

POLITECNICO DI TORINO

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE
II SESSIONE ANNO 2003 5

SEZIONE B – SETTORE INDUSTRIALE - CLASSE INGEGNERIA ENERGETICA

PROVA PRATICA DEL 27/2/2004

E' richiesto il progetto di massima del generatore di vapore di una centrale termoelettrica con ciclo a vapore.

Il generatore di vapore è del tipo a tubi d'acqua a sviluppo verticale, alimentato con olio combustibile; si prendono in esame i seguenti componenti:

- camera di combustione con le pareti schermate da tubi evaporatori
- surriscaldatore
- economizzatore

Il percorso dell'acqua è del tipo ad attraversamento forzato¹, con:

- ingresso dell'acqua nell'economizzatore
- uscita dall'economizzatore e ingresso nei tubi delle pareti schermate della camera di combustione
- uscita dai tubi della camera di combustione e ingresso nel surriscaldatore

Sono assegnati i dati seguenti:

potenza termica che deve essere generata nella camera di combustione	758	MW
rendimento del generatore di vapore	0.94	
rapporto tra la portata in massa dell'aria di combustione e la portata dell'olio combustibile	15	
temperatura dell'acqua all'ingresso del banco di tubi dell'economizzatore	290	°C
temperatura del vapore all'uscita del banco di tubi del surriscaldatore	540	°C
pressione dell'acqua all'ingresso del banco di tubi dell'economizzatore	195	bar
pressione del vapore all'uscita del banco di tubi del surriscaldatore	175	bar
pressione media dell'acqua nei tubi delle pareti della camera di combustione	190	bar
temperatura dei fumi all'uscita del banco di tubi dell'economizzatore	330	°C

Nell'ambito del progetto di massima si richiede la rappresentazione schematica del generatore di vapore, con riferimento alle tipiche configurazioni dei generatori di vapore a tubi d'acqua a sviluppo verticale, e il calcolo dei seguenti parametri del progetto:

- portate dell'olio combustibile e dell'aria di combustione, assumendo un potere calorifico inferiore di 40 MJ/kg
- portata dell'acqua che attraversa il generatore di vapore

¹ nei generatori di vapore ad attraversamento forzato, la portata di acqua che entra nell'economizzatore subisce la completa evaporazione ed il surriscaldamento senza circuiti di ricircolazione.

- potenza termica scambiata nell'economizzatore, nell'ipotesi che all'uscita dell'economizzatore il liquido raggiunga la temperatura di 310 °C (per le proprietà fisiche dell'acqua si assuma la pressione di 190 bar)
- potenza termica scambiata nei tubi delle pareti della camera di combustione, nell'ipotesi che all'uscita dei tubi si raggiungano le condizioni di vapore saturo alla pressione di 190 bar
- potenza termica scambiata nel surriscaldatore
- temperatura dei fumi all'ingresso e all'uscita del banco di tubi del surriscaldatore
- superficie di scambio termico delle pareti della camera di combustione, nell'ipotesi che queste siano soggette ad un flusso termico medio di 400 kW/m²
- superficie di scambio termico del banco di tubi dell'economizzatore, nell'ipotesi che il coefficiente globale di scambio termico sia pari a 80 W/(m²°C)
- superficie di scambio termico del banco di tubi del surriscaldatore, nell'ipotesi che il coefficiente globale di scambio termico sia pari a 50 W/(m²°C)

Il Candidato indichi infine le modalità costruttive dei tubi evaporatori delle pareti della camera di combustione e dei banchi di tubi dell'economizzatore e del surriscaldatore.

Per le proprietà fisiche dei fumi e dell'acqua possono essere utilizzate le tabelle seguenti:

calore specifico a pressione costante medio dei fumi	1.300	kJ/kg
--	-------	-------

acqua alla temperatura di 290 °C e alla pressione di 195 bar		
densità	752.8	kg/m ³
entalpia	1281.5	kJ/kg
calore specifico a pressione costante	5.141	kJ/(kg°C)
viscosità dinamica	93.67 10 ⁻⁶	kg/(m s)
conducibilità termica	0.588	W/(m°C)

acqua alla temperatura di 310 °C e alla pressione di 190 bar		
densità	712.7	kg/m ³
entalpia	1388.7	kJ/kg
calore specifico a pressione costante	5.581	kJ/(kg°C)
viscosità dinamica	85.93 10 ⁻⁶	kg/(m s)
conducibilità termica	0.551	W/(m°C)

vapore alla temperatura di 540 °C e alla pressione di 175 bar		
densità	52.9	kg/m ³
entalpia	3393.3	kJ/kg
calore specifico a pressione costante	2.861	kJ/(kg°C)
viscosità dinamica	31.20 10 ⁻⁶	kg/(m s)
conducibilità termica	0.0885	W/(m°C)

acqua satura alla pressione di 190 bar (temperatura di saturazione 361.5 °C)		
densità	519.4	kg/m ³
entalpia	1776.8	kJ/kg
calore specifico a pressione costante	16.02	kJ/(kg°C)
viscosità dinamica	59.20 10 ⁻⁶	kg/(m s)
conducibilità termica	0.425	W/(m°C)

vapore saturo alla pressione di 190 bar (temperatura di saturazione 361.5 °C)		
densità	149.7	kg/m ³
entalpia	2466.2	kJ/kg
calore specifico a pressione costante	28.50	kJ/(kg°C)
viscosità dinamica	25.91 10 ⁻⁶	kg/(m s)
conducibilità termica	0.188	W/(m°C)