

TEORIJSKA PITANJA

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

1. (1b) U čemu je razlika između mehaničkog rada i mehaničke energije? Formulirajte drugi glavni stavak termodinamike preko pojmova eksergije i anergije.
- 2. (2b) Skicirati izentropsku i adijabatsku ekspanziju u T-s dijagramu iz iste točke. U kome slučaju je izmijenjena veća količina toplinske energije? Skicirati izotermnu i adijabatsku ekspanziju u p-v dijagramu. Za isti omjer kompresije, u kome slučaju se dobije veći tehnički rad?
3. (1b) Što je to pravac okoline i koja je njegova jednačba u h-s sustavu? Što je veličina stanja i kako se mijenjaju entropija i unutrašnja kalorička energija medija nakon jednog ciklusa realnog zatvorenog kružnog procesa?
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 raste tlak u parnom kotlu, a kako kada raste tlak u kondenzatoru? Koji je najefikasniji način za povećanje stupnja djelovanja parnoga procesa? Što je to specifični potrošak pare?
6. (1b) Kada kažemo da je termoelektrana kombinirana, a kada da je kogeneracijska? Kada kažemo da je parna turbina kondenzacijska, a kada protutlačna i koja ima veći termodinamički stupanj djelovanja?
- 7. (2b) Koje je porijeklo geotermalne energije i koje su vrste geotermalnih elektrana? Kako po načinu izvedbe dijelimo toplinske pumpe i kojim parametrom opisujemo njihovu efikasnost?
8. (2b) Nacrtati i označiti dijagram kružnog procesa termoelektrane s idealnom plinskom turbinom u T-s i p-v koordinatnom sustavu. Što je to regenerativni izmjenjivač topline i kako on utječe na snagu plinske turbine, a kako na efikasnost kružnog procesa?
- 9. (2b) Nacrtati dijagram ovisnosti energije veze po nukleonu o masenom broju atomske jezgre. Što je energija aktivacije? Koje su osnovne reakcije s neutronima? Što je i o čemu ovisi ostatna toplina?
*aktivacija
reakcija*
10. (2b) Navesti kombinaciju, gorivo, moderator, hladilac korištenu u PWR reaktoru. Što je to kritična masa goriva, a što ciklusni odgor? Čemu služi tlačnik? Kako se u nuklearnom reaktoru regulira njegova snaga?

NUMERIČKI ZADACI

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

11. (3b) Idealni plin ($c_v = 718 \text{ J/kgK}$, $R = 287 \text{ J/kgK}$) tlaka 10 bara i temperature 400°C ekspandira u vertikalno postavljenoj turbini na tlak 2 bara i temperaturu 200°C . Brzina plina na ulazu u turbinu je 50 m/s , a na izlazu 250 m/s . Ulaz u turbinu je smješten 6 m iznad izlaza iz turbine. Izračunati snagu turbine ako su za vrijeme ekspanzije gubici toplinske snage 500 kJ/s . Maseni je protok plina 50 kg/s .

✓12. (3b) Jedan kilogram idealnog plina ($c_v = 718 \text{ J/kgK}$, $R = 287 \text{ J/kgK}$) tlaka 500 kPa i temperature 250 K **izotermno** ekspandira do tlaka 200 kPa. Toplinsku energiju pritom izmjenjuje s okolicom. Temperatura je okolice 300 K. Koliki je gubitak mehaničkoga rada za vrijeme ovog procesa?

✓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: $h' = 251,5 \text{ kJ/kg}$, $h'' = 2610 \text{ kJ/kg}$, $v' = 0,001 \text{ m}^3/\text{kg}$;
- za tlak 10 MPa i temperaturu 700 °C: $h = 3867 \text{ kJ/kg}$, $s = 7,166 \text{ kJ/kgK}$;
- za tlak 20 kPa i entropiju 7,166 kJ/kgK: $h = 2362 \text{ kJ/kg}$.

Izračunajte:

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

✓14. (4b) U termoelektrani s plinskom turbinom odvija se **idealni** Jouleov (Braytonov) kružni proces. Tlak je u komori izgaranja 1,1 MPa, a u hladnjaku 0,1 MPa. Najviša temperatura u procesu iznosi 1300 K, a najniža 300 K. Pretpostaviti da se proces odvija s idealnim plinom ($R = 287 \text{ J/kgK}$, $\kappa = 1,4$).

Izračunajte dovedenu i odvedenu specifičnu toplinsku energiju, te termički stupanj djelovanja kružnog procesa.

✓15. (3b) Toplinska pumpa za grijanje kuće koristi unutrašnju kaloričku energiju podzemne vode čiji je specifični toplinski kapacitet 4,18 kJ/kgK. Kružni je proces u toplinskoj pumpi izveden s radnim fluidom HFC-32 masenog protoka 0,2 kg/s. Specifična toplina koja u kondenzatoru prelazi u kuću je 100 kJ/kg, dok je specifična toplina koja u isparivaču s podzemne vode prelazi na HFC-32 80 kJ/kg. Promjena temperature podzemne vode u isparivaču je 8 °C. Snaga je kompresora 5 kW.

Izračunati:

- a) faktor preobrazbe ljevokretnog kružnog procesa,
- b) maseni protok podzemne vode.

16. (4b) Nuklearna elektrana PWR tipa ima 4 rashladne petlje. Masa **urana** u jezgri je 93 tone, obogaćenja 3%. 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 5,7 kJ/kgK i gustoće 720 kg/m³, na ulazu u jezgru je 295 °C, a na izlazu iz jezgre 328 °C. Entalpija pojne vode parogeneratorske je 391 kJ/kg, a entalpija zasićene pare na izlazu iz parogeneratorske 2756 kJ/kg. Maseni je protok pare po parogeneratoru 423 kg/s. Izračunati:

- a) snagu jezgre,
- b) maseni protok primarnog hladioca kroz jezgru,
- c) snagu primarne pumpe,
- d) promjenu tlaka hladioca na primarnoj pumpi.