

TEORIJSKA PITANJA

Napomena: Teorijska pitanja treba slijedno rješavati na tri slobodne stranice kožuljice (ne na vlastitim papirima).

1. (1b) Navesti dva stacionarna i dva prijelazna oblika energije te istaknuti koji je od njih čista eksergija?
2. (2b) Skicirati izotermni, adijabatski (realni) i politropski (toplina se preuzima iz okolice) proces ekspanzije u p-v i T-s dijagramu iz istog početnog stanja.
3. (1b) Što je vrijednost integrala u T-s dijagramu? Kako se mijenja (pada, raste ili se ne mijenja) entropija i unutrašnja kalorička energija medija nakon jednog ciklusa realnog kružnog procesa?
4. (2b) Objasniti termodinamički i eksergijski stupanj djelovanja te koliki je njihov teorijski maksimum?
5. (1b) Kako povećanje temperature uz konstantan tlak u kotlu TE koja koristi Rankineov kružni proces s pregrijanom parom utječe na stupanj djelovanja i na vrijednost sadržaja pare iza turbine?
6. (2b) Nacrtati funkcionalnu shemu termoelektrane (TE) s pregrijanom vodenom parom i međupregrijanjem te prikazati taj proces u T-s dijagramu s oznakama komponenti TE.
7. (2b) Koji tip geotermalnih izvora je prisutan u Hrvatskoj i koje je najvažnije svojstvo fluida u turbinskom krugu geotermalnih elektrana koje se mogu koristiti s tim tipom izvora?
8. (2b) Nacrtati dijagram ovisnosti energije veze po nukleonu o masenom broju atomske jezgre. Navesti vrste nuklearnog zračenja i njihovu prodornost?
9. (1b) Kako mikroskopski udarni presjek za fisiju neutrona u U-235 ovisi o energiji neutrona (opisati ili nacrtati dijagram) te zašto je to važno kod nuklearnog reaktora?
10. (2b) Navesti čemu služi moderator u nuklearnom reaktoru.
Što je to ostatna toplina nuklearnog goriva i zašto je ona važna?

NUMERIČKI ZADACI

Napomena: Numeričke zadatke treba slijedno rješavati na vlastitim papirima tako da je na svakoj stranici po jedan zadatak (sa svake strane lista papira po jedan zadatak).

11. (3b) Idealni plin ($c_v = 718 \text{ J/kgK}$, $R=287 \text{ J/kgK}$) tlaka 2 bara i temperature 50°C ulazi u kompresor koji ga komprimira na tlak 5 bara i temperaturu 200°C . Brzina plina na ulazu u kompresor je 100 m/s , a na izlazu 200 m/s . Specifični tehnički rad za pogon kompresora iznosi 200 kJ/kg . Izlaz iz kompresora je postavljen 5 m iznad ulaza u kompresor. Kolika je izmijenjena toplinska energija između plina i okolice?
12. (3b) Jedan kilogram idealnog plina ($c_v = 718 \text{ J/kgK}$, $R=287 \text{ J/kgK}$) tlaka 100 kPa i temperature 500 K **izotermno** se komprimira na tlak 400 kPa . Toplinsku energiju pritom izmjenjuje s okolicom. Temperatura je okolice 300 K . Koliki je gubitak mehaničkoga rada (eksergije) za vrijeme ovog procesa?

13. (5b) Snaga je parne turbine u termoelektrani, u kojoj se provodi **idealni** Rankineov kružni proces s pregrijanom parom, 500 MW. Tlak je pregrijane vodene pare na ulazu u turbinu 8 MPa, a temperatura 600 °C. Tlak je u kondenzatoru 10 kPa. Iz parnih su tablica očitane sljedeće vrijednosti veličina stanja vode i vodene pare:

- za tlak 10 kPa: $v' = 0,001 \text{ m}^3/\text{kg}$, $s' = 0,649 \text{ kJ/kgK}$, $s'' = 8,151 \text{ kJ/kgK}$, $h' = 192 \text{ kJ/kg}$, $h'' = 2584 \text{ kJ/kg}$;

- za tlak 8 MPa i temperaturu 600 °C: $h = 3640 \text{ kJ/kg}$, $s = 7,019 \text{ kJ/kgK}$;

Izračunajte:

- a) sadržaj pare na izlazu iz turbine,
- b) termički stupanj djelovanja Rankineovog kružnog procesa (uzeti u obzir rad pumpanja),
- c) snagu pumpe (izraženu u vatima),
- d) porast temperature rashladne vode koja odvodi toplinu iz kondenzatora. Protok vode za hlađenje je 20000 kg/s, a njezin specifični toplinski kapacitet 4,18 kJ/kgK.

14. (4b) Jouleov kružni proces s idealnim plinom ($\kappa = 1,4$ i $R = 287 \text{ J/kgK}$) sastoji se od **realne** adijabatske kompresije i ekspanzije te izobarnog dovođenja i odvođenja topline. Na ulazu u kompresor plin ima temperaturu 350 K i tlak 2 bara, a na izlazu iz kompresora temperaturu 850 K i tlak 30 bara. Temperatura plina na ulazu u turbinu iznosi 1500 K, a na izlazu iz turbine 800 K. Izračunati:

- a) unutrašnji stupanj djelovanja turbine,
- b) unutrašnji stupanj djelovanja kompresora,
- c) termički stupanj djelovanja Jouleovog kružnog procesa.

15. (3b) Toplinska pumpa za grijanje kuće koristi unutrašnju kaloričku energiju podzemne vode čiji je specifični toplinski kapacitet 4,18 kJ/kgK. Kružni je proces u toplinskoj pumpi izveden s radnim fluidom HFC-32. Specifična toplina koja u kondenzatoru prelazi u kuću je 100 kJ/kg, dok je specifična toplina koja u isparivaču s podzemne vode prelazi na HFC-32 70 kJ/kg. Promjena temperature podzemne vode u isparivaču je 8 °C. Faktor preobrazbe ljevokretnog kružnog procesa iznosi 4, a snaga je kompresora 5 kW.

Izračunati:

- a) maseni protok radnog fluida HFC-32,
- b) maseni protok podzemne vode.

16. (4b) Nuklearna elektrana PWR tipa ima 3 rashladne petlje. Masa **urana** u jezgri je 70 tona, obogaćenja 3%. Srednji neutronske tok u jezgri je $3 \cdot 10^{17} \text{ n/m}^2\text{s}$. Mikroskopski udarni presjek za fisiju je $580 \cdot 10^{-28} \text{ m}^2$. Temperatura hladioca, specifičnog toplinskog kapaciteta 5,7 kJ/kgK na ulazu u jezgru je 295 °C, a na izlazu iz jezgre 328 °C. Entalpija pojne vode parogeneratora je 391 kJ/kg, a entalpija zasićene pare na izlazu iz parogeneratora 2764 kJ/kg. Maseni je protok pare po parogeneratoru 423 kg/s. Izračunati:

- a) snagu jezgre,
- b) maseni protok primarnog hladioca kroz jezgru,
- c) snagu primarne pumpe,
- d) toplinsku snagu jezgre 5 dana nakon obustave reaktora, ako je, prije obustave, reaktor radio 15 mjeseci na punoj snazi (uzeti da mjesec ima 30 dana).