ راندمان ماشین القایی
۱۹۹	۴-۴-۴ مشخصه‌ی سرعت - گشتاور ماشین القایی
۲۰۳	۵-۴-۴ توان راکتو ژنراتور القایی
۲۰۴	۶-۴-۴ مقایسه‌ی بین ژنراتورهای سنکرون و آسنکرون
۲۰۵	۵-۴ الکترونیک قدرت
۲۰۴	۱-۵-۴ مقدمه
۲۰۷	۲-۵-۴ ادوات قدرت نیمه‌هادی
۲۰۹	۳-۵-۴ یکسوساز پل دیودی
۲۱۱	۴-۵-۴ هارمونیک‌ها
۲۱۳	۵-۵-۴ مبدل پل تریستوری
۲۱۶	۶-۵-۴ پل ترانزیستوری
۲۲۳	۷-۵-۴ سیستم‌های کنترل داخلی مبدل‌ها
۲۲۴	۸-۵-۴ مبدل‌های DC به DC
۲۲۶	۶-۴ استفاده در مولدهای انرژی تجدیدپذیر
۲۲۶	۱-۶-۴ استفاده در سیستم‌های PV
۲۳۰	۲-۶-۴ استفاده برای انرژی باد
۲۵۱	فصل ۵: بررسی سیستم‌های قدرت
۲۵۲	۱-۵ مقدمه
۲۵۳	۲-۵ سیستم انتقال

۲۵۵	۱-۲-۵ نمایش تکفاز
۲۵۷	۲-۲-۵ سیستم‌های انتقال و توزیع
۲۵۷	۳-۲-۵ شبکه‌های نمونه
۲۶۱	۳-۵ کنترل ولتاژ
۲۶۱	۴-۵ پخش توان در یک بخش مجزا از خط
۲۶۲	۱-۴-۵ مشخصات الکتریکی خطوط و کابل‌ها
۲۶۲	۲-۴-۵ مدار معادل تکفاز
۲۶۴	۳-۴-۵ محاسبه‌ی افت ولتاژ
۲۶۵	۴-۴-۵ ساده‌سازی‌ها و نتایج
۲۶۸	۵-۵ مدیریت توان راکتیو
۲۶۹	۱-۵-۵ ادوات جبران‌سازی توان راکتیو
۲۷۳	۶-۵ پخش بار و شبیه‌سازی سیستم قدرت
۲۷۳	۱-۶-۵ کاربردهای پخش بار
۲۷۵	۲-۶-۵ یک نمونه‌ی ویژه
۲۷۶	۳-۶-۵ اطلاعات شبکه
۲۷۷	۴-۶-۵ اطلاعات بار - تولید
۲۸۱	۵-۶-۵ محاسبات پخش بار
۲۸۳	۶-۶-۵ نتایج
۲۸۳	۷-۶-۵ پخش بار نامتقارن
۲۸۴	۷-۵ خطاها و حفاظت
۲۸۴	۱-۷-۵ جریان‌های خطای اتصال کوتاه
۲۸۵	۲-۷-۵ جریان خطای سه فاز متقارن
۲۸۶	۳-۷-۵ جریان‌های خطا در حالت کلی
۲۸۷	۴-۷-۵ سطح خطای (سطح اتصال کوتاه) شبکه‌های ضعیف
۲۸۸	۵-۷-۵ مدار معادل تونن
۲۸۹	۸-۵ شبیه‌سازی‌های متغیر با زمان و دینامیکی
۲۹۱	۹-۵ تحلیل قابلیت اطمینان
۲۹۳	فصل ۶: تولید برق از منابع انرژی تجدیدپذیر در سیستم‌های قدرت
۲۹۴	۱-۶-۱ تولید پراکنده

۲۹۴	۱-۱-۶) مقدمه
۲۹۵	۲-۱-۶) نقطه‌ی اتصال مشترک (PCC)
۲۹۶	۳-۱-۶) ولتاژ اتصال
۲۹۷	۲-۶) اثرات ولتاژ
۲۹۷	۱-۲-۶) افزایش ولتاژ در حالت ماندگار
۳۰۰	۲-۲-۶) کنترل خودکار ولتاژ-تپ‌چنجرها
۳۰۱	۳-۲-۶) توان اکتیو و راکتیو ژنراتورهای انرژی تجدیدپذیر
۳۰۳	۴-۲-۶) پخش بار نمونه
۳۰۶	۳-۶) محدودیت‌های حرارتی
۳۰۷	۱-۳-۶) خطوط هوایی و کابل‌ها
۳۰۸	۲-۳-۶) ترانسفورماتورها
۳۰۹	۴-۶) سایر مباحث تولید پراکنده
۳۰۹	۱-۴-۶) فلیکر، کمبود و بیشبود ولتاژ
۳۱۱	۲-۴-۶) هارمونیک‌ها-اعوجاج
۳۱۳	۳-۴-۶) نامتعادلی ولتاژ فاز
۳۱۳	۴-۴-۶) کیفیت توان
۳۱۴	۵-۴-۶) تقویت شبکه
۳۱۴	۶-۴-۶) تلفات شبکه
۳۱۵	۷-۴-۶) افزایش سطح خطا
۳۱۷	۵-۶) جزیره‌ای شدن
۳۱۷	۱-۵-۶) مقدمه
۳۱۸	۲-۵-۶) حفاظت از دست رفتن شبکه برای ماشین‌های دوار
۳۱۹	۳-۵-۶) حفاظت از دست رفتن شبکه برای اینورترها
۳۲۰	۶-۶) کارکرد حین خطا
۳۲۳	۷-۶) مشخصات ژنراتور و مبدل
۳۲۷	فصل ۷: مباحث اقتصادی سیستم‌های قدرت و بازار برق
۳۲۸	۱-۷) مقدمه
۳۲۹	۲-۷) هزینه‌های تولید برق
۳۲۹	۱-۲-۷) هزینه‌های سرمایه‌گذاری و کارکرد نیروگاه‌های تجدیدپذیر و متعارف

- ۳۳۱..... ۲-۲-۷ هزینه‌های سراسری تولید.
- ۳۳۵..... ۳-۷ بهینه‌سازی اقتصادی در سیستم‌های قدرت.
- ۳۳۵..... ۱-۳-۷ تنوع نیروگاه‌ها در یک سیستم قدرت.
- ۳۳۵..... ۲-۳-۷ پخش بار اقتصادی بهینه.
- ۳۳۹..... ۳-۳-۷ توزیع برابر هزینه‌ی افزایشی.
- ۳۴۰..... ۴-۳-۷ انجام OED با وجود چندین واحد و قید تولید.
- ۳۴۳..... ۵-۳-۷ بررسی هزینه‌ها در شرایط عادلانه.
- ۳۴۵..... ۴-۷ هزینه‌های خارجی.
- ۳۴۵..... ۱-۴-۷ مقدمه.
- ۳۴۶..... ۲-۴-۷ انواع هزینه‌های خارجی.
- ۳۴۸..... ۳-۴-۷ توافقات کیتر.
- ۳۴۹..... ۴-۴-۷ مشخص کردن هزینه‌ی آلودگی.
- ۳۵۱..... ۵-۴-۷ قیمت‌گذاری آلودگی.
- ۳۵۵..... ۵-۷ پیامدهای تولید پراکنده.
- ۳۵۵..... ۱-۵-۷ ارزش انرژی در نقاط مختلف شبکه.
- ۳۵۷..... ۲-۵-۷ تحلیل گردش وجوه.
- ۳۵۹..... ۳-۵-۷ ارزش تولید پراکنده- مباحث منطقه‌ای و محلی.
- ۳۶۱..... ۴-۵-۷ اعتبار ظرفیت.
- ۳۶۳..... ۵-۵-۷ خلاصه.
- ۳۶۴..... ۶-۷ مکانیسم‌های حمایتی برای انرژی‌های تجدیدپذیر.
- ۳۶۴..... ۱-۶-۷ مقدمه.
- ۳۶۵..... ۲-۶-۷ قانون حمایت داخلی.
- ۳۶۶..... ۳-۶-۷ سیستم سهمیه‌بندی.
- ۳۶۷..... ۴-۶-۷ مالیات کرین.
- ۳۶۸..... ۷-۷ تجارت برق.
- ۳۶۸..... ۱-۷-۷ مقدمه.
- ۳۶۹..... ۲-۷-۷ صنعت تأمین برق بریتانیا (ESI).
- ۳۸۰..... ۳-۷-۷ بازارهای رقابتی عمده‌فروشی در سایر کشورها.
- ۳۸۶..... ۴-۷-۷ ارزش انرژی تجدیدپذیر در یک بازار رقابتی عمده‌فروشی.

فصل ۸. آینده: به سوی یک سیستم پایدار تأمین برق.....	۳۹۵
۸-۱) مقدمه.....	۳۹۶
۸-۲) آینده‌ی انرژی باد.....	۳۹۸
۸-۲-۱) توربین‌های بادی بزرگ.....	۳۹۸
۸-۲-۲) توسعه مزارع بادی فراساحلی.....	۴۰۰
۸-۲-۳) توربین‌های بادی متصل به منازل.....	۴۰۹
۸-۳) آینده‌ی انرژی خورشیدی.....	۴۱۱
۸-۳-۱) توسعه‌ی فناوری PV.....	۴۱۱
۸-۳-۲) سیستم‌های الکتریکی حرارتی خورشیدی.....	۴۱۴
۸-۴) آینده‌ی سوخت‌های زیستی.....	۴۱۵
۸-۵) آینده‌ی انرژی آبی و دریایی.....	۴۱۶
۸-۶) تولید پراکنده و ساختار شبکه‌های آینده.....	۴۱۸
۸-۶-۱) تحول شبکه‌های توزیع.....	۴۱۹
۸-۶-۲) شبکه‌های اکتیو.....	۴۲۰
۸-۶-۳) مشکلات همراه با تولید پراکنده.....	۴۲۱
۸-۶-۴) راهکارهایی جهت حل مشکلات فنی.....	۴۲۳
۸-۷) نتیجه‌گیری [۱۱، ۱۲].....	۴۲۸
ضمیمه: مفاهیم اساسی مهندسی قدرت الکتریکی.....	۴۳۳
الف-۱) مقدمه.....	۴۳۴
الف-۲) تولیدکننده‌ها و مصرف‌کننده‌های انرژی.....	۴۳۴
الف-۳) چرا AC؟.....	۴۳۷
الف-۴) شکل موج‌های AC.....	۴۳۸
الف-۵) پاسخ اجزاء مدار به ورودی AC.....	۴۳۸
الف-۵-۱) مقاومت.....	۴۴۰
الف-۵-۲) ظرفیت سلفی.....	۴۴۱
الف-۵-۳) ظرفیت خازنی.....	۴۴۴
الف-۶) فازورها.....	۴۴۶
الف-۷) جمع فازوری.....	۴۴۸
الف-۸) نمادگذاری متعامد.....	۴۵۰

۴۵۳	الف-۹) راکتانس و امپدانس
۴۵۳	الف-۹-۱) مقاومت
۴۵۳	الف-۹-۲) ظرفیت سلفی
۴۵۴	الف-۹-۳) ظرفیت خازنی
۴۵۵	الف-۹-۴) امپدانس
۴۵۹	الف-۱۰) توان در مدارات AC
۴۵۹	الف-۱۱) توان راکتیو
۴۶۰	الف-۱۲) توان مختلط
۴۶۳	الف-۱۳) بقای توان اکتیو و راکتیو
۴۶۴	الف-۱۴) تأثیر بخش توان راکتیو- اصلاح ضریب توان
۴۶۶	الف-۱۵) AC سه فاز
۴۶۹	الف-۱۶) مدار معادل تونن
۴۷۳	واژه‌نامه‌ی انگلیسی به فارسی



به نام خداوند جان و خرد

سخن مدیر عامل

در دنیای امروز موضوع تولید و مصرف انرژی مورد توجه ویژه کشورهاست. نظر به محدودیت منابع انرژی تجدیدناپذیر و تأثیرات نامطلوب مصرف این منابع بر محیط زیست، رویکرد کشورها به سمت گسترش استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر تغییر یافته است. از طرفی مدیران امروز ضمن همسویی با اهداف کلی دولت‌ها، سعی در استفاده از آخرین دستاوردهای علمی و فناوری‌های جدید در مسیر نیل به این هدف دارند.

با توجه به اینکه استفاده از انرژی‌های نو جزء برنامه‌های توسعه ایران اسلامی است، این شرکت با همکاری دانشگاه زنجان در جهت شناخت و توسعه‌ی استفاده از انرژی‌های نو اقدام به چاپ و نشر کتاب حاضر نموده است. از اهداف دیگر این کتاب، ارائه‌ی اطلاعات کاربردی و ترویج استفاده از انرژی‌های نو و نیز استفاده‌ی متخصصین صنعت برق، اساتید، دانشجویان و سایر علاقه‌مندان این حوزه می‌باشد.

شایان ذکر است که شرکت توزیع نیروی برق استان زنجان در جهت نیل به مأموریت‌های اصلی خود از جمله ارائه‌ی برق پایدار و مطمئن، جلب رضایت مشترکین، استفاده از فناوری‌های روز، مدیریت مصرف و کاهش تلفات، علاقه‌مند به همکاری با دانشگاه‌ها و مؤسسات علمی- پژوهشی در انجام پروژه‌های تحقیقاتی، تدوین مقاله و کتاب، برگزاری همایش‌های علمی و غیره می‌باشد.

عادل کاظمی

رئیس هیئت مدیره و مدیر عامل

شرکت توزیع نیروی برق استان زنجان

تابستان ۱۳۹۳

شرکت توزیع نیروی برق استان زنجان در یک نگاه

شرکت توزیع نیروی برق استان زنجان از سال ۱۳۷۲ پس از منفک شدن از شرکت برق منطقه‌ای زنجان فعالیت خود را آغاز نموده است و در حال حاضر از نظر رتبه‌بندی شرکت توانیر در زمره‌ی شرکت‌های «الف» قرار دارد. حوزه‌ی فعالیت شرکت توزیع نیروی برق استان زنجان در حال حاضر در کل استان شامل ۲۱ شهر، ۱۶ بخش و ۴۶ دهستان است.

این شرکت دارای بیش از ۳۸۰ هزار مشترک، ۴۶۰ مگاوات پیک بار، ۱۲۹۶۰ کیلومتر شبکه فشار متوسط و ضعیف، ۸۱۷۰ پست زمینی و هوایی با ظرفیتی بالغ بر ۱۳۰۰ مگاوات آمپر، ۱۰/۸٪ تلفات انرژی و ۹۰۲ روستای برق‌دار است که از این تعداد، ۴ روستا با انرژی فتوولتائیک تامین برق شده‌اند. شایان ذکر است که ۷۱٪ کل برق مصرفی استان زنجان در بخش مولد (صنعتی و کشاورزی) می‌باشد.

این شرکت همواره در جهت ارتقای کیفیت فعالیت‌ها، توجه به منابع انسانی و جلب رضایت مشترکین عزیز تلاش نموده و توانسته است در زمینه‌های کاهش تلفات، مدیریت مصرف و پیک‌سازی، اتوماسیون شبکه، بهره‌گیری از فناوری‌های جدید، بهره‌گیری و توسعه‌ی فناوری اطلاعات، ارائه‌ی خدمات الکترونیکی به مشترکین و متقاضیان، طرح‌ریزی برنامه‌ی راهبردی و اصلاح فرایندها به توفیقات مطلوبی دست یابد. همچنین نقش مؤثری در آماده‌سازی زیرساخت‌های تأمین برق پروژه‌های مسکن مهر، تأمین آب شرب روستاها، ایستگاه‌های مخابراتی و گاز، پروژه‌های عمران شهری و

روستایی و غیره داشته است.

این شرکت در زمینه‌ی پژوهش و تحقیقات نیز همواره فعال بوده و اجرای ۱۶ پروژه تحقیقاتی- کاربردی، که اکثریت آنها ساخت قطعه است، و پذیرش ۵۶ مقاله در کنفرانس‌ها و نشریات های ملی و بین المللی از جمله ICEE، PSC، CIRED و Elsevier جزء کارنامه‌ی عملکرد حوزه‌ی تحقیقات است.

Web: www.ZEDC.ir

E-mail: info@ZEDC.ir

Tel : 024-33440011-3

www.ketab.ir

پیشگفتار مترجمان

روند شتابان مصرف منابع تجدیدناپذیر یعنی سوخت‌های فسیلی از یک سو و تشدید انتشار گازهای گلخانه‌ای با پیامدهای زیانبار آن اعم از تخریب محیط زیست و تهدید سلامتی انسان‌ها از سوی دیگر، استفاده از منابع تجدیدپذیر انرژی یا انرژی‌های نو شامل خورشید، باد، موج، زیست‌توده و غیره برای امور مختلف از جمله تولید برق را از یک انتخاب به یک ضرورت مبدل ساخته است. این منابع علیرغم متناوب بودن نوع دسترسی تا زمان وجود حیات بر روی کره‌ی زمین باقی بوده و مهمتر از آن به دلیل سازگاری با طبیعت هیچگونه آثار مخرب زیست‌محیطی در بر ندارند؛ لذا شایسته است تا با این منابع بیشتر آشنا شد و جوانب گوناگون استفاده از آنها را در سیستم‌های قدرت الکتریکی مورد بررسی قرار داد.

کتاب حاضر که حاصل کار دو تن از استادان و محققان برجسته‌ی دانشگاه‌های بریتانیا است، با عنایت به این مهم و درک شرایط حساس فعلی تولید برق، به معرفی انواع منابع تجدیدپذیر و روش‌های استفاده از آنها با جزئیات کامل پرداخته و در رویکردی منصفانه ضمن بیان مزایا و معایب هر یک در کنار منابع متعارف، آثار مختلف به کارگیری نیروگاه‌های تولید برق استفاده‌کننده از این منابع را در سیستم‌های قدرت تشریح نموده است. از نکات قوت این کتاب می‌توان به بیان روان و کاملاً قابل فهم، ذکر مثال‌های روشن و کاربردی، ارائه‌ی تصاویر، اشکال، نمودارها و آمارهای بسیار

مفید و نهایتاً پوشش دادن اکثر مطالب مورد نیاز در مورد کاربرد انرژی‌های نو در سیستم‌های قدرت اشاره کرد که نتیجتاً آن را به لحاظ جامعیت و کیفیت مطالب ارائه شده در نوع خود منحصر به فرد می‌سازد؛ لذا این کتاب مرجع پژوهشی کاملاً مناسبی برای دانشجویان برق در مقاطع تحصیلی کارشناسی و کارشناسی ارشد و همچنین محققان، و متخصصان صنعت برق کشور محسوب می‌شود.

نکات مورد اشاره، انگیزه‌ی مضاعفی را برای مترجمان جهت ترجمه‌ی کتاب به منظور آشنایی علاقه‌مندان این حوزه، با آخرین دستاوردهای علمی مربوطه پدید آورد. در ترجمه سعی شده تا مطالب در عین امانتداری به بیانی شیوا ارائه شوند. هر چند سعی شده تا اشکالات نگارشی در ترجمه به حداقل برسد، اما طبیعی است که تهیه‌ی چنین مجموعه‌ی پر حجمی از اطلاعات و اصطلاحات، خالی از نقص نخواهد بود، لذا باعث سپاس فراوان است که دانش‌پژوهان و متخصصان گرامی خواننده، مترجمان را از دیدگاه‌های خود بهره‌مند نمایند تا در چاپ‌های بعدی مد نظر قرار گیرد.

رضا نوروزیان و حسین حدادیان

تابستان ۱۳۹۳

به قلم جانانان پوریت

شما به هر طریقی که بخواهید، می‌توانید وضعیت فعلی هشدارهای مربوط به تغییرات آب و هوا را ملاحظه نمایید. می‌توانید توافقات علمی وسیعی را که در چند سال اخیر به تدریج به وجود آمده‌اند، نادیده بگیرید (یا حتی انکار نمایید) و رویهم‌رفته در میان انبوهی از پیچیدگی‌های خط مشی آب و هوایی و منازعات سیاسی در مورد اینکه چه کسی چه کاری انجام می‌دهد یا نمی‌دهد، سردرگم شوید؛ اما پس از ۲۰ سال بحث و تبادل نظر درباره‌ی تغییرات آب و هوا، یک موضوع کاملاً روشن است: آینده‌ی انسان به شدت به سرعت گسترش کلان سهم انرژی‌های تجدیدپذیر^۱ از کل انرژی‌های مورد استفاده‌ی وی بستگی دارد.

در حال حاضر این موضوع که جهان به سمت نابودی پیش می‌رود به طور جدی مورد بحث نیست. آژانس بین‌المللی انرژی دائماً به مردم یادآوری می‌کند که مصرف انرژی تا سال ۲۰۳۰ دست کم دو برابر خواهد شد که قسمت عمده‌ی این افزایش به رشد استفاده از سوخت‌های فسیلی مربوط می‌شود. از سوی دیگر متخصصین آب و هوا متذکر می‌شوند که باید انتشار دی اکسید کربن و سایر گازهای گلخانه‌ای تا سال ۲۰۵۰ حداقل ۶۰٪ کاهش داده شود. ضمن اینکه به هیچ وجه نباید [مجدداً] افزایش یابد.

مطلب فوق درک این نکته را که چرا هنوز بسیاری از مردم در تعریف نقش برای انرژی‌های تجدیدپذیر به شدت روی‌گردان و محتاط هستند، مشکل می‌سازد. در واقع تمامی برنامه‌ریزی‌های آنها بر اساس مدل اقتصادی «تجارت متداول» می‌باشد؛ همچنان که بسیاری از آنها برای بلندمدت مناسب نیست.

به علاوه، این موضوع زمینه‌ایست که به باور نویسنده کاملاً بجاست تا در مورد «حرکت به سمت یک آماده‌باش» در جهت مبارزه با معضل تغییر افسارگسیخته‌ی آب و هوا، به بحث و گفتگو نشست. برای مثال اگر قیمت نفت در حدود بشکه‌ای ۱۰۰ دلار باقی مانده و قیمت هر تن CO_2 طی ۳ یا ۴ سال آینده به سرعت افزایش یابد، بسیاری از سوءظن‌هایی که انرژی‌های تجدیدپذیر را «غیر اقتصادی» می‌دانند، بر طرف خواهد شد.

هر چند این آغاز راه است؛ نویسنده طی سخنرانی‌های ۱۰ ساله‌ای که برای دانشجویان «CREST» داشته است به آنان آموزش داده که حتی اگر خود فناوری‌ها به سرعت بهبود یابند و مفاهیم سیاسی و اقتصادی بتواند به طور کامل دگرگون شود، همچنان که به اعتقاد وی در حال حاضر امکان پذیر است، چالش‌های واقعی به سمت تطبیق ضریب نفوذ بالای این فناوری‌های نو در سیستم تأمین برق کشیده خواهد شد که این امر به کمک سازگار نمودن شبکه‌های فعلی و یا ایجاد زیرساخت‌هایی برای انتقال و توزیع میسر می‌گردد. و این زمینه‌ایست که در کوتاه‌مدت، به نوآوری‌های فراوانی نیاز خواهد داشت.

یکی از مهمترین نقاط قوت کتاب جدید و غنی از اطلاعات پیش رو: پیوند دادن تمامی مفاهیم تا پدید آمدن تصویری واضح و کاملاً متقاعدکننده می‌باشد که این به معنای لحاظ نمودن اهمیت حیاتی راندمان انرژی (که اغلب اوقات درباره‌ی انرژی‌های تجدیدپذیر نادیده گرفته می‌شوند)، امنیت انرژی، و انواع سیستم‌های نظارتی است که جهت پیش‌برد یک اقتصاد انرژی کاملاً متفاوت، مورد نیاز خواهند بود.

به دلیل پیچیده و پرچالش بودن این موضوع است که رهنمودهای معتبر و آزموده

شده قویاً توصیه می‌گردد.

جاناتان پوریت رئیس هیئت مدیره «کانونی برای آینده» با وبگاه www.forumforthefuture.org.uk، رئیس کمیسیون توسعه‌ی پایدار بریتانیا با وبگاه www.sd-commission.org.uk و نویسنده‌ی کتاب «سرمایه‌داری همچنان جوهره‌ی جهان» ویرایش بازنگری شده ۲۰۰۷ (در مجلد کاغذی)، انتشارات Earthscan، قابل دسترسی در وبگاه «کانونی برای آینده».

www.ketab.ir

پیشگفتار مؤلفان

نیاز به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای یک توافق جهانی بوده و به منظور نیل به آن، سیاست‌های متفاوتی، هم در بعد بین‌المللی و هم در بعد محلی در حال شکل‌گیری است. در ۱۰ ژانویه ۲۰۰۷ کمیسیون اتحادیه‌ی اروپا خبر از تدوین یک بسته‌ی انرژی داد که پیش‌نویس آن به وسیله‌ی شورای اروپا^۱ تهیه شده بود. اهداف این بسته حاکی از آن بود که اگر یک توافق سراسری به طور یک‌جانبه بر سر رسیدن به سقف ۲۰٪ یا نزدیک به آن حاصل شود، تا سال ۲۰۲۰ گازهای گلخانه‌ای اتحادیه اروپا تا ۳۰٪ کاهش می‌یابد. یکی از مؤلفه‌های اساسی رسیدن به این هدف تمرکز جهت فراهم ساختن سهم ۲۰ درصدی منابع انرژی تجدیدپذیر در انرژی تولیدی از کل منابع انرژی اتحادیه‌ی اروپا می‌باشد.

در حال حاضر باد، منبع پیشرو در میان انرژی‌های تجدیدپذیر نو به شمار می‌رود. ظرفیت انرژی باد جهان با میانگین نرخ تجمعی ۳۰٪ در طول ده سال گذشته به سرعت در حال رشد بوده است. نصب شدن ظرفیت جدیدی در حدود ۲۰ GW در سال ۲۰۰۷ کل ظرفیت را در آن سال به ۹۴ GW رساند. چنین سرمایه‌گذاری سالانه‌ای به مفهوم آن است که گویی با حدود ۲۵ میلیارد یورو، به وسیله‌ی یک کارخانه که ۲۰۰۰۰۰ نفر را به کار گرفته است، نیاز ۲۵ میلیون خانوار به برق را تأمین کرده باشیم. چنین توسعه‌ی قابل ملاحظه‌ای، سرمایه‌گذاری شرکت‌های سازنده‌ی معروفی نظیر General Electric، Siemens، A.B.B. و Shell را به همراه شرکت‌های برق متعددی همچون E.O.N و

Scottish Power به خود جذب کرده است. در واقع انرژی باد در طول دو دهه‌ی آتی، آینده‌ی روشنی پیش رو دارد.

تولید برق از خورشید با به کارگیری سلول‌های ولتاژ نوری (PV) و یا متمرکزکننده‌های خورشیدی جهت تولید کردن بخار و به حرکت در آوردن توربین‌های متداول مستقیماً قابل حصول می‌باشد. در طول چند سال گذشته پیشرفت‌های قابل توجهی به منظور کاهش هزینه‌ی برق تولیدی PVها به انجام رسیده است؛ طوری که در سال ۲۰۰۶ مجموع ارزش ظرفیت نصب شده‌ی این ادوات بالغ بر ۱۵ میلیارد یورو با تولید تقریبی ۲/۵ GW شد. انتظار می‌رود که بهبود بیشتر فناوری و کاهش هزینه‌ی تولید در طول دهه‌ی آتی منجر به تولید رقابتی این منبع در مقیاس وسیعی گردد.

انرژی دریایی [نیز] یک فناوری مهیج، اما کمتر توسعه‌یافته است. سدهای جزر و مدی، توربین‌های بخار جزر و مدی و ادوات انرژی باد همگی در مرحله‌ی آزمایشی و پیش-تجاری است، اما انتظار می‌رود که تا سال ۲۰۱۵ نقش قابل توجهی ایفا نمایند. انرژی زمین‌گرمایی^۱ هم‌اکنون در کشورهای نظیر ایسلند با منابع قابل دسترسی عظیم مورد استفاده قرار می‌گیرد که با توسعه‌ی فناوری کاربرد آن می‌تواند گسترده‌تر شود. آخرین مورد و نه کوچکترین آن، سوخت‌ها و انرژی‌های زیستی هستند که به علت در بر داشتن بسیاری از مزایای سوخت‌های فسیلی، به ویژه ذخیره‌سازی آسان، پراهمیت می‌باشند. این منابع، البته نه به طور غافلگیرکننده، توجه زیادی را از سوی سیاستگذاران و محققان هم در اتحادیه‌ی اروپا و هم در آمریکای شمالی به خود جلب کرده‌اند.

بسیاری از این انرژی‌های تجدیدپذیر به برق تبدیل خواهند شد. توزیع جغرافیایی منابع انرژی تجدیدپذیر بسیار وسیع خواهد شد. هرچند به علت وابستگی زیاد به تغییرات آب و هوا بر خلاف سوخت‌های فسیلی مستقیماً قابل کنترل نیستند. شبکه‌های انرژی الکتریکی به منظور بهره‌برداری از برق تولیدی در نیروگاه‌های بزرگ معدودی طراحی شده‌اند که سوخت آنها زغالسنگ، گاز یا اورانیوم بوده و به آسانی در بازارهای

بین‌المللی فراهم می‌باشند. ضمن اینکه کنترل‌پذیری متنوعی دارند. افزایش قابل ملاحظه‌ی تولید از طریق منابع انرژی تجدیدپذیر نیازمند بازنگری در روش طراحی سیستم‌های قدرت و بهره‌برداری از آنها با هدف تطابق بیشتر با این منابع متغیر می‌باشد. این کتاب مقدمه‌ای بر این موضوع مهم می‌باشد.

محتویات این کتاب عمدتاً بر اساس آموزش‌های دوره‌ای جامع طی ده سال در مرکز فناوری سیستم‌های انرژی تجدیدپذیر (CREST¹) در دانشگاه لافروگ می‌باشد. کل این دوره جهت فراهم نمودن آموزش فنی-عمومی درباره‌ی همه‌ی منابع انرژی تجدیدپذیر اصلی مولد برق و پیوستن آنها به شبکه‌های الکتریکی طراحی شده است. دانشجویان گذراننده‌ی این دوره عموماً حائز رتبه‌های اول در موضوعات متعدد از حوزه‌ی فیزیک یا مهندسی تا علوم محیطی هستند. لذا این دوره ویژه‌ی دانشجویانی است که اگر چه در رشته‌ی تخصصی خود ممکن است بسیار متبحر باشند، اما در سایر زمینه‌ها دانشی ابتدایی دارند.

به علاوه فرض این کتاب بر آن است که هیچ‌گونه دانش قبلی راجع به مهندسی سیستم‌های قدرت وجود نداشته و لذا خواننده را گام به گام با مبانی و مفاهیم پایه‌ی چگونگی اتصال سیستم‌های قدرت به یکدیگر و تضمین برآورده ساختن نیاز مصرف‌کننده آشنا می‌سازد. مشخصات منابع انرژی متعارف و تجدیدپذیر به همراه اشاره‌ی ویژه به تغییرپذیری مورد دوم و نحوه‌ی تأثیرگذاری این عامل بر کاربرد آنها توضیح داده شده است. دسترس‌پذیری این منابع به صورتی است که هم باید به برق تبدیل شوند و هم خروجی الکتریکی آنها قبل از تغذیه‌ی شبکه‌ی شرایط لازم را داشته باشد.

کتاب حاضر این جنبه‌ها را پوشش داده و بر اهمیت فناوری الکترونیک قدرت در فرآیند آماده‌سازی انرژی الکتریکی تأکید می‌نماید. توان جاری شده در یک شبکه‌ی برق باید به طور مناسبی کنترل شود که در این کتاب روش دستیابی به این مهم هنگامی

که چنین منابع جدیدی به شبکه متصل می‌شوند، ارائه شده است. جنبه‌های اقتصادی منابع تجدیدپذیر، تعیین‌کننده‌ی میزان اقبال عمومی به آنها از سوی بازار خواهد بود که این موضوع نیز با برخی جزئیات مورد بررسی قرار گرفته است. در نهایت به چشم‌انداز توسعه‌ی آینده‌ی فناوری‌های انرژی تجدیدپذیر و رویکردی که امکان دارد در سیستم‌های قدرت به منظور تطابق با آنها اتخاذ شود، پرداخته شده است. همچنین ضمیمه‌ای برای آن دسته از خوانندگانی که به مفاهیم ریاضی بیشتری از نحوه‌ی تولید، انتقال و توزیع برق به مصرف‌کنندگان نیاز دارند، در نظر گرفته شده است.

www.ketab.ir

تشکر و قدردانی

این کتاب حاوی مطالب ارائه شده از سایر پرسنل CREST در کنار نویسندگان اصلی می‌باشد. به ویژه، دکتر مورای تامسون قسمت عمده‌ی مبحث عناصر الکترونیک قدرت در فصل چهارم و اکثر مطالب فصلهای پنجم و ششم را تهیه نموده‌اند.

انتقادات و پیشنهادهای ایشان در خلال تکمیل اولیه‌ی کتاب فوق‌العاده مفید بوده است. به علاوه، دکتر سیمون وتسون در تدوین بیشتر مطالب فصل هفتم همکاری کرده‌اند.

همچنین مباحث مربوط به کنترل دینامیکی بار در فصل سوم موضوع یک پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد در CREST نوشته جی. ای. شورت می‌باشد. و بالاخره از دکتر گراهام سیندن به خاطر دادن اجازه‌ی استفاده از چندین نمودار از فعالیت اخیرشان که شامل مطالب منتشر نشده‌ای از رساله‌ی دکترایشان بوده و نیز از دکتر دیوید میلبارو جهت استفاده از شکل‌ها و جداول تهیه شده به وسیله‌ی ایشان در فصل هفتم سپاسگزاری می‌گردد. همچنین از پشتیبانی کارکنان مؤسسه‌ی وایلی در چیچستر که در روند اصلاح نسخه‌ی دست‌نویست جهت چاپ ما را راهنمایی کردند، قدردانی می‌نمایم.

در آخر، و البته نه در پایین‌ترین درجه، این کتاب را به همسرانمان دلفین فرریس و ماریون پیچ که در وقت‌های آزاد ما به جای رسیدگی بیشتر به امور زندگی و خانواده، کار طاقت‌فرسا روی متن کتاب را متحمل شده و ما را همراهی نمودند، تقدیم می‌کنیم.

دیوید اینفیلد و لئون فرریس