1η Πρόοδος Εφαρμοσμένης Θερμοδυναμικής 18 Ιουνίου 2014

ΘΕΜΑ 1 (8 μονάδες)

Σε συνδυασμένο κύκλο αέριο-ατμο-στροβίλου ισχύος 100 MW, με λόγο πιέσεων του πρώτου 20, ο αέρας εισέρχεται στο συμπιεστή στους 300 Κ και εξέρχεται από το θάλαμο καύσης στους 1400 Κ. Μετά τον αεριο-στρόβιλο, τα αέρια θερμαίνουν τον ατμό του δεύτερου κύκλου στους 500 oC και 10 ΜΡα και εγκαταλείπουν τον εναλλάκτη στους 450 Κ. Αν η πίεση στον συμπυκνωτή είναι 10 kPa και οι αδιαβατικές αποδόσεις της αντλίας, του συμπιεστή και των δύο στροβίλων είναι 90 %, να υπολογιστούν οι μαζικές παροχές αέρα και ατμού και η θερμική απόδοση του συνδυασμένου κύκλου.

Αεριοστρόβιλος

Κ. 1: **h1 = 300,19 kJ/kg αέρα**, Pr1 = 1,386

Κ. 2: Pr2 = Pr1\*(P2/P1) = 1,386\*20 = 27,72

h2s = 702,52 + (713,27–702,52)\*(27,72–27,29)/(28,80–27,29) = **705,58 kJ/kg αέρα**

win,s = h2s – h1 = 705,58 – 300,19 = **405,39 kJ/kg αέρα**

win = win,s/0,9 = **450,43 kJ/kg αέρα**

h2 = h1 + win = 300,19 + 450,43 = **750,62 kJ/kg αέρα (1)**

Κ. 3: **h3 = 1515,42 kJ/kg αέρα**, Pr3 = 450,5

Κ. 4: Pr4 = Pr3\*(P4/P3) = 450,5/20 = 22,53

h4s = 659,84 + (670,47–659,84)\*(22,53–21,86)/(23,13–21,86) = **665,41 kJ/kg αέρα**

wout,s = h3–h4s = 1515,42–665,41 = **850,01 kJ/kg αέρα**

wout = 0,9\*850,01 = **765,01 kJ/kg αέρα**

h4 = h3 – wout = 1515,42 – 765,01 = **750,41 kJ/kg αέρα (1)**

Κ. 5 (μετά τον εναλλάκτη): **h5 = 451,80 kJ/kg αέρα**

wnet,gt = wout – win = 765,01 – 450,43 = **314,58 kJ/kg αέρα (1)**

qin = h3 – h2 = 1515,42 – 750,62 = **764,80 kJ/kg αέρα**

qst = h4 – h5 = 750,41 – 451,80 = **298,61 kJ/kg αέρα** (θερμότητα που παρέχεται στον 2ο κύκλο) **(1)**

Ατμοστρόβιλος

Κ. 1: **h1 = 191,83 kJ/kg ατμού**, v1 = 0,001010 m3/kg ατμού

win,s = v1\*(P2 – P1) = 0,001010\*(10000 – 10) = **10,09 kJ/kg ατμού**

win = win,s/0,9 = **11,21 kJ/kg ατμού**

Κ. 2: h2 = h1 + win = 191,83 + 11,21 = **203,04 kJ/kg ατμού**

Κ. 3: **h3 = 3373,70 kJ/kg ατμού**, s3 = 6,5966 kJ/kg ατμού Κ

qst = 298,61 kJ/kg αέρα = h3 – h2 = 3373,7 – 203,04 = **3170,66 kJ/kg ατμού**

λ = 298,61/3170,66 = **0,094 kg ατμού / kg αέρα** **(1)**

Κ. 4: s3 = s4 = x4\*s4g + (1 – x4)\*s4f ⬄x4 = (s4 – s4f)/(s4g – s4f) =

= (6,5966 - 0,6493)/(8,1502 – 0,6493) = **0,79**

h4s = 0,79\*2584,70 + 0,21\*191,83 = **2082,20 kJ/kg ατμού**

wout,s = h3–h4s = 3373,70–2082,20 = **1291,50 kJ/kg ατμού**

wout = 0,9\*1291,50 = **1162,35 kJ/kg ατμού**

wnet,st = 1162,35 – 11,21 = **1151,14 kJ/kg ατμού** ή 1151,14 \* 0,094 = **108,21 kJ/kg αέρα (1)**

Συνδυασμένος κύκλος

wnet,cc = wnet,gt + wnet,st = 314,58 + 108,21 = **422,79 kJ/kg αέρα**

ηth = wnet,cc/qin = 422,79/764,80 = 0,55 ή **55 %** **(1)**

Wgt = 100\*(314,58/422,79) = 74,41 MW mg = 74410/314,58 = **236,5 kg αέρα / sec**

Wst = 100\*(108,21/422,79) = 25,59 MW ms = 25590/1151,14 = **22,23 kg αέρα / sec (1)**

ΘΕΜΑ 2 (8 μονάδες)

Σε ιδανικό κύκλο Otto ο όγκος εμβολισμού είναι 491 cc και ο νεκρός όγκος 49,1 cc. Το μίγμα βενζίνης/αέρα 1/40 κ.β. εισέρχεται στον κύλινδρο στους 17 oC και 100 kPa. Να υπολογισθεί η θερμική απόδοση και η ισχύς ενός κινητήρα τεσσάρων κυλίνδρων, στις 3000 στροφές ανά λεπτό. (κατώτερη θερμογόνος δύναμη της βενζίνης είναι 42 MJ/kg)

Ο λόγος συμπίεσης του κινητήρα είναι: r = VΚΝΣ/VΑΝΣ = (491+49,1)/49,1 = 11

Κ1: Τ1 = 290 Κ u1 = 206,91 kJ/kg vr1 = 676,1

Δ1-2 (ισεντροπική): vr1/vr2 = 11 ⬄ vr2 = 61,46

K2: vr2 = 61,46 u2 = 536,07+(544,02-536,07)\*(61,46-62,13)/(59,82-62,13) = 538,38 kJ/kg

Δ2-3 (προσθήκη θερμότητας) Q2-3 = (1/40)\*42\*1000 = 1050 kJ/kg

K3: u3 = Q2-3 + u2 = 1050 + 538,38 = 1588,38 kJ/kg

vr3 = 3,295+(3,022-3,295)\*(1588,38-1582,6)/(1630,6-1582,6) =3,262

Δ3-4 (ισεντροπική): vr4/vr3 = 11 ⬄ vr4 = 35,88

K4: vr4 = 35,88 u4 = 657,95+(674,58-657,95)\*(35,88-36,61)/(34,31-36,61) = 663,23 kJ/kg

q2-3 = 1050,00 kJ/kg q4-1 = 663,23 – 206,91 = 456,32 kJ/kg

wnet = q2-3 – q4-1 = 1050,00-456,32 = 593,68 kJ/kg

nth = wnet/qin = 593,68 /1050,00 = 0,5511 ή 56,54 %

v1 = RT/P1 = 0,287\*290/100 = 0,8323 (kJ/kgK)\*K/(kJ/m3) = m3/kg

m = VΚΝΣ/v1 = ((491+54,55)/1000000)/0,8323 = 0,000655 kg

3000 rpm/ = 3000/60 = 50 rps m' = m\*rps = 50 \* 0,000655 = 0,0328 kg/s

Μ’ = 4 \* m’ = 0,131 kg/s P = wnet \* M’ = 593,68\*0,131 = 77,77 kW

ΘΕΜΑ 3 (8 μονάδες)

Η τιμή της οικιακής ηλεκτρικής ενέργειας από τη ΔΕΗ είναι σήμερα 56,25 €/MWh, ενώ η τιμή του πετρελαίου θέρμανσης είναι 1,5 €/λτ. Αν ένα νοικοκυριό δαπάνησε πέρυσι 1.500 € για την αγορά πετρελαίου θέρμανσης, να υπολογιστεί η % οικονομία που θα επιτύχει, αν καταργήσει το σύστημα κεντρικής θέρμανσης και να θερμανθεί με κλιματιστικό. Στο κλιματιστικό, που λειτουργεί με ψυκτικό 134α, το ψυκτικό εισέρχεται στο συμπιεστή στα 100 kPa και στους -25 oC, εξέρχεται από το συμπιεστή στa 0,8 ΜΡα και στους 50 oC, εξέρχεται από το συμπυκνωτή με 0,7 ΜΡa και στους 26 oC και στραγγαλίζεται στα 150 kPa. (Η θερμότητα που παρεχόταν στο νοικοκυριό από το σύστημα κεντρικής θέρμανσης ήταν πέρυσι 34 MJ/λτ) – (1 ΜWh = 3600 MJ)

ΛΥΣΗ

Το νοικοκυριό κατανάλωσε πέρυσι: 1500 € / 1,5 €/λτ = 1000 λτ πετρελαίου θέρμανσης.

Η θερμότητα που τροφοδοτήθηκε στο σπίτι σε όλη τη διάρκεια του περυσινού χειμώνα ήταν: 1000 λτ \* 34 MJ/λτ = 34.000 MJ

Κλιματιστικό

Κ1: h1 = 234,44+(239,50-234,44)\*((-25)-(-26,37))/((-20)-(-26,37))= 235,53 kJ/kg,

Κ2: h2 = 284,39 kJ/kg Κ3: h3 = 87,85 kJ/kg Κ4: h4 = h3

qL = h1 – h4 = 235,53-87,85 = 147,68 kJ/kg, qH = h2 – h3 = 284,39 – 87,85 = 196,54 kJ/kg

COPHP = qH/(qH – qL) = 196,54/(196,54 – 147,68) = 4,02

Αφού ο συντελεστής λειτουργίας του κλιματιστικού (κατά τη λειτουργία ως αντλία θερμότητας) είναι 4,02, η ηλεκτρική ενέργεια που θα καταναλωθεί για την παροχή 34.000 ΜJ στο σπίτι, θα είναι:

COPhp = Qin/W ⬄ W = Qin/COPhp = 34.000/4,02 = 8458 ΜJ = 2,35 MWh

Οπότε το ετήσιο κόστος θέρμανσης αντί για 1.500 €, θα είναι μόνο 2,35 MWh\*56,25€/MWh = 132 € και η % οικονομία που θα πετύχει θα είναι: 100\*(1500-132)/1500 = 91,2 %

ΘΕΜΑ 4 (8 μονάδες)

Σε δωμάτιο με πίεση 1 atm (101,325 kPa), θερμοκρασία 22 oC και σχετική υγρασία 50 %, να υπολογιστούν (α) αναλυτικά και (β) να προσδιοριστούν από το ψυχρομετρικό διάγραμμα: 1. η ειδική υγρασία, 2. η ενθαλπία και 3. το σημείο δρόσου. Να υπολογιστούν επίσης τα % σφάλματα που υπεισέρχονται από τη χρήση του ψυχρομετρικού διαγράμματος.

ΛΥΣΗ

Αναλυτικός Υπολογισμός

Τάση ατμών: Pv = 0,5\***2,6714** = 1,3357 kPa

ειδική υγρασία: w = 0,622\*(1,3357/101,325) = 0,0082 kgH2O/kg ξηρού αέρα

ενθαλπία: h = 1,005\*22+0,0082\***2541,04** = 42,95 kJ/kg ξηρού αέρα

σημείο δρόσου: Tdb =10+(15-10)\*(1,3357-1,2281)\*(1,7057-1,2281) = 10,26 oC

Ψυχρομετρικό διάγραμμα

ειδική υγρασία: w = 0,0084 kgH2O/kg ξηρού αέρα (100\*(0,0084-0,0082)/0,0082 = 2,45 %)

ενθαλπία: h = 43 kJ/kg ξηρού αέρα (100\*(43-42,95)/42,95 = 0,11 %)

σημείο δρόσου: Tdb =11,5 oC (100\*(11,50-10,26)/10,26 = 12,09 %)

Psat@22oC =2,3392+(3,1698-2,3392)\*(22-20)/(25-20) = **2,6714** kPa

hvsat@22oC =2537,4+(2546,5-2537,4)\*(22-20)/(25-20) = **2541,04** kPa