TENTAMEN I ENERGITEKNIK K för K3 och KF3, 1995-01-21

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.

Lösningar finns anslagna måndagen 95-01-23 kl 10.00 på VoMs anslagstavla på institutionen.

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.

Lennart Persson tel CTH: 7723015, (hem 031-230674) kommer från ca kl 09.30 att vara tillgänglig för frågor på skrivsalen. Sådana bör därför vara förberedda till denna tid.

Betygslistan anslås senast onsdag 95-02-08. Granskning av rättning får ske torsdag 95-02-09 kl 11.00-12.00 i HC4 i samband med kursuppföljning.

V g vänd!

AVDELNING A

A1 a) Ange ungefärlig fördelning av Sveriges totala energiförbrukning mellan byggnadsuppvärmning, industri och transporter! (1 p)

b) Förhållandet mellan el- och bränsleanvändning i svensk industri har successivt förändrats under senare år. Ange i vilken riktning och ange också orsakerna till detta! (2 p)

c) Ange ungefärlig storleksordning på den andel av Sveriges totala elproduktion, som kommer från kraftvärme (dvs både kommunalt och industriellt)! (1 p)

d) Ange det i särklass största användningsområdet för den elenergi, som förbrukas i svensk industri! (1 p)

A2 a) Beskriv principerna för gaskombicykeln! (1 p)

b) Diskutera denna cykels för- och nackdelar som ren kraftproducent jämfört med alternativa cykler! (2p)

c) Vid användning av gaskombicykeln för kraftvärme måste en avvägning mellan hög elverkningsgrad och hög totalverkningsgrad göras. Beskriv orsakerna till detta och visa hur cykeln kan utformas för en hög totalverkningsgrad på bekostnad av elverkningsgraden! (2 p)

A3 a) **(Endast K)** Det finns två typer av ångturbiner med avseende på strömningsförhållandena kring löphjulet. Den ena typen kallas liktryck. Vad kallas den andra typen? Vari består den principiella skillnaden mellan dessa typer? Ange också skillnader i användningsområden och reglermöjligheter! (3 p)

b) **(Endast K)** Visa att specifika arbetet l_t för ett axialsteg beror av anströmningsvinkeln, α_1, anströmningshastigheten c_1, tangentialhastigheten u och skovelvinklarna β_1 och β_2 enligt

$$l_t = u(c_1 \cos\alpha_1 - u)\left(1 + \frac{\cos\beta_2}{\cos\beta_1}\right)$$

(2 p)

V g vänd!

AVDELNING B

B1 **(Endast Kf)** En ballong med från början försumbar volym skall blåsas upp till volymen 10 l. Ballongen är uppträdd på en rörände. Innanför röränden finns en stryp-ventil, som medger en långsam påfyllning av luft från röret. Temperaturen är hela tiden och överallt (även i röret) 10,0 °C. På grund av ballongmaterialets elasticitet är absoluttrycket i ballongen en funktion av volymen, $p = p_0\,(1 + 0{,}46\,V^{1/3})$, där p_0 är omgivningens tryck.

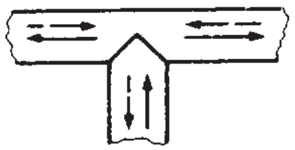
Beräkna den värmemängd som har avgetts till omgivningen under påfyllningen!

(5p)

B1 **(Endast K)** En pump med pumpkurva enligt figur levererar vatten till en öppen bassäng, belägen 10,0 m över nedre vattenytan. Pumpen ger då vattenflödet 0,016 m^3/s. Av strömningsförlusterna i rörsystemet är 50 % engångsförluster. En likadan pump parallellkopplas nu med den ursprungliga pumpen. Hur stort blir vattenflödet, om parallellkopplingen innebär att två T-rör tillkommer, samt att två 90° rörkrökar (krökningsradien = 160 mm) tillkommer i vardera rörgrenen?

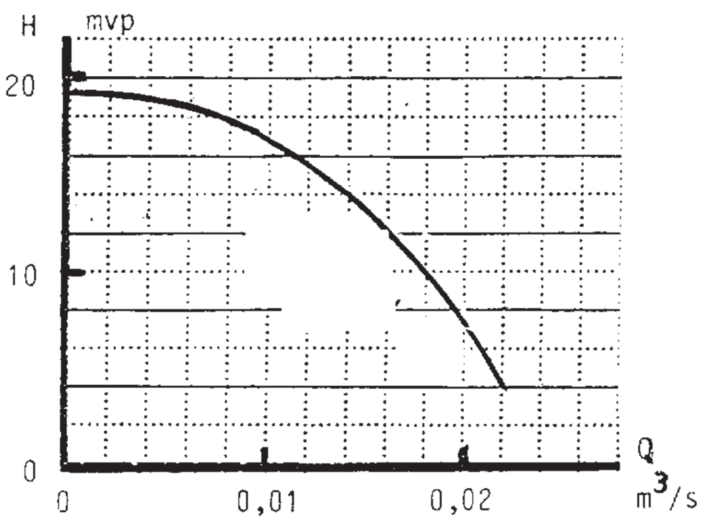
Rördiametern både i den ursprungliga ledningen och de nya rörgrenarna är 80 mm.

För ett T-rör av den typ som förutsätts här gäller



—— $\zeta = 2{,}0$ ---- $\zeta = 0{,}75$

där motståndstalet ζ baseras på hastigheten efter passage (nedströms).



(5 p)

V g vänd!

B2 En oljeeldad processugn är försedd med en avgaspanna. I eldstaden överföres 62 MW (inklusive utstrålningsförluster). Luftöverskottet är 10 %. Rökgaserna lämnar eldstaden vid 800 °C. Till vilken temperatur kyles rökgaserna i avgaspannan, om den tillverkar mättad ånga av 1,2 MPa, och har en värmeyta av 980 m^2 och ett k-värde av 40 $W/(m^2K)$? Matarvattnet har mättningstillstånd. Oljans effektiva värmevärde är 41,0 MJ/kg.

(5p)

B3 Beräkna totala värmeförlusterna för ett fritt upphängt, horisontellt glasrör, som är 10 m långt. Rörets ytterdiameter är 15 cm, och det håller en temperatur av 37 °C på utsidan. Väggarna och luften i rummet har temperaturen 20 °C.

(5 p)

B4 **(Endast Kf)** Beräkna nettoeffekten för en öppen gasturbin! Temperaturen och trycket i kompressorinloppet är 20 °C respektive 98 kPa. Motsvarande för kompressorutloppet är 200 °C respektive 425 kPa. Temperaturen i turbininloppet är 750 °C. Luftflödet genom kompressorn är 60,0 kg/s och isentropverkningsgraden för turbinen är 0,86.

Antag att förbränningsgaserna till mängd och egenskaper är desamma som luften!

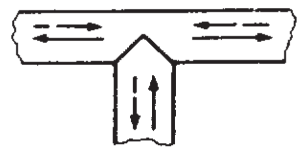
(5p)

Lycka till!

B1 **(Endast K)** En pump med pumpkurva enligt figur levererar vatten till en öppen bassäng, belägen 10,0 m över nedre vattenytan. Pumpen ger då vattenflödet 0,016 m^3/s. Av strömningsförlusterna i rörsystemet är 50 % engångsförluster. En likadan pump parallellkopplas nu med den ursprungliga pumpen. Hur stort blir vattenflödet, om parallellkopplingen innebär att två T-rör tillkommer, samt att två 90^o rörkrökar (krökningsradien = 160 mm) tillkommer i vardera rörgrenen?

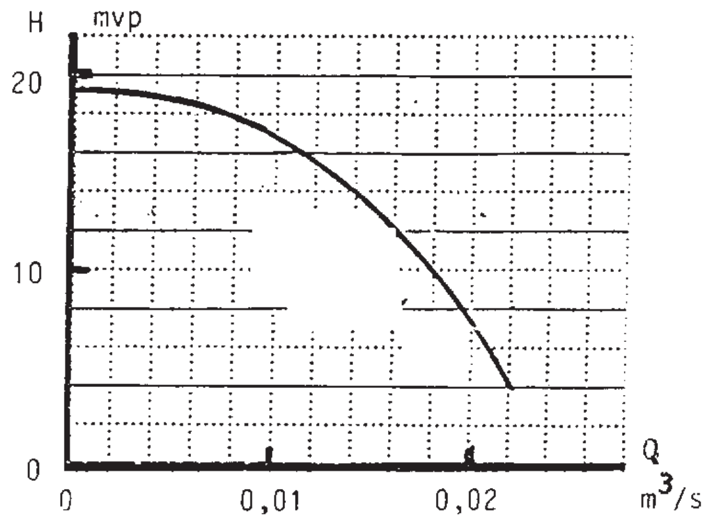
Rördiametern både i den ursprungliga ledningen och de nya rörgrenarna är 80 mm.

För ett T-rör av den typ som förutsätts här gäller



—— $\zeta = 2{,}0$ ---- $\zeta = 0{,}75$

där motståndstalet ζ baseras på hastigheten efter passage (nedströms).



(5 p)

V g vänd!

ET 95-01-21

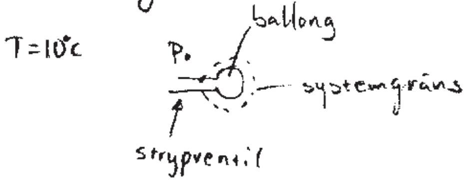
B1 **(Endast Kf)** En ballong med från början försumbar volym skall blåsas upp till volymen 10 l. Ballongen är uppträdd på en rörände. Innanför röränden finns en stryp-ventil, som medger en långsam påfyllning av luft från röret. Temperaturen är hela tide och överallt (även i röret) 10,0 °C. På grund av ballongmaterialets elasticitet är absolu trycket i ballongen en funktion av volymen, $p = p_0 (1 + 0{,}46\ V^{1/3})$, där p_0 är omgiv-ningens tryck.

Beräkna den värmemängd som har avgetts till omgivningen under påfyllningen!

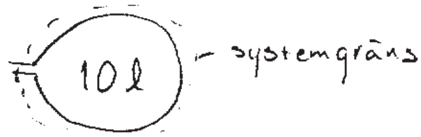
(5p)

(5p)

Lösning:



1.



2.

$$p_{ballong} = p_0 (1+0{,}46\cdot V^{1/3})$$

Energiekvationen för ett öppet stillastående system

$$dQ = dE_t + \underbrace{\sum_i dm_i (h_i + w_i^2/2 + gz_i)}_{\text{stryks ty inget utflöde}} - \sum_i dm_i (h_i + \underbrace{w_i^2/2 + gz_i}_{\text{stryks ty långsam påfyllning, ingen höjdskillnad}}) + dU$$

$$dQ = dE_t - dm_{in} h_{in} + dU$$

E_t är volymändringsarbetet $dE_t = p\,dV$ och $h_{in} = p_{in} v_{in} + u_{in}$

$$Q = \int_1^2 p\,dV - \int_1^2 p_{in} v_{in}\,dm_{in} \underbrace{- \int_1^2 u_{in}\cdot dm_{in} + U_2}_{=0 \text{ ty } -\int_1^2 u_{in} dm_{in} = -U_2 \text{ vi har samma temperatur}} - \underbrace{U_1}_{=0 \text{ ty tom från början}}$$

$p_{in}\cdot v_{in} = R\cdot T$ enligt ideala gaslagen (T är konstant) $m_2 = \frac{P_2\cdot V_2}{R\cdot T}$ och $m_1 = 0$

$$Q = p_0 \int_0^{0,01} (1+0{,}46\cdot V^{1/3})\,dV - \int_0^{\frac{P_2V_2}{RT}} R\cdot T\,dm_{in} = p_0\left(\left[V\right]_0^{0,01} + 0{,}46\left[\frac{3\cdot V^{4/3}}{4}\right]_0^{0,01}\right) - R\cdot T\left(\frac{P_2V_2}{R\cdot T} - \right.$$

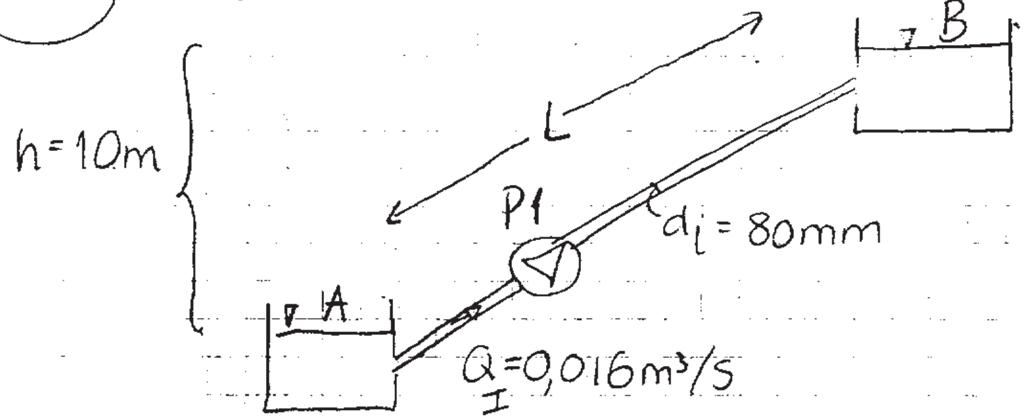
$$Q = 1{,}013\cdot 10^5\cdot\left(0{,}010 + \frac{0{,}46\cdot 3}{4}\cdot 0{,}010^{4/3}\right) - 1{,}013\cdot 10^5 (1+0{,}46\cdot 0{,}01^{1/3})\cdot 0{,}010$$

$$Q = 1088{,}294 - 1113{,}392 = -25{,}098$$

SVAR: 25 J avges till rumme

B1.

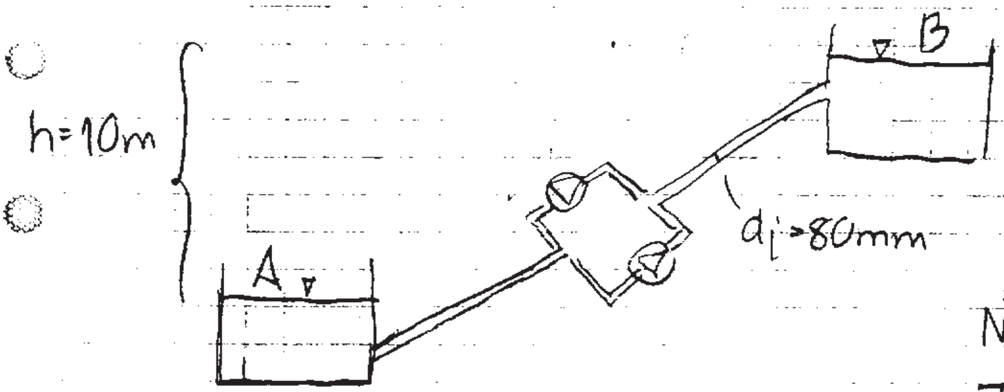
FALL I



$$h_f = h_{f_{friktion}} + h_{f_{engång}}$$

($h_{f_{friktion}} = h_{f_{engång}}$ enligt taltext) onödig uppgift

FALL II Parallellkoppling av en likadan pump



Nya engångsförluster:

- T-rör (2st)
- 90° rörkrök, R=160mm (2st i varje rörgren)

Sökt: Q_{II}

Lösning:

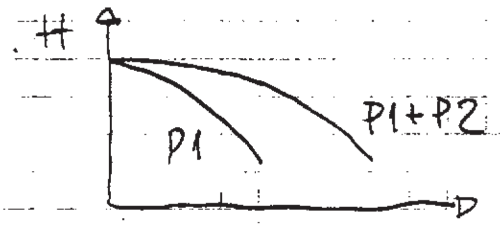
Pumpkurvan för P1 är given

En likadan pump P2 parallellkopplas

Måste rita upp den resulterande pumpkurvan.

(Se sid V.46)

För varje H i den givna pumpkurvan adderas Q:na.



OH!

För att få fram Q_{II} måste systemkurvan för fall II ritas in (skärningspunkten ger driftspunkten).

$$H_{syst} = H_{stat} + H_{dyn}$$

$$H_{stat} = h + \frac{p_B - p_A}{\rho g}$$ beror ej av Q

$$p_B = p_A \Rightarrow H_{stat} = h = 10\,m$$

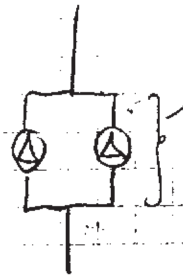
$$H_{dyn} = h_f + \frac{c_B^2 - c_A^2}{2g}$$ beror av Q

$$c_B = c_A = 0 \Rightarrow H_{dyn} = h_f$$

$$\Rightarrow H_{syst} = h + h_f = h + K\,Q^2 \quad (1)$$

S. 40-41

h_f för fall II:



försummar denna rörlängd $\Rightarrow L_{fall_I} = L_{fall_{II}}$

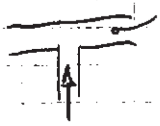
$$h_{f_{II}} = \frac{\Delta p_{f_{II}}}{\rho g} = \left(f_{1_{II}} \frac{L}{d}\, w_{ref}^2 + (\Sigma \xi)_{II} \cdot \frac{w_{ref}^2}{2} \right) / g \qquad (2)$$

(w_{ref} = den hastighet som f_1, ξ ref. till)

OH! Antag $f_{1_{II}} = f_{1_I}$ (gäller om Re är stort)

$$(\Sigma \xi)_{II} = (\Sigma \xi)_{I} + (\Sigma \xi)_{nya} \qquad (3)$$

Nya ξ i fall II:



$w_{ref} = w_{gren}$

$\xi_{Trör,in} = 2,0$

$w_{ref} = w_{huvudrör} = w$

$\xi_{Trör,ut} = 0,75$

2st 90°C krök i varje gren-rör, $R/d = 160/80 = 2$

S.320 ger $\xi_{krök} = 0,215$ $\quad w_{ref} = w_{gren}$

Med (2) & (3) fås:

$$hf_{II} = \overbrace{\left(f_1 \frac{L}{d}\right)_I \cdot \frac{w^2}{g} + (\Sigma\xi)_I \cdot \frac{w^2}{2g}}^{=h_{f_I}} +$$

$$+ \xi_{T\text{-rör},ut} \cdot \frac{w^2}{2g} + \xi_{T\text{-rör},in} \cdot \frac{w_{gren}^2}{2g} + \xi_{krök} \cdot 2 \cdot \frac{w_{gren}^2}{2g} \quad (4)$$

I fall I vet vi driftspunkten $\Rightarrow$ h_{f_I} som $f(Q)$

1) $\Rightarrow$ $H_{syst} = 10 + hf_I = 10 + K_I \cdot Q^2$

$$h_{f_I} = \underset{(w = \frac{Q}{A})}{\{f(Q)\}} = \underbrace{\left(f_1 \frac{L}{dg} + \frac{\Sigma\xi}{2g}\right)_I \cdot \frac{1}{A^2}}_{K_I} \cdot Q^2$$

Driftspkt: $\left.\begin{array}{l} \bullet\ H_{syst} = 12 \Rightarrow h_{f_I} = 12 - 10 = 2\ mvp \\ \bullet\ Q = 0{,}016\ m^3/s \end{array}\right\} \Rightarrow$

$$\Rightarrow K_I = \frac{h_{f_I}}{Q^2} = \frac{2}{0{,}016^2} = 7812{,}5$$

Tillbaka till fall II:

$$w = \frac{Q}{A}$$

$$w_{gren} = \frac{Q/2}{A}$$

$$(4) \Rightarrow h_{f_{II}} = K_I Q^2 + \frac{\xi_{T\text{-rör,ut}}}{2g}\frac{Q^2}{A^2} + \left(\frac{\xi_{T\text{-rör,in}}}{2g} + \frac{2\xi_{krök}}{2g}\right)\frac{Q^2}{(2A)^2}$$

$$= 7812{,}5Q^2 + \frac{0{,}75}{2\cdot 9{,}81\left(\frac{0{,}08^2\cdot\pi}{4}\right)^2}Q^2 + \frac{2+2\cdot 0{,}215}{2\cdot 9{,}81}\frac{Q^2}{\left(2\cdot\frac{\pi\cdot 0{,}08^2}{4}\right)^2} =$$

$$h_f = 10550{,}9\,Q^2$$

$$H_{syst} = 10 + 10550{,}9\,Q^2$$

Rita in och avläs driftspkten!

$$\Rightarrow \underline{\underline{Q = 0{,}024\ m^3/s}}$$

Kontrollera Re

FALL I

$$w_{fall\ I} = \frac{Q}{A_w} = \frac{0{,}016\cdot 4}{0{,}08^2\cdot\pi} = 3{,}2\ m/s$$

$$Re = \frac{w\cdot d}{\nu}$$ Antag 20° vatten $\nu_{20°} = 1{,}004\cdot 10^{-6}\ m^2/s$

$$\Rightarrow Re = 2{,}5\cdot 10^5$$

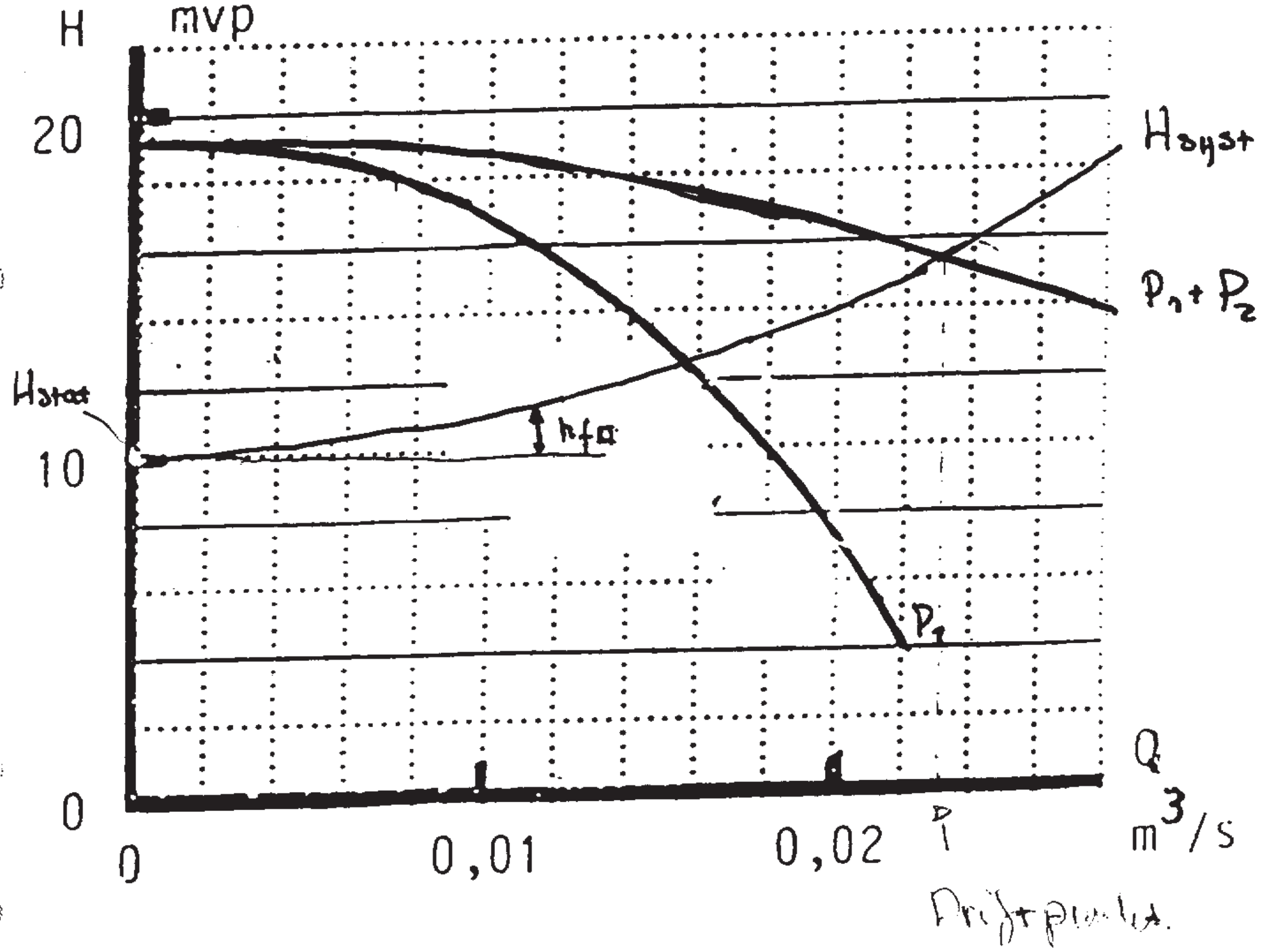
FALL II

$$Q = 0{,}023\ m^3/s \Rightarrow w = 4{,}58\ m/s \Rightarrow Re = 3{,}6\cdot 10^5$$

Antag $y_s = 0{,}15$ mm stålrör $\Rightarrow y_s/d = 0{,}002$

Fig sid 3/6 $\Rightarrow f_{1I} \approx f_{1II}$

Antagandet OK!



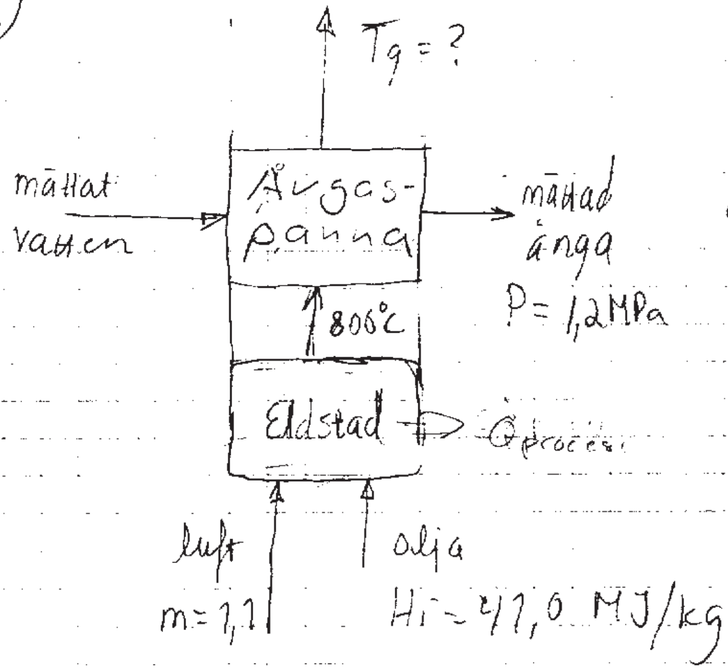
H
mvp
20
10
0
H_{syst}
$P_1 + P_2$
H_{stat}
h_{fa}
P_1
Q
0
0,01
0,02
m^3/s
P
Driftpunkt.

B2 En oljeeldad processugn är försedd med en avgaspanna. I eldstaden överföres 62 MW (inklusive utstrålningsförluster). Luftöverskottet är 10 %. Rökgaserna lämnar eldstaden vid 800 °C. Till vilken temperatur kyles rökgaserna i avgaspannan, om den tillverkar mättad ånga av 1,2 MPa, och har en värmeyta av 980 m^2 och ett k-värde av 40 $W/(m^2K)$? Matarvattnet har mättningstillstånd. Oljans effektiva värmevärde är 41,0 MJ/kg.

(5p

(B.2.)

950127



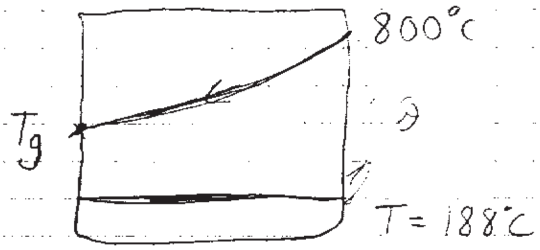
$\dot{Q}_{eldstad} = 62\,MW$

$\dot{Q}_{eldstad} = \dot{Q}_{process} + \dot{Q}_{förlust}$

$A_{åa} = 980\ m^2$

$k_{åa} = 40\ W/(m^2, K)$

Sökt: T_g rökgasernas temp. då de lämnar ångaspannan.



$\dot{\Theta} = 800 - 188 = 612\,°C$

$T = 188°C$ mättnadstemp. $P = 1{,}2\,MPa$ s.20

Då det sker en förångning eller kondensation av ena mediet så gäller

(21.30) $\quad \eta_1 = 1 - e^{-X} \quad$ där $X = k \cdot A / \dot{W}_1$

där $\dot{W}_1$ gäller för ångaserna.

$$\eta_1 = \frac{\Delta_1}{\Theta} \Rightarrow \Delta_1 = T_{800} - T_g = \Theta \cdot \eta_1$$

$$T_g = T_{800} - \Theta \cdot \eta_1$$

sök $\dot{W}_1$

V.B. runt eldstaden.

$$\dot{Q} + G_v(h_g - h_{g,25°C}) = B \cdot H_i + L(h_l - h_{l,25°C})$$

Ingen uppgift på lufttemp antag lufttemp till 25°C

$$\dot{Q} = B(H_i - g_v(h_{g800} - h_{,25°C}))$$

$$B = \frac{Q}{H_i - g_v(h_{g800} - h_{g25})}$$

$$g_v = g_0 + (m-1) \cdot l_0$$

$g_0 = 11{,}5\ Nm^3/kg$ bränsle Diagram sid 91
$l_0 = 10{,}2\ Nm^3/kg$ bränsle OBS tel

$$g_v = 11{,}5 + 0{,}1 \cdot 10{,}2 = 12{,}52\ Nm^3/kg \text{ bränsle}$$

$h_{g\,800°C} = 1185\ kJ/Nm^3$ Diagram s 88
$h_{g\,25°C} = 30\ kJ/Nm^3$

$$B = \frac{62 \cdot 10^3}{41 \cdot 10^3 - 12{,}52(1185 - 30)} = 2{,}34\ kg/s$$

$$G_v = B \cdot g_v = 2{,}34 \cdot 12{,}52 = 29{,}25\ Nm^3/s$$

$T = 800°C$ $h = 1185\ kJ/Nm^3$
$T = 450°C$ $h = 640\ kJ/Nm^3$

$$C_p = \frac{\Delta h}{\Delta T} = 1{,}557\ kJ/Nm^3, K$$

$$\dot{W}_1 = G_v \cdot C_p = 45{,}546\ kW/K$$

$$X = \frac{k \cdot A}{\dot{W}_1} = \frac{40 \cdot 980}{45{,}546 \cdot 10^3} = 0{,}8607$$

$$\eta_1 = 1 - e^{-X} = 0{,}577 \qquad T_g = 800 - 612 \cdot 0{,}577 = 447°C$$

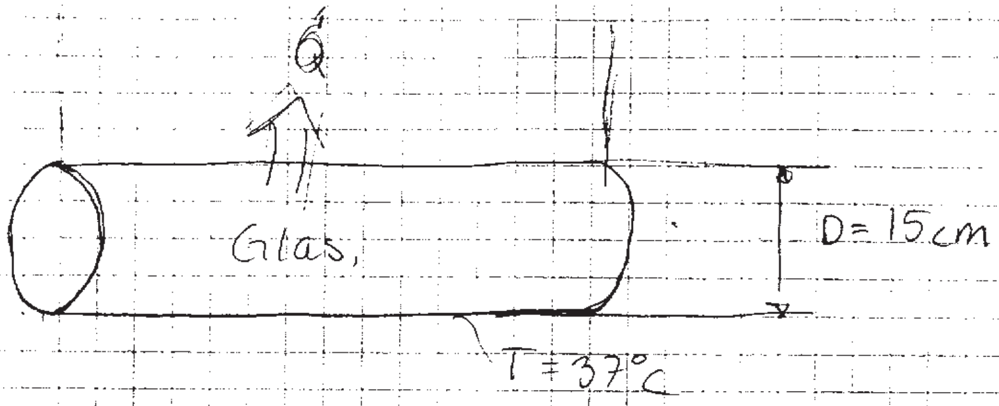
SVAR: $T_g \approx 450°C$

B3 Beräkna totala värmeförlusterna för ett fritt upphängt, horisontellt glasrör, som är 10 m långt. Rörets ytterdiameter är 15 cm, och det håller en temperatur av 37 °C på utsidan. Väggarna och luften i rummet har temperaturen 20 °C.

(5 p.

B.3

Tentamen
950121



$T_{vägg} = T_{luft} = 20°C$

$L = 10 m$

Sökt: Totala värmeförlusterna $\dot{Q}$

Värmet överförs genom strålning och egenkonvektion.

$$\dot{Q}_{tot} = \dot{Q}_{E.K} + \dot{Q}_{strålning}$$

Strålning

$$\dot{Q}_{strålning} = C_s \cdot F_{12} \cdot A_1 \cdot \left(\frac{T_1}{100}^4 - \frac{T_2}{100}^4 \right) \quad (11.97)$$

där $C_s = 5{,}67 \; W/(m^2 \cdot K^4)$

Glas har $\varepsilon_1 = 0{,}94$ enl. t&d s.108

Röret helt omsluten av luften och väggarna

$$A_2 \gg A_1 \Rightarrow F_{12} = \varepsilon_1$$

$$A_1 = \pi \cdot d_y \cdot L + 2 \cdot \frac{d_y^2 \cdot \pi}{4} = 4{,}745 \; m^2$$

$$\dot{Q}_{strålning} = 5{,}67 \cdot 4{,}745 \cdot 0{,}94 \cdot \left(3{,}1015^4 - 2{,}9315^4 \right) = 472{,}4 \; W$$

Konvektion

Ingen strömning ⇒ vi har egenkonvektion

$\dot{Q}_{konv} = \alpha_{konv} \cdot A \cdot (T_{vägg} - T_{luft})$

$A = A_1 = 4{,}745 \ m^2$

Samband för horisontella cylindrar (11.81)

$\text{Filmtemp} = \frac{37+20}{2} = 28{,}5\ °C$

Tabell sid 415 ger egenkonvektionstalet

$\frac{Gr \cdot Pr}{\Delta t \cdot H^3} = 0{,}93 \cdot 10^8$

där $\Delta t = t_{yta} - t_m = 37 - 20 = 17\ °C$

H = karakteristisk höjd $= d_y = 0{,}15$ m

$Gr \cdot Pr = 0{,}15^3 \cdot 17 \cdot 0{,}93 \cdot 10^8 = 5{,}336 \cdot 10^6$

laminär strömning

$\alpha_{konv} = 0{,}89 \cdot K_1 \left(\frac{\Delta t}{d}\right)^{1/4}$ där $K_1 = 1{,}447$ tabell 11.82.

$\alpha_{konv} = 0{,}89 \cdot 1{,}447 \cdot \left(\frac{17}{0{,}15}\right)^{1/4} = 4{,}202\ W/m^2{,}K$

$\dot{Q}_{konv} = 4{,}202 \cdot 4{,}745 (37 - 20) = 338{,}9 \ W$

$\dot{Q}_{tot} = \dot{Q}_{strålning} + \dot{Q}_{konv} = 811{,}3 \ W$

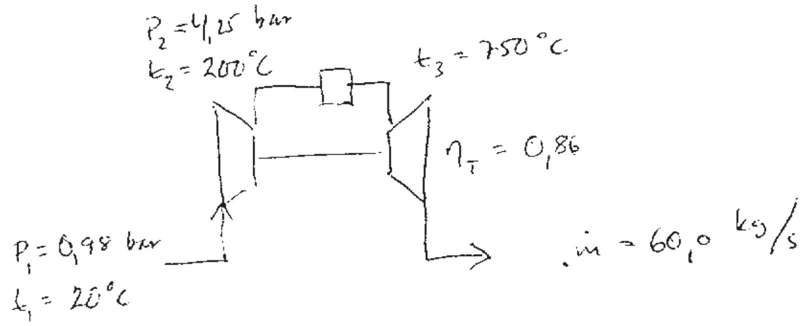
SVAR: Totala värmeförlusten är 0,81 kW

B4 **(Endast Kf)** Beräkna nettoeffekten för en öppen gasturbin! Temperaturen och trycket i kompressorinloppet är 20 °C respektive 98 kPa. Motsvarande för kompressorutloppet är 200 °C respektive 425 kPa. Temperaturen i turbininloppet är 750 °C. Luftflödet genom kompressorn är 60,0 kg/s och isentropverkningsgraden för turbinen är 0,86.

Antag att förbränningsgaserna till mängd och egenskaper är desamma som luften!

(5p

LÖSNING



Nettoarbetet: $E_{netto} = E_T - |E_K| = \dot{m}\left(h_3 - h_4 - (h_2 - h_1)\right) = \left\{ \begin{array}{l} \text{ideal gas m..} \\ \text{konstanta egens} \end{array} \right.$

$= \dot{m} c_p \left(T_3 - T_4 - (T_2 - T_1)\right)$

För turbinverkningsgraden gäller: $\eta_T = \frac{T_3 - T_4}{T_3 - T_4^{is}} \Rightarrow T_3 - T_4 = \eta_T (T_3 - T_{\ldots}$

där $\frac{T_4^{is}}{T_3} = \left(\frac{p_4}{p_3}\right)^{\frac{\kappa - 1}{\kappa}}$

Insättning: $E_{netto} = \dot{m} c_p \left(\eta_T T_3 \left(1 - \left(\frac{p_4}{p_3}\right)^{\frac{\kappa - 1}{\kappa}}\right) - (T_2 - T_1)\right)$

Med $c_p = 1,00$ kJ/kgK och $\kappa = 1,40$ (TD s. 14) fås:

$E_{netto} = 60,0 \cdot 1,00 \left(0,86 \; 1023 \left(1 - \left(\frac{0,98}{4,25}\right)^{\frac{1,4-1}{1,4}}\right) - (473 - 293)\right) = 7275$ [kW]

Svar: Nettoarbetet blir 7,3 MW