

TEORIJSKA PITANJA

Napomena: Teorijska pitanja rješavajte slijedno na vlastitim papirima. Svako teorijsko pitanje vrijedi **4 boda**.

1. Nacrtajte u T-s dijagramu izobarnu i izohornu ekspanziju iz iste točke. Koja se fizikalna veličina dominantno mijenja u procesu prigušivanja? Kad kažemo da je neka veličina, veličina stanja termodinamičkog procesa? Za koju su promjenu stanja idealnog plina mehanički rad promjene volumena i tehnički rad jednaki?
2. 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. Koje je porijeklo geotermalne energije? Koje su vrste geotermalnih elektrana? Poredajte ih u smislu porasta stupnja djelovanja. Što je toplinska pumpa i koja im je osnovna podjela?
4. Čemu služi moderator u nuklearnom reaktoru? Kad kažemo da je reaktor kritičan? Kako se regulira snaga PWR reaktora? Što je i o čemu ovisi ostatna toplina nuklearnog reaktora?
5. Što prikazuje konsumpcijska krivulja? Što je to biološki minimum HE i za koju vrstu elektrana je primjenjiv? Koje su karakteristike Peltonove turbine i kako joj se regulira snaga? Što je to kavitacija i kako utječe na rad vodne turbine?
6. Što se događa s potrošnjom energije u sustavu u kojem frekvencija mreže pada? U čemu se sve razlikuju prijenos i distribucija električne energije? Koje se elektrane koriste za pokrivanje vršnog opterećenja u voznom redu elektrana? Koje su razlike VN kabela i dalekovodnog užeta?
7. Nacrtati I-U i karakteristiku snage fotonaponskog panela. Kako je definirana efikasnost FN panela i o čemu ovisi? Koja komponenta sunčevog zračenja je dominantna tijekom oblačnog vremena? Koji je približni napon jedne Si FN ćelije i kakvim ga spojem možemo povećati?
8. Nacrtati karakteristiku snage VA. Koji su načini regulacije snage VA? Koji konstruktivni element spaja brzohodnu i sporohodnu osovinu VA? Što znači kad kažemo da je VA indirektno spojen na mrežu?
9. Što je gorivni članak i koji su mu osnovni dijelovi? Što su to neposredne energetske pretvorbe i navesti dva primjera. Što su to primarne pretvorbe biomase i navesti bar 2 termičke? Navesti načine spremanja vodika?
10. Navesti 2 razloga za spremanje električne energije u sustavu. Koji su EM spremnici električne energije? Kako je definirana efikasnost skladištenja spremnika i o čemu ona ovisi u slučaju RHE? Objasniti čemu služi eksterni trošak.

NUMERIČKI ZADACI

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

11. **(7b)** Sekundarna strana PWR nuklearne elektrane koristi Rankineov kružni proces sa **suhozasićenom** vodenom parom tlaka 6,5 MPa. Protok radnog medija je 1050 kg/s. Unutrašnji je stupanj djelovanja pumpe 0,8, a turbine 0,85. Tlak je u kondenzatoru 7 kPa. Iz parnih tablica očitane su sljedeće karakteristične vrijednosti:
 - za tlak 6,5 MPa: $h'' = 2780 \text{ kJ/kg}$, $s'' = 5,853 \text{ kJ/kgK}$;
 - za tlak 7 kPa: $h' = 163 \text{ kJ/kg}$, $h'' = 2573 \text{ kJ/kg}$, $s' = 0,559 \text{ kJ/kgK}$, $s'' = 8,277 \text{ kJ/kgK}$, $v' = 0,001 \text{ m}^3/\text{kg}$.Izračunati:
 - a) termički stupanj djelovanja Rankineovog kružnog procesa (uzeti u obzir rad pumpanja),
 - b) snagu turbine,
 - c) ukupnu snagu generatora pare.
12. **(7b)** Nuklearna elektrana PWR tipa ima 4 rashladne petlje. Snaga jezgre je 3990 MW, a masa UO_2 u jezgri je 105 tona. 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 5,9 kJ/kgK, na ulazu u jezgru je 295 °C, a na izlazu iz jezgre 329 °C. Entalpija pojne vode parogeneratora je 650 kJ/kg, a entalpija zasićene pare na izlazu iz parogeneratora 2760 kJ/kg. Maseni je protok pare po jednom parogeneratoru 475 kg/s. Izračunati:

- a) snagu primarne pumpe,
b) obogaćenje goriva,
c) maseni protok primarnog hladioca kroz primarnu pumpu.
13. (7b) Zatvoreni sustav, što sadrži 20 kg idealnog plina ($R = 0,287 \text{ kJ/kgK}$, $\kappa = 1,4$), podvrgnut je desnokretnom Carnotovom kružnom procesu. Donja temperatura u procesu je 300 K, a gornja 1000 K. Tlak nakon adijabatske ekspanzije je 22 kPa, a nakon adijabatske kompresije 1700 kPa. Izračunati:
a) dovedenu i odvedenu toplinsku energiju,
b) dobiveni mehanički rad,
c) termički stupanj djelovanja kružnog procesa.
14. (5b) Snaga je motora pojne pumpe 6 kW, a efikasnost 90%. Vodu smatrajte idealnom kapljevinom sa specifičnim volumenom jednakim $0,001 \text{ m}^3/\text{kg}$.
a) 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? Zanemariti promjenu kinetičke i potencijalne energije vode u pumpi.
b) Ako pretpostavimo da 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 ?
15. (6b) Ovisnost srednjeg godišnjeg protoka rijeke o nadmorskoj visini opisuje izraz $Q_{sr} [\text{m}^3/\text{s}] = 1/3 \cdot (1500 - H [\text{m}])$. Izračunati:
a) ukupnu godišnju energiju vodotoka ako je izvor rijeke na 1300 m n.v., a ušće na 300 m n.v.,
b) snagu pribranske hidroelektrane s branom visine 50 m postavljenu na 400 m.n.v. Visina gornje vode dana je izrazom $H_{GV} (\text{m}) = Q/10 (\text{m}^3/\text{s})$, a donje vode $H_{DV} (\text{m}) = Q/50 (\text{m}^3/\text{s})$. Instalirani je protok elektrane $300 \text{ m}^3/\text{s}$, a prosječni stupanj djelovanja 0,9.
16. (4b) Gornja akumulacija reverzibilne hidroelektrane (RHE) smještena je 300 m iznad donje akumulacije. RHE dnevno proizvede 500 MWh električne energije. U crpnom režimu rada (pumpanje vode u gornju akumulaciju) elektrana iz mreže uzima 900 MWh el. energije. U gornjoj je akumulaciji na raspolaganju 700.000 m^3 vode koja se u potpunosti može iskoristiti tijekom jednog ciklusa pražnjenja. Izračunati:
a) stupanj djelovanja RHE za proizvodnju električne energije,
b) stupanj djelovanja pumpanja vode u gornju akumulaciju.
17. (5b) Ukupno vršno ozračenje na površinu zrcala u solarnoj TE (solarni toranj) postavljenu pod optimalnim kutom iznosi 1000 W/m^2 . Aktivna je površina zrcala 1 km^2 . Ukupna godišnja ozračenost na horizontalnu plohu je 1600 kWh/m^2 . Efikasnost pretvorbe solarne energije u toplinsku u solarnom tornju je 0,45, a efikasnost Rankineovog kružnog procesa je 0,42. Udio **direktne** komponente u Sunčevom zračenju je 0,85. Zrcala su postavljena pod optimalnim kutom, a ozračenost se pritom poveća 20%. Izračunati vršnu snagu elektrane, godišnju proizvodnju električne energije i faktor opterećenja.
18. (5b) Vjetroagregat (promjer lopatica 80 m, nazivna snaga 1,5 MW) ima električnu snagu 0,7 MW kod srednje brzine vjetra od 8 m/s koja se javlja tijekom 40 % vremena u godini. Brzina vjetra između nazivne (13 m/s) i maksimalne javlja se tijekom 13 % vremena (kada VA cijelo vrijeme postiže nazivnu snagu), a ostatak vremena VA ne radi. Računati sa standardnom gustoćom zraka $1,225 \text{ kg/m}^3$. Izračunati:
a) c_{pe} za srednju brzinu vjetra 8 m/s,
b) predvidivu godišnju proizvodnju električne energije,
c) faktor opterećenja vjetroagregata.
19. (8b) Maksimalna dnevna potrošnja EES-a iznosi 2000 MW, a minimalna 900 MW. Vrijeme trajanja minimalne snage je 6 sati. Varijabilna dnevna potrošnja iznosi 13650 MWh. Za aproksimaciju dijagrama trajanja opterećenja s tri pravca vrijedi $\alpha = 5/6$. U sustavu su raspoložive sljedeće elektrane: nuklearna elektrana snage 600 MW, protočna hidroelektrana snage 300 MW, pet termoelektrana snaga 150 MW (TE1), 200 MW (TE2), 250 MW (TE3), 300 MW (TE4) i 350 MW (TE5), tehničkih minimuma 50 MW svaka, čija je cijena proizvodnje električne energije obrnuto proporcionalna nazivnoj snazi elektrane.
a) Nacrtati dijagram trajanja opterećenja EES-a, označiti karakteristične točke i ucrtati raspored rada elektrana.
b) Izračunati koliko energije proizvede TE1, TE3, i TE5.
c) Izračunati energiju preljeva hidroelektrane?