

Guia docent

220341 - 220341 - Aerodinàmica Interna i Aeroelasticitat de Turbomàquines

Última modificació: 19/04/2023

Unitat responsable:	Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa		
Unitat que imparteix:	220 - ETSEIAT - Escola Tècnica Superior d'Enginyeries Industrial i Aeronàutica de Terrassa.		
Titulació:	MÀSTER UNIVERSITARI EN ENGINYERIA AERONÀUTICA (Pla 2014). (Assignatura optativa). MÀSTER UNIVERSITARI EN ENGINYERIA ESPACIAL I AERONÀUTICA (Pla 2016). (Assignatura optativa).		
Curs: 2023	Crèdits ECTS: 5.0	Idiomes: Anglès	

PROFESSORAT

Professorat responsable:	Perez Segarra, Carlos David
Altres:	Schillaci, Eugenio Castrillo Green, Pablo Muela Castro, Jordi

CAPACITATS PRÈVIES

Coneixements bàsics de mecànica de sòlids, dinàmica de fluids, transferència de calor, i de mètodes computacionals, així com d'algun llenguatge de programació (C, C++, matlab, etc.).

COMPETÈNCIES DE LA TITULACIÓ A LES QUALS CONTRIBUEIX L'ASSIGNATURA

Específiques:

CEEPROP1. Aplicar coneixements adequats d'aspectes de mesura, càlcul i resolució numèrica aplicats a l'aerodinàmica experimental i computacional (competència específica associada a l'especialitat Propulsió).

METODOLOGIES DOCENTS

Durant el desenvolupament de l'assignatura es faran servir les següents metodologies docents:

Classe magistral o conferència (EXP): exposició de coneixements per part del professorat mitjançant classes magistrals o bé per persones externes mitjançant conferències convidades.

Classes participatives (PART): resolució col·lectiva d'exercicis, realització de debats i dinàmiques de grup amb el professor o professora i altres estudiants a l'aula; presentació a l'aula d'una activitat realitzada de manera individual o en grups reduïts.

Presentacions (PS): presentar a l'aula una activitat realitzada de manera individual o en grups reduïts (presencial).

Treball teòric-pràctic dirigit (TD): realització a l'aula d'una activitat o exercici de caràcter teòric o pràctic, individualment o en grups reduïts, amb l'assessorament del professor o professora.

Projecte, activitat o treball d'abast reduït (PR): aprenentatge basat en la realització, individual o en grup, d'un treball de reduïda complexitat o extensió, aplicant coneixements i presentant resultats.

Projecte o treball d'abast ampli (PA): aprenentatge basat en el disseny, la planificació i realització en grup d'un projecte o treball d'àmplia complexitat o extensió, aplicant i ampliant coneixements i redactant una memòria on s'aboca el plantejament d'aquest i els resultats i conclusions.

Activitats d'Avaluació (EV).

OBJECTIUS D'APRENTATGE DE L'ASSIGNATURA

El curs té com a objectiu descriure les lleis fonamentals que regeixen els fluxos dins de turbomaquinaria, juntament amb les tècniques bàsiques i avançades per al seu estudi. En el curs es descriuen diversos físiques importants relacionades amb turbomaquinaria rotativa: turbulència, fluxos compressibles, anàlisi de la capa límit, fluxos rotatius, etc. Efectes transitoris com ara entrades en perdudes dinàmica, reversió de flux, fimbrament, etc. seran també tractades en detall. La interacció entre el fluid i l'estructura, efectes aeroelàstics, són estudiats i descrits en detall.

Un anàlisi a dos nivells dels fenòmens d'interès serà presentat en el curs. En primer lloc es realitza un anàlisi de les equacions generals sota supòsits restrictius per evidenciar el comportament general del flux, el qual servirà per a realitzar estimacions i anàlisis inicials. El segon nivell d'anàlisi utilitza mètodes de modelització avançats tals com Computational Fluid Dynamics (CFD) i tècniques Computational Structural Dynamics (CSD).

El nivell d'anàlisi reduït serveix a l'estudiant per comprendre els efectes físics subjacents en el cas estudiat. Amb aquests antecedents, es presenten tècniques avançades per aplicar aquest coneixement bàsic usant tècniques actuals de simulació CFD. A causa de l'esforç necessari per resoldre les equacions físiques, generalment es necessiten tècniques computacionals. Per tant, en el curs es realitza una extensa descripció de mètodes CFD i tècniques de CDS. Específicament, diversos mètodes específics per a elements giratoris es presenten, com ara mètodes per malles lliscants o malles dinàmiques. De la mateixa manera, es descriuen tècniques específiques per a l'anàlisi estructural de turbomàquines.

A causa de l'enfocament en mètodes computacionals, s'espera que els estudiants utilitzin i desenvolupin codis computacionals. Sessions específiques durant el curs cobriran diferents aspectes dels mètodes computacionals en detall.

Objectius del procés d'aprenentatge:

- Comprendre els fenòmens físics que regeixen el flux dins les turbomàquines.
- Adquirir coneixements sobre la aeroelasticitat bàsica i modelatge transitori de turbomaquinaria.
- Adquisició d'una primera experiència pràctica en el disseny de perfils de turbomaquinaria, programant un codi propi de C++ per al disseny preliminar aerodinàmic de turbomàquines.
- Familiaritzar-se amb els mètodes CFD avançats aplicats a turbomaquinaria per mitjà de codi obert i / o paquets CFD desenvolupats per l'alumne.
- Familiaritzar-se amb mètodes acoblats CFD i CSD aplicats a turbomaquinaria per mitjà de codi obert i / o paquets CFD desenvolupats per l'alumne.

HORES TOTALES DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANTAT

Tipus	Hores	Percentatge
Hores aprenentatge autònom	80,0	64.00
Hores grup petit	15,0	12.00
Hores grup gran	30,0	24.00

Dedicació total: 125 h

CONTINGUTS

Introducció a la física dels àleps giratoris inestables i fluttering

Descripció:

Es presentaran i s'estudiaran diferents tipus de turbomàquines tèrmiques. Es realitzarà una revisió dels diferents components clau de les turbomàquines. També es presentarà el tractament d'àleps de turbina, cascada d'àleps i àleps rotant.

Activitats vinculades:

Reunions amb els estudiants amb l'objectiu de definir els treballs de laboratori numèrics a realitzar.

Dedicació: 10h

Grup gran/Teoria: 4h

Aprenentatge autònom: 6h

Aerodinàmica interna en turbomàquines

Descripció:

Es revisaran amb detall els mètodes bidimensionals i tridimensionals per al disseny diferents tipus de turbomàquines. Els mètodes de disseny inclouran turbines de flux axial, compressors de flux axial, ventiladors. Mètodes a cobrir:

Models reduïts per al disseny d'àleps

- Potència i estalvi energètic
- Caracterització de l'etapa: grau de reacció, coeficient de treball, coeficient de flux.
- Patró de flux d'etapa: triangles de velocitat
- Pèrdues d'etapa
- Efectes bi i tridimensionals.

Pseudo 2D mètodes per a la simulació de perfils de turbomàquines:

- Mètodes numèrics per a CFD incompressible i compressible
- Adaptació al modelatge de turbulències (RANS, RANS/LES i LES)
- Condicions de contorn
- Generació de malla
- Metodologies de postprocessament

Interacció estator-rotor mitjançant mètodes de malles dinàmiques

- Formulació lagrangiana-euleriana arbitrària (ALE) per a les equacions de Navier-Stokes (NS) incompressible i compressible
- Mètodes amb malla fixe vs. mètodes de malla dinàmica per a la simulació de rotors de turbomàquines.
- Mètodes de malla lliscant per a simulacions en cascada i 3D d'estator-rotor

Mètodes multiescala per a la simulació de sistemes complexos (integració del Blade Element Method amb solucionadors 3D de NS)

Activitats vinculades:

- Es preveu que l'estudiant desenvolupi un codi de disseny (en C, C++, etc.) per a una aplicació específica de turbomàquines dins d'aquest mòdul i utilitzant models globals.
- Les simulacions de perfil aerodinàmic 2D en una disposició periòdica mitjançant tècniques RANS es realitzaran utilitzant paquets CFD existents o eines CFD desenvolupades per l'estudiant.
- Interacció estator-rotor mitjançant solucionadors 2D RANS i tècniques de malla lliscant. L'activitat es farà utilitzant els paquets de CFD existents o les eines de CFD desenvolupades per l'estudiant.

Dedicació: 62h

Grup gran/Teoria: 14h

Grup petit/Laboratori: 8h

Aprenentatge autònom: 40h

Aeroelasticitat en turbomàquines

Descripció:

Es presenta una metodologia per a la simulació acoblada de problemes de fluid-estructura en turbomaquinària. En primer lloc, es cobriran les metodologies bàsiques de CFD que utilitzen la formulació ALE, inclòs el modelatge de la turbulència. Després d'això, els mètodes de malla dinàmica es revisaran i provaran utilitzant paquets CFD oberts o codis CFD desenvolupats pels mateixos estudiants. Finalment, es mostraran els algorismes d'acoblament CFD i els models CSD simplificats.

Es presentaran i discutiran els temes següents:

- Llei de conservació de l'espai per a problemes de CFD de contorns mòbils.
- Mètodes de malla mòbil:
- Mètodes d'interpolació de base radial
- Algorismes d'analogia de moll elàstic
- Enfocament aproximat de solvers de CSD
- Mètodes modals per al modelatge CSD d'aleps de turbina
- Algorismes d'acoblament per a mètodes d'estructura fluida:
- Enfocaments monotònics
- Acoblament semiimplícit
- Algorismes feblement acoblats

Activitats vinculades:

Els alumnes aplicaran les diferents tècniques estudiades, simulant problemes d'aeroelasticitat fent servir un paquet CFD existent o un paquet CFD desenvolupat per ells mateixos.

Dedicació: 53h

Grup gran/Teoria: 12h

Grup petit/Laboratori: 7h

Aprenentatge autònom: 34h

SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

Examen parcial (inclou entregable de cicles de turbines de gas): 25%

Examen final: 25%

Treballs realitzats en forma individual i/o en grup al llarg del curs en aerodinàmica interna (CFD, Computational Fluid Dynamics) i aeroelasticitat (FSI, Fluid-Solid Interaction): 50%

Per aquells estudiants que compleixin els requisits i es presentin a l'examen de reavaluació, la qualificació de l'examen de reavaluació substituirà les notes de tots els actes d'avaluació que siguin proves escrites presencials (controls, exàmens parcials i finals) i es mantindran les qualificacions de pràctiques, treballs, projectes i presentacions obtingudes durant el curs.

Si la nota final després de la reavaluació és inferior a 5.0 substituirà la inicial únicament en el cas que sigui superior. Si la nota final després de la reavaluació és superior o igual a 5.0, la nota final de l'assignatura serà aprovat 5.0.

NORMES PER A LA REALITZACIÓ DE LES PROVES.

L'estudiant haurà de seguir les instruccions explicades a classe i contingudes a l'arxiu amb les activitats a desenvolupar en la pràctica. Com a resultat d'aquestes activitats, l'estudiant haurà d'entregar un report (preferiblement en format pdf) al professor, seguint les seves instruccions i amb la data límit que per a cada activitat s'hi fixi. L'avaluació del treball comportarà tant la seva realització, com també la seva defensa.

Pràctiques:

Els exercicis de pràctiques poden iniciar-se durant l'horari de classes previst per aquest tipus d'activitat i es completaran (si s'escau) com una activitat autònoma, seguint les instruccions donades a classe. Els resultats dels exercicis de pràctiques s'entregaran al professor seguint les instruccions donades a classe. L'avaluació de la pràctica pot comportar tant la seva realització, com també la seva defensa.

Exàmens:

Es farà un examen final de l'assignatura. L'alumne haurà de completar tant preguntes teòriques com problemes relacionats amb els continguts teòric i pràctic de l'assignatura.

Les revisions i/o reclamacions amb referència als exàmens es realitzen d'acord a les dates i horaris establerts al calendari acadèmic.

BIBLIOGRAFIA

Bàsica:

- Saravanamuttoo, H.I.H. [et al.]. Gas turbine theory. 6th ed. Harlow, England; New York: Prentice Hall, 2009. ISBN 9780132224376.
- Dowell, E.H. [et al.]. A modern course in aeroelasticity [en línia]. 4th rev. and enl. ed. Dordrecht; Boston: Kluwer Academic Publishers, 2004 [Consulta: 03/05/2022]. Disponible a: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/1-4020-2106-2>. ISBN 1402020392.
- Ferziger, J.H.; Peric, M. Computational methods for fluid dynamics. 3rd, rev. ed. Berlin: Springer, 2002. ISBN 3540420746.
- Kerrebrock, J.L. Aircraft engines and gas turbines. 2nd ed. Cambridge, Mass: MIT Press, 1992. ISBN 0262111624.

Complementària:

- Bazilevs, Y.; Takizawa, K.; Tezduyar, T.E. Computational fluid-structure interaction: methods and applications. Chichester, West Sussex, United Kingdom: Wiley, 2013. ISBN 9780470978771.
- Pope, S.B. Turbulent flows. Cambridge: Cambridge University Press, 2000. ISBN 0521591252.
- Dixon, S.L.; Sydney, L.; Hall, C.A. Fluid mechanics and thermodynamics of turbomachinery [en línia]. 7th ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2014 [Consulta: 27/07/2022]. Disponible a: <https://www.sciencedirect-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/9780124159549/fluid-mechanics-and-thermodynamics-of-turbomachinery>. ISBN 9780124159549.
- Mattingly, Jack D. Elements of gas turbine propulsion. New York: American Institute of Aeronautics and Astronautics, 2005. ISBN 1563477785.

RECURSOS

Altres recursos:

Material elaborat pel professorat pel seguiment de l'assignatura.