

Energijske tehnologije

Odgovori na teoretska pitanja

1. ciklus

1 Tehnička termodinamika

1. Što je to veličina stanja?

Stanjem sustava naziva se sklop (skup) njegovih (fizikalnih) svojstava, odnosno, stanje je sustava (fizikalno, kemijsko, ...) određeno njegovim svojstvima. Nije potrebno poznavati sva svojstva promatranog sustava da bi se njegovo stanje moglo jednoznačno definirati i razlikovati od bilo kojeg drugog mogućeg stanja. Svojstva (funkcije) koja su određena isključivo stanjem sustava, a ne načinom (putom, procesom) na koji je dotično stanje postignuto, nazivaju se veličine (funkcije) stanja. Matematički, te funkcije (veličine) posjeduju svojstvo totalnog (potpunog) diferencijala.

2. Što je to eksergija?

To su mehanička i električna energija koje se u, nazovimo to zasad tako, „idealnim procesima“ u potpunosti pretvaraju u mehanički rad odnosno međusobno ili u bilo koji drugi oblik energije. (Dakle, i mehanički je rad eksergija, uz mehaničku i električnu energiju, jer se u potpunosti pretvara u sve druge oblike energije.)

3. Što je to anergija?

To su oblici energije koji se, i opet zbog prirodnih ograničenja, ne mogu pretvoriti u mehanički rad niti u bilo koji drugi oblik energije. To je unutrašnja kalorička energija akumulirana u okolici, točnije u podsustavima okolice: tlu, vodi i zraku, na temperaturi i tlaku okolice. (Unutrašnja kalorička energija mora, primjerice, koja je akumulirana energija dozračena sa Sunca i energija radioaktivnog raspadanja u unutrašnjosti Zemlje, odnosno i energija svih sustava u termodinamičkoj (nuklearnoj, kemijskoj, toplinskoj i mehaničkoj) ravnoteži s okolicom.)

4. Što je to entropija?

Entropija je jednaka omjeru ukupne količine toplinske energije koja se izmjenjuje između sustava i okolice i temperature pri kojoj se to događa. Pritom vrijedi za adijabatski sustav (AS grade sustav u kojem se odvijaju energetske procese i okolica):

- ostaje li entropija AS konstantna, dakle promjena, prirast entropije jednak nuli, $ds_{AS} = 0$, za vrijeme energetskih procesa, u adijabatskom se sustavu odvijaju povratljivi procesi, idealni procesi: sva eksergija ostaje sačuvana, ništa se eksergije ne pretvara u anergiju;
- raste li entropija AS, $ds_{AS} > 0$, radi se o nepovratljivim, realnim procesima. Što je veći porast entropije, to je promatrani proces lošiji, dalje od povratljivog: više se eksergije pretvara u anergiju;
- smanjuje li se entropija AS, $ds_{AS} < 0$, radi se o nemogućim procesima: pokušajima pretvaranja anergije u eksergiju (perpetuum mobile druge vrste).

5. Što je to izolirani sustav?

Granice su izoliranog sustava neprelazne kako za masu tako i za energiju, npr. svemir, odnosno, termos-boca (idealizacija realnosti).

6. Što je to otvoreni sustav?

Granice su otvorenog sustava prelazne za masu i energiju. Zbog toga je, u najopćenitijem slučaju, masa otvorenog sustava promjenljiva i nepoznata (količinski).

7. Što je to zatvoreni sustav?

Granice su sustava neprelazne za masu. Masa je zatvorenog sustava time nepromjenljiva i poznata. Pretpostavljamo da, za naša razmatranja, tako dugo dok nisu uključeni nuklearni procesi, vrijedi princip očuvanja mase: „masa je nestvoriva niti uništiva“. Naime, energije s kojima ćemo se susretati, a koje nisu nuklearnog porijekla, toliko su male da im je relativistička masa E/c_{sv}^2 zanemariva u odnosu prema masi sustava. Energija može prelaziti granice zatvorenog sustava. Radi se pritom, očito, o prijelaznim oblicima energije.

8. Što je to adijabatski sustav?

Granice su adijabatskog sustava neprelazne za toplinsku energiju. To je idealizacija realnosti kako bi se mogli provesti proračuni promjene entropije (gubitaka eksergije). Ostali oblici energije, kao i masa, mogu prelaziti granice adijabatskog sustava.

9. Što je to ljevokretni kružni proces?

To je kružni proces hlađenja. Rad utrošen za kompresiju je veći od dobivenog rada pri ekspanziji: $|W_{kom}| > W_{eks}$, pa se za ostvarivanje procesa mora dodatno utrošiti rad $W < 0$! Ovdje vrijedi da je $Q_{dov} < |Q_{odv}|$. Prema jednadžbi $Q = W$ njihova razlika je jednaka utrošenom mehaničkom radu, pa je $W < 0$. Temperatura ogrjevnog spremnika, TTS, može biti manja je od temperature rashladnog spremnika, THS.

10. Što je to desnokretni kružni proces?

U principu je to kružni proces zagrijavanja. Kod takvih je procesa rad ekspanzije veći od utrošenog rada za kompresiju: $W_{eks} > |W_{kom}|$, a njihova razlika predstavlja koristan rad procesa, $W > 0$. Da bi se proveo kružni proces nužna su najmanje dva toplinska spremnika, tj. jedan ogrjevni toplinski spremnik (TS) i jedan hladni spremnik (HS). Toplina dovedena od toplog spremnika označava se kao Q_{dov} i za radni medij ima pozitivan smisao, $Q_{dov} > 0$. Toplina predana hladnom spremniku označava se kao Q_{odv} i ima negativan smisao,

$Q_{odv} < 0$! Kod tih procesa je temperatura ogrjevnog spremnika, TTS, uvijek veća od temperature rashladnog spremnika, THS.

11. Navedite dva konvencionalna oblika energije.

Ogrjevno drvo, treset, sirova nafta, prirodni plin, vodotoci, nuklearna goriva.

12. Navedite dva nekonvencionalna oblika energije.

Plima i oseka, vjetar, valovi, Sunčevo zračenje, more.

13. Navedite dva oblika energije koji su eksergija.

Mehanički je rad eksergija, uz mehaničku i električnu energiju, jer se u potpunosti pretvara u sve druge oblike energije.

14. Navedite dva prijelazna oblika energije.

Imamo četiri osnovna oblika prijelazne energije, a to su: mehanički rad, toplinska energija, električna energija i rad trenja.

15. Navedite dva stacionarna oblika energije.

To su kinetička, gravitacijska potencijalna, elastična potencijalna i rotacijska energija sustava (tijela). To su oblici energije koji se mogu pohraniti, akumulirati, uskladištiti, nagomilati, sačuvati u masi (tvari) i zadržati svoj oblik u vremenu – kroz određeno dulje vrijeme barem. Zvat ćemo ih još i „unutrašnjom energijom“ jer se pohranjuju u tijelu (sustavu) kao cjelini, ali i u razinama građe tijela (sustava): molekulama, atomima i jezgri atoma.

16. Navedite dva korisna oblika energije.

Za naš je život potrebna energija, ali ne bilo kakva energija, već eksergija; takva energija koja se, jednostavnim procesima, može pretvarati u mehanički rad i druge korisne oblike energije (mehanički rad, toplinsku, kemijsku i rasvjetnu energiju).

17. Može li kinetička energija prelaziti granice zatvorenog sustava?

NE. Kinetička energija je stacionarna, pa ne prelazi granice zatvorenog sustava.

18. Može li potencijalna energija prelaziti granice zatvorenog sustava?

NE. Potencijalna energija je također stacionarni oblik energije, pa ona također ne prelazi granice zatvorenog sustava.

19. Može li nuklearna energija prelaziti granice zatvorenog sustava?

Sve dok nisu uključeni nuklearni procesi vrijedi princip očuvanja mase, prema tome ni nuklearna energija NE PRELAZI granice zatvorenog sustava.

20. Može li mehanička energija prelaziti granice zatvorenog sustava?

Mehanička energija je stacionarni oblik energije pa kao takva NE PRELAZI granice zatvorenog sustava.

21. Može li kemijska energija prelaziti granice zatvorenog sustava?

Kemijska energija NE PRELAZI granice zatvorenog sustava, jer je uskladištena u samim atomima, a masa ne prelazi granice sustava.

22. Može li unutrašnja kalorička energija prelaziti granice zatvorenog sustava?

Unutrašnja kalorička energija NE PRELAZI granice zatvorenog sustava jer ona pohranjena u masi, a masa ne može prelaziti granice zatvorenog sustava.

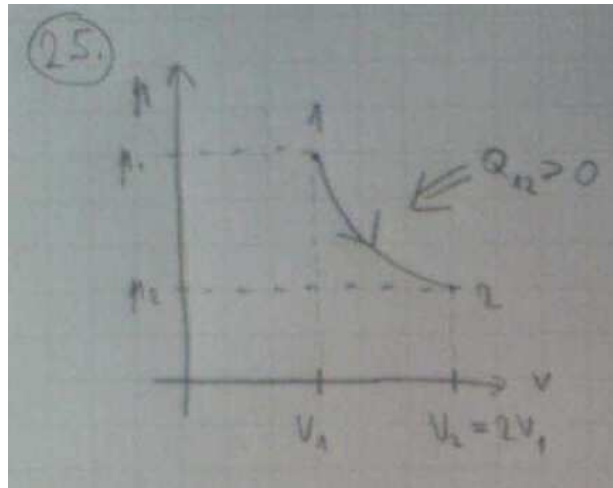
23. Napišite analitički oblik principa očuvanja mase za zatvoreni sustav.

$$Q_{12} - W_{12} = U_2 - U_1 \text{ [J]}, \text{ odnosno } q_{12} - w_{12} = u_2 - u_1 \left[\frac{\text{J}}{\text{kg}} \right]$$

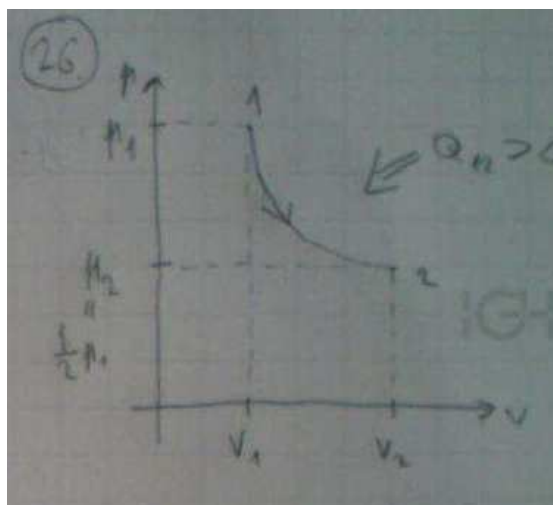
24. Napišite analitički oblik principa očuvanja mase za otvoreni sustav.

$$\sum_{k=1}^n \dot{m}_{i_k} = \sum_{j=1}^m \dot{m}_{u_j}$$

25. U p,v – dijagramu skicirajte proces: dovođenjem toplinske energije kod konstantne temperature volumen se udvostručuje.



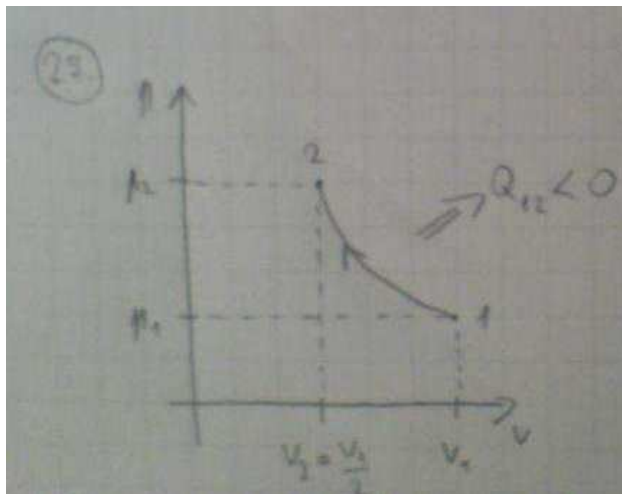
26. U p,v – dijagramu skicirajte proces: dovođenjem toplinske energije kod konstantne temperature tlak se prepolovljuje.



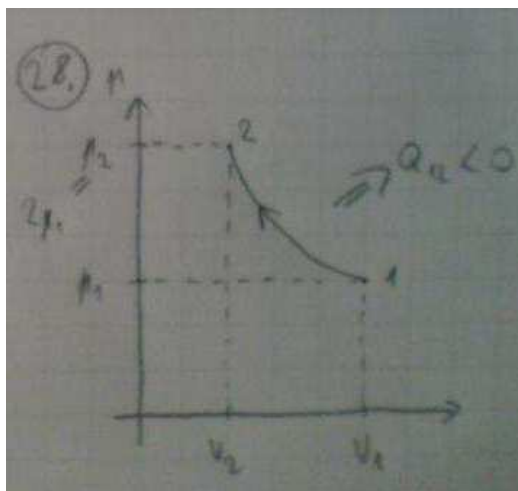
Proces kod kojeg je temperatura konstantna je izotermni proces. Dovođenjem topline u sustav, volumen plina se povećava. Što je volumen plina veći, on je više raširen po prostoru,

pa mu je zbog toga tlak manji, manje je stlačen, više je raširen. Ekspanzija plina i pomaci u volumenu i tlaku su vidljivi na grafovima 25. i 26.

27. U p,v – dijagramu skicirajte proces: odvođenjem toplinske energije kod konstantne temperature volumen se prepolovljuje.



28. U p,v – dijagramu skicirajte proces: odvođenjem toplinske energije kod konstantne temperature tlak se udvostručuje.



Odvođenjem topline iz sustava, plin se kompresira, odnosno, stlači se i smanjuje mu se volumen. Izravna posljedica toga je povećanje tlaka, dakle, proces je suprotan onom gore navedenom. To se može vidjeti na grafovima 27. i 28.

29. U p,v – dijagramu skicirajte procese (izotermni, adijabatski i politropski) podvrgnute ekspanziji od istog početnog stanja.

U realnim se strojevima ne postižu ni izotermni ni adijabatski procesi već politropski procesi koji se mogu prikazati općim hiperbolama, tzv. politropama, kojima je jednadžba:
 $(p \cdot v)^n = konst.$

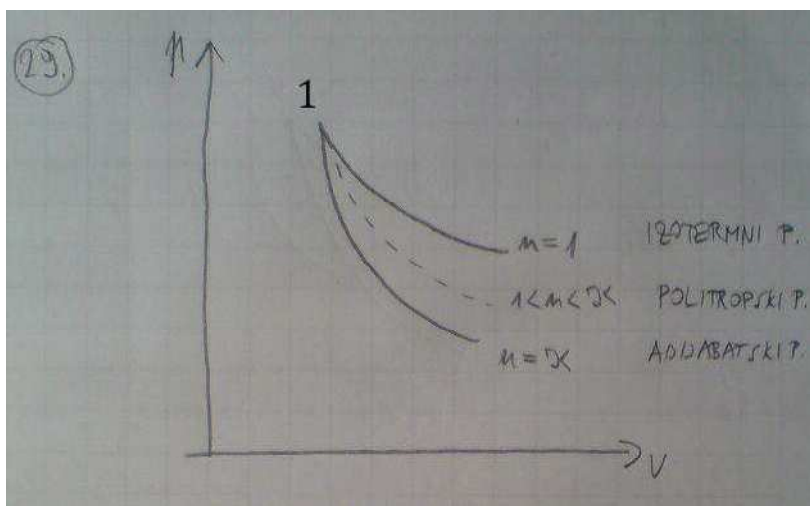
$n = 0 \rightarrow$ izobarni proces

$n = 1 \rightarrow$ izotermni proces

$n = K \rightarrow$ adijabatski proces

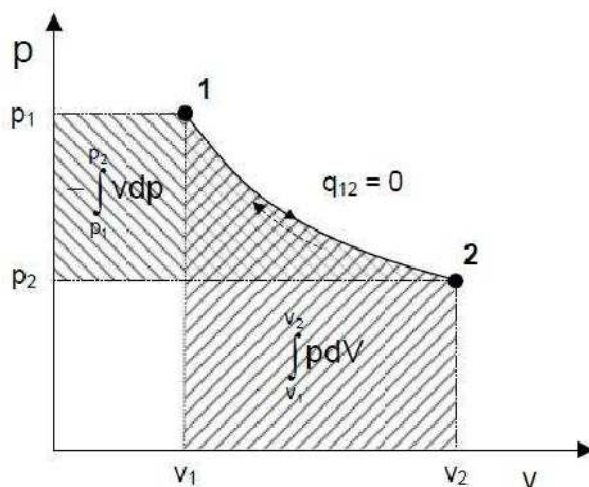
$n = \infty \rightarrow$ politropski proces

Jedini, sa energetskog stajališta, prihvatljivi politropski proces je onaj za kojeg vrijedi $1 < n < K$.

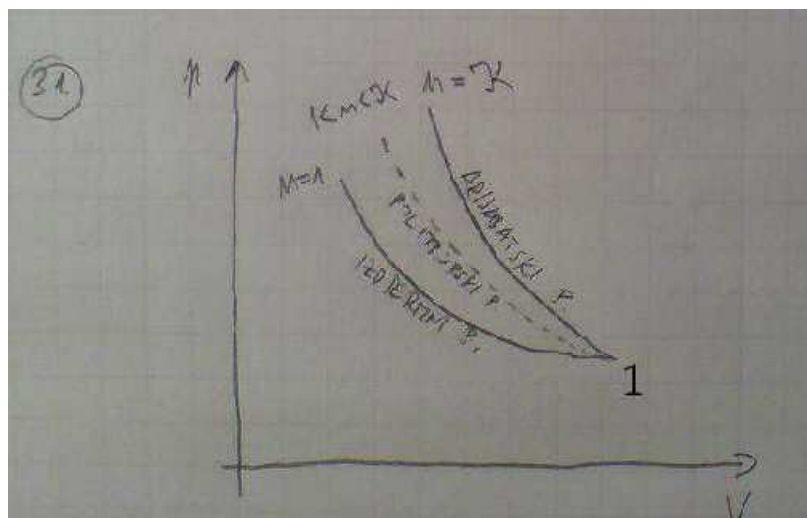


30. U p,v – dijagramu skicirajte adijabatski proces ekspanzije i označite površine koje predstavljaju rad promjene volumena i tehnički rad (predznak?).

Ploština je površine „ispod“ krivulje adijabatskog procesa jednaka izmijenjenom mehaničkom radu promjene volumena, a ploština površine „iza“ krivulje procesa izmijenjenom tehničkom radu. Rad promjene volumena i tehnički rad su oba pozitivnog predznaka jer sustav se širi, ekspandira, dakle sustav obavlja rad. Minus koji ide ispred integrala tehničkog rada je tu samo zato jer je vrijedi $p_2 < p_1$, pa bi vrijednost integrala inače bila negativna da nema još tog minusa ispred. Rad promjene volumena je mehanički rad, i njega spominjemo u zatvorenim sustavima. Tehnički rad mu je ekvivalent koji koristimo u otvorenim sustavima.

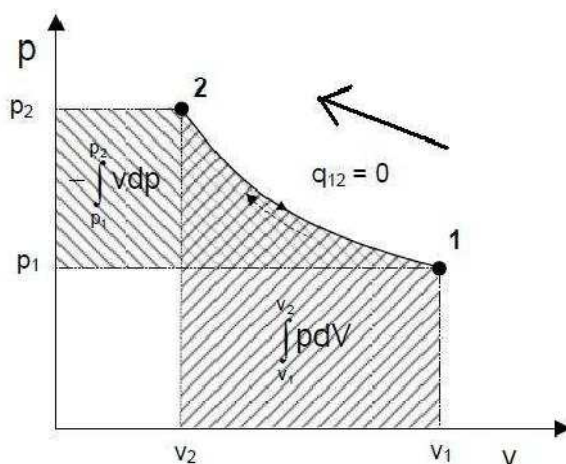


31. U p,v – dijagramu skicirajte procese (izotermni, adijabatski i politropski) podvrgnute kompresiji od istog početnog stanja.



32. U p,v – dijagramu skicirajte adijabatski proces kompresije i označite površine koje predstavljaju rad promjene volumena i tehnički rad (predznak?).

Rad promjene volumena i tehnički rad su oba negativnog predznaka jer sustav se komprimira, dakle nad sustavom se obavlja rad. Minus koji ide ispred integrala tehničkog rada je tu samo zato jer vrijedi $p_2 > p_1$, pa bi vrijednost integrala inače bila pozitivna da nema još tog minusa ispred.



33. Smanjuje li se entropija toplog spremnika za vrijeme odvijanja desnokretnog kružnog procesa?

DA.

34. Povećava li se entropija toplog spremnika za vrijeme odvijanja desnokretnog kružnog procesa?

NE.

35. Smanjuje li se entropija toplog spremnika za vrijeme odvijanja ljevokretnog kružnog procesa?

NE.

36. Povećava li se entropija toplog spremnika za vrijeme odvijanja ljevokretnog kružnog procesa?

DA.

37. Smanjuje li se entropija hladnog spremnika za vrijeme odvijanja desnokretnog kružnog procesa?

NE.

38. Povećava li se entropija hladnog spremnika za vrijeme odvijanja desnokretnog kružnog procesa?

DA.

39. Smanjuje li se entropija hladnog spremnika za vrijeme odvijanja ljevokretnog kružnog procesa?

DA.

40. Povećava li se entropija hladnog spremnika za vrijeme odvijanja ljevokretnog kružnog procesa?

NE.

41. Što je to eksergijski stupanj djelovanja?

Eksergijski stupanj djelovanja izračunava učinkovitost procesa koristeći drugi stavak termodinamike. Uspoređujući dovedenu eksergiju i dobivenu eksergiju, dobiveni mehanički rad se može definirati kao eksergijski stupanj djelovanja.

$$\zeta = \frac{Eksergija_{dob} [J]}{Eksergija_{dov} [J]} = \frac{eks_{dob} \left[\frac{J}{kg} \right]}{eks_{dov} \left[\frac{J}{kg} \right]}$$

42. Što je to eksergija otvorenog termodinamičkog sustava?

$$eks = (h_1 - h_{ok}) - T_{ok}(s_1 - s_{ok})$$

43. Što je to stupanj djelovanja desnokretnog kružnog procesa?

Pokazatelj efikasnosti rada stroja koji radi po desnokretnom procesu je termički stupanj djelovanja:

$$\eta = \frac{W}{Q} = \frac{Q - Q_0}{Q} = 1 - \frac{Q_0}{Q}$$

44. Što je to faktor preobrazbe ljevokretnog kružnog procesa?

$$|q_{dov}| = |w| \frac{T_{dov}}{T_{dov} - T_{odv}} \Rightarrow \frac{|q_{dov}|}{|w|} = \frac{T_{dov}}{T_{dov} - T_{odv}}$$

Omjer $\frac{|q_{dov}|}{|w|}$ se naziva faktorom preobrazbe ljevokretnog kružnog procesa i obično, za realne slučajeve, iznosi oko 7~8.

45. Koji kružni proces ima najveći termički stupanj djelovanja?

Carnotov kružni proces.

46. Napišite izraz za termički stupanj djelovanja kružnog procesa.

$$\eta_{t,id} = \frac{Q_g - |Q_h|}{Q_g} = 1 - \frac{|Q_h|}{Q_g} = 1 - \frac{T_h}{T_g} = 1 - \frac{T_{RS}}{T_{OS}}$$

47. Napišite izraz za faktor preobrazbe za toplinsku pumpu.

$$\zeta = \frac{Q_{odv}}{W} = \frac{Q_{gr}}{|W|} = 1 + \zeta > 1$$

48. Napišite izraz za faktor preobrazbe za hladnjak.

$$\zeta = \frac{Q_{dov}}{|W|} = \frac{Q_{hl}}{W}$$

49. Je li točna relacija $\int_1^2 dq = q_2 - q_1$?

NE. Toplina nije funkcija stanja.

50. Je li točna relacija $\int_1^2 dw = w_2 - w_1$?

NE. Rad nije funkcija stanja.

51. Je li točna relacija $\int_1^2 dh = h_2 - h_1$?

DA. Entalpija je veličina stanja i ima potpuni diferencijal.

52. Je li točna relacija $\int_1^2 du = u_2 - u_1$?

DA. Entropija je veličina stanja i ima potpuni diferencijal.

53. Je li točna relacija $\int_1^2 dq = q_{12}$?

DA. Toplina je određena načinom (putom, procesom) na koji je dotično stanje postignuto. Matematički, te funkcije (veličine) posjeduju svojstvo totalnog (potpunog) diferencijala.

54. Je li točna relacija $\int_1^2 dw = w_{12}$?

DA. Rad je određen načinom (putom, procesom) na koji je dotično stanje postignuto. Matematički, te funkcije (veličine) posjeduju svojstvo totalnog (potpunog) diferencijala.

55. Je li točna relacija $\int_1^2 dh = h_{12}$?

NE. Entalpija je veličina stanja i ima potpuni diferencijal.

56. Je li točna relacija $\int_1^2 du = u_{12}$?

NE. Entropija je veličina stanja i ima potpuni diferencijal.

57. Ako je ukupna promjena entropije sustava i okolice jednaka nuli, taj proces je:

- a) nepovratljiv **b) povratljiv** c) nemoguć d) ništa od navedenog

58. Manje gubitke eksergije kod prijelaza toplinske energije iz spremnika A u spremnik B postići ćemo:

- a) višim T_a i T_b b) manjom T_b c) višom T_a d) manjim T_a i T_b

59. Kako se promijeni entropija adijabatskog sustava, krutih stijenki, podijeljenog u dva jednaka dijela (u jednom se dijelu nalazi 1 kg zraka, a drugi je zrakoprazan) nepropusnom pregradom, nakon podizanja pregrade?

- a) poveća se b) smanji se c) ovisi o temperaturi zraka **d) ostane ista**

60. Kolika je promjena entropije sustava podvrgnutog povratljivom procesu kompresije?

- a) veća od nule b) manja od nule **c) jednaka nuli** d) ovisi o procesu kompresije

61. Kada je za zatvoreni sustav vrijednost integrala $\int p dv$ za promjenu stanja idealnog plina od nekog početnog do konačnog neovisna o procesu?

- a) ako je proces nepovratljiv b) ako je proces povratljiv **c) nikada** d) uvijek

62. Izentropski proces je proces:

- a) nepovratljiv izohorni **b) povratljiv adijabatski** c) povratljiv izohorni d) nepovratljiv adijabatski

63. Rad dobiven iz desnokretnog kružnog procesa prikazan u p,v dijagramu jednak je ukupnoj površini:

- a) ispod kružnog dijagrama
b) iza (lijevo od) kružnog dijagrama
c) unutar kružnog dijagrama
d) sve navedene površine

64. Kada je rad zatvorenog sustava određen integralom samo integralom $\int p dv$?

- a) ako je proces nepovratljiv b) ako je proces povratljiv c) nikada d) uvijek

65. Kako se promijeni entropija sustava, krutih stijenci, u kome se nalazi 1 kg zraka na temperaturi većoj od temperature okolice, nakon uklanjanja toplinske izolacije?

- a) poveća se b) smanji se (jer se toplina odvodi iz sustava) c) ovisi o tlaku zraka d) ostane ista

66. Sustav je podvrgnut povratljivom procesu ekspanzije. Kolika je promjena entropije sustava?

- a) veća od nule b) manja od nule c) jednaka nuli (proces je povratljiv) d) ovisi o procesu ekspanzije

67. Koji od navedenih oblika energije nije prijelazni oblik energije:

- a) električna energija b) rad trenja c) toplinska energija d) kemijska energija

Prijelazni oblici su oblici energije koji prelaze s tijela na tijelo, sa sustava na sustav, nevezano uz masu, bez posredovanja mase (nisu pohranjeni u masi).

68. Kada okolica obavlja rad nad sustavom prema uvedenoj konvenciji taj je rad:

- a) veći od nule b) manji od nule c) jednak nuli d) ništa od navedenog

69. Unutrašnja kalorička energija pohranjena u okolici termodinamičkog sustava je:

- a) energija b) eksergija c) anergija d) sve navedeno

70. Funkcionalna veza između unutrašnje kaloričke energije i temperature glasi:

- a) $du = c_v dT$ b) $du = c_p dT$ c) $du = R dT$ d) $du = \kappa c_v dT$

71. Informaciju o energiji fluida koji struji daje fizikalna veličina koja se zove:

- a) stupanj korisnog djelovanja b) entalpija c) eksergija d) entropija

72. Kod procesa izotermne ekspanzije toplinu izmijenjenu u procesu potrebno je:

- a) odvoditi **b) dovoditi** c) niti odvoditi niti dovoditi d) prvo dovoditi, a potom odvoditi

73. Izrazom $w_{max} = u - u_{ok} - T_{ok}(s - s_{ok}) + p_{ok}(v - v_{ok})$ [J/kg] izračunava se:

- a) maksimalni jedinični rad turbine u TE

b) eksergija UAE zatvorenog sustava

- c) eksergija UAE otvorenog sustava

- d) eksergija UAE adijabatskog sustava

74. Ako je ukupna promjena entropije sustava i okolice jednaka nuli, taj proces je:

- a) nepovratljiv **b) povratljiv** c) nemoguć d) nema dovoljno podataka

75. Manje gubitke eksergije kod prijelaza toplinske energije iz spremnika A u spremnik B postići ćemo:

- a) višim T_a i T_b** b) manjom T_b c) višom T_a d) nema dovoljno podataka

76. Promjena entalpije je jednaka $c_p \cdot \Delta T$:

- a) samo za idealne plinove b) samo za tekućine c) samo za krute tvari d) za sve tvari

77. Kolika je promjena entropije sustava podvrgnutog povratljivom adijabatskom procesu kompresije?

- a) veća od nule

b) manja od nule (jer sustav gubi toplinu)

- c) jednaka nuli

- d) ovisi o procesu kompresije

78. Kako se promijeni entropija adijabatskog sustava, krutih stijenki, podijeljenog u dva jednaka dijela (u jednom se dijelu nalazi zrak, a drugi je zrakoprazan) nepropusnom pregradom, nakon podizanja pregrade?

- a) poveća se b) smanji se c) ovisi o temperaturi zraka d) ostane ista

79. Izentropski proces je proces:

- a) nepovratljiv izohorni **b) povratljiv adijabatski** c) povratljiv izohorni d) nepovratljiv adijabatski

80. Rad dobiven iz desnokretnog kružnog procesa prikazan u p,v dijagramu jednak je ukupnoj površini:

- a) ispod dijagrama b) iza (lijevo od) dijagrama **c) unutar dijagrama** d) sve navedene površine

81. Kako se promijeni entropija sustava, krutih stijenki, u kojem se nalazi zrak na temperaturi većoj od temperature okoline, nakon uklanjanja toplinske izolacije?

- a) poveća se **b) smanji se** c) ovisi o tlaku zraka d) ostane ista

Ako tlak ne utječe na ta 2 sustava onda je ovo točan odgovor. Zbog strujanja topline iz područja više u područje niže temperature također dolazi do strujanja entropije pa se mora smanjiti entropija zraka.

82. Koji procesi čine Jouelov kružni proces:

- a) dva izotermna i dva adijabatska
b) dva izohorna i dva adijabatska
c) dva izobarna i dva adijabatska
d) dva izotermna i dva izentropska

83. Gubitak eksergije adijabatskog sustava ovisi o:

- a) samo o temperaturi okoline
b) o temperaturi okoline i ukupnoj promjeni entropije
c) o temperaturi okoline i promjeni entropije procesa
d) **samo** o promjeni entropije

Gubitak eksergije izazvan nepovratljivostima u adijabatskom sustavu jednak je produktu temperature okolice i prirasta entropije adijabatskog sustava.

84. Površina krivulje kružnog procesa nije rad u:

- a) p,v dijagramu **b) h,s dijagramu** c) v,p dijagramu d) T,s dijagramu

Zato što u T,s i p,v dijagramu površina ispod krivulje je jednaka radu.

85. Unutrašnja kalorička energija idealnog plina funkcija je:

- a) volumena i tlaka
b) tlaka i temperature

c) temperature

- d) procesa kojem je podvrgnut idealni plin

Unutrašnja kalorička energija (idealnih) plinova je funkcija temperature $u=f(t)$ (Jouleov zakon)

86. Entalpija idealnog plina funkcija je:

- a) volumena i tlaka
b) tlaka i temperature

c) temperature

- d) procesa kojem je podvrgnut idealni plin

87. Koja veličina nije veličina stanja:

- a) temperatura **b) toplina** c) entropija d) entalpija

2 Energetske pretvorbe i procesi u termoelektranama

88. U parnom se kotlu termoelektrane odvija jednodimenzionalni, stacionarni strujni proces. Napišite analitički izraz za količinu dovedene toplinske energije.

Zanemarimo promjenu kinetičke i potencijalne, a rada nema, tako da je analitički izraz:

$$q_{12} = q_{dov} = h_2 - h_1$$

89. U parnoj se turbini termoelektrane odvija jednodimenzionalni, stacionarni strujni proces. Napišite analitički izraz za količinu dobivenog tehničkog rada.

Uobičajeno se, zbog (relativno) malog iznosa, uz gravitacijsku potencijalnu energiju, zanemaruje i kinetička energija.

$$w_{t,12} = h_1 - h_2 - \frac{1}{2}(c_2^2 - c_1^2)$$

90. U pojnoj se pumpi termoelektrane odvija jednodimenzionalni, stacionarni strujni proces. Napišite analitički izraz za količinu utrošenog tehničkog rada.

Međutim, dok se u slučaju turbine tehnički rad dobiva iz sustava, transformacijom iz oblika energije pohranjenih u fluidu, u slučaju pumpe, da bi se proces pumpanja mogao odvijati, treba dovoditi tehnički rad.

$$w_{t,12} = w_{pumpe} = h_1 - h_2$$

91. U kondenzatoru se termoelektrane odvija jednodimenzionalni, stacionarni strujni proces. Napišite analitički izraz za količinu odvedene toplinske energije.

Proces je u kondenzatoru istovrstan s procesom u parnom kotlu. S jednom razlikom - u parnom se kotlu djelatnoj tvari dovodi toplina, dok se u kondenzatoru odvodi. Međutim, ostalo je isto: $w_{t,12} = 0$, $\delta_{ep} = 0$ i $\delta_{ek} = 0$, tako da dobivamo:

$$q_{odv} = h_2 - h_1$$

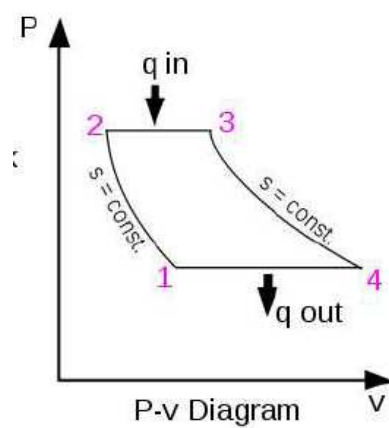
92. U sapnici se parne turbine termoelektrane odvija jednodimenzionalni, stacionarni strujni proces. Napišite analitički izraz za veličinu brzine na izlazu iz sapnice.

Tehnički je rad jednak nuli; sapnica nije opskrbljena uređajem koji bi omogućio izmjenu tehničkog rada. Za izmijenjenu toplinsku energiju vrijedi isto kao za turbinu: toplinska se energija ne dovodi, a količinu toplinske energije, koja iz sapnice (plina ili pare) prelazi u okolicu, zanemarujemo. Primjenom 1. glavnog stavka, dobit ćemo ($\delta_{ep} = g(z_2 - z_1) = 0$, sapnica je vodoravno položena):

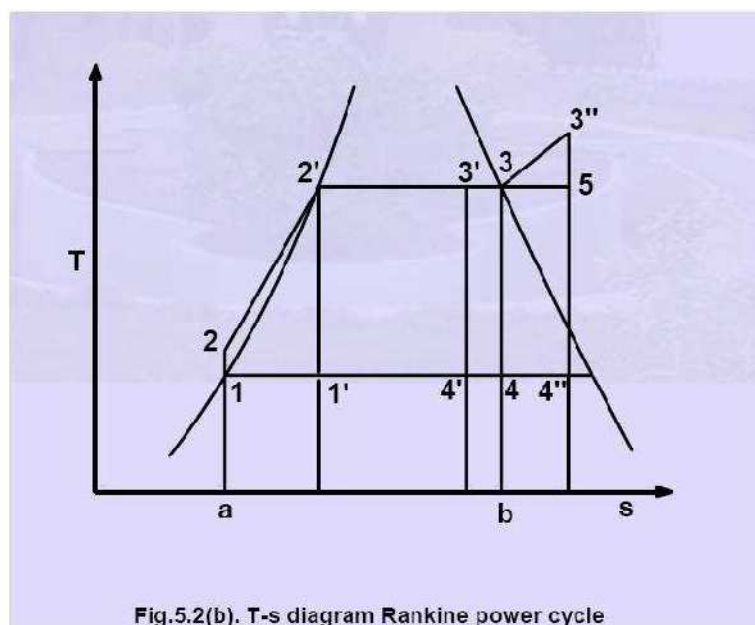
$$c_2^2 = 2(h_1 - h_2) + c_1^2$$

$$c_2 = \sqrt{2(h_1 - h_2) + c_1^2}$$

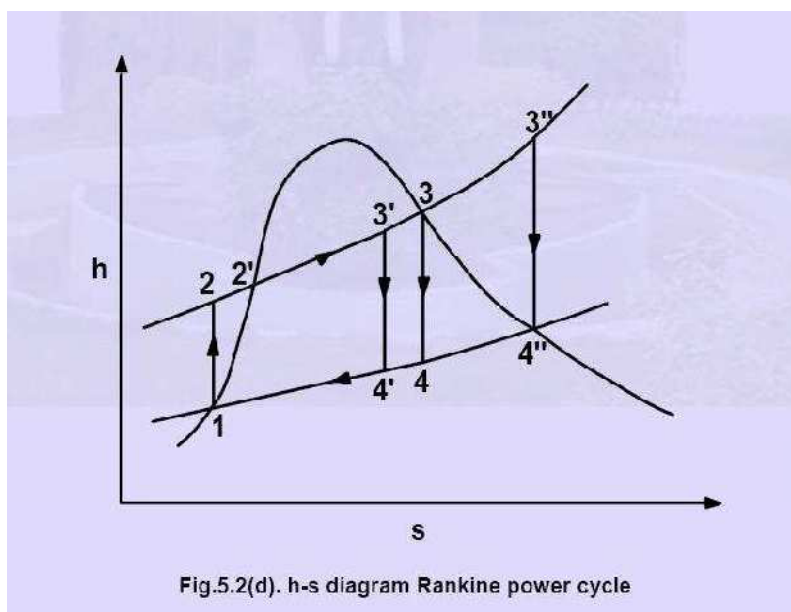
93. Nacrtati Jouleov kružni proces u p-v dijagramu.



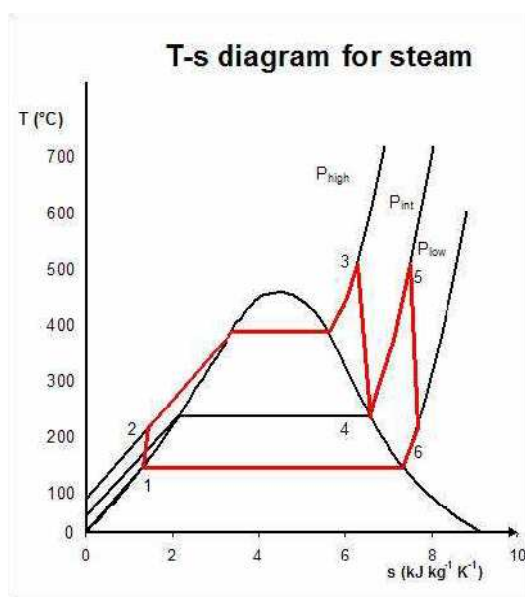
94. Nacrtati Rankineov kružni proces u T-s dijagramu.



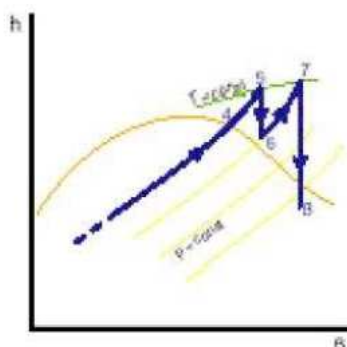
95. Nacrtati Rankineov kružni proces u h-s dijagramu.



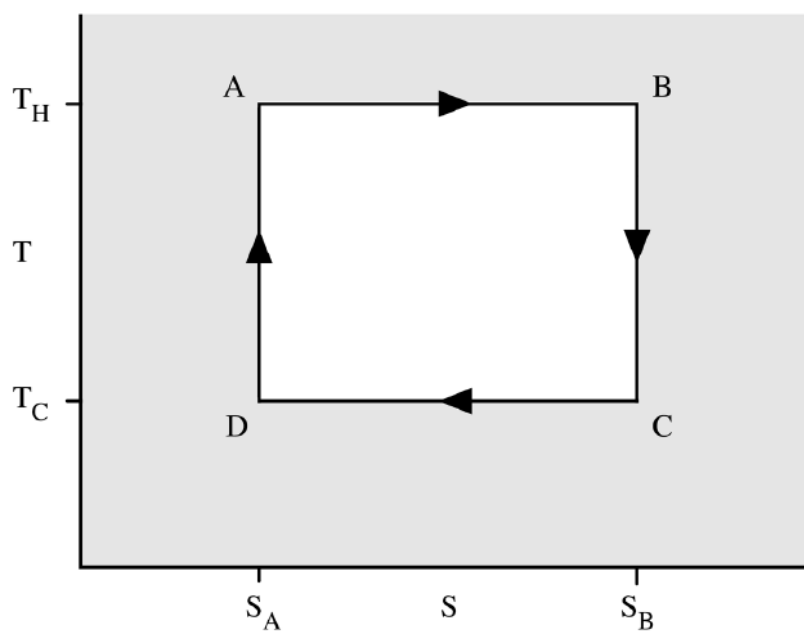
96. Nacrtati Rankineov kružni proces s međupregrijanjem u T-s dijagramu.



97. Nacrtati Rankineov kružni proces s međupregrijanjem u h-s dijagramu.



98. Nacrtati Carnotov kružni proces u T-s dijagramu.



99. Što je to unutrašnji stupanj djelovanja kompresora?

Pokazuje koliko je stvarni proces lošiji od idealnog (zbog viška rada za politropsku kompresiju, zbog otpora u usisnim i tlačnim ventilima, zbog zagrijavanja, propusnosti, nedovoljnog hlađenja kod višestepenih kompresora).

100. Što je to unutrašnji stupanj djelovanja turbine?

Općenito stupanj djelovanja (W je rad, Q je toplota):

$$\eta_{th} \equiv \frac{W_{net}}{Q_{in}} = 1 - \frac{Q_{out}}{Q_{in}}$$

Unutrašnji stupanj djelovanja je omjer rada potrebnog za ekspanziju/kompresiju u idealnom slučaju i rada potrebnog za E/K u realnom slučaju. Unutrašnji stupanj djelovanja turbine definiran izentropsku adijabatsku ekspanziju pare. $X = (T'_2 - T_1)/(T_2 - T_1)$ (izenotropski proces - proces s konstantnom entropijom adijabatski proces - proces s konstantnom toplotom fluida koji vrši rad) Drugim riječima da je entropija pare na ulazu u turbinu s_3 jednaka entropiji mješavini vode i pare na izlazu iz turbine s_4 .

101. Za vrijeme isparivanja vode u generatoru pare konstantni su:

- a) tlak i entropija **b) tlak i temperatura** c) tlak i sadržaj pare d) temperatura i entalpija

Tlak je konstantan, a temperatura se održava na temperaturi vrelišta! Jer se sva energija (toplinska) što se dovodi troši na svladavanje međumolekularnih sila, a ne na povećavanje unutrašnje kinetičke energije vode (vodene pare).

102. Stupanj djelovanja Rankineovog kružnog procesa najviše povećavamo:

- a) većom temperaturom vodene pare
b) većim tlakom vodene pare
c) većim masenim protokom vode

d) većom dovedenom toplotom u kotlu

Podizanjem prosječne temperature dovođenja topline ostvaruje se veća efikasnost sustava. Najjednostavniji način je pregrijavanje pare nakon izlaska iz kotla čime se smanjuje omjer temperature odvođenja i temperature dovođenja topline.

103. Turbina koja ima veći unutrašnji stupanj djelovanja?

- a) Brže se okreće
- b) Sporije se okreće
- c) Na izlazu ima medij veće temperature
- d) Na izlazu ima medij manje temperature**

Pogledajmo formulu za unutrašnji stupanj djelovanja, vidimo da je proporcionalan s entropijom pare na izlazu s_4 , a temperatura je obrnuto proporcionalna entropiji!

104. Kompresor koji ima veći unutrašnji stupanj djelovanja?

- a) Na izlazu ima medij manje temperature**
- b) Na izlazu ima medij veće temperature
- c) Sporije se okreće
- d) Brže se okreće

Pri ekspanziji plina potrebno je ostvariti što je manju moguću temperaturu da se proces približi idealnom. To možemo vidjeti iz T-s dijagrama.

105. Promatrajte Rankineov kružni proces sa suhom parom čiji se tlak i temperatura ne mijenjaju na ulazu u turbinu. Snizi li se tlak u kondenzatoru, kako to utječe na dobiveni rad turbine:

- a) povećava se**
- b) smanjuje se
- c) ostaje isti
- d) nema dovoljno podataka za odgovor

Smanjivanje tlaka u kondenzatoru pomiče liniju stalnog tlaka i temperature u kondenzatoru niže (h,s i T,s dijagrami) i to znači, na istoj entropiji područje većeg udjela vode.

106. Promatrajte Rankineov kružni proces u konvencionalnoj termoelektrani. Ukoliko količina rashladne vode nije ograničavajući element, o kojoj veličini ovisi tlak u kondenzatoru:

- a) entalpiji pare u kondenzatoru
- b) tehničkom radu turbine
- c) tehničkom radu pojne pumpe
- d) temperaturi rashladne vode**

Temperatura rashladne vode u kondenzatoru određuje temperaturu kondenzatora, a time i tlak. Manja temperatura u kondenzatoru znači manji tlak u kondenzatoru.

107. Promatrajte Rankineov kružni proces s nepromijenjenim tlakom u parnom kotlu i kondenzatoru. Poviši li se temperatura pregrijane pare, kako to utječe na sadržaj pare u kondenzatoru:

a) **povećava se** b) ostaje isti c) smanjuje se d) nema dovoljno podataka za odgovor

108. Promatrajte Rankineov kružni proces sa suhom parom čiji se tlak i temperatura ne mijenjaju na ulazu u turbinu. Snizi li se tlak u kondenzatoru, kako to utječe na ukupno odvedenu toplinu iz kondenzatora:

a) povećava se **b) ostaje ista** c) smanjuje se d) nema dovoljno podataka za odgovor

Vidi se iz grafa, krivulja Q_{odv} je i dalje ista.

109. Promatrajte Rankineov kružni proces s nepromijenjenim tlakom u parnom kotlu i kondenzatoru. Poviši li se temperatura pregrijane pare, kako to utječe na rad turbine:

a) **povećava se** b) ostaje isti c) smanjuje se d) nema dovoljno podataka za odgovor

110. Promatrajte Rankineov kružni proces s pregrijanom parom. Povećamo li temperaturu takve pare, kako to utječe na količinu toplinske energije odvedene iz kondenzatora? Ona se:

a) smanjuje **b) povećava** c) ostaje ista d) nema dovoljno podataka za odgovor

111. Promatrajte Rankineov kružni proces s pregrijanom parom. Povećamo li temperaturu takve pare, kako to utječe na rad pumpe kojom se voda ubrizgava u parni kotao? Rad se:

a) smanjuje **b) povećava** c) ostaje isti d) nema dovoljno podataka za odgovor

Ako povećamo temperaturu pare, tlak se povećava u kotlu, a što je veći tlak to je teže ubrizgati vodu u kotao.

112. Tehnički minimum TE služi:

a) **pokrivanju baznog opterećenja**

b) pokrivanju vlastite potrošnje TE

c) održavanju u pogonu TE koja treba raditi cijeli dan

d) povećavanju proizvodnje tehničkog rada TE 10

Tehnički minimum je najmanja radna snaga s kojom može raditi elektrana.

3 Geotermalna energija

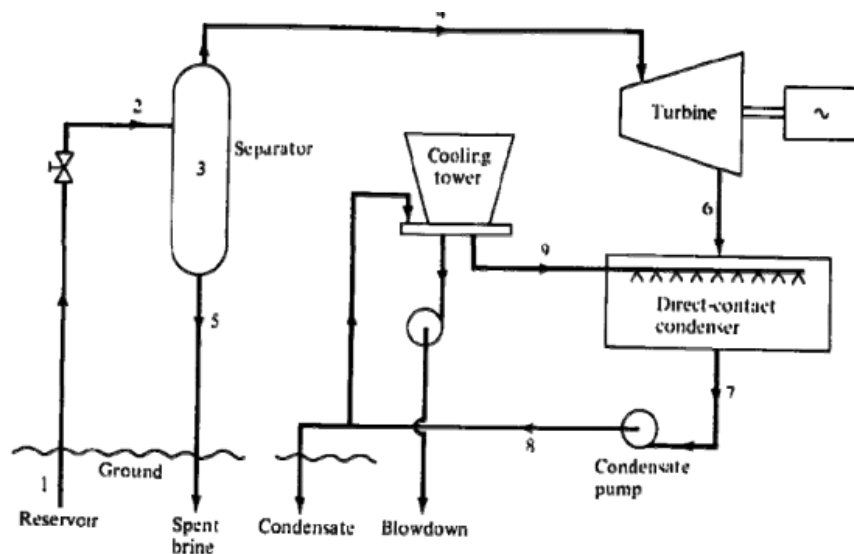
113. Nabrojite tipove izvora geotermalne energije.

Suhe vruće stijene, geotermalni izvori na velikim dubinama sa vodom pod velikim tlakom.

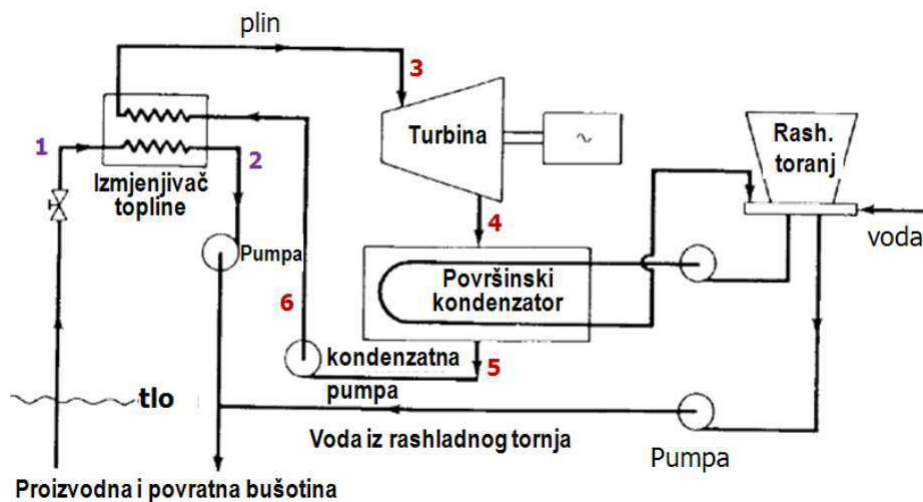
114. Nabrojite tipove geotermalnih elektrana.

Elektrane sa separacijom pare, elektrane s binarnim ciklusom i elektrane na suhu paru.

115. Nacrtajte princip rada geotermalne elektrane sa separacijom pare.



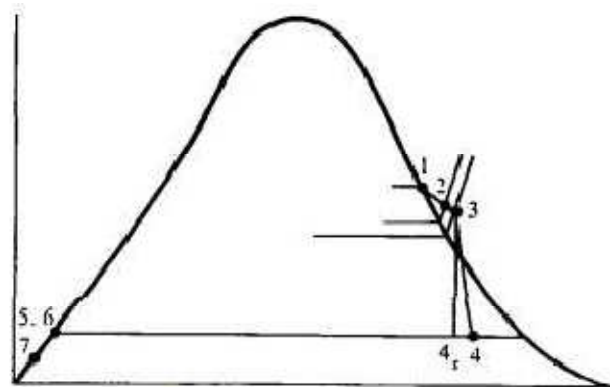
116. Nacrtajte princip rada geotermalne elektrane s binarnim ciklusom.



117. Koji kružni proces se koristi u geotermalnim elektranama s binarnim ciklusom?

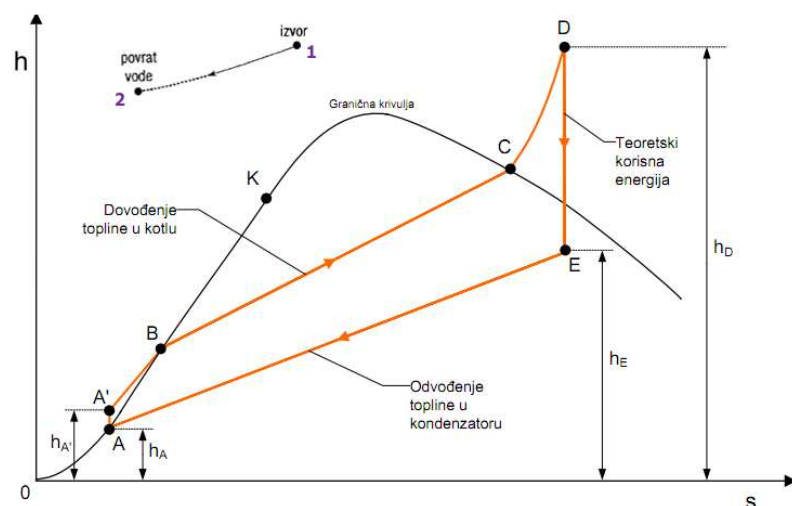
Rankineov organski kružni proces (iz zemlje se dobiva medij na 100 ili 200 stupnjeva Celzijevih, te zbog toga moramo koristiti radni medij s niskom temperaturom isparavanja).

118. Nacrtajte T-s dijagram geotermalne elektrane na suhu paru.



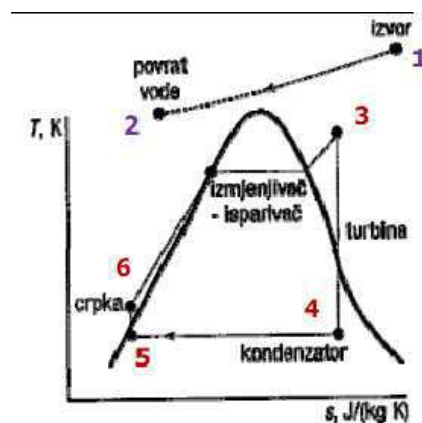
T-s dijagram

119. Nacrtajte h-s dijagram za termodinamičke procese u geotermalnoj elektrani s binarnim ciklusom.



Ovako bi otprilike to trebalo izgledati, samo što binarni radni medij zamjenjuje paru.

120. Nacrtajte T-s dijagram za termodinamičke procese u geotermalnoj elektrani s binarnim ciklusom.



T-s dijagram

121. Koja je osnovna karakteristika radnog fluida u binarnom ciklusu geotermalne elektrane?

- a) visoka temperatura isparivanja
- b) velika toplinska vodljivost
- c) niska temperatura isparivanja (vidi 117.)**
- d) mala toplinska vodljivost

122. Prednost geotermalnih elektrana je:

- a) mala radna temperatura
- b) izvor topline ispod površine tla**
- c) veliki faktor opterećenja
- d) sve navedeno

123. Koja vrsta geotermalnih elektrana je izvediva u Hrvatskoj?

- a) binarna** b) parna c) s odvajanjem pare d) sve navedeno

124. Koja vrsta geotermalnih elektrana ima najveći termički stupanj djelovanja?

- a) binarna** b) parna c) s odvajanjem pare d) sve navedeno