

Θέματα (& Λύσεις) Εξετάσεων Σεπτεμβρίου 2011:

ΘΕΜΑ 1 (6 μονάδες)

Πραγματοποιούμε μονοδιάστατη ανάλυση ροής σε μια βαθμίδα αξονικού στροβίλου, σε σταθερή ακτίνα, με το εργαζόμενο μέσο να είναι καυσαέριο, θεωρούμενο τέλειο αέριο ($C_p=1156,7 \text{ J/Kg/K}$, $\gamma=1,33$). Στις τρεις χαρακτηριστικές θέσεις που πραγματοποιείται ένας τέτοιος υπολογισμός (1: είσοδος ακροφυσίων, 2: είσοδος κινητής περύγωσης και 3: έξοδος της) η διατομή που διαρρέει το εργαζόμενο μέσο μεταβάλλεται ώστε η τιμή της αξονικής ταχύτητας να διατηρείται σταθερή (στα 110 m/sec). Στη θέση (1) η ταχύτητα εισόδου είναι αξονική και η ολική θερμοκρασία είναι 620 K . Στη θέση (3), η ολική θερμοκρασία είναι 495 K και η απόλυτη γωνία της ροής είναι $+25^\circ$.

Αν ο ισηντροπικός βαθμός απόδοσης της βαθμίδας (ολικές-προς-ολικές συνθήκες) ισούται με $0,90$, υπολογίστε το λόγο διατομών A_3/A_1 .

Σωστές απαντήσεις προϋποθέτουν και σωστά αριθμητικά αποτελέσματα!

ΘΕΜΑ 2 (4 μονάδες)

Σχεδιάζετε ένα φυγοκεντρικό συμπιεστή και είστε στη φάση του να αποφασίσετε αν θα κατασκευάσετε εμπροσθοκλινή ή οπισθοκλινή περύγια (στην έξοδο της περρωτής). Έχετε ήδη αποφασίσει ότι το πλήθος ($=25$) των περυγίων της περρωτής. Η απόφασή σας εξαρτάται από ένα γράφημα με τετμημένη τη γωνία μετάλλου στην έξοδο της περρωτής (θέση 2, σε μοίρες) και τεταγμένη τη γωνία της σχετικής ροής στην ίδια θέση (σε μοίρες). Αυτό σας ζητείται να σχεδιάσετε.

Το γράφημα να σχεδιαστεί έτσι ώστε: (α) ο άξονας των τετμημένων να καλύπτει ένα λογικό εύρος τιμών, συμπεριλαμβανομένης και της εμπροσθόκλισης και της οπισθόκλισης (δική σας απόφαση), (β) να περιέχει δύο καμπύλες, μια για χαμηλή και μια για υψηλή τιμή του λόγου της ακτινικής ταχύτητας στη θέση 2 προς την εκεί γραμμική ταχύτητα περιστροφής (επίσης δική σας απόφαση – να μαρκαριστούν πάνω στο γράφημα), (γ) κάθε καμπύλη να αποτελείται από τρία μόνο σημεία που θα τα ενώσετε με μια καμπύλη (με το χέρι) και (δ) προφανώς, το γράφημα να είναι ευπαρουσίαστο και να σέβεται την κλίμακα στο μέτρο τουλάχιστον ενός σκαριφήματος καλού μηχανικού.

Το γράφημα να συνοδεύεται από τις σχέσεις από τις οποίες προήλθαν τα 6 σημεία του γραφήματος.

Πόσο το γράφημα αυτό επηρεάζεται από το αν το ρευστό στην είσοδο του εισέρχεται με ή χωρίς συστροφή;

Απαντήστε στα ζητούμενα, μην παραθέτετε ασύνδετους ή και άσχετους τύπους τους οποίους, στο κάτω-κάτω, τους αντιγράφετε άκοπα από το τυπολόγιο!

Λύση Θέματος 1:

Η παροχή μάζας εκφράζεται στη θέση k ως

$$\dot{m} = A_k V_{ak} \frac{p_{tk}}{RT_{tk}} \left(1 - \frac{V_k^2}{2C_p T_{tk}} \right)^{\frac{1}{\gamma-1}}$$

και εξισώνοντας τις παροχές μάζας στις θέσεις k=1 και k=3 προκύπτει ότι

$$\frac{p_{t1}}{p_{t3}} = \frac{A_3}{A_1} \cdot \left(\frac{T_{t1}}{T_{t3}} \right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}} \cdot \left(\frac{2C_p T_{t3} - V_3^2}{2C_p T_{t1} - V_1^2} \right)^{\frac{1}{\gamma-1}} \quad (1)$$

Στη θέση (1) η ταχύτητα εισόδου είναι αξονική και η ολική θερμοκρασία είναι 620 K. Στη θέση (3), η ολική θερμοκρασία είναι 495 K και η απόλυτη γωνία της ροής είναι +25°. Άρα, για τη σχέση (1)

γνωρίζουμε ότι $\left(\frac{T_{t1}}{T_{t3}} \right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}} = \left(\frac{620}{495} \right)^4 = 2,461$, ότι $V_1 = V_a = 110 \frac{m}{s}$ και ότι $V_3 = \frac{V_a}{\cos(a_3)} = \frac{110}{\cos(25^\circ)} = 121,37 \frac{m}{s}$.

Συνεπώς, με αριθμητική αντικατάσταση, αυτή γράφεται στη μορφή

$$\frac{p_{t1}}{p_{t3}} = \frac{A_3}{A_1} \cdot 1,23572 \quad (2)$$

Από την άλλη πλευρά, ο ισεντροπικός βαθμός απόδοσης της βαθμίδας (ολικές-προς-ολικές συνθήκες) ισούται με

$$\eta_{\tau-\tau, \Gamma} = \frac{T_{t1} - T_{t3}}{T_{t1} - T_{t3}'} = \frac{125}{620 - T_{t3}'} = 0,90$$

και επειδή $\frac{p_{t1}}{p_{t3}} = \left(\frac{T_{t1}}{T_{t3}'} \right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}}$ προκύπτει ότι $\frac{p_{t1}}{p_{t3}} = 2,758$.

Άρα, από τη (2), $\frac{A_3}{A_1} = \frac{2,758}{1,23572} = 2,2318$.

Λύση Θέματος 2:

Έστω ότι επιλέγεται μια χαμηλή $x = \frac{V_{r2}}{U_2} = 0,10$ και μια για υψηλή $x = \frac{V_{r2}}{U_2} = 0,50$ τιμή του λόγου της ακτινικής ταχύτητας στη θέση 2 προς την εκεί γραμμική ταχύτητα περιστροφής. Ότι γίνει στη συνέχεια πρέπει να επαναληφθεί δύο φορές, για τις δύο παραπάνω τιμές του x . Επιλέγεται επίσης εύρος κλίσης του πτερυγίου στη θέση (2), από -10° ως $+10^\circ$, με την πρώτη τιμή λ.χ. να αντιστοιχεί στην πιο μεγάλη οπισθόκλιση και τη δεύτερη στην πιο μεγάλη εμπροσθόκλιση που θα μπορούσε να μας ενδιαφέρει εδώ.

Η σχέση του Stanitz για τον υπολογισμό της τιμής του παράγοντα ολίσθησης

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

στην περίπτωσή μας γράφεται

$$\sigma = 1 - \frac{0,63\pi}{25} \cdot \frac{1}{1 + x \cdot \tan \beta'_2} \quad (1)$$

Είναι, εξ ορισμού,

$$V_{u2} = \sigma V'_{u2} = \sigma \cdot (U_2 + V_{r2} \tan \beta'_2) \Rightarrow \sigma = \frac{V_{u2}}{U_2 + V_{r2} \tan \beta'_2} \Rightarrow \sigma = \frac{U_2 + V_{r2} \tan \beta_2}{U_2 + V_{r2} \tan \beta'_2}$$

ή

$$\sigma = \frac{1 + x \tan \beta_2}{1 + x \tan \beta'_2} \quad (2)$$

Απαλείφοντας το σ μεταξύ των σχέσεων (1) και (2), προκύπτει η σχέση

$$\frac{1 + x \tan \beta_2}{1 + x \tan \beta'_2} = 1 - \frac{0,63\pi}{25} \cdot \frac{1}{1 + x \cdot \tan \beta'_2} \quad (3)$$

Από τη σχέση (3) μπορώ, δίνοντας τιμές στο x (βλ. ανωτέρω), να σχεδιάσω το ζητούμενο διάγραμμα $\beta'_2 = f(\beta_2)$. Μπορείτε να το συνεχίσετε μόνοι σας, πλέον,

Η απάντηση στο αν επηρεάζει ή όχι η συστροφή στην είσοδο φαίνεται από τους τύπους που χρησιμοποιήθηκαν παραπάνω!

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 ...