

POLITECNICO DI TORINO

ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

II SESSIONE - ANNO 1999

Ramo INGEGNERIA GESTIONALE

TEMA N. 1

Utilizzazione energetica biogas

In un impianto di depurazione di acque reflue vengono prodotti $2000 \text{ Nm}^3/\text{h}$ di biogas (composizione in volume: 70% di CH_4 e 30% di CO_2 , trascurando, per semplicità, gli altri costituenti minori) proveniente dalla digestione anaerobica dei fanghi.

L'impianto, che opera senza soste tutto l'anno, richiede mediamente

6 MW di potenza elettrica

5 MW di potenza termica in inverno (da ottobre ad aprile)

3 MW di potenza termica in estate (da aprile a settembre)

La potenza termica viene impiegata, attraverso una rete di teleriscaldamento interna, principalmente per mantenere in temperatura ($37\text{-}38^\circ\text{C}$) i digestori dei fanghi e per riscaldamento di ambienti. Il fluido termovettore è rappresentato da acqua calda a 10 bar compresa tra 70°C e 85°C .

Il candidato predisponga uno studio preliminare di fattibilità per l'utilizzazione energetica del biogas in un impianto cogenerativo, in luogo della combustione in fiaccola, precisando il ritorno economico conseguito dopo un periodo di 10 anni, tenendo conto dei vincoli e delle informazioni di seguito forniti.

1. In base alle caratteristiche del biogas l'impianto cogenerativo potrà essere costituito da motori a combustione interna oppure da un impianto a vapore a recupero (a causa delle impurezze contenute nel combustibile). Il candidato esponga le ragioni che fanno propendere, già in sede preliminare, verso la soluzione motore a combustione interna e non verso l'impianto a vapore, per questa applicazione.

2. I motori impiegati sono dei motori a gas a 4 tempi adatti all'uso del biogas e presentano le seguenti caratteristiche in condizioni di funzionamento nominali corrispondenti al massimo carico continuativo:

cilindrata complessiva $iV = 48.7 \text{ litri}$

velocità di rotazione $n = 1500 \text{ giri/min}$

pressione media effettiva a $n = 1500 \text{ giri/min}$ $p_{me} = 17 \text{ bar}$

consumo specifico di calore $q_c = 9000 \frac{\text{kJ}}{\text{kWh}}$

portata in massa dei gas combusti $\dot{m}_g = 5559 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$

temperatura di scarico dei gas 523°C

2. Il recupero energetico viene effettuato su ogni motore in due scambiatori:

a. scambiatore acqua teleriscaldamento-acqua di refrigerazione motore. L'acqua di refrigerazione passa

da 102°C a 110°C con una portata di $\dot{m}_r = 16.5 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$

b. scambiatore acqua teleriscaldamento-gas di scarico motore. Per evitare la deposizione di condense acide la temperatura dei fumi all'uscita dello scambiatore non può essere minore di 150°C .

2. Il costo di investimento del cogeneratore può essere considerato convenzionalmente di

1200000 $\frac{\text{Lire}}{\text{kW}}$ riferito alla potenza elettrica generata.

3. Le spese di manutenzione dell'impianto cogenerativo ammontano al 5% dell'investimento per anno.
4. I costi di esercizio, manutenzione e spese generali ammontano a 150 Milioni di Lire/anno, mentre per il personale 70 Milioni annui per addetto per n. 5 addetti.
5. Le tariffe multiorarie per utenze in media tensione e altissima utilizzazione praticate dall'azienda di distribuzione esterna (Enel) sono indicate nella seguente tabella 1.
6. Per semplicità, si assuma che le condizioni ambiente rimangano sempre quelle standard.

Il candidato predisponga un layout di impianto (schematizzando in maniera particolareggiata la sezione di recupero termico) idoneo a soddisfare, per quanto possibile, i carichi elettrici e termici richiesti, considerando la possibilità di poter utilizzare caldaie di integrazione (considerando un costo di investimento di 50000 Lire/kWt) e la connessione alla rete elettrica (vedi tabella 1) per conseguire pienamente l'obiettivo.

Tabella 1: Tariffe multiorarie per utenze in media tensione e altissima utilizzazione

Tarriffe per utilizzazione							
Fascia	ore	orario	giorni	periodo I=Invernale E=Estivo	Potenza impegnata	Corrispettivi di potenza £/kW anno	Prezzo energia (£/ kWh)
F1	Punta	8.30 - 10.30 16.30 - 18.30	lun/ven	I	Fino a 3Mw	289320	108.70
					Da 3Mw a 10Mw	258000	
					Oltre 10Mw	225600	
F2	Alto carico	6.30 - 8.30 10.30 - 16.30 18.30 - 21.30	lun/ven	I	Potenza oltre F1	185040	72.00
F3	Medio carico	6.30 - 8.30 12.00 - 21.30	lun/ven	E (escl. agosto)	Potenza oltre F2	67680	55.00
F4	Vuote	0.00 - 6.30 21.30 - 24 0.00 - 24 0.00 - 24	lun/ven lun/ven sab/dom tutti i giorni	E/I E/I E/I agosto	Potenza oltre F3	20280	43.60

Per comodità del candidato si riporta il numero di ore per fascia oraria nel semestre invernale e estivo

Tabella 2: Numero di ore nelle fasce orarie in un anno

Fasce orarie	Invernale	Estivo
F1	520	0
F2	1430	380
F3	0	1248.57
F4	2418	2787.43

(agosto incluso) calcolati sulla base di un intero anno bisestile (366 giorni per 24 ore/giorno = 8784 ore).

Il candidato assuma valori plausibili di ulteriori dati necessari mancanti.