

Tentissä saa olla mukana Termodynamiikan taulukot -taulukkomoniste, veden ja vesihöyryn h,s -piirros, laskin, kynä ja kumi.

Tehtävä 1 (5 pistettä)

Valitse yksi oikea vaihtoehto (oikea vastaus +1 p, väärä -1p, tyhjä 0 p)

- a) Adiabaattisissa systeemissä taserajan ylitse
 - a. ei kulje ainetta
 - b. ei kulje energiaa
 - c. ei kulje lämpöä
 - d. ei tehdä työtä
- b) Termodynamiikan 1. pääsäännön mukaan
 - a. energiaa ei häviä
 - b. lämpö siirtyy aina suuremmasta lämpötilasta pienempään päin
 - c. ainetta ei häviä
 - d. lämpöenergiaa ei voida muuttaa kokonaisuudessaan työksi
- c) Termodynamiikan 2. pääsäännön mukaan
 - a. energia voi muuttaa muotoaan mutta se ei häviä
 - b. tasapainotilassa systeemin entropia on minimissä
 - c. energiaa häviää palautumattomissa prosesseissa
 - d. ei voida kehittää yhteen lämpövarastoon perustuvaa lämpövoimakonetta
- d) Energiavirran yksikkö on
 - a. Joule, J
 - b. Watti, W
 - c. Newton, N
 - d. Pascal, Pa
- e) Carnot hyötysuhde, η_C
 - a. $= T_{\max}/T_{\min}$
 - b. $= 1 - T_{\max}/T_{\min}$
 - c. $= 1 - T_{\min}/T_{\max}$
 - d. $= T_{\min}/T_{\max}$

Tehtävä 2 (5 pistettä)

1,5 kg hiilidioksidia CO₂ (25 °C, 0,8 bar) ja 1,2 kg happea O₂ (120 °C, 6 bar) ovat eri säiliöissä. Säiliöitä yhdistää venttiili. Kun venttiili avataan, kaasut annetaan sekoittua ja seoksen saavutettua tasapainotilan sen lämpötila on 80 °C. Laske

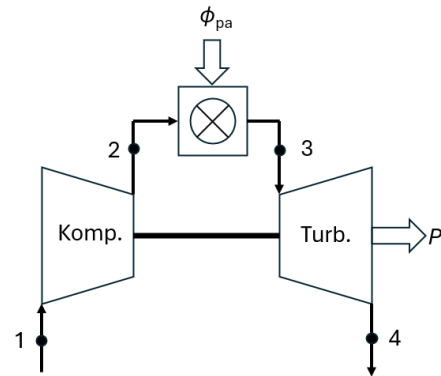
- a) koko säiliön tilavuus
- b) seoksen lopullinen paine
- c) osakaasujen mooliosuudet ja osapaineet tasapainotilassa
- d) siirtyvä lämpö (ilmoita siirtyvän lämmön suunta)

Tehtävä 3 (10 pistettä)

Höyryturbiiniin tulevan tulistetun vesihöyryn paine $p_1 = 11$ MPa ja lämpötila $T_1 = 800$ K. Turbiinin isentrooppinen hyötysuhde $\eta_s = 0,85$. Vesihöyryn paine turbiinin jälkeen $p_2 = 70$ kPa. Muodosta turbiinille energiatase ja selitä tekemäsi oletukset (piirrä tasekuva!). Tuorehöyryn massavirta on 50 kg/s. Selvitä h,s -piirroksen avulla vesihöyryn tila turbiinin jälkeen (ominaisentalpia ja höyrypitoisuus) ja laske turbiinin teho.

Tehtävä 4 (10 pistettä)

Tarkastele oheisen kuvan mukaista Brayton-prosessia. Oletetaan prosessin kiertoaineeksi ilma, joka tulee kompressorille paineessa $p_1 = 100$ kPa ja lämpötilassa $T_1 = 285$ K. Ilman massavirta on 6 kg/s. Kompressorin ja turbiinin polytrooppihyötysuhde on 0.86. Prosessin painesuhde $\pi = 12$ ja maksimilämpötila $T_3 = 1600$ K. Oletetaan kiertoaineelle vakio ominaislämpökapasiteetti 1,100 kJ/kg.



- a) Tee ja selitä tarvittavat oletukset laskentaa varten

Laske:

- b) lämpötila ja paine kompressorin sekä turbiinin jälkeen
 c) prosessiin tuotava lämpö ϕ_{pa}
 d) prosessista saatava nettoteho P
 e) omakäyttöhyötysuhde
 f) terminen hyötysuhde

Yhtälöitä ja vakioita:

- Ideaalikaasun tilanyhtälö $pv = R_i T$. Ainekohtainen kaasuvakio $R_i = R_u / M_i$, missä yleiskaasuvakio $R_u = 8314$ J/kmolK ja M_i on moolimassa.
- 1. pääsääntö suljetulle systeemille $dU = dQ + dW$
- Ominaislämpökapasiteetti vakiotilavuudessa $c_v = du/dT$
- Ominaislämpökapasiteetti vakiopaineessa $c_p = dh/dT$
- Ominaisentalpian määritelmä $h = u + pv$
- Entropian määritelmä $dS = dQ/T$
- Puristustyön lauseke $dW = -pdV$
- Polytrooppiselle prosessille $pV^\kappa = \text{vakio}$, missä κ on polytrooppiekspONENTTI
- Isentrooppi eksponentti eli lämpökapasiteettisuhde $\gamma = c_p/c_v$
- Ideaalikaasulle $c_p = c_v + R_i$