1η Πρόοδος Εφαρμοσμένης Θερμοδυναμικής 28 Ιουνίου 2013

ΘΕΜΑ 1 (10 μονάδες)

Να υπολογιστεί η ισεντροπική απόδοση του στροβίλου, σε έναν ατμοστρόβιλο ονομαστικής ισχύος 40 MW, ο οποίος λειτουργεί με ατμό πίεσης 10 MPa, θερμοκρασίας 600 oC και μαζικής παροχής 31,2 kg/sec, αν ο συμπυκνωτής του βρίσκεται σε πίεση 10 kPa και η ισεντροπική απόδοση της αντλίας είναι 90 % (9 μονάδες). Να υπολογιστεί επίσης η θερμική απόδοση του ατμοστροβίλου (1 μονάδα).

ΛΥΣΗ

Ειδικό έργο: wnet = (40000 kJ/sec)/(31,2 kg/sec) = 1282,05 kJ/kg

Κ 1. P1 = 10 kPa Κορεσμένο υγρό v1 = 0,00101 m3/kg h1 =191,83 kJ/kg

Δ 1-2. Ιδανικό έργο wins = v1\*(P2 – P1) = 0,00101\*(10.000 – 10) = 10,09 kJ/kg

Πραγματικό έργο win = 10,09/09 = 11,21 kJ/kg

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

Κ 3. h3 = 3625,3 kJ/kg s3 = 6,9029 kJ/kgK

Δ 2-3. qin = h3 – h2 = 3625,3 – 203,04 = 3422,26 kJ/kg

Κ 4s. s4 = s3 = 6,9029 kJ/kgK P4 = 10 kPa s4g = 8,1502 kJ/kgK s4l = 0,6493 kJ/kgK

xs = (6,9029 – 0,6493)/(8,1502 – 0,6493) = 0,834

h4g = 2584,7 kJ/kg h4l = 191,83 kJ/kg h4 = 0,834\*2584,7 + 0,166\*191,83 = 2186,8 kJ/kg

Δ 3-4. wouts = h3 – h4 = 3625,3 – 2186,8 =1438,5 kJ/kg

wout = wnet + win = 1282,05 + 11,21 = 1293,26 kJ/kg

ns,t = wout/wouts = 1293,26/1438,5 = 0,90 nth = wnet/qin = 1293,26/3422,26 = 37,8 %

ΘΕΜΑ 2 (10 μονάδες)

Να υπολογιστεί η θερμική απόδοση κινητήρα Otto που λειτουργεί με λόγο συμπίεσης 10, αν ο αέρα εισέρχεται σε αυτόν σε πίεση 100 kPa και θερμοκρασία 27 oC, η μέγιστη θερμοκρασία είναι 1600 Κ και οι ισεντροπικές αποδόσεις των διεργασιών συμπίεσης και εκτόνωσης είναι 0,9.

ΛΥΣΗ

Κ 1. u1 = 214,07 kJ/kg vr1 = 621,2

Δ1-2s (ισεντροπική συμπίεση) vr1/vr2 = V1/V2 = 10 ⬄ vr2 = 62,12

K2s. u2s = 536,07 kJ/kg

wins = u2s – u1 = 536,07 – 214,07 = 322,00 kJ/kg

win = wins/0,9 = 322,00/0,9 = 357,78 kJ/kg

K2. u2 = u1 + win = 214,07 + 357,78 = 571,85 kJ/kg

Κ3. u3 = 1298,30 kJ/kg vr3 = 5,804

Δ3-4s (ισεντροπική εκτόνωση) vr4/vr3 = V4/V3 = 10 ⬄ vr4 = 58,04

K4s. u4s = 551,99 – (57,63 – 58,04)\*( 551,99 – 544,02)/( 57,63 – 59,82) = 550,50 kJ/kg

wouts = u3 – u4s = 1298,30 – 550,50 = 747,80 kJ/kg

wout = 0,9\*wins = 0,9\*747,80 = 673,02 kJ/kg

K4. u4 = u3 - wout = 1298,30 + 673,02 = 625,28 kJ/kg

qin = u3 – u2 = 1298,30 – 571,85 = 726,45 kJ/kg qout = u4 – u1 = 625,28 – 214,07 = 411,21 kJ/kg

wnet = wout – win = 673,02 – 357,78 = 315,24 kJ/kg (ή wnet = qin – qout =726,45 – 411,21 = 315,24 kJ/kg)

nth = wnet/qin = 315,24/726,45 = 43,4 %

ΘΕΜΑ 3 (10 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 140 kPa και στους -10 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 = 243,40 kJ/kg, Κ2: h2 = 284,39 kJ/kg, Κ3: h3 = 87,85 kJ/kg, Κ4: h4 = h3

qL = h1 – h4 = 243,40 – 87,85 = 155,55 kJ/kg, qH = h2 – h3 = 284,39 – 87,85 = 196,54 kJ/kg

COPHP = qH/(qH – qL) = 196,54/(196,54 – 155,55) = 4,79

Αφού ο συντελεστής λειτουργίας του κλιματιστικού (κατά τη λειτουργία ως αντλία θερμότητας) είναι 4,79, η ηλεκτρική ενέργεια που θα καταναλωθεί για την παροχή 34.000 ΜJ στο σπίτι, θα είναι:

COPhp = Qin/W ⬄ W = Qin/COPhp = 34.000/4,79 = 7098 ΜJ = 1,97 MWh

Οπότε το ετήσιο κόστος θέρμανσης αντί για 1.500 €, θα είναι μόνο 1,97 MWh\*56,25€/MWh = 111 € και η % οικονομία που θα πετύχει θα είναι: 100\*(1500-111)/1500 = 92,6 %

ΘΕΜΑ 4 (10 μονάδες)

Αέριο μίγμα με κατ’ όγκο σύσταση 60 % Ν2, 10 % Ο2 και 30 % CO2, σε πίεση 1 MPa και θερμοκρασία 1000 K εκτονώνεται μέσω αδιαβατικού στροβίλου στους 300 Κ και τα 100 kPa. Να υπολογιστεί το παραγόμενο ειδικό έργο ανά kg μίγματος. (Μοριακά βάρη, kg/kmol: Ν2: 28, Ο2: 32, CO2: 44)

h', kJ/kmol

T, K N2 O2 CO2

300 8723 8736 9431

1000 30129 31389 42769

ΛΥΣΗ

Γραμμομοριακά κλάσματα: yN2 = 0,6, yO2 = 0,1, yCO2 = 0,3

Μοριακό βάρος μίγματος: Mm = 0,6\*28 + 0,1\*32 + 0,3\*44 = 33,2 kg/kmol

Κλάσματα μάζας: mfN2 = 0,6\*28/33,2 = 0,506

mfO2 = 0,1\*32/33,2 = 0,096

mfCO2 = 0,3\*44/33,2 = 0,398

Γραμμομοριακές ενθαλπίες στην είσοδο: h’N2 = 30129 kJ/kmol

h'O2 = 31389 kJ/kmol

h’CO2 = 42769 kJ/kmol

h’in = 0,6\*30129 + 0,1\*31389 + 0,3\*42769 = 34047 kJ/kmol

Ειδική ενθαλπία στην είσοδο: hin = h’in/Mm = 34047/33,2 = 1025,51 kJ/kg

Γραμμομοριακές ενθαλπίες στην έξοδο: h’N2 = 8723 kJ/kmol

h'O2 = 8736 kJ/kmol

h’CO2 = 9431 kJ/kmol

h’in = 0,6\*8723 + 0,1\*8736 + 0,3\*9431 = 8937 kJ/kmol

Ειδική ενθαλπία στην έξοδο: hout = h’out/Mm =8937/33,2 = 296,18 kJ/kg

Παραγόμενο ειδικό έργο: w = hin – hout = 1025,51 – 296,18 = 756,33 kJ/kg

ΘΕΜΑ 5 (5 μονάδες)

Σε δωμάτιο με πίεση 1 atm, θερμοκρασία 22 oC και σχετική υγρασία 50 %, 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 = 0,084 kgH2O/kg ξηρού αέρα

ενθαλπία: h = 43 kJ/kg ξηρού αέρα

σημείο δρόσου: Tdb =11,5 oC

θερμοκρασία υγρού βολβού: Twb =15,5 oC

ειδικός όγκος του αέρα: v = 0,847 m3/kg