

# **POLITECNICO DI TORINO**

## **ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE I SESSIONE – ANNO 2007**

### **RAMO MECCANICO**

### **TEMA N. 2**

Si deve progettare un impianto di cogenerazione a gas naturale ( $H_i=48$  MJ/kg, massa volumica  $0.797$  kg/Nm<sup>3</sup>) costituito da un impianto turbogas (TG) semplice, monoalbero, della potenza di 30 MW elettrici (al netto delle perdite e della potenza assorbita dagli ausiliari) e da un generatore di vapore a recupero (GVR) a un livello di pressione. Si stima che l'efficienza elettrica complessiva sia circa 39%, che la temperatura di fumi allo scarico della turbina sia 500°C e che la temperatura di fumi al camino sia circa 130°C.

Assumendo ove necessario dati desunti dall'esperienza, si chiede al candidato di:

1. Tracciare lo schema di massima dell'impianto di cogenerazione, indicando i componenti principali ed eventualmente quelli accessori ritenuti necessari;
2. Determinare i punti caratteristici del ciclo TG, la portata d'aria necessaria e il consumo di metano;
3. Eseguire un dimensionamento di massima del compressore (numero di stadi, diametro medio, lunghezza delle palette in aspirazione e scarico) del compressore per l'aria dell'impianto TG;
4. Supponendo che la rete fornisca il metano a 5 bar determinare la tipologia, determinare le caratteristiche di massima e la prevedibile potenza elettrica assorbita dal compressore necessario sulla linea di fornitura del metano alla turbina;
5. Supponendo che la temperatura di ritorno dalle condense sia pari a 40°C, determinare le caratteristiche principali (pressione, temperature, portata, ecc.) e le potenzialità dell'economizzatore, del vaporizzatore e del surriscaldatore del GVR;
6. Ipotizzando che l'impianto funzioni per 5500 ore all'anno alla massima potenzialità valutare il risparmio energetico annuo (in termini di consumo di metano) rispetto alla produzione separata di energia elettrica e calore con impianti tradizionali di media efficienza;
7. Illustrate a livello qualitativo, una metodologia di analisi che consenta di valutare la convenienza economica dell'investimento.

Temperatura °C	Pressione bar	Volume massico m <sup>3</sup> /kg		Entalpia massica kJ/kg		Entropia massica kJ/kg K	
		Liquido	Vapore	Liquido	Vapore	Liquido	Vapore
0	0,0061	0,00100021	205,29	0,00	2500	0,000	9,154
10	0,01227	0,0010004	105,42	41,99	2519	0,151	8,902
20	0,02337	0,0010018	57,84	83,9	2538	0,296	8,666
30	0,04242	0,0010044	32,93	125,7	2556	0,436	8,455
40	0,07375	0,0010079	19,543	167,5	2574	0,572	8,256
50	0,12335	0,0010121	12,045	209,3	2592	0,703	8,078
60	0,1992	0,0010171	7,678	251,1	2609	0,831	7,908
80	0,4736	0,0010290	3,408	334,9	2643	1,075	7,611
100	1,0132	0,0010435	1,673	419,1	2676	1,307	7,355
120	1,985	0,0010603	0,8916	503,8	2706	1,528	7,130
140	3,614	0,0010798	0,5086	589,1	2734	1,739	6,930
160	6,180	0,0011021	0,3068	675,5	2758	1,942	6,750
180	10,03	0,0011275	0,1938	763,1	2778	2,139	6,586
200	15,5	0,0011565	0,1272	852,4	2793	2,331	6,432
220	23,20	0,0011900	0,08607	943,7	2801	2,518	6,285
240	33,48	0,0012291	0,05967	1038	2803	2,702	6,142
260	46,94	0,0012755	0,04215	1135	2796	2,885	6,001
280	64,19	0,0013321	0,03013	1237	2780	3,068	5,857
300	85,92	0,0014036	0,02164	1345	2749	3,255	5,705
320	112,9	0,0014992	0,01545	1462	2700	3,449	5,536
340	146,1	0,001639	0,01078	1595	2633	3,651	5,336
350	165,4	0,001741	0,00880	1672	2565	3,780	5,218
360	186,7	0,001894	0,00694	1761	2481	3,916	5,083
370	210,5	0,002225	0,00493	1892	2331	4,114	4,795
374,15	221,2	0,00317	0,00317	2084	2084	4,406	4,406

Tab. 2.1. Proprietà del liquido saturo e del vapore (Brunelli, Codogno, 1969).

