

Ασκήσεις ενότητας:
«Σχεδίαση Πτερυγίων 1»

1. **Αδιάστατοι συντελεστές a και a' :** Να αποδειχτεί ότι στο όριο Betz: $a=1/3$, $a'=0$.
2. **Αδιάστατοι συντελεστές a και a' :** Να αποδειχτεί ότι $\xi=1-2a$, $C_T = 1-\xi^2 = 4a(1-a)$ και $C_p = (1+\xi)(1-\xi^2) = 4a(1-a)^2$
3. Έστω ανεμογεννήτρια κατακόρυφου άξονα ($-z-$), τα πτερύγια της οποίας περιστρέφονται με τη φορά των δεικτών του ρολογιού. Να αποδείξετε ότι στο σύστημα αναφοράς των πτερυγίων (στο οποίο η αεροτομή είναι παράλληλη με τον άξονα $-x-$), η σχετική ταχύτητα του ανέμου W δίδεται από τη σχέση:

$$W = \sqrt{(V \cos \omega t - \omega R)^2 + V^2 \sin^2 \omega t}$$

Ποια σχέση ισχύει για τη γωνία προσβολής α ; Δίδονται: V = ταχύτητα ανέμου, R = ακτινική απόσταση πτερυγίου από τον άξονα περιστροφής, ω =γωνιακή ταχύτητα περιστροφής του πτερυγίου. Να θεωρήσετε ότι για τη χρονική στιγμή $t=0$ η V είναι παράλληλη με τον άξονα $-x-$ και έχει θετική φορά.

4. Στην προηγούμενη άσκηση να αποδειχθεί ότι:

$$W = V \sqrt{(\cos \omega t - \lambda)^2 + \sin^2 \omega t} = V \sqrt{1 + \lambda^2 - 2\lambda \cos \omega t}$$

και

$$\alpha = \arctan \frac{\sin \omega t}{\cos \omega t - \lambda}$$

όπου $\lambda = (\omega R)/V$, ο λόγος ταχύτητας ακροπτερυγίου.

5. Στην προηγούμενη άσκηση να βρεθούν:

α) Η τιμή του ω ώστε $\alpha=0$ τη χρονική στιγμή t_1 .

β) Η τιμή του λ ώστε $W=V$ τη χρονική στιγμή t_1 . Ποια είναι τότε η τιμή της α ;

γ) Η τιμή του λ ώστε $W=0$ τη χρονική στιγμή t_1 .

δ) Σε ποια χρονική στιγμή t εμφανίζεται ακρότατα η W . Ποια είναι τότε η τιμή της α ;

6. Να σχεδιαστεί η φαινόμενη ταχύτητα, οι συνιστώσες της και οι ασκούμενες δυνάμεις σε στοιχείο πτέρυγας αιολικής μηχανής οριζόντιου άξονα το οποίο έχει χορδή c , εκπέτασμα dr , και βρίσκεται σε απόσταση r από τον άξονα περιστροφής του ρότορα. Να διατυπωθούν σχέσεις για την κινούσα δύναμη, dF_D και την ώθηση του ανέμου, dT στο στοιχείο αυτό.

7. Να υπολογιστεί η διόρθωση οπισθέλκουσας στην ισχύ ανεμογεννήτριας όταν:

$$\alpha) \frac{C_L}{C_D}(r) = \left[\frac{C_L}{C_D} \right]_{\max} \frac{r}{R} \quad \beta) \frac{C_L}{C_D}(r) = \left[\frac{C_L}{C_D} \right]_{\max} \frac{r^2}{R^2}$$

8. Να αποδειχτεί ότι για αιολική μηχανή οριζόντιου άξονα με βέλτιστο προφίλ πτερυγίου κατά Betz η παράγωγος

$$\frac{dF_{\kappa\iota\nu}}{dr}$$

είναι σταθερή, ανεξάρτητη της ακτινικής θέσης r είτε $C_D=0$ είτε $C_D \neq 0$, $C_D/C_L=ct$. Πόση είναι η συνολική κινούσα δύναμη $F_{\kappa\iota\nu}$ που ασκείται στην πτέρυγα σε κάθε περίπτωση; Σχολιάστε τη φυσική σημασία του αποτελέσματος.

9. Να υπολογιστεί η ροπή M ανεμογεννήτριας στο όριο Betz. Να βρεθεί η διόρθωση οπισθέλκουσας για τη στοιχειώδη ροπή dM και τη συνολική ροπή M για $C_D/C_L=ct$ σε όλο το μήκος της πτέρυγας.

10. Να σχεδιάσετε την καμπύλη ηλεκτρικής ισχύος ($P_{\eta\lambda}$) τυπικής ανεμογεννήτριας συναρτήσει της ταχύτητας του ανέμου (V). Στο διάγραμμα να φαίνονται οι θέσεις των ταχυτήτων εισόδου, εξόδου, της ονομαστικής ταχύτητας και ονομαστικής ισχύος. Σχολιάστε τη σημασία τους. Να διατυπωθεί η σχέση που συνδέει την ονομαστική ισχύ (P_R) με την ταχύτητα ανέμου και τα χαρακτηριστικά της μηχανής.

10. Να σχεδιάσετε την καμπύλη ηλεκτρικής ισχύος ($P_{ηλ}$) τυπικής ανεμογεννήτριας συναρτήσει της ταχύτητας του ανέμου (V). Στο διάγραμμα να φαίνονται οι θέσεις των ταχυτήτων εισόδου, εξόδου, της ονομαστικής ταχύτητας και ονομαστικής ισχύος. Σχολιάστε τη σημασία τους. Να διατυπωθεί η σχέση που συνδέει την ονομαστική ισχύ (P_R) με την ταχύτητα ανέμου και τα χαρακτηριστικά της μηχανής.