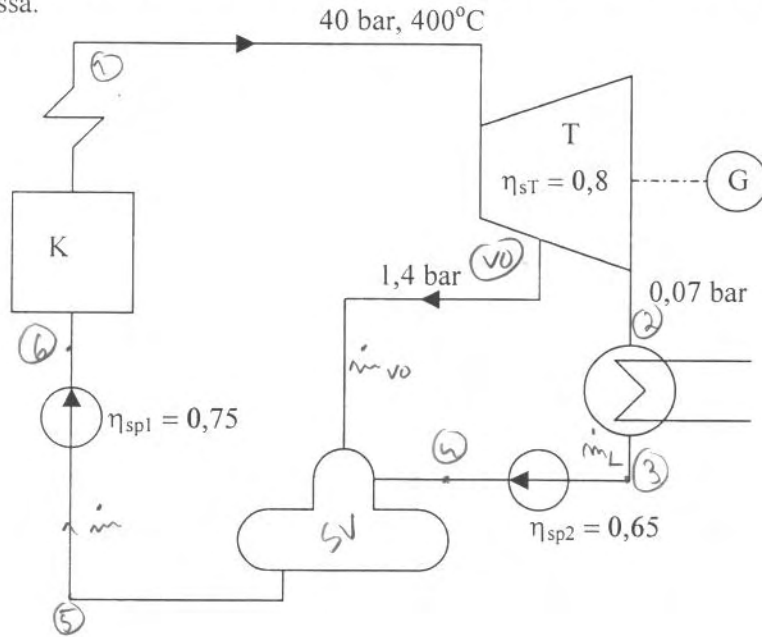


Ene-39.010 Lämpövoimaprocessit
Tentti 27.11.2004 klo 10-14

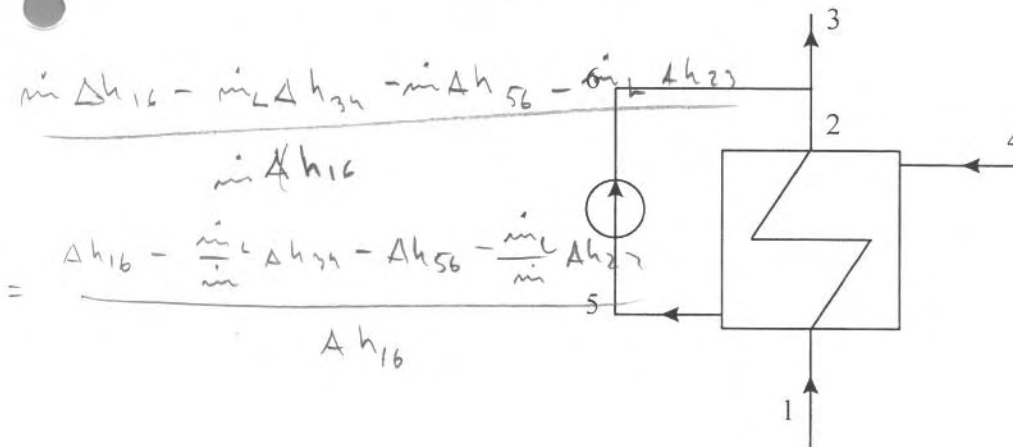
1. Laske allaolevan höyryvoimaprocessin prosessihyötysuhde. Turbiinin paisuntakäyrä voidaan olettaa suoraksi. Vesi poistuu lauhduttimesta kylläisessä tilassa.



2. Höyryvoimalaitoksen pintaesilämmittimessä väliottohöyry (4) lämmittää syöttövedtä (1). Syöttöveden massavirta on 10 kg/s ja tila 50°C ja 50 bar. Väliottohöyryn tila on 200°C ja 10 bar. Väliottohöyry lauhduttaa kylläiseksi vedeksi ja sen jälkeen vielä jäähtyy pintaesilämmittimessä 5 K. Pintaesilämmittimen asteisuus on 10 K ja paineenkorotuspumpun isentrooppinen hyötysuhde 0,8.

Määritä

- wäliottohöyryn massavirta.
- paineenkorotuspumpun (5-6) teho.
- veden lämpötila pisteessä 3.



$$\dot{m}_i \Delta h_{16} - \dot{m}_L \Delta h_{34} - \dot{m}_i \Delta h_{56} - \dot{m}_L \Delta h_{23} = 0$$

$$\dot{m}_i \Delta h_{16} = \dot{m}_L \Delta h_{34} + \dot{m}_i \Delta h_{56} + \dot{m}_L \Delta h_{23}$$

$$\Delta h_{16} = \frac{\dot{m}_L}{\dot{m}_i} \Delta h_{34} + \Delta h_{56} + \frac{\dot{m}_L}{\dot{m}_i} \Delta h_{23}$$

$$= \frac{\dot{m}_L}{\dot{m}_i} \Delta h_{34} + \Delta h_{56} + \frac{\dot{m}_L}{\dot{m}_i} \Delta h_{23}$$

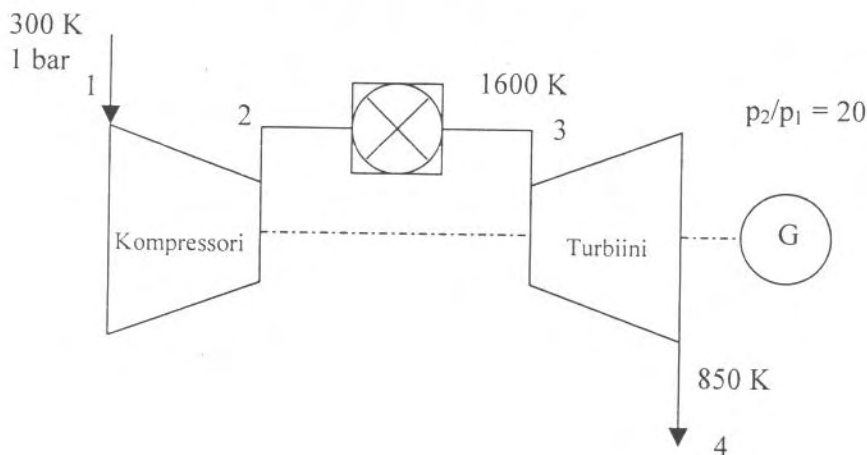
$$\dot{m}_3 h_3 = \dot{m}_s h^2 + \dot{m}_L$$

- $h_1 = 3220$
- $h_2 = 2328$
- $h_3 = 162,9$
- $h_4 = 251,$
- $h_5 = 459,0$
- $h_6 = 612$

$$\dot{m}_i - \dot{m}_L - \dot{m}_i = 0$$

$$\dot{m}_i - (\dot{m}_L + \dot{m}_i) - \dot{m}_L = 0$$

3. Allaolevassa kaasuturbiinikoneikossa on kompressorin kompressiohyötysuhde $\eta_k = 0,8$ ja savukaasut purkautuvat turbiinista ympäröivään ilmaan. Oletetaan että virtaavan aineen massavirta ei muutu palokammiossa. Ilmalle $C_{pmi}^* = 3,5$ ja $M_i = 0,029$ kg/mol. Savukaasuille $C_{pmk}^* = 4,0$ ja $M_k = 0,032$ kg/mol. Määritä:
- Turbiinin isentrooppinen hyötysuhde.
 - Turbiinin ekspansiohyötysuhde.
 - Koneikosta saatavan akselitehon ja ilman massavirran suhde.



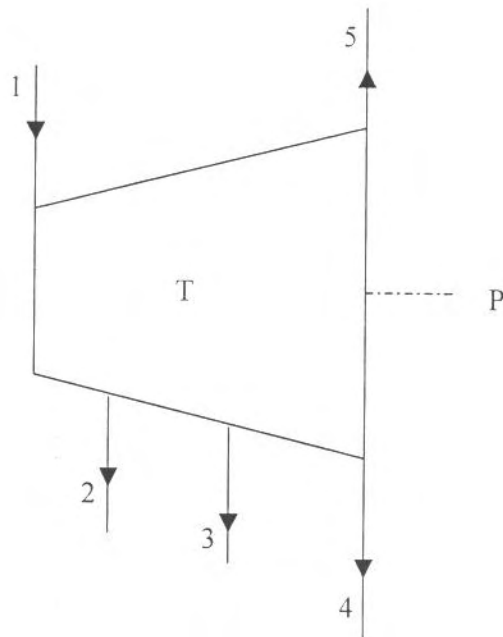
$$\eta_{ST} = \frac{h_4 - h_3}{h_{4s} - h_3}$$

4. Ammoniakkijäähdytyskone käsittää höyrystimen, kompressorin, lauhttimen ja paisuntaventtiilin. Laske kompressorin tehontarve, iskutilavuus ja pyörimisnopeus, kun jäähdytysteho on 200 kW ja kompressori on yksisylinterinen. Sylinterissä iskunpituus / sylinterin halkaisija on 0,8 ja männän keskinopeus 5 m/s. Höyrystyslämpötila on -15 °C ja lauhtumislämpötila 30 °C. Höyry tulistuu 5 K ennen kompressoria, ja neste jäähtyy 15 K ennen kuristusta paisuntaventtiilissä. Kompressorin isentrooppinen hyötysuhde on 0,83 ja täyttösuhde 0,78. Paljonko -10 °C jäätä tällä koneella voidaan valmistaa yhdessä vuorokaudessa 20 °C vedestä? (Vedelle $c_p = 4,19$ kJ kg⁻¹ K⁻¹ ja jäälle $c_p = 2,22$ kJ/kgK; jään sulamislämpö on 333,3 kJ/kg.)

$$h = 3$$

$$x = \log_3 4 = \frac{\log_{10} 4}{\log_{10} 3}$$

5. Ohessa on Salmisaaren voimalaitoksen korkeapaineturbiinin kaaviokuva väliottoineen ja toiminta-arvoineen. Laske turbiinin antama akseliteho P
- a) ottamatta huomioon nopeustermejä putkissa.
- b) ottamalla nopeustermit huomioon.
- Molemmissa tapauksissa turbiini voidaan olettaa ulospäin adiabaattiseksi.



piste	1	2	3	4	5
paine, bar	132	34	18	9	9
lämpötila, °C	530	353	280	194	194
massavirta, kg/s	192,3	15,4	10,6	8,5	
putken sisähalkaisija, mm	486	260	260	260	1300

77 kg/s 16,8 9,5 7,5 4,5



$$\rho V = \frac{m}{t}$$