

ENERGIATEHNOLOOGIA ÜLESANNE

Esmalt pisut kommentaare punktide andmise kohta ja teie lahenduste kohta üldiselt.

- Kui on antud kasvõi vale vastus, siis selle eest saab juba 1 punkti.
- Sõnaline selgitus, et lahendamisel on kasutatud auru parameetrite kalkulaator annab teile selgituse eest vaid 1 punkti, aga mitte rohkem, kuna see ei selgita teie lahenduskäiku vaid ainult lahenduseks vajalike andmete leidmist.
- Ülesandeid oli palju ja aega oli vaid 1 tund. Selliste tingimuste puhul on hea meeskonnatöö, näiteks ülesannete jagamine hädatarvilik.
- Ka vale lahenduskäik, mis viib vale vastuseni, annab teile punkte. Punktide kogus sõltub sellest kui vale lahenduskäik siiski oli.

Iga vanusekategorია parima meeskonna liikmetele on auhinnaks 50 euro väärtuses Apollo kinkekaart.

Õiged lahendused koos kommentaaridega on teie ees.

ÕIGED LAHENDUSED

7.-8. KLASS

1. Leia turbiini läbiva auru masskulu G kondensatsioonirežiimis.

LAHENDUS

Vastavalt lisamaterjalis toodud valemile

$$G = \frac{N_{el}}{h_1 - h_2}$$

Kõigepealt on vaja leida kalkulaatori abil auru entalpiad.

Turbiini siseneva auru temperatuur on 540°C ja rõhk 140 bar. Kalkulaatori järgi vastab sellele entalpia väärtus $h_1 = 3434.2$ kJ/kg

Turbiinist väljuva auru temperatuur kondensatsiooni režiimis on 60°C ja rõhk 0.5 bar. Kalkulaatori järgi vastab sellele entalpia väärtus $h_2 = 251.2$ kJ/kg

Teisendan ka võimsuse kilovattidesse – 25 MW = 25 000 kW

$$G = \frac{25\,000}{3434.2 - 251.2} = 7.85 \text{ kg/s}$$

2. Mis on turbiini võimsus N , kui see töötab talvisel perioodil koostootmisrežiimis ning kaugküttevõrgu pealevoolu temperatuur on 90°C? Auru masskulu on sama, mis kondensatsioonirežiimis.

LAHENDUS

Võimsuse arvutamine käib samamoodi lisamaterjalis toodud valemi põhjal, masskuluna tuleb kasutada eelmises ülesandes välja arvatud tulemust.

$$N_{el} = G(h_1 - h_2)$$

Turbiini siseneva auru parameetrid on samad ja seega on ka entalpia sama, mis eelmises ülesandes – $h_1 = 3434.2$ kJ/kg

Turbiinist väljuva auru parameetrid on aga teised ning seetõttu on ka entalpia väärtus teine. Temperatuur on 90°C ja rõhk on 3 bar (NB! Tegemist on koostootmisrežiimiga!), seega väljuva auru entalpia on $h_2 = 377.1$ kJ/kg

$$N_{el} = 7.85 \cdot (3434.2 - 377.1) = \mathbf{24\ 011\ kW} \approx \mathbf{24\ MW}$$

3. Mitu protsenti väheneb turbiini võimsus N kui see töötab koostootmisrežiimis?

LAHENDUS

Turbiini võimsus väheneb $25\ 000 - 24\ 011 = 989$ kW = 0,99 MW, mis on $p = \frac{0,99}{25} = 4\%$.

4. Mitu korda suureneb auru ruumala kondensaatoris?

LAHENDUS

Selle ülesande lahendamiseks on vaja kasutada ideaalse gaasi olekuvõrrandit ehk Clapeyroni võrrandit, mille üldkuju on

$$pV = nRT$$

Kui võrdleme kaht keskkonda omavahel saab võrrand kuju

$$\frac{p_1 V_1}{n_1 R T_1} = \frac{p_2 V_2}{n_2 R T_2}$$

Kuna auru kogus protsessi jooksul ei muutu, siis $n_1 = n_2$ (saame selle maha taandada). Samuti saame maha taandada universaalse gaasikonstandi R . Valem jääb kujule

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$$

Ositavaks suuruseks on mitu korda paisub aur ehk ruumalade suhe $\frac{V_1}{V_2}$, mis avaldub

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{p_2 T_2}{p_1 T_1}$$

NB! Et ülesanne lahenduks korrektselt, siis tuleb selle valemi puhul teisendada temperatuur kelvinitesse ja rõhk paskalitesse. Lõpptulemuseks saame

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{14\ 000\ 000 \cdot 333}{50\ 000 \cdot 813} \approx \mathbf{115}$$

Auru ruumala suureneb 115 korda.

9.-10. KLASS

1. Leia turbiini läbiva auru masskulu G kondensatsioonirežiimis.

LAHENDUS

Vastavalt lisamaterjalis toodud valemile

$$G = \frac{N_{el}}{h_1 - h_2}$$

Kõigepealt on vaja leida kalkulaatori abil auru entalpiad.

Turbiini siseneva auru temperatuur on 540°C ja rõhk 140 bar. Kalkulaatori järgi vastab sellele entalpia väärtus $h_1 = 3434.2$ kJ/kg

Turbiinist väljuva auru temperatuur kondensatsiooni režiimis on 60°C ja rõhk 0.5 bar. Kalkulaatori järgi vastab sellele entalpia väärtus $h_2 = 251.2$ kJ/kg

Teisendan ka võimsuse kilovattidesse – 25 MW = 25 000 kW

$$G = \frac{25\,000}{3434.2 - 251.2} = 7.85 \text{ kg/s}$$

2. Mitu korda suureneb auru ruumala kondensaatoris?

LAHENDUS

Selle ülesande lahendamiseks on vaja kasutada ideaalse gaasi olekuvõrrandit ehk Clapeyroni võrrandit, mille üldkuju on

$$pV = nRT$$

Kui võrdleme kaht keskkonda omavahel saab võrrand kuju

$$\frac{p_1 V_1}{n_1 R T_1} = \frac{p_2 V_2}{n_2 R T_2}$$

Kuna auru kogus protsessi jooksul ei muutu, siis $n_1 = n_2$ (saame selle maha taandada). Samuti saame maha taandada universaalse gaasikonstandi R. Valem jääb kujule

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$$

Ositavaks suuruseks on mitu korda paisub aur ehk ruumalade suhe $\frac{V_1}{V_2}$, mis avaldub

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{p_2 T_2}{p_1 T_1}$$

NB! Et ülesanne lahenduks korrektselt, siis tuleb selle valemi puhul teisendada temperatuur kelvinitesse ja rõhk paskalitesse. Lõpptulemuseks saame

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{14\,000\,000 \cdot 333}{50\,000 \cdot 813} \approx 115$$

Auru ruumala suureneb 115 korda.

3. Mitu protsenti suureneb turbiini võimsus N koostootmisrežiimis kui kaugkütte pealevoolu temperatuuri langetada 90°C-lt 65°C-ni.

LAHENDUS

Esiteks on vaja leida turbiini võimsus mõlemal juhul

- 1) kui tagasivoolu temperatuur on 90°C (rõhk on 3 bar, sest tegemist on koostootmisrežiimiga)
- 2) kui tagasivoolu temperatuur on 65°C (rõhk on endiselt 3 bar)

Seega

1) $h_2 = 377.1$ kJ/kg

$$N_{el,1} = 7.85 \cdot (3434.2 - 377.1) = 24\,011 \text{ kW}$$

2) $h_2 = 272.3$ kJ/kg

$$N_{el,2} = 7.85 \cdot (3434.2 - 272.3) = 24\,834 \text{ kW}$$

Protsendi leidmine

$$p = \frac{24\,834 - 24\,011}{24\,011} \approx 3\%$$

4. Kui suur on koostootmisjaama soojuslik võimsus, kui kaugkütte pealevoolu temperatuur on 90°C ning tagasivoolu temperatuur on 45°C? Vee masskulu kaugküttevõrgus on 380 kg/s.

LAHENDUS

Soojusliku võimsuse arvutamiseks kasutame abimaterjalides esitatud valemit

$$N_{soojus} = G_{kaugkütte} (c_{p1} \cdot t_1 - c_{p2} \cdot t_2)$$

Erisoojuste jaoks on vaja kasutada auru parameetrite kalkulaatorit.

$$c_{p1} = 4.201 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

$$c_{p2} = 4.178 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

Pannes õiged suurused valemisse saame

$$N_{soojus} = 380 \cdot (4.201 \cdot 90 - 4.178 \cdot 45) = 72\,230 \text{ kW} \approx 72 \text{ MW}$$

11.-12. KLASS

1. Leia turbiini läbiva auru masskulu G kondensatsioonirežiimis.

LAHENDUS

Vastavalt lisamaterjalis toodud valemile

$$G = \frac{N_{el}}{h_1 - h_2}$$

Kõigepealt on vaja leida kalkulaatori abil auru entalpiad.

Turbiini siseneva auru temperatuur on 540°C ja rõhk 140 bar. Kalkulaatori järgi vastab sellele entalpia väärtus $h_1 = 3434.2 \text{ kJ/kg}$

Turbiinist väljuva auru temperatuur kondensatsiooni režiimis on 60°C ja rõhk 0.5 bar. Kalkulaatori järgi vastab sellele entalpia väärtus $h_2 = 251.2 \text{ kJ/kg}$

Teisendan ka võimsuse kilovattidesse – 25 MW = 25 000 kW

$$G = \frac{25\,000}{3434.2 - 251.2} = 7.85 \text{ kg/s}$$

2. Mitu korda suureneb auru ruumala kondensaatoris?

LAHENDUS

Selle ülesande lahendamiseks on vaja kasutada ideaalse gaasi olekuvõrrandit ehk Clapeyroni võrrandit, mille üldkuju on

$$pV = nRT$$

Kui võrdleme kaht keskkonda omavahel saab võrrand kuju

$$\frac{p_1 V_1}{n_1 R T_1} = \frac{p_2 V_2}{n_2 R T_2}$$

Kuna auru kogus protsessi jooksul ei muutu, siis $n_1 = n_2$ (saame selle maha taandada). Samuti saame maha taandada universaalse gaasikonstandi R . Valem jääb kujule

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$$

Otsitavaks suuruseks on mitu korda paisub aur ehk ruumalade suhe $\frac{V_1}{V_2}$, mis avaldub

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{p_1 T_2}{p_2 T_1}$$

NB! Et ülesanne lahenduks korrektselt, siis tuleb selle valemi puhul teisendada temperatuur kelvinitesse ja rõhk paskalitesse. Lõpptulemuseks saame

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{14\,000\,000 \cdot 333}{50\,000 \cdot 813} \approx \mathbf{115}$$

Auru ruumala suureneb 115 korda.

3. Mitu protsenti suureneb turbiini võimsus koostootmisrežiimis kui kaugkütte pealevoolu temperatuuri langetada 90°C-lt 65°C-ni.

LAHENDUS

Esiteks on vaja leida turbiini võimsus mõlemal juhul

- 3) kui tagasivoolu temperatuur on 90°C (rõhk on 3 bar, sest tegemist on koostootmisrežiimiga)
- 4) kui tagasivoolu temperatuur on 65°C (rõhk on endiselt 3 bar)

Seega

$$3) h_2 = 377.1 \text{ kJ/kg}$$

$$N_{el,1} = 7.85 \cdot (3434.2 - 377.1) = 24\,011 \text{ kW}$$

$$4) h_2 = 272.3 \text{ kJ/kg}$$

$$N_{el,2} = 7.85 \cdot (3434.2 - 272.3) = 24\,834 \text{ kW}$$

Protsendi leidmine

$$p = \frac{24\,834 - 24\,011}{24\,011} \approx 3\%$$

4. Kui suur on elektrijaama elektrilise ja soojusliku võimsuse suhe, kui see töötab koostootmisrežiimis ja turbiinist väljuva auru parameetrid on $p=25$ bar, $t=90^\circ\text{C}$ ja kaugkütte pealevoolu temperatuur on 90°C ning tagasivoolu temperatuur on 45°C. Vee masskulu kaugküttevõrgus on 380 kg/s.

LAHENDUS

Selle ülesande lahendamiseks on vaja leida kõigepealt

- 1) Turbiini elektriline võimsus antud parameetritel

Väljuva auru entalpia $h_2 = 378.8$ kJ/kg

$$N_{el} = 7.85 \cdot (3434.2 - 378.8) = 23\,998 \text{ kW}$$

2) Soojuslik võimsus

Soojusliku võimsuse arvutamiseks kasutame abimaterjalides esitatud valemit

$$N_{soojus} = G_{kküte} (c_{p_1} \cdot t_1 - c_{p_2} \cdot t_2)$$

Erisoojuste jaoks on vaja kasutada auru parameetrite kalkulaatorit.

$$c_{p_1} = 4.201 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

$$c_{p_2} = 4.178 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

Pannes õiged suurused valemisse saame

$$N_{soojus} = 380 \cdot (4.201 \cdot 90 - 4.178 \cdot 45) = 72\,230 \text{ kW}$$

Elektri ja soojuse suhte saame

$$\frac{N_{el}}{N_{soojus}} = \frac{23\,998}{72\,230} = \mathbf{0,33}$$