1η Πρόοδος Εφαρμοσμένης Θερμοδυναμικής 30 Απριλίου 2014

ΘΕΜΑ 1 (8 μονάδες)

Διάταξη εμβόλου-κυλίνδρου περιέχει 50 λίτρα αέρα στους 27 oC και πίεση 100 kPa. Το έμβολο αρχίζει να κινείται όταν η πίεση γίνει 200 kPa. Να υπολογιστεί το έργο ογκομεταβολής και η θερμότητα που πρέπει να τροφοδοτηθεί στον κύλινδρο, ώστε η θερμοκρασία του αέρα να φθάσει στους 727 oC:

α. θεωρώντας σταθερές ειδικές θερμότητες, για τη μέση θερμοκρασία της διεργασίας, και

β. μεταβλητές ειδικές θερμότητες

Α. ΣΤΑΘΕΡΕΣ ΕΙΔΙΚΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΕΣ

Κατάσταση 1. Αρχική

Μάζα αέρα m = (P\*V)/(R\*T) = (100\*0,05)/(0,287\*300) = 0,0581 kg

Θερμοκρασία 300 Κ

Πίεση 100 kPa

cv 0,718 kJ/kgK

Κατάσταση 2. Πριν κινηθεί το έμβολο

Πίεση 200 kPa

Θερμοκρασία P1\*V1/T1 = P2\*V2/T2 ⬄ T2 = 300 \* (200/100) = 600 K

cv 0,764 kJ/kgK

cp 1,051 kJ/kgK

Κατάσταση 3. Τελική

Πίεση 200 kPa

Θερμοκρασία 1000 K

Όγκος P3\*V3/T3 = P2\*V2/T2 ⬄ V3 = 0,05 \* (1000/600) = 0,0833 m3

cv 0,855 kJ/kgK

cp 1,142 kJ/kgK

Διεργασία 1-2 Έργο ογκομεταβολής Wb12 = 0 kJ

 Θερμότητα Q12 = 0,0581\*((0,764 + 0,718)/2)\*(600 – 300) = 12,91 kJ

Διεργασία 2-3 Έργο ογκομεταβολής Wb23 = 200 \* (0,0833 – 0,05) = 6,66 kJ

 Θερμότητα Q23 = 0,0581\*((1,051 + 1,142)/2)\*(1000 – 600) = 25,47 kJ

Συνολικό έργο ογκομεταβολής Wb = 6,66 kJ

Συνολική θερμότητα Q = 12,91 + 25,47 = 38,38 kJ

Β. ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ ΕΙΔΙΚΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΕΣ

Κατάσταση 1. Αρχική Κατάσταση 2. Πριν κινηθεί το έμβολο

Μάζα αέρα 0,0581 kg Πίεση 300 kPa

Θερμοκρασία 300 Κ Θερμοκρασία 600 K

Πίεση 100 kPa Εσωτερική ενέργεια 434,78 kJ/kg

Εσωτερική ενέργεια 214,07 kJ/kg Ενθαλπία 607,02 kJ/kg

Κατάσταση 3. Τελική

Πίεση 300 kPa

Θερμοκρασία 1000 K

Όγκος 0,0833 m3

Ενθαλπία 1046,04 kJ/kg

Διεργασία 1-2 Έργο ογκομεταβολής Wb12 = 0 kJ

 Θερμότητα Q12 = 0,0581\*(434,78 – 214,07) = 12,82 kJ

Διεργασία 2-3 Έργο ογκομεταβολής Wb23 = 300 \* (0,0833 – 0,05) = 10 kJ

 Θερμότητα Q12 = 0,0581\*(1046,04 – 607,02) = 25,49 kJ

Συνολικό έργο ογκομεταβολής Wb = 10 kJ

Συνολική θερμότητα Q = 18,82 + 25,47 = 38,31 kJ

ΘΕΜΑ 2 (8 μονάδες)

Αέρας στους 627 oC και πίεση 10 MPa εισέρχεται σε αδιαβατικό στρόβιλο με ταχύτητα 50 m/s, από είσοδο διατομής 0,2 m2 και εξέρχεται από έξοδο διατομής 1,2 m2 στους 127 oC και στα 100 kPa. Να υπολογιστεί η παροχή μάζας του αέρα, η ισχύς του στροβίλου η θερμική του απόδοση και η ισεντροπική του απόδοση.

ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΣ ΣΤΡΟΒΙΛΟΣ

Ειδικός όγκος στις συνθήκες εισόδου v = R\*T1/P1 = 0,287\*900/10000 = 0,02583 m3/kg

Ογκομετρική παροχή στην είσοδο V’ = 50\*0,2 = 10 m3/sec

Μαζική παροχή m’ = 10/0,02583 = 387,15 kg/sec

Ειδικός όγκος στις συνθήκες εξόδου v = R\*T2/P2 = 0,287\*400/100 = 1,148 m3/kg

Ογκομετρική παροχή στην έξοδο V’ = 387,15\*1,148 = 444,44 m3/sec

Ταχύτητα στην έξοδο υ2 = 444,44/1,2 = 370,37 m/s

Ειδική ενθαλπία στην είσοδο h1 = 932,93 kJ/kg

Ειδική ενθαλπία στην έξοδο h2 = 400,98 kJ/kg

Ισχύς στροβίλου W’ = m’\*(h1 – h2 – 1/2\*(υ22 – υ12)/1000)

 = 387,15\*(932,93 – 400,98 – 0,5\*(137174 – 2500)/1000)

 = 179.873,4 kJ/sec

Θερμότητα στην είσοδο Qin = m’\*h1 = 387,15\*932,93 = 361.180,8 kJ/sec

Θερμική απόδοση η = 179.873,4/361.180,8 = 0,4980 ή 49,8 %

ΙΣΕΝΤΡΟΠΙΚΟΣ ΣΤΡΟΒΙΛΟΣ (επηρεάζεται η θερμοκρασία και η ταχύτητα εξόδου, όχι όμως η πίεση εξόδου)

Στην είσοδο so1 = 2,84856

Στην έξοδο so2 = so1 + R\*ln(P2/P1) = 2,84856+0,287\*ln(100/10.000) = 1,52688

Ειδική ενθαλπία h2s = 250,05+(260,09-250,05)\*(1,52688-1,51917)/(1,55848-1,51917) = 252,02 kJ/kg

Θερμοκρασία Τ2s = 250+(260-250)\*(1,52688-1,51917)/(1,55848-1,51917) = 251,96 K

Ειδικός όγκος v2s = R\*T2/P2 = 0,287\*251,96/100 = 0,723 m3/kg

Ογκομετρική παροχή Vs’ = 387,15\*0,723 = 279,91 m3/sec

Ταχύτητα υ2s = 279,91/1,2 = 233,26 m/s

Ισχύς στροβίλου Ws’ = m’\*(h1 – h2s – 1/2\*(υ2s2 – υ12)/1000)

 = 387,15\*(932,93 – 252,02 – 0,5\*(54409 – 2500)/1000) = 253.566,0 kJ/sec

Ισεντροπική απόδοση ηs = W’/Ws’ = 179.873,4/253.566,0 = 0,709 ή 70,9 %

ΘΕΜΑ 3 (8 μονάδες)

Η τιμή της οικιακής ηλεκτρικής ενέργειας από τη ΔΕΗ είναι σήμερα 56,25 €/MWh, ενώ η τιμή του πετρελαίου θέρμανσης 1,5 €/λτ. Αν ένα νοικοκυριό δαπάνησε πέρυσι 1.500 € για την αγορά πετρελαίου θέρμανσης και φέτος πρόκειται να καταργήσει το σύστημα κεντρικής θέρμανσης και να θερμανθεί με κλιματιστικό (COPhp = 4), θεωρώντας ότι οι θερμικές του ανάγκες θα είναι και εφέτος οι ίδιες, να υπολογιστεί η % οικονομία που θα επιτύχει. 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: 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

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

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 = 8500 ΜJ = 2,36 MWh

Οπότε το ετήσιο κόστος θέρμανσης αντί για 1.500 €, όπως αναμένεται για φέτος αν χρησιμοποιηθεί το σύστημα κεντρικής θέρμανσης, θα είναι μόνο 2,36 MWh\*56,25€/MWh = 132,81 € και η % οικονομία που θα πετύχει θα είναι:

100\*(1500-132,81)/1500 = 91,15 %

ΘΕΜΑ 4 (8 μονάδες)

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