TENTAMEN I ENERGITEKNIK K för K3 och KF3, 1995-04-19 kl 08.45-12.45

Tentamen omfattar:

Avdelning A: Teori och beskrivande moment

Inga hjälpmedel

Avdelning B: Problem

Tillåtna hjälpmedel:
De av Sektionsstyrelsen för kemi och Grundutbildningskommittén K godkända räknedosorna HP42S, Casio fx 8700G och Texas Galaxy 67 samt de typgodkända räknedosorna Casio fx 82, Texas Ti30 och Sharp EL 531.
Föreläsningsanteckningar (eller veckoblad) i Energiteknik, kursmaterial i Energiteknik och Transportprocesser (ej exempelsamlingar), handböcker.

OBS! Till tentamen får icke medföras lösta exempel. Sådana skall, om de medförs, överlämnas till tjänstgörande skrivningsvakter omedelbart efter det att du tagit del av detta papper. Innehav av lösta exempel under skrivningen medför ovillkorligen att du avvisas från densamma.

När ekvationer används utan härledningar bör källa anges.

Använda symboler skall definieras om dessa inte är lika kursmaterialets. Institutionen förbehåller sig rätten att värdera lösning innehållande odefinierade symboler med 0 poäng.

Lennart Persson, tel CTH: 7723015, kommer från ca kl 09.15 att vara tillgänglig för frågor på skrivsalen.

Lösningar finns anslagna tentamensdagen kl 10.00 på VoMs anslagstavla på institutionen.

Betygslistan anslås senast fredag 95-05-05.
Granskning av rättning får ske måndag 95-05-08 kl 11.00-12.00 i VoMs bibliotek.

Avdelning A måste lämnas in innan avdelning B (med hjälpmedel) får påbörjas!

OBS! Vissa tentamensuppgifter är avsedda **endast för K** och vissa **endast för Kf**!

Skrivtid: 4 tim
För godkänt krävs minst 15 poäng.

V g vänd!

AVDELNING A

A1. En mindre destillationskolonn på ett raffinaderi, för effektiv separation av propan och n-butan, måste förses med återkokare och kondensor. Trycket i kolonnen är ca 1 MPa, vilket motsvarar ca 27°C och 79°C i toppen resp botten av kolonnen.

a) Diskutera val av värmeväxlaretyp för återkokaren (2 p)

b) Diskutera val av värmeväxlaretyp för kondensorn (2p)

c) Diskutera materialval (1p)

(5 p)

A2. a) Beskriv noggrant principen för: Absorptionsvärmepump, värmetransformator och en ångkompressionscykel! (3 p)

b) Beskriv användningsområden för en värmetransformator, definiera COP för den samt ange, med motivering, ungefärligt värde på COP! (2 p)

(5 p)

A3. **(Endast K)** Beskriv vattnet/vattenångans väg från matarvattentanken genom pannsystemets olika delar (värmeväxlare, pumpar etc) och tillbaka till matarvattentanken i en normal panna för kraftproduktion. Pannan är utrustad med överhettare, ekonomiser, luftförvärmare etc, dock ej med separat konvektionsdel. Ange också vattnets tillstånd (mättad vätska vid lågt tryck etc) i pannsystemets olika delar!

(5 p)

AVDELNING B

B1. Vatten av 10°C hämtas med en tvärt avhuggen rörledning inne i en reservoar i en punkt 33,4 m under vattenytan. Det passerar först en pump ($\eta_p = 0{,}68$) och sedan vidare genom rörledningen (inre diameter 85,0 cm, total längd 4,28 km). Ledningen stiger till en punkt 164 m över och 2,64 km från pumpen, faller sedan 47,2 m den återstående sträckan, och omedelbart före utloppet i det fria finns en halvöppen reglerventil ($\zeta = 10$). Beräkna pumpeffekten för ett flöde av 1600 kg/s, om ledningens relativa ytojämnhet är $6{,}0 \cdot 10^{-4}$!

(5 p)

V g vänd!

B2. **(Endast Kf)** Ammoniak lagras ofta i en oisolerad, sfärisk behållare under tryck. Av någon orsak måste vätskeformig ammoniak snabbt tappas ur behållaren, som rymmer 1000 m^3. I behållaren finns det ursprungligen 45,4 ton ammoniak av 10°C. Beräkna hur mycket trycket i behållaren har sjunkit, när den återstående mängden ammoniak i behållaren är 14.7 ton!

(5 p)

B2. **(Endast K)** Ammoniak lagras ofta i en oisolerad, sfärisk behållare under tryck. Genom en olyckshändelse slits en högt belägen röranslutning bort. Röret har en innerdiameter av 120 mm. I behållaren, som rymmer 1000 m^3, finns det ursprungligen 45,4 ton ammoniak av 10°C. Beräkna hur snabbt ammoniak initialt strömmar ut ur behållaren!

(5 p)

B3. I en bombkalorimeter invägs 2,0 g torrt trädbränsle, som kan antas ha en vätehalt av 6,0% och vara askfritt. Vid kalorimeterprovet frigjordes 41,0 kJ. Beräkna avgasförlusten i en panna där detta bränsle eldas, nu med en fukthalt av 40 %! CO_2-halt och temperatur i avgaserna blir då 16 % respektive 180 °C vid en lufttemperatur av 30 °C. Antag att avgasmängd och luftbehov kan beräknas som om bränslet vore ved!

(5 p)

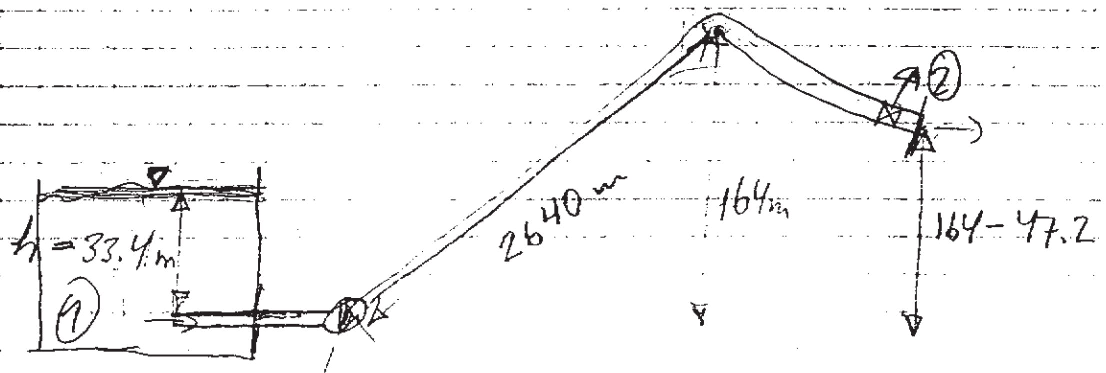
B4. **(Endast Kf)** Vid en kemisk industri finns en mottrycksturbin med avtappning av mellantrycksånga (10,0 bar). I normalfallet avtappas 20 % av flödet. Hur mycket förändras el-verkningsgraden för kraftanläggningen om maximalt tillåtna 40 % avtappas vid oförändrat totalflöde? η_T för hög- och lågtrycksdel är 0,80 respektive 0,75, oberoende av avtappningsändringen. Ångans tillstånd före turbinen är 60 bar, 500 °C, och mottrycket 4,0 bar. Lågtrycks- och mellantryckskondensaten återvänder till pannhuset vid mättningstemperatur för respektive tryck.

$\eta_{mek+g} = 0,95$ $\eta_p = 0,90$ (5 p)

Lycka till!

B1. Vatten av 10°C hämtas med en tvärt avhuggen rörledning inne i en reservoar i en punkt 33,4 m under vattenytan. Det passerar först en pump (η_p = 0,68) och sedan vidare genom rörledningen (inre diameter 85,0 cm, total längd 4,28 km). Ledningen stiger till en punkt 164 m över och 2,64 km från pumpen, faller sedan 47,2 m den återstående sträckan, och omedelbart före utloppet i det fria finns en halvöppen reglerventil (ζ = 10). Beräkna pumpeffekten för ett flöde av 1600 kg/s, om ledningens relativa ytojämnhet är $6{,}0 \cdot 10^{-4}$!

(5 p



$\dot m = 1600$ kg/s

L = total rörlängd = 4200 m
d = rördiameter = 0.85 m

vatten av 10°C

(isentropa) tryckstegring över pumpen = Δp_p

Δp_p = inlopp + utlopp + friktion i rör + förlust i ventil + höjdskillnad.

effektbehovet = $\dot E = \dot m \cdot \Delta h_{pump} = \dot m \dfrac{v \cdot \Delta p_{pump}}{\eta_p}$ (1)

Bernoullis ekvation, Δp def. som positivt i alla

(1) inivå med pumpen $w_1 = 0$ $z = 0$

(2) precis i utloppet $w_2 = w$ $z = 164 - 47.2 = 116.$

$$p_2 = p_1 - \Sigma p_f - \rho g \cdot (z_2 - z_1) + \Delta p_p - \underbrace{\frac{\rho w_2^2}{2}}_{\text{utloppsförlust}}$$

$$\Rightarrow \Delta p_{pump} = p_2 - p_1 + \Sigma p_f + \rho g (z_2 - z_1) + \frac{\rho w_2^2}{2}$$

$$p_2 - p_1 = -\rho g \cdot h$$

$$\Delta p_{pump} = \Sigma \Delta p_f + \rho g (z_2 - z_1 - h) + \frac{\rho w_2^2}{2} \quad (2)$$

Om tröskeltar försummas samt röret antas vr fyllt hela vägen: får: (10.20)

$$\Sigma p_f = f_1 \rho \cdot w^2 \cdot \frac{L}{d} + (\xi_{inlopp} + \xi_{ventil}) \cdot \frac{\rho w^2}{2} \quad (3)$$

Ans data

$\rho = 998 \ kg/m^3$

$\nu = 1.31 \cdot 10^{-6} \ m^2/s$

$$w = \frac{\dot V}{A_s} = \frac{\dot m}{\rho} \cdot \frac{4}{\pi d^2} = \frac{1600 \cdot 4}{998 \cdot \pi \cdot 0.85^2} = 2.825 \ m/s$$

$$Re = \frac{w \cdot d}{\nu} = \frac{2.825 \cdot 0.85}{1.31 \cdot 10^{-6}} = 1.833 \cdot 10^6$$

f_1: $y_s / d = 0.0006 \rightarrow y_s = 0.5$ mm lite rost

Fig 10.33 $\Rightarrow f_1 \approx 0.009$

Enl DPD $\lambda = 0.0175 \Rightarrow f_1 = 0.0087$

$\xi_{inlopp} = 1$ (inne i en reservoar)

$\xi_{ventil} = 10$

3982

$$\Sigma\Delta p_f = 0.009 \cdot 998 \cdot \frac{2.885^2 \cdot 4280}{0.85} + 11 \cdot \frac{998 \cdot 2.885^2}{2} =$$

$$= 361 \cdot 10^3 + 43.8 \cdot 10^3 = 404.7 \cdot 10^3 \text{ Pa}$$

$$\Delta p_{pump} = 404.7 \cdot 10^3 + 998 \cdot 9.81 \cdot (116.8 - 33.4) + 3982 =$$

$$= \underbrace{404.7 \cdot 10^3}_{\text{friktion+ inlopp+ ventil}} + \underbrace{816.5 \cdot 10^3}_{\text{höjd}} + \underbrace{4.0 \cdot 10^3}_{\text{utlopp}} = 1225 \cdot 10^3 \text{ Pa}$$

$\boxed{= 12 \text{ bar}}$

höjd + friktion ~~utgör~~ : $\frac{[illegible]}{1225}$ = 99 % av det totala tryckfal

$\boxed{w = 2.8 \text{ m/s}}$

$$\dot{E} = \dot{m} \left(1/\rho\right) \cdot \Delta p_p \left(\frac{1}{\eta_p}\right) = 1600 \left(\frac{1}{998}\right) \cdot 1225 \cdot 10^3 \cdot \frac{1}{0.68} =$$

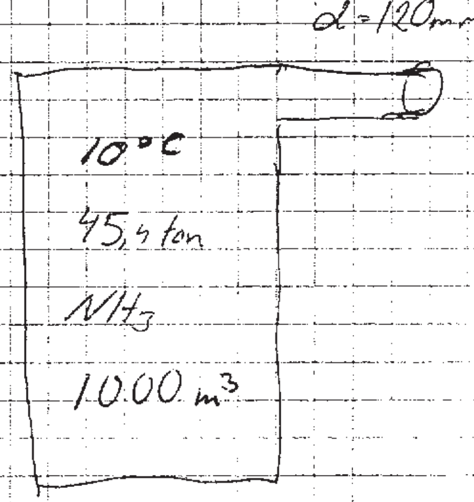
$$= 2.888 \cdot 10^6 \text{ W}$$

Svar: effektbehovet blir 2.9 MW

B2. **(Endast K)** Ammoniak lagras ofta i en oisolerad, sfärisk behållare under tryck. Genom en olyckshändelse slits en högt belägen röranslutning bort. Röret har en innerdiameter av 120 mm. I behållaren, som rymmer 1000 m^3, finns det ursprungligen 45,4 ton ammoniak av 10^{o}C. Beräkna hur snabbt ammoniak initialt strömmar ut ur behållaren!

(5 p

Lösning:



* $V = m_{före}\left[v'_{10°C} + x_{före}\left(v''_{10°C} - v'_{10°C}\right)\right]$

$v'_{10°C} = 0,0016$ m^3/kg

$v''_{10°C} = 0,2052$ "

$V = 1000$ m^3

$m_{före} = 45,4 \cdot 10^3$ kg

Insättning ger $x_{före} = 0,10$

Vi behöver veta trycket i behållaren

Vi ~~förutsätter~~ vet att vi har en ånga-vätske blandning i behållaren* ⇒ $P_{10°C} = 6,149$ bar (ToD s.24)

* Röranslutningen sitter högt ⇒ ånga kommer att blåsa ut

det kritiska trycket är:

$$\frac{p^*}{p^0} = \left(\frac{2}{\kappa+1}\right)^{\left(\frac{\kappa}{\kappa-1}\right)} = 0.5435$$

då $\kappa = 1,312$ (ToD s. 78)

Tryckförhållandet är större än det kritiska.

10.72 b ⇒ $\psi^* = \sqrt{\kappa\left(\frac{2}{\kappa+1}\right)^{\left(\frac{\kappa+1}{\kappa-1}\right)}} = 0.6694$

10.72b $\Rightarrow$ med $A_{min} = \frac{\pi d_i^2}{4} = 0{,}0113\ m^2$

$$\dot{m}_{max} = A_{min}\ \psi\ \frac{P_0}{\sqrt{RT_0}}$$

med $R = 488.4$

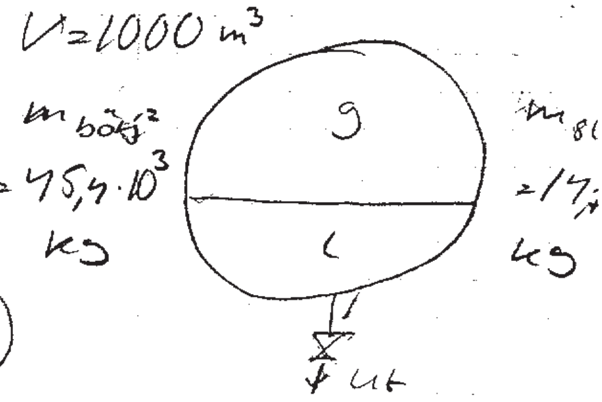
$\Rightarrow \dot{m}_{max} = 12{,}52\ kg/s$

Svar: Totalt kommer 12.5 kg/s NH_3 att blåsa ut genom röret

B2. **(Endast Kf)** Ammoniak lagras ofta i en oisolerad, sfärisk behållare under tryck. Av någon orsak måste vätskeformig ammoniak snabbt tappas ur behållaren, som rymmer 1000 m^3. I behållaren finns det ursprungligen 45,4 ton ammoniak av 10^oC. Beräkna hur mycket trycket i behållaren har sjunkit, när den återstående mängden ammoniak i behållaren är 14.7 ton!

(5 p)

Lösning:



För tömning av en behållare (otela väggar) gäller 1:a H:S enligt (2.56a)

$$Q = \int_{börj}^{slut} \left(h_{ut} + w_{ut}^2/2\right) dm_{ut} + U_{slut} - U_{börj}$$

Antag $Q \approx 0$ (snabbt) och $w_{ut}^2/2 \approx 0$

Approximera integralen enligt (2.56b)

$$(1)\quad 0 = (m_{börj} - m_{slut})\frac{(h_{ut})_{börj} + (h_{ut})_{slut}}{2} + U_{slut} - U_{börj}$$

För innehållet i behållaren gäller

$$(2)\quad V = m_{börj}\left(v' + x(v'' - v')\right)_{börj}$$

$$(3)\quad V = m_{slut}\left(v' + x(v'' - v')\right)_{slut}$$

$$(4)\quad U_{börj} = m_{börj}\left(u' + x(u'' - u')\right)_{börje}$$

$$(5)\quad U_{slut} = m_{slut}\left(u' + x(u'' - u')\right)_{slut}$$

$p_{börj} = t'(10°) = 0{,}615$ MPa

Sökes: p_{slut}

$x_{börj}$ erhålles (2) och sedan $U_{börj}$ (4)

Vid 10°C och mättning gäller (TEF) 43-44

$v' = 1{,}60 \cdot 10^{-3}$ m³/kg
$v'' = 0{,}2057$ "
$u' \approx h' = 246{,}6$ kJ/kg
$u'' = h'' - pv'' = 1473 - 0{,}615 \cdot 10^3 \cdot 0{,}20$
$= 1347$ kJ/kg

$\therefore\ 1000 = 45{,}4 \cdot 10^3 (1{,}6 \cdot 10^{-3} + x_{börj}(0{,}2057 - 1{,}60 \cdot 10^{-3}))$

$x_{börj} = 0{,}100$

$U_{börj} = 45{,}4 \cdot 10^3 (246{,}6 + 0{,}100(1347 - 24$
$= 16{,}19\ 10^6$ kJ

p_{slut} – erhålles med ett iterativt förfarande.

Gissa $p_{slutr} = p_{börj} - 0{,}02 <$

$= 0{,}615 - 0{,}02 = 0{,}595$ MPa

$t'(0{,}595\ \text{MPa}) = 9{,}0$ °C

x_{slut} erhålles (3) och sedan
U_{slut} (5)

Vid $t = 9°C$ och mättning
gäller (TeT) 43-44

$v' = 1{,}60 \cdot 10^{-3}$ m^3/kg
$v'' = 0{,}2126$ "
$u' \approx h' = 241{,}9$ kJ/kg
$u'' = h'' - pv'' = 1472 - 0{,}595 \cdot 10^3 \, 0{,}212$
$= 1346$ kJ/kg

$\therefore$ $1000 = 14{,}7 \cdot 10^3 (1{,}60 \cdot 10^{-3} +$
$x_{slut} (0{,}2126 - 1{,}60 \cdot 10^{-3}))$

$x_{slut} = 0{,}313$

$U_{slut} = 14{,}7 \cdot 10^3 (241{,}9 + 0{,}313 (1346 - 2$
$= 8{,}64 \cdot 10^6$ kJ

$(h_{ut})_{börj} = h'(10°) = 246{,}6$ kJ/kg
$(h_{ut})_{slut} = h'(9°) = 241{,}9$ kJ/kg
$\dfrac{(h_{ut})_{börj} + (h_{ut})_{slut}}{2} = 244{,}3$ kJ/kg

Insättning i H.L av (1) ger

B2: 4(4)

$(45{,}4 - 14{,}7)10^3 \quad 244{,}3 +$

$+ (18{,}64 - 16{,}19)\cdot 10^6 =$

$= 7{,}50\cdot 10^{-6} - 7{,}55\cdot 10^{-6} = 0{,}05\cdot 10^{-6}$

≈ 0 kJ

∴ Gissningen är OK!

Trycket har sjunkit 0,02 MPa =
= 20 kPa

Svar: Trycket i behållaren har sjunkit 20 kPa

B3. I en bombkalorimeter invägs 2,0 g torrt trädbränsle, som kan antas ha en vätehalt av 6,0% och vara askfritt. Vid kalorimeterprovet frigjordes 41,0 kJ. Beräkna avgasförlusten i en panna där detta bränsle eldas, nu med en fukthalt av 40 %! CO_2-halt och temperatur i avgaserna blir då 16 % respektive 180 °C vid en lufttemperatur av 30 °C. Antag att avgasmängd och luftbehov kan beräknas som om bränslet vore ved!

(5 p)

Lösning!

$$(H_s)_{prov} = 41,0/0,002 = 20,5 \text{ MJ/kg}$$

$$H_s = (H_s)_{prov} \cdot (1-F) = 20,5\,(1-0,4) = 12,3 \text{ MJ/kg}$$

$$H_i = H_s - 2,5\,(8,94\,H + F) \quad (12.1a)$$

$$F = 0,4 \text{ (torrt)} \quad H = 0,06 \cdot (1-0,40) = 0,036$$

$$\therefore H_i = 12,3 - 2,5\,(8,94 \cdot 0,036 + 0,4) =$$

$$= 10,5 \text{ MJ/kg}$$

Avgasförlusten erhålles ur

$$f_a = \frac{g_v\,(h_g - h_{g,25°}) - l_v\,(h_l - h_{l,25°})}{H_i} \cdot 100$$

$$\begin{cases} g_v = g_0 + (m-1)\,l_0 & (12.4) \\ m = \dfrac{(CO_2)_{ot}}{(CO_2)_t} & (12.5) \end{cases}$$

$$l_0 = l_{ot} = 2,75 \text{ m}^3/\text{kg} \quad (TeD)\,76$$

$$g_0 = 3,70 \text{ m}^3/\text{kg} \quad \text{—''—}$$

$$(CO_2)_{ot} = 20,44\ \% \quad (TeD)\,77$$

$(CO_2)_t = 16{,}0\ \%$ (givet)

Entalpier erhålles i diagram (Figur

$h_{g,250°} = 30$ kJ/kg

$h_{g,180°} = 250$ kJ/kg

$h_{L,25°} = 30$ kJ/kg

$h_{L,30°} = 36$ kJ/kg

$$m = \frac{20{,}44}{16{,}0} = 1{,}278$$

$$g_v = 3{,}70 + (1{,}278-1)\,2{,}75 = 4{,}46\ m^3/k$$

$$l_v = 1{,}278 \cdot 2{,}75 = 3{,}51\ m^3/kg$$

$$\therefore\ f_a = \frac{4{,}46\,(250-30) - 3{,}51\,(36-30)}{10{,}5 \cdot 10^3} \cdot 100$$

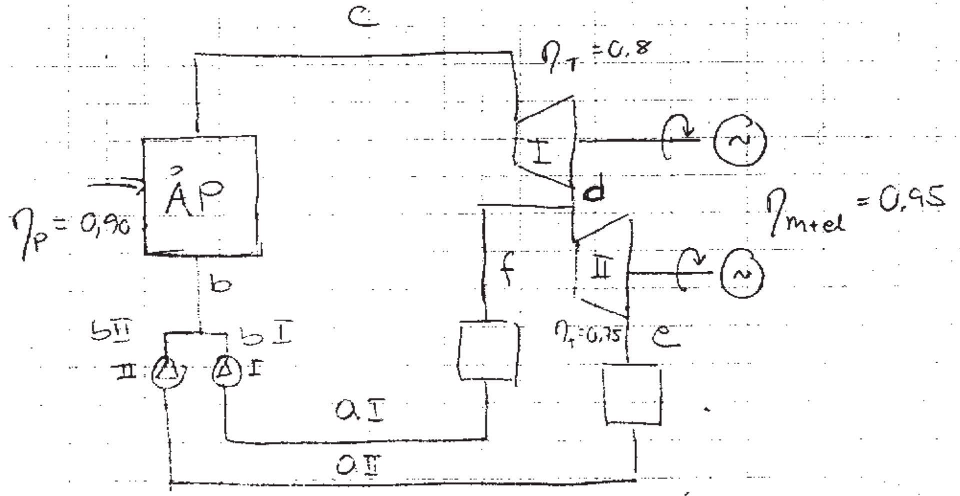
$$= 9{,}14\ \%$$

Svar: Avgasförlusten är 9,14 %

B4. **(Endast Kf)** Vid en kemisk industri finns en mottrycksturbin med avtappning av mellantrycksånga (10,0 bar). I normalfallet avtappas 20 % av flödet. Hur mycket förändras el-verkningsgraden för kraftanläggningen om maximalt tillåtna 40 % avtapp: vid oförändrat totalflöde? η_T för hög- och lågtrycksdel är 0,80 respektive 0,75, oberoende av avtappningsändringen. Ångans tillstånd före turbinen är 60 bar, 500 °C, och mottrycket 4,0 bar. Lågtrycks- och mellantryckskondensaten återvänder till pannhuset vid mättningstemperatur för respektive tryck.

$\eta_{mek+g} = 0{,}95 \qquad \eta_p = 0{,}90$ (5

Lösning:



$P_d = 10$ bar

$P_c = 60$ bar

$t_c = 500°C$

$h_{aI} = h'_{10\,bar}$

$h_{aII} = h'_{4\,bar}$

$p_e = 4$ bar

Fall (A) $x = \dfrac{\dot m_f}{\dot m_{tot}} = 0.2$

Fall (B) $x = \dfrac{\dot m_f}{\dot m_{tot}} = 0.4$

Sökt: $\eta_{tot\,(B)} / \eta_{tot\,(A)}$

$$\eta_{tot} = \eta_P \, \eta_t \cdot \eta_{(m+g)}$$

$$\Rightarrow \frac{\eta_{tot\,(A)}}{\eta_{tot\,(B)}} = \frac{\eta_{t\,(A)}}{\eta_{t\,(B)}}$$

$$\eta_t = \frac{\varepsilon_{T\,I} + (1-x)\,\varepsilon_{T\,II} - x \cdot |\varepsilon_{P\,I}| - (1-x) \cdot |\varepsilon_{P\,II}|}{q_1}$$

$\varepsilon_{TI} = h_c - h_{dv}$

$\varepsilon_{TII} = h_{dv} - h_{ev}$

$|\varepsilon_{pI}| = h_{bI} - h_{aI} = v\Delta p_I$

$|\varepsilon_{pII}| = h_{bII} - h_{aII} = v\Delta p_{II}$

$q_1 = h_c - h_b$

Söker alltså ett gäng entalpier.

h_c, h_{dv}, h_{ev} är oberoende av x

$h_c(60\text{ bar}, 500°C) = 3421$ kJ/kg

h_{dv} fås mha $\eta_{TI} = \frac{h_c - h_{dv}}{h_c - h_{dis}}$

h_{dis} fås mha s & p

$p_{dis} = 10$ bar $\quad s_{dis} = s_c(500°C, 60\text{ bar}) = 6.878$ kJ/kg

$s''_{10\text{bar}} = 6.5867$ kJ/kg°C $\Rightarrow$ "dis" är överhettad.

p & $s \Rightarrow h_{dis} = 2920$ kJ/kg D&D s. 58

$h_{dv} = 3020,2$ kJ/kg

h_{ev} fås mha $\eta_{TII} = \frac{h_{dv} - h_{ev}}{h_{dv} - h_{eis}}$

h_{eis} fås mha p & s

(s. 56)

$p_{eis} = 4$ bar $\quad s_{eis} = s_{dv}(10\text{ bar}, h = 3020) = 7.11$ k/kg

$s''_{4\text{bar}} = 6.8965 \Rightarrow$ "eis" är överhettad

p & $s \Rightarrow h_{eis} = 2835$ kJ/kg D&D s. 58

$h_{ev} = 2881,3$ kJ/kg

h_b fås genom att h_{bI} & h_{bII} viktas ihop med x.

$$h_{bI} = h_{aI} + v_{aI}(p_{bI} - p_{aI}) =$$

$$= 762{,}63 + 0{,}0011(60-10)\cdot\frac{10^5}{10^3} = 768{,}13 \ \frac{kJ}{kg}$$

$$h_{bII} = h_{aII} + v_{aII}(p_{bII} - p_{aII}) =$$

$$= 604{,}72 + 0{,}00108(60-4)\cdot\frac{10^5}{10^3} = 610{,}77 \ \frac{kJ}{kg}$$

$$h_b = x\, h_{bI} + (1-x)\, h_{bII}$$

Fall (A) $h_{b(A)} = 642{,}24$ kJ/kg

Fall (B) $h_{b(B)} = 673.71$ kJ/kg

$|\varepsilon_{pI}| = 5{,}5$ kJ/kg

$|\varepsilon_{pII}| = 6.05$ kJ/kg

$\varepsilon_{TI} = 400.8 \ \frac{kJ}{kg}$ $\quad \varepsilon_{TII} = 138.9 \ \frac{kJ}{kg}$

$q_{1(A)} = 2778.76 \ \frac{kJ}{kg}$ $\quad q_{1(B)} = 2747{,}29$ kJ/kg

$\eta_{t(A)} = 0{,}1821$ $\quad \eta_{t(B)} = 0{,}1741$

$$\frac{\eta_{t(B)}}{\eta_{t(A)}} = 0{,}956 \Rightarrow 4{,}4\ \%\ \text{minskning}$$

Svar: minskar 4,4 %