

1. Odgovoriti mijenja li se (ne, raste ili pada) i objasniti zašto temperatura toplinski izolirane sobe u kojoj idealni hladnjak radi s otvorenim vratima.

Raste jer se ne može prebacivati toplina s hladnijeg bez ulaganja energije.
Zato što to ograničava 2. zakon termodinamike.
2. Jadransko more ima ljeti temperaturu vode na površini preko 20 °C, a na nekoj dubini desetak stupnjeva manje. Navesti dva načina kako bi se to moglo energetski iskoristiti.

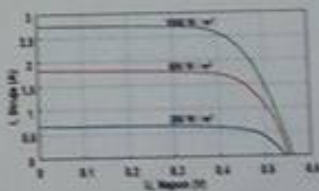
Direktno za hlađenje cirkuliranjem vode.
Indirektno toplinskim strojem za proizvodnju električne energije iz razlike temperatura.
3. Koji raspon temperatura imaju geotermalni izvori u Hrvatskoj i što karakterizira radni medij elektrana koje se s tim izvorima mogu koristiti? Koje je porijeklo geotermalne energije?

60 – 180 °C
Niska temperatura isparivanja.
Dominantno radioaktivni raspad + kemijski i zaostala toplina
4. Čemu služi moderator u nuklearnom reaktoru? Navesti dva materijala koja se koriste za moderiranje i objasniti kako reaktor može raditi bez moderatora? Kako nastaje i zašto je važna ostatna toplina?

Moderator usporava neutrone za vjerojatniju fisiju.
Grafite obična i teška voda. ~~ne može~~
Nastaje radioaktivnim raspadom fizijskih produkata i važna je za sigurnost jer se mora odvoditi.
5. Objasniti što prikazuju Q-H dijagram i konsumpcijska krivulja te za što se koriste. Navesti tri vrste hidroelektrana.

Q-H dijagram prikazuje ovisnost Q_H protoka o nadmorskoj visini, a konsumpcijska krivulja prikazuje ovisnost razine vode o protoku na jednom mjestu. Služi za planiranje izgradnje HE.
Nisko, srednje i visoko tlačne; na plimu i oseku; protočne (pribranske i derivacijske) te crpno-akumulacijske (dnevne i sezonske).
6. Što se događa s frekvencijom mreže kada je potrošnja u elektroenergetskom sustavu manja od proizvodnje? Objasniti razliku topografije prienosnog i razdjelnog dijela elektroenergetskog sustava.

Frekvencija raste.
Prijenosni sustav je umrežen, a razdjelni zrakast.
7. Nacrtati I-U karakteristiku fotonaponskog panela za dva iznosa ozračenja (jedno neka bude dvostruko većeg iznosa od drugoga) te označiti točku maksimalne snage za oba slučaja. Koja komponenta sunčevog zračenja je dominantna tijekom oblačnog vremena?


8. Kako se regulira snaga vjetroagregata na nazivnu kod većih brzina od nazivne (sve do maksimalne)? Zašto se vjetroagregat ne konstruira tako da mu nazivna brzina bude jednaka maksimalnoj brzini?

Lopaticama: pasivno dizajnom (stall) i aktivno zakretanjem (pitch).
Zato da se VA ne smanji previše faktor opterećenja.
Odnosno da se ostvari bolja ekonomičnost.
9. Objasniti što su to neposredne energetske pretvorbe i navesti tri primjera. Navesti tri primarne vrste pretvorbe biomase i što njima nastaje. Navesti glavne prepreke za korištenje gorivnih članaka.

Fotonapon, termoelekčno, termionski, toplinski članak, gorivna ćelija, piezoelektricitet itd.
Termička (izgaranje, rasplinjavanje i piroliza): toplina i tekuće ili plinovito gorivo; **biološka** (fermentacija, anaerobna digestija): tekuće ili plinovito gorivo; **fizička** (hidroliza, fermentacija): tekuće gorivo.
Resursi (platina), pohrana i cijena.
10. Navesti tri oblika pohranjene energije, te tri značajke spremnika energije. Koji spremnik energije ima najveću gustoću snage. Objasniti čemu služi eksterni trošak.

Oblici: mehanička, gravit. potencijalna, elektrokemijska, električna pot. i toplinska.
meh., elektrokem., el. pot. i toplinski.
Značajke: gustoća, brzina i vrijeme [punjenje, (samo)-pražnjenje], efikasnost, promjena napona i dubina pražnjenja. **Kondenzator**
Eksterni trošak je podloga za smanjivanje štete u okolišu.

13. (7b) Zatvoreni sustav, što sadrži 20 kg idealnog plina ($R = 0,287 \text{ kJ/kgK}$, $\kappa = 1,4$), podvrgnut je dvosmjernom 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:
- dovedenu i odvedenu toplinsku energiju,
 - dobiveni mehanički rad,
 - 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 $0,001 \text{ m}^3/\text{kg}$.
- 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.
 - 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 $Q_{\text{g}} [\text{m}^3/\text{s}] = 1/3 (1500 - H [\text{m}])$. Izračunati:
- ukupnu godišnju energiju vodotoka ako je izvor rijeke na 1300 m n.v., a uljez na 300 m n.v.,
 - snagu pribranske hidroelektrane s brantom visine 50 m postavljenom na 800 m n.v. Visina gornje vode dana je izrazom $H_{\text{g}} [\text{m}] = Q_{\text{g}}/10 [\text{m}^3/\text{s}]$, a donje vode $H_{\text{d}} [\text{m}] = Q_{\text{g}}/50 [\text{m}^3/\text{s}]$. Instalirani je protok elektrane $300 \text{ m}^3/\text{s}$, a prosječni stupanj djelovanja 0,8.
16. (4b) Gornja akumulacija reverzibilne hidroelektrane (RHE) smještena je 300 m iznad donje akumulacije. RHE dnevno proizvode 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:
- stupanj djelovanja RHE za proizvodnju električne energije,
 - stupanj djelovanja pumpanja vode u gornju akumulaciju.
17. (5b) Ukupno vršno zračenje 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 zračenost na horizontalnu plohu je 1600 kWh/m^2 . Efikasnost pretvorbe solarne energije u toplinsku u solarnom toranju je 0,45, a efikasnost Rankinovog kružnog procesa je 0,42. Udio direktne komponente u Sunčevom zračenju je 0,85. Zrcala su postavljena pod optimalnim kutom, a zračenost 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 (11 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:
- c_{pe} za srednju brzinu vjetra,
 - predviđivu godišnju proizvodnju električne energije,
 - 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.
- Nacrtati dijagram trajanja opterećenja EES-a, označiti karakteristične točke i ucrtati raspored rad elektrana.
 - Izračunati koliko energije proizvede TE1, TE3, i TE5.
 - Izračunati energiju preljeva hidroelektrane?

TEORIJSKA PITANJA

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

1. Odgovoriti mijenja li se (ne, raste ili pada) i objasniti zašto temperatura toplinski izolirane sobe u kojoj idealni hladnjak radi s otvorenim vratima.
2. Jadransko more ima ljeti temperaturu vode na površini preko 20 °C, a na nekoj dubini desetak stupnjeva manje. Navesti dva načina kako bi se to moglo energetski iskoristiti.
3. Koji raspon temperatura imaju geotermalni izvori u Hrvatskoj i što karakterizira radni medij elektrana koje se s tim izvorima mogu koristiti? Koje je porijeklo geotermalne energije?
4. Čemu služi moderator u nuklearnom reaktoru? Navesti dva materijala koja se koriste za moderiranje i objasniti kako reaktor može raditi bez moderatora? Kako nastaje i zašto je važna ostatna toplina?
5. Objasniti što prikazuju Q-H dijagram i konsumpcijska krivulja te za što se koriste. Navesti tri vrste hidroelektrana.
6. Što se događa s frekvencijom mreže kada je potrošnja u elektroenergetskom sustavu manja od proizvodnje? Objasniti razliku topografije prijenosnog i razdjelnog dijela elektroenergetskog sustava.
7. Nacrtati I-U karakteristiku fotonaponskog panela za dva iznosa ozračenja (jedno neka bude dvostruko većeg iznosa od drugoga) te označiti točku maksimalne snage za oba slučaja. Koja komponenta sunčevog zračenja je dominantna tijekom oblačnog vremena?
8. Kako se regulira snaga vjetroagregata na nazivnu kod većih brzina od nazivne (sve do maksimalne)? Zašto se vjetroagregat ne konstruira tako da mu nazivna brzina bude jednaka maksimalnoj brzini?
9. Objasniti što su to neposredne energetske pretvorbe i navesti tri primjera. Navesti tri primarne vrste pretvorbe biomase i što njima nastaje. Navesti glavne prepreke za korištenje gorivnih članaka.
10. Navesti tri oblika pohranjene energije, te tri značajke spremnika energije. Koji spremnik energije ima najveću gustoću snage. Objasniti čemu služi eksterni trošak.

NUMERIČKI ZADACI

Napomena: Numeričke zadatke rješavajte sljedno 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: $h'' = 2780$ kJ/kg, $s'' = 5,853$ kJ/kgK;
 - za tlak 7 kPa: $h' = 163$ kJ/kg, $h'' = 2573$ kJ/kg, $s' = 0,559$ kJ/kgK, $s'' = 8,277$ kJ/kgK, $v' = 0,001$ m³/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 $3 \cdot 10^{17}$ n/m²s. Mikroskopski udarni presjek za fisiju je $580 \cdot 10^{-28}$ m². 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.