

(Pitanja nose 1 bod, osim petog i devetog koja nose 2 boda.)

1. Navedite po dva prijelazna i stacionarna oblika energije te navedite jesu li 100% eksergija.
2. Objasnite razliku faktora preobrazbe kod hladnjaka i toplinske pumpe.
3. Kako glase jednostavni izrazi principa očuvanja mase za zatvoreni i otvoreni sustav (za jednodimenzionalno stacionarno stanje)?
4. Koji oblici energije mogu prelaziti granice adijabatskog otvorenog sustava?
5. U h-s dijagramu nacrtajte:
 - a) idealni i realni proces pumpanja (iz istog početnog stanja);
 - b) Carnotov ljevokretni kružni proces.
6. U p-v dijagramu skicirajte izotermni, adijabatski i politropski proces ekspanzije iz istog početnog stanja.
7. O čemu ovise entalpija i unutrašnja kalorička energija?
8. Što je to eksergijski stupanj djelovanja i koliko teorijski najviše iznosi?
9. Promatramo li Rankineov kružni proces, odredite kako utječe:
 - a) snižavanje tlaka u kondenzatoru na dobiveni rad turbine;
 - b) povećavanje tlaka i temperature pare na rad pumpanja?
10. Na koje načine se može proizvoditi električna energija iz geotermalnih izvora i koji je primjenjiv u Hrvatskoj?

1. (4 boda) Zatvoreni sustav, što sadrži 20 kg idealnog plina ($R = 0,287 \text{ kJ/kgK}$, $\kappa = 1,4$), podvrgnut je desnokretnom Carnotovom kružnom procesu. Temperature su granice procesa 300 K i 1000 K. Tlak nakon adijabatske ekspanzije je 22 kPa, a nakon adijabatske kompresije 1700 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.

2. (2 boda) Binarna geotermalna TE u Costa Rici snage 15 MWe koristi Rankineov kružni proces u kome je specifična entalpija na ulazu u turbinu 530 kJ/kg, na izlazu iz kondenzatora 15,2 kJ/kg i na izlazu iz pojne pumpe 18,2 kJ/kg. Gubici električnog generatora su zanemarivi. Maseni protok radnog medija u kružnom procesu je 250 kg/s. Odrediti:

- specifičnu entalpiju na izlazu iz turbine,
- termički stupanj djelovanja kružnog procesa.

3. (3 boda) Snaga termoelektrane s parnom turbinom je 45 MWe. Tlak je vodene pare na ulazu u turbinu 7 MPa, a temperatura 500 °C. Tlak u kondenzatoru je 10 kPa. Odredite:

- sadržaj pare na izlazu iz turbine,
- termički stupanj djelovanja Rankineovog kružnog procesa,
- porast temperature rashladne vode koja odvodi toplinu iz kondenzatora. Protok vode za hlađenje je 2000 kg/s, a njezin specifični toplinski kapacitet 4,18 kJ/kgK.

Proces u termoelektrani smatrajte stacionarnim i jednodimenzionalnim, a promjene kinetičke i potencijalne energije fluida zanemarite.

Iz parnih tablica očitane su ove vrijednosti:

- 10 kPa: $v' = 0,001 \text{ m}^3/\text{kg}$, $s' = 0,649 \text{ kJ/kgK}$, $s'' = 8,151 \text{ kJ/kgK}$, $h' = 191,8 \text{ kJ/kg}$, $h'' = 2584 \text{ kJ/kg}$
- 7 MPa, 500 °C: $h = 3410 \text{ kJ/kg}$, $s = 7 \text{ kJ/kgK}$

4. (3 boda) Tlak su i temperatura vodene pare na ulazu u visokotlačni dio turbine 8 MPa i 500 °C. Para ekspanzira na tlak 2 MPa i zatim se izobarno zagrijava u međupregrijaču pare ponovno na 500 °C da bi zatim ekspanzirala u niskotlačnom dijelu turbine do tlaka 100 kPa.

- Ukoliko je snaga turbine 50 MW, koliki je maseni protok vodene pare?
- Koliko se toplinske snage dovodi u međupregrijaču pare?
- Koliki bi morao biti maseni protok pare ako je unutrašnji stupanj djelovanja turbine 88%?

Opisani proces smatrajte stacionarnim i jednodimenzionalnim, a promjene potencijalne i kinetičke energije pare zanemarite. Iz parnih tablica očitane su ove vrijednosti:

- 8 MPa, 500 °C: $h = 3398 \text{ kJ/kg}$, $s = 6,726 \text{ kJ/kgK}$
- 2 MPa, $s = 6,726 \text{ kJ/kgK}$: $h = 3000 \text{ kJ/kg}$
- 2 MPa, 500 °C: $h = 3567 \text{ kJ/kg}$, $s = 7,432 \text{ kJ/kgK}$
- 100 kPa, $s = 7,432 \text{ kJ/kgK}$: $h = 2702 \text{ kJ/kg}$

5. (4 boda) Zrak ekspanzira u plinskoj turbini od 7 bar i 600 °C na tlak 1 bar i 300 °C. Za vrijeme ekspanzije, u okolicu tlaka 1 bar i temperature 15 °C, prelazi 8 kJ/kg toplinske energije. Zanemarujući promjene kinetičke i potencijalne energije, odredite:

- promjenu entropije zraka,
- promjenu entropije okolice,
- povratljivi tehnički rad turbine,
- gubitak mehaničkog rada (eksergije) izazvan realnošću procesa u turbini.

Računajte s ovim konstantnim vrijednostima za zrak: $c_p = 1,005 \text{ kJ/kgK}$, $R = 0,287 \text{ kJ/kgK}$.

6. (2 boda) Snaga je pojne pumpe 6 kW (snaga koju pumpa predaje vodi).

- Ako zanemarimo promjenu kinetičke i potencijalne energije vode u pumpi, koliki je najviši tlak koji voda može imati na izlazu iz pumpe ako je maseni protok vode kroz pumpu 80 kg/s, a tlak na ulazu u pumpu 6 kPa?
- Ako se izlazni otvor pumpe nalazi 2 metra iznad ulaznog otvora, za koliko bi morali povećati snagu motora koji pokreće pumpu da bi održali maseni protok vode od 80 kg/s? Uzeti da je unutrašnji stupanj djelovanja motora 80%.

Vodu smatrajte idealnom kapljevnom sa specifičnim volumenom jednakim 0,001 m³/kg. Proces pumpanja vode pretpostavite povratljivim, jednodimenzionalnim i stacionarnim.