

ایہی نامہ تور بہترین سر آغاز
ہیہی نامہ تور نامہ کی گندہ باز

مسیر بخار توربین

مؤلف : William P. Sanders


مترجمین : مهندس ناصر محمدی

مهندس مہدی حیدری کاہکش

سرشناسه	: ساندرز، ویلیام پی. Sanders, William P
عنوان و نام پدیدآور	: مسیر بخار توربین/مؤلف ویلیام ساندرز؛ مترجمین ناصر محمدی، مهدی حیدری کاهکش
مشخصات نشر	: تهران : طراح، ۱۳۹۱.
مشخصات ظاهری	: ۲۲۰ ص. : مصور، جدول؛ ۲۱/۵ × ۱۹/۵ س.م.
فروست	: نیروگاه و ماشینهای دوار؛ ۶.
شابک	: 978-964-2917-67-9
وضعیت فهرست‌نویسی	: فیپا
یادداشت	: عنوان اصلی : Turbine steam path : maintenance and repair, V.3.C.2004.
موضوع	: توربین‌های بخار -- نگهداری و تعمیر
شناسه افزوده	: محمدی، ناصر، ۱۳۴۹ - ، مترجم
شناسه افزوده	: حیدری کاهکش، مهدی، ۱۳۴۹ - ، مترجم
رده بندی کنگره	: ۱۳۹۱ م۲س/ TJ۷۳۵
رده بندی دیویی	: ۶۲۱/۴۰۶
شماره کتابشناسی ملی	: ۲۷۲۸۴۷۰

این اثر، مشمول قانون حمایت مؤلفان و مصنفان و هنرمندان مصوب ۱۳۴۸ است، هرکس تمام یا قسمتی از این اثر را بدون اجازه مؤلف (ناشر) نشر یا پخش یا عرضه کند مورد پیگرد قانونی قرار خواهد گرفت.

شابک ۹۷۸ - ۹۶۴ - ۲۹۱۷ - ۶۷ - ۹
ISBN 978 - 964 - 2917 - 67 - 9

 **نشر طراح**

- نام کتاب : مسیر بخار توربین
- مؤلف : William P. Sanders
- مترجمین : مهندس ناصر محمدی، مهندس مهدی حیدری کاهکش
- ناشر : طراح
- تیراژ : ۱۰۰۰ جلد
- نوبت چاپ : اول، بهار ۱۳۹۱

کلیه حقوق برای نشر طراح محفوظ است.

مرکز پخش و فروش : خیابان انقلاب - روبه‌روی دانشگاه تهران - ساختمان فروزنده - طبقه دوم

واحد ۵۰۶ و واحد ۲۰۸

(۳۲ و ۶۶۹۵۱۸۳۱ ، ۶۶۴۶۷۹۹۹ ، ۶۶۹۵۳۶۲۶ ، ۰۹۱۲۱۱۲۱۱۲۳)

مقدمه

مسئله دیگری که برای صنایع تولیدی انرژی الکتریکی وجود دارد اینست که تعیین کنند چگونه به بهترین نحو بتوانند تقاضای آتی را برآورده کنند. در این خصوص چند گزینه وجود دارد که هر یک نیاز به یک سطح بررسی دارند. گزینه‌های دیگری که می‌توانند برای افزایش ظرفیت تولید توان انرژی الکتریکی مد نظر قرار گیرند شامل موارد زیر می‌باشند.

نصب ظرفیت تولید جدید

این گزینه نهایتاً گران‌ترین انتخاب است. ولی با این حال بسیار قطعی است زیرا توانایی تولید با اتکاء به سیستم‌های جدید است و اگر به درستی انتخاب شود، شامل جدیدترین تکنولوژی‌ها است. بنابراین انتظار می‌رود که بازده بالا و بهترین پایایی موجود برای کاربران در آن زمان فراهم کند.

افزودن یک واحد گازی جدید

اغلب فقط چند واحد در یک نیروگاه وجود دارد که می‌توانند به واحدهای سیکل ترکیبی تبدیل شوند. برای اکثر واحدهای توربین بخاری که عمر مفید آنها به اتمام رسیده است ولی سایر اجزاء آن مانند بویلر یا هیترهای آب تغذیه به پایان عمر مفید شان نزدیک شده‌اند جذاب و مقرون به صرفه است که مورد استفاده قرار گیرند.

ارتقا بار نامی یک واحد موجود

تعداد زیادی از واحدها با توان تولید بالا و متوسط وجود دارند که در حال کار هستند و برای شبکه برق، توان تولید می‌کنند

با افزایش تقاضای مصرف انرژی، صنایع همگانی با مسئولیت برآورده کردن این تقاضا مواجه شدند. برای برآورده شدن این تقاضا تامین‌کنندگان این انرژی سعی می‌کنند با افزایش ظرفیت موجود در سیستم‌شان و یا از طریق خرید واحدهای جدید به این تقاضا پاسخ دهند. مصرف‌کنندگان عمومی، دانش‌اندکی در مورد تأثیر افزایش تقاضا بر مسئولان تولید برق دارند و یا اینکه هیچ دانشی در این زمینه ندارند. تولیدکنندگان انرژی الکتریکی فقط مسئول تولید این انرژی با هزینه‌ای قابل قبول برای مصرف‌کننده هستند. تامین‌کنندگان انرژی الکتریکی بایستی برای تولید با این شرایط آمادگی داشته باشند.

سلامت اقتصادی هر اجتماع کشور، بخش یا شهرستان مستقیماً به دسترسی‌اش به عرضه‌ی کافی انرژی الکتریکی در هزینه‌های معقول وابسته است. این منبع انرژی بایستی امن باشد و نیز چنین منبع انرژی برای هر پیشرفت صنعتی و تجاری ضروری است.

مشکلاتی که واحدهای تولید انرژی در برآورده کردن تقاضا با آنها مواجه‌اند، مورد نیاز هستند. اولین و دشوارترین مشکل این است که آنها باید قادر به پیش‌بینی تقاضا باشند. جذب سرمایه‌گذاری در این صنعت در یک جامعه پیشرفته نسبت به جامعه‌ای که در حال پیشرفت است بطور قابل ملاحظه‌ای آسان‌تر است. صنایع همگانی باید برای داشتن ظرفیت تولید انرژی کافی به منظور پشتیبانی برای چنین پیشرفتی برنامه‌ریزی کنند. این افزایش تقاضای انرژی الکتریکی می‌تواند یک فاجعه‌ی اقتصادی برای جامعه‌ای بوجود بیاورد که با چنین تقاضای افزایش مادی مواجه است و نتواند آن را تامین کند.

در حالیکه می‌توان ظرفیت تولید آنها را افزایش داد. راه‌هایی برای این افزایش بار وجود دارد، از قبیل طراحی مجدد بخشهایی از واحد با نصب اجزاء اصلی مدرنیزه شده که می‌تواند توان خروجی واحد را افزایش دهد.

همچنین ممکن است چنانچه ظرفیت بویلر جهت افزایش تولید انرژی حرارتی در واحد کافی باشد و یا قابل افزایش باشد ظرفیت تولید بخار افزایش یابد. این افزایش متعاقباً سبب تولید توان خروجی اضافه خواهد شد. متأسفانه چنین افزایش در تولید توان خروجی غالباً سبب کاهش راندمان می‌شود زیرا مسیر بخار برای افزایش دبی بخار بهینه‌سازی نشده است. در بعضی از موارد تغییر طراحی می‌تواند سبب ارتقا راندمان شود. چنین تغییر طراحی می‌تواند به عنوان موضوعی برای مقایسه هزینه بهینه‌سازی در مقایسه با افزایش توان خروجی مورد بررسی قرار گیرد. همچنین بررسی افزایش سطح تنش تجهیزات نصب شده قدیمی در این مورد ضروری است.

امنیت در توافقنامه خرید انرژی در قبال صنایع

همگانی

یکی از مزایای این گزینه این است که هیچ هزینه قابل توجهی را ایجاد نمی‌نماید. با این وجود امکان دارد که هزینه‌های پرداخت شده برای انرژی سبب تحمیل هزینه اضافی به شبکه تولید برق بدلیل استفاده از ژنراتورهای قدیمی و *ناکارآمد* شود. این کار می‌تواند سبب هزینه‌های اضافی در بلند مدت شود. همچنین استفاده از مولدهای قدیمی و *ناکارآمد* یک راه حل قابل قبول برای موقعی است که واحدهای جدید و پیشرفته در حال احداث هستند.

توسعه منابع جدید تولید توان

توسعه منابع جدید سوخت می‌تواند در این مقوله مورد بررسی قرار گیرد. منابعی مانند باد، سدها، زمین گرمایی و یا انرژی

خورشیدی. با این وجود اکثر این منابع در ابتدای مسیر توسعه هستند و بازده اقتصادی کل در این منابع دور از دسترس است. **مشکل** دیگری که بر سر راه توسعه منابع جدید است نیاز آنها به منابع مالی می‌باشد. وجود این مشکل به عنوان یک مشکل اساسی بر سر راه توسعه ظرفیت تولید بوده است. خوشبختانه این مطلب فراتر از موضوع مورد بحث این کتاب است زیرا برای پرداختن به آن به نحوی که توجیه معنی داری داشته باشد نیاز به داشتن خرد سلیمان است. امروزه در سیستمهای تولید توان موجود، توربینهای بخار از مولدهای بزرگ به شمار می‌روند. آنها همچنین گستره وسیعی در کاربردهای صنعتی و دریانوردی دارند. با این وجود نصب آنها نیاز به تجهیزات جانبی بیشتری نسبت به توربینهای گاز و سایر گزینه‌های در دسترس دارد. بنابراین انتخاب این گونه توربینها می‌تواند انتخاب گران‌تری نسبت به سایر گزینه‌ها برای تولید توان باشد. آنها همچنین می‌توانند به عنوان واحدهایی که قابلیت تولید توان در محدوده وسیعی دارند بکار گرفته شوند.

احداث نیروگاه جدید بخاری (دارای توربین بخار) هزینه زیادی دربر دارد، با این وجود ارتقاء یک واحد توربین بخاری موجود و استفاده از آن با یک توربین گازی در یک سیکل ترکیبی غالباً مقرون به صرفه و جالب است.

با وجود این ظرفیت جدید نمی‌تواند در کوتاه مدت مستقر شود. زمان لازم برای طراحی، کسب مجوزهای لازم، انجام مزایده‌ها یا مناقصه‌ها و ساخت واحد صنعتی چندین سال طول می‌کشد. بنابراین برنامه‌ریزی بلند مدت بایستی براساس تقاضای مطمئن بازار پس از اتمام کار باشد.

توسعه توربینهای بخار در کمی بیشتر از یک قرن رخ داده است. واحدهای اولیه بر اساس دور اندیشی و کار مهندسی پیشگامانی همچون پارسونز، کورتیس و تی جامستروم ساخته شده‌اند و هر کدام به طور مستقل واحدی ساختند که قادر بود انرژی پتانسیل حرارتی را به انرژی جنبشی چرخشی تبدیل

کند. انرژی دورانی مزیت برتری نسبت به انرژی موجود در قطعات رفت و برگشتی داشت که در آن زمان متداول بود. واحدهایی که تولید انرژی دورانی می‌کردند دارای مزایای محسوسی بود. اینگونه واحدها به طور قابل ملاحظه‌ای جمع و جور بودند و قابلیت بالانس آنها با دقت بالاتری نسبت به سیستم‌های رفت و برگشتی وجود داشت. هر چند واحدهای توربین بخار ساخته شده توسط این مهندسان عملکرد یکسانی داشتند لیکن هر کدام از آنها ساختار منحصر بفردی داشتند. کوشش‌های اخیر برای آماده‌سازی واحدی که امروزه قدرت تولید 900000 کیلو وات در یک آرایش سری مرکب و تا 1300000 کیلو وات در یک آرایش متقاطع مرکب را فراهم آورده است.

تعداد زیادی از واحد های فعلی که در دسترس هستند در نیروگاه‌های تولید برق به کار گرفته شده اند و یا در واحدهای صنعتی دیگر نصب شده‌اند و سالها بدون خارج شدن از مدار برای بازید و یا تعمیر و نگهداری در حال کار هستند. این بازه زمانی وسیع نشاندهنده غفلت و بی‌خیالی مسئولین و بهره برداران نیست. طراحان واحدهایی را طراحی کرده‌اند که فقط هر 4 یا 5 سال یکبار برای بازدید و تعمیرات باز می‌شوند. در حال حاضر تمایل برای افزایش این زمان کارکرد به 8 تا 10 سال در صنعت رواج یافته است. این محدوده زمانی وسیع یک تصمیم هوشمندانه است که به مدد تکنولوژیهای پیشرفته، خصوصاً در زمینه جنس مواد بهینه‌سازی شده و توانایی طراحان در پیش‌بینی سطح تنشهای وارده و عمر باقیمانده قطعاتی که بروز اشکال در آنها سبب خروج واحد از سرویس می‌شود. این زمان کارکرد طولانی حاوی نکات مهمی برای مهندسان بهره بردار است، که شامل یک بررسی کامل در هنگامی که واحد آماده بهره‌برداری می‌شود. برای بررسی این واحدها با جزئیات کامل لازم است که از سرویس خارج و برای بازرسی باز شوند.

اقدامات اصلاحی ممکن است برای یک دوره زمانی چهارسال به تعویض انداخته شود ولی برای هشت تا ده سال امکان پذیر نمی‌باشد. هزینه بازنمودن یک واحد زیاد است و از آن مهم‌تر در هنگامیکه چنین واحدی بازمی‌شود تولید انرژی نخواهد داشت. بنابراین در خروجی‌های با برنامه و وقتی که یک واحد باز می‌شود مهندس نیروگاه برای حصول اطمینان از انجام کلیه اقدامات پیش‌گویانه به نحوی که واحد برای یک دوره زمانی وسیع دیگر آماده بهره‌برداری باشد مسئولیت خطیری دارد.

وسعت بازه زمانی بین خروجی‌های متوالی برای انجام تعمیرات مزایای ویژه‌ای برای مالکان نیروگاه‌ها دارد. آنها نیاز به ذخیره ظرفیت برای شبکه نخواهند داشت و همچنین هزینه باز نمودن و انجام تعمیرات تا حد زیادی کاهش خواهد یافت. با این حال براساس یک ارزیابی حتی در دراز مدت هیچ‌گونه کاهش بیش از حد راندمان در دوره زمانی وسیع بهره‌برداری از واحد بوجود نخواهد آمد. اغلب این کاهش و یا افزایش راندمان وابسته به روشی است که از واحد بهره‌برداری می‌شود.

بنابراین کارمندان بهره‌بردار در هر نیروگاهی امروزه برای افزایش راندمان و کاهش هرگونه رژیم کاری که بتواند قابلیت اطمینان بهره‌برداری از واحد را کاهش دهد و یا آن را از مدار خارج کند مورد بازخواست قرار می‌گیرند. متأسفانه اقدامات محدودی وجود دارد که بهره‌برداران بتوانند اتخاذ کنند تا به اهداف عملکردی در زمان بازگشت واحد به مدار برسند. این اقدامات مفید که بهره‌برداران می‌توانند اتخاذ کنند شامل مواردی همچون پایش دقیق پارامترها و نگهداری از کیفیت آب و نیز حصول اطمینان از اینکه واحد هیچ‌گونه انتقال بار غیرمتوازنی را تجربه نکرده است می‌باشد. اغلب انتقال سرعت و یا انتقال شرایط حرارتی نامتوازن می‌تواند سبب کاهش راندمان و کاهش قابلیت اطمینان سازه‌ای واحد شود. هرچند که این مشکلات و پیچیدگی‌ها در تولید توان وجود دارد، مجامع عمومی هیچ‌تصوری از این‌گونه پیچیدگی‌ها برای

تامین نیروی برق مطمئن ندارند. همچنین آنها نمی‌توانند درک کنند چه اتفاقی خواهد افتاد اگر مهندسان مسئول تعمیرات و کسانی که از تولید نیروگاه‌ها مراقبت می‌کنند در بهره‌برداری مطمئن، کارا و قابل اطمینان از واحد دچار مشکل شوند.

امروزه تجهیزات زیادی در واحدها وجود دارند که با واحدها تولید شده‌اند و بیش از چهل سال است که نصب شده‌اند و از عمر کارکردشان زمان زیادی گذشته است.

این واحدها هنوز هم در مدارند و توان الکتریکی را بر اساس نیاز تولید می‌کنند و این توان تولید شده وارد شبکه توزیع می‌شود. تعداد زیادی از این واحدهای قدیمی برای تامین بار شبکه در زمان پیک مصرف مورد نیاز هستند و انجام چنین وظیفه‌ای برای این واحدهای قدیمی سنگین است زیرا کاربرد آنها برای روشن و خاموش کردنهای مکرر بسیار مخرب‌تر از بهره‌برداری یکنواخت از آنها است. بنابراین هر چند که ساعات

کار کرد آنها نسبتاً پایین است نیاز به نگهداری و تعمیر آنها بالاست.

در موارد زیادی ممکن است پیشرفتهای چشمگیری در روشهای طراحی، ساخت و نصب بوجود آمده باشد زیرا اینگونه واحدها در هنگام طراحی، مورد بررسی‌های زیادی قرار می‌گیرند. چنانچه قطعات یدکی قابل تعویض نیز در معرض فروش باشند، معمولاً طراحی‌های متفاوت و یا اجزا طراحی قابل دسترسی که می‌تواند سبب افزایش راندمان یا بهبود قابلیت اطمینان و یا هر دو شود وجود دارند. این تغییرات در طراحی و ساخت می‌تواند سبب افزایش و یا کاهش هزینه ساخت شود. در چنین شرایطی وظیفه مهندس نیروگاه ارزیابی بکارگیری گزینه‌های جدید با قیمت خرید بالاتر است. با این وجود باز گشت سرمایه می‌تواند در یک بازه زمانی کوتاه مورد بررسی قرار گیرد.

پیشگفتار مؤلف

آموزش از طریق منابعی همچون این کتاب بدون شک در سالهای آینده نقش مهمی خواهد داشت. همچنین این کتاب یک منبع مهم برای طراحان و مهندسان توربینی است که جدیداً وارد این عرصه شده اند چرا که آنها از توضیحات جنبه‌های مختلف مسیر بخار توربین؛ سود خواهند برد. آقای ساندرز بیش از ۴۰ سال در زمینه توربینهای بخار شامل طراحی و ساخت در اروپا و ایالات متحده و همچنین در زمینه کاربردی تجربه دارند. در دو دهه اخیر مهندس ساندرز یک مشاور با ارزش در صنعت بوده است و در زمینه بهبود عملکرد، گزینه‌های تعمیرات پره‌های توربین و شکست اجزای مسیر بخار توربین و استراتژیهای ارتقا آنها تحقیق نموده‌اند. آنهایی که در زمینه‌های مهمی همچون طراحی، عملکرد و تعمیرات توربینهای بخار دخیل هستند و مدیون آقای ساندرز هستند زیرا تجربه جامع‌اش را در این کتاب به اشتراک گذاشته است.

استیفن هسلر مدیر برنامه ریزی توربین بخار موسسه تحقیقات انرژی الکتریکی کارلوت، کارولینای شمالی ۲۰۰۳

به عنوان یک مبحث تکمیلی در ارائه کتاب دو جلدی قبلی با عنوان نگهداری و تعمیر مسیر بخار توربین، این کتاب نیز می‌تواند کمک با ارزشی به صنعت نیروگاه‌های تولید برق باشد. مهندسان درگیر با کلیه وجوه ساخت، نگهداری و بهره‌برداری توربینهای بخار از توضیحات مفصل آقای ساندرز در مورد اصول طراحی حرارتی و مکانیکی بهرمنند شده‌اند در این کار جامع، آقای ساندرز اغلب موارد تکنیکی مطرح شده در سمینار مهندسی مسیر بخار توربین را پوشش داده‌اند این سمینار عمومی طی چندین سال برای مهندسان توربین در سراسر جهان گسترش یافته است. فشارهای وارده از سوی صنایع برای مقررات زدایی و رقابت بسیاری از کارخانجات را مجبور کرده است تا فراتر از هدف اصلی طراحی در طول عمر کارکردشان و بدون وجود منابع قابل دسترسی برای تغییرات آنها بکار گرفته شوند. مهندسان توربین محدوده وسیعی از گزینه‌های قابل دسترسی برای بهینه‌سازی یا تعویض کامل قطعات و تجهیزات دارند. ارزیابی آگاهانه انتخابهای موجود، امروزه یکی از دغدغه‌های اصلی مهندسان توربین می‌باشد در این ارتباط،

پیشگفتار مترجمین

و معلومات متخصصان کشور و بهره‌گیری از آخرین دستاوردهای جهانی در این زمینه بوده است.

کتاب حاضر به صورت تخصصی به بررسی مسیر بخار توربین پرداخته است که سادگی و بار تخصصی دو جنبه بارز این کتاب می‌باشد. علاوه بر این، پرداختن به مواردی که در هنگام عقد قرار داد احداث واحدهای جدید بایستی به آن توجه شود نیز از دیگر ویژگی‌های این کتاب می‌باشد. تطابق مسائل گفته شده در این کتاب با وضعیت فعلی نیروگاه‌های بخار از دیدگاه‌های مختلف و پرداختن به مسائل قراردادی، بهره‌برداری، تعمیرات برنامه‌ریزی و مدیریتی از جمله موضوعاتی است که در این کتاب به سادگی مورد بررسی قرار گرفته است. رویکرد این کتاب بیشتر تجربی می‌باشد هرچند که در بعضی از فصول مبانی تئوری نیز بکار گرفته شده است. کتاب حاضر برای تدریس درس توربو ماشینها در دانشکده‌های مهندسی و توربین بخار برای دانشجویان دوره کاردانی و کاربردی تاسیسات حرارتی نیروگاه‌ها و مطالعه و استفاده برای کلیه مدیران و کارشناسان حوزه‌های مختلف نیروگاهها می‌تواند مفید واقع شود و بر علم و دانش این عزیزان بیفزاید.

هرچند تلاش شده است که این نوشته با کمترین اشتباه تهیه گردد انتظار داریم که اساتید محترم و دانشجویان گرامی نظرات اصلاحی خود را در خصوص نقایص آن به آدرس الکترونیک Email: mhk_POJ@yahoo.com، ارسال نمایند تا در چاپهای بعدی از نظرات آنان استفاده گردد.

در ابتدای سال ۱۳۸۷ که تصمیم برای جمع‌آوری، ترجمه، تنظیم و تهیه این کتاب گرفته شد، دو مطلب برایمان کاملاً مشخص بود اول آنکه تا رسیدن به هدف مورد نظر خود و تهیه کتاب جامع، کامل و کاربردی راه دراز و پرفراز و نشیبی خواهیم داشت و دوم اینکه اساساً، اطلاع‌رسانی و آگاهی از این نوع کتابها برای صنعت تولید انرژی الکتریکی بسیار مفید خواهد بود. باتوجه به این دو مطلب از همان روز اول کاربردی بودن و جامعیت این کتاب سیاست اصلی برنامه‌های کاری ما را متوجه خود کرد و به همین دلیل بر آن شدیم که با نظر خواهی جامع از متخصصان و اساتید محترم که همان استفاده کننده نهایی هستند. هرچه بیشتر کتاب را بخواست آنها نزدیک کنیم. همین کتاب پیش روی شما، حاصل بیش از ۳۰ ماه تلاش بی‌وقفه است.

پیشرفت تصاعدی علم و فن‌آوری در دنیای امروز از یک طرف و نزدیک شدن سطح علمی کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه از واقعیت‌هایی است که امروزه شاهد آن هستیم. در همین راستا پیشرفتهای علمی و تکنولوژیکی کشور عزیزمان ایران بسیار چشمگیر و روزافزون تر از سایر کشورهای در حال توسعه بوده است. خوشبختانه به یمن پیشرفتهای علمی یاد شده امروزه مهندسان، صنعتگران و متخصصان صنایع نیروگاهی کشور توانایی احداث واحدهای جدید، تعمیرات اساسی و عیب‌یابی انواع نیروگاه‌های تولید برق خصوصاً نیروگاه‌های بخاری را در سطح بسیار قابل قبولی بدست آورده‌اند. آنچه متضمن این پیشرفتهای چشمگیر بوده است، استفاده از تجربه

انشعابهای فشار ضعیف از بخشهای چندجریانی

۵۵	(Multi-flow)
۵۶	ترکیبات ممکن انشعابهای فشار ضعیف
۶۲	منابع

فصل دوم

فرآیند طراحی مکانیکی مسیر بخار توربین

(۹۱-۶۳)

۶۳	مقدمه
۶۳	فرآیند طراحی مکانیکی
۶۴	اطلاعات مورد نیاز از طراحی حرارتی
۶۸	ملاحظات مکانیکی
۷۱	آرایش بخشها
۷۳	اجزاء اصلی مسیر بخار
۷۳	پوسته‌ها (Casings)
۷۴	دیافراگمها و ردیف پره‌های ثابت
۷۵	طراحی تیغه پره ثابت
۷۵	صفحه نازل (Nozzle plate)
۷۶	روتورها
۷۶	ترکیب روتور
۷۸	ملاحظات فنی موثر بر ترکیب روتور
۷۸	پره‌های متحرک
۷۹	انتخاب شکل ریشه
۸۰	یراق‌آلات استیج (Stage hardware)
۸۳	سیستم آب‌بندی توربین
۸۳	طراحی سیستم آب‌بندی
۸۴	توسعه محصولات یا فرآیند جدید

فصل اول

ملاحظات اصلی طراحی ترمودینامیکی ... (۶۲-۱)

۱	مقدمه
	فرآیند طرح حرارتی باتوجه به شرایط حرارتی
۲	طرح
۲	فرآیند تعریف توربین اصلی
۲	موازنه حرارتی سیکل اصلی
۱۴	اطلاعات دیگر از بالانس حرارتی
۱۶	انرژی یک استیج و یک بخش توربین
۱۷	فلسفه و مشخصات طراحی
۲۱	انتخاب استیج پره
۲۴	راندمان خط حالت
۲۶	دیگرام (بردار) سرعت
۲۶	بررسیهای دو بعدی (ضربه‌ای خالص)
	بررسی‌های دو بعدی (در پره‌های با عکس‌العمل
۲۹	بالا)
۳۴	تعیین اندازه مسیر و آرایش جریان
۳۷	گرادیان فشار در جهت شعاع
۳۸	جزئیات ساختمان (Construction) استیج
۴۱	ترتیب گرمایش آب‌تغذیه
۴۷	تقسیم جریان و انشعاب بخار
۴۸	جریان دو طرفه به بخشهای فشار قوی
	استیج‌های کنترل پره جریان دو طرفه در بخش
۴۹	فشار قوی
	انشعاب بخار پس از انبساط جزئی در بخش
۴۹	فشار قوی
	انشعاب بخار از بخشهای فشار قوی و گرمایش
۵۱	مجدد با جریان دو طرفه

۱۳۹	لبه پشتی (Trailing edge) تخلیه ($\Delta x_b, x_b$)
۱۴۳	منحنی لبه انتهایی سطح مکش ($\Delta x_c, \Delta x_s$)
	زاویه برخورد (Incidence) و دماغه ورودی
۱۴۴	(Xi) (Inlet nose)
	تلفات مفتولهای نگهدارنده (Tie) یا مهارکننده
۱۴۸	(Wire lacking)
۱۴۹	گروه دو مولفه‌ای تلفات ضرایب هندسی استیج
۱۴۹	اصطکاک دیسک (XW) (disk)
۱۵۰	نسبت ابعادی (aspect ratio) ردیف (xar)
	تلفات جداره انتهایی شیپوره و مرحله گذار استیج
۱۵۳	(Stage transition)
۱۵۶	سوراخهای (Holes) تعادل فشار
۱۵۷	عکس‌العمل منفی ریشه
۱۵۸	تحلیل میزان تلفات
۱۶۲	هزینه خرابی مکانیزمها
	تلفات ناشی از نشستی بخار (بخار بای‌پاس شده از
۱۶۵	عناصر و پره)
۱۶۵	افت ناشی از نشست بخار در گلندهای انتهایی شافت
۱۶۵	افت ناشی از رسوبات سطحی
۱۶۵	تعیین تلفات ناشی از خرابی پروفایل
۱۶۶	تلفات ناشی از دفرمه شدن ناحیه تخلیه بخار
۱۶۶	تأثیر راندمان خط‌حالت‌بر راندمان توان حرارتی
۱۷۰	منابع

فصل چهارم

آزمون عملکرد (۱۷۱-۲۰۲)

۱۷۱	مقدمه
۱۷۱	اهداف آزمون عملکرد

۸۴	توسعه با هدف نوآوری
۸۷	حل یک مشکل عملیاتی
۸۸	طرح نهایی
۸۹	آنالیز مکانیکی استیجها
۹۰	بازنگری طرح
۹۰	ویژگیهای ساخت

فصل سوم

کارایی مسیر بخار توربین و عوامل مؤثر بر آن (۹۳-۱۷۰)

۹۳	مقدمه
۹۴	عملکرد مسیر بخار
۹۶	آماده بکار بودن مسیربخار
۹۹	هزینه خروج واحد از مدار
۱۰۱	بازه زمانی بازرسی‌ها
۱۰۲	راندمان خط حالت
۱۰۵	کارایی و فرآیند طراحی
۱۰۵	افت نشست داخلی استیج
۱۱۱	تأثیر نشست بخار بر راندمان خط حالت
۱۱۲	افت ناشی از وجود رطوبت در استیج (Δh_m)
۱۱۴	افت خروج بخار از استیج (Δh_v)
	راندمان استیجهای اصلی (از لحاظ آیرودینامیکی)
۱۱۹	(Δh_a)
۱۲۰	بازده استیج
۱۲۱	افتهای هندسه پروفایل یک گروه پره
۱۲۲	افت اصلی پروفایل (ξ_{bl})
۱۲۹	عدد رینولدز استیج (X_r)
۱۳۵	عدد ماخ در خروجی استیج ($mX, X\Delta m$)

۱۸۴	طرح ریزی قبلی و برنامه انجام یک تست	۱۷۴	مسائل اقتصادی و هزینه‌های تست
۱۸۵	برگزاری کنفرانس مربوط به تست	۱۷۶	رده‌بندی تستهای عملکرد
۱۸۸	ایزوله سازی سیکل تست	۱۷۶	آزمون عملکرد براساس تقاضای سازنده
۱۸۹	کالیبراسیون و تجهیزات اندازه‌گیری تست	۱۷۷	آزمون عملکرد بر اساس یک کد استاندارد خاص به منظور بررسی شرایط تضمین
۱۹۰	ترکیب عدم قطعیتها	۱۷۷	آزمون عملکرد براساس کد استاندارد با تقاضای مالک
۱۹۰	اندازه‌گیری میزان دبی	۱۷۷	آزمونی که مطابق یک کد تست خاص انجام نمی‌شود
۱۹۶	اندازه‌گیری توان خروجی	۱۷۸	اهداف و الزامات آزمون
۱۹۷	توان پمپ آب تغذیه بویلر	۱۷۸	آزمون افت آنتالپی (EDT)
۱۹۸	اندازه‌گیری انرژی حرارتی	۱۷۹	اجرای تست (EDT)
۲۰۰	اندازه‌گیری کیفیت بخار	۱۸۰	بکارگیری نتایج تست افت آنتالپی (EDT)
۲۰۰	اندازه‌گیری زمان	۱۸۲	سایر کد تستها
۲۰۱	اندازه‌گیری سرعت چرخش روتور توربین	۱۸۳	
۲۰۱	ساده‌سازی یک تست ASME PTC – 6		
۲۰۲	منابع		