1η Πρόοδος Εφαρμοσμένης Θερμοδυναμικής 25 Ιανουαρίου 2016

ΘΕΜΑ 1 (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 24,98 kg/s

ΛΥΣΗ

K1 (είσοδος 1ου συμπιεστή)

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

K2 (έξοδος 1ου συμπιεστή)

Pr2 = 4,167\*1,386 = 5,775 Τ2s = 450 Κ

win1s = [28,11\*(450-300)+(0,1967/2)\*(10^-2)\*(450^2-300^2)+(0,4802/3)\*(10^-5)\*(450^3-300^3)

- (1,966/4)\*(10^-9)\*(450^4-300^4)]/28,97 = 152,35 kJ/kg

win1 = 152,35/0,9 = 169,28 kJkg h2 = 300,19+169,28 = 469,47 kJ/kg

T2 = 460+(470-460)\*(469,47-462,02)/(472,24-462,02) = 467,29

K3 (είσοδος 2ου συμπιεστή) T3 = 300 K h3 = 300,19 kJ/kg Pr3 = 1,386

K4 (έξοδος 2ου συμπιεστή) Pr4 = 4,167\*1,386 = 5,775 Τ4s = 450 Κ

Win2s = 152,35 kJ/kg win2 = 169,28 kJkg h4 = 469,47 kJ/kg

T4 = 467,29 K

K6 (είσοδος 1ου στροβίλου)

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

K7 (έξοδος 1ου στροβίλου)

Pr7 = 238/4,132 =57,60 T7s = 840 K

wout1s = [28,11\*(1200-840)+(0,1967/2)\*(10^-2)\*(1200^2-840^2)+(0,4802/3)\*(10^-5)\*(1200^3-840^3)- (1,966/4)\*(10^-9)\*(1200^4-840^4)]/28,97 = 410,24 kJ/kg

K8 (είσοδος 2ου στροβίλου)

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

K9 (έξοδος 2ου στροβίλου)

Pr9 = 57,60 T9s = 840 K wout2s = 410,24 kJ/kg

Ισεντροπική απόδοση στροβίλων (nsturbine)

10000 = 24,98\*nstur\*2\*410,24-24,98\*2\*169,28⬄ nstur = (10000+24,98\*2\*169,28)/(24,98\*2\*410,24) = 0,900

Οπότε: h7 = 1277,79-0,9\*410,24 = 908,57 kJ/kg και

h9 = 1277,79-0,9\*410,24 = 908,57 kJ/kg

Κ5 (έξοδος αναθερμαντή) h5 = 469,47+0,75\*(908,57-469,47) = 798,80 kJ/kg

T5 = 760+(780-760)\*(798,80-778,18)/(800,03-778,18) = 778,87 K

q1 = [28,11\*(1200-778,87)+(0,1967/2)\*(10^-2)\*(1200^2-778,87^2)+(0,4802/3)\*(10^-5)\*(1200^3-778,87^3)- (1,966/4)\*(10^-9)\*(1200^4-778,87^4)]/28,97 = 477,35 kJ/kg

q2 = [28,11\*(1200-840)+(0,1967/2)\*(10^-2)\*(1200^2-840^2)+(0,4802/3)\*(10^-5)\*(1200^3-840^3)- (1,966/4)\*(10^-9)\*(1200^4-840^4)]/28,97 = 410,24 kJ/kg

qtotal = 477,35+410,24 = 887,59 kJ/kg

Q = 24,98\*887,59 = 22172 kJ/s nth = 10000/22172 = 45,1 %

ΘΕΜΑ 2 (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 3 (10 μονάδες)

Βιομάζα με κ.β. σύσταση 48,0 % C, 7,2 % H2 και 44,8 % Ο2 τροφοδοτείται σε καυστήρα με παροχή 1 kg/s και καίγεται πλήρως με 100 % περίσσεια αέρα (τόσο η βιομάζα όσο και ο αέρας εισέρχονται στους 25 oC). Η παραγόμενη θερμότητα τροφοδοτείται σε ατμοστρόβιλο με συμπυκνωτή που λειτουργεί στα 10 kPa και υπερθερμαίνει ατμό στους 600 οC και πίεση 10 MPa Αν τα απαέρια του καυστήρα εξέρχονται στους 127 oC και οι ισεντροπικές αποδόσεις αντλίας και στροβίλου είναι 90 %, να υπολογιστεί η παραγόμενη ισχύς του στροβίλου. (η μαζική παροχή ατμού στον ατμοστρόβιλο υπολογίζεται από την παραγόμενη θερμότητα (kJ/s) και τις ειδικές ενθαλπίες του νερού και του ατμού του στροβίλου πριν και μετά τον καυστήρα (kJ/kg νερού)

ΛΥΣΗ

Υπολογισμός παραγόμενης θερμότητας

Βάση 1 kg βιομάζας C: 0,480 kg ή 0,48/12= 0,040 kmole

Η2: 0,072 kg ή 0,072/2= 0,036 kmole

O2: 0,448 kg ή 0,448/32= 0,014 kmole

Θεωρητική καύση: Β/Μ + 0,044 (Ο2 + 3,76 Ν2) = 0,040 CO2 + 0,036 H2O + 0,165 N2

Πραγματική καύση: Β/Μ + 0,088 (Ο2 + 3,76 Ν2) = 0,040 CO2 + 0,036 H2O + 0,044 Ο2 + 0,331 N2

Η θερμοκρασία των απαερίων είναι υψηλότερη ακόμα και από το σημείο δρόσου για 100 % υδρατμό (δηλαδή είναι μεγαλύτερη από τους 100 oC), οπότε καθόλου ατμός δεν συμπυκνώνεται.

q = 0,040\*(-393520+13372-9364)+0,036\*(-241820+13356-9904)+0,044\*(11711-8682)+0,331\*(11640-8669) =

= -23045 kJ/kg βιομάζας = -23045 kJ/s

Ατμοστρόβιλος

Κ1. κορεσμένο νερό v1 = 0,001010 m3/kg h1 = 191,81 kJ/kg

Δ12. wins = 0,00101\*(10000-10) = 10,09 kJ/kg win = 10,090/0,9 = 11,21 kJ/kg

K2. h2 = 191,81+11,21 = 203,02 kJ/kg

K3. h3 = 3625,8 kJ/kg s3 = 6,9045 kJ/kgK

K4s. s4g = 8,1488 kJ/kgK s4f = 0,6492 kJ/kgK xs = (6,9045-0,6492)/(8,1488-0,6492) = 0,834

h4s = 0,834\*2583,9+0,166\*191,81 = 2186,8 kJ/kg

wouts = 3625,8-2186,8 = 1439,0 kJ/kg wout = 0,9\*1439,0 = 1295,1 kJ/kg

wnet = 1295,1-11,21 = 1283,89 kJ/kg

μαζική παροχή νερού στον στρόβιλο: m’ = 23045/(3625,8-203,02) = 6,733 kg/sec

Ισχύς: W’ = 1283,89\*6,733 = 8644.4 kJ/s = 8,64 MW