

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



# مبانی نیروگاه

نگارندگان

محمد رضا انصاری

امین حدیدی

امین داوری



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 م 2 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: 208/35

شماره پیاپی: 244

تاریخ انتشار: 1395

شمارگان: 1000

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

ناشر: مرکز نشر آثار علمی دانشگاه تربیت مدرس

نوبت چاپ: اول

کارشناس اجرایی: فاطمه طالبی

ناظر چاپ: مصطفی جانجانی

لیتوگرافی: ایران گرافیک

چاپ و صحافی: شمس

مرکز پخش: تقاطع بزرگراه‌های آل‌احمد و دکتر چمران،

دانشگاه تربیت مدرس، مرکز نشر آثار علمی، صندوق پستی: 14115-318

تلفن: 82883096 دورنگار: 82883032

بها: 420000 ریال

صحت مطالب کتاب بر عهده نگارندگان است.

## پیشگفتار ناشر

حکایت خواندن و نوشتن، نشان از هویت دینی و ملی ایرانیان است که حضرت حق فرمان را برخواندن نهاد و این‌گونه رسالت خاتم خود را آغاز کرد.

دانشگاه تربیت مدرس نیز همگام با رسالت خطیر خود، در راستای اجرای بند 7 آیین‌نامه پذیرش «کتاب‌های تألیف و ترجمه‌ای دانشگاه تربیت مدرس» و با هدف ارائه و نشر نتایج پژوهش‌های نخبگان جامعه علمی کشور در طی تدریس، تحقیق، راهنمایی و مشاوره پایان‌نامه‌های کارشناسی ارشد و رساله‌های دکتری دانش‌پژوهان و بهره‌مندی از آخرین پژوهش‌ها و یافته‌های محققان ایران و جهان به‌منظور تأمین منابع علمی دانشگاه‌های کشور، منطقه و جهان، با سفارش تألیف در این عرصه گام نهاده است.

در این راستا سی‌وپنجمین کتاب سفارش تألیف، با عنوان "مبانی نیروگاه" تألیف دکتر محمدرضا انصاری عضو هیأت علمی دانشگاه تربیت مدرس را پیش روی خوانندگان گرامی قرار داده است. امید است نخبگان و صاحب‌نظران، ضمن یاری رساندن به دانشگاه، پیشنهادهای ارزنده خود را نیز به‌منظور اجرای موفق و مناسب این طرح، ارائه فرمایند.

با آرزوی توفیق الهی

دکتر یعقوب فتح‌الهی

معاون پژوهشی و فناوری دانشگاه



تقدیم به

هدایت کننده تقادر خلقت





## فهرست مطالب

الف.....	فهرست
ل.....	پیشگفتار
1.....	فصل 1: انواع نیروگاه‌ها
1.....	1-1 مفاهیم نیروگاه
1.....	2-1 انرژی
2.....	1-2-1 انرژی هسته‌ای
2.....	2-2-1 الکتریسیته
2.....	3-2-1 انرژی گرمایی
3.....	4-2-1 انرژی شیمیایی
3.....	5-2-1 انرژی تابشی
3.....	6-2-1 انرژی پتانسیل
4.....	7-2-1 انرژی جنبشی
4.....	3-1 توان
5.....	4-1 طبقه‌بندی نیروگاه‌ها
6.....	1-4-1 نیروگاه‌های حرارتی
8.....	2-4-1 نیروگاه‌های برق‌آبی
8.....	3-4-1 نیروگاه‌های خورشیدی
10.....	4-4-1 نیروگاه‌های بادی
11.....	5-1 آهنگ گرما و بازده در نیروگاه‌ها

12	1-5-1 تقسیم‌بندی نیروگاه‌های حرارتی از نظر بازده
13	6-1 مراجع
15	فصل 2: مروری بر ترمودینامیک
15	1-2 مقدمه
15	2-2 قانون اول ترمودینامیک - سیستم باز
27	3-2 قانون اول ترمودینامیک در سیستم بسته
28	4-2 چرخه
30	5-2 روابط خواص ترمودینامیکی
30	1-5-2 گازهای کامل
32	2-5-2 بخارها
32	6-2 قانون دوم ترمودینامیک
34	1-6-2 دو بیان کلاسیک برای قانون دوم ترمودینامیک
36	2-6-2 بازگشت‌پذیری
37	1-2-6-2 اصطکاک
37	2-2-6-2 انتقال گرما بر اثر اختلاف دمای معین
38	3-2-6-2 فرایند اختناق یا خفانشی
39	4-2-6-2 اختلاط
39	5-2-6-2 دیگر عوامل بازگشت‌ناپذیری
40	6-2-6-2 بازگشت‌ناپذیری‌های داخلی و خارجی
40	3-6-2 آنتروپی
48	4-6-2 تغییرات آنتروپی گاز ایده‌آل
49	7-2 چرخه کارنو
50	1-7-2 بازده چرخه کارنو
51	2-7-2 دو نکته درباره بازده چرخه کارنو
57	8-2 مسائل
64	9-2 مراجع

65	فصل 3: نیروگاه‌های بخار .....
65	1-3 چرخه نیروگاه بخار .....
65	1-1-3 مقدمه .....
66	2-1-3 چرخه ایده آل رانکین .....
71	3-1-3 چرخه بازگشت‌ناپذیر خارجی رانکین .....
75	4-1-3 فوق گرم کردن بخار .....
82	5-1-3 بازگرمایش .....
87	6-1-3 بازیاب .....
91	7-1-3 چرخه بازگشت‌ناپذیر داخلی رانکین .....
95	8-1-3 تولید هم‌زمان .....
97	2-3 گرم‌کن‌های آب تغذیه .....
97	1-2-3 گرم‌کن‌های باز آب تغذیه .....
105	2-2-3 گرم‌کن‌های بسته آب تغذیه با تخلیه پس‌رونده .....
110	3-2-3 طراحی گرم‌کن آب تغذیه بسته .....
122	4-2-3 بازده و آهنگ گرما .....
123	3-3 تله بخار .....
131	4-3 چگالنده‌ها .....
131	1-4-3 مقدمه .....
131	2-4-3 وظایف چگالنده‌ها .....
131	1-2-4-3 قسمت اصلی توربین .....
131	2-2-4-3 صرفه‌جویی در بخار .....
132	3-2-4-3 نگهداری و حفظ آب تغذیه به‌طور خالص .....
132	4-2-4-3 هواگیری از آب اضافی در هر چرخه توربین .....
133	3-4-3 چگالنده‌های تماس مستقیم .....
136	4-4-3 چگالنده‌های سطحی .....
138	5-4-3 نظریه و چگونگی چگالنده‌ها .....
139	1-5-4-3 رسوب در لوله .....
139	2-5-4-3 جریان آب و بخار .....

- 141..... 3-5-4-3 مخزن آب
- 142..... 4-5-4-3 شرایط فشار در چگالنده
- 143..... 5-5-4-3 ترتیب قراردادن لوله‌ها
- 144..... 6-4-3 تکامل چگالنده‌های سطحی
- 144..... 1-6-4-3 چگونگی قرار دادن دسته‌های لوله در چگالنده و تعداد مسیرها
- 147..... 2-6-4-3 چگالنده تک‌فشاره و چندفشاره
- 148..... 7-4-3 تخلیه هوای چگالنده
- 152..... 8-4-3 تمیز کردن چگالنده
- 152..... 1-8-4-3 تمیز کردن چگالنده در حالت کار واحد
- 153..... 2-8-4-3 تمیزکاری چگالنده در حالت بدون بار
- 153..... 3-8-4-3 گلوله کردن
- 153..... 4-8-4-3 تمیزکاری اسیدی
- 154..... 5-8-4-3 تمیز کردن شبکه
- 154..... 6-8-4-3 شستشو با آب
- 155..... 7-8-4-3 روش‌های گرمایی
- 155..... 5-3 تولید بخار (مولدهای بخار)
- 155..... 1-5-3 مقدمه
- 158..... 2-5-3 دیگ لوله آتشی
- 160..... 3-5-3 دیگ لوله آبی
- 161..... 1-3-5-3 دیگ لوله مستقیم
- 163..... 2-3-5-3 دیگ لوله خمیده
- 165..... 3-3-5-3 پیشرفت‌های اخیر (دیگ لوله آبی)
- 167..... 4-3-5-3 دیوارهای دیگ
- 169..... 5-3-5-3 انتقال گرمای آب/بخار
- 171..... 4-5-3 انتقال گرما در دسته لوله‌ها
- 171..... 1-4-5-3 انتقال گرمای همرفتی
- 172..... 2-4-5-3 انتقال گرما در سمت آب و بخار
- 173..... 3-4-5-3 تابش غیر نورانی

- 174..... 5-5-3 دیگ تک‌مسیره (یک‌بارگذر)
- 176..... 6-5-3 گردش آب
- 176..... 1-6-5-3 گردش طبیعی
- 177..... 2-6-5-3 گردش اجباری
- 178..... 7-5-3 استوانه بخار
- 184..... 8-5-3 فوق‌گرم‌کن‌ها و بازگرم‌کن‌ها
- 188..... 9-5-3 صرفه‌جو
- 190..... 10-5-3 پیش‌گرم‌کن‌های هوا
- 191..... 1-10-5-3 پیش‌گرم‌کن‌های بازیابی
- 193..... 2-10-5-3 پیش‌گرم‌کن‌های احیایی (متناوب)
- 195..... 6-3 دودکش
- 195..... 1-6-3 مقدمه
- 195..... 2-6-3 نیروی محرکه یا کوران (درفت) و طراحی دودکش
- 201..... 7-3 سیستم آب‌گردشی و برج خنک‌کننده
- 201..... 1-7-3 مقدمه
- 202..... 2-7-3 سیستم آب‌گردشی
- 204..... 3-7-3 برج‌های خنک‌کن‌تر
- 205..... 1-3-7-3 برج‌های خنک‌کن با جریان مکانیکی هوا
- 208..... 2-3-7-3 برج‌های خنک‌کن‌تر با جریان طبیعی هوا
- 212..... 3-3-7-3 سیستم توزیع آب
- 213..... 4-3-7-3 پکینگ
- 215..... 5-3-7-3 آب‌هدر رفته در برج و حذف‌کننده‌ها
- 216..... 6-3-7-3 حوضچه برج و آب‌جبرانی
- 217..... 7-3-7-3 کیفیت آب‌گردشی و آلودگی ناشی از آب تخلیه‌شده
- 218..... 8-3-7-3 برج‌خنک‌کن‌تر پیوندی
- 220..... 4-7-3 برج‌های خنک‌کن خشک
- 221..... 1-4-7-3 برج‌های خنک‌کن خشک غیر مستقیم
- 224..... 2-4-7-3 برج‌های خنک‌کن خشک مستقیم

- 226.....5-7-3 خلاصه‌ای از مزایا و معایب برج‌های خنک‌کن تر و خشک
- 228.....6-7-3 ترکیب برج خنک‌کن تر و خشک
- 230.....7-7-3 پیخ‌زدگی برج خنک‌کن
- 233.....8-7-3 استخرهای خنک‌کن
- 234.....1-8-7-3 استخرهای جریان طبیعی
- 235.....2-8-7-3 استخرهای افشانه‌ای
- 237.....8-3 دمنده‌ها
- 243.....9-3 توربین‌ها
- 243.....1-9-3 مقدمه
- 247.....2-9-3 انواع توربین بخار
- 247.....1-2-9-3 توربین جریان محوری
- 249.....2-2-9-3 توربین جریان شعاعی
- 251.....3-9-3 توربین‌های ضربه‌ای
- 263.....1-3-9-3 توربین ضربه‌ای یک طبقه
- 265.....2-3-9-3 توربین ضربه‌ای مرکب سرعتی
- 266.....3-3-9-3 توربین ضربه‌ای مرکب فشاری
- 268.....4-3-9-3 توربین ضربه‌ای مرکب فشار - سرعت
- 269.....4-9-3 توربین عکس‌العملی
- 272.....5-9-3 اجزای اصلی توربین بخار
- 273.....1-5-9-3 روتور (چرخانه)
- 274.....2-5-9-3 روتور با دیسک‌های مجزا
- 276.....3-5-9-3 روتور دیسکی آهنگری شده (یکپارچه)
- 278.....4-5-9-3 روتور دیسکی جوش‌کاری شده
- 279.....5-5-9-3 روتور استوانه‌ای (درامی)
- 281.....6-5-9-3 پوسته (سیلندر)
- 281.....7-5-9-3 پوسته‌های توربین فشار بالا (HP)
- 283.....8-5-9-3 پوسته‌های توربین فشار متوسط (IP)
- 284.....9-5-9-3 پوسته‌های توربین فشار پایین (LP)

فهرست مطالب / ز

286.....	6-9-3 اتلاف توربین .....
286.....	1-6-9-3 تلفات ناشی از اصطکاک سیال (بخار) .....
287.....	2-6-9-3 تلفات ناشی از ورود جزئی بخار .....
287.....	3-6-9-3 تلفات ناشی از نشت بخار .....
288.....	4-6-9-3 تلفات ناشی از رطوبت بخار .....
289.....	5-6-9-3 تلفات ناشی از انتقال گرما .....
290.....	7-9-3 بازده توربین .....
292.....	8-9-3 آرایش و پیکربندی توربین‌ها .....
296.....	10-3 مسائل .....
307.....	11-3 مراجع .....

309.....	فصل 4: سوخت و احتراق .....
309.....	1-4 انواع سوخت‌ها .....
311.....	1-1-4 سوخت‌های جامد .....
314.....	2-1-4 سوخت‌های مایع .....
317.....	3-1-4 سوخت‌های گازی .....
318.....	1-3-1-4 گاز طبیعی .....
319.....	2-3-1-4 گاز نفتی مایع شده (LPG) .....
319.....	3-3-1-4 گاز پالایش .....
320.....	4-3-1-4 گاز ذغال‌سنگ .....
320.....	5-3-1-4 گاز کوره بلند .....
320.....	2-4 احتراق .....
333.....	1-2-4 ارزش‌های گرمایی .....
335.....	2-2-4 دماهای احتراق .....
338.....	3-2-4 دمای شعله آدیاباتیک .....
341.....	4-2-4 آنالیز گازهای خروجی .....
344.....	3-4 مسائل .....

351..... 4-4 مراجع

353..... فصل 5: نیروگاه MHD

353..... 1-5 تبدیل انرژی مگنتوهیدرودینامیک

355..... 2-5 اصول کلی تولید توان MHD

361..... 3-5 چرخه‌های ترکیبی بر پایه MHD

364..... 4-5 سیستم‌های MHD چرخه باز

366..... 5-5 سیستم‌های MHD چرخه بسته

367..... 6-5 مسائل

368..... 7-5 مراجع

369..... فصل 6: نیروگاه‌های چرخه گازی

369..... 1-6 مقدمه

374..... 2-6 چرخه ایده آل برایتون

384..... 3-6 چرخه غیر ایده آل برایتون

387..... 4-6 بهسازی چرخه برایتون

388..... 1-4-6 بازیابی

391..... 2-4-6 خنک‌کن میانی در کمپرسور

395..... 3-4-6 بازگرمایش در توربین

401..... 4-4-6 تزریق آب

406..... 5-6 چرخه‌های با خواص متغیر

407..... 6-6 دماهای بالا

408..... 1-6-6 مواد مناسب

409..... 2-6-6 خنک‌سازی

413..... 7-6 مسائل

417..... 8-6 مراجع



419.....	فصل 7: نیروگاه‌های چرخه ترکیبی .....
419.....	1-7 مقدمه .....
421.....	2-7 چرخه‌های ترکیبی با بازیافت گرما.....
423.....	3-7 چرخه ترکیبی با پایه توربین گاز یا STAG .....
430.....	4-7 چرخه‌های ترکیبی چند فشاری.....
434.....	5-7 مسائل .....
438.....	6-7 مراجع .....
439.....	فصل 8: نیروگاه بادی .....
439.....	1-8 مقدمه .....
440.....	2-8 تاریخچه انرژی بادی .....
441.....	3-8 اصول انرژی باد .....
443.....	1-3-8 رابطه سرعت و توان .....
446.....	2-3-8 توان استحصال از باد .....
452.....	3-3-8 مساحت جاروب شده روتور .....
453.....	4-3-8 چگالی هوا .....
454.....	4-8 عملکرد توربین بادی .....
456.....	5-8 خصوصیات مکان احداث نیروگاه بادی .....
456.....	1-5-8 پتانسیل سنجی .....
458.....	2-5-8 پتانسیل باد در ایران .....
459.....	6-8 سیستم توان بادی یا طراحی کلی نیروگاه بادی .....
459.....	1-6-8 اجزای سیستم .....
466.....	2-6-8 دکل توربین‌ها و فاصله بین آنها .....
468.....	3-6-8 تعداد پره‌ها .....
469.....	7-8 مسائل .....
470.....	8-8 مراجع .....

471.....	فصل 9: نیروگاه برق آبی .....
471.....	1-9 مقدمه .....
473.....	1-1-9 انرژی آبی در مقایسه با انرژی‌های دیگر .....
474.....	2-1-9 چشم اندازهای تاریخی .....
475.....	3-1-9 مطالب کلی درباره نیروگاه آبی .....
477.....	2-9 اجزای ساختمان تأسیسات آبی .....
477.....	1-2-9 سد و اقسام سد .....
484.....	2-2-9 سرریزها، آبگیرها و تأسیسات وابسته .....
489.....	3-2-9 دریچه‌های آستانه‌ای .....
497.....	3-9 انواع نیروگاه‌های برق آبی .....
497.....	1-3-9 نیروگاه جریان‌ی .....
498.....	2-3-9 نیروگاه کانال انحرافی .....
498.....	3-3-9 نیروگاه‌های مخزنی .....
499.....	4-3-9 نیروگاه‌های تلمبه‌ای - ذخیره‌ای .....
499.....	4-9 توربین‌های آبی و نحوه انتخاب آنها .....
500.....	1-4-9 انواع توربین‌های آبی .....
515.....	2-4-9 سرعت ویژه ( $N_s$ )، ضریب سرعت ( $\phi$ ) .....
516.....	3-4-9 سرعت فرار .....
517.....	4-4-9 پدیده حفره‌زایی (کاویتاسیون) در توربین‌ها .....
519.....	5-4-9 دیگر اجزای نیروگاه‌های برق آبی .....
521.....	5-9 افت انرژی و لایه مرزی در جریان .....
522.....	6-9 مسائل .....
524.....	7-9 مراجع .....
525.....	فصل 10: نیروگاه هسته‌ای .....
525.....	1-10 مقدمه .....
526.....	2-10 واکنش‌های هسته‌ای .....
526.....	1-2-10 برخورد متقابل پرتوهای یون ساز با ماده .....

فهرست مطالب / ک

530.....	2-2-10 برخورد متقابل پرتو با هسته
530.....	3-2-10 هسته مرکب
533.....	3-10 واکنش شکافت هسته‌ای
533.....	1-3-10 واقعه شکافت
536.....	2-3-10 مواد قابل شکافت، شکننده و بارور
538.....	3-3-10 گرمای استحاله
539.....	4-10 راکتورهای برق هسته‌ای
540.....	1-4-10 راکتور آب تحت فشار (PWR)
543.....	2-4-10 راکتور آب جوش (BWR)
546.....	3-4-10 راکتور کندکننده با گرافیت
550.....	4-4-10 راکتور سریع زاینده (FBR)
553.....	5-4-10 راکتور آب سبک (LWR)
553.....	6-4-10 راکتور کاندو (CANDU)
556.....	7-4-10 راکتور آب سنگین مولد بخار (SCHWRS)
557.....	5-10 انتقال گرما و جریان سیالات
558.....	1-5-10 ارتباط عوامل مؤثر روی انتقال گرما
562.....	2-5-10 توزیع دما در قلب راکتور
563.....	3-5-10 جریان سیال
565.....	6-10 مراجع
567.....	ضمایم
597.....	واژه‌نامه فارسی به انگلیسی
603.....	واژه‌نامه انگلیسی به فارسی
609.....	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 **10 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/ان

مولد بخار رخ 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. باتوجه 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، درحالی‌که 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

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



## پیشگفتار/ع

4. سوخت و احتراق متناسب با نیروگاه‌های کشور، تنها کتاب نیروگاهی که بر مبنای سوخت‌های گازی و مایع است که در نیروگاه‌های کشور استفاده می‌شود؛
5. شکل‌های جدید و واضح در متن کتاب به کار رفته است.
6. با توجه 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.