

تولید برق در نیروگاه

(ویرایش سوّم)

تألیف:

دکتر رحمت الله هوشمند

(استاد گروه مهندسی برق)

دانشگاه اصفهان

زمستان ۱۳۹۵

- سرشناسه : هوشمند، رحمت‌الله، ۱۳۴۶-
 عنوان و نام پدیدآور : تولید برق در نیروگاه‌ها / تألیف: رحمت‌الله هوشمند.
 وضعیت ویراست : [ویراست ۳]
 مشخصات نشر : اصفهان: دانشگاه اصفهان، ۱۳۹۵.
 مشخصات ظاهری : ۶۷۶ص: مصور، جدول، نمودار.
 فروست : انتشارات دانشگاه اصفهان؛ ۶۶۸
 شابک : ۹۷۸-۶۰۰-۱۱۰-۱۳۲-۸
 وضعیت فهرست نویسی : فیبا
 یادداشت : چاپ قبلی: دانشگاه شهید چمران، ۱۳۸۷.
 یادداشت : واژه‌نامه.
 یادداشت : نمایه.
 موضوع : برق — تولید
 موضوع : Electric Power Production
 موضوع : نیروگاه‌های برق
 موضوع : Electric Power Plants
 شناسه افزوده : دانشگاه اصفهان
 رده بندی کنگر- : ۶۲/۳۰۷
 رده بندی دیویی : ۶۰۸۸۹
 شماره کتابشناسی ملی :



انتشارات دانشگاه اصفهان

عنوان کتاب: تولید برق در نیروگاه‌ها «ویرایش سوم»

تألیف: دکتر رحمت‌الله هوشمند

ناشر: دانشگاه اصفهان

نوبت چاپ: چاپ اول - زمستان ۱۳۹۵

شمارگان: ۱۰۰۰ جلد

چاپ و صحافی: چاپخانه دانشگاه اصفهان

قیمت: ۲۲۰/۰۰۰ ریال

کلیه حقوق نشر برای ناشر محفوظ است

مراکز فروش کتاب:

اصفهان: میدان آزادی - خیابان دانشگاه - فروشگاه کتاب دانشگاه اصفهان

تلفن: ۰۳۱-۳۷۹۳۲۱۷۷ پست الکترونیکی: Press@ui.ac.ir

تهران: میدان انقلاب - خیابان شهید لبافی نژاد - بین ۱۲ فروردین و اردیبهشت - پلاک ۳۳۸

مؤسسه کتابیران، مرکز پخش کتاب‌های دانشگاهی - تلفن: ۰۲۱-۶۶۴۹۴۴۰۹ - ۶۶۴۱۱۱۷۳ - ۰۲۱

پیش گفتار

با توجه به نقش حیاتی انرژی الکتریسته در ساختار زیربنایی صنعت و اقتصاد کشور، لزوم توجه به نیروگاه‌های برقی به عنوان منبع اصلی تولید انرژی الکتریسته اهمیت بسیاری پیدا می‌کند. توان تولیدی این نیروگاه‌ها از طریق شبکه‌ی سراسری به شهرها و مراکز صنعتی، کشاورزی، تجاری و ... منتقل می‌شود تا چرخه‌ی اقتصادی کشور به حرکت درآید. در واقع بدون وجود نیروگاه‌ها، سامان گفتن از مقوله‌ای به نام صنعت برق بیهوده است.

در زمینه‌ی نصب و راه‌اندازی، بهره‌برداری، نگهداری و تعمیرات نیروگاه‌ها، مهندسان مختلفی وجود دارند که از مهارت‌های آن‌ها می‌توان به مهندسان برق و مکانیک اشاره نمود. با توجه به اینکه مهندسان برق شاغل در نیروگاه‌ها باید از تمام قسمت‌های آن‌ها، اعم از تجهیزات الکتریکی و مکانیکی اطلاعات کافی داشته باشند، لذا درسی به همین منظور با نام تولید نیروگاه در دروس کارشناسی مهندسی برق- قدرت، گنجانده شده است. به همین منظور در این کتاب تلاش شده است تا ضمن ارائه‌ی تصویری کامل از مسائل موجود در انواع نیروگاه‌های برقی، مرجع مناسبی نیز برای درس تولید نیروگاه (مخصوص دانش‌آموزان مهندسی برق) مهیا شود.

مطالب این کتاب در دوازده فصل مستقل از هم تهیه شده است؛ به گونه‌ای که خوانندگان بتوانند هر فصل را بدون پیش‌نیاز دیگر فصل‌ها مطالعه کنند. در فصل اول به وضعیت صنعت برق کشور از مرحله‌ی تولید تا انتقال و سپس نحوه‌ی توزیع آن اشاره شده است. نحوه‌ی انتخاب نوع نیروگاه‌ها و موقعیت نصب آن‌ها در فصل دوم بررسی شده است. در این فصل، هزینه‌های اساسی نیروگاه‌ها دسته‌بندی شده و سپس با توجه به این هزینه‌ها، نحوه‌ی انتخاب نیروگاه‌ها ارائه شده است. در فصل‌های سوم تا ششم، مباحث مکانیکی نیروگاه‌های بخاری، گاز، چرخه‌ترکیبی، آبی و هسته‌ای بیان شده است. در این فصل‌ها علاوه بر مطالعه‌ی سیکل‌های تولید انرژی الکتریکی، تجهیزات اساسی این نیروگاه‌ها و مسائل و شرایط مرتبط با هر نیروگاه نیز تشریح شده است. با توجه به اهمیت نیروگاه‌های با انرژی‌های نو (یا انرژی‌های تجدیدپذیر) و تولیدهای پراکنده، بر آن شدیم تا در ویرایش جدید این کتاب، به این مباحث اشاره شود. لذا در فصل هفتم، مهم‌ترین نوع نیروگاه‌های با انرژی‌های تجدیدپذیر به بحث گذاشته می‌شود. سپس با توجه به گسترش منابع

تولیدی با ظرفیت کم در شبکه‌های توزیع و فوق توزیع (که با نام منابع تولید پراکنده خوانده می‌شوند)، در فصل هشتم، ساختار این نوع مولدها تشریح می‌گردد.

با وجود تفاوت‌های اساسی در سیکل‌های ترمودینامیکی و تجهیزات مکانیکی نیروگاه‌ها، سیستم‌ها و تجهیزات الکتریکی آن‌ها تقریباً مشابه هم هستند. لذا در فصل‌های نهم تا دوازدهم، به مباحث الکتریکی نیروگاه‌ها اشاره گردیده است. در فصل نهم، نحوه‌ی تأمین مصرف داخلی نیروگاه‌ها بیان می‌گردد. ژنراتورها به‌عنوان مولدهای انرژی الکتریکی در فصل دهم مورد بحث قرار گرفته‌اند. در این فصل، ابتدا قسمت‌های اصلی ژنراتورها تشریح شده است و سپس مسائل بهره‌برداری از نیروگاه‌ها و نحوه‌ی سنکرونیزم آن‌ها ارائه شده است. به‌علاوه، سیستم‌های کنترل ولتاژ و فرکانس نیروگاه‌ها به‌عنوان دو عامل مهم در بهره‌برداری صحیح و مناسب از آن‌ها در فصل یازدهم بیان گردیده است. نهایتاً در فصل دوازدهم، ترانسفورماتور نیروگاه‌ها و اجزای اصلی، و نحوه‌ی موازی نمودن آنها با بحث گذاشته شده است.

در تمام فصل‌های کتاب حاضر سعی شده است تا به‌منظور درک بهتر و بالا بردن یادگیری مطالب و به تناسب موضوع، اطلاعات در ستر نیروگاه‌های برق ایران بیان گردد تا مطالعه‌کنندگان، علاوه بر آشنایی با مطالب نظری، با مشخصات واقعی تجهیزات انواع نیروگاه‌های ایران نیز آشنایی پیدا کنند.

در این جا لازم است از کلیه‌ی همکاران و دانشجویان در راه کارشناسی خود که مرا در تکمیل و ویرایش جدید این کتاب تشویق نموده‌اند، تشکر کنیم. همچنین از کلیه‌ی خوانندگان و صاحب‌نظران، که با ارسال پیشنهادها، دیدگاه‌ها و انتقادهای خود، ما را در ارائه‌ی هر چه بهتر مطالب در این کتاب یاری نمودند، قدردانی می‌کنم. امید است که این روند اصلاحی همچنان ادامه یابد.

دکتر رحمت‌الله هوشمند

زمستان ۱۳۹۵

فهرست مطالب

عنوان

صفحه

فصل اول: نگاهی گذرا به وضعیت صنعت برق در ایران

۱-۱- انواع نیروگاه‌های تولید برق	۱۰
۲-۱- عرضه و تقاضای انرژی برق	۵
۳-۱- تولید نیروگاه‌ها در ایران	۱۰
۱-۳-۱- قدرت نصب شده	۱۰
۲-۳-۱- قدرت عملی - روزه‌ها	۱۴
۴-۱- تراز بار و انرژی در شبکه برق	۱۶
منابع و مآخذ	۱۸

فصل دوم: انتخاب نوع نیروگاه‌ها و موقعیت نصب آن‌ها

۱-۲- مقدمه	۱۹
۲-۲- تعاریف اساسی	۱۹
۳-۲- منحنی بار شبکه	۲۴
۴-۲- منحنی مرتب شده بار و منحنی انرژی مصرفی	۲۶
۵-۲- مسائل اقتصادی نیروگاه‌ها	۳۰
۱-۵-۲- هزینه‌های ثابت سالیانه	۳۱
۲-۵-۲- رابطه‌ی هزینه‌ی ثابت سالیانه	۳۱
۳-۵-۲- هزینه‌های متغیر سالیانه	۳۲
۴-۵-۲- رابطه‌ی هزینه‌ی متغیر سالیانه	۳۳
۵-۵-۲- هزینه‌ی کل سالیانه‌ی نیروگاه	۳۳

۳۵.....	۶-۲- هزینه‌های ثابت و متغیر نیروگاه بخاری
۳۵.....	۷-۲- هزینه‌های ثابت و متغیر نیروگاه گازی
۳۶.....	۸-۲- هزینه‌های ثابت و متغیر نیروگاه آبی
۳۶.....	۹-۲- هزینه‌های ثابت و متغیر نیروگاه هسته‌ای
۳۷.....	۱۰-۲- عوامل مؤثر در کاهش هزینه تولید نیروگاه‌ها
۳۸.....	۱۱-۲- انتخاب نوع نیروگاه‌ها با توجه به هزینه آن‌ها
۴۱.....	۱۲-۲- انتخاب موقعیت نیروگاه
۴۴.....	۱۳-۲- ساختار پیل نیروگاه بخاری
۴۴.....	۱۳-۲- مقدمه
۴۴.....	۱۳-۲- عوامل مؤثر در ساختار نیروگاه بخاری
۵۱.....	۱۴-۲- ساختار کلی یک نیروگاه گازی
۵۳.....	۱۵-۲- سؤالات مروری
۵۴.....	منابع و مآخذ

فصل سوم: نیروگاه‌های بخاری

۵۵.....	۱-۳- مقدمه
۵۷.....	۲-۳- سیکل ترمودینامیکی نیروگاه بخاری
۵۷.....	۱-۲-۳- مقدمه
۵۸.....	۲-۲-۳- سیکل کارنو با استفاده از بخار آب
۶۰.....	۳-۲-۳- سیکل رانکین
۶۲.....	۴-۲-۳- سیکل رانکین با افزایش دمای سیال ورودی به توربین
۶۳.....	۵-۲-۳- سیکل رانکین با افزایش دما و فشار سیال ورودی به توربین
۶۴.....	۶-۲-۳- سیکل رانکین با کاهش فشار سیال خروجی از توربین
۶۵.....	۷-۲-۳- سیکل رانکین با سوپرهیتر و ری‌هیتر

۶۷.....	۸-۲-۳- سیکل رانکین با تحول بازیاب
۷۲.....	۹-۲-۳- سیکل عملی قدرت در نیروگاه‌های بخاری
۷۴.....	۳-۳- دیگ بخار و تجهیزات جانبی آن
۷۴.....	۱-۳-۳- مقدمه
۷۷.....	۲-۳-۳- انومایزر
۷۸.....	۳-۳-۳- ران
۷۹.....	۴-۳-۳- بولهای دما، بولهای محفظه احتراق یا اواپراتور
۸۰.....	۵-۳-۳- سوپرهایر
۸۲.....	۶-۳-۳- دی سوپرهایتر، اداپراتور
۸۴.....	۷-۳-۳- ری‌هایترها
۸۶.....	۴-۳- گرمکن‌های آب تغذیه و دی‌اریتر
۸۶.....	۱-۴-۳- گرمکن‌های آب تغذیه
۸۷.....	۲-۴-۳- دی‌اریتور
۸۹.....	۵-۳- کوره یا محفظه احتراق
۸۹.....	۱-۵-۳- مشخصات سوخت مایع مصرفی در کوره
۹۰.....	۲-۵-۳- ساختمان مشعل‌ها و روش‌های پودر کردن سوخت مازوت
۹۲.....	۶-۳- تجهیزات جانبی دیگ بخار
۹۲.....	۱-۶-۳- گرمکن هوا
۹۴.....	۲-۶-۳- دریچه‌های کنترل هوا یا دمپرها
۹۴.....	۳-۶-۳- دودکش
۹۶.....	۷-۳- فن‌های نیروگاه
۱۰۰.....	۸-۳- والوها
۱۰۰.....	۹-۳- سیستم‌های کنترلی مرتبط با دیگ بخار
۱۰۰.....	۱-۹-۳- مقدمه

۱۰۱.....	۳-۹-۲- سیستم کنترل آب تغذیه
۱۰۵.....	۳-۹-۳- سیستم کنترل درجه حرارت بخار
۱۰۷.....	۳-۹-۴- کنترل فشار بخار
۱۰۷.....	۳-۹-۵- کنترل سیستم احتراق
۱۰۹.....	۳-۱۰-۱- کندانسور
۱۰۹.....	۳-۱۰-۱- مقدمه
۱۰۹.....	۳-۱۰-۲- اصول کار و وظایف کندانسور
۱۱۰.....	۳-۱۰-۳- دستگای تخلیه‌ی هوا
۱۱۲.....	۳-۱۰-۴- انواع کنسورها از نظر ساختمان قرار گرفتن آنها
۱۱۳.....	۳-۱۰-۵- انواع کنسورها از نظر خنک‌سازی بخار
۱۱۶.....	۳-۱۰-۶- تمیز کردن کندانسور
۱۱۷.....	۳-۱۱-۱- سیستم‌های آب گردشی خنک‌کننده: کنسور
۱۱۷.....	۳-۱۱-۱- مقدمه
۱۱۷.....	۳-۱۱-۲- انواع سیستم‌های خنک کن
۱۱۹.....	۳-۱۱-۳- سیستم یکبار گذر
۱۲۰.....	۳-۱۱-۴- سیستم چرخشی
۱۲۵.....	۳-۱۱-۵- سیستم ترکیبی
۱۲۷.....	۳-۱۲-۱- توربین و تجهیزات جانبی آن
۱۲۷.....	۳-۱۲-۱- مقدمه
۱۲۸.....	۳-۱۲-۲- طبقه‌بندی توربین‌های بخار
۱۳۳.....	۳-۱۲-۳- اجزای مختلف توربین
۱۴۰.....	۳-۱۲-۴- خنک کردن یاتاقان‌ها و روغن آنها
۱۴۱.....	۳-۱۲-۵- کوپلینگ‌ها
۱۴۴.....	۳-۱۲-۶- ترنینگ گیر

۱۴۴.....	۷-۱۲-۳- گلندهای توربین
۱۴۷.....	۱۳-۳- پمپ‌های نیروگاه
۱۵۲.....	۱۴-۳- سؤالات مروری
۱۵۳.....	منابع و مأخذ

فصل چهارم: نیروگاه‌های گازی و چرخه ترکیبی

۱۵۵.....	۱-۴- مقدمه
۱۵۸.....	۲-۴- سیکل قدرت ازی
۱۵۸.....	۱-۲-۴- مقدمه
۱۵۹.....	۲-۲-۴- سیکل استاندارد برایتون
۱۶۱.....	۳-۲-۴- بازده سیکل برایتون
۱۶۴.....	۴-۲-۴- سیکل برایتون با عمل بازیاب
۱۶۶.....	۵-۲-۴- سیکل برایتون با مبدل بازیاب و تراکم چند مرحله‌ای
۱۶۸.....	۶-۲-۴- سیکل برایتون با مبدل بازیاب و انبساط چند مرحله‌ای
۱۶۹.....	۷-۲-۴- سیکل برایتون توربین گازی با تراکم و انبساط پسدم حله‌ای
۱۶۹.....	و عمل بازیاب
۱۷۰.....	۳-۴- تجهیزات نیروگاه گازی
۱۷۰.....	۱-۳-۴- مقدمه
۱۷۰.....	۲-۳-۴- کمپرسور
۱۷۱.....	۱-۲-۳-۴- کمپرسور محوری
۱۷۲.....	۲-۲-۳-۴- کمپرسورهای گریز از مرکز
۱۷۳.....	۳-۳-۴- بازیاب‌ها
۱۷۴.....	۴-۳-۴- محفظه‌ی احتراق
۱۷۸.....	۵-۳-۴- توربین گازی

۱۷۸.....	۶-۳-۴- تجهیزات متصل به محور توربوژنراتور نیروگاه گازی
۱۸۰.....	۷-۳-۴- راه‌اندازی توربین گازی
۱۸۳.....	۸-۳-۴- نحوه‌ی تغییرات گشتاور در زمان راه‌اندازی
۱۸۵.....	۴-۴- نیروگاه‌های چرخه‌ترکیبی
۱۸۵.....	۴-۴-۱- مقدمه
۱۸۹.....	۴-۲- نیروگاه‌های چرخه‌ترکیبی با دیگ‌بخار بازیاب
۱۹۴.....	۴-۳- محاسبات بازده نیروگاه چرخه‌ترکیبی
۱۹۵.....	۴-۵- سؤالات بروری
۱۹۵.....	منابع و مآخذ

فصل پنجم: نیروگاه‌های برق آبی

۱۹۷.....	۵-۱- مقدمه
۱۹۹.....	۵-۲- پتانسیل‌های برق آبی رودخانه‌های ایران
۱۹۹.....	۵-۲-۱- مقدمه
۲۰۰.....	۵-۲-۲- حوضه‌ی کارون
۲۰۱.....	۵-۲-۳- حوضه‌ی دز
۲۰۲.....	۵-۲-۴- حوضه‌ی کرخه
۲۰۲.....	۵-۲-۵- سایر حوضه‌های ایران
۲۰۳.....	۵-۳- منحنی دبی حجمی آب
۲۰۷.....	۵-۴- انتخاب مکان مناسب برای نیروگاه‌های آبی
۲۰۸.....	۵-۵- دسته‌بندی نیروگاه‌های آبی
۲۱۱.....	۵-۶- توربین‌های آبی
۲۱۱.....	۵-۶-۱- مقدمه
۲۱۲.....	۵-۶-۲- سرعت دور مخصوص

۲۱۴.....	۵-۶-۳- توربین پلتون
۲۱۷.....	۵-۶-۴- توربین فرانسيس
۲۱۸.....	۵-۶-۵- توربین کاپلان
۲۲۰.....	۵-۶-۶- توربین‌های لوله‌ای
۲۲۴.....	۵-۷- طرح کلی یک نیروگاه آبی
۲۲۶.....	۵-۸- نیروگاه تا به ذخیره‌ای
۲۲۷.....	۵-۹- پدیده‌ی کاریناسیون در نیروگاه‌های آبی
۲۲۷.....	۵-۹-۱- مراحل ا. باد کاو. سیون
۲۳۱.....	۵-۹-۲- ضریب کاو. سیون نو.
۲۳۳.....	۵-۹-۳- کنترل کاویتاسیون
۲۳۴.....	۵-۱۰- روند انتخاب مشخصات توربین
۲۳۴.....	۵-۱۰-۱- مقدمه
۲۳۴.....	۵-۱۰-۲- داده‌های بهره‌برداری
۲۳۵.....	۵-۱۰-۳- محدوده‌ی ارتفاع ریزش آب
۲۳۶.....	۵-۱۰-۴- انتخاب توربین
۲۳۹.....	۵-۱۱- سؤالات مروری
۲۳۹.....	منابع و مآخذ

فصل ششم: نیروگاه‌های هسته‌ای

۲۴۱.....	۶-۱- مقدمه
۲۴۳.....	۶-۲- مزایای انرژی هسته‌ای بر سایر انرژی‌ها
۲۴۴.....	۶-۳- کاربردهای انرژی هسته‌ای
۲۴۵.....	۶-۴- ساختمان اتم
۲۴۵.....	۶-۴-۱- مقدمه

۲۴۸.....	۶-۴-۲- کاهش جرم و انرژی اجباری
۲۵۱.....	۶-۴-۳- انرژی آزاد شده در واکنش های هسته ای
۲۵۱.....	۶-۵- شکافت هسته ای
۲۵۴.....	۶-۶- ماده ای اورانیوم و خصوصیات آن
۲۵۶.....	۶-۷- تشعشعات رادیواکتیویته
۲۵۸.....	۶-۸- راکتورهای هسته ای
۲۵۹.....	۶-۹- سامان راکتورهای هسته ای
۲۵۹.....	۶-۹-۱- مقدمات
۲۵۹.....	۶-۹-۲- سوخت
۲۶۰.....	۶-۹-۳- میله های کنترل
۲۶۱.....	۶-۹-۴- مدراتور یا کندکننده
۲۶۲.....	۶-۹-۵- خنک کننده ی راکتور
۲۶۴.....	۶-۹-۶- بازتابنده یا رفلکتور
۲۶۴.....	۶-۹-۷- جدار محافظ
۲۶۵.....	۶-۹-۸- مواد ساختمانی
۲۶۶.....	۶-۱۰-۱- راکتورهای قدرت
۲۶۶.....	۶-۱۰-۱- مقدمه
۲۶۶.....	۶-۱۰-۲- راکتورهای با آب تحت فشار
۲۷۵.....	۶-۱۰-۳- قلب راکتور آب تحت فشار
۲۷۵.....	۶-۱۰-۴- راکتور آب جوشان
۲۸۱.....	۶-۱۰-۵- قلب راکتور آب جوشان
۲۸۳.....	۶-۱۰-۶- راکتورهای با خنک کننده ی گازی
۲۸۵.....	۶-۱۰-۷- راکتورهای آب سنگین تحت فشار PHWR
۲۸۷.....	۶-۱۱-۱- راکتورهای سریع

۶-۱۱-۱- مقدمه	۲۸۷
۶-۱۱-۲- فلزات مایع	۲۸۹
۶-۱۱-۳- راکتور زاینده‌ی سریع با خنک‌کننده‌ی فلز مایع (LMFBR)	۲۸۹
۶-۱۲- سیکل سوخت هسته‌ای	۲۹۱
۶-۱۲-۱- مفهوم چرخه‌ی سوخت هسته‌ای	۲۹۱
۶-۱۳- همجوش هسته‌ای	۲۹۶
۶-۱۳-۱- مقدمه	۲۹۶
۶-۱۳-۲- محصور سازی انرژی همجوشی	۲۹۷
۶-۱۳-۳- نحوه‌ی رسیدن به دمای بالا	۲۹۸
۶-۱۳-۴- انواع واکنش‌های همجوشی	۲۹۸
۶-۱۳-۵- پایداری و ناپایداری	۲۹۹
۶-۱۴- سؤالات مروری	۳۰۱
منابع و مآخذ	۳۰۱

فصل هفتم: نیروگاه‌های با انرژی جای‌گزین (انرژی‌های نو)

۷-۱- مقدمه	۳۰۳
۷-۲- نیروگاه‌های بادی	۳۰۶
۷-۲-۱- مقدمه	۳۰۶
۷-۲-۲- انرژی باد	۳۰۶
۷-۲-۳- توزیع جهانی باد	۳۰۷
۷-۲-۴- قدرت باد	۳۰۹
۷-۲-۵- مزایای بهره‌برداری از انرژی باد	۳۰۹
۷-۲-۶- پتانسیل باد در ایران	۳۱۰
۷-۲-۷- انرژی باد و توربین‌های بادی	۳۱۱

۳۱۲.....	۸-۲-۷- انواع توربین های بادی
۳۱۴.....	۹-۲-۷- نحوه ی عملکرد توربین های بادی
۳۱۷.....	۱۰-۲-۷- پروژه های نیروگاه بادی در ایران
۳۱۹.....	۳-۷- انرژی خورشیدی
۳۱۹.....	۱-۳-۷- مقدمه
۳۱۹.....	۲-۳-۷- کاربردهای انرژی خورشیدی
۳۲۰.....	۳-۳-۷- نیروگاه های حرارتی خورشیدی از نوع سهمی خطی
۳۲۲.....	۴-۳-۷- نیروگاه های حرارتی از نوع دریافت کننده ی مرکزی
۳۲۳.....	۵-۳-۷- نیروگاه های حرارتی از نوع شلجمی بشقابی
۳۲۴.....	۶-۳-۷- دودکش های خورشیدی
۳۲۵.....	۷-۳-۷- مزایای نیروگاه های خورشیدی
۳۲۶.....	۸-۳-۷- کاربردهای غیر نیروگاهی از انرژی خورشیدی
۳۲۸.....	۹-۳-۷- سیستم های فتوولتائیک
۳۲۹.....	۱۰-۳-۷- مصارف و کاربردهای فتوولتائیک
۳۳۱.....	۱۱-۳-۷- پروژه های انرژی خورشیدی و فتوولتائیک در ایران
۳۳۳.....	۴-۷- انرژی زیست توده
۳۳۳.....	۱-۴-۷- مقدمه
۳۳۴.....	۲-۴-۷- زیست توده (بیوماس)
۳۳۴.....	۳-۴-۷- منابع زیست توده (بیوماس)
۳۳۷.....	۴-۴-۷- بیوگاز، اجزای و کاربردهای آن
۳۳۸.....	۵-۴-۷- تبدیل بیوماس به الکتریسته
۳۴۰.....	۶-۴-۷- پروژه های انرژی زیست توده در ایران
۳۴۳.....	۵-۷- انرژی هیدروژن و پیل های سوختی
۳۴۳.....	۱-۵-۷- مقدمه

۳۴۴.....	۷-۵-۲- فناوری تولید هیدروژن
۳۴۵.....	۷-۵-۳- فناوری های مصرف هیدروژن- پیل های سوختی
۳۴۸.....	۷-۵-۴- نیروگاه های پیل سوختی
۳۴۹.....	۷-۵-۵- پروژه های انرژی هیدروژن و پیل های سوختی در ایران
۳۵۰.....	۷-۶-۱- انرژی زمین گرمایی
۳۵۰.....	۷-۶-۱- مقدمه
۳۵۱.....	۷-۶-۲- انرژی زمین گرمایی
۳۵۳.....	۷-۶-۳- روش های بهره برداری از انرژی زمین گرمایی
۳۵۳.....	۷-۶-۳-۱- ماده، مستقیم یا غیرنیروگاهی
۳۵۵.....	۷-۶-۳-۲- استفاده ای غیر مستقیم یا نیروگاهی
۳۵۵.....	۷-۶-۴- استفاده ای غیرمستقیم یا نیروگاهی زمین گرمایی
۳۵۷.....	۷-۶-۵- پروژه های انرژی زمین گرمایی در ایران
۳۵۹.....	۷-۷-۱- انرژی امواج و نیروگاه های دریایی
۳۵۹.....	۷-۷-۱- مقدمه
۳۵۹.....	۷-۷-۲- نیروگاه های امواج دریایی
۳۵۹.....	۷-۷-۲-۱- انرژی نهفته در امواج
۳۶۰.....	۷-۷-۲-۲- مکانیزم ها و تکنیک های مختلف تبدیل انرژی امواج
۳۶۰.....	۷-۷-۲-۳- مکانیزم تبدیل انرژی با سیستم های فعال واقع بر سطح دریا
۳۶۳.....	۷-۷-۲-۴- مکانیزم تبدیل انرژی با سیستم های غیر فعال ساحلی
۳۶۴.....	۷-۷-۲-۵- مزایا و معایب استخراج انرژی امواج
۳۶۵.....	۷-۷-۳- نیروگاه های جزر و مدی
۳۶۵.....	۷-۷-۳-۱- نیروگاه های جزر و مدی دارای مخزن
۳۶۶.....	۷-۷-۳-۲- نیروگاه های جریان جزر و مدی
۳۶۷.....	۷-۷-۴- نیروگاه های جریان دریایی

۳۶۷.....	۷-۴-۱- شرایط لازم برای ایجاد تأسیسات جریان دریایی
۳۶۸.....	۷-۴-۲- تکنولوژی های تولید برق از انرژی جریان های دریایی
۳۶۹.....	۷-۷-۵- نیروگاه های گرما دریایی (OTEC)
۳۶۹.....	۷-۷-۱-۵- انواع نیروگاه های گرما دریایی
۳۷۱.....	۷-۸- سؤالات مروری
۳۷۱.....	منابع و مآخذ

فصل هشتم: منابع تولید کننده در شبکه های توزیع

۳۷۳.....	۸-۱- مقدمه
۳۷۶.....	۸-۲- تولید های با احتراق داخلی
۳۷۷.....	۸-۲-۱- موتور های رفت و برگشتی
۳۸۱.....	۸-۲-۲- توربین های گازی احتراقی (توربین ها)
۳۸۳.....	۸-۲-۳- میکروتوربین ها
۳۸۷.....	۸-۲-۴- سیستم های تولید همزمان برق و حرارت (CHP)
۳۹۴.....	۸-۳- تولید های با احتراق خارجی
۳۹۴.....	۸-۳-۱- موتور های استرلینگ
۳۹۹.....	۸-۴- ذخیره ساز های انرژی
۳۹۹.....	۸-۴-۱- ذخیره ساز های الکتروشیمیایی
۴۰۴.....	۸-۴-۲- ذخیره ساز های جنبشی
۴۱۰.....	۸-۴-۳- ذخیره ساز های حرارتی
۴۱۲.....	۸-۵- نیروگاه های آبی مقیاس کوچک
۴۱۵.....	۸-۶- منابع انرژی تجدید پذیر
۴۱۷.....	۸-۷- نحوه ی استفاده و بهره برداری از منابع تولید های پراکنده در شبکه ها

۴۱۷.....	۸-۷-۱- بهره‌برداری بصورت تکی منابع پراکنده
۴۱۷.....	۸-۷-۲- بهره‌برداری بصورت تجمیعی منابع پراکنده
۴۱۸.....	۸-۷-۱- استفاده از راهکار ریزشبکه
۴۲۳.....	۸-۷-۲- استفاده از راهکار نیروگاه مجازی
۴۲۵.....	۸-۸- سؤالات مروری
۴۲۵.....	منابع و مآخذ

فصل نهم: مصرف داخلی نیروگاه‌های تولید برق

۴۲۷.....	۹-۱- مقدمه
۴۲۸.....	۹-۲- مصرف داخلی نیروگاه‌های حرارتی
۴۲۹.....	۹-۳- انتخاب ولتاژ مصرف داخلی
۴۳۱.....	۹-۴- تغذیه‌ی مصرف داخلی نیروگاه
۴۳۱.....	۹-۴-۱- تغذیه از شین اصلی نیروگاه
۴۳۲.....	۹-۴-۲- تغذیه از پایانه‌ی ژنراتور
۴۳۸.....	۹-۴-۳- تغذیه‌ی مصرف داخلی با اتصال گروهی واحدها
۴۴۰.....	۹-۵- تغذیه‌ی برق اضطراری
۴۴۲.....	۹-۶- تغذیه‌ی شین dc
۴۴۴.....	۹-۷- سیستم برق اضطراری
۴۴۴.....	۹-۸- مصرف داخلی نیروگاه‌های گازی
۴۴۵.....	۹-۹- اثر ارتفاع نصب در نیروگاه‌های گازی و مصرف داخلی آنها
۴۴۷.....	۹-۱۰- مصرف داخلی نیروگاه چرخه‌ترکیبی
۴۴۹.....	۹-۱۱- مصرف داخلی نیروگاه‌های دیزلی
۴۵۰.....	۹-۱۲- مصرف داخلی نیروگاه‌های برق آبی
۴۵۰.....	۹-۱۲-۱- مقدمه

۴۵۲.....	۹-۱۲-۲- نحوه‌ی تأمین مصرف داخلی
۴۵۳.....	۹-۱۳- مصرف داخلی نیروگاه‌های تلمبه ذخیره‌ای
۴۵۳.....	۹-۱۳-۱- مقدمه
۴۵۴.....	۹-۱۳-۲- تأمین مصرف داخلی
۴۵۵.....	۹-۱۴- محاسبات دستی سیستم مصرف داخلی
۴۵۵.....	۹-۱۴-۱- مقدمه
۴۵۶.....	۹-۱۴-۲- سیستم واحد
۴۶۰.....	۹-۱۴-۳- سیستم ترانسفورماتور نیروگاه
۴۶۱.....	۹-۱۴-۴- محاسبات رانده، اتصال کوتاه برای شرایط مختلف
۴۶۲.....	۹-۱۴-۵- تولید کمکی
۴۶۴.....	۹-۱۵- سؤالات مروری
۴۶۴.....	منابع و مآخذ

فصل دهم: ژنراتور نیروگاه

۴۶۵.....	۱۰-۱-۱- مقدمه
۴۶۷.....	۱۰-۲- ساختمان ژنراتور
۴۶۷.....	۱۰-۲-۱- مقدمه
۴۶۷.....	۱۰-۲-۲- استاتور ژنراتور
۴۷۱.....	۱۰-۲-۳- روتور
۴۷۵.....	۱۰-۳- متعادل کردن روتور
۴۷۶.....	۱۰-۴- عایق‌کاری محور روتور و مجموعه‌ی یاتاقان
۴۷۶.....	۱۰-۵- سیستم خنک‌کنندگی ژنراتور
۴۷۶.....	۱۰-۵-۱- مقدمه
۴۷۷.....	۱۰-۵-۲- خنک کردن به وسیله‌ی هوا

۴۸۰.....	۱۰-۵-۳- خنک کردن به وسیله ی هیدروژن و به طور غیرمستقیم
۴۸۲.....	۱۰-۵-۴- خنک کردن به روش مستقیم توسط هیدروژن
۴۸۳.....	۱۰-۵-۵- خنک کردن مستقیم ژنراتور توسط مایعات
۴۸۴.....	۱۰-۵-۶- روش پرکردن و خالی نمودن هیدروژن
۴۸۶.....	۱۰-۵-۷- آب بندی هیدروژن ژنراتور
۴۸۸.....	۱۰-۶- مدل حالت ماندگار یک ژنراتور
۴۹۰.....	۱۰-۷- منحنی قدرت- زاویه ی ژنراتور
۴۹۳.....	۱۰-۸- مکان مشخص حال ماندگار ژنراتور
۴۹۶.....	۱۰-۹- نمودار برداری قدرت ژنراتور
۴۹۸.....	۱۰-۱۰- منحنی عملکرد نیروگاه
۵۰۵.....	۱۰-۱۱- سنکرونیزم ژنراتورها
۵۰۵.....	۱۰-۱۱-۱- مقدمه
۵۰۶.....	۱۰-۱۱-۲- روش های سنکرونیزم
۵۰۶.....	۱۰-۱۱-۲-۱- سنکرونیزم دستی
۵۰۸.....	۱۰-۱۱-۲-۲- سنکرونیزم نیمه اتوماتیک
۵۰۹.....	۱۰-۱۱-۲-۳- سنکرونیزم اتوماتیک
۵۰۹.....	۱۰-۱۱-۳- اثرات سنکرونیزم نامطلوب
۵۱۶.....	۱۰-۱۲- سؤالات مروری
۵۱۶.....	منابع و مآخذ

فصل یازدهم: سیستم کنترل ولتاژ و فرکانس نیروگاه ها

۵۱۷.....	۱۱-۱- سیستم کنترل ولتاژ
۵۱۷.....	۱۱-۱-۱- مقدمه

۵۱۸.....	۱۱-۱-۲- اصول عملکرد سیستم تحریک
۵۲۰.....	۱۱-۱-۳- اجرای سیستم تحریک
۵۲۱.....	۱۱-۱-۴- انواع سیستم تحریک
۵۲۲.....	۱۱-۱-۴-۱- سیستم‌های تحریک جریان مستقیم
۵۲۳.....	۱۱-۱-۴-۲- سیستم‌های تحریک جریان متناوب
۵۲۷.....	۱۱-۱-۴-۳- سیستم‌های تحریک استاتیکی
۵۳۱.....	۱۱-۲- سیستم کنترل کانال
۵۳۱.....	۱۱-۲-۱- مقدمه
۵۳۴.....	۱۱-۲-۲- نقش نوربین در کنترل فرکانس نیروگاه بخاری
۵۳۶.....	۱۱-۲-۳- نقش دیگ بخار در کنترل فرکانس نیروگاه بخاری
۵۳۷.....	۱۱-۲-۴- روش‌های کنترل کانال
۵۳۷.....	۱۱-۲-۴-۱- سیستم کنترلی وابسته به نوربین
۵۳۹.....	۱۱-۲-۴-۲- سیستم کنترلی وابسته به دیگ بخار
۵۴۱.....	۱۱-۲-۴-۳- سیستم کنترلی وابسته به دیگ بخار و نوربین
۵۴۲.....	۱۱-۲-۵- سیستم گاورنر نیروگاه‌ها
۵۴۲.....	۱۱-۲-۵-۱- مقدمه
۵۴۳.....	۱۱-۲-۵-۲- گاورنر سرعت ثابت
۵۴۴.....	۱۱-۲-۵-۳- گاورنر با مشخصه‌ی افتی سرعت
۵۴۵.....	۱۱-۲-۵-۴- افت یا تنظیم درصد سرعت
۵۴۶.....	۱۱-۲-۵-۵- تقسیم بار بین واحدهای موازی
۵۴۷.....	۱۱-۲-۵-۶- کنترل توان خروجی واحدهای تولیدی
۵۴۹.....	۱۱-۳- سؤالات مروری
۵۵۰.....	منابع و مآخذ

فصل دوازدهم: ترانسفورماتورهای قدرت

۵۵۱.....	۱-۱۲- مقدمه
۵۵۲.....	۲-۱۲- دسته‌بندی‌های مختلف ترانسفورماتورها
۵۵۳.....	۳-۱۲- انواع اتصالات سیم‌پیچ‌های ترانسفورماتور
۵۵۵.....	۴-۱۲- اتصالات مختلف ترانسفورماتورهای قدرت
۵۵۶.....	۵-۱۲- تجهیزات اساسی ترانسفورماتورهای قدرت
۵۵۶.....	۱-۵-۱۲- مقدمه
۵۵۸.....	۲-۵-۱۲- هسته
۵۶۱.....	۳-۵-۱۲- سیم‌پیچ‌ها
۵۶۱.....	۴-۵-۱۲- تپ‌چنجر (تنظیم کننده‌ی ولتاژ)
۵۶۶.....	۵-۵-۱۲- پوشش‌ها
۵۶۸.....	۶-۵-۱۲- تانک روغن
۵۶۹.....	۷-۵-۱۲- چرخ‌های ترانسفورماتور
۵۶۹.....	۸-۵-۱۲- روغن ترانسفورماتور
۵۷۱.....	۹-۵-۱۲- باک روغن
۵۷۱.....	۱۰-۵-۱۲- رطوبت‌گیر
۵۷۳.....	۱۱-۵-۱۲- رله‌ی بوخ هلتس
۵۷۵.....	۱۲-۵-۱۲- لوله‌ی انفجار
۵۷۵.....	۱۳-۵-۱۲- درجه‌نمای روغن (ارتفاع سطح روغن)
۵۷۶.....	۱۴-۵-۱۲- جعبه‌ی کنترل ترانسفورماتور
۵۷۶.....	۱۵-۵-۱۲- تجهیزات خنک‌کننده
۵۷۷.....	۱۶-۵-۱۲- شیرهای ترانسفورماتور
۵۷۷.....	۱۷-۵-۱۲- ترمومترهای ترانسفورماتور
۵۷۷.....	۱۸-۵-۱۲- برق‌گیر

۵۷۸.....	۱۲-۵-۱۹- پلاک مشخصات ترانسفورماتور
۵۷۸.....	۱۲-۶- مشخصات پلاک ترانسفورماتور
۵۹۰.....	۱۲-۷- خصوصیات ترانسفورماتورهای قدرت نیروگاه
۵۹۰.....	۱۲-۷-۱- ترانسفورماتور ژنراتور
۵۹۳.....	۱۲-۷-۲- ترانسفورماتور نیروگاه
۵۹۴.....	۱۲-۷-۳- ترانسفورماتور واحد
۵۹۵.....	۱۲-۷-۴- ترانسفورماتورهای کمکی
۵۹۶.....	۱۲-۸- شرایط موازی نمودن ترانسفورماتورهای قدرت
۵۹۶.....	۱۲-۸-۱- مقدمه
۵۹۷.....	۱۲-۸-۲- دسته‌ی اتصالات ترانسفورماتورهای موازی
۵۹۸.....	۱۲-۹- سؤالات مروری
۶۰۰.....	منابع و مآخذ
۶۰۱.....	کتاب‌نامه
۶۰۷.....	ضمیمه‌ی "الف": جدول‌های تبدیل واحدها
۶۱۱.....	ضمیمه‌ی "ب": اطلاعات سد و نیروگاه کارون ۳
۶۱۵.....	واژه‌نامه‌ی فارسی به انگلیسی
۶۲۹.....	واژه‌نامه‌ی انگلیسی به فارسی
۶۴۳.....	واژه‌یاب (نمایه)