1η Πρόοδος Εφαρμοσμένης Θερμοδυναμικής 29 Σεπτεμβρίου 2014

ΘΕΜΑ 1 (8 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 (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)

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 4 (8 μονάδες)

Κινητήρας Diesel με λόγο συμπίεσης 19,87 και λόγο αποκοπής 2 παρέχει το έργο που παράγει σε κεντρική εγκατάσταση κλιματισμού κτιρίου. Η πίεση και η θερμοκρασία του αέρα που εισέρχεται στον κινητήρα είναι 90 kPa και 310 Κ. Στο σύστημα κλιματισμού (που λειτουργεί με ψυκτικό 134α) τόσο κατά τη λειτουργία του ως ψυγείο όσο και ως αντλία θερμότητας, 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. Αν οι ετήσιες απώλειες θέρμανσης και ψύξης του κτιρίου είναι 150 και 100 ΤJ, αντίστοιχα, να υπολογιστούν 1) η θερμική απόδοση του κύκλου με βάση τους Πίνακες ιδανικού Αέρα, 2) οι συντελεστές λειτουργίας της εγκατάστασης κλιματισμού όταν αυτή λειτουργεί σαν ψυγείο και όταν αυτή λειτουργεί σαν αντλία θερμότητας, 3) το έργο που απαιτείται ετησίως για την κάλυψη των αναγκών του κτιρίου σε θέρμανση/ψύξη και 4) η θερμική απόδοση του συνδυασμένου συστήματος κινητήρα/κλιματιστικού, όταν αυτό λειτουργεί σαν ψυγείο και όταν αυτό λειτουργεί σαν αντλία θερμότητας.

Κινητήρας

Κατάσταση 1: **u1 = 221,25 kJ/kg**, v1r = 572,3

Κατάσταση 2: vr2 = vr1\*(V2/V1) = 621,2/19,87 = 28,80, Τ2 = 700 K, **h2 = 713,27 kJ/kg**

Κατάσταση 3: P3 = P2, T3 = T2\*(V3/V2) = 700\*2 = 1400 K, **h3 = 1515,42 kJ/kg**, vr3 = 8,919

Κατάσταση 4: vr4 = vr3\*(V4/V3) = 8,919\*9,935 = 88,61

 u4 = 465,5 + (88,61–88,99)\*(473,25-465,50)/(85,34-88,99) = **466,31 kJ/kg**

qin = h3 – h2 = 1515,42 – 713,27 = **802,15 kJ/kg**

qout = u4 – u1 = 466,31 – 221,25 = **245,06 kJ/kg (0,5)**

wnet = qin – qout = 802,15 – 245,06 = **557,09 kJ/kg**

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 (0,5)**

1) ηth = 1 – qout/qin = 1 – 245,06/802,15 = **0,69 (0,5)**

2) COPR = qL/(qH – qL) = 155,55/(196,54 – 155,55) = **3,79**

COPHP = qH/(qH – qL) = 196,54/(196,54 – 155,55) = **4,79 (0,5)**

3) W = QL/3,79 + QH/4,79 = 100/3,79 + 150/4,79 = **57,64 TJ**

4) Ψυγείο: nth,c =0,69\*3,79 =2,62 ή **262 %,** Αντλία θερμότητας: nth,c = 0,69\*4,79 = 3,31 ή **331 % (0,5)**