

Napomena: Numeričke zadatke treba slično rješivati na posudici smetanim u košuljicu tako da je na svakoj stranici po jedan zadatak (sa svake strane lista papira po jedan zadatak).

1. (3 boda) Na ulazu u sapnicu statora pame turbine tlak je vodene pare 3 MPa, temperatura 500°C, a brzina 30 m/s. Na izlazu iz sapnice brzina je 200 m/s, a tlak 100 kPa. Površina je ulaza u sapnicu 80 cm<sup>2</sup>. Paru smatrajte idealnim plinom,  $R = 287 \text{ J/kgK}$ ,  $c_p = 1.02 \text{ kJ/kgK}$ , a strujanje jednodimenzionalnim i stacionarnim procesom. Razliku potencijalne energije pare na izlazu i ulazu u sapnicu zanemarite, kao i odvođenje toplinske energije u okolicu za vrijeme strujanje pare kroz sapnicu.

Odredite:

- maseni protok pare kroz sapnicu,
- temperaturu pare na izlazu iz sapnice i
- izlaznu površinu sapnice.

2. (3 boda) Adijabatski sustav krutih stijenki adijabatskom je pregradom podijeljen u dva dijela. U prvom se nalazi čelična kugla mase 500 kg i temperature 120°C, a u drugoj čelična kugla mase 250 kg, ali temperature 18°C. Specifična je toplota (specifični toplinski kapacitet) čeličnih kugli 0.46 kJ/kgK, a temperatura okolice 20°C. Uklonimo li adijabatsku pregradu:

- kolika će biti konačna temperatura kugli,
- koliki je porast entropije adijabatskog sustava?

3. (3 boda) Nakon odbijanja rada pumpanja, snaga je termoelektrane s parom turbinom 45 MW. Tlak je vodene pare na ulazu u turbinu 7 MPa, a temperatura 500°C. Tlak od 10 kPa održava se u kondenzatoru pomoću masenog protoka vode u iznosu 2000 kg/s. Odredite:

- termički stupanj djelovanja Rankineovog kružnog procesa termoelektrane,
- maseni protok vodene pare i
- porast temperature rashladne vode.

Proces u termoelektrani smatrajte stacionarnim i jednodimenzionalnim, a promjene kinetičke i potencijalne energije fluida zanemarite. Specifični je toplinski kapacitet rashladne vode 4.18 kJ/kgK. Iz parnih tablica očitane su ove vrijednosti:

-tlak 10 kPa:  $v' = 0.001 \text{ m}^3/\text{kg}$ ,  $s' = 0.649 \text{ kJ/kgK}$ ,  $s'' = 8.151 \text{ kJ/kgK}$ ,  $h' = 191.8 \text{ kJ/kg}$ ,  $h'' = 2584.8 \text{ kJ/kg}$

-tlak 7 MPa: 500°C:  $h = 3410.6 \text{ kJ/kg}$ ;  $s = 6.799 \text{ kJ/kgK}$

4. (3 boda) Idealni plin ( $c_p = 1.005 \text{ kJ/kgK} = \text{konst.}$ ,  $R = 0.287 \text{ kJ/kgK}$ ) ekspankira u plinskoj turbini od 7 bar, 600°C na 1 bar, 250°C. Za vrijeme ekspanzije 9 kJ/kg toplinske energije prešlo je u okolicu tlaka 1 bar i temperature 15°C. Zanemarite promjenu kinetičke i potencijalne energije idealnog plina za vrijeme procesa u turbini. Proces u plinskoj turbini smatrajte jednodimenzionalnim, stacionarnim, strujnim procesom.

- Skicirajte u  $h,s$ -dijagramu proces u plinskoj turbini.
- Odredite specifični povratljivi rad plinske turbine.
- Odredite specifični gubitak mehaničkog rada.

5. (2 boda) Stalni je maseni protok geotermalne vode (10 kg/s, temperatura 95°C, na tlaku okolice 1 bar) raspoloživ za dobivanje mehaničkog rada. Temperatura okolice iznosi 25°C. Iz tablica dobivamo veličine stanja raspoložive (za 95°C i 1 bar:  $h = 398 \text{ kJ/kg}$ ,  $s = 1.25 \text{ kJ/kgK}$ ) i iskorištene geotermalne vode (za 25°C i 1 bar:  $h_{\text{sk}} = 105 \text{ kJ/kg}$ ,  $s_{\text{sk}} = 0.367 \text{ kJ/kgK}$ )

- Odredite maksimalnu tehničku snagu (eksergiju) protoka geotermalne vode koja se može dobiti iz otvorenog sustava. Zanemarite mogući doprinos kinetičke i potencijalne energije tijeka vode.
- Kad bismo u kružnom procesu geotermalni izvor koristili kao topli spremnik, a okolicu kao hladni, kolika bi bila maksimalna tehnička snaga (eksergija toplinske energije)?

6. (4 boda) Zatvoreni sustav, što sadrži 25 kg idealnog plina ( $R = 0.287 \text{ kJ/kgK}$ ,  $\kappa = 1.4$ ), podvrgnut je desnokretnom Carnotovom kružnom procesu. Donja i gornja temperatura u procesu su 300 K i 1000 K. Tlak nakon adijabatske ekspanzije je 100 kPa, a nakon adijabatske kompresije 8000 kPa. Odrediti:

- temperature i tlakove u četiri karakteristične točke i nacrtati proces u  $p-v$  dijagramu,
- dovedenu i odvedenu toplinsku energiju,
- dobiveni mehanički rad,
- termički stupanj djelovanja kružnog procesa.