



## پروژه درس اصول جلوبرندگی

دانشگاه تهران، دانشکدگان علوم و فناوری‌های میان رشته‌ای، دانشکده مهندسی هوافضا

موعد تحویل: ۱۴۰۴/۵/۳۱

### عنوان پروژه:

شبیه‌سازی و بهینه‌سازی عملکرد موتور توربوفن CFM56-3C با استفاده از نرم‌افزار GASTURB

### مسئله:

یک هواپیمای بوئینگ ۷۳۷-۴۰۰ مجهز به دو موتور CFM56-3C است. هدف این پروژه شبیه‌سازی و بهینه‌سازی عملکرد موتورهای این هواپیمای با هدف افزایش بازده و کاهش مصرف سوخت است. شرایط عملیاتی هواپیمای به صورت زیر است:

### شرایط اولیه:

- مدل هواپیمای: بوئینگ ۷۳۷-۴۰۰
- نوع موتور: CFM56-3C
- نیروی پیشران نامی هر موتور در سطح دریا: ۲۳,۰۰۰ پوند (۱۰۱ کیلو نیوتن)
- فشار هوای ورودی به کمپرسور: ۱ بار
- دمای هوای ورودی به کمپرسور: ۲۰ درجه سانتی‌گراد
- سرعت پرواز کروز: ۰.۷۸ ماخ
- بازده‌ها به صورت پلی‌تروپیک و به مقدار ۰.۹ در نظر گرفته شود.
- سوخت: JP-4
- نسبت فشار فن داخلی: ۳.۳
- نسبت فشار فن خارجی: ۱.۵
- نسبت فشار کمپرسور پرفشار: ۹.۱
- نسبت فشار مجرای کنارگذر: ۱
- نسبت کنارگذر: ۶.۶
- دمای محفظه احتراق: ۱۵۵۰
- نسبت فشار محفظه احتراق: ۰.۹۷
- دبی جرمی هوای ورودی: ۵۰۰ کیلوگرم بر ثانیه

## اهداف:

۱. شبیه‌سازی موتور CFM56-3C در نقطه طراحی با استفاده از نرم‌افزار GASTURB و تأیید صحت داده‌ها.
۲. تحلیل عملکرد موتورهای CFM56-3C در شرایط مختلف پروازی، از جمله تغییرات دما و فشار هوای ورودی و تغییرات ارتفاع پرواز.
۳. بهینه‌سازی پارامترهای کلیدی موتور برای بهبود بازده و کاهش مصرف سوخت.

## مراحل انجام پروژه:

### ۱. شبیه‌سازی شرایط فعلی:

- وارد کردن داده‌های اولیه به نرم‌افزار GASTURB.
- پس از اجرای شرایط اولیه داده شده، فایل تحلیل را ذخیره و به همراه سایر فایل‌های پروژه ارسال کنید.
- نمودارهای دبی جرمی، آنتالپی در دمای واقعی، آنتروپی در دمای واقعی، عدد ماخ را برای استیشن‌های مختلف استخراج کنید و در گزارش خود ارزیابی خود از تغییرات مولفه‌های اصلی را بیان کنید.
- اجرای شبیه‌سازی و مقایسه نتایج با داده‌های واقعی در ارتفاع ۳۵۰۰۰ پا و سطح دریا

| اعتبار سنجی خروجی          | شرایط ثانویه     | توضیحات تکمیلی |
|----------------------------|------------------|----------------|
| FN=7.5 klb<br>WF= 1.7 kg/s | ارتفاع: ۳۵۰۰۰ پا |                |

### ۲. تحلیل شرایط پروازی مختلف:

- تغییر دمای هوای ورودی به کمپرسور بین  $-30^{\circ}\text{C}$  تا  $+30^{\circ}\text{C}$  و مشاهده تأثیر آن بر بازده و مصرف سوخت.
- تغییر ارتفاع پرواز بین ۲۵,۰۰۰ تا ۴۰,۰۰۰ پا و مشاهده تأثیر آن بر عملکرد موتور.
- رسم خطوط عملکردی برای شرایط:

|                         | minimum | maximum |
|-------------------------|---------|---------|
| T4 (K)                  | 1300    | 1750    |
| $\Delta T$ from ISA (K) | -30     | +30     |
| عدد ماخ                 | 0       | 0.9     |

### ۳. بهینه‌سازی طراحی:

- شناسایی پارامترهای کلیدی مانند نسبت فشار کمپرسور، دمای گازهای ورودی به توربین و نرخ مصرف سوخت.
- استفاده از ابزارهای بهینه‌سازی GASTURB برای یافتن ترکیب بهینه پارامترها.
- ارزیابی نتایج بهینه‌سازی و مقایسه با شرایط اولیه.

### ۴. آنالیز حساسیت:

- انتظار می‌رود با انجام آنالیز حساسیت نسبت موارد زیر تأثیر هر یک از این پارامترها بر عملکرد موتور (تراست، مصرف سوخت و راندمان کل موتور) را به‌صورت دقیق بررسی نمایند.
- فشار محفظه احتراق

- ارزش حرارتی سوخت
- نسبت فشار کمپرسور پرفشار
- سرعت پروازی

### منابع و ابزارهای مورد نیاز:

- نرم افزار GASTURB (ترجیحا نسخه ۱۳)
- داده های عملیاتی موتور CFM56-3C (می تواند به صورت واقعی یا فرضی باشد)
- مقالات و کتب مرجع در زمینه موتورهای توربوفن و بهینه سازی

### اسناد تحویلی:

- فایل های نرم افزار
- گزارش پروژه
  - گزارش مدون خود را در قالب فایل word آماده نمایید.
  - فرضیات خود را به صورت دقیق بیان کنید.
  - در هر بخش، جدول نتایج ارائه شود.
  - استفاده از نرم افزار MATLAB یا Tecplot جهت رسم نمودارها توصیه می شود ولی اجباری نیست. کیفیت نمودارها حائز اهمیت است.
  - نمودارها باید خوانا بوده و بازه مناسب برای رسم آنها در نظر گرفته شده باشد.
  - در هر نمودار، مشاهدات خود را نوشته و علت آن را حدالمقدور بیان نمایید.
  - استفاده از فایل های Template نشریات داخلی و یا کنفرانس های داخلی دارای نمره اضافی است.
- پروژه میبایست در یک روز ارائه گردد. لذا فایل پاورپوینت تهیه شده و ارسال گردد.