2η Πρόοδος Εφαρμοσμένης Θερμοδυναμικής 20 Φεβρουαρίου 2014

ΘΕΜΑ 1 (10 μονάδες)

Ατμός εισέρχεται σε ατμοστρόβιλο ισεντροπικής απόδοσης 85 %, σε πίεση 10 ΜPa και θερμοκρασία 500 oC και εξέρχεται σε πίεση 2 MPa, ως υπέρθερμος ατμός. Στη συνέχεια θερμαίνεται εκ νέου στους 500 oC, παραμένοντας στην ίδια πίεση (2 MPa) και τροφοδοτείται σε δεύτερο στρόβιλο ισεντροπικής απόδοσης 80 %. Μετά και το δεύτερο στρόβιλο, ο ατμός/νερό τροφοδοτείται σε συμπυκνωτή πίεσης 10 kPa. Το κορεσμένο νερό από τον συμπυκνωτή κατευθύνεται στην αντλία τροφοδοσίας του πρώτου στροβίλου, της οποίας η ισεντροπική απόδοση είναι 75 %. Να υπολογιστεί η θερμική απόδοση του 1ου στροβίλου, του 2ου στροβίλου και της διάταξης.

ΛΥΣΗ

Ατμοστρόβιλος υψηλής πίεσης.

hin = 3375,1 kJ/kg sin = 6,5995 kJ/kgK

Αν ο 1ος στρόβιλος θεωρηθεί ισεντροπικός

sout = sin = 6,5995 kJ/kgK

Στα 2 MPa στους 250 oC s = 6,5475 kJ/kgK h = 2903,3 kJ/kg

στους 300 oC s = 6,7684 kJ/kgK h = 3024,2 kJ/kg

οπότε: houts = 2903,3+(6,5995-6,5475)\*(3024,2-2903,3)/(6,7684-6,5475) = 2931,8 kJ/kg

ws1 = 3375,1-2931,8 = 443,3 kJ/kg

w1 = 0,85\*443,3 = 376,8 kJ/kg

hout = 3375,1-376,8 = 2998,3 kJ/kg

Ατμοστρόβιλος χαμηλής πίεσης

hin = 3468,3 kJ/kg sin = 7,4337 kJ/kgK

Αν ο 2ος στρόβιλος θεωρηθεί ισεντροπικός

sout = sin = 7,4337 kJ/kgK

Στα 10 kPa sg = 8,8999 kJ/kgK hg = 2519,2 kJ/kg

sf = 0,1511 kJ/kgK hf = 42,022 kJ/kg

οπότε: x = (7,4337-0,1511)/(8,8999-0,1511) = 0,832

houts = 0,832\*2519,2+(1-0,832)\*42,022 = 2103,0 kJ/kg

ws2 = 3468,3-2103,0 = 1365,3 kJ/kg

w2 = 0,8\*1365,3 = 1092,2 kJ/kg

Αντλία

vin = 0,00101 m3/kg wins = 0,00101\*(10000-10) = 10,09 kJ/kg win =10,09/0,75 = 13,45 kJ/kg

hin = 191,81 kJ/kg hout = 191,81+13,45 = 205,26 kJ/kg

Η θερμότητα που προστίθεται πριν τον 1ο και πριν τον 2ο στρόβιλο είναι:

q1 = 3375,1-205,26 = 3169,8 kJ/kg και q2 = 3468,3-2998,3 = 470,0 kJ/kg

Οπότε η θερμική απόδοση του 1ου στροβίλου, του 2ου στροβίλου και της διάταξης είναι:

η1 = 376,8/3375,1 = 11,16 % η2 = 1092,2/3468,3 = 31,49 %

η = (376,8+1092,2-13,45)/(3169,8+470,0) = 40,00 %

ΘΕΜΑ 2 (10 μονάδες)

Σε κινητήρα Diesel με λόγο συμπίεσης 18 και λόγο αποκοπής 2, η πίεση και η θερμοκρασία του αέρα στην αρχή της διεργασίας συμπίεσης είναι 100 kPa και 300 Κ. Να υπολογιστεί η θερμική απόδοση του κύκλου α) θεωρώντας σταθερές ειδικές θερμότητες (στους 300 Κ) και β) με βάση τους Πίνακες ιδανικού αέρα.

ΛΥΣΗ

Σταθερές ειδικές θερμότητες: Cp = 1,005, Cv = 0,718, k = 1,400

Κατ. 1: Τ1 = 300 Κ Κατ. 2: Τ2 = Τ1\*(V1/V2)k-1 = 300\*180,4 = 953 K

Κατ. 3: P3=P2, T3=T2\*(V3/V2)=953\*2=1907 K, Κατ. 4: Τ4=Τ3\*(V3/V4)k-1=1907\*(1/9)0,4 = 792 K

qin = h3 – h2 = Cp\*(T3 – T2) = 1,005\*(1907 – 953) = 958,77 kJ/kg

qout = u4 – u1 = Cv\*(T4 – T1) = 0,718\*(792 – 300) = 353,26 kJ/kg

ηth = 1 – qout/qin = 1 – 353,26/958,77 = 0,63 ή 63 %

Με βάση τους Πίνακες ιδανικού αέρα

Κατάσταση 1: u1 = 214,07 kJ/kg, v1r = 621,2

Κατάσταση 2: vr2 = vr1\*(V2/V1) = 621,2/18 = 34,51

T2 = 900 - (34,31–34,51)\*(900-880)/(34,31-36,61) = 898 K

h2 = 932,93 - (34,31–34,51)\*(932,93-910,56)/(34,31-36,61) = 930,98 kJ/kg

Κατάσταση 3: P3 = P2, T3 = T2\*(V3/V2) = 898\*2 = 1796 K

h3 = 2003,3 - (2003,3–1941,6)\*(1800-1796)/(1800–1750) = 1998,4 kJ/kg

vr3 = 3,994 - (3,994–4,328)\*(1800-1796)/(1800–1750) = 4,021

Κατάσταση 4: vr4 = vr3\*(V4/V3) = 4,021\*9 = 36,19

u4 = 657,95 - (657,95–674,58)\*(36,61-36,19)/(36,61-34,31) = 660,99 kJ/kg

qin = h3 – h2 = 1998,4 – 930,98 = 1067,4 kJ/kg

qout = u4 – u1 = 660,99 – 214,07 = 446,92 kJ/kg

ηth = 1 – qout/qin = 1 – 446,92/1067,4 = 0,58 ή 58 %

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