

MI ELEKTROENERGETIKA 2020/21

Teorija:

1. **(1b)** U čemu je razlika između mehaničke energije i mehaničkog rada? Koji je oblik unutrašnje energije sadržan u prirodnom ugljenu?
2. **(2b)** Skicirati izentropsku i adijabatsku kompresiju u T-s dijagramu iz iste početne točke. U kojem slučaju je izmjenjena veća količina toplinske energije, i kojeg predznaka? Skicirati izotermnu i adijabatsku ekspanziju u p-v dijagramu iz iste početne točke. Za isti omjer tlakova, u kojem je slučaju tehnički rad veći, i kojeg predznaka?
3. **(1b)** Čemu je jednak iznos površine omeđen krivuljama nekog kružnog procesa u p-v dijagramu, a čemu u T-s dijagramu? Za isti **realni** kružni proces, jesu li ta dva iznosa površina jednaka?
4. **(1b)** Objasniti termodinamički i eksergijski stupanj djelovanja te koliki je njihov teorijski maksimum?
5. **(2b)** Kako se stupanj djelovanja Rankineovog kružnog procesa mijenja kada se smanjuje tlak u kondenzatoru? Kako se pritom mijenja sadržaj pare na izlazu iz turbine, te rad pumpanja? Navedite barem dva načina povećanja termičkog stupnja djelovanja u termoelektranama s parnom kondenzacijskom turbinom.
6. **(1b)** Kada kažemo da je termoelektrana kombinirana, a kada da je kogeneracijska? Koji je izraz za termodinamički, a koji za energetske stupanj djelovanja kogeneracijske termoelektrane i koji je veći?
7. **(2b)** Objasnite kako dvostupanjska kompresija s međuhladnjakom povećava stupanj djelovanja Braytonovog kružnog procesa. Što je to regenerativni izmjenjivač topline i kako on utječe na snagu plinske turbine, a kako na efikasnost kružnog procesa? Koji od dva Braytonova kružna procesa koji se odvijaju između istih gornjih i donjih temperatura ima veći specifični neto tehnički rad, onaj koji ima veći ili manji omjer kompresije?
8. **(2b)** Koje je porijeklo a koji su izvori geotermalne energije? Nacrtajte T-s dijagram geotermalne energije sa separiranjem pare. Koji je nužan uvjet da bi radni medij bio korišten u binarnom kružnom procesu? Kako je definiran koeficijent/faktor preobrazbe toplinske pumpe kad radi u režimu grijanja? Kako se GT toplinske pumpe dijele prema tipu korištenog kružnog procesa a kako prema izvedbi vanjskog izmjenjivača topline?
9. **(2b)** Nacrtati dijagram ovisnosti energije veze po nukleonu o masenom broju atomske jezgre i naznačiti u kojem se području odvija proces fisije. Kako se računa energetske prinos nuklearne reakcije? Koje je fizikalno značenje **makroskopskog** udarnog presjeka i o čemu ovisi? Kako nastaju promptni a kako zakašnjeni neutroni i kojih ima više?
10. **(2b)** Kako se reaktori dijele prema korištenom moderatoru? Što je to odgor nuklearnog goriva a što ciklusni odgor? Kako se ponaša tlačnik kada je snaga PWR reaktora veća od snage turbine? Kako se regulira snaga BWR nuklearnog reaktora?

Zadaci:

11.(4b) 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. U okolicu iz turbine prelazi 10 kJ/kg toplinske energije. Maseni je protok plina 10 kg/s . Izračunati snagu turbine.

12.(3b) Jedan se kilogram idealnog plina ($R = 287 \text{ J/kgK}$, $c_p = 1005 \text{ J/kgK}$) tlaka 100 kPa , temperature 300 K , adijabatski komprimira na tlak 900 kPa zagrijavajući se pritom na temperaturu 600 K . Temperatura okolice je 300 K . Koliki je gubitak mehaničkog rada (eksergije) uzrokovano ovim procesom?

13.(5b) Realni se Rankineov kružni proces provodi u termoelektrani snage turbine 500 MW . Tlak je pare na ulazu u turbinu 10 MPa , a temperatura 700°C . Tlak je u kondenzatoru 20 kPa . Unutrašnji stupanj djelovanja turbine iznosi $0,85$, a pumpe $0,8$. Iz parnih su tablica očitane sljedeće karakteristične vrijednosti:

-za tlak 20 kPa : $h' = 251,5 \text{ kJ/kg}$, $h'' = 2610 \text{ kJ/kg}$, $s' = 0,8320 \text{ kJ/kgK}$, $s'' = 7,9072 \text{ kJ/kgK}$, $v' = 0,001 \text{ m}^3/\text{kg}$;

-za tlak 10 MPa i temperaturu 700°C : $h = 3867 \text{ kJ/kg}$, $s = 7,166 \text{ kJ/kgK}$

Izračunajte:

- termički stupanj djelovanja Rankineovog kružnog procesa (uzeti u obzir rad pumpanja)
- sadržaj pare na izlazu iz turbine
- maseni protok pare kroz turbinu.

14.(5b) U termoelektrani s plinskom turbinom odvija se idealni zatvoreni desnokratni Brayton-Jouleov kružni proces. Tlak u komori izgaranja je 4 MPa , a u hladnjaku $0,2 \text{ MPa}$. Temperatura plina na izlazu iz komore izgaranja je 1400 K ; a na izlazu iz hladnjaka 400 K . Pretpostaviti da se proces odvija s idealnim plinom. Plinsak konstanta je 287 J/kgK , a adijabatski indeks $k = 1,4$. Izračunati:

- dovedenu i odvedenu toplinsku energiju
- dobiveni tehnički rad u turbini i uloženi tehnički rad kompresora
- termički stupanj djelovanja.

15.(5b) Nuklearna elektrana PWR tipa ima 3 rashladne petlje. Snaga jezgre je 3 GW . Masa je urana u jezgri 65 tona , a srednji neutronske tok $3 \cdot 10^{17} \text{ n/m}^2\text{s}$. Mikroskopski udarni presjek za fisiju je $580 \cdot 10^{-28} \text{ m}^2$, a po jednoj fisiji se oslobodi 200 MeV energije. Maseni protok primarnog hladioca kroz jednu pumpu je 500 kg/s . Temperatura hladioca, specifičnog toplinskog kapaciteta $5,7 \text{ kJ/kgK}$ i gustoće 720 kg/m^3 , na ulazu u jezgru je 298°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:

- obogaćenje goriva,
- temperaturu hladioca na izlazu iz jezgre
- snagu primarne pumpe
- promjenu tlaka na primarnoj pumpi.