

## TEORIJSKA PITANJA

**Napomena:** Teorijska pitanja treba sljedno rješavati na tri slobodne stranice košuljice (ne na vlastitim papirima).

1. (2b) Koja su dva osnovna izvora biomase? Koje je biogorivo rezultat procesa esterifikacije, a koje fermentacije? Što je nužan preduvjet održivog ciklusa biomase?
2. (2b) Koji su osnovni lokacijski preduvjeti za izgradnju reverzibilne HE? Kada kažemo da je energetska postrojenja kogeneracijsko, a kada da je kombinirano?
3. (3b) Što je faktor otjecanja vodotoka? Kako se regulira snaga Pelton, a kako snaga Kaplan turbine? Da li bi na izlaz protočne niskotlačne HE radije stavili aspirator ili difuzor i zašto?
4. (3b) Nacrtajte strujno-naponsku karakteristiku fotonaponske ćelije i označite točku maksimalne snage. Kako se mijenja napon ćelije s povećanjem ozračenja i zašto? Navedite vrste solarnih termoelektrana.
5. (2b) Što je gorivni članak? Nacrtajte U-I karakteristiku i karakteristiku snage gorivnog članka.
6. (3b) Koji su načini regulacije snage vjetroturbine? Nacrtajte karakteristiku snage vjetroatregata i označite karakteristične točke. Kada kažemo da je spoj vjetroatregata na mrežu indirektan?
7. (3b) Što je faktor ravnomjernosti u dnevnoj krivulji opterećenja sustava? Koju bi elektranu radije koristili za pokrivanje vršnih opterećenja: plinsku TE ili vjetroelektranu odgovarajuće snage i zašto? Kako prema vremenskom razdoblju planiranja dijelimo metode predviđanja porasta potrošnje električne energije?
8. (2b) U čemu se sve razlikuju vodič nadzemnog voda i podzemni kabel? Koji su više zastupljeni u distribucijskim mrežama? Kada pribjegavamo korištenju istosmjernog napona u prijenosu? Ako u EE sustavu raste frekvencija, kakva je relacija između proizvodnje i potrošnje električne energije?
9. (2b) Navedite dva osnovna razloga zbog kojih je potrebno skladištiti električnu energiju. Navedite dijelove pogonskog ciklusa spremnika energije općenito i objasnite ih na primjeru skladištenja u olovnom akumulatoru.
10. (2b) U čemu je sve razlika u utjecaju na okoliš TE na ugljen i TE na prirodni plin? Koji plinovi ispušteni u TE uzrokuju kisele kiše? Ako 400 kV i 110 kV dalekovodi prenose istu snagu, koji će od njih biti ograničen po kriteriju dozvoljenog magnetskog, a koji po kriteriju dozvoljenog električnog polja?

## NUMERIČKI ZADACI

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

11. (6b) Snaga parne turbine u termoelektrani u kojoj se odvija **idealni** Rankineov kružni proces s međupregrijanjem pare je 300 MW. Para tlaka 8 MPa i temperature 480 °C ulazi u visokotlačni dio turbine i ekspandira do tlaka 0,8 MPa (stanje pregrijane pare). Pregrijava se zatim na 440 °C prije ulaska u niskotlačni dio turbine u kojem ekspandira na tlak 8 kPa u kondenzatoru.  
Iz parnih tablica očitane su sljedeće karakteristične vrijednosti:
  - za tlak 8 MPa i temperaturu 480 °C:  $h = 3350 \text{ kJ/kg}$ ,  $s = 6,662 \text{ kJ/kgK}$ ;
  - za tlak 0,8 MPa i entropiju 6,662 kJ/kgK:  $h = 2770 \text{ kJ/kg}$ ;
  - za tlak 0,8 MPa i temperaturu 440 °C:  $h = 3352 \text{ kJ/kg}$ ,  $s = 7,695 \text{ kJ/kgK}$ ;
  - za tlak 8 kPa:  $h' = 174 \text{ kJ/kg}$ ,  $h'' = 2577 \text{ kJ/kg}$ ,  $s' = 0,593 \text{ kJ/kgK}$ ,  $s'' = 8,230 \text{ kJ/kgK}$ ,  $v' = 0,001 \text{ m}^3/\text{kg}$ .
 Odredite termički stupanj djelovanja (uzevši u obzir rad pumpanja) i maseni protok fluida u Rankineovom kružnom procesu.
12. (4b) Radioizotopni generator efikasnosti 15% pogoni neki električni uređaj. Kao izvor energije koristi se  $\alpha$  raspad Am-241. Za pogon uređaja potrebna je minimalna električna snaga od 17 W. Nakon koliko će godina uređaj prestati funkcionirati ako je početna masa Am-241 1 kg? Konstanta radioaktivnog raspada Am-241 je  $51 \cdot 10^{-12} \text{ s}^{-1}$ , a energija dobivena jednim raspadom 5,6 MeV.

13. (6b) Derivacijska hidroelektrana projektirana je za instalirani protok od  $550 \text{ m}^3/\text{s}$ . Na mjestu zahvata izgrađena je brana visine 60 m. Početak tlačnog tunela, smještenog na dnu brane, nalazi se na 250 m n.v., dok se dno odvodnog kanala nalazi na koti 90 m n.v. Konsumpcijska krivulja na mjestu zahvata dana je izrazom  $H_{GV}(\text{m}) = Q/12 \text{ (m}^3/\text{s)}$ , a na mjestu odvoda  $H_{DV}(\text{m}) = Q/60 \text{ (m}^3/\text{s)}$ . Ukupni stupanj djelovanja elektrane je 0,9.
- Izračunati snagu elektrane ako je visina vode ispred brane 50 m.
  - Izračunati maksimalnu i minimalnu snagu elektrane ako je godišnja krivulja trajanja protoka na mjestu gdje je izgrađena elektrana zadana izrazom  $Q = 660 - 50 \cdot t \text{ [m}^3/\text{s]}$  ( $t$  u mjesecima).
  - Za slučaj da je godišnja krivulja trajanja protoka dana izrazom  $Q = 660 - 50 \cdot t \text{ [m}^3/\text{s]}$  ( $t$  u mjesecima) izračunati vjerojatnu godišnju proizvodnju električne energije u elektrani. Pritom pojednostavljeno uzeti da je  $H_{\text{neto}} = 200 \text{ m}$ .
14. (4b) Termoelektrana električne snage 300 MWe, stupnja djelovanja 0,4 i faktora opterećenja 0,7, kao gorivo koristi ugljen ogrjevne moći 26 MJ/kg. Maseni udio ugljika u ugljenu iznosi 70%, a maseni udio sumpora 3%. Kolika se masa ugljik-dioksida i sumpor-dioksida godišnje ispusti u okoliš? Atomska masa atoma ugljika iznosi 12 g/mol, sumpora 32 g/mol, a kisika 16 g/mol. Pretpostaviti da je izgaranje potpuno.
15. (5b) Vršno ozračenje na površinu fotonaponskih panela u solarnoj fotonaponskoj elektrani nazivne električne snage 100 kWe iznosi  $1 \text{ kW/m}^2$ . Stupanj djelovanja fotonaponskih ćelija je 0,11, a faktor opterećenja elektrane 0,2.
- Kolika je aktivna površina panela?
  - Kolika je godišnja ozračenost na horizontalnu plohu ako ukupno povećanje ozračenosti na panele pod optimalnim kutom iznosi 25%? (Paneli u elektrani su postavljeni pod optimalnim kutom.)
  - Koliko se najmanje FN panela mora spojiti paralelno da se ne premaši struja kratkog spoja od 20 A po panelu ukoliko je za ozračenje od  $1 \text{ kW/m}^2$  faktor punjenja 0,9 i napon otvorenog kruga 450 V?
16. (5b) Vjetroagregat razvija nazivnu snagu 1,5 MWe kod nazivne brzine vjetra 11 m/s. Brzina vjetra između nazivne i maksimalne javlja se tijekom 20% vremena u godini (kada VA cijelo vrijeme postiže nazivnu snagu). Električnu snagu od 0,7 MWe vjetroagregat razvija kod srednje brzine vjetra od 8 m/s koja se javlja tijekom 40% vremena u godini. Ostatak vremena VA ne radi. Izračunati:
- predviđivu godišnju proizvodnju električne energije,
  - faktor opterećenja vjetroagregata,
  - promjer lopatica vjetroagregata uz  $c_{pe} = 0,4$  pri nazivnoj brzini.
- Računati sa standardnom gustoćom zraka  $1,225 \text{ kg/m}^3$ .
17. (6b) Za elektroenergetski sustav poznato je dnevno opterećenje prema podacima u tablici.

$t \text{ [h]}$	0 – 4	4 – 6	6 – 9	9 – 12	12 – 13	13 – 16	16 – 18	18 – 21	21 – 22	22 – 24
$P \text{ [MW]}$	800	1000	1300	2000	1600	1900	1500	1800	1200	800

U sustavu se nalaze sljedeće elektrane:

- HE:  $P_{HE} = 300 \text{ MW}$ ; protočna  
 TE<sub>1</sub>:  $P_{TE1n} = 200 \text{ MW}$ ;  $P_{\text{minTE1}} = 50 \text{ MW}$   
 TE<sub>2</sub>:  $P_{TE2n} = 300 \text{ MW}$ ;  $P_{\text{minTE2}} = 100 \text{ MW}$   
 TE<sub>3</sub>:  $P_{TE3n} = 400 \text{ MW}$ ;  $P_{\text{minTE3}} = 150 \text{ MW}$   
 NE:  $P_{NEn} = 500 \text{ MW}$ ;

RHE radi kada su iscrpljene sve ostale elektrane u sustavu, a podiže vodu u spremnik kada postoji višak proizvodnje. Cijena proizvodnje električne energije iz TE je obrnuto proporcionalna nazivnoj snazi (najmanja elektrana ima najveće troškove proizvodnje).

- Nacrtajte krivulju potrošnje prema podacima u tablici i zatim iz nje dnevnu krivulju trajanja opterećenja.
- Odrediti iznos varijabilne energije, konstantne energije, dnevno utrošene energije, faktora opterećenja, te vrijeme korištenja maksimalne snage.
- Nacrtajte aproksimaciju dnevne krivulje trajanja opterećenja pomoću tri pravca uz  $\beta=0,5$ .
- Unesite raspored elektrana u dnevnu krivulju trajanja opterećenja.
- Izračunajte energiju preljeva iz protočne hidroelektrane. Ukoliko se ciklus punjenja i pražnjenja spremnika RHE dogodi svaki dan u cijelosti po gore zadanom rasporedu, kolika je energija pohranjena u spremniku vode ako je učinkovitost procesa podizanja vode 0,7? Koliko energije je potrebno proizvesti iz RHE?