

بسم الله الرحمن الرحيم

تولید و نیروگاه‌های انرژی الکتریکی

تألیف:

دکتر مرتضی محمدی اردبیلی

دانشیار و عضو هیئت علمی دانشکده مهندسی برق دانشگاه صنعتی امیرکبیر

زمستان ۱۳۸۹

سرشناسه : محمدی ارده‌الی، مرتضی، ۱۳۳۷ -
 عنوان و نام پدیدآور: تولید و نیروگاه‌های انرژی الکتریکی / تألیف مرتضی محمدی ارده‌الی.
 مشخصات نشر : تهران: دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۳۸۹.
 مشخصات ظاهری: ۵۲۸ ص.؛ مصور، جدول، نمودار.
 شابک : 978-964-463-410-9
 وضعیت فهرست‌رسانی: فبیا.
 یادداشت : واژه نامه .
 یادداشت : کتابنامه: ص. [۵۰۵] - ۵۱۰.
 یادداشت : نمایه.
 موضوع : برق -- تولید -- راهنمای آموزشی (عالی)
 موضوع : برق نیرو -- انتقال -- راهنمای آموزشی (عالی)
 موضوع : برق نیرو -- توزیع -- راهنمای آموزشی (عالی)
 شناسه افزوده : دانشگاه صنعتی امیرکبیر.
 رده‌بندی کنگره : ۱۳۸۹ ت ۹۳۳ / ۱۰۰۱ TK
 رده‌بندی دی‌ریبی : ۶۲۱/۳۱۰۷۶
 شماره کتابشناسی ملی : ۲۲۲۲۲۳

این کتاب در جلسه مورخ ۱۳۸۸/۳/۲۷ شورای چاپ و
 نشر دانشگاه صنعتی امیرکبیر به تصویب رسید.



انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر
 (پلی تکنیک تهران)

عنوان کتاب : تولید و نیروگاه‌های انرژی الکتریکی
 تألیف : دکتر مرتضی محمدی ارده‌الی
 ناشر : انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)
 لیتوگرافی، چاپ و صحافی : انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)
 چاپ اول : زمستان ۱۳۸۹
 تیراژ : ۵۰۰ نسخه
 قیمت : ۱۰۸۰۰ تومان
 شابک : ۹۷۸-۹۶۴-۴۶۳-۴۱۰-۹
 تلفن مرکز پخش: ۶۶۳۹۸۸۶۸
 ISBN: 978-964-463-410-9

آدرس: خیابان ولی عصر، روبروی خیابان بزرگمهر، فروشگاه کتاب مرکز نشر دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)

حق چاپ برای ناشر محفوظ است

فهرست مطالب

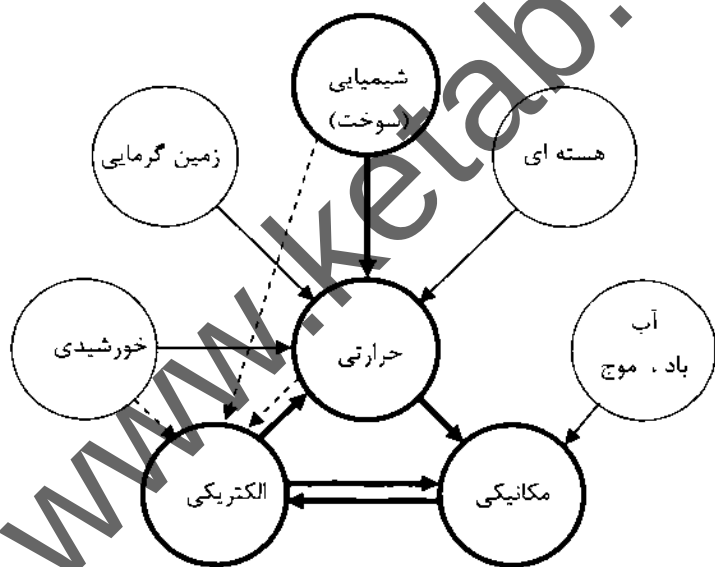
	پیشگفتار
۱	فصل اول: سوخت های فسیلی و احتراق
۱۹	فصل دوم: نیروگاههای حرارتی بخار
۶۳	فصل سوم: نیروگاههای گازی و دیزلی
۱۱۷	فصل چهارم: نیروگاههای برقآبی
۱۶۹	فصل پنجم: نیروگاههای هسته ای
۲۳۱	فصل ششم: تجهیزات مکانیکی
۲۹۵	فصل هفتم: تجهیزات الکتریکی
۳۳۹	فصل هشتم: تولید انرژی الکتریکی از منابع تجدید پذیر
۴۰۹	فصل نهم: سیستم های تولید همزمان
۴۲۹	فصل دهم: سرویسهای جانبی نیروگاه و بازار برق
۴۴۳	فصل یازدهم: بازیافت انرژی در نیروگاهها
۴۵۹	فصل دوازدهم: برنامه ریزی واحدهای نیروگاهی پمپ ذخیره و حرارتی
۴۷۷	فصل سیزدهم: بهره برداری اقتصادی از نیروگاهها
۴۹۱	ضمائم
۵۰۵	منابع
۵۱۱	نمایه
۵۱۵	واژه نامه

پیشگفتار

انرژی الکتریکی در توسعه زندگی انسان سهم به سزایی دارد و زمینه سازی فنی صحیح در این راستا از اهمیت ویژه ای برخوردار است. بر اساس آمارها، نرخ افزایش سالیانه مصرف انرژی الکتریکی بر روی زمین برابر با $2/6\%$ درصد و در کشورهای در حال توسعه معادل 5% درصد برآورد می شود که تقریباً دو برابر میانگین جهانی است. بر این اساس، توسعه دانش تولید انرژی الکتریکی امری اجتناب ناپذیر می نماید. در حال حاضر، اغلب سیستم های تولید انرژی الکتریکی از منابع انرژی تجدید ناپذیر مانند سوخت های فسیلی و هسته ای برای تولید توان استفاده می کنند، ولی انتظار می رود انتشار آلاینده های زیست محیطی که در اثر استفاده از اینگونه منابع حاصل می شود بهره برداری از آنها را محدود نماید و بکارگیری نیروگاههایی که مبتنی بر منابع انرژی های تجدید پذیر مانند خورشید و باد هستند افزایش یابد. از دهه ۱۹۸۰ تا کنون، هزینه اولیه تولید انرژی الکتریکی از باد کاهش ۸۰ درصدی داشته است و امروزه هزینه تولید به 0.05 دلار به ازای هرکیلووات ساعت رسیده است. برای سیستمهای خورشیدی فتوولتایک، نرخ تولید انرژی الکتریکی در محدوده $0.15 - 0.12$ دلار به ازای هرکیلووات ساعت می باشد که با پیشرفت تکنولوژی انتظار می رود روند نزولی مطلوب طی کند.

آنچه در این کتاب مورد بحث قرار می گیرد شامل معرفی، نحوه بررسی و تحلیل عملکرد انواع سیستم های تولید انرژی الکتریکی و تجهیزات مربوطه می شود. بررسی روشهای مختلف تولید انرژی الکتریکی نیازمند شناخت بهتر از سیستمهای تبدیل انرژی می باشد که به صورت شماتیک در شکل (۱) نشان داده شده است. متداول ترین روشی که برای تولید انرژی الکتریکی مورد استفاده قرار می گیرد، تبدیل انرژی شیمیایی سوختههای فسیلی به انرژی حرارتی و سپس انرژی مکانیکی به انرژی الکتریکی است که در نیروگاههای بخاری و گازی انجام می پذیرد. یکی از راههای مطلوب تر برای تولید انرژی الکتریکی، استفاده از انرژی مکانیکی بدست آمده از منابع تجدید پذیر

مانند انرژی خورشیدی، آب، باد، امواج و جزر و مد است که آثار مخرب زیست محیطی محصولات احتراق سوخت های فسیلی را به همراه ندارد. پس از مراحل تبدیل انرژی شیمیایی به انرژی مکانیکی و سپس تبدیل به انرژی الکتریکی در نیروگاه ها، شبکه سراسری امکان انتقال و توزیع انرژی الکتریکی را برای تبدیل مجدد آن به انرژی مکانیکی از طریق موتورهای الکتریکی و یا تبدیل آن به انرژی حرارتی از طریق مقاومت الکتریکی فراهم می کند. خطوط نقطه چین در شکل (۱) نشانگر آن است که تکنولوژی تبدیل انرژی از نظر فنی وجود دارد ولی در حال حاضر به دلایل مختلف ممکن است توجیه اقتصادی و قابلیت رقابت با دیگر تکنولوژیهای متعارف وجود نداشته باشد.



شکل (۱): شماتیک انواع روشهای تبدیل انرژی

نتایج سالهای متمادی تدریس، تحقیق و مشاوره در خارج و داخل کشور در زمینه تبدیل انرژی در نگارش این کتاب موثر واقع گردیده است به گونه ای که نه تنها درک نسبتا ساده ای را برای دانشجو از طریق مدلسازی فیزیکی، مثالها و مسائل در انتهای هر فصل فراهم می آورد، بلکه ایجاد انگیزه برای تحلیل جزییات و تحقیق نیز می نماید.

فصول اول تا دهم این کتاب برای تدریس در یک نیم سال، ترجیحاً در سال سوم و یا چهارم کارشناسی، طراحی شده است. فصول دهم به بعد حاوی مباحث پیشرفته می باشند که می توانند برای موضوعات تحقیقاتی دانشجویان بکار گرفته شوند. در حالیکه اشراف کامل به مباحث قانون اول و دوم ترمودینامیک به عنوان پیش نیاز برای این درس ضروری است، در فصلهای اولیه کلیات این مباحث در قالب مثالهای متعدد به صورت خلاصه مطرح گردیده است و اجازه ورود به بحث و بهره برداری از کتاب را فراهم می کند.

ترتیب ارائه مطالب بر اساس سرفصلهای مصوب درس تولید و نیروگاه توسط وزارت علوم تحقیقات و فناوری می باشد. در فصل اول، اصول تجزیه و تحلیل سوختهای گازی و جامد از قبیل گاز طبیعی و زغال سنگ مورد استفاده در نیروگاهها ارائه شده است. مدلسازی و نحوه تحلیل نیروگاههای بخاری و گازی در فصلهای دوم و سوم پوشش داده شده اند و معرفی تجهیزات به صورت تدریجی از مقدماتی ترین اجزا انجام گرفته و اثر بخشی هریک بر عملکرد نیروگاه مورد تحلیل قرار گرفته است. نیروگاههای برقآبی در فصل چهارم ارائه می شود. در فصل پنجم، مبانی نیروگاههای هسته ای مورد بررسی قرار می گیرد. تجهیزات مکانیکی و الکتریکی نیروگاهها به ترتیب در فصلهای ششم و هفتم پوشش داده شده اند. نحوه مدلسازی و بهره برداری از منابع تجدیدپذیر در فصل هشتم ارائه شده است. در فصل نهم، مباحث پیشرفته در باره نحوه بکارگیری سیستمهای تولید همزمان آورده شده است که دانشجویان را نیز با الگوریتم رُنْتیک و کاربرد آن در جهت بهینه سازی آشنا می سازد.

از آنجا که در سیستمهای تولید توان الکتریکی در هر لحظه امکان خارج شدن یک یا چند ژنراتور یا خط انتقال از شبکه وجود دارد، پیش بینی برای تولید توان اضافی به عنوان یک سرویس جانبی و جلوگیری از خاموشی ضروری است. سرویسهای جانبی نیروگاهها در یک بازار برق تجدید ساختاریافته که سهم بسزایی در خصوصی سازی نیروگاهها دارد در فصل دهم ارائه شده است.

در فصل یازدهم، بازیافت انرژی در نیروگاهها به صورت تحلیلی ارائه و نتایج بدست آمده جهت سیاستگذاری مورد بررسی قرار گرفته است.

مدیریت تولید انرژی الکتریکی در ساعات بیشینه بار از طریق سیستم های پمپ ذخیره که معمولاً در طراحی تمامی نیروگاههای برقآبی لحاظ می شوند در فصل دوازدهم

مطرح میشود. نحوه تعریف تابع هدف و اعمال قیود برای یک شبکه استاندارد IEEE که از دو سیستم پمپ ذخیره بهره می برد جهت آشناسازی دانشجویان با برنامه ریزی و بهره برداری از نیروگاهها به صورت کامل ارائه گردیده است. در پایان، بحث بهره برداری اقتصادی از نیروگاهها در فصل سیزدهم مورد بررسی قرار می گیرد.

همکاران دانشمند پروفسور T.F. Smith و پروفسور C.C.Adams در دانشگاه ایالتی آیوا (Iowa State University of Science and Technology) در ایالات متحده آمریکا فرصتهای متعدد مطالعاتی و تحقیقاتی در زمینه تبدیل انرژی برای اینجانب در طی دوره فوق- دکتری و سالهای اخیر فراهم نمودند که خود را مدیون حمایت بی دریغ آنان می دانم.

بدینوسیله از نکات ارزشمند و ویراستاری علمی برخی از فصول توسط همکاران ارجمند پروفسور گیورگ قره پتیان و دکتر سیدحسین حسینیان از دانشکده مهندسی برق دانشگاه صنعتی امیرکبیر صمیمانه تشکر می کنم. در آماده سازی و پردازش مطالب این کتاب دانشجویان متعددی در طی سالهای متوالی سهمیم بوده اند که بدینوسیله از آنها تشکر و قدردانی می شود.

بدون تردید، آثار زحمات بیدریغ پدر بزرگوار و مرحومه مادر در هر نفس از زندگی و واژگان این کتاب نقش بسته است. همسر گرامی و فرزندانمان همواره مشوق اصلی برای تحمل ساعات طولانی کاری بوده اند که از آنها نهایت تشکر را دارم. امیدوارم که استادان و دانشجویانی که از این کتاب استفاده می کنند مرا از انتقادهای سازنده خود بهره مند سازند.

و منالتوفیق

مرتضی محمدی اردهالی

دانشگاه صنعتی امیر کبیر (پلی تکنیک تهران)