UNIVERSITÀ DI PISA

SISTEMI ENERGETICI

LORENZO FERRARI

Anno accademico	2022/23
CdS	INGEGNERIA CHIMICA
Codice	019II
CFU	9

Moduli	Settore/i	Tipo	Ore	Docente/i
SISTEMI ENERGETICI	ING-IND/09	LEZIONI	90	LORENZO FERRARI GUIDO FRANCESCO FRATE

Obiettivi di apprendimento

Conoscenze
Gli studenti apprenderanno conoscenze relative al principio di funzionamento ed alle basi delle macchine a fluido (turbine, compressori e pompe), degli impianti di conversione dell'energia (impianti a vapore, turbine a gas e motori a combustione interna) e dei principali sistemi di conversione dell'energia rinnovabile (energia solare, eolica, geotermica ed idraulica).

Modalità di verifica delle conoscenze
La conoscenza verrà verificata dalla dimostrazione della capacità di discutere gli argomenti principali del corso con una terminologia appropriata. Durante l'esame orale lo studente dovrà dimostrare la conoscenza degli argomenti del corso rispondendo alle domande in modo approfondito e con proprietà di linguaggio. Lo studente dovrà dimostrare la capacità di mettere in pratica e di eseguire con spirito critico le attività illustrate durante le lezioni. Nel rispondere alle domande fatte dal docente, lo studente dovrà dimostrare la capacità di affrontare un problema e di organizzare un'esposizione efficace dell'argomento.

Capacità
Al termine del corso lo studente sarà capace di descrivere in modo accurato le principali caratteristiche delle principali tipologie di impianti di conversione energetica e delle macchine a fluido con particolare riferimento alle grandezze tipiche, le prestazioni ed i fenomeni che hanno luogo in essi.

Modalità di verifica delle capacità
L'accertamento delle capacità avviene attraverso discussione in sede di esame.

Comportamenti
Lo studente avrà acquisito la capacità di analizzare e commentare il funzionamento di sistemi per la conversione dell'energia e dei loro componenti evidenziandone le principali criticità. Lo studente avrà sviluppato un approccio razionale e metodologicamente motivato alla scelta ed alla configurazione dei sistemi energetici e delle macchine a fluido.

Modalità di verifica dei comportamenti
Verifica in sede d'esame orale mediante apposite domande volte a verificare l'acquisizione dei comportamenti indicati.

Prerequisiti (conoscenze iniziali)
Conoscenze di base dei principi della termodinamica e della conservazione dell'energia

Indicazioni metodologiche

- Lezioni frontali con slide preparate dal docente;
- Discussioni collettive di casi di studio;
- Seminari di ricercatori ospiti su tematiche specifiche;
- Visite didattiche a casi sudio industriali;
- Frequenza: non obbligatoria, ma consigliata

UNIVERSITÀ DI PISA

Programma (contenuti dell'insegnamento)

- Richiami di termodinamica, Sistemi aperti e chiusi. Primo principio della termodinamica. Espressione del primo principio per sistemi aperti e chiusi. Secondo principio della termodinamica. Proprietà termodinamiche dei fluidi. Liquidi, gas e vapori. Equazioni di stato. Diagrammi termodinamici: T-s, h-s, p-v. Proprietà termodinamiche dei gas perfetti. Proprietà termodinamiche del vapore d'acqua. Tabelle delle proprietà del vapore. Esempi di trasformazioni termodinamiche: isoterma, isobara, isocora, adiabatica, politropica. Compressione ed espansione adiabatica, reale, politropica. Rendimenti delle trasformazioni adibatica e politropica. Exergia. Definizioni. Bilanci exergetici. Perdite exergetiche. Esempi di trasformazioni valutate con l'analisi exergetica.
- Elementi di scambio termico: conduzione, convezione ed irraggaimento. Combustibili e combustione. Combustibili solidi, liquidi e gassosi. Potere calorifico superiore e inferiore.
- Impianti motore a vapore. Miglioramenti al ciclo Rankine: surriscaldamenti mutipli. Rigenerazione termica. Elementi degli impianti a vapore: rigeneratori, degasatore, condensatore. Generazione del vapore. Generatori di vapore speciali. Altri componenti per impianti a vapore.
- Motori a combustione interna: cicli di riferimento Confronto tra i motori principali, diagramma di distribuzione e curva della pressione. Funzionamento reale del motore a combustione interna, lavoro in un motore a combustione interna. Descrizione del ciclo reale e delle particolarità dei vari parametri. Sovralimentazione. Alimentazione e iniezione nei motori a combustione interna a ciclo Otto e Diesel.
- Termodinamica delle turbine a gas: ciclo semplice ideale, ciclo limite, ciclo reale. Rendimento e lavoro specifico. Turbine a gas: rigenerazione termica, interefrigerazione, post combustione, iniezione di vapore. Camere di combustione: configurazione di base, evoluzione della tipologia,
  problemi e soluzioni per la combustione, emissioni inquinanti principali. Stadi refrigerati di turbina a gas: raffreddamento per convezione, per film. Parametri per la qualità della refrigerazione. Rendimento di propulsione per turbine a gas aeronautiche.
- Cicli combinati gas-vapore. Schema della caldaia a recupero. Caldaie ad un livello di pressione. Caldaie a due livelli di pressione. Caldaie a tre livelli di pressione. Serie H dei cicli combinati con refrigerazione delle pale a vapore.
- Definizione di velocità del suono. Velocità caratteristica adiabatica. Grandezze totali. Numero di Mach. Ugello convergente-divergente. Cono di Stodola
- Equazioni fondamentali del moto dei fluidi. Equazione di Bernoulli. Equazione dell'energia. Conservazione della quantità di moto. Grandezze totali. Turbine assiali. Triangoli di velocità. Stadio di turbine assiali ad azione e reazione. Rendimento di palettatura. Compressori assiali. Stadio di compressore assiale. Triangoli di velocità. Diffusori. Prestazioni dei diffusori. Compressori centrifughi. Triangoli di velocità. Slip Factor. Riepilogo turbine ad azione/reazione, confronto stadi ad azione e reazione, perdite per urto, perdite per effetto ventilante e attrito, ugello convergente divergente.
- Turbine idrauliche. Similitudine e definizione di numero di giri specifico e diametro specifico. Impianti ad acqua fluente e a bacino. Scelta delle turbine idrauliche. Turbina Pelton. Regolazione della turbina Pelton. Turbina Francis e Turbine ad elica (Kaplan e Bulbo). Distribuzione e regolazione della portata nelle turbine a reazione. Pompe centrifughe. Pompe centrifughe con palettatura indietro, radiale e in avanti. Cavitazione. NPSH disponibile e richiesto. Altezza massima di aspirazione. Pompe in serie e in parallelo. Regolazione e avviamento delle pompe. Pompe volumetriche e pompe speciali.
- Energie rinnovabili: energia solare termica e fotovoltaica, energia solare a concentrazione, energia eolica, legge di Betz, energia idroelettrica, energia geotermica, impianti ad acqua e a vapore dominante.

Bibliografia e materiale didattico

Gli studenti hanno a disposizione il materiale fornito dal docente
Libri di consultazione aggiuntivi:

- Cavallini, Mattarolo "Termodinamica Applicata" CLEUP editore
- Çengel, "Termodinamica e trasmissione del calore", McGraw-Hill, Milano, 1998.
- Della Volpe, "Macchine", Liguori Editore, Napoli, 1994.
- Acton, Caputo, "Impianti motori", UTET, Torino, 1992.

Indicazioni per non frequentanti

Non ci sono differenze con chi segue il corso

Modalità d'esame

L'esame consiste in una prova orale della durata approssimativa di 30 minuti (3 domande) volta all'accertamento della conoscenza degli argomenti trattati durante il corso. Durante il colloquio, al candidato potrà anche essere richiesto di risolvere problemi scritti o discutere casi studio. La prova orale non è superata se il candidato mostra di non essere in grado di esprimersi in modo chiaro e non risponde, o risponde con evidenti carenze, sulle conoscenze di base del corso

Ultimo aggiornamento 01/08/2022 19:49