

**Θέματα (& Λύσεις) Εξετάσεων Φεβρουαρίου 2013:**

**ΘΕΜΑ 1 (8 μονάδες)**

Λειτουργώντας σε συνθήκες αναφοράς, ακτινικός συμπιεστής δίνει, στην έξοδο του διαχύτη, 0.6kg/s αέρα (τέλειο αέριο) στους 429K. Στην έξοδο της περωτής, που περιστρέφεται με 766 στροφές/sec και έχει 17 περύγια με καθαρά ακτινική μορφή στην έξοδό τους, η στατική πίεση είναι 1.92bar. Εκεί, η διάμετρος είναι 16.5cm και το εύρος του καναλιού στην αξονική κατεύθυνση είναι ίσο με 1cm. Ποια η ολική πίεση και το τρίγωνο ταχυτήτων (ποσοτικά) στη θέση 2.

**ΘΕΜΑ 2 (2 μονάδες)**

(α) Αξονικός στρόβιλος τροφοδοτείται με καυσαέριο (τέλειο αέριο,  $C_p=1160$  J/kg/K,  $\gamma=1.3$ ) στα 420K και παράγει 75kW με λόγο πίεσης 3. Ποια παροχή μάζας αέρα διακινεί θεωρητικά; Στην πράξη, διακινεί μικρότερη ή μεγαλύτερη παροχή μάζας & γιατί;

(β) Αποδείξτε ότι  $\frac{P}{\dot{m}h_{t1}(\gamma-1)} = \frac{U_2V_{u2}}{\alpha_{t1}^2}$  σε κάθε ακτινικό στρόβιλο όπου η ροή εισέρχεται ακτινικά και

εξέρχεται αξονικά με μηδενική συστροφή. P είναι η παραγόμενη ισχύς και  $\alpha_{t1}$  η ταχύτητα του ήχου στις ολικές συνθήκες εισόδου.

**Λύση Θέματος 1:**

Ο παράγοντας ολίσθησης, η γραμμική ταχύτητα περιστροφής και η διατομή στη θέση 2 είναι

$$\sigma = 1 - \frac{0,63\pi}{n} = 1 - \frac{0,63\pi}{17} = 0,8835$$

$$U_2 = 2\pi N(\text{rev/sec}) \frac{d_2}{2} = 2\pi \cdot 766 \cdot \frac{0,165}{2} = 397,07 \text{ m/sec}$$

$$A_2 = \pi d_2 b_2 = \pi \cdot 0,165 \cdot 0,01 \text{ m}^2 = 0,0051836 \text{ m}^2$$

Στην έξοδο της πτερωτής (θέση 2, όπου  $p_2 = 1,92 \cdot 10^5 \text{ Nt/m}^2$ ) ισχύουν οι σχέσεις:

$$\rho_2 = \frac{p_2}{RT_2} \quad (1)$$

$$V_{r2} = \frac{\dot{m}}{\rho_2 A_2} \quad (2)$$

$$T_2 = T_{t2} - \frac{1}{2C_p} (V_{u2}^2 + V_{r2}^2) \quad (3)$$

όπου  $T_{t2} = 429 \text{ K}$ ,  $C_p = 1004,5 \text{ J/kg/K}$  και  $V_{u2} = \sigma U_2 = 0,8835 \cdot 397,07 = 350,80 \text{ m/sec}$ . Το σύστημα των εξισώσεων (1), (2) και (3), με αγνώστους τα  $V_{r2}, \rho_2, T_2$  μπορεί να λυθεί με δοκιμές (υποθέτουμε μια τιμή του  $T_2$ , η (1) υπολογίζει το  $\rho_2$ , η (2) το  $V_{r2}$  και η (3) ανανεώνει το  $T_2$ ). Με δοκιμές βρίσκονται οι λύσεις  $V_{r2} = 63,28 \text{ m/sec}$ ,  $\rho_2 = 1,828 \text{ kg/m}^3$ ,  $T_2 = 365,7 \text{ K}$ . Εναλλακτικά, μπορεί να αποφευχθεί η χρήση επαναληπτικής μεθόδου, διαμορφώνοντας και λύνοντας μια δευτεροβάθμια εξίσωση ως προς  $V_{r2}$  (της οποίας θα κρατήσουμε τη θετική λύση).

Τότε

$$p_{t2} = p_2 \left( \frac{T_{t2}}{T_2} \right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}} = 1,92 \text{ bar} \left( \frac{429}{365,7} \right)^{1,4} = 3,35 \text{ bar}$$

Για το τρίγωνο ταχυτήτων στη θέση (2) θα είναι

$$\alpha_2 = a \tan \left( \frac{V_{u2}}{V_{r2}} \right) = 79,77^\circ, \quad \beta_2 = a \tan \left( \frac{V_{u2} - U_2}{V_{r2}} \right) = -36,15^\circ$$

**Σχόλια από τη διόρθωση:**

- Τύποι εμβαδού στη διατομή (2) όπως  $A_2 = 2\pi d_2 b_2$ ,  $A_2 = \pi d_2^2$  ή  $A_2 = \pi b_2^2$  καλό είναι να αποφεύγονται! Επίσης εμβαδά όπως λ.χ.  $2,5m^2$  που είδα ελέγχονται ως τραγικά λάθος.
- Έγινε από μεγάλο ποσοστό σπουδαστών η αυθαίρετη υπόθεση ότι λ.χ. η ροή είναι αξονική στην είσοδο ( $\alpha_1=0^\circ$ ). Αυτό και δεν χρειάζεται γιατί δεν μας ενδιαφέρει η θέση (1) και –το πιο σημαντικό– είναι λάθος αφού σας δίνονται οι ολικές θερμοκρασίες πριν και μετά την πτερωτή, άρα το συναλλασσόμενο έργο είναι δεδομένο.
- Είναι κρίμα κάποιος να έχει υπολογίσει την τιμή της  $V_{t2}$  και, αμέσως μετά, για να βρει την ολική πίεση στο (2) να χρησιμοποιήσει σχέση ασυμπίεστου ρευστού (Bernoulli)!

**Λύση Θέματος 2α:**

Θεωρητικά, δηλαδή ισεντροπικά, για λόγο πίεσης  $\pi_T=3$  είναι (1=είσοδος στροβίλου, 2=έξοδος):

$$\frac{T_{t2}}{T_{t1}} = \left(\frac{p_{t2}}{p_{t1}}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} = \left(\frac{1}{\pi_T}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} = \left(\frac{1}{3}\right)^{0,23077} \Rightarrow T_{t2} = 420 \left(\frac{1}{3}\right)^{0,23077} = 325,94K$$

$$\Delta h_t = C_p(T_{t1} - T_{t2}) = 1160(420 - 325,94) = 109109,6 \frac{m^2}{sec^2}$$

και αν  $P=ισχύς=75000W$ , η αντίστοιχη (θεωρητική) παροχή μάζας είναι

$$\dot{m}_{th} = \frac{P}{\Delta h_t} = \frac{75000W}{109109,6m^2/sec^2} = 0,6874 \frac{kg}{sec}$$

Στην πράξη, όταν υπάρχουν απώλειες, το  $T_{t2}$  θα είναι μεγαλύτερο (της ευρεθείσας τιμής), άρα το έργο ανά μονάδα μάζας  $\Delta h_t$  θα είναι μικρότερο και, συνεπώς, θα μεγαλώσει η παροχή μάζας.

**Λύση Θέματος 2β:**

Με  $P = U_2 V_{u2}$  (λόγω καθαρά ακτινικής εισόδου της ροής) και  $a_{t1} = \sqrt{\gamma R T_{t1}}$ , η σχέση αποδεικνύεται άμεσα και εύκολα.

**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 ρισκάρετε ...