

TEORIJSKA PITANJA

Napomena: Teorijska pitanja rješavajte slijedno na tri slobodne stranice košuljice (ne na vlastitim papirima). Svako teorijsko pitanje vrijedi 4 boda.

1. Je li toplinska energija veličina stanja i zašto? Za koji proces s idealnim plinom vrijedi da su tehnički i mehanički rad jednaki? U kakvom su odnosu neto obavljeni rad i izmijenjena toplinska energija za realni kružni proces? Koji je predznak promjene entropije u adijabatskom procesu?
2. Koji su načini za povećanje stupnja djelovanja Rankineovog kružnog procesa? Kada kažemo da je termoelektrana kombi, a kada kogeneracijska? Da li je po apsolutnoj vrijednosti realni rad kompresora u Brayton-Joule procesu veći ili manji od idealnoga rada? Kako se geotermalne elektrane dijele s obzirom na parametre radnoga fluida?
3. Što je to biološki minimum i da li je njegovo postojanje više primjereno pribranskoj ili derivacijskoj elektrani? Čemu služi vodna komora? Što je aspirator i zašto mu je duljina ograničena? U čemu se razlikuju Peltonova i Kaplanova vodna turbina?
4. Što je reaktivnost? Prikažite ovisnost mikroskopskog udarnog presjeka za fisiju U-235 o energiji? Kako nastaju zakašnjeni neutroni i zašto su važni? Navedite kombinaciju gorivo/moderator/hladilo korištenu u jezgri PWR reaktora.
5. Koje su prednosti trofaznog sustava u odnosu na jednofazni? Definirajte vrijeme korištenja maksimalne snage. Što je vozni red elektrana i zašto postoji? Ako nam u sustavu dolazi do smanjenja frekvencije, da li se radi o višku proizvodnih kapaciteta ili povećanoj potrošnji električne energije?
6. Kako se zove uređaj za mjerenje insolacije? Navedite vrste solarnih termoelektrana. Nacrtajte i označite I-U karakteristiku fotonaponske (FN) ćelije. Kako je definiran stupanj djelovanja, a kako faktor punjenja FN ćelije?
7. Što je Betzov koeficijent i koja dva oblika energije on veže? Nacrtajte i označite karakteristiku snage vjetroagregata. Što znači kada kažemo da vjetar ima veliku varijabilnost, a malu predvidljivost? Što znači kada kažemo da agregat ima indirektni pogon, a direktni spoj na mrežu?
8. Koja su dva najvažnija izvora biomase? Što je esterifikacija, a što fermentacija i koje se vrste biogoriva dobivaju kao rezultat tih procesa? Navedite osnovnu prednost i osnovnu manu biomase? Da li biomasa uzrokuje zagađenje sa stajališta CO₂?
9. Koji oblik energetske pretvorbe je realiziran u gorivnom članku? Koji su mu osnovni dijelovi? Prikažite radnu karakteristiku gorivnog članka? Što je to neposredna energetska pretvorba?
10. Zašto skladištimo električnu energiju? Navesti neke značajke koje opisuju spremnik energije. Navesti jedan primjer spremnika za koji je karakteristična velika količina spremljene energije, i jedan za veliku gustoću spremljene energije. Koji će dalekovod proizvesti veće magnetsko polje na rubu koridora za istu prenesenu snagu, dalekovod naponske razine 400 kV ili 110 kV?

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) U termoelektrani se odvija idealni Rankineov kružni proces. Para tlaka 7 MPa i temperature 500 °C napušta kotao i ulazi u visokotlačni (VT) dio turbine gdje ekspandira do tlaka 0,9 MPa. Para se zatim dodatno zagrijava do temperature 450 °C te ekspandira u niskotlačnom (NT) dijelu turbine do tlaka 10 kPa. Iz parnih su tablica očitane vrijednosti entalpija: na izlazu iz kotla 3411 kJ/kg, na izlazu iz VT dijela turbine 2856 kJ/kg, na izlazu iz međupregrijača 3372 kJ/kg, na izlazu iz NT dijela turbine 2431 kJ/kg i na izlazu iz kondenzatora 192 kJ/kg. Gustoća vode što ju pumpa ubrizgava u kotao je 1000 kg/m³. Protok fluida u Rankineovom kružnom procesu je 300 kg/s. Izračunati:
 - a) termički stupanj djelovanja Rankineovog kružnog procesa (uzeti u obzir rad pumpanja),
 - b) protok rashladne vode koja odvodi toplinu iz kondenzatora ako joj se temperatura prilikom izmjene topline poveća za 9 °C. Specifični toplinski kapacitet vode je 4,18 kJ/kgK.
12. (7b) Nuklearna elektrana PWR tipa ima 3 rashladne petlje. Snaga jezgre je 3 GW. Masa je urana u jezgri 65 tona, a srednji neutronske tok 3·10¹³ n/cm²s. Mikroskopski udarni presjek za fisiju je 580·10⁻²⁸ m². Maseni protok primarnog hladioca kroz jednu pumpu je 5000 kg/s. Temperatura hladioca, specifičnog toplinskog kapaciteta 5,7 kJ/kgK i gustoće 720 kg/m³, na ulazu u jezgru je 295 °C. Entalpija pojne vode parogeneratorske je 391 kJ/kg, a entalpija zasićene pare na izlazu iz parogeneratorske 2764 kJ/kg. Maseni je protok pare kroz turbinu 1269 kg/s. Izračunati:
 - a) obogaćenje goriva,
 - b) temperaturu hladioca na izlazu iz jezgre,

- c) snagu primarne pumpe,
- d) promjenu tlaka hladioca na primarnoj pumpi.

13. (6b) Idealni plin ($c_v = 718 \text{ J/kgK}$, $R = 287 \text{ J/kgK}$) tlaka 5 bara i temperature 200°C ekspandira u vertikalno postavljenoj turbini na tlak 1 bar i temperaturu 100°C . Brzina plina na ulazu u turbinu je 30 m/s , a na izlazu 200 m/s . Ulaz u turbinu je smješten 5 m iznad izlaza iz turbine. Izračunati snagu turbine ako se za vrijeme ekspanzije u okolicu odvodi 90 kJ/s toplinske snage. Maseni je protok plina 10 kg/s .

14. (7b) Adijabatski sustav krutih stijenki adijabatskom je pregradom podijeljen u dva dijela. U prvom se nalazi čelična kugla mase 500 kg i temperature 120°C , a u drugom čelična kugla mase 250 kg i temperature 18°C . Specifični toplinski kapacitet čeličnih kugli 460 J/kgK , dok je temperatura okolice 20°C . Uklonimo li adijabatsku pregradu:

- a) kolika će biti konačna temperatura kugli,
- b) kolika će biti ukupna promjena entropije adijabatskog sustava?

15. (7b) Tlačnim se tunelom, sa zahvatom na koti 200 m n.v. , iz akumulacijskog jezera dovodi voda do turbine derivacijske HE čiji je izlaz na koti 50 m n.v. Visina vode ispred brane je 40 m . Razina donje vode (odvodni kanal) je na koti 45 m n.v. Instalirani protok vode kroz postrojenje je $150 \text{ m}^3/\text{s}$. Prosječni je stupanj djelovanja elektrane $0,85$. Promjer izlaznog otvora turbine iznosi 3 m . Izračunati:

- a) instaliranu snagu elektrane kada se na izlaz iz turbine postavi aspirator,
- b) instaliranu snagu elektrane kada se na izlaz iz turbine postavi difuzor čiji je polumjer izlaznog otvora za 1 m veći od polumjera izlaznog otvora turbine,
- c) godišnje proizvedenu električnu energiju za slučajeve a) i b) ako faktor opterećenja iznosi $0,7$ (u oba slučaja).

16. (5b) Termoelektrana na biomasu ima električnu snagu 30 MW i stupanj djelovanja $0,32$.

- a) Ukoliko se pri izgaranju 1 kg biomase oslobađa 9 MJ toplinske energije, kolika je masa biomase koja svaki sat izgara u ložištu (brzina izgaranja biomase u kg/h)?
- b) Ako je faktor opterećenja termoelektrane 75% , a godišnji prinos biomase 12 t/ha , koliku površinu godišnje treba osigurati za uzgoj biomase?

17. (7b) Mjerenjem je na nekoj lokaciji utvrđena sljedeća raspodjela brzine vjetra kroz godinu:

| m/s | 0 | 5 | 8 | 10 | 16 | 20 | 25 |
|------------|----|----|----|----|----|----|----|
| % godišnje | 15 | 33 | 26 | 7 | 5 | 2 | 12 |

Na raspolaganju imamo dva vjetroagregata (VA): VA1 nazivne brzine 8 m/s i promjera lopatica 40 m , i VA2 nazivne brzine 10 m/s i promjera lopatica 50 m . Vjetroagregati mogu raditi na vjetru brzine od 5 m/s do svoje dvostruke nazivne brzine. Računati sa standardnom gustoćom zraka $1,225 \text{ kg/m}^3$. Izračunati:

- a) godišnje proizvedenu električnu energiju u oba VA, ako uzmemo da je efikasnost pretvorbe energije vjetra u električnu pri svim brzinama vjetra, te za oba VA, jednaka i iznosi $0,5$,
- b) faktor opterećenja svakog VA.

18. (8b) Maksimalna dnevna potrošnja EES-a iznosi 1700 MW , a minimalna 800 MW . Vrijeme trajanja minimalne snage je 4 sati. Za aproksimaciju dnevnog dijagrama trajanja opterećenja s tri pravca vrijedi $\alpha = 0,625$ i $\beta = 5/6$. U sustavu su raspoložive sljedeće elektrane: nuklearna elektrana snage 600 MW , dvije protočne hidroelektrane, svaka je snage 200 MW , četiri termoelektrane (TE) svaka nazivne snage 250 MW i tehničkog minimuma 50 MW . Cijene električne energije proizvedene iz TE su različite, najjeftinija je iz TE4, pa redom do najskuplje TE1.

- a) Nacrtati dijagram trajanja opterećenja EES-a, označiti karakteristične točke i ucrtati raspored rada elektrana.
- b) Izračunati faktor opterećenja.
- c) Izračunati energiju proizvedenu u elektrani TE2.
- d) Izračunati energiju preljeva hidroelektrana.