

Θέματα (& Λύσεις) Εξετάσεων Σεπτεμβρίου 2013:

ΘΕΜΑ 1 (5 μονάδες)

Μελετάται η πτερωτή φυγοκεντρικού συμπιεστή. Στο θέμα αυτό, η είσοδος της συμβολίζεται με 1 και η έξοδος της με 2. Τα πτερύγια της έχουν απλή-φθηνή κατασκευή όντας «επίπεδα φύλλα» που κείνται στο μεσημβρινό επίπεδο (σε επίπεδο δηλαδή που εμπεριέχει τον άξονα της μηχανής). Η ροή ακολουθεί πιστά τη μορφή των πτερυγίων (άρα και τις γωνίες μετάλλου) και τα κελύφη ποδός και κεφαλής έχουν διαμορφωθεί έτσι ώστε οι σχετικές ταχύτητες στις θέσεις 1 και 2 αφενός να κείνται πάνω στο μεσημβρινό επίπεδο και αφετέρου να έχουν ίσο μέτρο. Σε μια τέτοια πτερωτή, τι ποσοστό της ισχύος που μεταφέρεται από τον άξονα στο ρευστό μετατρέπεται σε αύξηση της κινητικής ενέργειας του ρευστού (αναφερόμαστε σε κινητική ενέργεια της απόλυτης ροής);

ΘΕΜΑ 2 (0.5+2.5+2 μονάδες)

(2.1) Σε συμπιεστή μικτής ροής, η μονοδιάστατη ανάλυση γίνεται σε μια γραμμή, χαραγμένη στο μεσημβρινό επίπεδο, και περιλαμβάνει την είσοδο της κινητής πτερύγωσης (θέση 1), την έξοδο της (θέση 2), την είσοδο της σταθερής πτερύγωσης (θέση 3) και την έξοδο της (θέση 4). Είναι $R_1 < R_2 < R_3 < R_4$. Αν $V_{u2} = +37 \text{ m/s}$, δώστε μια πιθανή τιμή της V_{u3} . Βαθμολογούνται μόνο δικαιολογημένες απαντήσεις.

(2.2) Στον ίδιο συμπιεστή, στην είσοδο της σταθερής πτερύγωσης (θέση 3) είναι γνωστά τα γεωμετρικά δεδομένα (ακτίνα θέσης 1Δ υπολογισμού) $R_3 = 0.35 \text{ m}$ και (εύρος καναλιού:) $b_3 = 0.13 \text{ m}$. Η διακινούμενη παροχή αέρα (τέλειο αέριο) είναι 30 kg/s . Στη θέση 3, η περιφερειακή συνιστώσα της απόλυτης ροής είναι ίση με 160 m/s και οι εκεί ολικές συνθήκες ροής είναι 2 bar και 350 K . Υπολογίστε τη μεσημβρινή συνιστώσα της ταχύτητας V_m στη θέση 3.

(2.3) Σε επαναληπτική βαθμίδα αξονικού στροβίλου (V_u, U σταθερά), όπου η ροή εισέρχεται αξονικά, ο λόγος ταχυτήτων μετά-προς-πριν τη σταθερή πτερύγωση μπορεί να εκφραστεί συναρτήσει μόνο των Φ και Ψ . Να παραχθεί η αντίστοιχη σχέση και να σχολιασθεί, με βάση αυτήν, το αν η ροή στη σταθερή πτερύγωση ταιριάζει με επιβράδυνση ή επιτάχυνση της ροής.

Λύση Θέματος 1:

Εξ ορισμού,

$$h_{t2} - h_{t1} = h_2 - h_1 + \frac{V_2^2}{2} - \frac{V_1^2}{2} = h_2 - h_1 + \text{AKE} \quad (1)$$

όπου $\text{AKE} = \frac{V_2^2}{2} - \frac{V_1^2}{2}$ είναι αύξηση της κινητικής ενέργειας της απόλυτης ροής.

Διατυπώνεται το θεώρημα του Euler στη μορφή διατήρησης της σχετικής ολικής ενθαλπίας, ως

$$h_{tR2} = h_{tR1} \Rightarrow h_2 + \frac{W_2^2}{2} - \frac{U_2^2}{2} = h_1 + \frac{W_1^2}{2} - \frac{U_1^2}{2} \Rightarrow h_2 - h_1 = \frac{U_2^2}{2} - \frac{U_1^2}{2} \quad (2)$$

αφού $W_1 = W_2$.

Στις θέσεις 1 και 2, τα τρίγωνα ταχυτήτων είναι ορθογώνια με υποτεινόμενες τις απόλυτες ταχύτητες κάθε θέσης. Άρα, $V_{u1} = U_1$ και $V_{u2} = U_2$. Τότε, το θεώρημα του Euler, διατυπωμένο μεταξύ των θέσεων 1 και 2, δίνει ότι

$$h_{t2} - h_{t1} = U_2 V_{u2} - U_1 V_{u1} = U_2^2 - U_1^2 \quad (3)$$

Η (2), λόγω της (3) δίνει ότι $h_2 - h_1 = \frac{h_{t2} - h_{t1}}{2}$. Ως εκ τούτου, από την (1), $\text{AKE} = \frac{h_{t2} - h_{t1}}{2}$. Άρα, το 50% της ισχύος που μεταφέρεται από τον άξονα στο ρευστό μετατρέπεται σε αύξηση της κινητικής ενέργειας του ρευστού.

(Παρατήρηση: λύνεται και συντομότερα...)

Λύση Θέματος 2:

(2.1) Μεταξύ των θέσεων 2 και 3, όπου δεν υπάρχουν πτερύγια, ισχύει ότι $R_2 V_{u2} = R_3 V_{u3}$. Είναι $R_2 < R_3$, άρα $V_{u2} > V_{u3}$. Επομένως, η V_{u3} θα είναι θετική και μικρότερη σε μέτρο της V_{u2} . Το πόσο μικρότερη εξαρτάται από το λόγο των αντίστοιχων ακτίνων.

(Παρατήρηση: πολλοί σπουδαστές προσπάθησαν να χρησιμοποιήσουν σχέσεις διατήρησης παροχής μάζας για το V_u !!! Το V_u δεν συνδέεται με την παροχή!!! Αυτό είναι βασική γνώση!!!)

(2.2) Στη θέση 3, η διατήρηση της παροχής μάζας, μαζί με τις σχέσεις που συνδέουν τα θερμοδυναμικά και κινηματικά μεγέθη, δίνουν το επόμενο σύστημα 4 εξισώσεων

$$\dot{m} = 2\pi R_3 b_3 V_{m3} \rho_3$$

$$V_{m3}^2 + V_{u3}^2 = 2C_p (T_{t3} - T_3)$$

$$p_3 = R \rho_3 T_3$$

$$\frac{p_3}{p_{t3}} = \left(\frac{T_3}{T_{t3}} \right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}}$$

με αγνώστους τα p_3 , ρ_3 , T_3 και V_{m3} . Το σύστημα λύνεται επαναληπτικά υποθέτοντας μια αρχική τιμή για τη στατική πυκνότητα στη θέση 3. Οι πράξεις δικές σας....

(Παρατήρηση: Μην γράφετε V_a ή V_r !!! Το λέει καθαρά: είναι μικτής ροής!!!)

(2.3) Από το τυπολόγιο, διαιρώντας κατά μέλη τις σχέσεις που δίνουν τους λόγους V_2/U και V_1/U , προκύπτει ότι

$$\left(\frac{V_2}{V_1} \right)^2 = \frac{\Phi^2 + \left(1 - r + \frac{\Psi}{2}\right)^2}{\Phi^2 + \left(1 - r - \frac{\Psi}{2}\right)^2}$$

Η ροή εισέρχεται αξονικά, είναι δηλαδή $\alpha_1=0^\circ$, άρα $r = 1 - \frac{\Psi}{2}$ και η παραπάνω σχέση γίνεται

$$\left(\frac{V_2}{V_1} \right)^2 = \frac{\Phi^2 + \Psi^2}{\Phi^2}$$

που εκφράζει επιτάχυνση της απόλυτης ροής μιας και ο αριθμητής είναι πάντα μεγαλύτερος του παρονομαστή.

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 ...