

توربین های آبی

مؤلفین:

دکتر علیرضا ریاسی

عضو هیئت علمی دانشکده مهندسی مکانیک
دانشگاه تهران

دکتر شهرام درخشان

عضو هیئت علمی دانشکده مهندسی مکانیک
دانشگاه علم و صنعت ایران

سرشناسه	درخشان، شهرام، ۱۳۵۷-
مشخصات ظاهری	توربین های آبی
مشخصات نشر	تهران: جهاد دانشگاهی واحد تهران، ۱۳۹۳
مشخصات ظاهری	ص: ۲۳۲، جدول، نمودار
شابک	۹۷۸-۶۰۰-۱۳۳-۱۳۴-۳
وضعیت فهرست نویسی	فیبای مختصر
یادداشت	این مدرک در آدرس http://opac.nlai.ir قابل دسترسی است.
شناسه افزوده	ریاسی، علیرضا، ۱۳۵۸-
شناسه افزوده	جهاد دانشگاهی. واحد تهران
شماره کتابشناسی ملی	۳۷۳۰۹۱۵



توربین های آبی

مؤلفین: دکتر شهرام درخشان، دکتر علیرضا ریاسی

ناشر: انتشارات جهاد دانشگاهی واحد تهران

طراح جلد: سعید صحابی

صفحه آرایی: قاسمی (رها)

ناظر چاپ: احمد آروش

لیتوگرافی: زاویه نور

چاپ و صحافی: موسسه چاپ و صحافی شریف

شمارگان: ۵۰۰ نسخه

قیمت: ۱۴۰۰۰۰ ریال

نوبت چاپ: اول - زمستان ۱۳۹۳

ISBN: 978- 600- 133- 134- 3

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۱۳۳-۱۳۴-۳

<http://nashr.jahat.ir>

نشانی: تهران - صندوق پستی ۱۸۶-۱۳۱۴۵

en.jahat@gmail.com

تلفن: ۶۶۴۱۸۴۹۹-تلفکس: ۶۶۹۵۴۳۸

تلفن مراکز پخش: ۶۶۴۹۰۷۴۰-۶۶۴۹۰۷۴۲

این اثر، مشمول قانون حمایت مولفان و مصنفان و هنرمندان مصوب ۱۳۴۸ است. هر کس تمام یا قسمتی از این اثر را بدون اجازه مؤلف، یا ناشر تکثیر و کپی برداری نماید مورد پیگرد قانونی قرار خواهد گرفت.

«ويزکيهم و يعلمهم الکتاب و الحکمة»

مقدمه ناشر

ایران امروز در اشتیاق توسعه و استقلال گام‌های محکم و استواری برمی‌دارد. همه روزه در گوشه و کنار میهن ما جوانه‌های خودکفایی علمی و فنی رخ نموده و با عنایت و یاری خداوند متعال و در سایه تلاش و کوشش جامعه علمی و دانشگاهی حرکت به سوی مرزهای دانش شتاب بیشتری به خود می‌گیرد. خدای را شکر می‌گوییم که این فرصت را ارزانی ما داشته است تا گام‌هایی هر چند کوچک در راه رشد و نشر دستاوردهای علمی و فرهنگی کشور برداریم، باشد تا با یاری خداوند منان و در پرتو همت اندیشمندان، نویسندگان، مترجمان و متخصصان مؤمن و متعهد بتوانیم نظام مقدس جمهوری اسلامی را در تحقق اهداف خدا یاری رسانده و دین خود را به انقلاب اسلامی و خون شهدای عزیز ادا کنیم.

انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه تهران در راستای وظایف خویش و به منظور نیل به اهداف علمی- فرهنگی نظام جمهوری اسلامی مبادرت به انتشار آثار ارزشمند و مورد نیاز علمی و دانشگاهی می‌نماید. در این راه از کلیه اساتید، پژوهشگران و صاحبان قلم و اندیشه دعوت به مشارکت و همکاری می‌گردد.

فهرست مطالب

مقدمه ناشر	۵
پیشگفتار	۱۱
۱. تولید انرژی	۱۵
۲. نیروگاه های آبی	۱۹
۱-۲. مقدمه	۱۹
۲-۲. تاریخچه توربین های آبی	۲۱
۳-۲. معرفی نیروگاه آبی	۲۶
۳. انواع توربین آبی	۲۹
۱-۳. تقسیم بندی توربین های آبی	۲۹
۱-۱-۳. توربین های ضربه ای	۲۹
۲-۱-۳. توربین های عکس العملی	۳۵
۳-۱-۳. پمپ-توربین	۴۳
۲-۳. مقایسه دامنه کار توربین ها	۴۵
۴. تبادل انرژی در توربین های آبی	۴۹
۱-۴. مقدمه	۴۹
۲-۴. مثلث سرعت ها در توربین فرانسیس	۵۱
۱-۲-۴. معادلات پایه حاکم بر توربین های آبی	۵۴
۲-۲-۴. معادله انرژی برای حرکت نسبی	۵۸
۳-۲-۴. تحلیل رفتار جریان با استفاده مثلث سرعت ها	۵۹
۴-۲-۴. محاسبه ترم $U_1 C_{u1}$ با فرض معلوم بودن هندسه چرخ	۵۹
۳-۴. مثلث سرعت ها در توربین کاپلان	۶۰
۴-۴. مثلث سرعت ها در توربین پلتون	۶۱
۵-۴. تلفات در توربین های آبی	۶۲

- ۴-۵-۱. تلفات داخلی ۶۲
- ۴-۵-۲. تلفات خارجی ۶۳
- ۴-۵-۳. تعریف بازده های جزء و کل ۶۳
۵. تشابه در توربین های آبی و منحنی های عملکرد ۶۹
- ۵-۱. تحلیل ابعادی و پارامترهای تشابهی ۶۹
- ۵-۲. تحلیل ابعادی پی باکینگهام در توربین های آبی ۷۰
- ۵-۳. گروه های بی بعد در توربین های آبی ۷۱
- ۵-۴. سرعت مخصوص ۷۳
- ۵-۵. منحنی های مشخصه ۷۶
۶. انتخاب توربین و تعیین ابعاد اصلی ۷۹
- ۶-۱. مقدمه ۷۹
- ۶-۲. انتخاب توربین و تعیین ابعاد اصلی ۷۹
- ۶-۲-۱. روش اول (توربین های فرانسیس، کاپلان و پلتون) [۴] ۸۰
- ۶-۲-۲. روش دوم (توربین های فرانسیس، کاپلان و پلتون) ۸۴
- ۶-۲-۳. روش سوم (توربین های فرانسیس و کاپلان) [۲۴] ۸۸
۷. طراحی اجزاء اصلی توربین فرانسیس ۹۱
- ۷-۱. طراحی چرخ ۹۱
- ۷-۱-۱. اجزای اساسی محاسبات پره ۹۲
- ۷-۱-۲. تعیین شکل مجرای چرخ ۹۳
- ۷-۱-۳. تعیین خطوط جریان در مقطع نصف النهاری چرخ ۹۷
- ۷-۱-۴. نمای پره-پره چرخ ۱۰۸
- ۷-۱-۵. تعیین ضخامت پره ۱۱۳
- ۷-۲. طراحی محفظه حلزونی ۱۱۷
- ۷-۳. طراحی پره های هادی متحرک ۱۲۱
- ۷-۳-۱. تعیین پروفیل هندسی پره راهنما ۱۲۱
- ۷-۴. طراحی پره های هادی ثابت ۱۲۲
- ۷-۵. طراحی لوله مکش ۱۲۴

۸	کاویتاسیون در ماشین های آبی	۱۳۱
۸-۱	مقدمه	۱۳۱
۸-۲	مطالعه فیزیک کاویتاسیون	۱۳۲
۸-۳	انواع کاویتاسیون [۴۴]	۱۳۳
۸-۳-۱	کاویتاسیون الحاقی	۱۳۴
۸-۳-۲	کاویتاسیون انتقالی	۱۳۵
۸-۴	شرایط ایجاد کاویتاسیون	۱۳۵
۸-۵	اثرات مخرب کاویتاسیون	۱۳۵
۸-۶	تست های استاندارد کاویتاسیون	۱۳۶
۸-۷	پمپ های سانتریفوژ [۴۵]	۱۴۱
۸-۷-۱	خوردگی ناشی از کاویتاسیون [۴۵]	۱۴۲
۸-۸	توربین فرانسس [۴۵]	۱۴۴
۸-۸-۱	خوردگی ناشی از کاویتاسیون [۴۵]	۱۴۹
۸-۹	توربین های کاپلان و بابل [۴۵]	۱۵۱
۸-۹-۱	خوردگی ناشی از کاویتاسیون [۴۵]	۱۵۲
۸-۱۰	دینامیک حباب	۱۵۴
۸-۱۰-۱	هسته حباب: آستانه بلیک	۱۵۵
۸-۱۰-۲	معادله دینامیکی یک حباب کروی در حال فروپاشی	۱۵۸
۸-۱۰-۳	آنالیز ریلی برای فروپاشی یک حباب [۴۳]	۱۵۹
۹	تست های عملکرد	۱۶۵
۹-۱	مقدمه	۱۶۵
۹-۲	تست های نمونه اصلی؛ تست در محل نیروگاه	۱۶۶
۹-۲-۱	اصول تست	۱۶۶
۹-۲-۲	روش های اندازه گیری دبی	۱۶۷
۹-۲-۳	مشخصات دینامیکی توربین	۱۸۱
۹-۳	تست های مدل	۱۸۳
۹-۳-۱	تشابه	۱۸۳
۹-۳-۲	مدار تست	۱۸۶

- ۱۸۸..... ۳-۳-۹. انواع تست های مدل
- ۱۹۳..... ۴-۳-۹. تأثیر مقیاس در تفاوت بازده مدل و نمونه اصلی
- ۱۹۵..... ۱۰. تحلیل جریان گذرا در نیروگاه های برق آبی
- ۱۹۵..... ۱-۱۰. تعریف پدیده چکش آبی
- ۱۹۶..... ۱-۱-۱۰. فیزیک پدیده چکش آبی
- ۱۹۹..... ۲-۱-۱۰. محاسبات اولیه افزایش فشار ناشی از چکش آبی
- ۲۰۰..... ۲-۱۰. معادلات حاکم [۵۳]
- ۲۰۲..... ۱-۲-۱۰. معادلات پیوستگی
- ۲۰۳..... ۲-۲-۱۰. معادله مومنتوم
- ۲۰۴..... ۳-۱۰. حل معادلات حاکم
- ۲۰۵..... ۱-۳-۱۰. حل معادلات حاکم به روش مشخصه ها
- ۲۰۹..... ۴-۱۰. شبیه سازی ریاضی نیروگاه برق آبی
- ۲۱۰..... ۱-۴-۱۰. آبراهه ها
- ۲۱۲..... ۲-۴-۱۰. مخازن آب در بالادست و پایین دست
- ۲۱۳..... ۳-۴-۱۰. شبیه سازی شیر
- ۲۱۴..... ۴-۴-۱۰. شبیه سازی توربین فرانسس
- ۲۱۶..... ۵-۴-۱۰. گاورنر
- ۲۱۶..... ۶-۴-۱۰. سرج تانک
- ۵-۱۰. روشهای بهبود مشخصه های تنظیم و کنترل حالات گذرای نیروگاه های برق آبی
- ۲۱۹.....
- ۲۱۹..... ۱-۵-۱۰. مشخصه های تنظیم نیروگاه
- ۲۲۲..... ۲-۵-۱۰. روش کنترل حالات گذرا در نیروگاه های برق آبی
- ۲۲۹..... ۱۱. منابع

پیشگفتار

گرچه نیروگاه آبی صنعتی جدید محسوب نمی‌شود، به عنوان یکی از منابع انرژی تجدیدپذیر همواره در خور توجه بوده است و تلاش برای توسعه این نوع مولد انرژی برای کشورهای مختلف، در اولویت قرار دارد.

در گذشته کتاب‌های زیادی در این حوزه تألیف شده که اغلب آنها به صورت عمومی و کلی به معرفی نیروگاه آبی از نظر تجهیزات و مقوله‌های اقتصادی پرداخته‌اند. در این میان، با توجه به ظرفیت بیش از ده هزار مگاواتی نصب‌شده و در حال نصب در کشور، جای خالی کتاب‌های تخصصی و پیشرفته در این حوزه احساس می‌شود. یکی از ضعف‌های تخصصی موجود در حوزه توربین آبی است که می‌توان آن را به جرئت قلب تپنده یک نیروگاه آبی دانست. این کتاب سعی دارد با نگاهی کاملاً تخصصی، از دیدگاه فنی، توربین آبی را تجزیه و تحلیل کند.

در فصل اول، در خصوص مقوله انرژی و جایگاه نیروگاه آبی در میان سایر منابع انرژی بحث و بررسی شده است. در فصل دوم، نیروگاه آبی معرفی شده و در ادامه، انواع توربین‌های آبی در فصل سوم شرح داده شده است. فصل چهارم مبنای تبادل انرژی در توربین‌های آبی را ارائه کرده است و در فصل پنجم مقوله تشابه در توربین‌های آبی و منحنی‌های عملکرد توضیح داده شده است.

مقوله طراحی پایه و هیدرولیک تجهیزات اصلی توربین در فصول ششم و هفتم تشریح شده است. هدف از این فصول، بالا بردن سطح توانایی خوانندگان گرامی در حوزه انتخاب طراحی توربین مناسب برای مشخصات هیدرولیکی داده‌شده است.

در فصل هشتم، کاویتاسیون به عنوان یک مقوله مهم در امر طراحی و بهره‌برداری یک نیروگاه به‌طور مفصل برای انواع توربین‌های آبی شرح داده شده است. از آنجا که همواره عملکرد هر ماشین باید آزمایش و مشخصه‌های طراحی کنترل شود. فصل نهم به تست در ماشین‌های آبی در دو قسمت تست‌های در محل نیروگاه و تست‌های مدل در آزمایشگاه اختصاص دارد.

در فصل پایانی، یعنی در فصل دهم نیز به صورت تخصصی به تحلیل چکش آبی در نیروگاه‌های برقابی پرداخته شده است.

امید است کتاب حاضر جایگاه مناسبی در میان فعالان در حوزه نیروگاه‌های برق‌آبی از محققان، استادان و دانشجویان گرامی گرفته تا مهندسان و مدیران برجسته صنعتی، به خود اختصاص دهد و قدمی هرچند کوچک در توسعه دانش مربوط به نیروگاه‌های برق‌آبی در کشور عزیزمان بردارد.

لازم است تا از همه دوستان و دانشجویان گرامی که در آماده‌سازی این کتاب ما را یاری نموده‌اند کمال تقدیر و تشکر به عمل آید.

با آرزوی توفیق الهی برای مبین

علیرضا ریاسی

عضو هیئت علمی دانشکده مهندسی مکانیک
دانشگاه تهران

شهرام درخشان

عضو هیئت علمی دانشکده مهندسی مکانیک
دانشگاه علم و صنعت ایران