1η Πρόοδος Εφαρμοσμένης Θερμοδυναμικής 1 Οκτωβρίου 2013

ΘΕΜΑ 1 (10 μονάδες)

Να υπολογιστεί η ισεντροπική απόδοση του στροβίλου, σε έναν αεριοστρόβιλο ονομαστικής ισχύος 12 MW, με λόγο συμπίεσης 20,78 και μαζικής παροχής 40 kg/sec, αν ο αέρας εισέρχεται στον συμπιεστή στους 27 oC και εξέρχεται από το θάλαμο καύσης στους 1027 oC και η ισεντροπική απόδοση του συμπιεστή 90 %. Η πίεση στην έξοδο του συμπιεστή είναι 2,078 ΜΡa και στην είσοδο του στροβίλου 2,033 MPa. Να υπολογιστεί επίσης η θερμική απόδοση του αεριοστροβίλου. Η ατμοσφαιρική πίεση να θεωρηθεί 100 kPa.

ΛΥΣΗ

Ειδικό έργο: wnet = (12.000 kJ/sec)/(40 kg/sec) = 300,00 kJ/kg

Κ 1. Τ1 = 27+273=300 Κ h1 =300,19 kJ/kg Pr1 = 1,3860 P1 = 100 kPa

K2. Pr2 = 1,3860\*(2078/100) = 28,80 h2s = 713,27 kJ/kg

wins = 713,27-300,19 = 413,08 kJ/kg

win = 413,08/0,9 = 458,98 kJ/kg

h2 = 300,19+458,98 = 759,17 kJ/kg

Κ 3. T3 = 1027+273 = 1300 K h3 = 1395,97 kJ/kg Pr3 = 330,9 P3 = 2033 kPa

Κ 4. Pr4 = 330,9\*(100/2033) = 16,28 h4 = 607,02 kJ/kg

wouts = 1395,97-607,02 = 788,95 kJ/kg

Πραγματικό έργο στροβίλου: 300 = wout-458,98 ⬄ wout = 758,98 kJ/kg

Ισεντροπική απόδοση στροβίλου: nts = 758,98/788,95 = 0,962 ή 96,2 %

qin = 1395,97-759,17 = 636,8 kJ/kg

θερμική απόδοση αεριοστροβίλου: nth = 300/636,8 = 47,1 %

ΘΕΜΑ 2 (10 μονάδες)

Να υπολογιστεί η ισεντροπική απόδοση της αδιαβατικής εκτόνωσης ενός κινητήρα Diesel που λειτουργεί με λόγο συμπίεσης 19,3 και λόγο αποκοπής 1,939, αν ο αέρας εισέρχεται σε αυτόν σε πίεση 100 kPa και θερμοκρασία 27 oC και η θερμική του απόδοση είναι 50 %. Η ισεντροπική απόδοση της αδιαβατικής συμπίεσης να θεωρηθεί 90,4 %.

ΛΥΣΗ

Κ 1. u1 = 214,07 kJ/kg vr1 = 621,2

Δ1-2s (ισεντροπική συμπίεση) vr1/vr2 = 19,3 ⬄ vr2 = 32,18

K2s. u2s = 691,28 kJ/kg

wins = u2s – u1 = 691,28 – 214,07 = 477,21 kJ/kg

win = wins/0,904 = 477,21/0,904 = 527,98 kJ/kg

K2. u2 = u1 + win = 214,07 + 527,98 = 741,98 kJ/kg h2 = 1023,25 kJ/kg T2 = 980 K

Κ3. P2\*v2/T2 = P3\*v3/T3 ⬄T3 = T2\*v3/v2 = 1,939\*980 = 1900 K

h3 = 2127,4 kJ/kg vr3 = 3,295 u3 = 1582,6 kJ/kg

Δ3-4s (ισεντροπική εκτόνωση) vr4/vr3 = 19,3/1,939 ⬄ vr4 = 3,295\*9,954 = 32,80

K4s. u4s = 691,28-(32,80-32,18)\*(691,28-674,58)/(34,31-32,18) = 686,42 kJ/kg

w3-4s = u3 – u4s = 1582,6-686,42 = 896,18 kJ/kg

w3-4 = n3-4s\*w3-4s = n3-4s\*896,18 kJ/kg

K4. u4 = u3 - n3-4s\*896,18 = 1582,6 - n3-4s\*896,18 kJ/kg

qin = h3 – h2 = 2127,4-1023,25 = 1104,15 kJ/kg

qout = u4 – u1 = 1582,6 - n3-4s\*896,18 – 214,07 = 1368,53 - n3-4s\*896,18 kJ/kg

wnet = qin – qout = 1104,15 – 1368,53 + n3-4s\*896,18 = n3-4s\*896,18 – 264,38 kJ/kg

nth = wnet/qin ⬄ 0,5 = (n3-4s\*896,18 – 264,38)/1104,15 ⬄ n3-4s = 0,911 ή 91,1 %

ΘΕΜΑ 3 (10 μονάδες)

Η τιμή της οικιακής ηλεκτρικής ενέργειας από τη ΔΕΗ είναι σήμερα 170 €/MWh, ενώ η τιμή του πετρελαίου θέρμανσης είναι 1,5 €/λτ. Αν ένα νοικοκυριό δαπάνησε πέρυσι 3.000 € για την αγορά πετρελαίου θέρμανσης, να υπολογιστεί η % οικονομία που θα επιτύχει, αν καταργήσει το σύστημα κεντρικής θέρμανσης και θερμανθεί με γεωθερμική αντλία θερμότητας. Στην αντλία θερμότητας, που λειτουργεί με ψυκτικό 134α, το ψυκτικό εισέρχεται στο συμπιεστή στα 180 kPa και στους -10 oC, εξέρχεται από το συμπιεστή στa 0,8 ΜΡα και στους 40 oC, εξέρχεται από το συμπυκνωτή με 0,7 ΜΡa και στους 26 oC και στραγγαλίζεται στα 185,4 kPa. (Η θερμότητα που παρεχόταν στο νοικοκυριό από το σύστημα κεντρικής θέρμανσης ήταν πέρυσι 34 MJ/λτ πετρελαίου που καταναλώθηκε – 1 ΜWh = 3600 MJ)

ΛΥΣΗ

Το νοικοκυριό κατανάλωσε πέρυσι: 3000 € / 1,5 €/λτ = 2000 λτ πετρελαίου θέρμανσης.

Η θερμότητα που τροφοδοτήθηκε στο σπίτι σε όλη τη διάρκεια του περυσινού χειμώνα ήταν: 2000 λτ \* 34 MJ/λτ = 68.000 MJ

Κλιματιστικό

Κ1: h1 = 242,06 kJ/kg, Κ2: h2 = 273,66 kJ/kg, Κ3: h3 = 85,75 kJ/kg, Κ4: h4 = h3

qL = h1 – h4 = 242,06 – 85,75 = 156,31 kJ/kg, qH = h2 – h3 = 273,66 – 85,75 = 187,91 kJ/kg

COPHP = qH/(qH – qL) = 187,91 /(187,91 – 156,31) = 5,94

Αφού ο συντελεστής λειτουργίας της αντλίας θερμότητας είναι 5,94, η ηλεκτρική ενέργεια που θα καταναλωθεί για την παροχή 68.000 ΜJ στο σπίτι, θα είναι:

COPhp = Qin/W ⬄ W = Qin/COPhp = 68.000/5,94 = 11.448 ΜJ = 3,18 MWh

Οπότε το ετήσιο κόστος θέρμανσης αντί για 3000 €, θα είναι μόνο 3,18 MWh\*170 €/MWh = 540,6 € και η % οικονομία που θα πετύχει θα είναι: 100\*(3000-540,6)/3000 = 82 %

ΘΕΜΑ 4 (10 μονάδες)

Αέριο μίγμα με κατ’ όγκο σύσταση 55 % Ν2, 5 % Ο2 και 40 % CO2, σε πίεση 1 MPa και θερμοκρασία 1200 K εκτονώνεται μέσω αδιαβατικού στροβίλου στους 300 Κ και τα 100 kPa. Να υπολογιστεί η ισχύς του στροβίλου, αν η παροχή του αερίου μίγματος στην έξοδο είναι 1 m3/sec. (Μοριακά βάρη, kg/kmol: Ν2: 28, Ο2: 32, CO2: 44, γραμμομοριακός όγκος σε κανονικές συνθήκες 22,4 lt/mol)

h', kJ/kmol

T, K N2 O2 CO2

300 8723 8736 9431

1000 36777 38447 53848

ΛΥΣΗ

Γραμμομοριακά κλάσματα: yN2 = 0,55, yO2 = 0,05, yCO2 = 0,4

Μοριακό βάρος μίγματος: Mm = 0,55\*28 + 0,05\*32 + 0,4\*44 = 34,6 kg/kmol

Κλάσματα μάζας: mfN2 = 0,55\*28/33,2 = 0,464

mfO2 = 0,05\*32/33,2 = 0,048

mfCO2 = 0,4\*44/33,2 = 0,530

h’in = 0,55\*36777 + 0,05\*38447 + 0,4\*53848 = 43688,9 kJ/kmol

Ειδική ενθαλπία στην είσοδο: hin = h’in/Mm = 43688,9/34,6 = 1262,69 kJ/kg

h’out = 0,55\*8723 + 0,05\*8736 + 0,4\*9431 = 9006,85 kJ/kmol

Ειδική ενθαλπία στην έξοδο: hout = h’out/Mm =9006,85/34,6 = 260,31 kJ/kg

Παραγόμενο ειδικό έργο: ws = hin – hout = 1262,69 – 260,31 = 1002,37 kJ/kg

Γραμμομοριακή παροχή: fN2 = 0,55\*1000/22,4 = 24,55 mol/sec

fO2 = 0,05\*1000/22,4 = 2,23 mol/sec

fN2 = 0,4\*1000/22,4 = 17,86 mol/sec

ftotal = 24,55+2,23+17,86 = 44,64 mol/sec

Μαζική παροχή: mtotal = 44,64\*34,6/1000 = 1,54 kg/sec

Ισχύς: W’ = 1002,37\*1,54 = 1,54 MW

ΘΕΜΑ 5 (5 μονάδες)

Σε δωμάτιο με πίεση 1 atm, θερμοκρασία 25 oC και σχετική υγρασία 40 %, να υπολογιστούν 1. η ειδική υγρασία, 2. η ενθαλπία, 3. το σημείο δρόσου, 4. η θερμοκρασία υγρού βολβού και 5. ο ειδικός όγκος του αέρα.

ΛΥΣΗ

ειδική υγρασία: w = 0,080 kgH2O/kg ξηρού αέρα

ενθαλπία: h = 46 kJ/kg ξηρού αέρα

σημείο δρόσου: Tdb =10,0 oC

θερμοκρασία υγρού βολβού: Twb =16,0 oC

ειδικός όγκος του αέρα: v = 0,85 m3/kg