

Esame di Stato – Laurea Specialistica Ingegneria Meccanica

I Prova

Il candidato descriva lo scenario energetico nazionale ed internazionale con riferimento ai sistemi di produzione di energia elettrica a basso impatto ambientale, evidenziando, in particolare, gli aspetti relativi alle soluzioni tecnologiche più avanzate in termini di riduzione dei consumi e contenimento delle emissioni inquinanti in generale e dei gas serra in particolare.

II Prova

Il candidato descriva, fornendo un'adeguata giustificazione per le scelte adottate in termini di criteri progettuali e assunzioni semplificative, la procedura di dimensionamento di massima di una turbina a vapore ad azione, supponendo note la pressione e la temperatura del vapore in ingresso e la pressione allo scarico. Inoltre, assumendo nota anche la portata di vapore smaltita, si proponga una procedura di dimensionamento per l'ugello distributore e si facciano valutazioni sull'ingombro complessivo della macchina.

Prova Progettuale

Un impianto a ciclo combinato per applicazioni cogenerative è stato progettato per soddisfare le richieste di un'utenza industriale, in base ai seguenti fabbisogni energetici:

- 3 mesi/anno: richiesta massima di potenza elettrica
- 5 mesi/anno: equiripartizione della portata di vapore disponibile per la cogenerazione (il 50% alle utenze termiche e il restante 50% al gruppo di potenza a bassa pressione)
- 4 mesi/anno: richiesta massima di potenza termica

L'impianto è composto da un gruppo turbogas per la produzione di potenza elettrica e la generazione di gas ad alta temperatura; un generatore di vapore a recupero (GVR), asservito al gruppo turbogas e funzionante su due livelli di pressione; un ulteriore gruppo di potenza a vapore, alimentato dal GVR e composto da un corpo di alta pressione ed uno di bassa pressione.

Il vapore prodotto a bassa pressione viene inviato, in condizioni di saturazione, ad un miscelatore posto a valle del corpo di alta pressione. Il vapore in uscita dal

miscelatore può essere inviato, in proporzioni variabili, sia alla turbina di bassa pressione che alle utenze termiche. Il reintegro del fluido di ritorno dalle utenze avviene nel pozzo caldo del condensatore in condizioni di liquido saturo.

I principali dati di progetto dell'impianto comprendono:

- potenza fornita dal gruppo turbogas = 67 MW
- portata di combustibile = 4 kg/s
- portata allo scarico della turbina a gas = 198 kg/s
- temperatura all'uscita dalla turbina a gas = 604 °C
- pressione di vaporizzazione (AP) = 65 bar
- pressione vapore alle utenze termiche (BP) = 5 bar
- pressione al condensatore = 0.07 bar
- temperatura di surriscaldamento del vapore di alta pressione = 520 °C
- rendimento isoentropico gruppo di potenza a vapore = 0.85
- ΔT di pinch point nel GVR ($\Delta T_{PP1} = \Delta T_{PP2}$) = 20 °C

Assumendo per il combustibile (gas metano) un potere calorifico inferiore di 50 MJ/kg e per i fumi (assimilabili a un gas perfetto) un calore specifico a pressione costante di 1.13 kJ/kgK, si valutino i principali indici di prestazione dell'impianto cogenerativo nelle tre configurazioni operative richieste e si rappresenti un layout di massima per la disposizione dei vari componenti. In merito alla configurazione di massima richiesta termica, si tenga conto di un limite minimo sulla portata di vapore da inviare alla turbina di bassa pressione, pari a circa il 10% sul totale disponibile.

Si esegua anche il dimensionamento del condensatore a valle della turbina a vapore (comprensivo di calcolo della portata d'acqua di raffreddamento necessaria), ipotizzando di conoscere:

- temperatura dell'acqua a disposizione per il raffreddamento pari a 18 °C
- differenza di temperatura minima tra l'acqua e il liquido saturo pari a 10 °C
- tubi in acciaio a sezione circolare per il passaggio dell'acqua

Per i dati mancanti si assumano valori di prima approssimazione adeguati.

Infine, si valuti l'opportunità di impiegare il calore sensibile dei fumi del gruppo turbogas per la sola produzione di potenza termica, confrontando tale soluzione con la precedente in termini di IRE (Indice di Risparmio Energetico) ed analizzandone i possibili vantaggi/svantaggi.