انرژی‌های تجدیدپذیر و کارایی سیستم‌های قدرت الکتریکی

نویسنده

گیلبرت م. مسترز
(دانشگاه استنفورد)

ترجمه

دکتر سید ابراهیم افجه‌ای
(هیأت علمی گروه برق، دانشکده مهندسی برق، دانشگاه شهید بهشتی)

دکتر علیرضا سیادتان
(هیأت علمی گروه برق دانشکده مهندسی برق، دانشگاه شهید بهشتی)

سید مهدی حسینی
(کارشناس ارشد امور انرژی، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور)

مجتبی بابادی
(کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران غرب)

نیاز دانش

سرشناسه	:	مسترز، گیلبرت Masters, Gilbert M
عنوان و نام پدیدآور	:	**انرژی‌های تجدیدپذیر و کارایی سیستم‌های قدرت الکتریکی** / نویسنده گیلبرت م.مسترز، ترجمه سید ابراهیم افجه‌ای...[و دیگران]
مشخصات نشر	:	تهران: نیاز دانش، ۱۳۹۴.
مشخصات ظاهری	:	۵۶۸ ص.: مصور، جدول، نمودار.
شابک	:	۹۷۸-۶۰۰-۷۷۲۴-۴۷-۷
وضعیت فهرست‌نویسی	:	فیپا
یادداشت	:	عنوان اصلی: Renewable and efficient electric power system.c,2004
یادداشت	:	ترجمه سیدابراهیم افجه‌ای، علیرضا سیادتان، سید مهدی حسینی ، مجتبی بابادی
یادداشت	:	کتابنامه
موضوع	:	برق - - سیستم‌ها - - مصرف انرژی
موضوع	:	برق - - سیستم‌ها - - تلفات
شناسه افزوده	:	افجه‌ای، سید ابراهیم، ۱۳۳۰ -، مترجم
رده‌بندی کنگره	:	۱۳۹۴ ۸الف۵م/ TK۱۰۰۵
رده‌بندی دیویی	:	۶۲۱/۳۱
شماره کتابشناسی ملی	:	۴۰۹۶۷۶۴

نیاز دانش

نام کتاب	:	**انرژی‌های تجدیدپذیر و کارایی سیستم‌های قدرت الکتریکی**
مؤلف	:	گیلبرت م. مسترز (دانشگاه استنفورد)
مترجمین	:	دکتر سید ابراهیم افجه‌ای- دکتر علیرضا سیادتان- سید مهدی حسینی- مجتبی بابادی
مدیر اجرایی ـ ناظر بر چاپ	:	حمیدرضا ا محمد شیرازی – محمد شمس
ناشر	:	نیاز دانش
صفحه‌آرا	:	واحد تولید انتشارات نیازدانش
نوبت چاپ	:	سوم – ۱۳۹۶
شمارگان	:	۱۰۰ نسخه
قیمت	:	۳۷۰۰۰۰ ریال

شابک: ۷-۴۷-۷۷۲۴-۶۰۰-۹۷۸ **ISBN:978-600-7724-47-7**

هرگونه چاپ و تکثیر (اعم از زیراکس، بازنویسی، ضبط کامپیوتری و تهیه‌ی CD) از محتویات این اثر بدون اجازهٔ کتبی ناشر ممنوع است، متخلفان به موجب بند ۵ از مادهٔ ۲ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان و هنرمندان تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

آدرس انتشارات : تهران – میدان انقلاب – خیابان ۱۲ فروردین – تقاطع وحید نظری – پلاک ۲۵۵- طبقه ۱- واحد ۲

کلیه حقوق این اثر برای ناشر محفوظ است.

تماس با انتشارات: ۰۹۱۲۷۰۷۳۹۳۵-۶۶۴۷۸۱۰۸-۶۶۴۷۸۱۰۶-۰۲۱

www.Niaze-Danesh.com

مشاوره جهت نشر: ۲۱۰۶۷۰۹ – ۰۹۱۲

تقدیم به تمامی دانشجویان

و

مهندسان برق

فهرست مطالب

فصل ۱ مدارات مغناطیسی و الکتریکی پایه‌ای ۱۲

۱-۱ معرفی مدارات الکتریکی ۱۲
۱-۲ تعریف کمیت‌های الکتریکی کلیدی ۱۳
۱-۲-۱ بار ۱۳
۱-۲-۲ جریان ۱۳
۱-۲-۳ قانون جریان کیرشهف ۱۴
۱-۲-۴ ولتاژ ۱۶
۱-۲-۵ قانون ولتاژ کیرشهف ۱۷
۱-۲-۶ توان ۱۷
۱-۲-۷ انرژی ۱۸
۱-۲-۸ خلاصه‌ی کمیت‌های اصلی برق ۱۸
۱-۳ منابع ولتاژ و جریان ایده‌آل ۱۹
۱-۳-۱ منبع ولتاژ ایده‌آل ۱۹
۱-۳-۲ منبع جریان ایده‌آل ۱۹
۱-۴ مقاومت الکتریکی ۲۰
۱-۴-۱ قانون اهم ۲۰
۱-۴-۲ مقاومت‌های سری ۲۱
۱-۴-۳ مقاومت‌های موازی ۲۲
۱-۴-۴ تقسیم ولتاژ ۲۳
۱-۴-۵ مقاومت سیم ۲۴
۱-۵ ظرفیت خازنی ۲۸
۱-۶ مدارات مغناطیسی ۳۱
۱-۶-۱ الکترومغناطیس ۳۱
۱-۶-۲ مدارات مغناطیسی ۳۲
۱-۷ اندوکتانس ۳۴
۱-۷-۱ فیزیک سلف ۳۵
۱-۷-۲ روابط مدار برای القاگرها ۳۷
۱-۸ ترانسفورماتورها ۴۰
۱-۸-۱ ترانسفورماتورهای ایده آل ۴۱
۱-۸-۲ تلفات مغناطیسی ۴۳
مسائل ۴۸

فصل ۲ مبانی برق قدرت ۵۳

۲-۱ مقدار موثر ولتاژ و جریان ۵۳
۲-۲ اجزای ایده‌آل تحت ولتاژ سینوسی ۵۶
۲-۲-۱ مقاومت ایده‌آل ۵۶
۲-۲-۲ خازن ایده‌آل ۵۷
۲-۲-۳ سلف ایده‌آل ۵۹
۲-۳ ضریب توان ۶۰
۲-۴ مثلث توان و اصلاح ضریب قدرت ۶۲
۲-۵ سه سیم تک فاز سیم‌کشی‌های مسکونی ۶۵
۲-۶ سیستم سه فاز ۶۷
۲-۶-۱ سیستم متعادل با اتصال ستاره ۶۷
۲-۶-۲ سیستم‌های سه فاز اتصال دلتا ۷۳
۲-۷ منابع توان ۷۳
۲-۷-۱ منابع توان خطی ۷۵
۲-۷-۲ منابع تغذیه‌ی کلیدزنی ۷۸
۲-۸ کیفیت توان ۸۲
۲-۸-۱ آشنایی با هارمونیک‌ها ۸۳
۲-۸-۲ اعوجاج هارمونیک کلی ۸۷
۲-۸-۳ شکاف هارمونیک‌ها و ولتاژ ۸۹
۲-۸-۴ هارمونیک‌ها و خنثی‌های اضافه بار شده ۹۰
۲-۸-۵ هارمونیک‌ها در ترانسفورماتورها ۹۲
مراجع ۹۳
مسائل ۹۴

فصل ۳ صنعت برق ۹۹

۳-۱ اولین پیشگامان: ادیسون، وستینگهاوس و اینسول ۹۹
۳-۲ صنعت برق امروزه ۱۰۳
۳-۲-۱ شرکت‌های برق دولتی و غیر دولتی ۱۰۳
۳-۲-۲ آمار صنعت ۱۰۴
۳-۳ ژنراتورهای سنکرون چند فاز ۱۰۸
۳-۳-۱ یک ژنراتور ساده ۱۰۹
۳-۳-۲ ژنراتورهای سنکرون تک فاز ۱۱۰
۳-۳-۳ ژنراتورهای سنکرون سه فاز ۱۱۲
۳-۴ راندمان کارنو در ماشین‌های گرمایی ۱۱۳
۳-۴-۱ موتورهای حرارتی ۱۱۳
۳-۴-۲ آنتروپی و کارنو در موتور حرارتی ۱۱۴
۳-۵ نیروگاه‌های چرخه بخار ۱۱۷
۳-۵-۱ نیروگاه‌های بخار اصلی ۱۱۷
۳-۵-۲ نیروگاه‌های بخار زغالی ۱۱۸
۳-۶ توربین‌های گازی احتراق (درون سوز) ۱۲۱
۳-۶-۱ توربین گازی اصلی ۱۲۱
۳-۶-۲ توربین گازی تزریق بخار (STIG) ۱۲۲
۳-۷ نیروگاه‌های چرخه ترکیبی ۱۲۲
۳-۸ تولید همزمان توربین‌های گازی و چرخه ترکیبی ۱۲۳

۳-۹ نیروگاه‌های پیک (بیشینه)، متوسط و ظرفیت اصلی ۱۲۴
۳-۹-۱ منحنی‌های ارزیابی ۱۲۵
۳-۹-۲ منحنی بار- زمان ۱۲۸
۳-۱۰ ارسال و توزیع ۱۳۲
۳-۱۰-۱ شبکه ارسال (انتقال) ملی ۱۳۳
۳-۱۰-۲ خطوط انتقال ۱۳۵
۳-۱۱ تنظیم توان الکتریسیته ۱۳۷
۳-۱۱-۱ قانون سال ۱۹۷۵ در زمینه شرکت مالک خدمات عمومی (PUHCA) ۱۳۸
۳-۱۱-۲ قانون سال ۱۹۷۸ در زمینه‌ی سیاست‌های نظم‌دهنده‌ی خدمات عمومی (PURPA) ۱۳۸
۳-۱۱-۳ قانون سال ۱۹۹۲ در امر سیاست انرژی (EPAct) ۱۳۹
۳-۱۱-۴ فرمان ۸۸۸ و فرمان ۲۰۰۰ در FERC ۱۴۰
۳-۱۱-۵ ژنراتورهای ابزاری و غیرابزاری (همگانی و غیرهمگانی) ۱۴۰
۳-۱۲ ضرورت بازارهای رقابتی ۱۴۱
۳-۱۲-۱ بازسازی انگیزش فناوری ۱۴۱
۳-۱۲-۲ کالیفرنیا آغاز به بازسازی می‌کند ۱۴۳
۳-۱۲-۳ واژگونی (شکست) تنظیم مجدد (اصلاح) در کالیفرنیا ۱۴۵
مراجع ۱۴۷
مسئله‌ها ۱۴۸
فصل ٤ تولید پراکنده ۱۵۲
۴-۱ تحول در تولید الکتریسیته ۱۵۲
۴-۲ تولید پراکنده با سوخت‌های فسیلی ۱۵۳
۴-۲-۱ HHV و LHV ۱۵۴
۴-۲-۲ توربین‌های میکروسوختی ۱۵۵
۴-۲-۳ موتورهای درون سوز پیستونی ۱۵۸
۴-۲-۴ موتورهای استرلینگ (برون سوز) ۱۶۱
۴-۳ فناوری CSP (توان خورشیدی متمرکز شده) ۱۶۴
۴-۳-۱ سیستم‌های توان استرلینگ / بشقاب خورشیدی ۱۶۴
۴-۳-۲ بشقاب‌های سهمی‌گون ۱۶۷
۴-۳-۳ سیستم دریافت‌کننده مرکزی خورشید ۱۷۰
۴-۳-۴ چند مقایسه درباره سیستم‌های انرژی خورشیدی متمرکزکننده ۱۷۲
۴-۴ زیست توده برای تولید انرژی الکتریکی ۱۷۳
۴-۵ سیستم‌های میکرو مولد آبی ۱۷۶
۴-۵-۱ انرژی ناشی از میکرو مولدهای آبی ۱۷۷
۴-۵-۲ تلفات لوله ۱۸۰
۴-۵-۳ اندازه‌گیری شار آب ۱۸۳
۴-۵-۴ توربین‌ها ۱۸۴
۴-۵-۵ جنبه‌های الکتریکی میکرو- آبی ۱۸۶
۴-۶ پیل‌های سوختی ۱۸۸
۴-۶-۱ سیر تاریخی ۱۸۹
۴-۶-۲ عملکرد اصلی پیل‌های سوختی ۱۹۰
۴-۶-۳ ترمودینامیک پیل سوختی: آنتالپی ۱۹۱
۴-۶-۴ آنتروپی و بازدهی نظری پیل‌های سوختی ۱۹۴
۴-۶-۵ انرژی آزاد گیبس و بازدهی پیل سوختی ۱۹۷
۴-۶-۶ خروجی الکتریکی یک پیل ایده‌آل ۱۹۸
۴-۶-۷ مشخصه‌های الکتریکی پیل‌های سوختی واقعی ۱۹۹
۴-۶-۸ انواع پیل‌های سوختی ۲۰۰
۴-۶-۹ تولید هیدروژن ۲۰۳
مسائل ۲۰۷
فصل ۵ اقتصاد مربوط به منابع توزیع شده ۲۰۹
۵-۱ منابع توزیع شده (DR) ۲۰۹
۵-۲ ساختارهای هزینه صنعت همگانی برق یا نرخ برق ۲۱۱
۵-۲-۱ هزینه استاندارد ۲۱۱
۵-۲-۲ هزینه زمان مصرف (TOU) محلی ۲۱۲
۵-۲-۳ هزینه مصرف ۲۱۳
۵-۲-۴ هزینه مصرف همراه با تنظیم هزینه مصرف ۲۱۴
۵-۲-۵ ضریب بار ۲۱۵
۵-۲-۶ قیمت گذاری بر اساس زمان واقعی (RTP) ۲۱۶
۵-۳ اقتصاد انرژی ۲۱۷
۵-۳-۱ دوره بازگشت سرمایه خام ۲۱۷
۵-۳-۲ نرخ بازگشت اولیه (خام) ۲۱۷
۵-۳-۳ ارزش خالص کنونی ۲۱۸
۵-۳-۴ نرخ درونی بازگشت (IRR) ۲۲۰
۵-۳-۵ NPV و IRR همراه با افزایش سوخت ۲۲۲
۵-۳-۶ سالیانه کردن سرمایه ۲۲۳
۵-۳-۷ مخارج طبقه بندی شده ریل‌هادی ۲۲۵
۵-۳-۸ آنالیز گردش وجه ۲۲۸
۵-۴ منحنی عرضه بقای انرژی ۲۳۰
۵-۵ ترکیب انرژی برق و حرارت ۲۳۴
۵-۵-۱ روش‌های بازدهی انرژی حرارت و انرژی ترکیبی (تولید دوگانه) ۲۳۴
۵-۵-۲ تاثیر انرژی حرارتی قابل استفاده بر اقتصاد CHP ۲۳۷
۵-۵-۳ طراحی راهبرد یا استراتژی برای CHP ۲۴۱
۵-۶ سرمایش، گرمایش و تولید دوگانه ۲۴۳

۵-۶-۱ سردسازی تراکمی ۲۴۳
۵-۶-۲ پمپ حرارتی ۲۴۶
۵-۶-۳ سرمایش جذبی ۲۴۸
۵-۶-۴ رطوبت‌زدایی با استفاده از مواد خشک‌کننده ۲۵۰
۵-۷ فواید تولید توزیع شده ۲۵۱
۵-۷-۱ مزیت حق انتخاب ۲۵۲
۵-۷-۲ تعویق هزینه توزیع ۲۵۵
۵-۷-۳ فواید اقتصادی مهندسی برق ۲۵۷
۵-۷-۴ فواید قابلیت اطمینان ۲۵۸
۵-۷-۵ فواید نداشتن آلودگی ۲۵۸
۵-۸ طراحی منبع جامع (IRP) و مدیریت طرف تقاضا (DSM) ۲۶۰
۵-۸-۱ بازدارنده‌های ایجاد شده توسط ایجاد نرخ سنتی ۲۶۱
۵-۸-۲ شرایط مورد نیاز برای موفقیت برنامه‌های DSM ۲۶۲
۵-۸-۳ مقرون به صرفه بودن روش‌های DSM ۲۶۴
۵-۸-۴ دستاوردهای DSM ۲۶۷
مراجع ۲۶۹
مسائل ۲۷۰
فصل ۶ سیستم‌های انرژی بادی ۲۷۵
۶-۱ تاریخ انرژی بادی ۲۷۵
۶-۲ انواع توربین بادی ۲۷۷
۶-۳ توان باد ۲۷۹
۶-۳-۱ تصحیح دمایی برای چگالی هوا ۲۸۲
۶-۳-۲ تصحیح ارتفاع برای چگالی هوا ۲۸۳
۶-۴ تاثیر ارتفاع برج ۲۸۵
۶-۵ بیشینه بازدهی روتور ۲۸۸
۶-۶ ژنراتورهای توربین بادی ۲۹۲
۶-۶-۱ ژنراتورهای هم زمان ۲۹۲
۶-۶-۲ ژنراتور آسنکرون القایی ۲۹۳
۶-۷ کنترل سرعت برای ماکزیمم توان ۲۹۸
۶-۷-۱ اهمیت تغییر پذیر بودن سرعت روتور ۲۹۸
۶-۷-۲ ژنراتورهای القایی با قطب متغیر ۳۰۰
۶-۷-۳ گیربکس‌های چند گانه ۳۰۰
۶-۷-۴ ژنراتورهای القایی با لغزش متغیر ۳۰۰
۶-۷-۵ سیستم‌های اتصال غیرمستقیم به شبکه ۳۰۰
۶-۸ توان میانگین باد ۳۰۱
۶-۸-۱ نمودار میله‌ای گسسته باد ۳۰۲
۶-۸-۲ توابع چگالی احتمال توان باد ۳۰۴
۶-۸-۳ آمار ویبول و ریلی ۳۰۵
۶-۸-۴ توان میانگین باد با آمار ریلی ۳۰۶
۶-۸-۵ طبقه بندی توان بادی و پتانسیل آمریکا ۳۰۸
۶-۹ تخمین‌های ساده انرژی توربین بادی ۳۱۰
۶-۹-۱ انرژی سالیانه با استفاده از میانگین بازده توربین بادی ۳۱۱
۶-۹-۲ مزارع باد ۳۱۲
۶-۱۰ محاسبات کارایی توربین بادی خاص ۳۱۴
۶-۱۰-۱ چندی از آیرودینامیک ۳۱۵
۶-۱۰-۲ منحنی ایده آل توان در توربین بادی ۳۱۶
۶-۱۰-۳ بهینه سازی قطر روتور و توان نامی ژنراتور ۳۱۸
۶-۱۰-۴ تابع توزیع تجمعی سرعت باد ۳۱۸
۶-۱۰-۵ منحنی توان واقعی استفاده شده با تابع آماری ویبول ۳۲۱
۶-۱۰-۶ برآورد انرژی تولید شده با استفاده از فاکتور ظرفیت ۳۲۵
۶-۱۱ اقتصاد توربین بادی ۳۲۸
۶-۱۱-۱ هزینه‌های سرمایه‌ای و هزینه‌های سالانه ۳۲۹
۶-۱۱-۲ هزینه سالانه برق از توربین‌های بادی ۳۳۰
۶-۱۲ اثرات محیط بر توربین‌های بادی ۳۳۳
مراجع ۳۳۵
مسائل ۳۳۶
فصل ۷ منابع خورشیدی ۳۴۰
۷-۱ طیف خورشیدی ۳۴۰
۷-۲ مدار زمین ۳۴۴
۷-۳ زاویه ارتفاع خورشید در ظهر خورشیدی ۳۴۵
۷-۴ موقعیت خورشید در هر زمان از روز ۳۴۸
۷-۵ نمودار مسیر خورشید برای تجزیه و تحلیل سایه ۳۵۱
۷-۶ زمان خوشیدی و زمان محلی (ساعت) ۳۵۳
۷-۷ طلوع و غروب خورشید ۳۵۵
۷-۸ جهت آسمان صاف- تشعشع نوری ۳۵۸
۷-۹ تابشگری کل در روزی با آسمان صاف بر روی یک سطح جمع‌آوری‌کننده ۳۶۱
۷-۹-۱ تابش مستقیم نور ۳۶۱
۷-۹-۲ پراکندگی تشعشعی ۳۶۳
۷-۹-۳ تشعشع منعکس گردیده ۳۶۴
۷-۹-۴ سیستم‌های ردیاب ۳۶۶
۷-۱۰ تابشگری ماهانه در آسمان صاف ۳۷۰
۷-۱۱ اندازه‌گیری‌های تابشگری خورشیدی ۳۷۲
۷-۱۲ میانگین تابشی ماهیانه ۳۷۵

مراجع ۳۸۱
مسائل ۳۸۲
فصل ۸ مواد فتوولتائیک و ویژگی‌های الکتریکی آن ۳۸۶
۸-۱ مقدمه ۳۸۶
۸-۲ اساس فیزیک نیمه‌هادی ۳۸۸
۸-۲-۱ انرژی فضای خالی باند ۳۸۹
۸-۲-۲ طیف خورشیدی ۳۹۲
۸-۲-۳ اثر شکاف نوار روی راندمان فتوولتائیک. ۳۹۳
۸-۲-۴ اتصال p-n ۳۹۴
۸-۲-۵ دیود اتصال p-n ۳۹۷
۸-۳ یک سلول فتوولتائیک عام ۳۹۹
۸-۳-۱ ساده‌ترین مدار معادل برای یک سلول فتوولتائیک ۳۹۹
۸-۳-۲ یک مدار معادل دقیق تر برای یک سلول PV ۴۰۲
۸-۴ از سلولها تا ماژول‌ها و آرایش‌ها ۴۰۵
۸-۴-۱ از سلولها به یک ماژول ۴۰۶
۸-۴-۲ از ماژول‌ها به آرایه‌ها ۴۰۸
۸-۵ منحنی I – V PV تحت شرایط آزمایش استاندارد (STC) ۴۱۰
۸-۶ اثرات دما و تابش بر منحنی‌های I – V ۴۱۲
۸-۷ اثرات سایه‌ای بر منحنی‌های I – V ۴۱۴
۸-۷-۱ فیزیک سایه ای ۴۱۴
۸-۷-۲ دیودهای جانبی برای کاهش سایه ۴۱۷
۸-۷-۳ دیودهای مسدودکننده ۴۲۰
۸-۸ فناوری سیلیکون کریستالی ۴۲۰
۸-۸-۱ سیلیکون تک کریستالی زوچراسکی (CZ) ۴۲۱
۸-۸-۲ فناوری سیلیکون ریبون ۴۲۴
۸-۸-۳ قالب سیلیکون چندکریستالی ۴۲۶
۸-۸-۴ ماژول‌های سیلیکون کریستالی ۴۲۶
۸-۹ فتوولتائیک‌های لایه نازک ۴۲۷
۸-۹-۱ سیلیکون نامنظم ۴۲۷
۸-۹-۲ گالیوم آرسنیک و ایندیوم فسفید ۴۳۲
۸-۹-۳ کادیوم تلورید ۴۳۳
۸-۹-۴ مس ایندویم دیسلنید (CIS) ۴۳۴
مراجع ۴۳۶
مسائل ۴۳۷
فصل ۹ سیستم‌های فوتوولتاییک ۴۴۰
۹-۱ مقدمه ای بر انواع سیستم‌های بزرگ‌تر فوتوولتاییک ۴۴۰
۹-۲ منحنی‌های جریان- ولتاژ برای بارها ۴۴۲
۹-۲-۱ منحنی I-V بار مقاومتی ساده ۴۴۲
۹-۲-۲ منحنی I-V موتور DC ۴۴۴
۹-۲-۳ منحنی‌های I-V باتری ۴۴۶
۹-۲-۴ ردگیرنده نقطه توان ماکزیمم ۴۴۸
۹-۲-۵ منحنی‌های ساعتی I-V ۴۵۲
۹-۳ سیستم‌های متصل به شبکه ۴۵۴
۹-۳-۱ وجه مشترک با منابع ۴۵۶
۹-۳-۲ توان نامی DC و AC ۴۵۷
۹-۳-۳ "پیک ساعتی" روشی برای تخمین کارکرد PV ۴۶۰
۹-۳-۴ ضریب ظرفیت برای سیستم‌های PV متصل به شبکه ۴۶۵
۹-۳-۵ اندازه سیستم متصل به شبکه ۴۶۵
۹-۴ مسائل اقتصادی سیستم PV متصل به شبکه.. ۴۷۲
۹-۴-۱ مصالحه (بهینه‌سازی) کردن سیستم ۴۷۲
۹-۴-۲ نامشخص بودن دلار در هر وات ۴۷۳
۹-۴-۳ هزینه‌های استهلاک ۴۷۴
۹-۵ سیستم‌های PV مستقل ۴۷۸
۹-۵-۱ تخمین بار ۴۷۸
۹-۵-۲ اینورتر و ولتاژ سیستم ۴۸۱
۹-۵-۳ باتری ۴۸۴
۹-۵-۴ مبانی باتری‌های اسید – سرب ۴۸۶
۹-۵-۵ انرژی ذخیره شده در باتری ۴۸۹
۹-۵-۶ بازده کولن به جای بازده انرژی ۴۹۱
۹-۵-۷ اندازه باتری ۴۹۴
۹-۵-۸ دیودهای مسدود کننده ۴۹۷
۹-۵-۹ اندازه آرایه PV ۴۹۹
۹-۵-۱۰ سیستم‌های PV هیبرید ۵۰۳
۹-۵-۱۱ خلاصه طراحی سیستم مستقل ۵۰۵
۹-۶ پمپ‌های آب تغذیه شده با PV ۵۰۸
۹-۶-۱ منحنی‌های سیستم هیدرولیکی ۵۰۹
۹-۶-۲ منحنی‌های پمپ هیدرولیکی ۵۱۲
۹-۶-۳ منحنی سیستم هیدرولیکی و منحنی ترکیبی پمپ ۵۱۵
۹-۶-۴ یک روش ساده طراحی PV–پمپ با کوپلینگ مستقیم ۵۱۵
مراجع ۵۱۸
مسائل ۵۱۹
پیوست‌ها ۵۲۸

مقدمه

مهندسی برای پایداری، یک موضوع مهم در قرن بیست و یکم محسوب می‌شود، و نیاز به محیط زیست پاک در سیستم‌های قدرت الکتریکی، بخش بسیار مهمی از این محور جدید خواهد بود. سیستم‌های انرژی تجدیدپذیر مزیت‌هایی از منابع انرژی ارائه می‌دهند که با گذر زمان کاهش نخواهند یافت و مستقل از نوسانات قیمت، همواره موجود بوده و نقش آنها درسیستم‌های قدرت مدرن نقش فزاینده‌ای می‌باشد. مزارع بادی در ایالات متحده آمریکا و اروپا باسرعت بالایی در حال تولید توان الکتریکی هستند; سیستم‌های فتوولتائیک خورشیدی در حال ورود به بازارند و پیل‌های سوختی چشم‌انداز تولید انرژی الکتریکی پاک درآینده خواهند بود. علاوه بر این، جدیدترین نیروگاه سوخت فسیلی راندمانی نزدیک به دو برابر واحد های قدیمی دارند که سوخت زغال سنگ مصرف می‌کردند، پس امروزه این نیروگاه‌های جدید بدلیل آلودگی کمتر جایگزین واحدهای قدیمی شده‌اند.

دلایل قانع‌کننده بر این باور است که سیستم سنتی بزرگ، یعنی واحدهای تولیدکننده مرکزی که توان تولیدیشان را توسط صدها یا هزاران مایل خطوط انتقال به مشتریان خود وصل می‌کنند نهایتاً با نیروگاه‌های کوچک‌تر و پاک‌تری که فاصله کمی تا بار دارند و البته رو به رشد نیز هستند، جایگزین خواهند شد. سیستم‌های نسل توزیع نه تنها تلفات و هزینه‌های خط انتقال را کاهش می‌دهند، بلکه پتانسیل جذب و استفاده از انرژی حرارتی تلف شده در شبکه را داشته و تا حد زیادی بازده کلی شبکه و مزایای اقتصادی آنها را افزایش می‌دهند. علاوه بر این، سیستم‌های نسل توزیع، موجب افزایش قابلیت اطمینان می‌شود و خطر خاموشی سراسری در گسترده‌ی سیستم قدرت را کاهش می‌دهد.خاموشی سراسری شمال شرقی ایالات متحده در تابستان سال 2003 نمونه‌ای از این اتفاقات است.

این بازده زمانی، دوره هیجان انگیزی در صنعت جهانی برق محسوب می‌شود. نوآوری‌های جدید در اندازه‌گیری از یک سو در تأمین و مصارف برق، تغییرات ساختاری ایجادکرده، و از سوی دیگر ظهور تقاضای برق در کشورهای در حال توسعه‌ای که درحال حاضر حدود دو میلیارد نفر هستند و بدون هیچ‌گونه دسترسی به برق زندگی می‌کنند، و همچنین افزایش قابل توجه نگاه‌ها به اثرات زیست محیطی تولید برق، نیاز به کتاب‌های جدید، دوره‌های جدید، و نسل جدیدی از مهندسان برق را که مشاغل تولیدی رضایت‌بخش را در این صنعت تازه تبدیل شده پیدا خواهند کرد.

این کتاب درسی در درجه اول برای نسل جدید سیستم‌های قدرت الکتریکی تجدیدپذیر و پرکاربرد نوشته شده است. این موضوع با ارائه‌ی نمونه‌های متعدد عملیاتی از طریق مثال، سعی در ایجاد میل خودآموزی در خوانندگان را داشته است. تقریباً هر موضوعی که به تجزیه و تحلیل کمی مربوط است، با مثال نشان داده شده است. در پایان هر فصل برای دانشجویان مجموعه مسائلی باعنوان فعالیت اضافی وجود دارد که این قضیه، اساتید را در ارائه تکالیف کمک خواهد کرد.

این کتاب برای دانشجویان بخش فنی و مهندسی باهوش نوشته شده است و در صورت لزوم می‌توان آن را به آسانی در بالا یا پایین برنامه درسی جای داد. از آنجایی که به احتمال زیاد این موضوع در ابتدا به پشتکار خود فرد بستگی دارد، این کتاب به صورت کاملاً خودآموز نوشته شده است.کتاب موجود از تاریخچه، قوانین و تجهیزات صنعتی و همچنین بسیاری از گرایش‌های برق، ترمودینامیک، و اقتصاد فنی و مهندسی مورد نیاز تشکیل شده، البته با علم به اینکه همه این موارد برای درک توان بالقوه این فن‌آوری‌های جدید معرفی می‌شوند.

دانشجویان مهندسی می‌خواهند از مهارت‌های کمّی خود استفاده کنند و از طریق آن به طراحی هر چیزی

بپردازند. این متن فقط به معرفی چگونگی کارکرد فن‌آوری‌های انرژی می‌پردازد، و همچنین برای انجام محاسبات مرتبه اول بر روی نحوه راه‌اندازی مناسب سیستم‌ها، توانایی و پیش‌زمینه‌ی فنی کافی را فراهم می‌سازد. به این معنا که به عنوان مثال، با توجه به ویژگی‌های خاص سرعت باد، چگونه می‌توان انرژی تحویل داده شده از یک توربین بادی را برآورد کرد؟ چگونه می‌توانیم تابش خورشید را پیش‌بینی کرده و از آن برای برآورد اندازه‌ی سیستم‌های فتوولتائیک مورد نیاز برای رساندن انرژی مورد نیاز به حد یک پمپ آب، یک خانه، یا یک ایستگاه رله‌ی مخابراتی ایزوله شده استفاده کنیم؟ ما چطور می‌توانیم اندازه سلول سوختی را هم برای برق و گرمای یک ساختمان فراهم کنیم و به چه میزان هیدروژن باید عرضه شود تا قادر به انجام چنین کاری باشیم؟ چگونه می‌توانیم ارزیابی کنیم که آیا سرمایه‌گذاری در این سیستم‌ها، به لحاظ اقتصادی تصمیمی منطقی است؟ به این معنا که این کتاب در عین کلی‌گری و کاربردی بودنش ضمن تأکید که در برآورد منابع دارد، در واقع اندازه سیستم و ارزیابی اقتصادی را ارائه می‌دهد.

از آنجا که برخی از دانش‌آموختگان ممکن است تا به حال هیچ زمینه‌ی از مهندسی برق نداشته باشند، در فصل اول مفاهیم پایه‌ای برقی و مغناطیسی مورد نیاز را برای درک مدارهای الکتریکی معرفی خواهیم کرد و از آنجا که اکثر دانش‌آموختگان، در عین این که تا به حال دوره‌های خوبی در مهندسی برق داشته‌اند، هیچ زمینه عملی نسبت به موضوعاتی برق قدرت از قبیل ضریب قدرت، خطوط انتقال، برق سه فاز، تأمین توان و کیفیت توان نداشته‌اند، مطالبی در فصل دوم داده شده است.

فصل ۳ یک نمای کلی از توسعه‌ی صنعت برق امروز، از جمله تکامل نظارتی و تاریخی این صنعت و تولید تخصصی برق را ارائه می‌دهد. این فصل برای درک پایه‌ای موتورهای حرارتی و نحوه‌ی ارتباطشان با نیروگاه مدرن چرخه بخار، توربین گاز، ترکیب چرخه، و نیروگاه تولید همزمان، فرآیندهای ترمودینامیک مورد نیاز را در بطور سطحی توضیح داده است.همچنین برش مقدماتی از ترکیب مختلف نیروگاه‌هایی ارائه داده شده است که بصرفه‌ترین حالت را در سیستم‌های بهینه قدرت دارند.

خطوط انتقال بزرگ، ایستگاه‌های توان مرکزی به سیستم‌های کوچکتر نسل توزیع در فصل ۴ شرح داده شده است. این فصل بر گرمای ترکیب شده و سیستم‌های قدرت تأکید دارد و مجموعه‌ای کوچک، فن‌آوری کارآمد، از جمله موتورهای احتراق داخلی رفت و برگشتی، میکرو توربین‌ها، موتورهای استرلینگ، بشقاب توان خورشیدی متمرکز و سیستم‌های تغار، میکرو برق آبی، و سیستم‌های زیست محیطی برای تولید برق را معرفی می‌کند. توجه خاصی به درک ساختار پیل‌های سوختی و پتانسیل آن‌ها شده است و این امر به هدف تبدیل آنها به سیستم‌های تبدیل توان بزرگ انجام می‌گیرد.

با علم باینکه مؤثرترین روش‌ها استفاده از این منابع است، مفهوم منابع در هرکدام از دو سمتی که برق اندازه‌گیری شده، گسترش یافته است، و این موضوع با تأکید ویژه‌ای که بر تکنیک‌های ارزیابی ویژگی‌های اقتصادی فن‌آوری‌ها دارد، در فصل ۵ معرفی شده است. منحنی‌های منابع تبدیل انرژی که در سمت تقاضا عرضه شده است، همراه با تولید اقتصادی همزمان در سمت منبع، ارائه شده است. توجه دقیق به بررسی مزایای اقتصادی و زیست محیطی باعث بهره‌وری از انرژی حرارتی تلفاتی و فن‌آوری‌هایی برای تبدیل آن به خدمات انرژی مفید از قبیل تهویه مطبوع، شده است.

فصل ۶ به طور کامل درباره توان باد است. توربین‌های بادی به اقتصادی‌ترین سیستم‌های انرژی تجدیدپذیر موجود امروزی تبدیل شده‌اند و در حال حاضر با تمام سیستم‌های معمولی تولیدکننده امروزی رقابت اساسی دارند. این فصل تکنیک‌های ارزیابی توان موجود در باد و اینکه چگونه می‌توان به طور مؤثر آن را گرفته و در

توربین‌های بادی مدرن به برق تبدیل کرد را گسترش داده است. تجزیه و تحلیل آمارهای وزش باد با ویژگی‌های توربین باعث می‌شود تا بتوانیم میزان انرژی و بخش اقتصادی سیستم‌های حلقه‌ای مختلفی از توربین بادی را به اندازه‌ی نیاز یک خانه، با مزارع بادی بزرگ تخمین زده و باید دانست که همین مزارع در سراسر ایالات متحده، اروپا و آسیا به سرعت در حال رشد هستند.

با توجه به اهمیت نور خورشید به عنوان یک منبع انرژی تجدیدپذیر، فصل ۷ مجموعه‌ای نسبتاً کامل از معادلاتی است که می‌توانند درطول روشنایی روز مصارف منابع خورشیدی موجود در هر مکان و زمان بر روی زمین را تخمین و توسعه دهند. اطلاعاتی واقعی نیز از انرژی خورشیدی موجود در سرتاسر مکان‌های مختلفی از ایالات متحده آمریکا نیز ارائه شده است، و روش‌هایی نیز برای بهینه‌سازی داده به منظور طراحی سیستم‌های خورشیدی اولیه ارائه شده است.

فصل ۸ و ۹ نیز بخش زیادی از موادی که در تبدیل انرژی خورشیدی به الکتریسیته در فتوولتائیک (PVs) استفاده می‌شوند را عنوان کرده است. فصل ۸ فیزیک پایه‌ای PVs و مدل‌هایی از مدار معادلی را که برای درک رفتار الکتریکی آن‌ها مفید هستند، را توصیف می‌کند. فصل ۹ با تأکیدی که بر شبکه متصل، طرح‌های پشت بام، سیستم‌های مستقل خارج از شبکه و سیستم‌های پمپ آب PV دارد روشی بسیار طراحی‌گرایانه را برای سیستم‌های PV معرفی می‌کند.

این منطقی و معقول است که بگویم این کتاب بیش از سه و نیم دهه در دست نگارش بوده است، یعنی از شروع تأثیری که دنیس هیز و روز زمین در سال 1970 در تغییر زندگی حرفه‌ای من از نیمه‌هادی‌ها و منطق کامپیوتر به مهندسی محیط زیست داشته‌اند. پس از آن نیز مقاله‌ی پیشگامانه آموری لاوینز "مسیر انرژی نرم: عقب مانده؟" (امور خارجه، 1976) بوده است که توجه من را به رابطه‌ی بین انرژی و محیط زیست و نقش مهمی که بهره‌برداری از این انرژی‌های تجدیدپذیر باید در چالش‌های آینده بازی کند جلب کرد. تجزیه و تحلیل نفوذ آرت روزنفلد در دانشگاه کالیفرنیا، برکلی، و دیدگاه‌های سیاسی دانا از رالف کونگ در شورای دفاع از منابع طبیعی، همه و همه مسیر هدایتی ثابت و الهام‌بخش بوده‌اند. این‌ها در واقع عواملی هستند که باعث پیشبرد این حرکت بوده‌اند، اما نقش دانشجویان چالش‌انگیز، متعهد و علاقه‌مندم در کلاس‌های دانشگاه استنفورد که مرا قوت بخشیده، هیجان‌زده کرده و در طول سال‌ها انرژی داده‌اند بسیار زیاد است، و من بخاطر تشویق‌ها و دوستی‌شان عمیقاً مدیون آنها هستم.

من به طور خاص می‌خواهم از جوئل سویشر در مؤسسه‌ی کوه‌های راکی برای کمک مناسبش در بحث مولدهای پراکنده و همچنین از جان کومی در آزمایشگاه ملی لارنس برکلی برای بررسی اثرات ترکیب گرما و توان و اریک یانگرن برای بررسی تأثیر سایه و باران بر انرژی خورشیدی و تأثیرش در بخش توان میکرو آبی و سیستم‌های فتوولتائیک تشکر کنم. من به ویژه می‌خواهم از برایان پالمینتیر برای مطالعه دقیق نسخ خطی و پیشنهادات بسیاری که به منظور بهبود خوانایی و دقت کتاب داده شده، تشکر کنم. در نهایت، به مانند هر شب عینکم را بالا می‌برم، به افتخار همسرم مری، که کمک می‌کند تا خورشید هر روز در زندگیم بتابد.

گیلبرت م. مسترز
اورکاس
آوریل ۲۰۰۴

مقدمه‌ای از مترجم

ثنا و حمد بی‌پایان خدا را که صنعش در وجود آورد ما را

سپاس خداوندی را سزاست که هر آنچه هست از لطف و رحمت اوست و سلام و صلوات بیکران بر اشرف مخلوقات و سید کائنات وجود مقدس پیامبر خاتم حضرت محمد مصطفی (ص) و خاندان مبارک ایشان.

کتابی که پیش روی شما عزیزان است ترجمه کتاب (Renewable and Efficient Electric Power Systems) تألیف پروفسور گیلبرت م. مسترز استاد دانشگاه استنفورد می‌باشد که یکی از معتبرترین کتاب‌های انرژی‌های نو به شمار می‌آید. این کتاب در ایران نیز مانند اکثر دانشگاه‌های جهان در دوره‌های برق و رشته‌های وابسته تدریس می‌شود و شامل جدیدترین مباحث در زمینه انرژی‌های سبز و تجدیدپذیر می‌باشد که با مثال‌های متعددی که در هر بخش آورده شده سبب تکمیل فرآیند یادگیری می‌شود.

لازم به ذکر است که همکاران و دوستان بسیاری ما را در ترجمه این اثر یاری داده‌اند که از همگی آن‌ها سپاسگزاریم. به خصوص از سرکار خانم مهندس پیمانه شیرازی، جناب مهندس محمد میثم روحی، مهندس اکبر جاویدان فرد، مهندس مجید محبت، مهندس الناز یعقوبی، مهندس فاطمه ملکیان و مهندس روزبه احمدی، که در ویرایش این کتاب ما را یاری نموده‌اند، نهایت شکر و قدردانی را داریم.

در ترجمه کتاب نهایت امانتداری رعایت شده و هیچ بخشی از کتاب حذف نشده است. ضمناً مجموعه از پیوست‌های تخصصی در انتهای کتاب به صورت پیوست افزوده شده است.

در انتها یادآور می‌شود هرگونه نظر، پرسش و انتقاد و پیشنهاد از سوی مترجمین مورد استقبال می‌باشد و در چاپ و ویرایش آتی لحاظ خواهد شد.

سید ابراهیم افجه‌ای
(e-afjei@sbu.ac.ir)
علیرضا سیادتان
(a_siadatan@sbu.ac.ir)