

موتورهای استرلینگ

به زبان ساده

مؤلفین:

پروفسور مسعود ضیاءبشرحق / حامد رضایی عزیزآبادی

نشر شفاف، تهران، تابستان ۱۳۹۸



ضیابشرحق، مسعود	سرشناسه
موتورهای استرلینگ به زبان ساده/ مولفین مسعود ضیابشرحق، حامد رضایی	عنوان و نام پدیدآور
عزیزآبادی.	
تهران: انتشارات شفاف، ۱۳۹۸.	مشخصات نشر
۱۷۶ ص: مصور، جدول.	مشخصات ظاهری
۲۴۹۰۰۰ ریال/ ۲۸ ۶۶۹۵ ۶۳۲ ۹۷۸:	شابک
فیبا	وضعیت فهرست
موتورهای استرلینگ	نویسی
Stirling engines	موضوع
موتورهای استرلینگ طرح و ساختمان	موضوع
Stirling engines -- Design and construction	موضوع
رضایی عزیزآبادی، حامد، ۱۳۵۷-	شناسه افزوده
۷۶۳۳۱	رده بندی کنگره
۶۲۱	رده بندی دیویی
۵۸۱۷۳۵	شماره کتابشناسی
	ملی

ISBN:978-622-6695-38-1



شناسنامه:

مقتره‌های استرلینگ به زبان ساده

تالیف: پروفسور محمود ضیابشر حق، حامد رضایی عزیزآبادی

ناشر: شفاف، توزیع: سمت نو

نوبت چاپ: اول، تابستان ۱۳۹۸، سرگان: ۱۰۰۰ نسخه، قیمت: ۴۴۹۰۰ تومان

شابک: ۹۷۸-۶۲۱-۶۶۱۸-۳۸-۱

©./تمام حقوق محفوظ است./

نشانی: تهران . م انقلاب . خ انقلاب . خ ۱۲ فروردین . پلاک ۱۰۶ طبقه ۴

تلفن: ۶۶۴۸۴۶۳۸ - ۶۶۴۸۶۴۸۲ - ۰۲۱

پیامک، واتساپ: ۰۹۳۶۰۹۳۶۸۸۸

نشر شفاف

(ناشر عمومی و ناشر تخصصی اقتصاد)

www.shafaaf.ir

خرید اینترنتی از دیجی کالا

www.digikala.com



موتور استرلینگ یک موتور احتراق خارجی بسته است که تاریخچه بسیار طولانی دارد به طوری که ابداع آن به سال‌ها قبل از موتورهای احتراق داخلی بر می‌گردد. این موتور در قرن گذشته کاربردهای بسیار زیادی در زمینه‌های مختلف از لوازم خانگی گرفته تا خودروها داشت اما عواملی مانند ظهور موتورهای احتراق داخلی، حجیم بودن این موتور و کاهش قیمت سوخت باعث شد تا توجه به آن برای یک دوره کاهش یابد. مهم‌ترین موضوع مورد بحث در زمینه موتور استرلینگ، ابعاد بزرگ موتورهای استرلینگ ساخته شده است، به طوری که به جرات می‌توان گفت تا به حال موتور استرلینگی ساخته نشده که با اندازه برابر بتواند قدرتی در حد موتورهای احتراق داخلی تولید کند. در سال‌های اخیر افزایش هزینه سوخت، مشکلات زیست محیطی و کاهش وزن و هزینه ساخت موتورهای استرلینگ به دلیل پیشرفت تکنولوژی، باعث شده تا این موتور دوباره در مرکز توجه قرار بگیرد. یکی از جذابیت‌های موتور استرلینگ این است که بازه کاری به استرلینگ از نظر تئوری می‌تواند به بازه کارنو برسد. غیر از چرخه استرلینگ تنها چرخه دیگری که می‌تواند به بازه کارنو برسد چرخه اریکسون است. تا به امروز نمونه‌های کوچک و می‌تواند از موتورهای استرلینگی ساخته شده که توانایی کار کردن با اختلاف دمای بسیار باینر، در حد 2°C را دارند. با توجه به این که منابع انرژی تمیزتر به زودی فراگیر می‌شوند، موتورهای استرلینگ به واسطه انعطاف‌پذیری که در استفاده از منابع گرما دارند، نقش مهمی در تغییرات بازی خواهند کرد. انرژی خورشیدی، زمین‌گرمایی یا حتی انرژی ناشی از سوزاندن زبالاها می‌توانند در موتورهای استرلینگ مورد استفاده قرار گیرند. در سال‌های اخیر موتورهای استرلینگ مورد توجه بیشتری قرار گرفته‌اند. در ایران نیز تحقیقات زیادی بر روی آن‌ها انجام شده است اما که اکان با توجه به پتانسیل بالای این موتورها، جای تحقیقات بسیار بیشتری وجود دارد. استفاده از موتور استرلینگ در ساخت زیردریایی‌های مدرن، خنک کاری پردازنده‌ها، تولید برق خورشیدی، پمپ خورشیدی گوشه‌ای از کاربردهای گسترده موتور استرلینگ است که روز به روز هم در حال فراگیر شدن می‌باشد. با توجه به این مسائل و دانستن این موضوع که آینده به این موتورها تعلق دارد بر آن شدیم تا با نگاشتن کتابی جامع، خلاء موجود در زمینه منابع فارسی برای موتور استرلینگ را تا حدی کاهش داده و یک مرجع مناسب را برای علاقه‌مندان این حوزه فراهم کنیم.

کتاب حاضر در ۷ فصل آماده شده و تمام مباحث مرتبط با موتورهای استرلینگ شامل اصول کاری و اجزای آن، کاربردهای این موتورها، تحلیل‌های مرسوم و روابط حاکم بر آن‌ها و چگونگی ساخت نمونه‌هایی از این موتورها را پوشش می‌دهد. امید است که این کتاب مفید واقع شده و بتواند مشکلاتی از تحقیقات در زمینه موتورهای استرلینگ را مرتفع سازد. مایه مسرت و خوشحالی است اگر ما را از نظرات سازنده خود بهره‌مند سازید.

هر کی ز ماه گویدت بام بر آ که همچنین
هر کی ز مشک دم زند زلف گشا که همچنین

هر کی ز حور پرسدت رخ بنما که همچنین
هر کی پری طلب کند چهره خود بدو نما

مسعود ضیا بشرحق / حامد رضایی عزیزآبادی

تابستان ۱۳۹۸

mzia@kntu.ac.ir

h.rezaie@mail.kntu.ac.ir

www.ketab.ir

فهرست

فصل ۱ تاریخچه موتورهای استرلینگ

۱-۱ مقدمه

۱-۲ رابرت استرلینگ

فصل ۲ چرخه استرلینگ و چگونگی کارکرد آن

۲-۱ چرخه استرلینگ

۲-۲ چرخه استرلینگ معکوس

۲-۳ اصول کار موتور استرلینگ با در نظر گرفتن یک سیلندر نمونه

۲-۴ ملاحظات مرتبط با شرایط واقعی در چرخه استرلینگ

۲-۴-۱ اثرات انتقال حرارت ناشی از بر روی انحراف از حالت ایده‌آل

۲-۴-۲ اثرات افت در بازتاب بر روی انحراف از حالت ایده‌آل

۲-۴-۳ اثرات نشت سیال عامل بر روی انحراف از حالت ایده‌آل

۲-۴-۴ اثرات وجود فضاهاى مرده بر روی انحراف از حالت ایده‌آل

۲-۴-۵ تأثیر نوع حرکت پیستون بر روی انحراف از حالت ایده‌آل

۲-۴-۶ جمع اثرات اتلافی

۲۷	۲-۵ اجزای یک موتور استرلینگ
۳۲	فصل ۳ انواع موتورهای استرلینگ
۳۳	۳-۱ انواع موتور استرلینگ
۳۵	۳-۲ موتور استرلینگ آلفا
۴۱	۳-۳ موتور استرلینگ دو عمده
۴۵	۳-۴ موتور استرلینگ بتا
۵۳	۳-۵ موتور استرلینگ گاما
۵۹	۳-۶ موتور استرلینگ با اختلاف دما پایین
۶۱	۳-۷ موتورهای استرلینگ رینگوم
۶۴	۳-۸ موتورهای استرلینگ پیستون آزاد
۶۸	۳-۹ موتور استرلینگ فلویدایر
۷۱	۳-۱۰ موتورهای استرلینگ پیستون آزاد و بگر
۷۱	۳-۱۱ موتور استرلینگ چندفاز
۷۳	۳-۱۲ موتورهای استرلینگ دوار
۷۴	۳-۱۳ کرایوکولرهای استرلینگ
۷۵	۳-۱۴ موتور استرلینگ دوتایی
۷۷	فصل ۴ سایر مباحث مرتبط با موتورهای استرلینگ
۷۸	۴-۱ توضیحات کلی
۸۰	۴-۲ فشار در موتورهای استرلینگ
۸۱	۴-۳ توان (قدرت) در موتورهای استرلینگ
۸۲	۴-۴ انتخاب سیال عامل
۸۴	۴-۵ تغییرات فشار در سیلندرها

۸۵	۴-۶ تغییرات دمای در سیلندرها
۸۶	۴-۷ اعداد بی بعد
۸۹	فصل ۵ کاربرد موتورهای استرلینگ
۹۰	۵-۱ تولید برق خورشیدی
۹۲	۵-۲ سیستم پمپاژ گرمایی خورشیدی
۹۳	۵-۳ موتورهای استرلینگ در خودروها
۹۷	۵-۴ تور استرلینگ در زیردریایی ها
۹۹	۵-۵ سایر کاربردهای موتور استرلینگ
۱۰۷	فصل ۶ روابط ترمودینامیکی و تحلیل های مرسوم
۱۰۸	۶-۱ مقدمه
۱۰۸	۶-۲ تحلیل مرتبه صفر
۱۰۹	۶-۳ تحلیل مرتبه اول (تحلیل اشمید)
۱۱۳	۶-۴ تحلیل مرتبه دوم
۱۱۳	۶-۴-۱ تحلیل ترمودینامیکی همدم
۱۲۰	۶-۴-۲ مدل سازی ترمودینامیکی آدیاباتیک
۱۳۱	۶-۴-۳ تحلیل ترمودینامیکی پلی تروپیک
۱۴۴	۶-۵ تحلیل مرتبه سوم
۱۴۵	۶-۶ تحلیل مرتبه چهارم
۱۴۶	فصل ۷ موتورهای استرلینگ ساختنی
۱۴۷	۷-۱ موتور استرلینگ ساختنی نمونه اول
۱۵۱	۷-۲ موتور استرلینگ ساختنی نمونه دوم