

1. (4b) Nacrtajte u T-s dijagramu izobarnu i izohornu kompresiju iz iste točke. Koliki je specifični toplinski kapacitet izotermne promjene stanja? Koju fizikalnu veličinu dobijete kao integral ispod krivulje promjene stanja u T-s dijagramu i da li je ona veličina stanja? Za koju su promjenu stanja idealnog plina mehanički rad promjene volumena i tehnički rad jednaki?
2. (4b) Što je eksergijski stupanj djelovanja i koliko on iznosi za Carnotov kružni proces? Kako nazivamo dio energije koji ne možemo pretvoriti u mehanički rad? Koji je predznak promjene entropije u realnom kružnom procesu? Što je pravac okolice i čemu služi?
3. (4b) Kako bi utjecali na promjenu stupnja djelovanja Rankineovog kružnog procesa ako smanjimo tlak u kondenzatoru? Od kojih se procesa sastoji Rankineov kružni proces? Što je to specifični potrošak topline, a što specifični potrošak pare?
4. (4b) Navedite bar dvije karakteristike nuklearnih sila. Što je reaktivnost reaktora? Koje je fizikalno značenje makroskopskog udarnog presjeka za reakciju s neutronima i koja mu je jedinica? Što je moderator i koji je materijal korišten kao moderator u PWR reaktoru?
5. (4b) Koje vrste geotermalnih elektrana imamo? Što je faktor preobrazbe toplinske pumpe? Navedite bar dva izvora biomase iz uzgoja. Koji kemijski proces predstavlja osnovu za dobivanje biodizela, a koji za dobivanje bioetanolu?
6. (4b) Nacrtajte idealni Q-H dijagram derivacijske HE. Kako se HE dijele prema položaju strojarne? Napišite član dinamičkog tlaka u Bernoullijevoj jednačbi. O kojem se tipu vodne turbine vjerojatno radi ako vam je jedino poznato da se radi o velikoj jediničnoj snazi?
7. (4b) Kakav je fazni kut napona i struje za čisto kapacitivno opterećenje? Navedite dvije osnovne razlike dalekovodnog užeta i visokonaponskog kabela. Definirajte faktor neravnomjernosti dnevne krivulje opterećenja. Kada koristimo istosmjerni napon u prijenosu električne energije?
8. (4b) Što je solarna konstanta, a što indeks prozirnosti? Koje su komponente Sunčevog zračenja iskoristive na fotonaponskom panelu, a koje u solarnom tornju? Nacrtajte U-I dijagram FN ćelije i paralelnog spoja dvije iste FN ćelije. Kako se zove uređaj za mjerenje ozračenja?
9. (4b) Koja su dva osnovna načina podjele gorivnih članaka? Navedite bar dva načina za proizvodnju vodika. Navedite bar dvije osnovne značajke spremnika energije. Koja je osnovna prednost, a koja je osnovna mana reverzibilne elektrane kao spremnika energije?
10. (4b) Navedite bar tri osnovne komponente VA. Da li efikasnost VA ovisi o brzini vjetra? Kako se regulira mehanička snaga VA? Da li je za očekivati veću jediničnu snagu VA lociranog na kopnu ili na moru?
11. (7b) Procese u dvije kondenzacijske termoelektrane (TE) razmatramo kao idealne Rankineove. Prvu TE opisuju entalpije na izlazu iz: kondenzatora (195 kJ/kg), kotla (3300 kJ/kg) i turbine (2400 kJ/kg). Drugu TE, sa međupregrijanjem, opisuju entalpije na izlazu iz kondenzatora (195 kJ/kg) i kotla (3300 kJ/kg) te na ulazu u kondenzator (2400 kJ/kg). Uz zanemarivanje rada pumpanja kondenzata odrediti:
  - a) termički stupanj djelovanja prve TE,
  - b) potreban iznos dovedene topline u međupregrijanju da bi druga TE imala 25% veći termički stupanj djelovanja od prve TE.
12. (8b) Promatramo desnokretni kružni proces zatvorenog sustava s idealnim plinom ( $R=287 \text{ J/kgK}$ ,  $\kappa = 1,4$ ) sastavljenog od izoterme, izohore i adijabate. U početnom stanju 1 tlak je plina 10 MPa, a temperatura 500 K. Od stanja 1 do stanja 2 plin je podvrgnut izotermnoj promjeni stanja. U stanju 2 tlak je plina 5 MPa. Od stanja 2 do stanja 3 plin je podvrgnut izohornoj promjeni stanja. U stanju 3 tlak je plina 4 MPa. Od stanja 3 plin se vraća u stanje 1, pri čemu je podvrgnut adijabatskoj promjeni stanja. Izračunajte:
  - a) specifičnu toplinsku energiju koja se izmijeni tijekom izotermne, izohorne i adijabatske promjene stanja idealnog plina,
  - b) termički stupanj djelovanja opisanog kružnog procesa.

Pri ispravljanju vrednuje se cjeloviti postupak rješavanja. Točan odgovor bez postupka/obrazloženja se ne priznaje. Ovaj obrazac s pitanjima obavezno se predaje zajedno s košuljicom dežurnom asistentu na kraju ispita. Teorijska pitanja rješavajte slijedno na stranicama košuljice. Ako želite preskočiti pitanje, napišite redni broj i ostavite prazno. Računske zadatke rješavajte slijedno tako da svaki počinje na svojoj stranici. Ako želite preskočiti zadatak, napišite redni broj na vrh stranice i ostavite praznu stranicu.



13. (8b) Pribranska elektrana ima zahvat vode na 500 m n.v. i nazivni protok od  $400 \text{ m}^3/\text{s}$ . Visina vode iza brane je 50 m u odnosu na elevaciju zahvata. Turbina promjera 6 m nalazi se na 485 m n.v. a razina donje vode je na 477 m n.v. Koliko se postotno poveća snaga elektrane nakon dodavanja difuzora promjera 9 m uz sve ostale parametre iste?
14. (8b) Nuklearna elektrana PWR tipa ima 4 rashladne petlje. Snaga jezgre je 4100 MW. Gorivni element je duljine 3,75 m, tipa  $18 \times 18$  i ima 36 vodilica za kontrolne apsorbere i instrumentaciju. Nominalna linearna gustoća snage gorivne šipke je  $18,61 \text{ kW/m}$ . Porast temperature hladioca u jezgri reaktora je 33 K. Specifični toplinski kapacitet hladioca je  $5,54 \text{ kJ/kgK}$ , a gustoća  $700 \text{ kg/m}^3$ . Porast tlaka na primarnoj rashladnoj pumpi je 686 kPa. Trajanje ciklusa izgaranja goriva je 18 mjeseci (mjesec ima 30 dana). Faktor opterećenja elektrane u tom periodu je 0,92. Težinsko obogaćenje goriva je 4%, a prinos fisije je 200 MeV. Izračunati:
- broj gorivnih elemenata u jezgri,
  - snagu primarne rashladne pumpe,
  - masu  $\text{UO}_2$  goriva koju je potrebno zamijeniti tijekom izmjene goriva ako računamo da je potrebno nadoknaditi samo potrošeno gorivo i da su fisije bile samo u U-235.
15. (7b) Idealni plin ( $R=287 \text{ J/kgK}$ ,  $\kappa = 1,4$ ) ekspandira u plinskoj turbini od tlaka 7 bar i temperature  $600^\circ\text{C}$  na tlak 1 bar i temperaturu  $300^\circ\text{C}$ . Za vrijeme ekspanzije, u okolicu tlaka 1 bar i temperature  $15^\circ\text{C}$  prelazi 8 kJ/kg toplinske energije. Zanimajući promjene kinetičke i potencijalne energije idealnog plina, odredite:
- realni tehnički rad turbine,
  - maksimalni tehnički rad turbine,
  - promjenu entropije idealnog plina.
16. (6b) Za izgradnju termoelektrane (TE) na biomasu i solarne fotonaponske (FN) elektrane na raspolaganju je ukupno 20 ha obradive površine. Izračunati godišnju proizvedenu električnu energiju u Wh u TE na biomasu i u FN elektrani ako su paneli postavljeni pod optimalnim kutom. Aktivna površina FN panela je dvostruko manja od ukupne raspoložive površine, dok kod TE na biomasu površina na kojoj se uzgaja biomasa zauzima 90% ukupne raspoložive površine. Vršno ozračenje na površinu FN panela iznosi  $1 \text{ kW/m}^2$ , a godišnja je ozračenost na horizontalnu površinu na mjestu postavljanja panela  $1500 \text{ kWh/m}^2$ . Stupanj je djelovanja FN ćelija 0,12, a ukupno povećanje ozračenosti na panele postavljene pod optimalnim kutom iznosi 15%. Termički stupanj djelovanja TE na biomasu iznosi 0,29. Ogrjevna vrijednost biomase iznosi  $12 \text{ MJ/kg}$ , a godišnji prinos biomase  $15 \text{ t/ha}$ .
17. (8b) Mjerenjem je na nekoj lokaciji utvrđena sljedeća raspodjela vjetra:

m/s	0	5	8	11	15	20	25
% godišnje	16	38	23	7	5	3	8

Na raspolaganju imamo dva vjetroagregata promjera lopatica 40 m, jedan je građen za nazivnu brzinu vjetra od  $10 \text{ m/s}$ , a drugi za nazivnu brzinu vjetra od  $12 \text{ m/s}$ . Vjetroagregat može raditi od 50% nazivne brzine do 200% nazivne brzine. Efikasnost pretvaranja mehaničke energije u električnu je 0,95.

Koji vjetroagregat može teorijski proizvesti više električne energije godišnje? Koliki je faktor opterećenja tog agregata? Kolika je maksimalna teorijska snaga tog agregata? Izračunajte  $c_p$  za oba agregata za brzinu vjetra od  $20 \text{ m/s}$ .

18. (8b) Maksimalna dnevna potrošnja EES-a iznosi 2000 MW, a minimalna 800 MW. Vrijeme trajanja minimalne snage je 6 sati. Faktor opterećenja iznosi 0,625.  $\alpha = \beta$ . U sustavu su raspoložive sljedeće elektrane: nuklearna elektrana snage 500 MW, dvije protočne hidroelektrane snaga 150 MW i 200 MW, tri termoelektrane, snaga 200 MW ( $\text{TE}_1$ ), 300 MW ( $\text{TE}_2$ ) i 350 MW ( $\text{TE}_3$ ), tehničkih minimuma 50 MW svaka, čija je cijena proizvodnje električne energije obrnuto proporcionalna nazivnoj snazi, te reverzibilna hidroelektrana koja radi kada su iscrpljene sve ostale elektrane u sustavu, a diže vodu kada ima viška energije u sustavu (efikasnost ciklusa pumpanja vode je 56,25%).
- Nacrtajte dijagram trajanja opterećenja EES-a, označite karakteristične točke i ucrtajte raspored uključivanja elektrana.
  - Koliko iznosi vrijeme trajanja maksimalne snage?
  - Koliko iznosi varijabilna potrošena energija?
  - Koliko energije proizvede  $\text{TE}_3$ ?
  - Koliko sati  $\text{TE}_1$  radi na snazi većoj od minimalne?
  - Kolika je efikasnost ciklusa pražnjenja RHE?

Pri ispravljanju vrednuje se cjeloviti postupak rješavanja. Točan odgovor bez postupka/obrazloženja se ne priznaje.

Ovaj obrazac s pitanjima obavezno se predaje zajedno s košuljicom dežurnom asistentu na kraju ispita.

Teorijska pitanja rješavajte slijedno na stranicama košuljice. Ako želite preskočiti pitanje, napišite redni broj i ostavite prazno.

Računske zadatke rješavajte slijedno tako da svaki počinje na svojoj stranici. Ako želite preskočiti zadatak, napišite redni broj na vrh stranice i ostavite praznu stranicu.