



Programma del corso da 9 CFU “Impianti con Turbine a Gas” (a.a. 2020/2021)

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Meccanica

Docente:

prof.ssa Maria Cristina Cameretti

Dipartimento di Ingegneria Industriale (sez. Meccanica ed Energetica)

Università degli Studi di Napoli Federico II,

Via Claudio 21 - 80125 Napoli

Telefono: 081-76-83299, Fax: 081-2394165, e-mail: mc.cameretti@unina.it

Sito internet: www.docenti.unina.it/maria.cristina.cameretti

Testi consigliati: *Turbine gas e Cicli combinati* (G.Loza); *Gas Turbine Combustion* (A.H.Lefebvre); *Lezioni di Macchine*, O.Vocca; *Elettrotecnica-principi ed applicazioni* (G.Rizzoni); *appunti del corso* disponibili sul sito.

- ▶ **Tipologie e impieghi della turbine a gas**
- ▶ **Evoluzione** della tecnologia e delle prestazioni della turbina a gas
- ▶ **Classificazioni delle TG:** turbine heavy duty; Turbine a gas di derivazione aeronautica; Turbine per propulsione aerea; Schemi bi-albero e multi-albero
- ▶ **Cicli termodinamici** delle turbine a gas (ideale, reale)
- ▶ **Metodi per migliorare lavoro e rendimento del ciclo: Rigenerazione, interrefrigerazione, combustione ripetuta**
- ▶ Richiami ai **rendimenti adiabatici e politropici** di compressione ed espansione
- ▶ **Rendimento globale e potenza** della Turbina a gas
- ▶ **Combustibile** per la turbina a gas. Combustibili liquidi e gassosi. Composizione del Gas naturale; idrogeno e syngas. Reazione stechiometrica. Indici di emissioni. Cenni alle emissioni inquinanti
- ▶ **Combustione e combustori:** tipologie di camere di combustione; metodi per la riduzione di inquinanti; esempi di calcoli in combustori
- ▶ **Il Compressore:** mappa caratteristica di compressori assiali e centrifughi. Fenomeno del Bloccaggio; fenomeno del pompaggio;
- ▶ **La Turbina:** principi di funzionamento e mappa caratteristica
- ▶ **Dominio di funzionamento** di una TG monoalbero; *running line*; fondamenti per il calcolo di un dominio di funzionamento di un generatore di gas.
- ▶ **Potenza e regolazione;** metodi per la regolazione

- ▶ **Cogenerazione:** indici caratteristici; Impianti di Cogenerazione con turbina a gas. Esempi di impianti cogenerativi.
- ▶ **Le micro-turbine a gas MTG :** ciclo termodinamico; applicazioni; esempi di impianti con microturbina e campo solare.
- ▶ **Studio del transitorio di una turbina a gas durante la regolazione di potenza.** Caso studio con micro turbina a gas da 30kW, controllore PI. Descrizione di una strategia di ottimizzazione per la regolazione di potenza. Cenni alla trasformata di Laplace e funzioni di trasferimento. Cenni ai convertitori statici (raddrizzatori, inverter, CD-link).
- ▶ **Cicli misti gas/vapore (STIG, RWI, HAT):** configurazioni, potenza e rendimenti. Esempi di turbine STIG. Esercitazione con Gasturb.
- ▶ **Richiami all'impianto a vapore.** Ciclo termodinamico; spillamenti di vapore; risurriscaldamento. Potenza e rendimento. Regolazione della turbina a vapore. Condensatore ad acqua e torri di raffreddamento.
- ▶ **Ciclo combinato gas/vapore:** classificazione (FIRED e UNFIRED); Exergia e bilancio exergetico. Repowering; caldaia a recupero: componenti della caldaia, tipi di vaporizzatori; caldaia a più livelli di pressione. Componenti ausiliari dell'impianto combinato (sistema acqua di raffreddamento; sistema acqua di reintegro; sistema aria compressa per servizi e strumenti; stazione di compressione del gas naturale; sistema antincendio; sistema di trattamento dei reflui; sistemi di ventilazione e climatizzazione).
- ▶ **Ciclo Kalina**
- ▶ **Sistemi con TG realizzati per la riduzione della CO₂** (reforming di vapore ed ossidazione parziale)
- ▶ **Cattura e sequestro della CO₂**
- ▶ Resistenza a stress meccanici e termici della TG -> **Materiali** e necessità del raffreddamento
- ▶ **Tecniche di raffreddamento per le pale di turbina**
- ▶ **Turbina a gas a circuito chiuso:** applicazione con reattore nucleare. Cenni alla fissione nucleare.
- ▶ Impiego dei **fattori di scala** per TG di diversa potenza.
- ▶ **Turbine a gas per la propulsione aeronautica:** principi di funzionamento; classificazione; Parametri principali: spinta dinamica; rendimenti; potenze. Ciclo termodinamico a punto fisso e in volo. Post combustione. Motori turboelica, turbojet, turbofan a flussi separati e associati; rapporto di bypass; ciclo termodinamico. Presa dinamica; ugello di scarico convergente e convergente-divergente. Esercizio su turbofan. Esempi di propulsori per aerei militari.

- ▶ **Sistemi di propulsione ibrida termica/elettrica.** Esempi di sistemi di ibridizzazione per propulsori ad elica.
- ▶ **Celle a combustibile:** principio di funzionamento; classificazione; impiego.
- ▶ **Impianti ibridi TG/celle a combustibile**
- ▶ **Gassificazione del carbone:** Gassificatori e reazioni chimiche al suo interno; tipi di gassificatori; Impianti IGCC; PFBC e PFBC di II generazione. Esempi di impianti.
- ▶ **Gassificazione biomasse:** esempio di impianto con micro turbina a gas e gassificatore di residue agricoli
- ▶ **Calcolo fluidodinamico nei motori a combustione interna: principi di calcolo numerico** CFD applicato ai sistemi di combustione: modelli di iniezione del combustibile; combustione; turbolenza e formazione degli inquinanti. Metodi numerici e solutori. Definizione di mesh e tipologie. Esempi di calcolo con un codice di calcolo fluidodinamico 3D (FLUENT) per calcoli di iniezione e combustione nei combustori di una turbina a gas e in un motore alternativo.
- ▶ **Impianto solare termodinamico:** collettori solari; fluido termovettore; torre solare ; applicazioni
- ▶ **Impianto ibrido MTG/campo solare:** esempi di impianti con torre solare; calcolo termoeconomico di un impianto CSP con MTG in assetto cogenerativo.
- ▶ **Impianti ORC:** ciclo termodinamico; componenti dell'impianto; fluidi utilizzati; tipologie di espansori; esempio di impianto ORC-MTG-campo solare. Calcolo preliminare dell'espansore ORC.
- ▶ **impianto geotermico;** caratteristiche e classificazione.
- ▶ **combustione di biomasse;**
- ▶ **recupero energetico da motori termici;** un esempio di calcolo.
- ▶ **Principi di funzionamento delle macchine elettriche:** Richiami di principi di elettromagnetismo; macchine asincrone e sincrone. Generatori a magneti permanenti.
- ▶ Esercitazioni sugli argomenti descritti ed utilizzo di software (Matlab; Gasturb; Fluent)

Modalità di accertamento della preparazione dello studente.

Tramite:

• *discussione su un elaborato redatto dallo studente su di un argomento a sua scelta e/o esempi di calcoli svolti con matlab o gusturb*

- *domande di teoria.*