Πρόοδος Εφαρμοσμένης Θερμοδυναμικής 11 Σεπ 12

ΘΕΜΑ 1

1 m3/sec αέρα εισέρχεται σε αδιαβατικό συμπιεστή ισεντροπικής απόδοσης 80 % στους 300 Κ και τα 100 kPa και εξέρχεται στους 600 Κ. Να υπολογιστεί η πίεση εξόδου, η μεταβολή της εντροπίας και η ισχύς του συμπιεστή. Σημειώνεται ότι, η απόκλιση της πραγματικής διεργασίας από την ισεντροπική δεν επηρεάζει την πίεση εξόδου αλλά μόνο το έργο που δαπανάται για τη συμπίεση.

Είσοδος: T1= 300 K, P1 = 100 kPa, h1 = 300,19 kJ/kg, Pr1 = 1,3860, so1 = 1,70203 kJ/kgK

Έξοδος: T2= 600 K, h2= 607,02 kJ/kg, Pr2 = 16,28, so2 = 2,40902 kJ/kgK

Οπότε η πίεση στην έξοδο είναι:

P2 = P1\*(Pr2/Pr1) = 100\*16,28/1,386 = 1174,6 kPa

Η μεταβολή της ειδικής εντροπίας κατά τη διεργασία είναι:

Δs = s2 – s1 = so2 – so1 – Rln(P2/P1) = 2,40902 – 1,7023 – 0,287\*ln(1174,6/100) = -0,0003 kJ/kgK

Η παροχή μάζας του αέρα από τον συμπιεστή είναι:

m' = P1\*V1/RT1 = 100\*1/0,287\*300 = 1,16 kg/sec

Οπότε η μεταβολή της εντροπίας είναι: ΔS = m’\*Δs = 1,16\*(-0,0003) = -0,0004 kJ/K

Και η ισχύς του συμπιεστή είναι: W’ = 1,16\*(607,02 – 300,19)/0,8 = 47,98 kW

ΘΕΜΑ 2

Η τιμή της οικιακής ηλεκτρικής ενέργειας από τη ΔΕΗ είναι σήμερα 56,25 €/MWh, ενώ η τιμή του πετρελαίου θέρμανσης αναμένεται να αυξηθεί από 1,00 €/λτ σε 1,5 €/λτ, τον χειμώνα που μας έρχεται. Αν ένα νοικοκυριό δαπάνησε πέρυσι 1.000 € για την αγορά πετρελαίου θέρμανσης και φέτος πρόκειται να καταργήσει το σύστημα κεντρικής θέρμανσης και να θερμανθεί με κλιματιστικό, θεωρώντας ότι οι θερμικές του ανάγκες θα είναι και εφέτος οι ίδιες, να υπολογιστεί η % οικονομία που θα επιτύχει. 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 και 1 ΜWh = 3600 MJ)

Το νοικοκυριό κατανάλωσε πέρυσι: 1000 € / 1 €/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

Θεωρώντας ότι οι θερμικές ανάγκες του σπιτιού είναι οι ίδιες με πέρυσι, προβλέπεται να καταναλώσει και φέτος 1000 λτ πετρελαίου, που όμως φέτος θα κοστίσουν 1,5 €/λτ\*1000 λτ = 1.500 €.

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 €, όπως αναμένεται για φέτος αν χρησιμοποιηθεί το σύστημα κεντρικής θέρμανσης, 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 3

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

h2 = h1 + win = 300,19 + 450,43 = 750,62 kJ/kg αέρα (0,5)

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 (0,5)

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

wnet,gt = wout – win = 765,01 – 450,43 = 314,58 kJ/kg αέρα (0,5)

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) (0,5)

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 (0,5)

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 (0,5)

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 % (0,5)

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 (0,5)

ΘΕΜΑ 4

Διάταξη εμβόλου-κυλίνδρου με περιμετρική εσοχή κάτω από το έμβολο περιέχει 1 kg νερού στους 30 oC. Ο όγκος του κυλίνδρου όταν το έμβολο βρίσκεται στις δύο εσοχές είναι 5 lt. Το έμβολο αρχίζει να ανυψώνεται όταν η πίεση γίνει 200 kPa. Να υπολογιστεί η θερμότητα που πρέπει να προστεθεί στο νερό και το έργο που παράγεται ώστε το έμβολο να ανυψωθεί έως ότου διπλασιαστεί ο όγκος του κυλίνδρου.

Κατάσταση 1 (αρχική): Τ1 = 20 οC κορεσμένο u1g = 2416,6 kJ/kg

 P1 = 4,246 kPa μίγμα u1f = 125,78 kJ/kg

 v1 = 0,005 m3 v1g = 32,89 m3/kg

 v1f = 0,001004 m3/kg

Κατάσταση 2 (τη στιγμή που πρόκειται να ανυψωθεί το έμβολο):

P2 = 200 kPa κορεσμένο v2f = 0,001061 m3/kg

 Τ1 = 120,23 οC μίγμα v2g = 0,8857 m3/kg

v2 = 0,005 m3/kg h2f = 504,70 kJ/kg

 h2g = 2706,7 kJ/kg u2f = 504,49 kJ/kg

 u2g = 2529,5 kJ/kg

Κατάσταση 3 (όταν ο όγκος έχει διπλασιαστεί):

P3 = 200 kPa κορεσμένο v3f = 0,001061 m3/kg

 Τ1 = 120,23 οC μίγμα v3g = 0,8857 m3/kg

V3 = 0,01 m3/kg h3f = 504,70 kJ/kg

 h3g = 2706,7 kJ/kg u3f = 504,49 kJ/kg

 u3g = 2529,5 kJ/kg

Στην κατάσταση 1

x1 =(0,005 – 0,001004)/(32,89 – 0,001004) = 0,000121

u1 = 0,000121\*2416,6 + 0,999879\*125,78 = 126,06 kJ/kg

Στην κατάσταση 2

x2 =(0,005 – 0,001061)/(0,8857 – 0,001061) = 0,004453

u2 = 0,004453\*2529,5 + 0,995547\*504,49 = 513,51 kJ/kg

h2 = 0,004453\*2706,7 + 0,995547\*504,7 = 514,50 kJ/kg

Στην κατάσταση 3

x3 =(0,01 – 0,001061)/(0,8857 – 0,001061) = 0,010105

(u3 = 0,010105\*2529,5 + 0,989895\*504,49 = 524,95 kJ/kg)

h3 = 0,010105\*2706,7 + 0,989895\*504,70 = 526,95 kJ/kg

Οπότε: Q1-2 = m\*(u2 – u1) = 1 \* (513,51 – 126,06) = 387,45 kJ

Q2-3 = m\*(h3 – h2) = 1 \* (526,95 – 514,50) = 12,45 kJ και

Qtotal = 387,45 + 12,45 = 399,90 kJ

Έργο παράγεται μόνο κατά την μετάβαση 2 – 3 και το έργο αυτό είναι:

W2-3 = P2\*(V3 – V2) = 200\*(0,01 – 0,005) = 1 kJ (=ΔΗ2-3 – ΔU2-3 = 12,45 – 11,45)