

Fakultet elektrotehnike i računarstva
Zavod za visoki napon i energetiku

Elektrane

Rješenja 2. domaće zadaće

(Domaća zadaća br. 19.)

Student: SlavoniaBand

JMBAG: XXXXXXXXXXXX

Rok predaje: 27.05.2012.

Svibanj, 2012.

Zadatak 1.

Termoelektrana koristi Rankine-ov ciklus s međupregrijanjem i ima neto snagu od 100 MW. Para ulazi u visokotlačnu turbinu na tlaku 9 MPa i temperaturi 460°C. U niskotlačnu turbinu para ulazi na tlaku 1 MPa i temperaturi 460°C. Tlak u kondenzatoru je 10 kPa. Izentropska efikasnost turbine je 80% a pumpe 95%. Odredite: (a) entalpije u svim točkama procesa, (b) maseni protok radnog medija, (c) termički stupanj djelovanja elektrane.

Zadatak 2.

Plinska elektrana radi koristeći otvoreni Brayton/Joule-ov ciklus s dva stupnja kompresije/ekspanzije, regenerativnim izmjenjivačem, hladnjakom kompresora, komorom za izgaranje i dogrijačem. Ukupni omjer kompresije je 13. Oba stupnja kompresije/ekspanzije su idealna i jednaka. Zrak u oba stupnja kompresora ulazi s temperaturom 300 K a u oba stupnja turbine s temperaturom 1200 K. Odrediti temperature u karakterističnim točkama procesa, specifični rad turbine i kompresora, toplinu dovedenu u proces i odvedenu iz procesa po jedinici mase, te termodinamičku efikasnost procesa. Posebno razmotriti slučaj sa regenerativnim izmjenjivačem stupnja djelovanja 0.9 i kad je regenerativni grijač premošten. Svojstva zraka su konstantna i iznose ($c_p=1.005$ kJ/kgK, $k=1.4$).

Zadatak 3.

Nuklearna elektrana ima snagu na pragu 670 MWe i ukupnu efikasnost 33%. Inicijalno punjenje goriva na početku prvog ciklusa je 49000 kg U. Trajanje ciklusa izgaranje je 12 mjeseci (mjesec ima 30 dana). Faktor opterećenja elektrane u tom periodu je 0.92. Odrediti prosječni ciklusni odgor goriva i kolika je masa UO_2 goriva koju je potrebno zamijeniti ako računamo da je potrebno nadoknaditi samo potrošeno gorivo i da su fisije bile samo u U-235. Težinsko obogaćenje goriva je 4.3% a prinos fisije je 205 MeV.

1.) Rankine-ov ciklus:

Termoelektrana koristi Rankine-ov ciklus s međupregrijanjem i ima neto snagu od 100 MW. Para ulazi u visokotlačnu turbinu na tlaku 9 MPa i temperaturi 460°C. U niskotlačnu turbinu para ulazi na tlaku 1 MPa i temperaturi 460°C. Tlak u kondenzatoru je 10 kPa. Izentropska efikasnost turbine je 80% a pumpe 95%. Odredite: (a) entalpije u svim točkama procesa, (b) maseni protok radnog medija, (c) termički stupanj djelovanja elektrane.

$$P_{netto} = 100 \text{ MW}$$

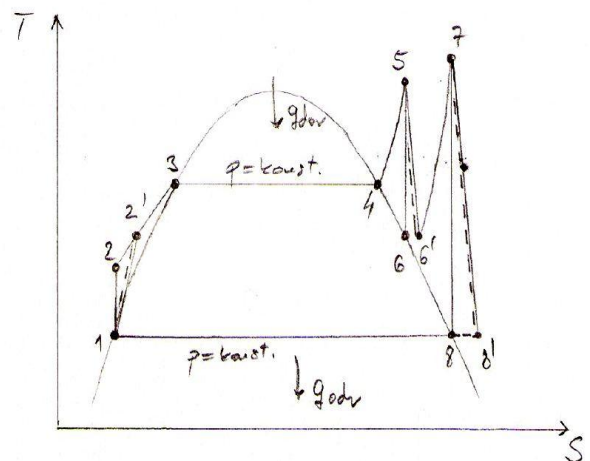
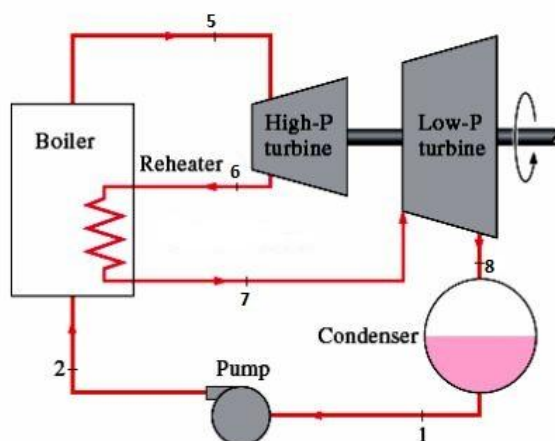
$$p_2 = p_5 = 9 \text{ MPa}, \quad T_5 = 733 \text{ K}$$

$$p_6 = p_7 = 1 \text{ MPa}, \quad T_7 = 733 \text{ K}$$

$$p_{kond} = 10 \text{ kPa}$$

$$\eta_t = 0.8$$

$$\eta_p = 0.95$$



α) Entalpije:

Točka 5: stable (9MPa, 733K)

$$h_5 = 3284.07050796213 \text{ kJ/kg} \rightarrow \text{koristeći „Stable“}$$

$$s_5 = 6.52300076595607 \text{ kJ/kgK} \rightarrow \text{koristeći „Stable“}$$

Točka 6: $s_5 = s_6$ i $p_6 = 1 \text{ MPa}$ Stable (1 MPa, 6.52300076595607 kJ/kgK)

$$h_6 = 2749.01367750444 \text{ kJ/kg} \rightarrow \text{koristeći „Stable“}$$

Točka 7: Stable (1 MPa, 733K)

$$h_7 = 3392.45033868988 \text{ kJ/kg} \rightarrow \text{koristeći „Stable“}$$

$$s_7 = 7.64906358559197 \text{ kJ/kgK} \rightarrow \text{koristeći „Stable“}$$

Točka 8: $s_7 = s_8$ i $p_8 = 10 \text{ kPa}$ Stable (0.01 MPa, 7.64906358559197 kJ/kgK)

$$h_8 = 2424.43785772069 \text{ kJ/kg} \rightarrow \text{koristeći „Stable“}$$

$$x = 0.933353971563121 \rightarrow \text{koristeći „Stable“}$$

Točka 1: Stable (0.01 MPa, $x = 0.933353971563121$)

$$h_1 = 191.80594 \text{ kJ/kg} \rightarrow \text{koristeći „Stable“}$$

$$s_1 = 0.64919561 \text{ kJ/kgK} \rightarrow \text{koristeći „Stable“}$$

Točka 2: $s_2 = s_1$ Stable (9 MPa, 0.64919561 kJ/kgK)

$$h_2 = 200.870999523663 \text{ kJ/kg} \rightarrow \text{koristeći „Stable“}$$

Točke 3. i 4 : Stable (9 MPa, $x=0$)

$$h_3 = 1363.8720 \text{ kJ/kg} \rightarrow \text{koristeći „Stable“}$$

$$h_4 = 2742.9419 \text{ kJ/kg} \rightarrow \text{koristeći „Stable“}$$

β) Maseni protok:

$$\dot{m} = \frac{P_{netto}}{W_{VT} + W_{NT} - W_p} = \frac{P_{netto}}{h_5 - h'_6 + h_7 - h'_8 - |h_1 - h'_2|}$$

$$\eta_{tVT} = \frac{h_5 - h'_6}{h_5 - h_6}$$

$$0.8 = \frac{3284.0705 - h'_6}{3284.0705 - 2749.0136} \rightarrow h'_6 = 2856.02498 \text{ kJ/kg}$$

$$\eta_{tNT} = \frac{h_7 - h'_8}{h_7 - h_8}$$

$$0.8 = \frac{3392.45033 - h'_8}{3392.45033 - 2424.43785772069} \rightarrow h'_8 = 2618.0403 \text{ kJ/kg}$$

$$\eta_p = \frac{h_2 - h_1}{h'_2 - h_1} \rightarrow h'_2 = 201.282 \text{ kJ/kg}$$

$$0.95 = \frac{200.87 - 191.80594}{h'_2 - 191.80594} \rightarrow h'_2 = 201.347 \text{ kJ/kg}$$

$$\dot{m} = \frac{P_{netto}}{W_{VT} + W_{NT} - W_p} = \frac{P_{netto}}{h_5 - h'_6 + h_7 - h'_8 - |h_1 - h'_2|} = \frac{100 \text{ MW}}{1202.456 - 9.542} = \mathbf{83.828 \text{ kg/s}}$$

γ) Termički stupanj djelovanja elektrane:

$$\eta_{ter} = \frac{W_t - |W_p|}{Q_{dov}} = \frac{h_5 - h'_6 + h_7 - h'_8 - |h_1 - h'_2|}{h_5 - h'_2 + h_7 - h'_6} = \frac{1202.456 - 9.542}{3619.2138} = \mathbf{0.329611}$$

2.) Bryton/Joule:

Plinska elektrana radi koristeći otvoreni Brayton/Joule-ov ciklus s dva stupnja kompresije/ekspanzije, regenerativnim izmjenjivačem, hladnjakom kompresora, komorom za izgaranje i dogrijačem. Ukupni omjer kompresije je 13. Oba stupnja kompresije/ekspanzije su idealna i jednaka. Zrak u oba stupnja kompresora ulazi s temperaturom 300 K a u oba stupnja turbine s temperaturom 1200 K. Odrediti temperature u karakterističnim točkama procesa, specifični rad turbine i kompresora, toplinu dovedenu u proces i odvedenu iz procesa po jedinici mase, te termodinamičku efikasnost procesa. Posebno razmotriti slučaj sa regenerativnim izmjenjivačem stupnja djelovanja 0.9 i kad je regenerativni grijač premošten. Svojstva zraka su konstantna i iznose ($c_p=1.005 \text{ kJ/kgK}$, $k=1.4$).

$$r = 13$$

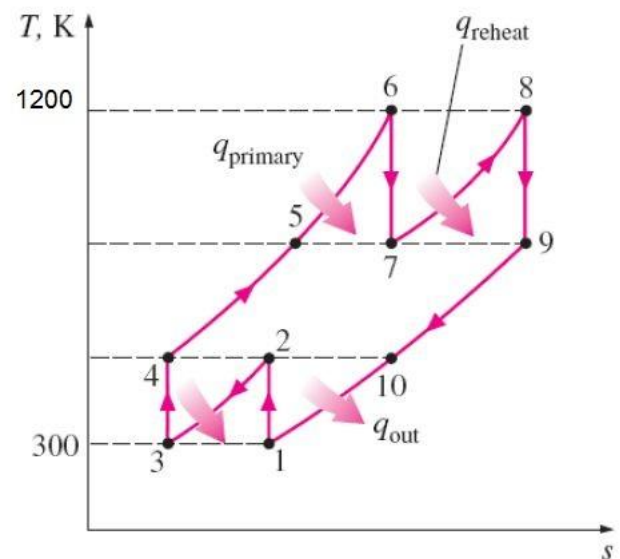
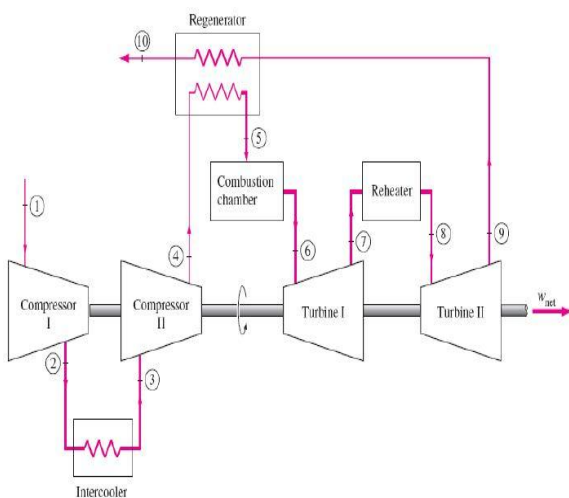
$$T_{kon} = 300 \text{ K}$$

$$T_{tur} = 1200 \text{ K}$$

$$\eta_{reg} = 0.9$$

$$c_p = 1.005 \text{ kJ/kgK}$$

$$\kappa = 1.4$$



$$r = \frac{p_2}{p_1} = \frac{p_4}{p_3} = \sqrt{13} = 3.605551275$$

$$r = \frac{p_6}{p_7} = \frac{p_8}{p_9} = \sqrt{13} = 3.605551275$$

$$T_1 = T_3 = 300 \text{ K}$$

$$T_6 = T_8 = 1200 \text{ K}$$

α) Bez regenerativnog grijača:

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{k-1}{k}} = (r)^{\frac{k-1}{k}}$$

$$\frac{T_2}{300} = (\sqrt{13})^{\frac{1.4-1}{1.4}} \longrightarrow T_2 = 432.7688 \text{ K}, \rightarrow T_4 = T_2 = 432.7688 \text{ K}$$

$$\frac{T_6}{T_7} = \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{k-1}{k}} = (r)^{\frac{k-1}{k}}$$

$$\frac{1200}{T_7} = (\sqrt{13})^{\frac{1.4-1}{1.4}} \longrightarrow T_7 = 831.85279 \text{ K}, \rightarrow T_9 = T_7 = 831.85279 \text{ K}$$

$$W_{12} = c_p * [|T_1 - T_2|] = 133.4326 \text{ kJ/kg}$$

$$W_{34} = c_p * [|T_3 - T_4|] = 133.4326 \text{ kJ/kg}$$

$$W_{67} = c_p * [|T_6 - T_7|] = 369.9879 \text{ kJ/kg}$$

$$W_{89} = c_p * [|T_8 - T_9|] = 369.9879 \text{ kJ/kg}$$

$$W_{netto} = -W_{12} - W_{34} + W_{67} + W_{89} = -133.4326 - 133.4326 + 369.9879 + 369.9879 \\ = 473.1106 \text{ kJ/kg}$$

$$q_{46} = c_p * [|T_6 - T_4|] = 771.0673 \text{ kJ/kg}$$

$$q_{78} = c_p * [|T_8 - T_7|] = 369.9879 \text{ kJ/kg}$$

$$q_{dov} = q_{46} + q_{78} = 771.0673 + 369.9879 = 1141.05525 \text{ kJ/kg}$$

$$\text{Efikasnost procesa: } \eta_{ter} = \frac{W_{netto}}{Q_{dov}} = \frac{473.1106}{1141.05525} = \mathbf{0.414625}$$

β) Sa regenerativnog grijača:

$$\eta_{reg} = \frac{T_x - T_4}{T_9 - T_4}$$

$$0.9 = \frac{T_x - 432.7688}{831.85279 - 432.7688} \longrightarrow T_x = 791.944 \text{ K}$$

$$q_{x6} = c_p * [|T_6 - T_x|] = 410.09628 \text{ kJ/kg}$$

$$q_{78} = c_p * [|T_8 - T_7|] = 369.9879 \text{ kJ/kg}$$

$$q_{dovx} = q_{x6} + q_{78} = 410.09628 + 369.9879 = 780.0842261 \text{ kJ/kg}$$

Efikasnost procesa: $\eta_{terx} = \frac{W_{netto}}{Q_{dovx}} = \frac{473.1106}{780.0842261} = \mathbf{0.6064}$

3.) Nuklearna:

Nuklearna elektrana ima snagu na pragu 670 MWe i ukupnu efikasnost 33%. Inicijalno punjenje goriva na početku prvog ciklusa je 49000 kg U. Trajanje ciklusa izgaranje je 12 mjeseci (mjesec ima 30 dana). Faktor opterećenja elektrane u tom periodu je 0.92. Odrediti prosječni ciklusni odgor goriva i kolika je masa UO_2 goriva koju je potrebno zamijeniti ako računamo da je potrebno nadoknaditi samo potrošeno gorivo i da su fisije bile samo u U-235. Težinsko obogaćenje goriva je 4.3% a prinos fisije je 205 MeV.

$$P_{el} = 670 \text{ MWe}$$

$$\eta_{uk} = 0.33$$

$$m = 49000 \text{ kg}$$

$$T = 12 \text{ mj} \rightarrow \text{mjesec ima 30 dana}$$

$$m = 0.92$$

$$e = 4.3 \%$$

$$\text{Prinos fisije} = 205 \text{ MeV}$$

$$P_{max} = \frac{P_{el}}{\eta_{uk}} = \frac{670 \cdot 10^6}{0.92} = 2030.30303 \text{ MW}$$

$$m = \frac{W_{stvarno}}{P_{max} \cdot T}$$

$$0.92 = \frac{W_{stvarno}}{2030.30303 \cdot 12 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60} \rightarrow W_{stvarno} = 1.9366 \cdot 10^{15} \text{ W}$$

$$N_{U235} = \frac{W_{stvarno}}{\text{Prijenos fisije} \cdot e} = \frac{1.9366 \cdot 10^{15}}{205 \cdot 10^6 \cdot 1.602 \cdot 10^{-19}} = 5.89689 \cdot 10^{25}$$

$$N_{U235} = e \cdot m_{UO2} \cdot \frac{238}{270} \cdot \frac{N_A}{235}$$

$$5.89689 \cdot 10^{25} = 0.043 \cdot m_{UO2} \cdot \frac{238}{270} \cdot \frac{N_A}{235} \rightarrow m_{UO2} = 607.1115 \text{ kg}$$

$$m_U = m_{UO2} \cdot \frac{238}{270} = 535.1575 \text{ kg}$$

$$Odgor \left[\frac{MW_d}{tU} \right] = \frac{\frac{P_{el}}{\eta_{uk}} * T * dan * m}{m_U} = \frac{\frac{670}{0.33} * 12 * 30 * 0.92}{535.1575} = \mathbf{1256520.4 \text{ MWd/tU}}$$