

Θέματα (& Λύσεις) Εξετάσεων Σεπτεμβρίου 2014:

ΘΕΜΑ 1

Φυγοκεντρικός συμπιεστής με περυγιοφόρο διαχύτη, που διακινεί 7.95 kg/sec αέρα (τέλειο αέριο) που αναρροφά απευθείας από τον περιβάλλοντα χώρο (1 bar, 288 K), μελετάται μονοδιάστατα. Οι τρεις θέσεις 1-2-3 είναι όπως παγίως αναφέρονται στο μάθημα. Δίνονται η ακτίνα $R_2=32\text{cm}$, το εύρος του καναλιού στην ίδια θέση (μετρούμενο πάνω στο μεσημβρινό επίπεδο) $b_2=2.5\text{cm}$ και οι στροφές της περωτής (11900 rpm). Η περωτή έχει 22 πτερύγια που, στην έξοδό τους, έχουν καθαρά ακτινική μορφή. Ο ισεντροπικός βαθμός απόδοσης ολικών-προς-ολικές συνθήκες του συμπιεστή είναι 0.85. Στο θερμοδυναμικό διάγραμμα S-T, συμβολίζουμε με A το σημείο που έχει την εντροπία της εισόδου και την ολική θερμοκρασία της εξόδου του συμπιεστή. Για το σημείο A θα ισχύει μία από τις δύο επόμενες σχέσεις:

Περίπτωση A	$T_A - T'_{t2} = T'_{t2} - T'_{t3}$
Περίπτωση B	$p_A - p_{t2} = p_{t2} - p_{t3}$

όπου τα τονούμενα (ισεντροπικά) μεγέθη λογίζονται όλα στην εντροπία εισόδου στον συμπιεστή.

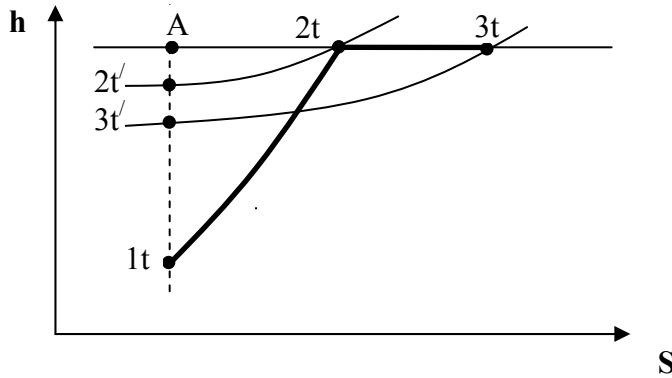
(α) Βρείτε τα στατικά και κινηματικά μεγέθη της ροής στη θέση 2, για την **περίπτωση A**.

(β) Αν εναλλακτικά ίσχυε η **περίπτωση B**, να δειχθεί με ποιόν διαφορετικό τρόπο θα βρίσκατε το p_{t2} .

Να υπολογισθεί η τιμή του p_{t2} .

Λύση Θέματος:

Το θερμοδυναμικό διάγραμμα που απεικονίζει το σημείο Α είναι



Επειδή $\beta_2' = 0$, είναι $V_{u2} = \sigma U_2$ και, μιας και αναρροφά απευθείας από το περιβάλλον ($\alpha_1 = 0$), είναι

$$h_{t2} - h_{t1} = \sigma U_2^2 \quad (1)$$

όπου

$$U_2 = \frac{2\pi N(\text{rpm})}{60} R_2 = \frac{2\pi \cdot 11900}{60} \cdot 0,32 = 398,77 \text{ m/s}$$

$$\sigma = 1 - \frac{0,63\pi}{n} \cdot \frac{1}{1 + \frac{V_{r2}}{U_2} \tan \beta_2'} = 1 - \frac{0,63\pi}{22} = 0,91$$

Με $C_p = 1004,5 \text{ J/kg/K}$ και $T_{t1} = 288 \text{ K}$ υπολογίζεται άμεσα η τιμή

$$T_{t2} = T_{t1} = T_A = 432,05 \text{ K}$$

Ο ισεντροπικός βαθμός απόδοσης ολικών-προς-ολικές συνθήκες του συμπιεστή είναι 0.85, άρα

$$\eta_{is,C} = \frac{T_{t3}' - T_{t1}}{T_{t3} - T_{t1}} = 0,85 \Rightarrow T_{t3}' = 410,44 \text{ K}$$

οπότε

$$p_{t3} = p_{t1} \left(\frac{T'_{t3}}{T'_{t1}} \right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}} = 3,455 \text{ bar}$$

Για την **περίπτωση Α**, είναι

$$T_A - T'_{t2} = T'_{t2} - T'_{t3} \Rightarrow T'_{t2} = 421,24 \text{ K}$$

και

$$p_{t2} = p_{t1} \left(\frac{T'_{t2}}{T'_{t1}} \right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}} = 3,784 \text{ bar}$$

Η διατομή στη θέση 2 είναι $A_2 = 2\pi R_2 b_2 = 2\pi \cdot 0,32 \cdot 0,025 = 0,050265 \text{ m}^2$

Εκεί (βλ. τυπολόγιο, προσαρμόζοντας σωστά τις γωνίες που εμφανίζονται), η εξίσωση της παροχής γράφεται:

$$V_{r2} = \frac{\dot{m}}{A_2} \cdot \frac{p_{t2}}{\rho_{t2}} \cdot \left(1 - \frac{V_{r2}^2 + V_{u2}^2}{2C_p T_{t2}} \right)^{-\frac{1}{\gamma-1}}$$

η οποία έχει μοναδικό άγνωστο το V_{r2} (θυμηθείτε $V_{u2} = \sigma U_2$, άρα υπολογίζεται) και λύνεται επαναληπτικά. Συγκλίνει στην τιμή $V_{r2} = 79,93 \text{ m/s}$.

Είναι πλέον πολύ εύκολο να υπολογισθούν όλα τα μεγέθη στη θέση 2. Λ.χ.

$$W_{u2} = V_{u2} - U_2 = -35,89 \text{ m/s}$$

$$\alpha_2 = \tan^{-1} \left(\frac{V_{u2}}{V_{r2}} \right) = 78,66^\circ$$

$$\beta_2 = \tan^{-1} \left(\frac{W_{u2}}{V_{r2}} \right) = -24,18^\circ$$

$$T_2 = T_{t2} - \frac{1}{2C_p} (V_{r2}^2 + V_{u2}^2) = 349,71 \text{ K}$$

$$p_2 = p_{t2} \left(\frac{T_2}{T_{t2}} \right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}} = 1,805 \text{ bar}$$

Αν, τώρα, είχαμε την **περίπτωση Β**, τότε πρώτα υπολογίζεται η p_A ως

$$p_A = p_{t1} \left(\frac{T_{t3}}{T_{t1}} \right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}} = 4,1351 \text{ bar}$$

και, μετά, από τη σχέση $p_A - p_{t2} = p_{t2} - p_{t3}$, υπολογίζεται η $p_{t2} = 3,795$.

Τα πιο συνηθισμένα λάθη:

- Να χρησιμοποιείται ο ισεντροπικός βαθμός απόδοσης ολικών-προς-ολικές συνθήκες της περωτής αντί του συμπιεστή. Είναι λάθος να παίρνετε τη σχέση $\eta_{is,C} = \frac{T_{t2}' - T_{t1}}{T_{t2} - T_{t1}}$ αντί του ορθού που διαβάσατε παραπάνω.
- Μπορεί να μοιάζει δευτερεύον σε μια τέτοια άσκηση αλλά όταν κάνετε στο κομπιουτεράκι την πράξη εύρεσης του εμβαδού $A_2 = 2\pi R_2 b_2 = 2\pi \cdot 0,32 \cdot 0,025 = 0,050265 \text{ m}^2$, μην πετάτε τα δεκαδικά ψηφία! Μην γράφετε $A_2 = 0,05 \text{ m}^2$. Μιλάμε για τετραγωνικά μέτρα! Τα υπόλοιπα θα τα καταλάβετε μόνοι σας!

Αφού διαβάσετε και καταλάβετε την παραπάνω λύση, σκεφτείτε γιατί η πιο συνηθισμένη ερώτηση από πολλούς κατά τη διάρκεια της εξέτασης («είναι τα Α ολικό ή στατικό σημείο;;») είναι ατυχής.

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 ρισκάρете ...