

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

36) Υγρός υδρατμός καταστάσεως ① ( $x_1 = 0,60$ ,  $t_1 = 276,2$ ) διαφραγίζεται μέσω κωνοειδούς διαφράγματος ② ( $x_2 = 0,95$ ) και κωνοειδούς διαφράγματος αδιαβατικά μέσω καταστάσεως ③ ( $x_3 = 0,95$ ). Τέλος συμπιέζεται με ισεντροπικό βαθμό  $\mu_{ic} = 0,80$  μέχρι την αρχική πίεση (κατάστασις ④)

Ζητούνται α) Τα καταστατικά μεγέθη  $p, v, T, h, s, u, x$  στις καταστάσεις ①, ②, ③, ④

β) Ο διαφορικός συντελεστής Joule-Thomson στην είσοδο της στεφανάλινης διατάξεως  $\mu_{JT}$  και ο ολόκληρωτικός συντελεστής J-T της ίδιας διατάξεως

γ) Τα συναλλακτικά ποσά θερμότητας και τεχνικού έργου.

37) Κύκλος CARNOT εφευρίσκει με υδρατμό μεταξύ των θερμοκρασιών  $50^\circ\text{C}$  και  $200^\circ\text{C}$ . Οι αδιαβατικές μεταβολές δεν είναι ιδανικές, αλλά έχουν ισεντροπικό βαθμό αποδόσεως 80%.

Δίνονται - Αρχική κατάσταση υδρατμού:  $x_1 = 0,85$   
 - Πίεση πριν από την αποτύπωση:  $p_3 = 0,5 \text{ bar}$

Ζητούνται: α) Χαρακτηριστικά σημεία του κύκλου στο  $h-s$   
 β) Ποσά θερμότητας κάθε μεταβολής  
 γ) Έργο ογκομεταβολής κάθε μεταβολής  
 δ) Θερμότητα βαθμού αποδόσεως.

38) ΨΥΚΤΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ αποτελείται από τις εφής διαδοχικές μεταβολές

1→2: Ισόθλιπη θέρμανση ( $x_1 = 1,0$  και  $t_1 = 120^\circ\text{C}$ )

2→3: Αδιαβατική συμπίεση ( $t_2 = 150^\circ\text{C}$ )

3→4: Ισοθερμοκρασιακή συμπίεση ( $t_3 = 400^\circ\text{C}$ )

4→5: Ισόγερως ψύξη ( $x_5 = 1,0$ )

5→1: Ισενθαλπική αποτύπωση (με παραγωγή έργου)

Κατά τη συμπίεση 23 ο ισεντροπικός βαθμός αποδόσεως είναι 0,90

Ζητούνται: α) Σχηματική χάραξη του κύκλου ( $h-s$ )  
 β) Ποσό θερμότητας κάθε μεταβολής  
 γ) Έργο ογκομεταβολής κάθε μεταβολής  
 δ) Τεχνικό έργο κάθε μεταβολής  
 ε) Συντελεστής συμπιερακότητας του κύκλου (Το έργο της μεταβολής 51 δεν θα ληφθεί υπόψη)

39) Στοιχειώδης κύκλος CLAUSIUS-RANKINE λειτουργεί με σταθμό υψηλή πίεση  $p_u = 50 \text{ bar}$  και μεταβλητή χαμηλή πίεση  $p_x$ . Ζητείται να υπολογιστεί η χαμηλή πίεση λειτουργίας του κύκλου, ώστε ο βαθμός αποδόσεώς του να είναι 23,5%

40) Πυρηνικός σταθμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας λειτουργεί σύμφωνα με τον κύκλο CLAUSIUS-RANKINE. Η θερμότητα που παράγεται στον πυρηνικό αντιδραστήρα χρησιμοποιείται στο λέβητα της εγκατάστασης για την παραγωγή κεντροσφηνώδους ατμού πίεσης 70 bar, που στη συνέχεια εισπνώνεται σε στροβίλλο, που έχει ισεντροπικό βαθμό αποδόσεως  $\eta_{it} = 0,70$ . Στο τέλος της εισπνοής η πίεση είναι 0,1 bar. Η λειτουργία της αντλίας θα θεωρηθεί ιδανική. Αν η ισχύς του σταθμού είναι 750 MW

Ζητούνται:

- Τα μεγέθη  $p, T, h, s$  στα χαρακτηριστικά σημεία του κύκλου
- Το έργο της αντλίας
- Το έργο του στροβίλλου
- Ο βαθμός αποδόσεως του κύκλου
- Η παροχή ροής νερού στο λέβητα της εγκατάστασης για λειτουργία του σταθμού με την αναγκαία των ισχύ
- Η παροχή ροής νερού ποταμού που χρησιμοποιείται για την λειτουργία του κυκλώ της εγκατάστασης (Η θερμότητα του νερού του ποταμού αυξάνεται κατά  $6^\circ\text{C}$  και έχει  $c_w = 4,2 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$ )

41) Κύκλος JONLE λειτουργεί με υδατικό μέταξο των πιεσών 20 bar και 1 bar. Τόξο στο τέλος της συμπίεσης, όξο και της εισπνοής ο υδατικός είναι ξηρός κεντροσφηνώδης

Ζητούνται

- Τα ποξά θερμότητας και τα τεχνικά έργα για κάθε μέταξο
- Ο βαθμός αποδόσεως του κύκλου

42) Κύκλος STIRLING εργάζετα με υδατικό μέταξο

Δίνονται

- |             |                                   |
|-------------|-----------------------------------|
| Κατάσταξο ① | $p_1 = 20 \text{ bar}, x_1 = 1,0$ |
| Κατάσταξο ② | $p_2 = 30 \text{ bar}$            |
| Κατάσταξο ③ | $u_3 = 2 u_2$                     |

Ζητούνται

- Τα μεταστατικά μεγέθη  $p, u, T, h, s$  στα χαρακτηριστικά σημεία του κύκλου
- Τα τεχνικά έργα όλων των μέταξοξων
- Τα ποξά θερμότητας όλων των μέταξοξων
- Ο βαθμός αποδόσεως του κύκλου
- Σίγχερα με τον καλύτερο κύκλο CARNOT

Υψύς υδρατμού κατάστασης (1),  $x_1 = 0,60$ ,  $t_1 = 216^\circ\text{C}$  από πίεση  
 κορεσμού τέχρη κατάστασης (2)  $x_2 = 0,95$  και αντιστοίχως διαφορά  
 ήψους υδρατμού τέχρη κατάστασης (3)  $x_3 = 0,95$ . Τέλος υψύψους  
 ή  $m_{ic} = 9,80$  τέχρη και υψύψους υδρατμού (4)

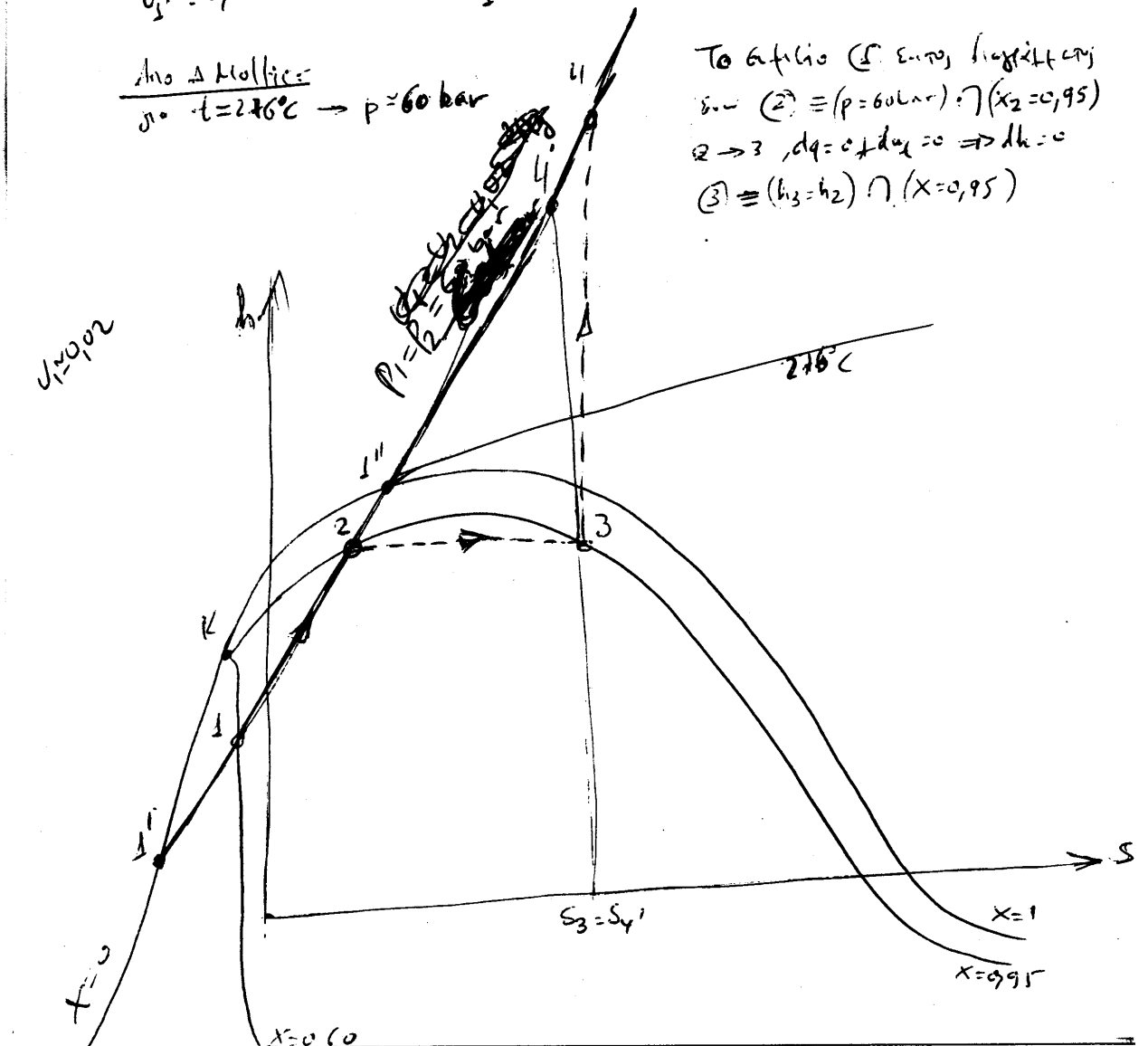
Ζητούμενα

- Τα  $p, t, h, s, u, x$  στα (1), (2), (3) και (4)
- Ο ή  $t_2$  και ο  $\Delta T_{h,23}$
- Τα  $q_c$  και  $w_{ti}$

α) Από πίεση υδρατμού υψύψους  $p = t = 216^\circ\text{C}$   $p = 60,445$  bar  
 $v_{s1}' = 0,0013187 \text{ m}^3/\text{kg}$  |  $h_{s1}' = 1213,7 \text{ kJ/kg}$  |  $s_{s1}' = 3,0213 \text{ kJ/kgK}$   
 $v_{s1}'' = 0,03244 \text{ ''}$  |  $h_{s1}'' = 2785,0 \text{ ''}$  |  $s_{s1}'' = 5,8908 \text{ ''}$

Από  $\Delta h_{f,ic} =$   
 $p = t = 216^\circ\text{C} \rightarrow p = 60 \text{ bar}$

Το άφθιο (1) είναι ήψύψους  
 ή  $(2) \equiv (p = 60 \text{ bar}) \cap (x_2 = 0,95)$   
 $2 \rightarrow 3$ ,  $dq = 0$   $\rightarrow dh = 0$   
 $(3) \equiv (h_3 = h_2) \cap (x = 0,95)$



- 2 -

ME p<sub>1</sub> = 60 bar, t<sub>1</sub> = 276 °C, x<sub>1</sub> = 0,60, P<sub>1</sub> = 60,415 bar

$$v_1 = x_1 v_1'' + (1-x_1) v_1' = 0,60 \cdot 0,03244 + 0,40 \cdot 0,001318 = 0,0199 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$h_1 = x_1 h_1'' + (1-x_1) h_1' = 0,60 \cdot 2755 + 0,40 \cdot 1213,7 = 2156,5 \text{ kJ/kg}$$

$$s_1 = x_1 s_1'' + (1-x_1) s_1' = 0,60 \cdot 5,8908 + 0,40 \cdot 3,0273 = 4,7454 \text{ kJ/kg K}$$

$$u_1 = h_1 - P_1 v_1 = 2156,5 - 60,415 \cdot 0,0199 \cdot 100 = 2156,5 - 120,2 = 2036,3 \text{ kJ/kg}$$

(2) x<sub>2</sub> = 0,95, t<sub>2</sub> = 276 °C, P<sub>2</sub> = 60,415 bar

$$v_2 = x_2 v_2'' + (1-x_2) v_2' = 0,95 \cdot 0,03244 + 0,05 \cdot 0,001318 = 0,030884 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$h_2 = x_2 h_2'' + (1-x_2) h_2' = 0,95 \cdot 2755 + 0,05 \cdot 1213,7 = 2706,4 \text{ kJ/kg}$$

$$s_2 = x_2 s_2'' + (1-x_2) s_2' = 0,95 \cdot 5,8908 + 0,05 \cdot 3,0273 = 5,7476 \text{ kJ/kg K}$$

$$u_2 = h_2 - P_2 v_2 = 2706,4 - 60,415 \cdot 0,030884 \cdot 100 = 2706,4 - 186,6 = 2519,8 \text{ kJ/kg}$$

ME p<sub>1</sub> = 60 bar, Δ Mollier

(1) = (t = 276 °C) ∩ (x = 1,0) ⇒

- P = 60 bar
- h<sub>1</sub>'' = 2755 kJ/kg
- s<sub>1</sub>'' = 5,89 kJ/kg K
- v<sub>1</sub>'' = 0,033 m<sup>3</sup>/kg

(2) = (P = 60 bar) ∩ (x = 0,95) ⇒

- t = 276 °C
- h<sub>2</sub> = 2705 kJ/kg
- s<sub>2</sub> = 5,74 kJ/kg K
- v<sub>2</sub> = 0,031 m<sup>3</sup>/kg
- u<sub>2</sub> = h<sub>2</sub> - P<sub>2</sub> v<sub>2</sub> = 2519 kJ/kg

$$h_2 = x_2 h_2'' + (1-x_2) h_2' \Rightarrow h_2' = \frac{h_2 - x_2 h_2''}{1-x_2} = \frac{2705 - 0,95 \cdot 2755}{0,05} = 1185 \text{ kJ/kg}$$

$$s_2 = x_2 s_2'' + (1-x_2) s_2' \Rightarrow s_2' = \frac{s_2 - x_2 s_2''}{1-x_2} = \frac{5,74 - 0,95 \cdot 5,89}{0,05} = 2,89 \text{ kJ/kg K}$$

$$v_2 = x_2 v_2'' + (1-x_2) v_2' \Rightarrow v_2' = \frac{v_2 - x_2 v_2''}{1-x_2} = \frac{0,031 - 0,95 \cdot 0,033}{0,05} = 0,001$$

ME p<sub>1</sub> = 60 bar, t<sub>1</sub> = 276 °C, x<sub>1</sub> = 0,60

$$v_1 = x_1 v_1'' + (1-x_1) v_1' = 0,60 \cdot 0,033 + 0,40 \cdot 0,001 = 0,0202 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$h_1 = x_1 h_1'' + (1-x_1) h_1' = 0,60 \cdot 2755 + 0,40 \cdot 1185 = 2145 \text{ kJ/kg}$$

$$s_1 = x_1 s_1'' + (1-x_1) s_1' = 0,60 \cdot 5,89 + 0,40 \cdot 2,89 = 4,69 \text{ kJ/kg K}$$

$$u_1 = h_1 - P_1 v_1 = 2145 - 60 \cdot 0,0202 \cdot 100 = 2145 - 121,2 = 2023,8 \text{ kJ/kg}$$

	I		II		III		IV		ΔM		
	π (N)	ΔM	π (N)	ΔM	π (N)	ΔM	π (N)	ΔM	③	④	④
P (bar)	60,415	60	60,415	60	60,415	60	60,415	60	22	60	60
v (m <sup>3</sup> /kg)	0,0013	0,001	0,0324	0,053	0,0199	0,0202	0,03088	0,031	0,087	0,0356	0,04
T (°C)	276	276	276	276	276	276	276	276	213	306	320
T (K)	549	549	549	549	549	549	549	549	486	579	593
h (kJ/kg)	1213,7	1185	2785	2785	2156,5	2145	2706,4	2705	2705	2407	2957
s (kJ/kg K)	3,0273	2,89	5,8905	5,89	4,7454	4,69	5,7776	5,74	6,11	6,11	6,20
x (-)	0	0	1,0	1,0	0,60	0,60	0,95	0,95	0,95		
u (kJ/kg)					2036,3	2023,5	2519,5	2519	2514	2693	2917

③ ≡ (h<sub>3</sub> = h<sub>2</sub>) ∩ (x<sub>3</sub> = 0,95) ε<sub>σ</sub> ΔM

u<sub>3</sub> = h<sub>3</sub> - P<sub>3</sub>v<sub>3</sub> = 2705 - 22 · 0,087 · 100 = 2513,6 ≈ 2514 kJ/kg

④ ≡ (s<sub>3</sub> = s<sub>4</sub>) ∩ (P<sub>4</sub> = 60 bar) ε<sub>σ</sub> ΔM

u<sub>4</sub> = h<sub>4</sub> - P<sub>4</sub>v<sub>4</sub> = 2407 - 60 · 0,0356 · 100 = 2693,4 ≈ 2693 kJ/kg

β)  $w_{34} = \frac{w_{h34}}{w_{t34}} = \frac{h_3 - h_4}{h_3 - h_4} \Rightarrow 0,80 = \frac{2705 - 2407}{2705 - h_4} = \frac{-202}{2705 - h_4}$

→ 0,164 - 0,8 h<sub>4</sub> = -202 ⇒ 0,8 h<sub>4</sub> = 2366 ⇒ h<sub>4</sub> = 2957,5 kJ/kg

④ ≡ (h<sub>4</sub> = 2957 kJ/kg) ∩ (P<sub>4</sub> = 60 bar) ε<sub>σ</sub> ΔM

u<sub>4</sub> = h<sub>4</sub> - P<sub>4</sub>v<sub>4</sub> = 2957 - 60 · 0,04 · 100 = 2457 - 2400 = 2717 kJ/kg

β)  $f_1 = \left[ \left( \frac{\partial T}{\partial P} \right)_h \right]_2 = \frac{288 - 265}{20 - 50} = \frac{23}{20} \frac{K}{bar} = 1,15 \frac{K}{bar}$

$[\Delta T_h]_{2 \rightarrow 3} = T_2 - T_3 = (549 - 486) K = 63 K$

γ) ΠΡΟΣΤΙΘΕΝΟΝΤΑΣ  
1 → 2, dp = 0 ⇒ q<sub>12</sub> = h<sub>2</sub> - h<sub>1</sub> = 2705 - 2145 = 560 kJ/kg

2 → 3, dq = 0 ⇒ q<sub>23</sub> = 0

3 → 4, dq = 0 ⇒ q<sub>34</sub> = 0

ΤΕΧΝΙΚΑ ΕΡΓΑ

1 → 2, dp = 0 ⇒ w<sub>t12</sub> = 0

2 → 3, dq = 0 & dt<sub>h</sub> = 0 ⇒ w<sub>t23</sub> = 0

3 → 4, dq = 0 ⇒ w<sub>t34</sub> = h<sub>3</sub> - h<sub>4</sub> = 2705 - 2957 = -252 kJ/kg