1η Πρόοδος Εφαρμοσμένης Θερμοδυναμικής 21 Ιανουαρίου 2015

ΘΕΜΑ 1 (10 μονάδες)

Σε συνδυασμένο κύκλο αέριο-ατμο-στροβίλου ισχύος 100 MW, με λόγο πιέσεων του πρώτου 20, ο αέρας εισέρχεται στο συμπιεστή στους 300 Κ και εξέρχεται από το θάλαμο καύσης στους 1400 Κ. Μετά τον αεριο-στρόβιλο, τα αέρια θερμαίνουν τον ατμό του δεύτερου κύκλου στους 500 oC και 10 ΜΡα και εγκαταλείπουν τον εναλλάκτη στους 450 Κ. Αν η πίεση στον συμπυκνωτή είναι 10 kPa και οι αδιαβατικές αποδόσεις της αντλίας, του συμπιεστή και των δύο στροβίλων είναι 90 %, να υπολογιστούν οι μαζικές παροχές αέρα και ατμού και η θερμική απόδοση του συνδυασμένου κύκλου.

Αεριοστρόβιλος

Κ. 1: **h1 = 300,19 kJ/kg αέρα**, Pr1 = 1,386

Κ. 2: Pr2 = Pr1\*(P2/P1) = 1,386\*20 = 27,72

h2s = 702,52 + (713,27–702,52)\*(27,72–27,29)/(28,80–27,29) = **705,58 kJ/kg αέρα**

win,s = h2s – h1 = 705,58 – 300,19 = **405,39 kJ/kg αέρα**

win = win,s/0,9 = **450,43 kJ/kg αέρα (1)**

h2 = h1 + win = 300,19 + 450,43 = **750,62 kJ/kg αέρα (1)**

Κ. 3: **h3 = 1515,42 kJ/kg αέρα**, Pr3 = 450,5

Κ. 4: Pr4 = Pr3\*(P4/P3) = 450,5/20 = 22,53

h4s = 659,84 + (670,47–659,84)\*(22,53–21,86)/(23,13–21,86) = **665,41 kJ/kg αέρα**

wout,s = h3–h4s = 1515,42–665,41 = **850,01 kJ/kg αέρα**

wout = 0,9\*850,01 = **765,01 kJ/kg αέρα**

h4 = h3 – wout = 1515,42 – 765,01 = **750,41 kJ/kg αέρα (1)**

Κ. 5 (μετά τον εναλλάκτη): **h5 = 451,80 kJ/kg αέρα**

wnet,gt = wout – win = 765,01 – 450,43 = **314,58 kJ/kg αέρα (1)**

qin = h3 – h2 = 1515,42 – 750,62 = **764,80 kJ/kg αέρα**

qst = h4 – h5 = 750,41 – 451,80 = **298,61 kJ/kg αέρα** (θερμότητα που παρέχεται στον 2ο κύκλο) **(1)**

Ατμοστρόβιλος

Κ. 1: **h1 = 191,83 kJ/kg ατμού**, v1 = 0,001010 m3/kg ατμού

win,s = v1\*(P2 – P1) = 0,001010\*(10000 – 10) = **10,09 kJ/kg ατμού**

win = win,s/0,9 = **11,21 kJ/kg ατμού**

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

Κ. 3: **h3 = 3373,70 kJ/kg ατμού**, s3 = 6,5966 kJ/kg ατμού Κ

qst = 298,61 kJ/kg αέρα = h3 – h2 = 3373,7 – 203,04 = **3170,66 kJ/kg ατμού**

λ = 298,61/3170,66 = **0,094 kg ατμού / kg αέρα** **(1)**

Κ. 4: s3 = s4 = x4\*s4g + (1 – x4)\*s4f ⬄x4 = (s4 – s4f)/(s4g – s4f) =

= (6,5966 - 0,6493)/(8,1502 – 0,6493) = **0,79**

h4s = 0,79\*2584,70 + 0,21\*191,83 = **2082,20 kJ/kg ατμού**

wout,s = h3–h4s = 3373,70–2082,20 = **1291,50 kJ/kg ατμού**

wout = 0,9\*1291,50 = **1162,35 kJ/kg ατμού**

wnet,st = 1162,35 – 11,21 = **1151,14 kJ/kg ατμού** ή 1151,14 \* 0,094 = **108,21 kJ/kg αέρα (1)**

Συνδυασμένος κύκλος

wnet,cc = wnet,gt + wnet,st = 314,58 + 108,21 = **422,79 kJ/kg αέρα**

ηth = wnet,cc/qin = 422,79/764,80 = 0,55 ή **55 %** **(1)**

Wgt = 100\*(314,58/422,79) = 74,41 MW mg = 74410/314,58 = **236,5 kg αέρα / sec**

Wst = 100\*(108,21/422,79) = 25,59 MW ms = 25590/1151,14 = **22,23 kg αέρα / sec (1)**

ΘΕΜΑ 2 (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 3 (10 μονάδες)

Να υπολογιστεί η θερμική απόδοση αεριοστροβίλου με δύο βαθμίδες συμπίεσης (λόγος πιέσεων 4 στην πρώτη και 3 στη δεύτερη βαθμίδα) και αναγεννητή αποτελεσματικότητας 75 %, αν η ισεντροπική απόδοση των συμπιεστών και του στροβίλου είναι 85 %. Ο αέρας εισέρχεται σε κάθε βαθμίδα συμπίεσης στους 300 Κ και στον στρόβιλο στους 1200 Κ.