

Zadatci i posutpak za 1.MI iz ET-a 2008.

Dva kg idealnog plina ($c_p = 1,005 \text{ kJ/kgK}$, $\kappa = 1,4$) nalazi se u krutom spremniku. Temperatura je plina 500°C , a tlak 10 MPa . Kolika je promjena entropije:

1) plina ohladi li se plin na temperaturu okolice, 0°C , odvođenjem toplinske energije u okolicu te

2) okolice izazvana opisanim procesom?

$$1) \quad ds_v = c_v \frac{dT}{T} \left[\frac{J}{\text{kgK}} \right];$$

$$\delta s_v = c_v \ln \frac{T_2}{T_1} = \frac{c_p}{\kappa} \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} \ln \frac{T_2}{T_1} = \frac{1,005}{1,4} \ln \frac{273,15}{773,15} = -0,747 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}$$

$$\delta S_v = m \delta s_v = 2 \text{ kg} \cdot (-0,747) \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} = -1,494 \text{ kJ/K}$$

b) - 1,494 kJ/K

USPJ.: 57%

2)

$$Q_{12} = mc_v (T_2 - T_1) = 2 \text{ kg} \frac{c_p}{\kappa} \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} (-500) \text{ K} =$$
$$= 2 \frac{1,005}{1,4} (-500) \text{ kJ} = -717,86 \text{ kJ}$$

$$\delta s_{ok} = \frac{Q_{12,ok}}{T_{ok}} = \frac{717,86 \text{ kJ}}{273,15 \text{ K}} = 2,63 \text{ kJ / K}$$

d) + 2,63 kJ/K

USPJ.: 35%

Zadatci i posutpak za 1.MI iz ET-a 2008.

Na ulazu u plinsku turbinu vrijednosti su tlaka, temperature i brzine idealnog plina ($c_p = 1005 \text{ J/kgK}$, $\kappa = 1,4$) 6 MPa, 680°C i 80 m/s. Plin izentropski ekspandira u turbini, a vrijednosti su temperature i brzine na izlazu iz turbine 100°C i 140 m/s. Ako je snaga na osovini turbine 5 MW, temperatura okolice 20°C , a tlak 100 kPa, odredite:

- 1) maseni protok plina kroz turbinu (uzmite u obzir i promjenu kinetičke energije) i
- 2) eksergiju 1kg plina na ulazu u turbinu. Promjenu potencijalne i kinetičke energije plina zanemarite.

1)

$$q_{12} + h_1 + \frac{1}{2} c_1^2 + gz_1 = w_{t12} + h_2 + \frac{1}{2} c_2^2 + gz_2 \text{ [J/kg]}; q_{12} = 0; gz_2 - gz_1 = 0$$

$$\dot{W}_{t12} = w_{t12} \left[\frac{\text{J}}{\text{kg}} \right] \cdot \dot{m} \left[\frac{\text{kg}}{\text{s}} \right] = \dot{m} \left[(h_1 - h_2) + \frac{c_1^2 - c_2^2}{2} \right] [\text{W}]$$

$$\Rightarrow \dot{m} = \frac{\dot{W}_{t12}}{c_p (T_1 - T_2) - \delta e_k} \left[\frac{\text{kg}}{\text{s}} \right]$$

$$\delta e_k = \frac{(140 \text{ m/s})^2 - (80 \text{ m/s})^2}{2} \cdot \frac{1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}}{1000 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}} = 6,6 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\dot{m} = \frac{\dot{W}_{t12}}{c_p (T_1 - T_2) - \delta e_k} = \frac{5 \text{ MW}}{1,005 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} (680 - 100) \text{ K} - 6,6 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}} \cdot \frac{1000 \frac{\text{kJ}}{\text{s}}}{1 \text{ MW}} = 8,68 \text{ kg/s.}$$

a) 8,68 kg/s

USPJ.: 51%

$$2) \quad w_{\max} = eks = h_1 - h_{ok} - T_{ok} (s_1 - s_{ok}) \left[\frac{\text{J}}{\text{kg}} \right]$$

$$h_1 - h_{ok} = c_p (T_1 - T_{ok}) = 1,005 \cdot 660 \text{ kJ/kg} = 663,3 \text{ kJ/kg} \quad R = c_p \frac{\kappa - 1}{\kappa}$$

$$s_1 - s_{ok} = c_p \ln \frac{T_1}{T_{ok}} - R \ln \frac{p_1}{p_{ok}} =$$

$$1,005 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} \ln \frac{680 + 273,15}{20 + 273,15} - 1,005 \cdot \frac{1,4 - 1}{1,4} \ln \frac{6000 \text{ kPa}}{100 \text{ kPa}} =$$

$$= 1,1850 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} - 1,1757 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} = 0,0093 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}$$

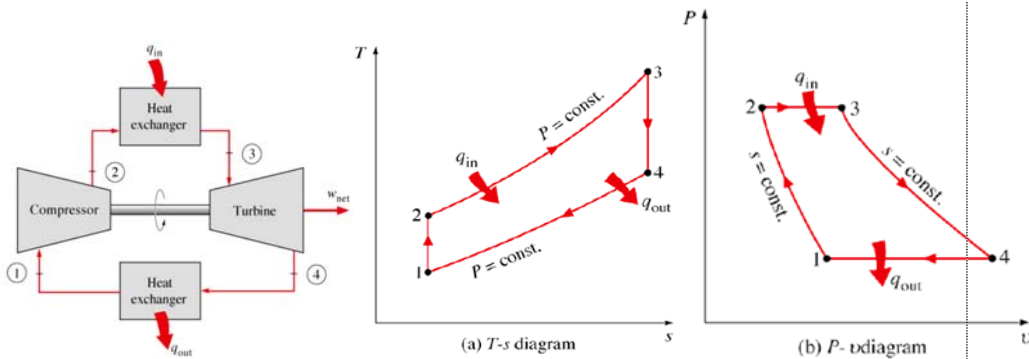
$$w_{\max} = eks = 663,3 \text{ kJ/kg} - 293,15 \text{ K} \cdot 0,0093 \text{ kJ/kgK} = 660,6 \text{ kJ/kg}$$

b) 660,6 kJ/kg

USPJ.: 27%

Zadatci i posutpak za 1.MI iz ET-a 2008.

Izračunati temperaturu na izlazu iz turbine, dovedenu toplinu i stupanj djelovanja za plinsku turbinu u Joule-ovom (Brayton-ovom) ciklusu sa zrakom kao radnim medijem ($c_p=1005 \text{ J/kgK}$, $\kappa=1.4$). Maksimalna temperatura u ciklusu je 1000 K, a minimalna 300 K. Omjer tlakova u procesu je 6, a unutarnje efikasnosti kompresora i plinske turbine iznose 85%.



1)

$$T_2' = T_1 * r_p^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} = 300 * 6^{\frac{0.4}{1.4}} = 300 * 1.6685 = 500.55 \text{ K}$$

$$a) \quad T_4' = \frac{T_3}{r_p^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}} = \frac{1000}{6^{\frac{0.4}{1.4}}} = \frac{1000}{1.6685} = 599.34 \text{ K}$$

Odgovarajuće stvarne temperature su:

$$T_2 - T_1 = \frac{T_2' - T_1}{\eta_c} = \frac{500.55 - 300}{0.85} \rightarrow T_2 = 535.94 \text{ K}$$

$$T_3 - T_4 = \eta_t * (T_3 - T_4') = 0.85 * (1000 - 599.34) = 331.75 \text{ K} \rightarrow T_4 = 659.4 \text{ K}$$

$$e) \quad T_4 = 659.4 \text{ K}$$

USPJ.: 16%

Radovi kompresora i turbine su:

$$W_{12} = c_p * (T_1 - T_2) = 1.005 * (300 - 535.94) = -237.12 \text{ kJ / kg}$$

$$W_{34} = c_p * (T_3 - T_4) = 1.005 * (1000 - 659.4) = 342.3 \text{ kJ / kg}$$

2) Dodana toplina je:

$$b) \quad Q_{23} = c_p * (T_3 - T_2) = 1.005 * (1000 - 535.94) = 466.38 \text{ kJ / kg}$$

Odvedena toplina je:

$$Q_{41} = c_p * (T_1 - T_4) = 1.005 * (300 - 659.4) = -361.2 \text{ kJ / kg}$$

$$c) \quad Q_{dov} = 466.4 \text{ kJ/kg}$$

USPJ.: 11%

3) Efikasnost ciklusa i specifični rad su:

$$|W| = |(W_{12} + W_{34})| = 105.18 \text{ kJ / kg}$$

$$d) \quad \eta = \frac{|(W_{12} + W_{34})|}{Q_{23}} = \frac{105.18}{466.38} = 0.225$$

$$a) \quad 22.5\%$$

USPJ.: 11%

Zadatci i posutpak za 1.MI iz ET-a 2008.

Q-H dijagram vodotoka aproksimativno je opisan izrazom $H=600-3 \cdot Q_{sr}/2$. H je nadmorska visina u m , a Q_{sr} protok vode u m^3/s . Odrediti:

- 1) snagu pribranske HE postavljene na vodotoku na 350 m n.v. s branom visine 55 m i stupnjem iskorištenja 90%,
- 2) mogući protok biološkog minimuma za derivacijsku elektranu sa zahvatom na istoj elevaciji i s istom visinom brane da bi imala istu snagu kao elektrana pod a). Stupanj iskorištenja derivacijske elektrane je 80%, a strojarnica se nalazi 50 m ispod zahvata,
- 3) bruto energiju vodotoka između nadmorske visine zahvata i ušća rijeke u more.

$$1) P = 9.81 Q H \eta = 9.81 (400 - 2 \cdot 350 / 3) 55 \cdot 0.9 = 9.81 \cdot 166.7 \cdot 55 \cdot 0.9 = \mathbf{80932 \text{ kW}}$$

b) 80.93 MW

USPJ.: 90%

$$2) Q_{mb} = Q - Q_d$$

$$Q_d = P / [9.81 \cdot (55 + 350 - 300) \cdot 0.8] = 80932 / [9.81 \cdot 105 \cdot 0.8] = 80932 / 824.04 = 98.21$$

$$Q_{mb} = 166.67 - 98.21 = \mathbf{68.5 \text{ m}^3/\text{s}}$$

d) 68.5 m^3/s

USPJ.: 65%

$$3) W = 8760 \cdot 9.81 \cdot 1 \int_0^{350} (400 - \frac{2}{3} H) = 85936 (400 \cdot 350 - \frac{350^2}{3}) =$$

$$W = 85936 \cdot 99167 = 8.52 \times 10^9 \text{ kWh}$$

e) 8.52x10⁹

USPJ.: 71%