

SCHEDA DELL' INSEGNAMENTO DI CLEAN ENERGY SYSTEMS AND FLUID MACHINERY

Corso di Laurea in
Mechanical Engineering

Insegnamento

Triennale/Magistrale A.A. 2020/2021

Docenti: ___prof. Sergio Mario Camporeale___

☎_080 - 5963627

email: sergio.camporeale@poliba.it

SSD

CFU

Anno di corso (I, II o III)

Semestre (I o II)

Insegnamenti propedeutici previsti: non sono previste propedeuticità.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI

NB I risultati di apprendimento attesi sono quanto lo Studente dovrà conoscere, saper utilizzare ed essere in grado di dimostrare al termine del percorso formativo relativo all'insegnamento in oggetto. Essi devono essere pertanto descritti "per punti" elencando le principali conoscenze e capacità che lo Studente avrà acquisito al termine del corso. Nella descrizione delle conoscenze e delle capacità occorre prestare attenzione ai seguenti aspetti:

- verificare che i risultati di apprendimento attesi siano coerenti con gli obiettivi formativi specifici del Corso di Studio riportati in allegato a
- verificare che vi sia adeguata corrispondenza tra le conoscenze e le capacità e gli argomenti descritti nella sezione relativa al Programma;
- verificare che i risultati di apprendimento inseriti nella scheda siano corrispondenti con quanto riportato nella Scheda Unica del CdS, Quadro A4.b.2. In tale sezione viene delineato un primo quadro dei risultati di apprendimento attesi, suddivisi per gruppi di insegnamenti (attività formative di base, attività formative caratterizzanti, attività formative affini e integrative). Si veda allegato b
- verificare, soprattutto nel caso di insegnamenti legati da vincoli di propedeuticità, che i risultati di apprendimento attesi in relazione all'insegnamento "che precede" costituiscano i necessari requisiti preliminari per i risultati di apprendimento relativi all'insegnamento "che segue"

Conoscenza e capacità di comprensione (max 4 righe, Times New Roman 10)

Il corso si prefigge due obiettivi: nella prima parte intende fornire agli allievi le conoscenze necessarie alla comprensione delle tecnologie alla produzione di energia in modo sostenibile e a basso impatto ambientale, utilizzando sia combustibili fossili sia energie rinnovabili. Nella seconda parte vengono analizzati i principi di funzionamento delle turbomacchine utilizzate negli impianti di produzione di energia, principalmente turbine a gas e turbine eoliche, fornendo elementi di base per la loro progettazione e per la comprensione delle prestazioni in condizioni di fuori progetto.

Knowledge and ability to understand

In the first part, the course aims at providing the students of the capability to understand the main technologies for the sustainable energy production with low environmental impact, from fossil and renewable energy sources. The second part, is devoted to the study of turbomachinery, mainly gas turbines and wind turbines, with attention to the design process and the off-design performance analysis.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione (max 4 righe, Times New Roman 10)

Al termine del corso gli allievi saranno in grado di:

- selezionare gli impianti di generazione di energia in base ai fabbisogni delle utenze ed alla disponibilità delle fonti primarie; 2)
- effettuare una progettazione di massima delle turbomacchine utilizzate negli impianti di produzione di energia;
- applicare metodi idonei a calcolare le prestazioni in condizioni fuori progetto.

Ability to apply knowledge and understanding

It is expected that, thanks to the skills provided and developed in the course, the student will be able to:

- select the appropriate energy system in relation to the energy demand of the end users and the available energy sources;
- apply proper procedure for design of turbomachinery;
- apply proper procedures for off-design performance analysis

Eventuali ulteriori risultati di apprendimento attesi, relativamente a:

- Autonomia di giudizio:** Lo studente acquisirà autonomia di giudizio sulle tecnologie per il miglioramento delle prestazioni e la riduzione delle emissioni.
- Abilità comunicative:** La descrizione delle tecniche di analisi delle performance, degli aspetti tecnologici e di progettazione sarà svolta in modo da consentire agli allievi l'acquisizione di una terminologia specialistica adeguata. Lo sviluppo di abilità comunicative, orali e scritte, sarà anche stimolata attraverso la discussione in aula e lo svolgimento di test finalizzati a sviluppare le capacità descrittive sia in forma testuale che grafica.
- Capacità di apprendimento:** Durante il corso, allo studente viene chiesto di ricavare e applicare un modello matematico con opportune ipotesi per determinare rigorosamente le prestazioni del sistema analizzato. Le capacità di apprendimento saranno anche stimolate da esercitazioni numeriche ed elaborazione di progetti, al fine di stimolare le capacità applicative degli allievi.

SCHEDA DELL' INSEGNAMENTO DI CLEAN ENERGY SYSTEMS AND FLUID MACHINERY

Corso di Laurea in
Mechanical Engineering

Insegnamento

Triennale/Magistrale A.A. 2020/2021

Autonomy of judgment:

The student will acquire autonomy of judgment regarding the technologies for improving efficiency and reducing pollutant emissions.

Communication skills:

The description of the technological and design characteristics will allow students to learn the appropriate specialized terminology. The development of oral and written communication skills will also be stimulated through class discussions and tests aimed at developing textual and graphic descriptive skills.

Learning skills:

During the course, the student is asked to derive a mathematical model with proper hypotheses to rigorously determine the performance of the system analyzed. Personal work is also stimulated through the assignment of additional exercises that can be discussed in the class or scheduled between the student and the instructor.

PROGRAMMA (in italiano, min 10, max 15 righe, Times New Roman 10, raggruppando i contenuti al massimo in 10 argomenti)

Fonti di energia (0,25 CFU): Fonti di energia energia fossili e rinnovabili e consumi energetici in Italia e nel mondo.

Richiami di termodinamica (0,5 CFU) Equazioni di conservazione di massa ed energia, trasformazioni termodinamiche e definizioni dei rendimenti per sistemi a flusso permanente. Proprietà dei gas reali e delle miscele di gas.

Combustibili e combustione (1. CFU): Fondamenti di termochimica della combustione di miscele aria/ combustibile. Meccanismi di formazione degli inquinanti e relative tecniche di controllo. Tecnologie di combustione a basso contenuto di NOx. Post-trattamento dei gas di combustione. Misure di concentrazione di inquinanti.

Exergia (0,5 CFU): Analisi di secondo principio delle trasformazioni termodinamiche. Exergia del combustibile. Applicazione ai cicli a vapore, turbine a gas e cicli combinati.

Gasdinamica (0,75 CFU): Equazioni di conservazione per flussi quasi-1D. Flusso 1D isentropico. Urto retto. Flusso in ugelli convergenti e convergenti-divergenti.

Principi di funzionamento delle turbomacchine (0,5 CFU): Trasferimento di energia e quantità di moto in una turbomacchina; trasformazioni termodinamiche e rendimenti. Analisi dimensionale e caratteristiche fondamentali delle turbomacchine assiali e radiali, operatrici e motrici. Grado di reazione. Stallo e pompaggio.

Compressori assiali (1 CFU): fattori che influenzano il rapporto di pressione dello stadio. Grado di reazione. Flusso tridimensionale e cause di perdita di efficienza. Curve caratteristiche.

Turbine assiali (1 CFU): Svergolamento delle pale. Progetto della palettatura. Prestazioni di una macchina multistadio. Curve caratteristiche.

Turbine a gas (1 CFU): turbine a gas "heavy-duty" e "aero-derivative". Motori aeronautici. Compressori assiali. Camera di combustione. Turbine assiali e sistemi di raffreddamento delle pale. Funzionamento fuori progetto di un turbogas monoalbero. Curva di equilibrio di un generatore di gas. Funzionamento fuori progetto di un turbogas bialbero. Tecniche per modificare la linea di equilibrio. Prestazioni a carico parziale. Cenni sul funzionamento non stazionario.

Generatori di vapore (0,5 CFU): caratteristiche tecnologiche e rendimenti. Circuito aria-fumi ed acqua-vapore; Corrosione ad alta e bassa temperatura; Condensatore. Degasatore. Progettazione degli scambiatori di calore.

Cicli combinati (0,5CFU): Generatori di vapore a recupero. Schemi "unfired" e con "post-combustione". Impianti a più livelli di pressione.

Cogenerazione (0,5 CFU): schemi cogenerativi (CHP). Risparmio energetico primario (PES). Trigenerazione.

Turbine eoliche (1 CFU) Velocità del vento. Distribuzione statistica di Weibull. Tipologie di turbine eoliche. Equazione della quantità di moto. Coefficiente di potenza. Limite di Betz. Blade Element Method (BEM). Valutazione delle forze che agiscono sulle pale. Curva di potenza. Produzione annua di energia e fattore di capacità.

CONTENTS (in English, min 10, max 15 lines, Times New Roman 10)

Energy sources (0.5 CFU): Energy consumption and availability of fossil energy sources. Renewable energy sources and hydrogen. Centralised and distributed power generation. Electric power demand.

Review of Thermodynamics (0.5 CFU) Energy conservation equations, thermodynamic processes and efficiencies for steady flow systems. Thermally perfect gases and gas mixture properties.

Fuels and combustion (1 CFU): Fundamentals of thermo-chemistry of fuel/air mixture combustion. Formation Mechanisms of the main pollutants. Techniques for control of pollutants during combustion. Low-NOx combustion technologies. After-treatment of flue gas. Measurements of pollutant concentration.

Exergy Method (0.5 CFU) Exergy and irreversibility. Applications to steady flow systems. Second law analysis of power cycles. Fuel exergy. Exergy analysis of chemically reacting systems. Fuel cells. Application to thermodynamic cycles.

Gas-dynamics (0.75 CFU) Quasi-1 D gas dynamics. Isentropic one-dimensional flow. Flow in convergent and convergent-divergent nozzle. Normal shocks.

SCHEDA DELL' INSEGNAMENTO DI CLEAN ENERGY SYSTEMS AND FLUID MACHINERY

Corso di Laurea in
Mechanical Engineering

Insegnamento

M Triennale/Magistrale A.A. 2020/2021

Fluid dynamics of turbomachinery (0.5 CFU): Blade cascade: velocity triangles, energy transfer in turbomachines, scaling and similitude, performance characteristics. Dimensional analysis and fundamental characteristics of axial, radial, compressors and turbines.

Axial compressors (1 CFU): Factors affecting stage pressure ratio. Degree of reaction. Three-dimensional flow. Stage efficiency and losses. Characteristic curves.

Axial turbines (1 CFU): Blade design and twisting. Performance of a multistage machine. Characteristic curves.

Gas Turbines (1 CFU): Heavy-duty and aeroderivative gas turbines. Aeroengines. Axial flow compressors. Combustion chamber. Axial flow turbines. Cooling system techniques. Off-design performance and regulation.

Boilers and steam plants (0.5 CFU) Classification. Efficiency. Fire tube boilers. Water tube boilers. Gas and water circulation methods. Furnace characteristics. Grate and fluidized bed combustion. Design of the heat exchangers.

Combined cycle gas turbines (0.5 CFU): Overview of combined cycle layouts. Fired and unfired schemes. Single and multiple pressure levels. Heat recovery boiler. Performance analysis.

Cogeneration (0.5 CFU): Combined heat and power (CHP) schemes. Primary Energy Saving (PES). Trigenation.

13. Wind turbines (1 CFU) Wind velocity. Weibull statistical distribution. Typologies of wind turbines. Momentum method. Power coefficient. Betz's limit. BEM. Evaluation of forces acting on the blades. Power curve. Annual Energy Production and capacity factor.

PREREQUISITI

Nozioni fondamentali di meccanica e termodinamica dai corsi di Fisica e Fisica Tecnica. Nozioni fondamentali di Fluidodinamica, Macchine e Sistemi Energetici.

MATERIALE DIDATTICO (max 4 righe, Times New Roman 10)

- 1) H. Cohen, G. F. C. Rogers, H. I. H. Saravanamuttoo, P. Straznicky, **Gas Turbine Theory** (6th ed.), Prentice Hall, 2009.
- 2) Turns, S.R. **An Introduction to Combustion**. McGraw-Hill, 1996
- 3) **Lecture Notes** by prof. Sergio M Camporeale, available as pdf file on the website: <http://climeg.poliba.it>

Additional textbooks

- 4) Wark K., **Advanced Thermodynamics for Engineers**, Mc Graw Hill.
- 5) Horlock J.H., **Combined Power Plants**, Pergamon Press
- 6) Kotas T. J., **The Exergy Method of Thermal Plant Analysis**, Ed. Krieger Pub. Company, Florida

MODALITA' DI ESAME

L'esame si articola in prova	Scritta e orale	X	Solo scritta		Solo orale	
Discussione di elaborato progettuale						
Altro, specificare						
In caso di prova scritta i quesiti sono (*)	A risposta multipla		A risposta libera	X	Esercizi numerici	X

(*) E' possibile rispondere a più opzioni

MODALITA' DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO E REQUISITI MINIMI DI APPRENDIMENTO

L'esame prevede una prova scritta per l'ammissione a una successiva prova orale della durata di circa 20 minuti. La prova scritta è orientata alla valutazione della capacità dello studente di applicare le conoscenze progettuali e i metodi di risoluzione appresi durante il corso. L'esame orale ha lo scopo di verificare la conoscenza dello studente degli argomenti trattati verificandone il livello di comprensione, le capacità espressive e l'uso della terminologia appropriata. Il candidato deve dimostrare di aver compreso i metodi di valutazione del rendimento, della potenza e di produzione di inquinanti e di aver compreso i principi di funzionamento delle turbomacchine.

The exam includes a written test for admission to a subsequent oral test lasting about 20 minutes.

The written test is oriented to the evaluation of the student's ability to apply the design knowledge and the solving methods learned during the course. The oral exam aims to verify the student's knowledge of the topics covered in the course by checking the level of understanding, the expressive skills, and the use of the appropriate terminology.

The candidate must demonstrate to have well understood the methods for assessing performance and pollutant emissions, and that he has understood the operating principles of turbomachinery.

ALLEGATI

- a) obiettivi formativi specifici del Corso di Studio (Quadro A4.a della Scheda Unica del Corso di Studio)

SCHEDA DELL' INSEGNAMENTO DI CLEAN ENERGY SYSTEMS AND FLUID MACHINERY

Corso di Laurea in
Mechanical Engineering

Insegnamento

Triennale/Magistrale A.A. 2020/2021

- b) risultati di apprendimento attesi per il raggruppamento di insegnamenti di cui fa parte l'insegnamento in oggetto
(Scheda Unica del CdS, Quadro A4.b.2)