

۲. نام خداوند جان و خرد
کزین برتر اندیشه برنگذر

مهندسی ذخیره سازی انرژی

مهندس سعید مرتضوی
دانشیار ارشد مهندسی مکانیک - انرژی



انتشارات استاد

ایران

مشهد

سرشناسه	:	مرتضوی، سعید
عنوان و نام پدیدآور	:	مهندسی ذخیره سازی انرژی / سعید مرتضوی
مشخصات نشر	:	مشهد: استاد، ۱۳۹۶
مشخصات ظاهری	:	۲۵۶ ص.
شابک	:	978-600-6636-13-9
وضعیت فهرست نویسی	:	فیا
موضوع	:	ذخیره سازی انرژی
موضوع	:	Energy storage
موضوع	:	انرژی -- صرفه جویی
موضوع	:	Energy conservation
رده بندی دنگره	:	TK۲۹۸۰/م۴م۹ ۱۳۹۶
رده بندی دیویی	:	۶۲۱/۳۱۲۶
شماره کتابشناسی ملی	:	۵۰۸۰۶۰

انتشار: ۱۳۹۶: مشهد، میدان سعدی، تلفن: ۲۲۵۶۴۷۱ (۰۵۱۱)
www.NashreOstad.com nashreostad@yahoo.com



نام کتاب: مهندسی ذخیره سازی انرژی
 تألیف: مهندس سعید مرتضوی
 نوبت چاپ: اول ۱۳۹۶
 تعداد صفحات: ۲۵۶ صفحه وزیری
 تیراژ: ۱۰۰۰ جلد
 طراحی: سالاری
 چاپ: شمس
 بهاء: ۳۰۰۰۰ تومان
 شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۶۶۳۶-۱۳-۹

حق چاپ برای ناشر محفوظ است.

فهرست مطالب

۱۲	 سخن مؤلف:
۱۵	فصل اول: تحلیل فنی، اقتصادی فناوری های مختلف ذخیره ی انرژی
۱۶	۱-۱ معرفی
۱۸	۱-۲ ذخیره سازی انرژی الکتریکی
۱۸	۱-۲-۱ تعریف ذخیره سازی انرژی الکتریکی
۱۹	۱-۲-۲ نقش سیستم های ذخیره سازی انرژی الکتریکی
۲۰	۱-۳ اجزای ذخیره سازی انرژی
۲۱	۱-۳-۱ رسانه ی ذخیره سازی
۲۱	۱-۳-۲ سیستم تبدیل انرژی Power Conversion System (PCS)
۲۱	۱-۳-۳ سیستم تعادل شبکه تبدیل انرژی Balance-of-Plant (BOP)
۲۲	۱-۴ کاربردها و مسائل فنی سیستم های ذخیره سازی انرژی
۲۳	۱-۴-۱ تولید
۲۴	۱-۴-۲ انتقال و توزیع
۲۵	۱-۵ خدمات جانبی انرژی
۲۵	پشتیبانی از اتمام منابع انرژی تجدیدپذیر ادواری
۲۹	۱-۷ ویژگی های فنی سیستم های سیر مدار انرژی
۲۹	۱-۷-۱ ظرفیت ذخیره سازی
۳۰	۱-۷-۲ توان سیستم ذخیره سازی
۳۰	۱-۷-۳ قابلیت ذخیره سازی «انرژی توان»
۳۱	۱-۷-۴ Autonomy
۳۱	۱-۸ انرژی و چگالی توان
۳۱	۱-۹ بازده
۳۲	۱-۱۰ هزینه ی عملیاتی سیستم های ذخیره سازی
۳۲	۱-۱۰-۱ هزینه های مرتبط با شارژ انرژی
۳۳	۱-۱۰-۲ لزوم وجود کارگر برای عملیات نیروگاه
۳۴	۱-۱۰-۳ نگهداری نیروگاه
۳۴	۱-۱۰-۴ هزینه های جایگزینی
۳۴	۱-۱۰-۵ هزینه ی عملیاتی متغیر
۳۵	۱-۱۱ ماندگاری
۳۶	۱-۱۲ اطمینان پذیری
۳۶	۱-۱۳ زمان پاسخ
۳۶	۱-۱۴ نرخ شیب
۳۷	۱-۱۵ نرخ تغییرات
۳۷	۱-۱۶ خود-دشارژی و ابقای انرژی
۳۷	۱-۱۷ قابلیت حمل
۳۸	۱-۱۸ بهبود کیفیت توان
۳۸	۱-۱۸-۱ ضریب توان
۳۸	۱-۱۸-۲ پایداری ولتاژ
۳۸	۱-۱۸-۳ شکل موج
۳۹	۱-۱۸-۴ هارمونیک ها
۳۹	۱-۲۰ پیمان های بودن
۳۹	۱-۲۱ امکان پذیری و تطبیق با منابع تولید
۴۰	۱-۲۲ مانیپولرینگ، کنترل و تجهیزات ارتباطی
۴۰	۱-۲۲-۱ اتصال داخلی
۴۱	۱-۲۲-۲ قیود عملیاتی
۴۱	۱-۲۲-۳ جنبه های محیط زیستی
۴۱	۱-۲۲-۴ نیازها و هزینه های انهدام و دفع
۴۱	۱-۲۲-۵ ویژگیهای دیگر

۴۲	۱-۲۳ طبقه‌بندی سیستم‌های ذخیره‌سازی انرژی
۴۴	۱-۲۴ توصیف فناوری‌های ذخیره‌سازی انرژی
۴۵	۱-۲۵ ذخیره‌سازی انرژی باتری‌ها
۴۶	۱-۲۶ ذخیره‌سازی انرژی باتری‌های جریان
۴۷	۱-۲۷ ذخیره‌سازی انرژی چرخ لنگر (FES)
۴۹	۱-۲۸ ذخیره‌سازی انرژی ابرخازن (SES)
۴۹	۱-۲۹ ذخیره‌سازی انرژی مغناطیسی ابرسانا (SMES)
۵۰	۱-۳۰ ذخیره‌سازی انرژی هیدروژن- سلول سوختی (HES)
۵۱	۱-۳۰-۱ هیدروژن:
۵۱	محتوای انرژی هیدروژن
۵۲	آلایندگی هیدروژن:
۵۲	رن، بو مزه هیدروژن:
۵۲	۱-۳۰-۲ حالت‌های هیدروژن:
۵۲	محده اشتعال‌پذیری هیدروژن:
۵۲	تجیت انفجار هیدروژن:
۵۳	شعله هیدروژن:
۵۳	۱-۳۰-۲ ربرد پیل سوختی:
۵۴	۱-۳۰-۳ هیدروژن و پیل سوختی:
۵۵	۱-۳۰-۴ مشکلات انرژی پیل سوختی:
۵۶	۱-۳۱ ذخیره‌سازی انرژی حرارتی (TE)
۶۰	۱-۳۱-۱ ذخیره گرمای محسوس و مغناطیسی
۶۰	۱-۳۱-۲ مواد ذخیره گرمای محسوس
۶۱	۱-۳۱-۳ ذخیره گرمای نهان
۶۲	۱-۳۱-۴ سیستم‌های ذخیره گرمای نهان
۶۳	۱-۳۱-۵ سیستم‌های فعال مستقیم
۶۳	۱-۳۱-۶ سیستم‌های فعال غیرمستقیم
۶۳	۱-۳۱-۷ سیستم‌های غیرفعال
۶۴	۱-۳۱-۸ مواد ذخیره‌ساز حرارت نهان
۶۴	۱-۳۱-۹ نحوه عملکرد مواد تغییر فاز دهنده
۶۵	۱-۳۱-۱۰ تقسیم‌بندی مواد تغییر فاز دهنده
۶۵	۱-۳۱-۱۱ سیستم‌های ترکیبی
۶۶	۱-۳۱-۱۲ ذخیره انرژی ترموشیمیایی
۶۷	۱-۳۱-۱۳ طبقه‌بندی واکنش‌ها
۶۷	۱-۳۱-۱۴ ذخیره‌سازی فصلی انرژی حرارتی یا STES
۶۸	۱-۳۱-۱۴-۱ ذخیره انرژی حرارتی زیرزمینی UTES:
۶۸	۱-۳۱-۱۴-۲ ذخیره انرژی گرمایی سفره‌های آبی ATES:
۶۸	۱-۳۱-۱۴-۳ ذخیره یا معدن ذخیره‌سازی انرژی حرارتی CTES:
۶۹	۱-۳۲ ذخیره‌سازی انرژی هوای فشرده CAES
۷۴	۱-۳۳ ارزیابی و مقایسه فناوری‌های ذخیره‌سازی انرژی
۷۴	۱-۳۳-۱ تکامل یافتگی فناوری
۷۷	۱-۳۳-۲ ارزیابی طول مدت ذخیره‌سازی در سیستم‌ها
۷۸	۱-۳۳-۳ ارزیابی هزینه سرمایه سیستم‌های ذخیره‌سازی
۸۰	۱-۳۳-۴ بازده چرخه
۸۱	۱-۳۳-۵ ارزیابی چگالی توان و انرژی در سیستم‌های ذخیره‌ساز انرژی
۸۲	۱-۳۳-۶ Life time and cycle life
۸۲	۱-۳۴ نتیجه گیری
۸۵	مراجع

۹۱	فصل دوم: تخمین ذخیره‌سازی انرژی و تحلیل امکان‌پذیری
۹۲	۲-۱ معرفی
۹۴	۲-۲ پیش‌زمینه
۹۶	۲-۳ محاسبه توان خروجی پیل خورشیدی فتوولتائیک خورشیدی
۹۷	۲-۴ محاسبه توان بادی
۹۸	۲-۵ حد بتز یا قانون بتز
۹۹	۲-۶ چگونگی تخمین بار خانگی روزانه
۱۰۱	۲-۷ تخمین انرژی خورشیدی در دسترس روزانه
۱۰۲	۲-۸ تخمین انرژی باد روزانه‌ی در دسترس
۱۰۴	۲-۹ اهمیت ذخیره‌سازی
۱۰۶	۲-۱۰ تخمین اندازه‌سازی ذخیره‌سازی
۱۰۸	۲-۱۱ تخمین ذخیره‌ساز برای سیستم فتوولتائیک خورشیدی خانگی متصل به شبکه
۱۱۳	۲-۱۲ تخمین ذخیره‌ساز برای توان بادی خانگی متصل به شبکه
۱۱۶	۲-۱۳ تخمین ذخیره‌سازی برای سیستم هیبریدی خانگی متصل به شبکه
۱۲۰	۲-۱۴ تحلیل امکان‌پذیری ذخیره‌سازی
۱۲۳	۲-۱۵ جمع‌آوری داده
۱۲۴	۲-۱۶ هزینه‌ی اجزای سیستم
۱۲۶	۲-۱۷ طبقه‌بندی شبکه تأمین
۱۲۷	۲-۱۸ پیکره‌بندی خارج از شبکه
۱۲۷	۲-۱۸-۱ تنها ژنراتور دیزل
۱۲۷	۲-۱۸-۲ پیل سلول فتوولتائیک به همراه پیکره‌بندی ژنراتور دیزل
۱۲۸	۲-۱۸-۳ پیل سلول فتوولتائیک به همراه ذخیره‌ساز و ژنراتور دیزلی
۱۲۹	۲-۱۸-۴ توربین بادی به همراه ژنراتور دیزل
۱۲۹	۲-۱۸-۵ پیکره‌بندی توربین بادی به همراه ذخیره‌ساز و ژنراتور دیزل
۱۳۰	۲-۱۸-۶ سیستم هیبریدی ترکیبی پیل فتولتائیک و توربین بادی یا پیکره‌بندی ژنراتور دیزل
۱۳۰	۲-۱۸-۷ سیستم هیبریدی ترکیبی پیل فتولتائیک و توربین بادی به همراه ذخیره‌سازی و ژنراتور دیزل
۱۳۱	۲-۱۹ خلاصه‌ی پیکره‌بندی خارج از شبکه
۱۳۱	۲-۲۰ پیکره‌بندی متصل به شبکه
۱۳۱	۲-۲۰-۱ نمونه‌ی ۱: پیکره‌بندی شبکه‌ی تنها
۱۳۲	۲-۲۰-۲ پیل فتولتائیک در پیکره‌بندی متصل به شبکه
۱۳۲	۲-۲۰-۳ پیل فتوولتائیک خورشیدی به همراه ذخیره‌سازی در پیکره‌بندی متصل به شبکه
۱۳۳	۲-۲۰-۴ توربین بادی در پیکره‌بندی متصل به شبکه
۱۳۳	۲-۲۰-۵ توربین بادی به همراه ذخیره‌سازی در پیکره‌بندی متصل به شبکه
۱۳۳	۲-۲۰-۶ سیستم هیبریدی بدون ذخیره‌سازی در پیکره‌بندی متصل به شبکه
۱۳۴	۲-۲۰-۷ سیستم هیبریدی به همراه ذخیره‌سازی در پیکره‌بندی متصل به شبکه
۱۳۴	۲-۲۱ خلاصه‌ی طبقه‌بندی پیکره‌بندی متصل به شبکه
۱۳۵	۲-۲۲ انتشار گازهای گلخانه‌ای و گازهای آلاینده
۱۳۸	۲-۲۴-۱ هزینه‌ی خالص فعلی (NPC)
۱۳۸	۲-۲۴-۲ دوره‌ی بازپرداخت
۱۴۰	۲-۲۵ نتیجه‌گیری
۱۴۰	مراجع
۱۴۳	فصل سوم: ذخیره‌سازی الکتروشیمیایی انرژی
۱۴۴	۳-۱ باتری سرب اسید
۱۴۴	۳-۲ ساخت و ترکیب باتری سرب اسید
۱۴۷	۳-۳ انواع ساختار الکترولیت باطری‌های سرب اسید
۱۴۷	۳-۳-۱ ساختار GEL
۱۴۷	۳-۳-۲ ساختار AGM
۱۴۹	۳-۴ اصول عملیات باطری سرب اسید

۱۵۰	۳-۵ انواع باتری‌های سرب اسید
۱۵۰	۳-۵-۱ باتری‌های ایستا
۱۵۰	۳-۵-۲ باتری یدککش
۱۵۰	۳-۵-۳ باتری‌های خودرو
۱۵۰	۳-۶ باتری‌های اسیدی-سربی با دریچه VRLA
۱۵۲	۳-۷ مکانیزم‌های شکست باتری‌های سرب اسید
۱۵۲	۳-۷-۱ انبساط صفحه‌ی مثبت و شکستگی جرم فعال مثبت
۱۵۳	۳-۷-۲ تلفات آب
۱۵۳	۳-۷-۳ لایه‌بندی و ته نشینی اسیدی
۱۵۳	۳-۷-۴ شارژ ناکامل
۱۵۴	۳-۸ باتری نیکل-کادمیوم (Ni-Cd)
۱۵۴	۳-۹ ساخت، ترکیب باتری نیکل-کادمیوم
۱۵۵	۳-۱۰ قواعد عملیات باطری نیکل کادمیوم
۱۵۶	۳-۱۱ اختاری اصلی برای باطری‌های نیکل کادمیوم
۱۵۶	۳-۱۱-۱ ساختار pocket plate
۱۵۶	۳-۱۱-۲ ساختار sintered plate
۱۵۷	۳-۱۱-۳ ساختار C
۱۶۰	۳-۱۳ باتری‌های مدرن: روی-نیکل
۱۶۱	۳-۱۳-۲ قواعد عملیات Ni-MH
۱۶۲	۳-۱۴ اثر حافظه
۱۶۲	۳-۱۵ باتری لیتیوم-یون Li-ion
۱۶۳	۳-۱۵-۱ ساخت و ترکیب باتری Li-ion
۱۶۳	۳-۱۵-۲ قواعد عملیات باطری Li-ion
۱۶۴	۳-۱۶ باتری لیتیوم-پل Li-pol battery
۱۶۴	۳-۱۷ باتری مخصوص - باتری‌های نقره-روی Ag-Zn
۱۶۴	۳-۱۷-۱ ساخت و ترکیب باتری Ag-Zn
۱۶۶	۳-۱۷-۲ قواعد عملیات باطری Ag-Zn
۱۶۷	۳-۱۸ باتری نیکل هیدرید فلز Ni-MH
۱۶۷	۳-۱۸-۱ ساخت و ترکیب باتری Ni-MH
۱۶۸	۳-۱۸-۲ قواعد عملیات باطری Ni-MH
۱۶۸	۳-۱۹ باتری‌های جریان
۱۶۹	۳-۲۰ باتری روی-بروم Br ₂ - Zn
۱۶۹	۳-۲۰-۱ ساخت و ترکیب باتری روی-بروم Br ₂ - Zn
۱۷۰	۳-۲۱ باتری واندایوم-ردوکس
۱۷۰	۳-۲۱-۱ قواعد عملیات واندایوم-ردوکس
۱۷۱	۳-۲۲ باتری‌های با دمای بالا، باتری سدیم گوگرد Na-S
۱۷۱	۳-۲۲-۱ ساخت و ترکیب باتری Na-S
۱۷۱	۳-۲۲-۲ قواعد عملیات Na-S
۱۷۲	۳-۲۳ باتری سدیم متال کلرید Na-metalchloride battery
۱۷۳	۳-۲۳-۱ قواعد عملیات باطری سدیم متال کلرید Na-metalchloride battery
۱۷۴	۳-۲۴ نتیجه‌گیری
۱۷۴	منابع:
۱۷۵	فصل چهارم: ذخیره انرژی هوای فشرده
۱۷۶	۴-۱ مقدمه
۱۷۷	۴-۲ اصل
۱۸۰	۴-۳ مشخصات تکنیکی
۱۸۳	۴-۴ عملکرد
۱۸۳	۴-۵ توسعه

۱۸۵	۴-۶ تحقیق و توسعه
۱۸۷	۴-۷ سیستم ذخیره‌سازی انرژی هوای فشرده آدیپاتیک پیشرفته AACAES
۱۹۰	۴-۸ سیستم ذخیره‌سازی انرژی هوای فشرده CAES مقیاس کوچک
۱۹۲	۴-۹ موارد نتیجه‌گیری
۱۹۲	منابع
۱۹۵	فصل پنجم: بررسی و کنترل سیستم ذخیره انرژی جرخ طیار
۱۹۶	۵-۱ مقدمه
۱۹۷	۵-۲ ساختار جرخ
۱۹۹	۵-۳ مدل وضعیت فضایی ساده‌سازی شده در رتور
۲۰۱	۵-۴ طراحی کنترل‌کننده سیستم
۲۰۳	۵-۵ نتیجه‌گیری و پایداری سیستم
۲۰۳	منابع
۲۰۵	فصل ششم: آینده سیستم‌های ذخیره انرژی
۲۰۶	۶-۱ مقدمه
۲۰۶	۶-۲ کاربرد و نقش و نگاه نانو تکنولوژی برای مسائل مرتبط با ذخیره‌سازی انرژی
۲۰۷	۶-۳ وضعیت کنونی و بررسی آینده نانو انرژی در دسترس
۲۰۷	۶-۳-۱ باتری‌ها
۲۰۹	۶-۳-۲ سلول‌های سوختی
۲۱۱	۶-۳-۲-۱ کاربردهای پیل سوختی نیروگاه
۲۱۲	۶-۳-۲-۲ اساس کار پیل‌های سوخت
۲۱۲	۶-۳-۲-۳ انواع پیل سوختی
۲۱۳	۶-۳-۲-۴ مزایای پیل‌های سوختی
۲۱۳	۶-۳-۲-۵ معایب پیل سوختی
۲۱۳	۶-۳-۲-۶ مزایای پیل سوختی اکسید جامد
۲۱۴	۶-۳-۲-۷ پیل‌های سوختی با غشاء تبادل پروتن PEMFC
۲۱۵	۶-۳-۲-۸ سلول سوختی باز AFC
۲۱۶	۶-۳-۲-۹ پیل سوختی اسید فسفریک PAFC
۲۱۶	۶-۳-۲-۱۰ پیل سوختی کربنات ذوب شده MCFC
۲۱۷	۶-۳-۲-۱۱ پیل‌های سوختی اکسید جامد SOFC
۲۱۸	۶-۳-۲-۱۲ پیل‌های سوختی متانول DMFC
۲۱۸	۶-۳-۲-۱۰ پیل‌های سوختی اصلاح شده
۲۱۹	۶-۴ میکرو توربین‌ها
۲۲۱	۶-۵ سوپر خازن‌ها
۲۲۳	۶-۵-۱ خازن‌های دولایه الکتریکی EDLC
۲۲۵	۶-۵-۲ ابر خازن‌های الکترومکانیکی
۲۲۶	۶-۵-۳ سوپر خازن‌های هیبریدی
۲۲۸	۶-۶ نتیجه‌گیری‌ها
۲۲۸	منابع
۲۳۳	پیوست اشکال رنگی

سخن مؤلف:

محقق و پژوهشگر گرامی، کتابی که در دسترس شما قرار گرفته است بررسی سیستم‌های نوین ذخیره‌سازی انرژی در مهندسی مکانیک با رویکرد اقتصادی در آن‌ها بوده است در این کتاب که حاصل تلاش فراوان و خستگی ناپذیر مؤلف است تلاش شده است تا مهندس طراح پس از مطالعه آن این توانایی را بیابد تا بهترین نوع سیستم ذخیره‌سازی انرژی یا بهترین ترکیب از آن را برای تلفیق با شبکه توان یا برای تولید توان به صورت مستقل را طراحی کند.

این کتاب به عنوان رفرنس درس ذخیره‌سازی انرژی در رشته‌های مهندسی انرژی‌های تجدیدپذیر، مدیریت انرژی و اقتصاد انرژی، در مقطع کارشناسی ارشد شناخته می‌شود. با توجه به توجه روزافزون توجه جامعه جهانی در استفاده هر چه بیشتر از منابع انرژی‌های تجدیدپذیر در تولید توان، نگارش توانا ساختن مهندس در ترکیب این منابع تولید توان با سیستم ذخیره‌سازی انرژی مناسب، در این کتاب به صورت مفصل و دقیق به موضوع من بوده است.

در پایان هر فصل سعی شده است تا منابع به صورت دقیق ذکر شود، این موضوع می‌تواند به دانشجویان به ویژه، برای دستیابی به اطلاعات دقیق‌تر و جامع‌تر در آن مبحث کمک شایانی کند.

باید توجه داشت باشید بسیاری از مطالب را نمی‌توانید در هیچ منبع دیگری جز همین کتاب بیابید، به ویژه در بحث ذخیره‌سازی انرژی اروپایی این موضوع بسیار مشهودتر است، دلیل این امر این است که تکنولوژی‌های مورد مطالعه گرفته در این بخش بسیار نوین و با تکنولوژی بسیار بالا می‌باشند، فناوری به کار رفته در آن‌ها عموماً در اختیار و انحصار یک شرکت خاص اروپایی می‌باشد و بدیهی است که آن‌ها برای حفظ منافع مالی خویش از نشر این اطلاعات فنی تکنولوژی‌های لوگیری می‌کنند.

آنچه که برای شما به خصوص در این بخش‌ها یادآور شده است نتیجه سال‌ها مطالعه و تحقیق روی آن تکنولوژی خاص، صدها مکاتبه با این شرکت‌ها، بررسی بسیار جدی برای آشکار ساختن بخشی از آن فناوری بوده است که اکنون در اختیار شما قرار دارد.

کتاب تدوین شده دارای نظم مطالبی بسیار برنامه‌ریزی شده است. در ابتدا سعی شده است تا خواننده کتاب با اصول، جایگاه، کاربرد، نقش و مسائل فنی هر تکنولوژی ذخیره‌سازی انرژی به صورت کامل آشنا شود، سپس که ذهن او آماده بررسی دقیق‌تر مسئله شد به چگونگی طراحی یک سیستم ذخیره‌سازی در هر دو حالت مستقل از شبکه اصلی و یا وابسته به شبکه اصلی توان پرداخته‌ام.

چندین تکنولوژی کاربردی‌تر و مهم‌تر را به صورت دقیق‌تر و با جزئیات زیاد بررسی کرده‌ایم و نکات در این سیستم‌ها طوری بیان شده است تا خواننده از بررسی منابع دیگر بی‌نیاز باشد. فصل آخر سعی بر این شده است تا خواننده متوجه شود و بداند که در آینده نه چندان دور چه تغییراتی در سیستم‌های ذخیره‌سازی انرژی به وجود خواهد آمد و چه سیستم‌های به وجود خواهند آمد چندین تکنولوژی بسیار نوین و بسیار مهم در آینده انرژی بررسی شده‌اند و درباره جایگاه آن‌ها نظریه‌پردازی شده است.

فهرست کتاب به صورت میکرو طبقه‌بندی شده ارائه شده است تا اگر زمانی به اطلاعات خاصی نیاز پیدا شد دسترسی به آن راحت‌تر امکان‌پذیر باشد.

همچنین فهرست اشکال و جداول نیز برای هر فصل به صورت تفکیکی و مستقل تهیه شده است که خود این موضوع باعث خواهد شد تا دسترسی ساده‌تر به کتاب و مطالب مهیا شده باشد.

در نهایت امید دارم کتاب حاضر برای دانشجویان، اساتید و محققان مفید بوده و گامی در راستای ارتقاء دانش در مهندسی مکانیک باشد.