

Universitat Politècnica de Catalunya – Universitat de Barcelona

Màster oficial d'Enginyeria en Energia

Fitxa de descripció d'assignatura

Assignatura		Equips Tèrmics Generadors de Calor i Fred		Codi:	33562
				Versió:	Juliol 2009
Tipus:	Opt	Crèdits totals ECTS:	5	Hores/setmana totals:	8,5
Idioma:	Català – Castellà - Anglès	Crèdits presencials Teoria:		Hores/setmana presencials Teoria:	2,5
Hores/crèdit:	25	Crèdits presencials Problemes:		Hores/setmana presencials Problemes:	1
Quadrimestre:	2n	Crèdits presencials Laboratori:		Hores/setmana presencials Laboratori:	1
Nivell:	Màster	Crèdits no presencials:		Hores/setmana no presencials:	4,0
Coordinador:	J.Rigola				
Professors:	J.Rigola, J.Castro, C.Oliet				
Horari i lloc de tutories:	Horari de tutoria: Les tutories es faran preferentment al Dept. Màquines i Motors Tèrmics, ETSEIAT.				
Pre-requisits:	Coneixements equivalents a haver superat el curs d'anivellament del màster.				
Co-requisits:					
Objectius generals:	<ul style="list-style-type: none"> - Revisió d'aspectes bàsics de termodinàmica i de fenòmens de transferència de calor i massa (segon principi de la termodinàmica, equacions de conservació ...), en el context del camp tecnològic dels sistemes i equips tèrmics generadors de calor i fred. - Descripció de les diferents opcions tècniques de per a sistemes de refrigeració / calefacció. Particularitats tecnològiques segons aplicació. - Aplicació de mètodes avançats de simulació numèrica d'elements d'equips amb anàlisi unidimensional dels fluids en què hi ha canvi de fase. El tractament es realitza tant per a situacions en règim permanent i transitori. - Introducció a mètodes de càlcul més avançat d'elements d'equips generadors de calor i fred on l'anàlisi dels fluids és multidimensional. S'exposen mètodes amb macro volums de control (mètodes del tipus porositat), mètodes basats en la resolució de les equacions de conservació sota les hipòtesis de capa límit, com finalment mètodes més avançats basats en la resolució multidimensional detallada de les equacions de Navier-Stokes . - Anàlisi completa dels sistemes (cicles de refrigeració): càlcul de disseny i càlcul de predicció. Tècniques de resolució global. - Realització de pràctiques de laboratori que permetin a l'estudiant prendre consciència d'aplicacions concretes, de les possibilitats dels mètodes numèrics desenvolupats així com de les tècniques experimentals de mesura i d'estimació d'errors experimentals. 				
Objectius específics de cada tema:					
Objectius transversals:					
Programa de Teoria:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Introducció als sistemes de refrigeració / calefacció <ol style="list-style-type: none"> 1.1. Tipus i descripció dels sistemes de refrigeració més comuns: per compressió de vapor, per absorció, per cicle d'aire, per efecte termoelèctric, 2. Refrigeració / calefacció per compressió de vapor <ol style="list-style-type: none"> 2.1. Repàs d'aspectes bàsics de termodinàmica i transferència de calor: equacions de transport en forma integral (conservació de la massa, conservació del moment lineal, conservació de l'energia, segon principi de la termodinàmica). 2.2. Fluids refrigerants. Característiques generals i classificació. Refrigerants no contaminants. Càlcul de propietats termodinàmiques i de transport en casos de fluids purs i de mescles. 				

2.3. Anàlisi component a component del circuit frigorífic:

2.3.1. Compressors: tipus i definició dels rendiments, anàlisi global (simplificat) de càlcul i simulació avançada de compressors.

2.3.2. Anàlisi de fluxos bifàsics: fenomenologia de la condensació i evaporació; avaluació de la transferència de calor, de la fracció volumètrica de vapor i de la pèrdua de càrrega. Anàlisi de fluxos multicomponents. Anàlisi avançada de fluxos bifàsics.

2.3.3. Condensadors i evaporadors. Característiques en funció del tipus de fluid secundari i d'aspectes propis del circuit de refrigeració (retorn d'oli, ...). Càlcul d'intercanviadors basant-se mètodes analítics (mètode factor F, ϵ -NTU, ...). Càlcul avançat d'intercanviadors de calor en fluxos bifàsics. Condensació i formació de gel sobre les superfícies de transferència de calor.

2.3.4. Dispositius d'expansió: tipus, detalls tecnològics, selecció de dispositius d'expansió. Càlcul avançat de tubs capil·lars.

2.3.5. Elements auxiliars: tubs de unió, intercanviadors auxiliars, dipòsits d'acumulació,

2.4. Anàlisi completa del cicle: càlcul de disseny i càlcul de predicció. Tècniques de resolució global. Anàlisi avançats en règim transitori.

3. Refrigeració / calefacció per absorció

3.1. Introducció: breu repàs històric, principi físic, anàlisi termodinàmica dels cicles d'absorció: definició dels rendiments, anàlisi dels cicles per absorció.

3.2. Fluids de treball: sistemes amb absorbent volàtil (H₂O-NH₃) i no volàtil (LiBr-H₂O). Implicacions tecnològiques: simple efecte, doble efecte, múltiple efecte (LiBr-H₂O), cicle d'absorció dual, cicles GAX (H₂O-NH₃). Altres parelles refrigerant-absorbent. Refrigeració de les màquines d'absorció: torres de refredament i refrigeració per aire.

3.3. Anàlisi component a component del circuit d'absorció:

3.3.1. Absorbidors: tipus segons refrigerant-absorbent i refrigeració (aigua-aire).

3.3.2. Generadors: tipus segons refrigerant-absorbent i font energètica.

3.3.3. Anàlisi del flux en pel·lícula descendent de líquid: fenomenologia dels processos d'absorció i desorció. Nivells de simulació, equacions governants i hipòtesis assumides. Algorismes de resolució. Efecte de tensioactius. Ús de superfícies avançades de transferència de calor i de massa.

3.3.4. Condensadors i evaporadors: descripció del tipus d'intercanviador segons refrigerant-absorbent i forma de refrigerar, detalls tecnològics.

3.3.5. Elements d'intercanvi intern per millorar el rendiment: intercanviador de solució, intercanvi generador-absorbidor (GAX), pre-refredador: tipus i detalls tecnològics.

3.3.6. Sistemes auxiliars: equip de buit, sistemes de purga, recuperació de tensioactius, recuperació d'aigua, sistemes de descristalització.

3.4. Anàlisi completa del sistema i cicle d'absorció: disseny i predicció. Ús de models zero-dimensionals i de balanços globals. Estudi de la influència de les condicions externes sobre el sistema.

4. Balanç de càrregues de refrigeració / calefacció

4.1. Càrregues tèrmiques de refrigeració: càrregues de producte, càrregues de transmissió, càrregues per fonts internes, càrregues per infiltració, etc. Exemples d'aplicació.

5. Generadors de calor per combustió: calderes.

Pràctiques de Laboratori:**Activitats No Presencials:****Càrrega setmanal de l'estudiant en hores:**

Tipus d'activitat / Setmana	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Total
Teoria																
Pràctiques																
Problemes																
Activitat No presencial																
Treball individual																
Treball en grup																
Proves i exàmens																
Altres activitats																
TOTAL																

Metodologia docent:

. L'exposició de l'assignatura parteix d'una descripció general dels sistemes i equips de refrigeració / calefacció i d'un recordatori de la formulació general de les equacions governants i dels aspectes bàsics de termodinàmica (principis fonamentals). Aquest plantejament facilita la presentació i desenvolupament de diferents nivells d'anàlisi per als diferents elements dels sistemes de fred / calefacció (des mètode factor F, ϵ -NTU, fins als més sofisticats, resolució multidimensional de les equacions de Navier-Stokes) i un estudi detallat de les hipòtesis assumides en la resolució dels sistemes en la seva globalitat.

Un cop s'ha presentat a l'alumnat els aspectes bàsics del tractament matemàtic dels sistemes i equips de fred / calefacció es passa a presentar aquells detalls més significatius de diferents sistemes d'ús comercial / industrial. Es fa una descripció de l'estat de l'art existent juntament amb una explicació de les solucions tecnològiques emprades.

És important que en algun moment del curs l'alumne decideixi, conjuntament amb el professor, la realització d'un estudi / projecte

sobre algun dels tipus d'elements dels sistemes en què pugui aplicar les metodologies bàsiques explicades a classe.

La realització de pràctiques de laboratori (tant numèriques com experimentals) permetrà a l'alumne adquirir una perspectiva més àmplia del tema i poder contrastar el mateix les possibilitats dels diferents nivells de simulació (validació de les formulacions matemàtiques). Les pràctiques experimentals busquen també ensenyar les tècniques de mesura normalment utilitzades (termoparells, transductors de pressió, cabalímetres, mesuradors d'humitat, etc.) i l'avaluació dels errors comesos en l'experimentació.

Bibliografia Bàsica:

Al curs es dona una bibliografia general i una bibliografia específica per a cada un dels temes presentats, tant de llibres com de revistes tecnocientífiques del camp (Int. J. of Heat and Mass Transfer, Journal of Heat Transfer, Heat Transfer Engineering, Numerical Heat Transfer, Int. J. of Refrigeration, ...). A continuació es relaciona només la bibliografia més general de l'assignatura: M.J.Morgan, H.N.Shapiro, Fundamentals of Engineering Thermodynamics, John Wiley & Sons, New York, 1988.

1. ASHRAE Handbooks: i) Fundamentals; ii) HVAC Systems and Equipment; iii) HVAC Applications; iv) Refrigeration (se revisan y reeditan cada 4 años).
2. W.M.Rohsenow, J.P Hartnett, E.N.Ganic, Handbook of Heat Transfer Applications, McGraw-Hill Book Company, New York, 1985.
3. W.F.Stoecker, Industrial Refrigeration, Business News Publishing Company, Troy, Michigan, 1988.
4. K.E. Herold, R. Radermacher, S.A. Klein. Absorption Chillers and Heat Pumps, CRC Press, 1996.
5. A.R.Trott, Refrigeration and Air Conditioning, MCGraw-Hill, London, 1981.
6. G.Alefeld, R.Radermacher, Heat Conversion Systems, CRC Press, Boca Raton, 1994.

Bibliografia Complementària:

Criteri d'avaluació:

Controls parcials:	%	Exercicis/problemes:	%	Control final:	%
No presencial:	%	Pràctiques:	%	Altres proves:	%

Mètodes d'avaluació:

- Realització d'exàmens. Es preveu un examen final. Aquest examen es centra tant en aspectes bàsics d'entesa de la fenomenologia bàsica implicada en aquests equips de calor i fred com en aspectes de càlcul i disseny de sistemes i elements.
- Presentació i defensa d'exercicis de càlcul i disseny d'elements d'equips tèrmics de generació de calor i fred utilitzant mètodes avançats de càlcul. Atès que el temps que requereix la realització d'aquests exercicis és elevat, la selecció del tipus d'exercici a realitzar es fa d'acord amb els interessos i motivacions de cada estudiant i procurant la seva integració en el marc d'altres assignatures de doctorat que pugui estar cursant l'estudiant.
- Realització de pràctiques numèriques experimentals amb codis i infraestructures experimentals existents al CTTC-UPC.