1η Πρόοδος Εφαρμοσμένης Θερμοδυναμικής 30 Σεπτεμβρίου 2015

ΘΕΜΑ 1 (10 μονάδες)

Ψυκτικό εισέρχεται στο συμπιεστή ενός ψύκτη στα 100 kPa και -20 οC, με ρυθμό 0,5 m3/min και εξέρχεται στα 0,8 MPa. Στη συνέχεια εισέρχεται στη βαλβίδα στραγγαλισμού στα 0,75 MPa και 26 oC και εξέρχεται στα 105 kPa. Αν η ισχύς του συμπιεστή είναι 2,2 kW, να υπολογιστεί ο συντελεστής λειτουργίας, η ισεντροπική απόδοση του συμπιεστή, ο ρυθμός απαγωγής θερμότητας από τον θάλαμο ψύξης και η ποιότητα μετά το στραγγαλισμό.

ΛΥΣΗ

Κ1 (είσοδος συμπιεστή) v1 = 0,19841 m3/kg h1 = 239,50 kJ/kg s1 = 0,9721 kJ/kgK

m = (0,5/60)/0,19841 = 0,042 kg/s

Κ2 (έξοδος συμπιεστή) h2s = 286,69-(286,69-276,45)\*(0,9802-0,9721)/(0,9802-0,9480) = 284,11 kJ/kg

ws = 284,11-239,50 = 44,61 kJ/kg w = 2,2/0,042 = 52,38 kJ/kg

ηs = 44,61/52,38 = 0,852 kJ/kg

Κ3 (έξοδος συμπυκνωτή) h3 = 87,83 kJ/kg

K4 (έξοδος στραγγαλιστή) h4l = 17,28+(22,49-17,28)\*(105-100)/(120-100) = 18,58 kJ/kg

h4v = 234,44+(236,97-234,44)\*(105-100)/(120-100) = 235,07 kJ/kg

x = (87,83-18,58)/( 235,07-18,58) = 0,32

QL = 0,042\*(239,50-87,83) = 6,370 COP = 6,370/2,2 = 2,895

ΘΕΜΑ 2 (10 μονάδες)

Αέριο μίγμα με κατ’ όγκο σύσταση 79 % Ν2, 15 % Ο2 και 6 % CO2, σε πίεση 10 MPa και θερμοκρασία 1000 oC εκτονώνεται μέσω αδιαβατικού στροβίλου στους 600 oC και στα 100 kPa. Να υπολογιστεί το παραγόμενο ειδικό έργο ανά kg μίγματος (5 μονάδες) και η μεταβολή της ειδικής εντροπίας επίσης ανά kg μίγματος (5 μονάδες). (Μοριακά βάρη, kg/kmol: Ν2: 28, Ο2: 32, CO2: 44)

ΛΥΣΗ

Γραμμομοριακά κλάσματα: yN2 = 0,79, yO2 = 0,15, yCO2 = 0,06

Μοριακό βάρος μίγματος: Mm = 0,79\*28+0,15\*32+0,06\*44 = 29,56 kg/kmol

Κλάσματα μάζας: mfN2 = 0,79\*28/29,56 = 0,748

mfO2 = 0,15\*32/29,56 = 0,1626

mfCO2 = 0,06\*44/29,56 = 0,089

Γραμμομοριακές ενθαλπίες στην είσοδο:

h’N2 = 39488-(39488-38807)\*(1280-1273)/(1280-1260) = 39250 kJ/kmol

h'O2 = 41312-(41312-40594)\*(1280-1273)/(1280-1260) = 41061 kJ/kmol

h’CO2 = 58381-(58381-57244)\*(1280-1273)/(1280-1260) = 57983 kJ/kmol

h’in = 0,79\*39250+0,15\*41061+0,06\*57983 = 40646 kJ/kmol

Ειδική ενθαλπία στην είσοδο: hin = h’in/Mm = 40646/29,56 = 1375,0 kJ/kg

Γραμμομοριακά so στην είσοδο:

soN2 = 236,302-(236,302-235,766)\*(1280-1273)/(1280-1260) = 236,114 kJ/kmolΚ

soO2 = 252,219-(252,219-251,653)\*(1280-1273)/(1280-1260) = 252,021 kJ/kmolΚ

soCO2 = 282,962-(282,962-282,066)\*(1280-1273)/(1280-1260) = 282,648 kJ/kmolΚ

soin = 0,79\*236,114+0,15\*252,021+0,06\*282,648 = 241,292 kJ/kmolΚ

Γραμμομοριακές ενθαλπίες στην έξοδο:

h’N2 = 25928+(26248-25928)\*(873-870)/(880-870) = 26024 kJ/kmol

h'O2 = 26899+(27242-26899)\*(873-870)/(880-870) = 27002 kJ/kmol

h’CO2 = 35821+(36347-35821)\*(873-870)/(880-870) = 35979 kJ/kmol

h’out = 0,79\*26024+0,15\*27002+0,06\*35979 = 26768 kJ/kmol

Ειδική ενθαλπία στην έξοδο: hout = h’out/Mm = 26768/29,56 = 905,55 kJ/kg

Γραμμομοριακά so στην έξοδο:

soN2 = 223,562+(223,927-223,562)\*(873-870)/(880-870) = 223,672 kJ/kmolΚ

soO2 = 238,660+(239,051-238,660)\*(873-870)/(880-870) = 238,777 kJ/kmolΚ

soCO2 = 261,770+(262,371-261,770)\*(873-870)/(880-870) = 261,950 kJ/kmolΚ

soout = 0,79\*223,672+0,15\*238,777+0,06\*261,950 = 228,234 kJ/kmolΚ

Παραγόμενο ειδικό έργο: w = hin – hout = 1375,0-905,55 = 469,45 kJ/kg

Μεταβολή της γραμμομοριακής εντροπίας:

ΔS = 228,234-241,292-8,314\*ln(100/10000) = 25,229 kJ/kmolΚ

Μεταβολή της ειδικής εντροπίας: ΔS = 25,229/29,56 = 0,85348 kJ/kgΚ

ΘΕΜΑ 3 (10 μονάδες)

Να υπολογιστεί η ισεντροπική απόδοση των δύο στροβίλων (οι ισεντροπικές αποδόσεις των δύο στροβίλων είναι ίσες μεταξύ τους) και η θερμική απόδοση αεριοστροβίλου ισχύος 10 MW, με δύο βαθμίδες εκτόνωσης (λόγος πιέσεων 4,132 σε κάθε βαθμίδα), δύο βαθμίδες συμπίεσης (λόγος πιέσεων 4,167 σε κάθε βαθμίδα, ισεντροπική απόδοση συμπιεστών 90 %) και αναγεννητή αποτελεσματικότητας 75 %. Ο αέρας εισέρχεται σε κάθε βαθμίδα συμπίεσης στους 300 Κ και στον στρόβιλο στους 1200 Κ. Δίνεται παροχή πρότυπου αέρα 24,735 kg/s

ΛΥΣΗ

K1 (είσοδος 1ου συμπιεστή)

T1 = 300 K h1 = 300,19 kJ/kg Pr1 = 1,386

K2 (έξοδος 1ου συμπιεστή)

Pr1 = 4,167\*1,386 = 5,775 h2s = 451,80 kJ/kg win1s = 451,80-300,19 = 151,61 kJ/kg

win1 = 151,61/0,9 = 168,46 kJkg h2 = 300,19+168,46 = 468,65 kJ/kg

K3 (είσοδος 2ου συμπιεστή)

T3 = 300 K h3 = 300,19 kJ/kg Pr3 = 1,386

K4 (έξοδος 1ου συμπιεστή)

Pr4 = 5,775 h4s = 451,80 kJ/kg win2s = 451,80-300,19 = 151,61 kJ/kg

win2 = 0151,61/0,9 = 168,46 kJkg h4 = 300,19+168,46 = 468,65 kJ/kg

K6 (είσοδος 1ου στροβίλου)

T6 = 1200 K h6 = 1277,79 kJ/kg Pr6 = 238

K7 (έξοδος 1ου στροβίλου)

Pr7 = 238/4,132 =57,60 h7s = 866,08 kJ/kg wout1s = 1277,79-866,08 = 411,71 kJ/kg

K8 (είσοδος 2ου στροβίλου)

T8 = 1200 K h8 = 1277,79 kJ/kg Pr8 = 238

K9 (έξοδος 2ου στροβίλου)

Pr9 = 238/4,132 = 57,60 h9s = 866,08 kJ/kg wout2s = 1277,79-866,08 = 411,71 kJ/kg

Ισεντροπική απόδοση στροβίλων (nsturbine)

10000 = 21,2\*nstur\*2\*411,71-21,2\*2\*168,46 ⬄ nstur = (10000+21,2\*2\*168,46)/(21,2\*2\*411,71) = 0,900

Οπότε: h7 = 1277,79-0,9\*411,71 = 907,25 kJ/kg και

h9 = 1277,79-0,9\*411,71 = 907,25 kJ/kg

Κ5 (έξοδος αναθερμαντή) h5 = 468,65+0,75\*(907,25-468,65) = 797,60 kJ/kg

q1 = 1277,79-797,60 = 480,19 kJ/kg q2 = 1277,79-907,25 = 370,54 kJ/kg

q = 480,19+370,54 = 850,73 kJ/kg Q = 24,735\*850,73 = 21042 kJ/s

nth = 10/21,042 = 47,5 %