

Dati
Assunzioni

Fumi turbina a gas:

Potenza = 15 MW
 rendimento = 35 %
 Gfumi = 50 kg/s
 cp,f = 1.03 kJ/kg-K
 TOT = 450 °C

Composizione volumetrica:

x O2 = 12.5 %
 x CO2 = 4 %
 x H2O = 8 %
 x N2 = 75.5 %
 MMO2 = 32 kg/kmole
 MMCO2 = 44 kg/kmole
 MMH2O = 18 kg/kmole
 MMN2 = 28 kg/kmole

ENox = 50 mg/Nm3 dry gas @ 15%O2

p steam = 4 bar
 Tsat = 143.6 °C (from steam tab.)
 hsat steam = 2738.1 kJ/kg (from steam tab.)
 hsat liquid = 604.66 kJ/kg (from steam tab.)
 DTpp = 10 °C
 Heat losses: ξ = 1 %

Post-combustione:

T comb = 550 °C
 LHV CH4 = 50 MJ/kg
 TCH4 = 25 °C
 MMCH4 = 16 kg/kmole

Riferimento cogenerazione:

eta,el-ref = 55 %
 eta,th-ref = 90 %

ESERCIZIO 1:

- a) MM gas combust: $MMg = \sum xi * MMi =$ 28.34 kg/kmole
 Portata molare gas: $Mg = G/MMg =$ 1.764 kmole/s
 Portata volumetrica gas: $Vg =$ 39.545 Nm3/s
- xO2 fumi secchi: $xO2,fs = xO2 / (1 - xH2O) = 12.5 / (1 - 0.08) =$ 13.59 %
 ENox @ xO2,fs = $50 * (21 - 13.59) / (21 - 15) =$ 61.78 mg/Nm3 fumi secchi @ concentrazione O2 reale
 ENox in fumi reali umidi = $61.78 * (1 - 0.08) =$ 56.83 mg/Nm3 in gas reali
 G NOx = $ENox \text{ reali} * Vg = 56.83 * 39.545 / 1000 =$ 2.25 g/s
- b) Risolvendo il seguente bilancio di energia: $Gg * cp,g * (TOT - Tref) + Gf * LHVf = (Gg + Gf) * cp,g * (Tcomb - Tref)$:
 Portata massica CH4: $Gf =$ 0.1041 kg/s
 Portata molare CH4: $Mf = Gf / MMCH4 =$ 0.00651 kmole/s
 Heat input as LHV: $Qf = Gf * LHVCH4 =$ 5.21 MW
- c) Portata molare componente i nei gas combust: Mi,fg
 $MO2,fg = xO2_GTg * M_GTg - 2 * MCH4 =$ 0.20752 kmol/s
 $MCO2,fg = xCO2_GTg * M_GTg + MCH4 =$ 0.07708 kmol/s
 $MH2O,fg = xH2O_GTg * M_GTg + 2 * MMH2O =$ 0.15416 kmol/s
 $MN2,fg = xN2_GTg * M_GTg =$ 1.33204 kmol/s
 Portata molare totale: $Mtot,fg = \sum Mi,fg =$ 1.771 kmol/s
 Composizione gas combust: $xi = Mi,fg / Mtot,fg$
 x O2 = 11.72 %
 x CO2 = 4.35 %
 x H2O = 8.71 %
 x N2 = 75.22 %

ESERCIZIO 2:

- a) $Q_{da\ gas} = m_g \cdot c_{p,g} \cdot (TOT - T_{eva} - DT_{pp}) \cdot (1 - \xi) =$ 15112 kW
 $Dh\ H_2O = h_{vap-sat} - h_{liq-sat} =$ 2133.4 kJ/kg
 $G_{vap} = Q_{gas} / Dh\ H_2O =$ 7.083 kg/s
- b) Applicazione del metodo ϵ -NTU:
si può considerare che non ci sia variazione della portata di gas $\rightarrow C_{min}/C_{max} = cost$; $NTU = C_{min}/UA = cost \rightarrow$ efficacia $\epsilon = cost$
 $DT_{gas\ con\ post-bruciatori\ spenti} = TOT - (T_{ev} + DT_{pp}) =$ 296.4 °C
 $Max\ DT\ con\ post-bruciatori\ spenti = TOT - T_{ev} =$ 306.4 °C
efficacia: $\epsilon =$ 0.9674

 $Max\ DT_{gas\ con\ post-combustione}: DT_{max} = TOT_{,pf} - T_{eva} =$ 406.4 °C
 $DT_{gas\ con\ post-combustione}: DT_{,pf} = DT_{max} \cdot \epsilon =$ 393.1 °C
 $T_{gas\ uscita\ eva} = TOT_{,pf} - DT_{,pf} =$ 156.9 °C
 $DT_{pp\ con\ post-combustione} =$ 13.3 °C
 $Q_{da\ gas\ caldi} = m_g \cdot c_{p,g} \cdot (TOT - T_{eva} - DT_{pp}) \cdot (1 - \xi) =$ 20044.1 kW
portata vapore = 9.395 kg/s
- c) Consumo combustibile in TG = 42.86 MW

Post-bruciatori spenti:
 $\eta_{a,th} = Q_{da\ gas} / Q_{comb} =$ 35.26 %
 $\eta_{a,tot} = \eta_{a,el} + \eta_{a,th} =$ 70.26 %
PES = 2.74 %

Post bruciatori accesi =
Consumo combustibile post-bruciatori = 5.21 MW
Consumo combustibile totale = 48.06 MW
 $\eta_{a,el} =$ 31.21 %
 $\eta_{a,th} = Q_{da\ gas} / Q_{comb} =$ 41.70 %
 $\eta_{a,tot} = \eta_{a,el} + \eta_{a,th} =$ 72.91 %
PES = 2.99 %