

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

# مبانی نیروگاه

(نشر دوم)

نگارندگان

محمد رضا انصاری

امین حدیدی

امین داوری

1400



سرشناسه: انصاری، محمدرضا، 1330 -  
عنوان و نام پدیدآور: مبانی نیروگاه / نگارندگان محمدرضا انصاری، امین حدیدی، امین داوری؛ ویراستار ادبی و فنی فرانک صادقی.  
مشخصات نشر: تهران: دانشگاه تربیت مدرس، مرکز نشر آثار علمی، 1395.  
مشخصات ظاهری: 642 ص.؛ مصور، جدول.  
شابک: 978-600-7589-34-2  
وضعیت فهرست نویسی: فیبا  
یادداشت: واژه‌نامه کتابنامه نمایه  
موضوع: نیروگاه‌های برق  
موضوع: Electric power-plants  
موضوع: ترمودینامیک  
موضوع: Thermodynamics  
موضوع: برق - تولید  
موضوع: Electric power production  
شناسه افزوده: حدیدی، امین، 1366 -  
شناسه افزوده: داوری، امین، 1363 -  
شناسه افزوده: دانشگاه تربیت مدرس، مرکز نشر آثار علمی  
شناسه افزوده: Tarbiat Modares University. TMU Press  
رده‌بندی کنگره: 1395 م2 الف/TK1191  
رده‌بندی دیویی: 621/3121  
شماره کتابشناسی ملی: 4314617

#### مبانی نیروگاه

نگارندگان: محمدرضا انصاری، امین حدیدی، امین داوری

ویراستار ادبی و فنی: فرانک صادقی

طراح جلد: دکتر سید نجم‌الدین امیرشاه کرمی

حروفچینی: سیده عارفه جعفرنیا، فرشته نجفی

شماره انتشار: 208

شماره پیاپی: 443

تاریخ انتشار: 1400

شمارگان: 500

شابک: 978-600-7589-34-2 978-600-7589-34-2 ISBN:

ناشر: انتشارات دانشگاه تربیت مدرس

نوبت نشر: دوم

کارشناس اجرایی: فاطمه طالبی

ناظر چاپ: مصطفی جانجانی

لیتوگرافی: ایران گرافیک

چاپ و صحافی: شمس

مرکز پخش: تقاطع بزرگراه‌های آلا حمد و دکتر چمران،

انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، صندوق پستی: 318-14115

تلفن: 82883096 دورنگار: 82883032

سامانه فروش: pub.modares.ac.ir

بها: ۲۰۰۰۰۰۰ ریال

صحت مطالب کتاب بر عهده نگارندگان است.

تقدیم بہ

ہدایت کنندہ نقاد خلقت



## فهرست مطالب

فهرست	الف
پیشگفتار	ل
فصل ۱: انواع نیروگاه‌ها	۱
۱-۱ مفاهیم نیروگاه	۱
۲-۱ انرژی	۱
۱-۲-۱ انرژی هسته‌ای	۲
۲-۲-۱ الکتریسیته	۲
۳-۲-۱ انرژی گرمایی	۲
۴-۲-۱ انرژی شیمیایی	۳
۵-۲-۱ انرژی تابشی	۳
۶-۲-۱ انرژی پتانسیل	۳
۷-۲-۱ انرژی جنبشی	۴
۳-۱ توان	۴
۴-۱ طبقه‌بندی نیروگاه‌ها	۵
۱-۴-۱ نیروگاه‌های حرارتی	۶
۲-۴-۱ نیروگاه‌های برق‌آبی	۸
۳-۴-۱ نیروگاه‌های خورشیدی	۸
۴-۴-۱ نیروگاه‌های بادی	۱۰
۵-۴-۱ آهنگ گرما و بازده در نیروگاه‌ها	۱۱

۱۲	۱-۵-۱ تقسیم‌بندی نیروگاه‌های حرارتی از نظر بازده
۱۳	۶-۱ مراجع
۱۵	<b>فصل ۲: مروری بر ترمودینامیک</b>
۱۵	۱-۲ مقدمه
۱۵	۲-۲ قانون اول ترمودینامیک- سیستم باز
۲۷	۳-۲ قانون اول ترمودینامیک در سیستم بسته
۲۸	۴-۲ چرخه
۳۰	۵-۲ روابط خواص ترمودینامیکی
۳۰	۱-۵-۲ گازهای کامل
۳۲	۲-۵-۲ بخارها
۳۲	۶-۲ قانون دوم ترمودینامیک
۳۴	۱-۶-۲ دو بیان کلاسیک برای قانون دوم ترمودینامیک
۳۶	۲-۶-۲ بازگشت‌پذیری
۳۷	۱-۲-۶-۲ اصطکاک
۳۷	۲-۲-۶-۲ انتقال گرما بر اثر اختلاف دمای معین
۳۸	۳-۲-۶-۲ فرایند اختناق یا خفانشی
۳۹	۴-۲-۶-۲ اختلاط
۳۹	۵-۲-۶-۲ دیگر عوامل بازگشت‌ناپذیری
۴۰	۶-۲-۶-۲ بازگشت‌ناپذیری‌های داخلی و خارجی
۴۰	۳-۶-۲ آنتروپی
۴۸	۴-۶-۲ تغییرات آنتروپی گاز ایده‌آل
۴۹	۷-۲ چرخه کارنو
۵۰	۱-۷-۲ بازده چرخه کارنو
۵۱	۲-۷-۲ دو نکته درباره بازده چرخه کارنو
۵۷	۸-۲ مسائل
۶۴	۹-۲ مراجع

فهرست مطالب / ج

۶۵	فصل ۳: نیروگاه‌های بخار .....
۶۵	۱-۳ چرخه نیروگاه بخار .....
۶۵	۱-۱-۳ مقدمه .....
۶۶	۲-۱-۳ چرخه ایده‌آل رانکین .....
۷۱	۳-۱-۳ چرخه بازگشت‌ناپذیر خارجی رانکین .....
۷۵	۴-۱-۳ فوق گرم کردن بخار .....
۸۲	۵-۱-۳ بازگرمایش .....
۸۷	۶-۱-۳ بازیاب .....
۹۱	۷-۱-۳ چرخه بازگشت‌ناپذیر داخلی رانکین .....
۹۵	۸-۱-۳ تولید هم‌زمان .....
۹۷	۲-۳ گرم‌کن‌های آب تغذیه .....
۹۷	۱-۲-۳ گرم‌کن‌های باز آب تغذیه .....
۱۰۵	۲-۲-۳ گرم‌کن‌های بسته آب تغذیه با تخلیه پس‌رونده .....
۱۱۰	۳-۲-۳ طراحی گرم‌کن آب تغذیه بسته .....
۱۲۲	۴-۲-۳ بازده و آهنگ گرما .....
۱۲۳	۳-۳ تله بخار .....
۱۳۱	۴-۳ چگالنده‌ها .....
۱۳۱	۱-۴-۳ مقدمه .....
۱۳۱	۲-۴-۳ وظایف چگالنده‌ها .....
۱۳۱	۱-۲-۴-۳ قسمت اصلی توربین .....
۱۳۱	۲-۲-۴-۳ صرفه‌جویی در بخار .....
۱۳۲	۳-۲-۴-۳ نگهداری و حفظ آب تغذیه به‌طور خالص .....
۱۳۲	۴-۲-۴-۳ هواگیری از آب اضافی در هر چرخه توربین .....
۱۳۳	۳-۴-۳ چگالنده‌های تماس مستقیم .....
۱۳۶	۴-۴-۳ چگالنده‌های سطحی .....
۱۳۸	۵-۴-۳ نظریه و چگونگی چگالنده‌ها .....
۱۳۹	۱-۵-۴-۳ رسوب در لوله .....
۱۳۹	۲-۵-۴-۳ جریان آب و بخار .....

- ۱۴۱..... ۳-۵-۴-۳ مخزن آب .....
- ۱۴۲..... ۴-۵-۴-۳ شرایط فشار در چگالنده .....
- ۱۴۳..... ۵-۵-۴-۳ ترتیب قراردادن لوله‌ها .....
- ۱۴۴..... ۶-۴-۳ تکامل چگالنده‌های سطحی .....
- ۱۴۴..... ۱-۶-۴-۳ چگونگی قرار دادن دسته‌های لوله در چگالنده و تعداد مسیرها .....
- ۱۴۷..... ۲-۶-۴-۳ چگالنده تک‌فشاره و چندفشاره .....
- ۱۴۸..... ۷-۴-۳ تخلیه هوای چگالنده .....
- ۱۵۲..... ۸-۴-۳ تمیز کردن چگالنده .....
- ۱۵۲..... ۱-۸-۴-۳ تمیز کردن چگالنده در حالت کار واحد .....
- ۱۵۳..... ۲-۸-۴-۳ تمیزکاری چگالنده در حالت بدون بار .....
- ۱۵۳..... ۳-۸-۴-۳ گلوله کردن .....
- ۱۵۳..... ۴-۸-۴-۳ تمیزکاری اسیدی .....
- ۱۵۴..... ۵-۸-۴-۳ تمیز کردن شبکه .....
- ۱۵۴..... ۶-۸-۴-۳ شستشو با آب .....
- ۱۵۵..... ۷-۸-۴-۳ روش‌های گرمایی .....
- ۱۵۵..... ۵-۳-۵-۳ تولید بخار (مولدهای بخار) .....
- ۱۵۵..... ۱-۵-۳ مقدمه .....
- ۱۵۸..... ۲-۵-۳ دیگ لوله آتشی .....
- ۱۶۰..... ۳-۵-۳ دیگ لوله آبی .....
- ۱۶۱..... ۱-۳-۵-۳ دیگ لوله مستقیم .....
- ۱۶۳..... ۲-۳-۵-۳ دیگ لوله خمیده .....
- ۱۶۵..... ۳-۳-۵-۳ پیشرفت‌های اخیر (دیگ لوله آبی) .....
- ۱۶۷..... ۴-۳-۵-۳ دیوارهای دیگ .....
- ۱۶۹..... ۵-۳-۵-۳ انتقال گرمای آب / بخار .....
- ۱۷۱..... ۴-۵-۳ انتقال گرما در دسته لوله‌ها .....
- ۱۷۱..... ۱-۴-۵-۳ انتقال گرمای همرفتی .....
- ۱۷۲..... ۲-۴-۵-۳ انتقال گرما در سمت آب و بخار .....
- ۱۷۳..... ۳-۴-۵-۳ تابش غیر نورانی .....



فهرست مطالب / ه

۱۷۴	۵-۵-۳ دیگ تک‌مسیره (یک‌بارگذر).....
۱۷۶	۶-۵-۳ گردش آب.....
۱۷۶	۱-۶-۵-۳ گردش طبیعی.....
۱۷۷	۲-۶-۵-۳ گردش اجباری.....
۱۷۸	۷-۵-۳ استوانه بخار.....
۱۸۴	۸-۵-۳ فوق گرم‌کن‌ها و باز گرم‌کن‌ها.....
۱۸۸	۹-۵-۳ صرفه‌جو.....
۱۹۰	۱۰-۵-۳ پیش گرم‌کن‌های هوا.....
۱۹۱	۱-۱۰-۵-۳ پیش گرم‌کن‌های بازیابی.....
۱۹۳	۲-۱۰-۵-۳ پیش گرم‌کن‌های احیایی (متناوب).....
۱۹۵	۶-۳ دودکش.....
۱۹۵	۱-۶-۳ مقدمه.....
۱۹۵	۲-۶-۳ نیروی محرکه یا کوران (درفت) و طراحی دودکش.....
۲۰۱	۷-۳ سیستم آب گردشی و برج خنک‌کننده.....
۲۰۱	۱-۷-۳ مقدمه.....
۲۰۲	۲-۷-۳ سیستم آب گردشی.....
۲۰۴	۳-۷-۳ برج‌های خنک‌کن تر.....
۲۰۵	۱-۳-۷-۳ برج‌های خنک‌کن با جریان مکانیکی هوا.....
۲۰۸	۲-۳-۷-۳ برج‌های خنک‌کن تر با جریان طبیعی هوا.....
۲۱۲	۳-۳-۷-۳ سیستم توزیع آب.....
۲۱۳	۴-۳-۷-۳ پکینگ.....
۲۱۵	۵-۳-۷-۳ آب هدر رفته در برج و حذف‌کننده‌ها.....
۲۱۶	۶-۳-۷-۳ حوضچه برج و آب جبرانی.....
۲۱۷	۷-۳-۷-۳ کیفیت آب گردشی و آلودگی ناشی از آب تخلیه‌شده.....
۲۱۸	۸-۳-۷-۳ برج خنک‌کن تر پیوندی.....
۲۲۰	۴-۷-۳ برج‌های خنک‌کن خشک.....
۲۲۱	۱-۴-۷-۳ برج‌های خنک‌کن خشک غیر مستقیم.....
۲۲۴	۲-۴-۷-۳ برج‌های خنک‌کن خشک مستقیم.....

۲۲۶.....	۳-۷-۵ خلاصه‌ای از مزایا و معایب برج‌های خنک‌کن تر و خشک
۲۲۸.....	۳-۷-۶ ترکیب برج خنک‌کن تر و خشک
۲۳۰.....	۳-۷-۷ یخ‌زدگی برج خنک‌کن
۲۳۳.....	۳-۷-۸ استخرهای خنک‌کن
۲۳۴.....	۳-۷-۸-۱ استخرهای جریان طبیعی
۲۳۵.....	۳-۷-۸-۲ استخرهای افشانه‌ای
۲۳۷.....	۳-۸-۸ دمنده‌ها
۲۴۳.....	۳-۹-۹ توربین‌ها
۲۴۳.....	۳-۹-۱ مقدمه
۲۴۷.....	۳-۹-۲ انواع توربین بخار
۲۴۷.....	۳-۹-۲-۱ توربین جریان محوری
۲۴۹.....	۳-۹-۲-۲ توربین جریان شعاعی
۲۵۱.....	۳-۹-۳ توربین‌های ضربه‌ای
۲۶۳.....	۳-۹-۳-۱ توربین ضربه‌ای یک طبقه
۲۶۵.....	۳-۹-۳-۲ توربین ضربه‌ای مرکب سرعتی
۲۶۶.....	۳-۹-۳-۳ توربین ضربه‌ای مرکب فشاری
۲۶۸.....	۳-۹-۳-۴ توربین ضربه‌ای مرکب فشار - سرعت
۲۶۹.....	۳-۹-۴ توربین عکس‌العملی
۲۷۲.....	۳-۹-۵ اجزای اصلی توربین بخار
۲۷۳.....	۳-۹-۵-۱ روتور (چرخانه)
۲۷۴.....	۳-۹-۵-۲ روتور با دیسک‌های مجزا
۲۷۶.....	۳-۹-۵-۳ روتور دیسکی آهنگری شده (یکپارچه)
۲۷۸.....	۳-۹-۵-۴ روتور دیسکی جوش‌کاری شده
۲۷۹.....	۳-۹-۵-۵ روتور استوانه‌ای (درامی)
۲۸۱.....	۳-۹-۵-۶ پوسته (سیلندر)
۲۸۱.....	۳-۹-۵-۷ پوسته‌های توربین فشار بالا (HP)
۲۸۳.....	۳-۹-۵-۸ پوسته‌های توربین فشار متوسط (IP)
۲۸۴.....	۳-۹-۵-۹ پوسته‌های توربین فشار پایین (LP)

فهرست مطالب / ز

۲۸۶	۶-۹-۳ اتلاف توربین
۲۸۶	۱-۶-۹-۳ تلفات ناشی از اصطکاک سیال (بخار)
۲۸۷	۲-۶-۹-۳ تلفات ناشی از ورود جزئی بخار
۲۸۷	۳-۶-۹-۳ تلفات ناشی از نشت بخار
۲۸۸	۴-۶-۹-۳ تلفات ناشی از رطوبت بخار
۲۸۹	۵-۶-۹-۳ تلفات ناشی از انتقال گرما
۲۹۰	۷-۹-۳ بازده توربین
۲۹۲	۸-۹-۳ آرایش و پیکربندی توربین‌ها
۲۹۶	۱۰-۳ مسائل
۳۰۷	۱۱-۳ مراجع
۳۰۹	فصل ۴: سوخت و احتراق
۳۰۹	۱-۴ انواع سوخت‌ها
۳۱۱	۱-۱-۴ سوخت‌های جامد
۳۱۴	۲-۱-۴ سوخت‌های مایع
۳۱۷	۳-۱-۴ سوخت‌های گازی
۳۱۸	۱-۳-۱-۴ گاز طبیعی
۳۱۹	۲-۳-۱-۴ گاز نفتی مایع شده (LPG)
۳۱۹	۳-۳-۱-۴ گاز پالایش
۳۲۰	۴-۳-۱-۴ گاز زغال‌سنگ
۳۲۰	۵-۳-۱-۴ گاز کوره بلند
۳۲۰	۲-۴ احتراق
۳۳۳	۱-۲-۴ ارزش‌های گرمایی
۳۳۵	۲-۲-۴ دماهای احتراق
۳۳۸	۳-۲-۴ دمای شعله آدیاباتیک
۳۴۱	۴-۲-۴ آنالیز گازهای خروجی
۳۴۴	۳-۴ مسائل
۳۵۱	۴-۴ مراجع

۳۵۳	فصل ۵: نیروگاه MHD
۳۵۳	۱-۵ تبدیل انرژی مگنتوهیدرودینامیک
۳۵۵	۲-۵ اصول کلی تولید توان MHD
۳۶۱	۳-۵ چرخه‌های ترکیبی بر پایه MHD
۳۶۴	۴-۵ سیستم‌های MHD چرخه باز
۳۶۶	۵-۵ سیستم‌های MHD چرخه بسته
۳۶۷	۶-۵ مسائل
۳۶۸	۷-۵ مراجع

۳۶۹	فصل ۶: نیروگاه‌های چرخه گازی
۳۶۹	۱-۶ مقدمه
۳۷۴	۲-۶ چرخه ایده‌آل برایتون
۳۸۴	۳-۶ چرخه غیر ایده‌آل برایتون
۳۸۷	۴-۶ بهسازی چرخه برایتون
۳۸۸	۱-۴-۶ بازیابی
۳۹۱	۲-۴-۶ خنک‌کن میانی در کمپرسور
۳۹۵	۳-۴-۶ بازگرمایش در توربین
۴۰۱	۴-۴-۶ تزریق آب
۴۰۶	۵-۶ چرخه‌های با خواص متغیر
۴۰۷	۶-۶ دماهای بالا
۴۰۸	۱-۶-۶ مواد مناسب
۴۰۹	۲-۶-۶ خنک‌سازی
۴۱۳	۷-۶ مسائل
۴۱۷	۸-۶ مراجع

۴۱۹	فصل ۷: نیروگاه‌های چرخه ترکیبی
۴۱۹	۱-۷ مقدمه
۴۲۱	۲-۷ چرخه‌های ترکیبی با بازیافت گرما

فهرست مطالب / ط

۴۲۳	۳-۷ چرخه ترکیبی با پایه توربین گاز یا STAG
۴۳۰	۴-۷ چرخه‌های ترکیبی چند فشاری
۴۳۴	۵-۷ مسائل
۴۳۸	۶-۷ مراجع

فصل ۸: نیروگاه بادی..... ۴۳۹

۴۳۹	۱-۸ مقدمه
۴۴۰	۲-۸ تاریخچه انرژی بادی
۴۴۱	۳-۸ اصول انرژی باد
۴۴۳	۱-۳-۸ رابطه سرعت و توان
۴۴۶	۲-۳-۸ توان استحصالی از باد
۴۵۲	۳-۳-۸ مساحت جاروب شده روتور
۴۵۳	۴-۳-۸ چگالی هوا
۴۵۴	۴-۸ عملکرد توربین بادی
۴۵۶	۵-۸ خصوصیات مکان احداث نیروگاه بادی
۴۵۶	۱-۵-۸ پتانسیل سنجی
۴۵۸	۲-۵-۸ پتانسیل باد در ایران
۴۵۹	۶-۸ سیستم توان بادی یا طراحی کلی نیروگاه بادی
۴۵۹	۱-۶-۸ اجزای سیستم
۴۶۶	۲-۶-۸ دکل توربین‌ها و فاصله بین آنها
۴۶۸	۳-۶-۸ تعداد پره‌ها
۴۶۹	۷-۸ مسائل
۴۷۰	۸-۸ مراجع

فصل ۹: نیروگاه برق آبی..... ۴۷۱

۴۷۱	۱-۹ مقدمه
۴۷۳	۱-۱-۹ انرژی آبی در مقایسه با انرژی‌های دیگر
۴۷۴	۲-۱-۹ چشم اندازه‌های تاریخی

۴۷۵	۳-۱-۹ مطالب کلی درباره نیروگاه آبی
۴۷۷	۲-۹ اجزای ساختمان تأسیسات آبی
۴۷۷	۱-۲-۹ سد و اقسام سد
۴۸۴	۲-۲-۹ سرریزها، آبگیرها و تأسیسات وابسته
۴۸۹	۳-۲-۹ دریچه‌های آستانه‌ای
۴۹۷	۳-۹ انواع نیروگاه‌های برق آبی
۴۹۷	۱-۳-۹ نیروگاه جریان
۴۹۸	۲-۳-۹ نیروگاه کانال انحرافی
۴۹۸	۳-۳-۹ نیروگاه‌های مخزنی
۴۹۹	۴-۳-۹ نیروگاه‌های تلمبه‌ای - ذخیره‌ای
۴۹۹	۴-۹ توربین‌های آبی و نحوه انتخاب آنها
۵۰۰	۱-۴-۹ انواع توربین‌های آبی
۵۱۵	۲-۴-۹ سرعت ویژه ( $N_s$ )، ضریب سرعت ( $\phi$ )
۵۱۶	۳-۴-۹ سرعت فرار
۵۱۷	۴-۴-۹ پدیده حفره‌زایی (کاویتاسیون) در توربین‌ها
۵۱۹	۵-۴-۹ دیگر اجزای نیروگاه‌های برق آبی
۵۲۱	۵-۹ افت انرژی و لایه مرزی در جریان
۵۲۲	۶-۹ مسائل
۵۲۴	۷-۹ مراجع
۵۲۵	<b>فصل ۱۰: نیروگاه هسته‌ای</b>
۵۲۵	۱-۱۰ مقدمه
۵۲۶	۲-۱۰ واکنش‌های هسته‌ای
۵۲۶	۱-۲-۱۰ برخورد متقابل پرتوهای یون ساز با ماده
۵۳۰	۲-۲-۱۰ برخورد متقابل پرتو با هسته
۵۳۰	۳-۲-۱۰ هسته مرکب
۵۳۳	۳-۱۰ واکنش شکافت هسته‌ای
۵۳۳	۱-۳-۱۰ واقعه شکافت

فهرست مطالب / ک

۵۳۶	..... مواد قابل شکافت، شکننده و بارور	۲-۳-۱۰
۵۳۸	..... گرمای استحاله	۳-۳-۱۰
۵۳۹	..... راکتورهای برق هسته‌ای	۴-۱۰
۵۴۰	..... راکتور آب تحت فشار (PWR)	۱-۴-۱۰
۵۴۳	..... راکتور آب جوش (BWR)	۲-۴-۱۰
۵۴۶	..... راکتور کندکننده با گرافیت	۳-۴-۱۰
۵۵۰	..... راکتور سریع زاینده (FBR)	۴-۴-۱۰
۵۵۳	..... راکتور آب سبک (LWR)	۵-۴-۱۰
۵۵۳	..... راکتور کاندو (CANDU)	۶-۴-۱۰
۵۵۶	..... راکتور آب سنگین مولد بخار (SCHWRS)	۷-۴-۱۰
۵۵۷	..... انتقال گرما و جریان سیالات	۵-۱۰
۵۵۸	..... ارتباط عوامل مؤثر روی انتقال گرما	۱-۵-۱۰
۵۶۲	..... توزیع دما در قلب راکتور	۲-۵-۱۰
۵۶۳	..... جریان سیال	۳-۵-۱۰
۵۶۵	..... مراجع	۶-۱۰
۵۶۷	..... ضمایم	
۵۹۷	..... واژه‌نامه فارسی به انگلیسی	
۶۰۳	..... واژه‌نامه انگلیسی به فارسی	
۶۰۹	..... نمایه	





## پیشگفتار

اغلب انرژی الکتریکی، به‌عنوان تکیه‌گاه اصلی یک کشور صنعتی شناخته می‌شود. با کاهش منابع انرژی فسیلی، نیاز به تبدیل انرژی کارا تر این منابع و توسعه فناوری‌های انرژی‌های نو و تجدیدپذیر، اجتناب‌ناپذیر است. از این‌رو، نیروگاه‌های برق به‌عنوان تولیدکننده انرژی الکتریکی از اهمیت بسیار حیاتی برخوردار می‌باشند. در این‌باره، دانشگاه‌ها به‌عنوان متولی تربیت متخصصان مورد نیاز جامعه، درس نیروگاه‌ها را در برنامه درسی خود گنجانده‌اند، به‌طوری‌که در اکثر دانشگاه‌های کشور درس نیروگاه‌ها برای دانشجویان رشته‌های مهندسی از جمله مهندسی مکانیک، برق، انرژی و ... تدریس می‌شود. منابع فارسی برای این درس بسیار محدود بوده و مانند دیگر کتاب‌های به زبان اصلی، سرفصل‌های مصوب وزارت علوم، تحقیقات و فناوری را برای این درس، پوشش نمی‌دهند. با توجه به نبود منبع درسی مناسب، به‌روز، متناسب با نیروگاه‌های موجود در کشور و مطابق با سرفصل‌های مصوب درس نیروگاه‌ها که به سردرگمی دانشجویان می‌انجامد، در این کتاب سعی شده با گردآوری کتاب‌های روز دنیا در زمینه نیروگاه و با پوشش کامل سرفصل‌های مصوب وزارت علوم برای درس مزبور و با تمرکز بیشتر به نیروگاه‌های موجود در کشور، خلأ موجود پر شود و به‌عنوان کتاب درسی مناسب و کامل مورد استفاده دانشجویان، اساتید و کارشناسان صنایع مربوط قرار گیرد.

کتاب حاضر در ۱۰ فصل تدوین گردیده و در نگارش آن تلاش شده است تا حد امکان از واژگان فارسی و رایج در صنعت نیروگاه استفاده شود. مطالب در کل کتاب به‌صورت پایه‌ای و ساده بیان شده است تا برای دانشجویان رشته‌های غیرمهندسی مکانیک و محققانی که در صنایع مرتبط با نیروگاه‌ها مشغول به فعالیت‌اند نیز بدون نیاز به مطالعه کتاب‌های پیش‌نیاز قابل

استفاده باشد. در تمام فصول از مثال‌های متنوع و عملی استفاده شده است که به آموزش آسان‌تر مطالب کمک می‌کند. همچنین در این کتاب از شکل‌های با کیفیت بالا و به‌روز استفاده شده است که از دیگر مزایای آن است. لازم به ذکر است شکل‌هایی که دارای مرجع هستند از مراجع معتبر استفاده شده است. شکل‌های بدون مرجع مواردی است که خود نگارندگان تدوین یا ارائه داده‌اند.

در فصل اول، انواع منابع انرژی معرفی و انواع نیروگاه‌های برق طبقه‌بندی شده است. در فصل دوم، مروری مختصر بر ترمودینامیک مورد نیاز تحلیل چرخه‌های نیروگاهی صورت گرفته است تا خوانندگان را از مراجعه به کتاب‌ها ترمودینامیک بی‌نیاز کند. در فصل سوم به‌طور مفصل به مهم‌ترین نوع نیروگاه، یعنی نیروگاه حرارتی پرداخته شده که حجم بسیار زیادی از کتاب را به خود اختصاص داده است. این فصل از بخش‌های مختلف تشکیل شده است. در بخش اول از فصل نیروگاه حرارتی، تنها به بررسی چرخه رانکین برای تجهیزات نیروگاه پرداخته می‌شود و چگونگی مغایرت فرایندهای تجهیزات واقعی با تجهیزات ایدئال نشان داده می‌شود. همچنین ملاحظاتی درباره تعدیلات خاصی که هدف از آن‌ها بهبود عملکرد چرخه مبنا (رانکین) است، نیز ارائه می‌شود. در بخش دوم انواع گرم‌کن‌های آب تغذیه معرفی و تأثیر آن‌ها بر بازده چرخه نیروگاه با ذکر مثال بررسی می‌شود. در بخش سوم انواع تله‌های بخار و نیز عملکرد هر یک از آن‌ها به‌عنوان یک شیر خودکار در تجهیزات گرمایشی بخار، که در آن بخار با از دست دادن گرما به مایع تبدیل می‌شود، بررسی می‌گردد. از آنجایی که چگالنده‌ها به‌عنوان بزرگ‌ترین و مهم‌ترین مبادله‌کن گرمایی در نیروگاه محسوب می‌شوند، از این‌رو، علل استفاده از چگالنده و وظایف آن در نیروگاه‌ها، انواع چگالنده‌ها و طریقه انتقال گرما در آن‌ها در بخش چهارم تشریح می‌شود. بخار یکی از مهم‌ترین نیازهای کنونی در زندگی بشر است که در تمامی صنایع کاربرد فراوانی دارد. از این‌رو لازم است نحوه تولید بخار و دستگاه‌های مولد آن شناخته شوند. بخش پنجم با همین دیدگاه تهیه شده است. از آنجایی که مهم‌ترین کاربرد دیگ بخار در صنایع نیروگاهی است، ابتدا جایگاه دیگ در چرخه نیروگاه و سپس انواع آن بیان شده است. در ادامه همین بخش پیشرفت‌های اخیر مربوط به دیگ‌های بخار، نحوه انتقال گرما بین آب و بخار و همچنین مطالب اصلی و ضروری تجهیزات دیگر تشکیل‌دهنده مولد بخار بررسی می‌شود. در بخش ششم پدیده‌ای که در دودکش‌های

## پیشگفتار/ن

مولد بخار می‌دهد، بیان شده و تأثیر شاخصه‌های طراحی بر نیروی محرکه (کوران یا درفت) ایجاد شده در این سازه‌ها بررسی می‌شود. یکی دیگر از اجزای اصلی نیروگاه‌ها که هزینه زیادی به آن اختصاص می‌یابد، سیستم خنک‌کننده است. نداشتن شناخت کافی نسبت به این جزء، از یک طرف و نداشتن اطمینان نسبت به منابع تأمین‌کننده آب باعث بروز مشکلاتی می‌شود. بنابراین در بخش هفتم، ابتدا سیستم آب گردشی و قسمت‌های مرتبط با آن شرح داده می‌شود و در ادامه همین بخش انواع سیستم‌های خنک‌کن شامل برج‌های خنک‌کن، استخرها و همچنین مزیت و معایب هر یک از این سیستم‌ها بررسی می‌شود. انواع دمنده‌های قابل استفاده در نیروگاه‌ها و روش‌های کنترل خروجی این دمنده‌ها در بخش هشتم ارائه می‌شود. در نهایت در بخش نهم از این فصل، توربین بخار به‌عنوان یک توربوماشین پیچیده و آخرین تجهیز اصلی چرخه نیروگاه بررسی می‌شود. در این بخش با ذکر تاریخچه‌ای از این ماشین بخار، انواع مختلف توربین بخار از جهات مختلف و نحوه عملکرد آنها، اجزای اصلی توربین بخار و انواع تلفات در طبقات توربین ارائه می‌شود و در ادامه همین بخش به بررسی بازده توربین بخار و پیکربندی آن نیز پرداخته شده است.

در فصل چهارم، به سوخت و احتراق در نیروگاه‌ها پرداخته شده است. یکی از مهم‌ترین نکات حائز اهمیت کتاب حاضر مربوط به این فصل است. با توجه به اینکه در نیروگاه‌های حرارتی فعال در کشور بیشتر از سوخت‌هایی نظیر گاز و دیگر سوخت‌های مایع استفاده می‌شود، در این فصل بیشتر روی سوخت‌های گازی و مایع تمرکز شده و به احتراق مربوط به آنها پرداخته شده است. در کتاب‌های موجود، به‌طور مفصل به زغال‌سنگ، نحوه احتراق و ماشین‌آلات آماده‌سازی آن پرداخته شده است، در حالی که هیچ‌کدام از نیروگاه‌های کشورمان از سوخت زغال‌سنگ استفاده نمی‌کنند و این امر یکی از مزایای کتاب حاضر است.

در فصل پنجم، نیروگاه‌های مگنتوهیدرودینامیک به‌عنوان فناوری جدید در نیروگاه‌های حرارتی به‌عنوان فناوری تبدیل مستقیم حرارت به توان بررسی شده و چرخه‌های ترکیبی آن با نیروگاه‌های حرارتی معمولی مطرح شده است.

در فصل ششم نیروگاه‌های چرخه گازی بررسی می‌شود. به این منظور، پس از مطالعه نیروگاه‌های مختلف چرخه گازی، ترمودینامیک این نیروگاه‌ها و بخش‌های مختلف یک توربین گاز بررسی می‌گردد.

فصل هفتم، به تحلیل چرخه‌های ترکیبی اختصاص یافته است. در این فصل باتوجه به اهمیت چرخه‌های ترکیبی به‌خصوص از نظر تأمین برق در ساعات اوج مصرف، به معرفی چرخه‌های ترکیبی پرداخته شده و در ادامه تحلیل ترمودینامیکی چرخه‌های نیروگاه‌های چرخه ترکیبی ارائه شده است.

در تکمیل مطالب و سرفصل‌های نیروگاه، در فصل هشتم به نیروگاه‌های بادی پرداخته شده است. در این فصل نیروگاه بادی به‌عنوان اولین منبع انرژی تجدیدپذیر که در کتاب حاضر مطرح می‌شود، معرفی شده و در ادامه، اصول و کلیات استحصال انرژی از باد بیان شده است. در انتهای این فصل، امکان احداث نیروگاه بادی و وضعیت انرژی باد در کشور بررسی شده است. در ادامه مباحث مربوط به انرژی‌های تجدیدپذیر، نیروگاه آبی در فصل نهم بررسی شده است. در این فصل نخست اجزای سد و نیروگاه آبی تشریح شده و سپس به مطالعه کلیات تولید انرژی الکتریکی در نیروگاه آبی پرداخته شده است.

در انتهای مطالب کتاب حاضر، به انرژی هسته‌ای به‌عنوان آخرین بخش از سرفصل‌های مورد نیاز درس نیروگاه‌ها و فناوری مدرن که در کشور نیز به‌تازگی مورد بهره‌برداری قرار گرفته، پرداخته شده است. در این فصل نخست اندکی فیزیک هسته‌ای مطرح شده و در ادامه انواع واکنش‌های هسته‌ای معرفی شده‌اند. باتوجه به اینکه در حال حاضر شکافت هسته‌ای تنها روش عملی برای تولید برق از انرژی هسته‌ای است و نیروگاه اتمی بوشهر نیز از نوع شکافت است، به‌طور مفصل به مطالعه رآکتورهای هسته‌ای از نوع شکافت پرداخته شده است. باتوجه به اینکه در سرفصل‌های درس نیروگاه‌ها فقط انرژی بادی و آبی از منابع انرژی تجدیدپذیر گنجانده شده، از این‌رو در این کتاب نیز فقط به نیروگاه بادی و آبی پرداخته شده است. بنابراین به علاقه‌مندان توصیه می‌شود برای مطالعه بیشتر در این زمینه، به کتاب‌های انرژی‌های نو و تجدیدپذیر مراجعه کنند.

### ویژگی‌های مهم کتاب حاضر

۱. اولین کتاب تألیفی نیروگاه‌ها در کشور، مطابق با سرفصل‌های وزارت علوم، تحقیقات و فناوری؛
۲. منطبق بر جدیدترین و آخرین کتاب‌های نیروگاه در دنیا؛
۳. مطابق با نیروگاه‌های موجود در کشور؛

## پیشگفتار/ع

۴. سوخت و احتراق متناسب با نیروگاه‌های کشور، تنها کتاب نیروگاهی که بر مبنای سوخت‌های گازی و مایع است که در نیروگاه‌های کشور استفاده می‌شود؛
۵. شکل‌های جدید و واضح در متن کتاب به کار رفته است.
۶. باتوجه به مسائل عملی و نمونه‌های واقعی مطرح شده در کتاب حاضر، علاوه بر کتاب درسی، در صنعت نیز می‌تواند استفاده شود.

در پایان ضمن امید به پذیرش این اثر کوچک در پیشگاه ایزدمنان، امید است این اثر که اولین کتاب تألیفی نیروگاه در کشور منطبق بر جدیدترین کتاب‌های روز دنیا و نیز سرفصل‌های مصوب درس نیروگاه‌ها است، مورد توجه و استفاده دانشجویان، اساتید و محققان صنعت نیروگاه قرار گیرد. پیشاپیش از همه عزیزانی که نگارندگان را با یادآوری اشتباهات و تذکرات لازم در ارائه هرچه بهتر مراحل بعدی یاری خواهند نمود، سپاسگزاری می‌نماییم.