

## Esame di stato per l'abilitazione alla professione di Ingegnere – I sessione 2009

## Vecchio ordinamento – prova unica (23 giugno 2009)

Per la realizzazione di un impianto cogenerativo, si intende utilizzare un motore a combustione interna 4T ad accensione comandata alimentato a metano (potere calorifico inferiore a pressione costante in condizioni normali pari a  $34,54 \text{ MJ/Nm}^3$ ) di tipo "lean-burn". Il motore è sovralimentato mediante un turbocompressore azionato da una turbina alimentata dai gas di scarico, ed è dotato di un "intercooler" a doppio stadio posto tra il turbocompressore ed il motore.

Più in dettaglio, il motore termico dovrà essere collegato ad un generatore elettrico ( $f= 50 \text{ Hz}$ ; 2 coppie polari) con potenza nominale di 922 kW e sarà dotato dei seguenti moduli di ricupero dell'energia termica:

- scambiatore di calore per il primo stadio dell' "intercooler" del sovralimentatore;
- scambiatore di calore per l'olio lubrificante;
- scambiatore di calore per il fluido refrigerante del propulsore;
- scambiatore di calore a tubi per i gas di scarico.

Il fluido utilizzato per il ricupero dell'energia termica in tali moduli è acqua, che entra nel primo modulo di ricupero alla temperatura di  $70^\circ\text{C}$  ed esce dall'ultimo scambiatore alla temperatura di  $90^\circ\text{C}$ .

Il gruppo cogenerativo risultante, insieme ad altri gruppi analoghi ed a caldaie di integrazione, verrà utilizzato per la produzione congiunta di energia elettrica e termica, destinate ad un'area urbana.

Il candidato, assumendo dove necessario dati desunti dall'esperienza:

- 1) effettui il dimensionamento di massima del motore, individuando le principali caratteristiche geometriche (corsa, alesaggio, numero dei cilindri);
- 2) dopo aver tracciato uno schema del gruppo cogenerativo ed aver determinato la temperatura dei gas allo scarico del propulsore sovralimentato, calcoli la potenza termica recuperabile. A tale scopo, si ipotizzi che le potenze termiche cedute dal motore possano essere stimate come segue:
  - a. Intercooler (primo stadio + secondo stadio): 15% della potenza utile ( $P_u$ ) del motore;
  - b. Scambiatore di calore olio: 11% di  $P_u$ ;
  - c. Scambiatore di calore acqua motore: 30% di  $P_u$ ;
  - d. Trasmissione di calore all'ambiente: 4% di  $P_u$ ;
  - e. Incombusti (ivi inclusa la dissociazione): 5% di  $P_u$ .

Con particolare riferimento all'intercooler, si ricordi che solo il primo stadio è dotato di modulo per il recupero dell'energia termica e si ipotizzi che in tale modulo vengano recuperati i due terzi della potenza termica complessivamente ceduta nei due stadi di inter-refrigerazione.

- 3) discuta i parametri ritenuti più idonei per la valutazione del rendimento di tale gruppo cogenerativo e ne calcoli i relativi valori;
- 4) imposti il dimensionamento di massima dei moduli di recupero dell'energia termica;
- 5) discuta i benefici di tipo energetico, ambientale ed economico che possono derivare dall'adozione del motore termico scelto rispetto ad una analoga soluzione con motore diesel;
- 6) illustri una metodologia di analisi che consenta di stimare la convenienza dell'investimento, indicando l'indicatore economico prescelto e i dati energetici richiesti.