

بازتوانی نیروگاه‌های بخار

همراه با مبانی ارزیابی عملکردی

نویسندگان:

محمد رضا شاه نظری

علی صابری

انتشارات پژوهشگاه نیرو

۱۴۰۰

TJ ۷۳۵

شاه‌نظری، محمدرضا، ۱۳۴۵-

بازتوانی نیروگاه‌های بخار: همراه با مبانی ارزیابی عملکردی / نویسندگان محمدرضا شاه‌نظری، علی صابری.
تهران: پژوهشگاه نیرو، ۱۴۰۰.

۴۰۰ ص: مصور، جدول، نمودار

ISBN: ۹۷۸-۶۲۲-۹۸۰۰۱-۹-۵؛ ریال ۹۸۰،۰۰۰

فهرست‌نویسی بر اساس اطلاعات فیپا
کتابنامه

۱. نیروگاه‌های حرارتی. ۲. توربین‌های بخار -- نگهداری و تعمیر. ۳. نیروگاه‌های
حرارتی—ایران. ۴. Heating plants. ۵. Steam-turbines -- Maintenance and
Heating plants-- Iran repair. ۶.

الف. صابری، علی، ۱۳۷۰-

رده‌بندی دیویی: ۶۲۱/۱۶۵

شماره کتابشناسی ملی: ۸۵۶۱۹۰۹



انتشارات پژوهشگاه نیرو

نوبت چاپ: اول
تیراژ: ۲۰۰ نسخه

کلیه حقوق قانونی این اثر متعلق به پژوهشگاه نیرو است.

نشانی: تهران، شهرک غرب، انتهای بلوار شهیددادمان، پژوهشگاه نیرو، کدپستی: ۱۴۶۸۶۱۳۱۱۳

تلفن: ۸۸۰۷۹۴۰۱-۹

نمابر: ۸۸۰۷۸۲۹۶

وبگاه: www.nri.ac.ir

پست الکترونیک انتشارات: publications@nri.ac.ir

پیشگفتار

اگرچه تغییرات آب‌وهوایی و چالش‌های محیط‌زیستی، امروزه در جهان رویکرد جدیدی از استفاده از منابع انرژی را طلب می‌کنند و زمینه اقبال بیشتر از انرژی‌های نوین را گسترده ساخته است؛ ولی نگاهی اجمالی به ساختار فعلی و افق پیش روی نشان می‌دهد که حداقل در آینده نزدیک سهم مهمی از تولید قدرت همچنان به نیروگاه‌های حرارتی اختصاص خواهد داشت؛ از این رو پایش وضعیت، بهسازی و بازسازی این نیروگاه‌ها یکی از مسائل اساسی صنعت برق خواهد بود.

وجود نیروگاه‌های متعدد قدیمی در کشور و مسائل مبتلابه آن‌ها، نیازمند ارائه یک رویه مقتضی بر اساس یک مدل مناسب فنی اقتصادی جهت تحلیل تجهیزات و سیستم‌ها به صورت مستقل و یکپارچه است. تغییرات شرایط واحد و فاصله گرفتن تجهیزات و سیستم‌ها از شرایط طراحی، تعمیرات جزئی و اساسی صورت گرفته بر آن‌ها سبب تغییرات کلی وضعیت واحد نسبت به واحدهای نو گردیده است. دسترسی واحد به بهینه ظرفیت، نیازمند اصلاح، بهبود، ارتقا یا تعمیرات اساسی در تجهیزات یا سیستم‌ها است. از سوی دیگر اتخاذ تصمیم مناسب جهت انتخاب هریک از روش‌های نوسازی و ارتقای واحد جهت استمرار کارکرد یا حتی تصمیم به نداشتن استمرار کارکرد واحد علاوه بر بررسی فنی اقتصادی، نیازمند بررسی عمر مانده تجهیزات، قطعات و سیستم‌های اصلی نیروگاه است، ایجاد یک ساختار کلی مدل فنی و اقتصادی مبتنی بر تخمین عمر مانده قطعات اصلی، آزمون‌های کارایی و آزمون پایش می‌تواند در اتخاذ تصمیم مناسب مبنی بر چگونگی روش بهبود وضعیت کارکرد واحد جهت استمرار یا اصولاً نداشتن استمرار واحد سهولت ایجاد نماید. استفاده از این ساختار کلی در تلفیق طرح پایش تصادفی^۱ ابزار مناسبی جهت اخذ تصمیم در خصوص وضعیت نیروگاه برای مجموعه مدیریت کلان تلقی می‌گردد.

نیروگاه‌های قدیمی به دلیل انحراف از وضعیت طراحی و کاهش کارایی و راندمان آن‌ها، جدا از کاهش ظرفیت کلی توان تولید برق کشور، سبب انحراف از وضعیت راندمان ایدئال و تولید قدرت نسبت به مصرف سوخت می‌گردد. تعیین یک رویه جهت تعیین وضعیت سیستم، زیرسیستم‌ها، فرایندها و تجهیزات و انحراف آن‌ها از وضعیت ایدئال طراحی و همچنین یافتن شرایط بهینه عملکرد برای آن‌ها که وابسته به تحلیل اقتصادی نیز خواهد

^۱ Random Site Surveillance

بود، علاوه بر اینکه سبب نزدیک شدن شرایط به شرایط مطلوب می‌گردد، ابزار لازم جهت امکان اخذ تصمیمات لازم جهت مدیریت بهبود و ارتقای واحد را در بر خواهد داشت. اجرای این طرح سبب افزایش کارایی واحد، بهبود مصرف سوخت و از سوی دیگر افزایش عمر کلی نیروگاه خواهد شد. جهت اخذ تصمیم به لحاظ استمرار یا نداشتن استمرار کارکرد واحد اصولاً مبتنی بر تعیین رویه فوق‌الذکر و تهیه یک مدل مناسب جهت برآورد شرایط کلی واحد، زیرسیستم‌ها و تجهیزات است. تصمیم‌گیری جهت ارتقا و نوسازی واحد بر مبنای شرایط واحد صورت می‌گیرد. مهم‌ترین نکته در برآورد شرایط واحد بحث تخمین عمر واحد و تلاش در افزایش عمر آن است. از سوی دیگر شرایط واحد به لحاظ کارایی و شرایط عملکردی و همچنین قابلیت دسترسی و قابلیت اعتماد، نقش تعیین‌کننده‌ای در نحوه ارتقا و نوسازی واحد دارد. همچنین میزان مصرف سوخت و ملاحظات زیست‌محیطی از دیگر مسائل مهمی هستند که بایستی مدنظر قرار گیرند. بهسازی و نوسازی واحدهای نیروگاهی قدیمی یک روش مناسب جایگزین جهت بهبود در توسعه توان تولیدی در مجموعه برنامه تولید حرارتی است.

بازتوانی نیروگاه‌های بخاری که بر پایه افزودن توربین‌های گاز به سیکل بخار نیروگاه موجود طراحی و انجام می‌شود، یکی از روش‌های مؤثر به کاررفته در بسیاری از کشورهای توسعه‌یافته جهت بهبود شرایط و افزایش توان و صرفه‌جویی در هزینه‌های اقتصادی، اجتماعی و اداری است. استفاده از این روش به‌عنوان یک گزینه مناسب جهت افزایش کارایی و بهبود وضعیت نیروگاه‌های موجود، نیازمند تبیین اصول، محدودیت‌ها و فرصت‌های آن است.

این کتاب که حاصل سال‌ها تجربه، دانش‌اندوزی و انجام پروژه‌های متعدد پژوهشی مؤلفان در این حوزه است، با هدف تبیین و ارائه برخی از مطالب لازم در بازتوانی نیروگاه‌ها تحریر شده است. محتوای اصلی کتاب را سه محور اصلی معرفی اجمالی تجهیزات اصلی نیروگاه‌های حرارتی، روش‌های برآورد کارایی این تجهیزات و در نهایت مبانی روش بازتوانی تشکیل می‌دهند.

فصل اول مقدمه‌ای در خصوص تبیین اهداف کتاب و نتیجه‌گیری در خصوص اصلاح، استمرار یا نداشتن استمرار واحد را تبیین می‌کند، همچنین معرفی تجهیزات اصلی نیروگاه‌های حرارتی در سیکل بخار، گازی و سیکل ترکیبی به ترتیب در فصول دو تا شش ارائه می‌شود. با توجه به نقش تعیین‌کننده ارزیابی عملکرد واحد، بخش دوم کتاب به

روش‌های استاندارد تعیین عملکرد تجهیزات اصلی واحدهای حرارتی می‌پردازد. در این بخش به روش‌های تعیین عملکرد بویلر، راندمان توربین و نمونه محاسبات تعیین راندمان برای واحدها به صورت کامل پرداخته می‌شود.

در نهایت در بخش سوم کتاب، ضمن ارائه مبانی بازتوانی، نحوه ارزیابی، گزینه‌های بازتوانی و چگونگی بررسی فنی و اقتصادی آن‌ها بحث شده است. همچنین تاریخچه بازتوانی شامل نمونه‌هایی از انواع روش‌های انجام‌شده بازتوانی در فصل یازدهم بررسی شده است. معرفی و مقایسه روش‌های مختلف بازتوانی شامل بازتوانی کامل و ناقص، موضوع فصل بعدی کتاب است. در این فصل علاوه بر بررسی مشخصه‌های هر یک از روش‌ها، چالش‌ها و فرصت‌های پیش روی، هر کدام بررسی می‌شود. فصل سیزدهم شامل روش‌های محاسبات و برآورد فنی و اقتصادی بر هر یک از روش‌ها است و در نهایت روش بررسی اقتصادی هر کدام در مقایسه با یکدیگر در فصل چهاردهم بررسی شده‌اند. هرگونه نقد و ارائه مشکلات و ایرادهای احتمالی کتاب از سوی پژوهشگران، اساتید، دانشجویان و صاحب‌نظران مایه خوشنودی مؤلفان خواهد بود

دکتر محمدرضا شاه‌نظری

دانشیار دانشگاه صنعتی خواجه‌نصیرالدین طوسی

فهرست

۱-۱	مقدمه	۱
۱-۱	بررسی وضعیت واحدها در بهسازی و نوسازی نیروگاه‌های قدیمی	۱
۲-۱	روش‌های تصمیم‌گیری	۹
۱-۲-۱	اصول فرایند تحلیل سلسه‌مراتبی	۱۰
۲-۲-۱	مدل فرایند تحلیل سلسه‌مراتبی	۱۰
۲-۲	توربین‌های بخار	۱۵
۱-۲	مقدمه	۱۵
۲-۲	موارد کاربرد	۱۵
۳-۲	شرح فناوری توربین بخار	۱۶
۱-۳-۲	فرایند و اجزای اصلی	۱۶
۲-۳-۲	انواع توربین‌های بخار	۱۷
۴-۲	مشخصات عملکردی	۲۰
۱-۴-۲	بازده توربین بخار	۲۰
۲-۴-۲	هزینه سرمایه‌گذاری	۲۰
۳-۴-۲	نگهداری	۲۱
۴-۴-۲	سوخت‌ها	۲۲
۵-۴-۲	قابلیت دسترسی	۲۲
۶-۴-۲	بهبود کارایی و بازدهی	۲۲
۳-۳	بویلر	۲۵
۱-۳	کلیات	۲۵
۲-۳	طبقه‌بندی بویلرها	۲۵
۱-۲-۳	طبقه‌بندی از نظر فشار سیکل آب و بخار	۲۵

- ۲۶-۲-۳ طبقه‌بندی از نظر محتوای لوله‌ها.....
- ۲۷-۲-۳ طبقه‌بندی از نظر نوع چرخه سیال عامل.....
- ۲۷-۳-۳ آشنایی با بویلرهای لوله‌آبی.....
- ۲۷-۳-۳ کوره (اتاق احتراق).....
- ۲۹-۳-۳ مشعل‌ها.....
- ۳۰-۳-۳ فوق‌گرم‌کننده‌ها.....
- ۳۱-۳-۳ بازگرمکن‌ها.....
- ۳۱-۳-۳ اکونومایزر.....
- ۳۲-۳-۳ پیش‌گرمکن هوا.....
- ۳۳-۳-۳ دی‌سوپرهیترها.....
- ۳۴-۳-۳ دودکش.....
- ۳۵-۳-۳ درام (استوانه بخار).....
- ۳۶-۴-۳ عوامل مؤثر بر راندمان بویلر لوله‌آبی.....
- ۳۶-۴-۳ تلفات حرارتی.....
- ۳۷-۴-۳ احتراق ناقص.....
- ۳۷-۵-۳ پارامترهای مؤثر بر راندمان بویلر لوله‌آبی.....
- ۳۸-۵-۳ تأثیر هوای احتراق بر راندمان.....
- ۳۸-۵-۳ اثر دمای آب ورودی بر راندمان.....
- ۳۹-۵-۳ اثر جرم‌گرفتگی بر سطوح دیگ بخار.....
- ۳۹-۵-۳ اثر ترکیبات سوخت بر راندمان.....
- ۴۰-۶-۳ احتراق و تعریف آن.....
- ۴۱-۶-۳ حداقل هوای لازم برای احتراق.....
- ۴۲-۶-۳ هوای اضافی.....
- ۴۲-۶-۳ علل نیاز به هوای اضافی.....
- ۴۵-۶-۳ محاسبه هوای حقیقی مصرفی در کوره.....

۴۶	..... ۵-۶-۳ محصولات احتراق و مقدار آن‌ها
۵۲	..... ۷-۳ راندمان احتراق
۵۳	..... ۱-۷-۳ عوامل مؤثر بر راندمان احتراق
۵۳	..... ۲-۷-۳ تأثیر راندمان احتراق بر بویلر
۵۳	..... ۴- مشخصات توربین‌های گازی
۵۳	..... ۱-۴ مقدمه
۵۶	..... ۲-۴ سیکل توربین گاز در یک سیکل ترکیبی یا تولید هم‌زمان
۵۹	..... ۳-۴ عملکرد توربین گاز
۶۱	..... ۴-۴ ملاحظات طراحی توربین گاز
۶۴	..... ۵-۴ آلاینده‌های گازهای خروجی
۶۴	..... ۱-۵-۴ میزان NO_x
۶۵	..... ۲-۵-۴ CO و ترکیبات آلی فرار
۶۵	..... ۳-۵-۴ دی‌اکسید کربن (CO_2)
۶۵	..... ۶-۴ مشخصات آلاینده‌های خروجی توربین گاز
۶۶	..... ۷-۴ کنترل آلاینده‌های گازهای خروجی
۶۶	..... ۱-۷-۴ تزریق رقیق‌کننده
۶۷	..... ۲-۷-۴ احتراق ازپیش مخلوط‌شده رقیق
۶۷	..... ۳-۷-۴ کاهش کاتالیتیک انتخابی
۶۸	..... ۴-۷-۴ کاتالیست‌های اکسیداسیون منوکسید کربن
۶۸	..... ۵-۷-۴ احتراق کاتالیکی
۶۸	..... ۶-۷-۴ سیستم‌های جذبی کاتالیکی
۶۸	..... ۷-۷-۴ سیستم‌های کمکی و کنترلی
۶۹	..... ۸-۴ انواع توربین گاز
۶۹	..... ۱-۸-۴ توربین‌های گاز نوع فریم با ظرفیت بالا
۷۱	..... ۲-۸-۴ توربین‌های گاز صنعتی

- ۷۳..... ۳-۸-۴ توربین‌های گاز کوچک
- ۷۵..... ۹-۴ کمپرسور در سیکل توربین گاز
- ۷۸..... ۱-۹-۴ کمپرسورهای جریان محوری
- ۷۹..... ۲-۹-۴ کمپرسورهای گریزازمرکز
- ۸۰..... ۱۰-۴ انواع واحدهای توربین گاز نیروگاهی
- ۸۱..... ۱۱-۴ ارائه روش‌های افزایش ظرفیت توربین گاز
- ۸۱..... ۱-۱۱-۴ سرمایه‌های هوای ورودی
- ۸۷..... ۲-۱۱-۴ افزایش توان
- ۸۸..... ۱۲-۴ بهبود راندمان
- ۸۹..... ۱۳-۴ بازیافت گرمای توربین گاز
- ۹۱..... ۱۴-۴ نوع سوخت
- ۹۴..... ۱۵-۴ کنترل‌ها و تجهیزات
- ۹۵ - ۵- دستگاہ‌های تبادل حرارتی**
- ۹۵..... ۱-۵ مقدمه
- ۹۵..... ۲-۵ گرمکن‌های آب تغذیه
- ۹۹..... ۱-۲-۵ محاسبات گرمکن آب تغذیه
- ۱۰۲..... ۲-۲-۵ افت فشار
- ۱۰۳..... ۳-۵ فوق‌گرم‌کننده‌ها
- ۱۰۵..... ۴-۵ دی‌سوپرهیتر
- ۱۰۵..... ۵-۵ اکونومایزر
- ۱۰۶..... ۶-۵ انواع مبدل‌های حرارتی
- ۱۰۶..... ۱-۶-۵ مبدل‌های حرارتی غیرمستقیم
- ۱۰۸..... ۲-۶-۵ مبدل‌های حرارتی تماس مستقیم
- ۱۱۰..... ۷-۵ روند طراحی فوق‌گرم‌کننده‌ها
- ۱۱۰..... ۱-۷-۵ چگونگی تعیین سطح و ضریب انتقال حرارت

- ۱۱۲..... h_i تعیین ضریب انتقال حرارت سمت لوله، h_i ۲-۷-۵
- ۱۱۲..... h_o تعیین ضریب انتقال حرارت خارج لوله، h_o ۳-۷-۵
- ۱۱۳..... تخمین h_c برای لوله‌های معمولی ۴-۷-۵
- ۱۱۴..... تخمین h_c برای لوله‌های فین‌دار..... ۵-۷-۵
- ۱۱۶..... h_N : تعیین ضریب انتقال حرارت تابشی، h_N ۶-۷-۵
- ۱۱۸..... تخمین دمای فلز برای لوله..... ۷-۷-۵
- ۱۱۸..... ۸-۵ روند طراحی دی سوپرهیتر.....
- ۱۱۹..... ۹-۵ سردکردن گاز.....
- ۱۱۹..... ۱-۹-۵ سردکردن ساده گاز.....
- ۱۲۲..... ۲-۹-۵ سردکردن گاز به تبخیر سیال سردکننده.....
- ۱۲۴..... ۳-۹-۵ سردکردن گاز به وسیله چگالش جزئی.....
- ۱۲۴..... ۴-۹-۵ سردکردن گاز به وسیله چگالش کلی.....
- ۱۲۵..... ۵-۹-۵ نحوه کارکرد سیستم‌های به‌کاررفته.....
- ۱۲۹..... ۱۰-۵ روند طراحی اکونومایزر.....
- ۱۲۹..... ۱-۱۰-۵ تعیین ضریب انتقال حرارت سمت لوله، h_i
- ۱۳۰..... ۱۱-۵ روش ϵ -NTU برای طراحی مبدل‌های حرارتی.....
- ۶- بویلر بازیاب حرارتی..... ۱۳۳**
- ۱۳۶..... ۱-۶ انواع بویلر بازیاب لوله‌آبی از نظر آرایش هندسی اواپراتور.....
- ۱۳۹..... ۲-۶ پارامترهای طراحی بویلر بازیاب حرارتی.....
- ۱۴۱..... ۱-۲-۶ انتخاب طول تیوب.....
- ۱۴۲..... ۲-۲-۶ انتخاب و جنس فین‌ها.....
- ۱۴۲..... ۳-۶ محاسبات حرارتی.....
- ۱۴۳..... ۱-۳-۶ انتقال حرارت در لوله‌های ساده.....
- ۱۴۵..... ۲-۳-۶ انتقال حرارت جابه‌جایی لوله‌های فین‌دار.....
- ۱۵۰..... ۳-۳-۶ انتقال حرارت جابه‌جایی لوله‌های استود.....

- ۱۵۱.....۴-۳-۶ ضریب تشعشع.....
- ۱۵۲.....۴-۶ بالانس حرارتی.....
- ۱۵۲.....۱-۴-۶ تعیین دمای پینچ اواپراتور.....
- ۱۵۲.....۲-۴-۶ دمای میل آب اکونومایزر.....
- ۱۵۳.....۳-۴-۶ دی سوپرهیت کردن بخار فوق گرم شده.....
- ۱۵۵.....۵-۶ محاسبات گردش.....
- ۱۵۸.....۶-۶ برآورد قیمت و تأثیر پارامترها.....
- ۱۵۸.....۱-۶-۶ تعیین مرز بویلر بازیاب حرارتی.....
- ۱۵۹.....۲-۶-۶ تأثیر چیدمان لوله‌ها.....
- ۱۶۰.....۳-۶-۶ تأثیر دانسیته فین‌ها.....
- ۱۶۰.....۴-۶-۶ مقایسه چیدمان ردیفی با چیدمان یک‌درمیان.....
- ۱۶۱.....۵-۶-۶ مقایسه فین‌های تکه‌ای با فین‌های یکپارچه.....
- ۱۶۲.....۶-۶-۶ افت فشار داخلی.....
- ۷- تعیین عملکرد بویلر..... ۱۶۹**
- ۱۶۹.....۱-۷ محدوده.....
- ۱۶۹.....۲-۷ استانداردهای مرجع.....
- ۱۶۹.....۱-۲-۷ استاندارد انگلستان.....
- ۱۷۰.....۲-۲-۷ استاندارد ASME (PTC۴).....
- ۱۷۰.....۳-۲-۷ استاندارد IS8753-India.....
- ۱۷۴.....۴-۲-۷ اندازه‌گیری‌های لازم برای آزمون عملکرد بویلر.....
- ۱۷۵.....۵-۲-۷ شرایط آزمون و ملاحظات روش غیرمستقیم.....
- ۱۷۶.....۶-۲-۷ آماده‌سازی‌ها و پیش‌شرط‌های انجام آزمون:.....
- ۱۷۶.....۳-۷ موقعیت نمونه برای محصولات احتراق.....
- ۱۷۶.....۱-۳-۷ گزینه‌های آنالیز گاز:.....
- ۱۷۶.....۲-۳-۷ برنامه‌ریزی آزمون.....

- ۴-۷ محاسبه راندمان بویلر با روش غیرمستقیم..... ۱۷۷
- ۱-۴-۷ تلفات حرارتی ناشی از محصولات احتراق خشک..... ۱۷۷
- ۲-۴-۷ تلفات حرارتی ناشی از تبخیر آب حاصل از هیدروژن موجود در سوخت..... ۱۷۸
- ۳-۴-۷ تلفات ناشی از رطوبت موجود در سوخت..... ۱۷۹
- ۴-۴-۷ تلفات حرارتی ناشی از وجود بخار آب در هوا..... ۱۷۹
- ۵-۴-۷ تلفات حرارت ناشی از احتراق ناقص..... ۱۸۰
- ۶-۴-۷ تلفات حرارتی ناشی از تشعشع و جابه‌جایی..... ۱۸۰
- ۷-۴-۷ تلفات حرارتی ناشی از کربن نسوخته در خاکستر..... ۱۸۱
- ۸-۴-۷ بالانس حرارتی..... ۱۸۲
- ۸- برآورد راندمان توربین (استاندارد PTC6)..... ۱۸۷**
- ۱-۸ تئوری پایه..... ۱۸۷
- ۱-۱-۸ آزمون ادواری عملکرد..... ۱۸۷
- ۲-۱-۸ آزمون ظرفیت..... ۱۸۹
- ۳-۱-۸ آزمون افت آنتالپی..... ۱۸۹
- ۲-۸ ارزیابی عملکرد داده‌ها..... ۱۹۰
- ۳-۸ ارزیابی شرایط توربین..... ۱۹۵
- ۴-۸ ارزیابی مسیر بخار توربین..... ۱۹۹
- ۱-۴-۸ روش پیشرفته برای ارزیابی افت‌های راندمان مرحله..... ۲۰۰
- ۲-۴-۸ مکانیزم‌های افت..... ۲۰۱
- ۵-۸ گزارش ممیزی مسیر بخار..... ۲۰۵
- ۹- محاسبات نمونه انجام آزمون عملکرد..... ۲۰۹**
- ۱-۹ آزمون کارایی بویلر..... ۲۰۹
- ۱-۱-۹ بررسی نتایج آزمون‌های عملکرد بویلرهای نیروگاه بعثت..... ۲۰۹
- ۲-۱-۹ بررسی نتایج آزمون‌های عملکرد بویلرهای نیروگاه منتظر قائم..... ۲۲۰
- ۲-۹ آزمون عملکرد توربین..... ۲۳۲

۲۳۸.....	۱-۲-۹ آزمون عملکرد توربین‌های نیروگاه بعثت
۲۵۴.....	۲-۲-۹ آزمون عملکرد توربین‌های نیروگاه منتظر قائم
۲۷۷.....	۱۰- مبانی بازتوانی
۲۷۸.....	۱-۱۰ نحوه ارزیابی بازتوانی
۲۸۱.....	۲-۱۰ گزینه‌های بازتوانی
۲۸۲.....	۳-۱۰ چگونگی بررسی فنی و اقتصادی بازتوانی
۲۸۵.....	۱۱- تاریخچه بازتوانی
۲۸۵.....	۱-۱۱ مقدمه
۲۸۷.....	۲-۱۱ بازتوانی جزئی
۲۸۸.....	۱-۲-۱۱ نمونه‌ای از بازتوانی به‌روش جعبه داغ
۲۹۲.....	۳-۱۱ نمونه‌هایی از بازتوانی کامل
۲۹۴.....	۴-۱۱ نمونه‌های بازتوانی در ایالت متحده آمریکا
۲۹۹.....	۱۲- مروری بر روش‌های بازتوانی
۲۹۹.....	۱-۱۲ مقدمه
۳۰۰.....	۲-۱۲ معرفی روش‌های بازتوانی
۳۰۰.....	۱-۲-۱۲ بازتوانی سایت
۳۰۱.....	۲-۲-۱۲ بازتوانی با استفاده از سیکل ترکیبی
۳۰۲.....	۳-۲-۱۲ بازتوانی با استفاده از جعبه هوای داغ
۳۰۳.....	۴-۲-۱۲ بازتوانی به‌روش گرمکن آب تغذیه
۳۰۴.....	۵-۲-۱۲ بازتوانی با استفاده از بویلر کمکی
۳۰۴.....	۳-۱۲ چالش‌ها و فرصت‌ها (محدودیت‌های فنی و اقتصادی)
۳۰۹.....	۱۳- آشنایی با روش‌های محاسبات برای هریک از روش‌های بازتوانی
۳۰۹.....	۱-۱۳ مقدمه
۳۱۰.....	۲-۱۳ پتانسیل دود

۳۱۰	..... ۱-۲-۱۳ خواص سوخت مایع
۳۱۲	..... ۲-۲-۱۳ خواص سوخت گاز طبیعی
۳۱۳	..... ۳-۱۳ محاسبات احتراق
۳۱۸	..... ۱-۳-۱۳ برآورد گرمای قابل‌بازیابی از محصولات احتراق
۳۲۰	..... ۴-۱۳ محاسبات فنی روش‌های بازتوانی جزئی
۳۲۰	..... ۱-۴-۱۳ محاسبات فنی برای روش جعبه هوای داغ
۳۲۵	..... ۲-۴-۱۳ محاسبات فنی برای بازتوانی به‌روش گرمایش آب تغذیه
۳۲۷	..... ۵-۱۳ مروری بر ملاحظات فنی روش‌های مختلف بازتوانی
۳۲۹	..... ۱۴- محاسبات و مقایسه اقتصادی روش‌ها
۳۲۹	..... ۱-۱۴ روش‌های بررسی اقتصادی
۳۲۹	..... ۱-۱-۱۴ روش هزینه‌یکنواخت‌شده انرژی سالانه
۳۳۰	..... ۲-۱-۱۴ روش‌های تحلیل هزینه‌فایده
۳۳۳	..... ۲-۱۴ محاسبات و بررسی محدودیت‌های فنی روش‌های مختلف بازتوانی
۳۴۰	..... ۳-۱۴ برآورد اقتصادی بازتوانی
۳۴۱	..... ۱-۳-۱۴ برآورد هزینه‌های بازتوانی
۳۴۸	..... ۴-۱۴ ارتباط هزینه سرمایه‌گذاری با ظرفیت
۳۴۸	..... ۵-۱۴ هزینه‌های راهبری و نگهداری
۳۴۸	..... ۱-۵-۱۴ توربین‌های بخار
۳۴۹	..... ۲-۵-۱۴ توربین‌های گازی و ترکیبی
۳۵۰	..... ۳-۵-۱۴ صرفه‌جویی زیست‌محیطی
۳۵۰	..... ۶-۱۴ روش‌های مختلف جهت مقایسه اقتصادی روش‌های بازتوانی
۳۵۱	..... ۱-۶-۱۴ آنالیز اقتصادی قیمت برق تمام‌شده در روش‌های مختلف بازتوانی
۳۵۳	..... ۲-۶-۱۴ فرضیه‌های لازم جهت بررسی آنالیز اقتصادی
۳۵۴	..... ۷-۱۴ متدولوژی محاسبات اقتصادی