

مدل سازی چرخه ترمودینامیکی موتورهای توربینی با استفاده از نرم افزار GSP



مؤلفان: دکتر جاماسب پیروکنندی (عضو هیأت علمی دانشگاه صنعتی مالک اشتر)

دکتر مهدی جهرمی (عضو هیأت علمی دانشگاه صنعتی مالک اشتر)

مهندس محمد فرجی (کارشناس ارشد مهندسی هوافضا)

دکتر مصطفی محمودی (عضو هیأت علمی دانشگاه صنعتی م"ک اشتر)



عنوان و نام پدیدآور	مدل سازی چرخه ترمودینامیکی موتورهای توربینی با استفاده از نرم افزار GSP / مولفان جاماسب پیرکندی، ا.و دیگران.
مشخصات نشر	تهران: یزدا، ۱۳۹۷.
مشخصات ظاهری	۳۲۰ ص: مصور، نمودار.
شابک	۹۷۸-۶۰۰-۱۶۵-۶۲۷-۹
وضعیت فهرست نویسی	فیا
یادداشت	مولفان جاماسب پیرکندی، مهدی جهرمی، محمد فرجی، مصطفی محمودی.
موضوع	برنامه شبیه سازی توربین گاز (جی. اس. پی.)
موضوع	Gas turbine Simulation Program (GSP)
موضوع	توربین های گازی - شبیه سازی کامپیوتری
موضوع	Gas-turbines - Computer simulation
موضوع	توربین های گازی - نرم افزار
موضوع	Gas-turbines - Software
موضوع	هواپیماها - موتورهای توربینی پره دار - نرم افزار
موضوع	Airplanes - Turbofan engines - Automatic control - Software
شناسه افزوده	پیرکندی، جاماسب، ۱۳۵۵ -
رده بندی کنگره	TJ۷۷۸/م۴ ۱۳۹۷
رده بندی دیویی	۶۲۱/۴۳۳
شماره اشتناسی ملی	۵۴۵۲۴۲۱

مدل ساز چرخه ترمودینامیکی موتورهای توربینی با استفاده از نرم افزار GSP

مولفان: دکتر جاماسب پیرکندی (عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی مالک اشتر)
دکتر مهدی جهرمی (عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی مالک اشتر)
مهندس محمد فرجی (کارشناس ارشد مهندسی هوا و فضا)
دکتر مصطفی محمودی (عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی مالک اشتر)

ناشر: یزدا / چاپ اول: ۱۳۹۷ / قطع: وزیری / تعداد صفحات: ۳۲۰ / جلد / آماده سازی قبل از چاپ: ماهنامه صنعت تهویه مطبوع / مدیر تولید: سیمین منی / چاپ و صحافی: یزدا / شمارگان: ۵۰۰ نسخه / به همراه لوح فشرده: ۱۰۰۰۰ تومان

ISBN: 978-600-165-627-9

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۱۶۵-۶۲۷-۹

نشر یزدا و گروه نشریات

دفتر نشر و نماینده دائمی: تهران، سیدخندان، خیابان آریاباران، کوچه ی ستاری، شماره ی ۲۲، ساختمان یزدا دورنگار: ۲۲۸۸۵۶۵۱ (۰۲۱) / تلفن: ۲۲۸۸۵۶۴۷ (۰۲۱)

توجه: به موجب قانون حمایت حقوق مؤلفان و مصنفان و هنرمندان مصوب ۱۳۴۸/۱۰/۱۱ و همچنین قانون ترجمه و تکثیر کتب و نشریات و آثار صوتی مصوب سال ۱۳۵۰ تمام حقوق این اثر به هر نحو برای نشر یزدا محفوظ است. نشر و پخش تمام یا قسمتی از این کتاب بدون اجازه از ناشر، باعث پیگرد قانونی خواهد شد.

www.yazdamarket.com

خرید آنلاین:

https://www.instagram.com/yazdarmarket/

اینستاگرام:

فهرست

۱۱	فهرست نمادهای نرم افزار
۱۴	فهرست نمادهای کتاب
۱۷	پیشگفتار
۱۹	فصل ۱: مقدمه
۱۹	۱-۱. اهمیت مدل سازی
۲۱	۲-۱. معرفی GSP
۲۱	۱-۲-۱. تاریخچه
۲۲	۲-۲-۱. نسخه 10 GSP
۲۳	۳-۲-۱. نمونه مدل های نرم افزار
۲۴	۴-۲-۱. رویکرد مدل سازی در GSP
۲۴	۳-۱. روش نصب نرم افزار
۳۱	۴-۱. اجرای نرم افزار
۳۳	فصل ۲: مفاهیم اولیه
۳۳	۱-۲. اصول نظری مدل های GSP
۳۶	۲-۲. برنامه نویسی با ساختار شی گرا
۳۸	۳-۲. صحت مدل مولفه ها

۳۸	۴-۲. معادلات اصلی مدل سازی
۳۹	۵-۲. اجزاء بردار حالت و بردار خطا
۴۰	۶-۲. کنترل متغیرهای حالت و متغیرهای خطا
۴۰	۷-۲. توربین های گازی
۴۰	۱-۷-۲. چرخه کاری و یا سیکل عملکردی
۴۴	۲-۷-۲. انواع توربین های گازی
۴۹	۸-۲. مفاهیم عملکرد توربین های گازی
۴۹	۱-۸-۲. عملکرد نقطه طراحی
۴۹	۲-۸-۲. عملکرد خارج از نقطه طراحی
۵۰	۳-۸-۲. عملکرد گذرا یا دینامیکی

فصل ۳: معرفی کلی نرم افزار

۵۱	مقدمه
۵۱	۱-۳. پنجره اصلی نرم افزار
۵۲	۲-۳. منو و آیکون های پنجره اصلی نرم افزار
۵۲	۱-۲-۳. منو پرونده/فایل
۵۴	۲-۲-۳. منو نمایش
۵۶	۳-۲-۳. منو جداول
۵۷	۴-۲-۳. منو ابزار
۵۹	۵-۲-۳. راهنما
۶۰	۳-۳. پنجره شبیه سازی
۶۰	۱-۳-۳. منو پرونده/فایل
۶۱	۲-۳-۳. ویرایش
۶۱	۳-۳-۳. منو چشم انداز
۶۲	۴-۳-۳. داده های مربوط به مدل
۶۵	۵-۳-۳. اختیارات
۸۳	۶-۳-۳. نتایج
۸۴	۴-۳. آیکون های پنجره شبیه سازی
۸۴	۱-۴-۳. شرایط محیطی / پرواز
۸۴	۲-۴-۳. مقداردهی اولیه

۸۵	۳-۴-۳. محاسبه نقطه طراحی
۸۶	۳-۴-۴. محاسبه تک نقطه حالت پایدار/دائم
۸۶	۳-۴-۵. محاسبه مجموعه نقاط حالت دائم
۸۷	۳-۴-۶. محاسبه عملکرد گذرا
۸۷	۳-۵-۵. نوار نشانگر وضعیت پنجره مدل سازی
۸۷	۳-۵-۱. نشانگر وضعیت تغییرات
۸۸	۳-۵-۲. نشانگر وضعیت محاسبات
۸۸	۳-۵-۵. اطلاعات وضعیت خطا
۸۹	۳-۶-۶. پیچ بیه سازی
۸۹	۳-۶-۱. جداول نتایج
۹۴	۳-۶-۲. منحنی نتایج
۹۶	۳-۶-۳. ویرایش گزاره نتایج
۹۹	۳-۷-۷. فرمت فایل های GSP
۹۹	۳-۷-۱. فایل های مدل MSL
۹۹	۳-۷-۲. فایل منحنی مشخصه های عملکردی M'P
۹۹	۳-۷-۳. فایل های خروجی

فصل ۴: آشنایی با ابزارهای تخصصی نرم افزار..... ۱۰۱

۱۰۱	مقدمه
۱۰۱	۴-۱-۱. مولفه های توربین گاز
۱۰۳	۴-۱-۱. آیکون مولفه ها
۱۰۳	۴-۱-۲. شماره مولفه ها
۱۰۴	۴-۱-۳. پنجره تنظیمات مولفه ها
۱۰۹	۴-۱-۴. شماره جایگاه مولفه
۱۱۱	۴-۱-۵. انتخاب یک مولفه
۱۱۲	۴-۱-۶. کپی و جابه جایی یک مولفه
۱۱۳	۴-۱-۷. پاک کردن یک مولفه
۱۱۳	۴-۱-۸. اتصال مولفه ها
۱۱۳	۴-۱-۹. چرخاندن مولفه ها
۱۱۴	۴-۱-۱۰. شرایط استاتیکی در ورود و خروج مولفه ها

۱۱۶	۲-۴. عوامل خارج از طراحی مولفه‌ها.....
۱۱۶	۱-۲-۴. مدل‌های افت فشار.....
۱۱۹	۲-۲-۴. هندسه متغیر.....
۱۱۹	۳-۲-۴. استهلاک.....
۱۲۱	۴-۲-۴. متحنی مشخصه‌های عملکردی.....
۱۳۵	۵-۲-۴. عوامل موثر بر عملکرد گذرا.....
۱۳۸	۳-۴. مولفه‌ها استاندارد مسیر گاز.....
۱۳۸	۱-۳-۴. شرایط عملکردی.....
۱۴۲	۱-۳-۱. ورودی هوا.....
۱۴۷	۳-۳-۱. کمپرسور.....
۱۶۱	۴-۳-۴. فن.....
۱۶۵	۵-۳-۴. حفظ احتراق.....
۱۸۱	۶-۳-۴. توربین.....
۱۹۷	۷-۳-۴. نازل خروج جریان.....
۲۱۵	۸-۳-۴. مجرا/ کانال.....
۲۱۷	۹-۳-۴. مخلوط‌کننده جریان.....
۲۲۰	۱۰-۳-۴. مبدل/ بازیاب حرارتی.....
۲۲۵	۱۱-۳-۴. نوار اتصال.....
۲۲۶	۴-۴. مولفه‌های استاندارد کنترل.....
۲۲۶	۱-۴-۴. کنترل دستی جریان سوخت.....
۲۲۸	۲-۴-۴. کنترل دستی نازل با سطح مقطع متغیر.....
۲۲۹	۳-۴-۴. کنترل بار وارد بر شفت/محور.....
۲۳۱	۴-۴-۴. کنترل‌کننده جریان انشعاب شده از کمپرسور.....

فصل ۵: حل مثال‌های نمونه..... ۲۳۳

۲۳۳	مقدمه.....
۲۳۳	۱-۵. موتور توربوجت.....
۲۳۳	۱-۱-۵. موتور توربوجت ساده.....
۲۵۶	۲-۱-۵. توسعه موتور توربوجت.....
۲۶۹	۲-۵. موتور توربوفن.....

۲۶۹..... ۱-۲-۵. مدل توربو فن BIGFAN

۲۷۷..... ۲-۲-۵. مدل توربو فن TFANmix

فصل ۶: خطاها..... ۲۸۷

۲۸۸..... ۱-۶. پیام‌های خطای مختص مدل

۲۸۸..... ۱-۱-۶. خطاهای خاص نسخه‌ی نمایشی

۲۸۹..... ۲-۱-۶. خطاهای خاص منحنی مشخصه عملکردی

۲۹۲..... ۳-۱-۶. خطاهای مختص I/O

۲۹۶..... ۱-۶. خطاهای خاص توالی حل

۲۹۸..... ۲-۶. خطاهای مختص مولفه

۲۹۸..... ۱-۲-۶. خطاهای خاص شرایط محیطی / پرواز

۲۹۹..... ۲-۲-۶. خطاهای خاص بردی

۲۹۹..... ۳-۲-۶. خطاهای خاص فن و کمپرسور

۲۹۹..... ۴-۲-۶. خطاهای خاص محفظه استراک

۳۰۲..... ۵-۲-۶. خطاهای خاص مولف توربین

۳۰۳..... ۶-۲-۶. خطاهای خاص مولفه مبدأ جریان

۳۰۴..... ۷-۲-۶. خطاهای خاص مخلوط‌کننده جریان / میکسر

۳۰۴..... ۸-۲-۶. خطاهای خاص نازل / آگزوز

۳۰۴..... ۹-۲-۶. خطاهای خاص کنترل

۳۰۶..... ۱۰-۲-۶. خطاهای خاص جریان فرعی / انشعاب شده از مولفه (کمپرسور)

فصل ۷: ماخذ و مراجع..... ۳۰۷

فصل ۸: واژه‌نامه..... ۳۰۹

۳۰۹..... واژه نامه فارسی به انگلیسی

۳۱۵..... واژه نامه انگلیسی به فارسی

پیشگفتار

بدون شک باور آنکه اختراع ترانکیتل در سال ۱۹۳۷ میلادی به عنوان اولین موتور جت، روزی به عنوان یکی از بنیان‌های پیشرفت فناوری بشر شناخته شود برای بسیاری از متخصصین سخت است. آن موتور ساده اما یک کمپرسور گریز از مرکز امروزه تبدیل به یک شاهکار طراحی مهندسی شده است و تنها در سال ۲۰۱۶ - ۶۸ ی قریب به ۱۶۰۰۰ موتور از انواع توربوفن، توربوشفت و توربوپراپ با ارزشی بالغ بر ۶۸ میلیارد دلار در هواگردهای مختلف استفاده شده است. پیش‌بینی‌ها از رشد حداقل ۷ درصدی سالیانه فروش موتورهای هوایی توربینی حکایت می‌کنند. در حوزه توربین‌های گاز صنعتی نیز روندها نشان‌دهنده رشد فروش از ۱۰ میلیارد دلار در سال ۲۰۱۵ به بیش از ۲۴ میلیارد دلار در سال ۲۰۲۴ هستند.

کشور عزیزمان ایران پس از پیروزی انقلاب شکوهمند اسلامی، تلاش فراوانی برای تامین نیاز خویش به موتورهای توربینی با سه رویکرد خرید خارجی، بومی‌سازی و انتقال فناوری نمود. روند رو به رشد نیاز کشور به این محصول، مسئولین امر را تشویق به توسعه زیربنای دانش و فناوری در بخش‌های مختلف صنعتی و دانشگاهی نموده است. این رشد آنچنان سریع است که پیش‌بینی می‌شود که ایران در ۱۰ سال آینده به بیش از ۴۰۰ فروند هواپیمای مسافربری نیاز دارد. اگر به این حجم از نیاز صنعت هوایی تجاری، مصارف نظامی و صنعتی افزوده شود، بدون شک ایران یکی از مهمترین بازیگران آینده صنعت موتورهای توربینی دنیا خواهد بود.

از آنجا که یکی از اولین گام‌های شناسایی، بهره‌برداری و طراحی موتورهای توربینی فهم درست و دقیق از عملکرد ترمودینامیکی آنها است، نویسندگان کتاب حاضر را بر آن داشت که به آشنایی کامل و بهره‌برداری یکی از بهترین نرم‌افزارهای شناخته شده دنیا در عرصه مدل‌سازی

ریاضی چرخه ترمودینامیکی موتورهای توربینی بپردازند. نرم‌افزار GSP که توسعه آن به سال ۱۹۸۶ بر می‌گردد، یک محیط مدل‌سازی مبتنی بر اجزاء موتور و با ساختار شی-گرا است که قابلیت مدل‌سازی دائمی و غیردائمی هرگونه ترکیب بندی توربین‌گاز را در محیطی کاربر پسند فراهم می‌کند. استقبال از این نرم‌افزار به حدی بوده است که نسخه‌های ارتقاء یافته آن به صوت منظم تهیه و عرضه می‌گردد.

نویسندگان کتاب، با توجه به سابقه قریب به دو دهه فعالیت در عرصه موتورهای توربینی، عدم وجود منابع مناسب به زبان فارسی را یکی از مشکلات مهم دانشجویان و مهندسين فعال در عرصه توربین‌های گازی می‌دانند. بارها مشاهده شد که بهره برداران نرم‌افزارهایی همچون GSP به دلیل عدم دسترسی به منبعی برای مطالعه و حل مشکلات خود، دچار تاخیر در زمان‌بندی و یا حتی اشتباهات فاحش شده‌اند. از این رو تصمیم گرفتیم تا مرجعی مناسب برای کاربران نرم‌افزار GSP فراهم کنیم.

کتاب حاضر در ۶ فصل به شرح شده است. فصل ۱ و ۲ به مقدمه و مفاهیم کلی می‌پردازد و فصل‌های ۳ و ۴ به بیان دقیق اجزاء نرم‌افزار و نحوه استفاده از آنها اشاره می‌کند. در فصل ۵ به عنوان یکی از مهمترین اصول کتاب، مدل‌سازی مثال‌هایی شامل موتورهای توربوجت و توربوفن و ارتقاء پیکربندی آنها پرداخته شده است. از آنجا که تفسیر پیغام‌های خطای نرم‌افزار از اهمیت بالایی برخوردارند، در فصل ۶ این مسائل مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته است.

این اثر بر اساس تجربیات نویسندگان و همینه‌ها در استفاده از راهنمای نرم‌افزار در مدت دو سال به رشته تحریر در آمده است که خالی از اشکال هم نیست. از این رو مزید امتنان خواهد بود اگر خوانندگان محترم اشکالات را به آدرس اعلام فرمایند.

برخود لازم می‌دانیم از زحمات در بهبود کیفیت

کتاب و در طراحی بد تقدیر و تشکر نموده و

همچنین از پشتیبانی و حمایت سال اندر دانی را داریم.