

1. (5 bodova)

Toplinska pumpa grije prostor na 20 °C prenošenjem topline iz tla stalne temperature 6 °C u prvom slučaju i 12 °C u drugom slučaju. Izračunati (analizirati idealno kao Carnotov kružni proces):

- Faktore preobrazbe za oba slučaja.
- Omjer uloženog mehaničkog rada u prvom i drugom slučaju.

Rješenje: a) $FP = 20,94$; $FP' = 36,64$; b) $W/W' = 1,75$

2. (5 bodova)

Geotermalna elektrana sa separiranjem pare (*flash steam*) nakon separatora ima maseni protok pare od 15 kg/s s entalpijom 2700 kJ/kg. Sadržaj pare na ulazu u separator pare iznosi 0,15. Entalpija na izlazu iz turbine iznosi 2300 kJ/kg. Ukupna mehaničko–električna učinkovitost iznosi 0,88 i vlastita potrošnja elektrane iznosi 20% proizvedene električne energije. Potrebno je odrediti:

- Električnu snagu na izlazu (pragu) elektrane.
- Ukupni maseni protok fluida koji se uzima iz geotermalnog nalazišta.

Rješenje: a) $P_{el} = 5,28 \text{ MW}$; b) $\dot{m} = 100 \text{ kg/s}$

3. (5 bodova)

Za promatranu lokaciju protočne hidroelektrane (HE) vjerojatnosna krivulja trajanja protoka ima oblik $Q_{\text{vjerojatno}}(t) = 300 - 25 \cdot t \text{ [m}^3/\text{s]}$ (t u mjesecima). Istovremeno za promatranu godinu stvarno trajanje protoka opisuje izraz $Q_{\text{stvarno}}(t) = 252 - 21 \cdot t$. Pod pretpostavkom konstantne aktivne visine 20 m i ukupnog stupanja djelovanja 85% potrebno je odrediti za HE:

- Snagu uz instalirani protok jednak srednjem vjerojatnom protoku.
- Vjerojatnu i stvarnu godišnju proizvodnju električne energije korištenjem instaliranog protoka jednakog srednjem vjerojatnom protoku.
- Potrebni instalirani protok da bi faktor opterećenja iznosio 80% za zadanu vjerojatnosnu krivulju trajanja protoka.

Rješenje: a) $W_v = 164,4 \text{ GWh}$; $W_s = 153,9 \text{ GWh}$; b) $P = 25,0 \text{ MW}$; c) $Q_i = 120 \text{ m}^3/\text{s}$

4. (5 bodova)

Za PWR nuklearnu elektranu (lakovodni reaktor pod tlakom) s dvije rashladne petlje poznati su sljedeći podaci: porast temperature hladioca u jezgri 37,5 K, gustoća hladioca na ulazu u pumpu 750 kg/m³, volumni protok hladioca kroz pumpu 6,2 m³/s, porast tlaka na pumpi 609 kPa, ekvivalentni specifični toplinski kapacitet primarne vode 5,74 kJ/kgK, entalpija pojne vode parogeneratorskog 9,4·10⁵ J/kg, entalpija zasićene pare na izlazu parogeneratorskog 2,78·10⁶ J/kg, termički stupanj djelovanja 33%, porast temperature riječne vode korištene za hlađenje kondenzatora 15 K, specifični toplinski kapacitet riječne vode 4,78 kJ/kgK. Potrebno je izračunati:

- Snagu jezgre i snagu koju pumpa predaje hladiocu.
- Ukupni maseni protok primarnog rashladnog sredstva i maseni protok riječne vode za hlađenje.
- Masu urana obogaćenja 4% potrebnu za pogon reaktora na srednjem neutronsom toku od 3,0·10¹⁷ n/m²s (udarni presjek za fisiju je 582 barna i energija oslobođena po fisiji 200 MeV).

Rješenje: a) $P_J = 2001,8 \text{ MW}$; $P_{PMP} = 3,76 \text{ MW}$; b) $\dot{m}_{PK} = 9300 \text{ kg/s}$; $\dot{m}_{RVR} = 18776 \text{ kg/s}$; c) $m(U) = 34,93 \text{ t}$

5. (5 bodova)

Poznati su sljedeći podaci o dnevnom opterećenju elektroenergetskog sustava: maksimalno opterećenje 1100 MW, minimalno opterećenje traje 4 sata i iznosi 600 MW, faktor opterećenja 0,79167. Dnevna krivulja trajanja opterećenja sustava aproksimirana je s tri pravca uz pretpostavku $\alpha = \beta + 0,1$. U sustavu su raspoložive sljedeće elektrane:

HE₁: $P_{HE1n} = 200 \text{ MW}$; protočna

HE_2 : $P_{HE2n} = 200 \text{ MW}$; protočna
 NE : $P_{NEn} = 200 \text{ MW}$;
 TE_1 : $P_{TE1n} = 350 \text{ MW}$; $P_{TE1min} = 50 \text{ MW}$; $c_{TE1} = 35 \text{ lp/kWh}$
 TE_2 : $P_{TE2n} = 250 \text{ MW}$; $P_{TE1min} = 50 \text{ MW}$; $c_{TE1} = 30 \text{ lp/kWh}$
 TE_3 : $P_{TE2n} = 200 \text{ MW}$; $P_{TE1min} = 50 \text{ MW}$; $c_{TE1} = 40 \text{ lp/kWh}$

- Odrediti iznose konstantne energije, varijabilne energije, te ukupne dnevno potrošene energije.
- Nacrtati krivulju trajanja opterećenja i doctati raspored rada elektrana.
- Koliko će sati TE_1 raditi na snazi većoj od tehničkog minimuma?

Rješenje: a) $W = 20900 \text{ MWh}$; $W_k = 14400 \text{ MWh}$; $W_v = 6500 \text{ MWh}$
 b) $\alpha = 0,7$; $\beta = 0,6$; raspored elektrana (vidi sliku)
 c) $t = t(P_{TE1} > P_{TE1min}) = 14 \text{ h}$

