

Θέματα (& Λύσεις) Εξετάσεων Φεβρουαρίου 2011:

ΘΕΜΑ 1 (8 μονάδες)

Η περωτή ακτινικού συμπιεστή έχει 17 περύγια με οπισθόκλιση 5° . Στην έξοδό της η ακτίνα είναι 25cm και το πλάτος του περυγίου 34mm. Όταν ο αέρας (τέλειο αέριο) εισέρχεται χωρίς συστρόφη, με 1,01bar και 288K, η περωτή του κινείται με 270 rev/sec, διακινεί 8kg/sec αέρα, αυξάνοντας τη στατική του πίεση στα 2,1685bar. Ποια η απόλυτη γωνία της ροής στην έξοδο της περωτής;

ΘΕΜΑ 2 (1.5 μονάδες)

Ο ίδιος συμπιεστής δουλεύει στο εργαστήριο (σε συνθήκες αναφοράς) και στο εργοστάσιο (κάποιο αέριο με $\gamma=1,35$, $C_p=1210\text{J/kg/K}$, σε αντίστοιχα σημεία λειτουργίας. Σε ποια θερμοκρασία πρέπει να τροφοδοτείται ο συμπιεστής στο εργοστάσιο ώστε το έργο ανά μονάδα μάζας να είναι το ίδιο και στις δύο προαναφερθείσες λειτουργίες;

ΘΕΜΑ 3 (0.5 μονάδες)

...ερώτηση...

Λύση Θέματος 1:

Αν ήταν γνωστή η ακτινική συνιστώσα της ταχύτητας V_{r2} στην έξοδο της περωτής, με γνωστές την εκεί γραμμική ταχύτητα περιστροφής

$$U_2 = 2\pi NR_2 = 2\pi \cdot 270 \cdot 0,25 = 424,11 \frac{m}{s}$$

τη γωνία μετάλλου $\beta'_2 = -5^\circ$ και το πλήθος περυγίων $n = 17$, ο υπολογισμός θα ξεκινούσε από τη σχέση του Stanitz για τον υπολογισμό της τιμής του παράγοντα ολίσθησης

$$\sigma = 1 - \frac{0,63\pi}{n} \cdot \frac{1}{1 + \frac{V_{r2}}{U_2} \tan \beta'_2} \quad (1)$$

Από τα τρίγωνα ταχυτήτων στη θέση 2 θα προέκυπταν, κατά σειρά, τα μεγέθη

$$W'_{u2} = V_{r2} \tan \beta'_2 \quad (2)$$

$$V'_{u2} = U_2 + W'_{u2} \quad (3)$$

$$V_{u2} = \sigma V'_{u2} \quad (4)$$

και, από το θεώρημα του Euler και τις ισχύουσες θερμοδυναμικές σχέσεις, τα μεγέθη

$$T_{t2} = T_{t1} + \frac{1}{C_p} U_2 V_{u2} = 288K + \frac{U_2 V_{u2}}{1004,5 \frac{J}{Kg \cdot K}} \quad (5)$$

$$T_2 = T_{t2} - \frac{1}{2C_p} (V_{r2}^2 + V_{u2}^2) = T_{t2} - \frac{(V_{r2}^2 + V_{u2}^2)}{2 \cdot 1004,5 \frac{J}{Kg \cdot K}} \quad (6)$$

$$\rho_2 = \frac{p_2}{R_g T_2} = \frac{21685 Nt/m^2}{287,03 \frac{J}{Kg \cdot K} \cdot T_2} \quad (7)$$

Τέλος, ο τύπος της παροχής μάζας εκφρασμένος στη θέση 2

$$V_{r2} = \frac{\dot{m}}{2\pi R_2 b_2 \rho_2} = \frac{8kg/s}{2 \cdot \pi \cdot 0,25m \cdot 0,034m \cdot \rho_2} \quad (8)$$

ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΤΡΟΒΙΛΟΜΗΧΑΝΕΣ
5ο ΕΞΑΜΗΝΟ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΕΜΠ
ΔΙΔΑΣΚΩΝ: Κ.Χ. ΓΙΑΝΝΑΚΟΓΛΟΥ, Καθηγητής ΕΜΠ
ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ: ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2011

πρέπει να ικανοποιείται, επαληθεύοντας ή ανανεώνοντας (σε περίπτωση ενός επαναληπτικού αλγορίθμου) την υποθετίσα τιμή του V_{r2} . Συνεπώς, υιοθετείται επαναληπτικός αλγόριθμος ο οποίος ξεκινά από την υπόθεση τιμής για το V_{r2} και διατρέχει, με τη σειρά τις προαναφερθείσες εξισώσεις.

Ξεκινώντας με $V_{r2} = 40 \frac{m}{s}$, τα αποτελέσματα των δοκιμών-επαναλήψεων πινακοποιούνται να εξής:

| | Δοκιμή 1 | Δοκιμή 2 | ... | Δοκιμή 5 |
|---------------------------------|----------|----------|-----|----------|
| V_{r2} (m/s) = | 40,00 | 75,07 | | 74,65 |
| σ = | 0,88262 | 0,88178 | | 0,88179 |
| W'_{u2} (m/s) = | -3,499 | -6,57 | | -6,53 |
| V'_{u2} (m/s) = | 428,47 | 425,40 | | 425,44 |
| V_{u2} (m/s) = | 378,18 | 375,11 | | 375,15 |
| T_{t2} (K) = | 450,63 | 449,31 | | 449,32 |
| T_2 (K) = | 378,64 | 376,46 | | 376,50 |
| ρ_2 (kg/m ³) = | 1,9953 | 2,0068 | | 2,0066 |
| V_{r2} (m/s) = | 75,07 | 74,64225 | | 74,65 |

όπου φαίνεται ότι δύο δοκιμές είναι υπεραρκετές για ικανοποιητική ακρίβεια. Άρα, η απόλυτη γωνία α_2 είναι

$$\alpha_2 = \tan^{-1} \left(\frac{V_{u2}}{V_{r2}} \right) = \tan^{-1} \left(\frac{375,15 \text{ m/s}}{74,65 \text{ m/s}} \right) = 78,74^\circ .$$

Τα πιο συνηθισμένα «λάθη» & άλλες παρατηρήσεις:

- Σε εξαιρετικά υψηλό ποσοστό γραπτών, παρασυρόμενοι μάλλον από βοηθήματα ή βοήθειες εκτός μαθήματος, χρησιμοποιείτε τη σχέση $V'_{u2} = U_2 \pm V_{r2} \tan \beta'_2$ (άλλοι με «συν», άλλοι με «πλην»)! Κατά περίπτωση, σε άλλους εφαρμόζεται σωστά και σε άλλους λάθος (ακυρώνοντας πρακτικά την οπισθόκλιση, δηλαδή το πρόσημο της αντίστοιχης γωνίας!). Η γραφή $V'_{u2} = U_2 + V_{r2} \tan \beta'_2$ που έχετε διδαχθεί (ή, ουσιαστικά, οι σχέσεις (2) και (3)) δεν είναι περισσότερο ασφαλής αφού βγάζει «αυτόματα» το πρόσημο;

Λύση Θέματος 2:

Στο εργαστήριο (δείκτης LAB) και το εργοστάσιο (δείκτης IND) ο συμπιεστής λειτουργεί με

$\Psi_{LAB} = \Psi_{IND}$, $\Delta h_{t,LAB} = \Delta h_{t,IND}$ και $N_{LAB} = N_{REF} = \frac{N_{IND}}{\sqrt{\theta}}$, όπου $\sqrt{\theta} = \frac{\sqrt{\gamma_{IND} R_{IND} T_{t1,IND}}}{340 \text{ m/s}}$. Από τον ορισμό

του συντελεστή φόρτισης $\Psi = \frac{\Delta h_t}{U^2}$ και τις παραπάνω ισότητες πρέπει $U_{LAB} = U_{IND}$. Είναι όμως

$U_{LAB} = \frac{U_{IND}}{\sqrt{\theta}}$, άρα πρέπει $\sqrt{\theta} = 1$ ή (αφού $R_{IND} = \frac{\gamma_{IND} - 1}{\gamma_{IND}} C_p = \frac{1,35 - 1}{1,35} \cdot 1210 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} = 313,70 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$)

$$T_{t1,IND} = \frac{(340 \text{ m/s})^2}{\gamma_{IND} R_{IND}} = \frac{(340 \text{ m/s})^2}{1,35 \cdot 313,70 \text{ J/kg} \cdot \text{K}} = 272,96 \text{ K}$$

ΓΕΝΙΚΗ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ: Τα οκτασέλιδα τυπολόγια που επιτρέπεται να έχετε μαζί σας στις εξετάσεις πρέπει να είναι άγραφα. Περιέχουν ότι ακριβώς χρειάζεστε για να λύσετε τα θέματα των εξετάσεων. Δεν υπάρχει λόγος να ρισκάρτε ...