

1. Για ένα εμβολοφόρο κινητήρα με ακτίνα στροφάλου $r=35\text{mm}$, σε ονομαστικές στροφές $N=6000\text{rpm}$ και λόγο ακτίνας στροφάλου / μήκος διωστήρα $= 0.28$, να υπολογίσετε, για γωνία στροφάλου $\alpha=30^\circ$ μετά το ΑΝΣ, τη στιγμιαία ταχύτητα εμβόλου και τη στιγμιαία επιτάχυνση εμβόλου.
Επίσης, να υπολογίσετε για το συγκεκριμένο σημείο λειτουργίας, τη μέση και τη μέγιστη, καθώς και την ελάχιστη ταχύτητα του εμβόλου.
Τέλος, με κατάλληλες παραδοχές, να εκτιμήσετε τη μέγιστη ισχύ ανα κύλινδρο στις συγκεκριμένες στροφές για κινητήρα diesel DI και για βενζινοκινητήρα, φυσικής αναπνοής πάντα.

2. Για ένα δίχρονο, εξακύλινδρο κινητήρα diesel με απ' ευθείας έγχυση, να υπολογίσετε τη διάμετρο των οπών του εγχυτήρα 6 οπών, με βάση τα παρακάτω δεδομένα:

$P_e=1000\text{ kW}$, $b_e=210\text{g/kWh}$, $\alpha_E=20^\circ\text{KW}$ (γωνία έγχυσης) στο πλήρες φορτίο
 $p_v= 50\text{ bar}$ (πίεση στον κύλινδρο), $p_E=500\text{ bar}$ (πίεση έγχυσης), $\rho=825\text{kg/m}^3$
(καύσιμο diesel κίνησης), $c_d=0.5$ συντελεστής εκροής οπής

Να χρησιμοποιήσετε, αφού πρώτα αποδείξετε, την παρακάτω σχέση:

$$\dot{m} = c_d A \sqrt{2\rho(p_E - p_v)}$$

Όπου A η συνολική διατομή ροής του εγχόμενου καυσίμου.

3. Για ένα κινητήρα diesel φυσικής αναπνοής, με 2 βαλβίδες ανα κύλινδρο, να υπολογίσετε:
- τη στιγμιαία παροχή μάζας καυσαερίου μέσα από την εντελώς ανοιχτή βαλβίδα εξαγωγής, διαστάσεων $\varnothing 30\text{ mm}$ (εσωτερική) x 10mm (άνοιγμα), όταν η πίεση στον κύλινδρο είναι $p=8\text{ bar}$, η μέση θερμοκρασία των αερίων $T=1000\text{ K}$ και η μέση πίεση στην πολλαπλή εξαγωγής $p=1.2\text{ bar}$.
 - τη στιγμιαία παροχή μάζας αέρα μέσα από την εντελώς ανοιχτή βαλβίδα εισαγωγής, διαστάσεων $\varnothing 35\text{ mm}$ (εσωτερική) x 10mm (άνοιγμα), όταν η πίεση στον κύλινδρο είναι $p=0.5\text{ bar}$, η μέση θερμοκρασία των αερίων $T=400\text{ K}$ και η μέση πίεση στην πολλαπλή εισαγωγής $p=0.9\text{ bar}$.

Να χρησιμοποιήσετε κατάλληλες κατά περίπτωση σχέσεις των συμπιεστών ρευστών, (βλ. Ενότητα 4 – προϋπολογισμός κύκλου):

$$\dot{m} = c_d A p_1 \sqrt{\left\{ \left(\frac{2k}{k-1} \right) \frac{1}{RT_1} \left[\left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{2/k} - \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{(k+1)/k} \right] \right\}} \quad (\text{υποχητική ροή})$$

$$\dot{m} = c_d A p_1 \sqrt{\left[\frac{k}{RT} \left(\frac{2}{k+1} \right)^{(k+1)/(k-1)} \right]} \quad (\text{ηχητική ροή})$$

ΛΥΣΕΙΣ

1. Η μέση ταχύτητα εμβόλου δίνεται από την σχέση (2.9)

$$\bar{S}_p = 2LN = 2 \cdot 2 \cdot 0.035 \cdot \frac{6000}{60} = 14\text{m/s}. \text{ Εφαρμόζοντας την σχέση (2.11)}$$

$$\frac{S_p}{S_p} = \frac{\pi}{2} \sin\theta \left[1 + \frac{\cos\theta}{(R^2 - \sin^2\theta)^{1/2}} \right]$$

ή εναλλακτικά με προσεγγιστική σχέση (πρώτος όρος σειράς)

$$S_p = \omega \cdot r (\sin\alpha + \frac{\lambda}{2} \sin 2\alpha) = 2\pi \cdot \frac{6000}{60} \cdot 0.035 \cdot (\sin 30^\circ + \frac{0.28}{2} \sin 60^\circ) = 13.66 m/s$$

Η επιτάχυνση προκύπτει από παραγώγιση της (2.11) ή εναλλακτικά από παραγώγιση της ως άνω προσεγγιστικής σχέσης:

$$\alpha = \omega^2 \cdot r \cdot (\cos\alpha + \lambda \cos 2\alpha) = \left(2\pi \cdot \frac{6000}{60} \right)^2 \cdot 0.035 \cdot (\cos 30^\circ + 0.28 \cos 60^\circ) = 13900 m/s^2$$

$$S_{p,max} = 25.07 m/s \text{ για γωνία στροφάλου } \alpha=90^\circ, S_{p,min} = 0 m/s \text{ για γωνία στροφάλου } \alpha=0^\circ \text{ ή } 180^\circ$$

Η μέγιστη ισχύς ανά κύλινδρο προκύπτει από την σχέση (2.39), με κατάλληλες παραδοχές όσον αφορά την σχέση διαμέτρου διαδρομής, τον λόγο αέρα στο πλήρες φορτίο, τις ονομαστικές στροφές, τον θερμικό βαθμό απόδοσης και τον βαθμό πλήρωσης.

2. Ο τύπος προκύπτει από εφαρμογή της σχέσης του Bernoulli.

Ακολουθώντας τον εφαρμόζουμε για ένα κύλινδρο

$$\dot{m} = \frac{b_e \cdot P_e \cdot 360^\circ}{n_R \cdot n_c \cdot a_E}$$

όπου n_c ο αριθμός των κυλίνδρων και $n_R = 1$ για δίχρονους και 0.5 για τετράχρονους κινητήρες

$$\dot{m} = \frac{210 g/kWh \cdot 1000 kW \cdot 360^\circ}{1 \cdot 6 \cdot 20^\circ} = 630000 g/h = 0.175 kg/s$$

$$\dot{m} = C_d A \sqrt{2\rho(p_E - p_V)} \Rightarrow$$

$$A = \frac{\dot{m}}{C_d \sqrt{2\rho(p_E - p_V)}} = \frac{0.175 kg/s}{0.5 \sqrt{2 \cdot 825 kg/m^3 \cdot (500 - 50) \cdot 10^5 Pa}} = 0.000001284 m^2$$

$$A_{οπής} = \frac{A}{6} = 0.214 mm^2 = \frac{\pi D_{οπής}^2}{4} \Rightarrow$$

$$D_{οπής} = \sqrt{\frac{4A_{οπής}}{\pi}} = 0.52 mm$$

3. Για την βαλβίδα εξαγωγής έχουμε

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{1.2}{8} = 0.15 < 0.523 \text{ ηχητική ροή}$$

$$\dot{m} = 0.4 \cdot \pi \cdot 0.03 \cdot 0.01 \cdot 8 \cdot 10^5 \sqrt{\frac{1.4}{287 \cdot 1000} \left[\frac{2}{1.4+1} \right]^{\frac{1.4+1}{1.4-1}}} = 0.385 kg/s$$

Για την βαλβίδα εισαγωγής έχουμε

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{0.5}{0.9} = 0.555 > 0.523 \text{ υποηχητική ροή}$$

$$\dot{m} = 0.4 \cdot \pi \cdot 0.035 \cdot 0.01 \cdot 0.9 \cdot 10^5 \sqrt{\left[\left(\frac{2 \cdot 1.4}{1.4-1} \right) \frac{1}{287 \cdot 300} \left[\left(\frac{0.5}{0.9} \right)^{\frac{2}{1.4}} - \left(\frac{0.5}{0.9} \right)^{\frac{1.4+1}{1.4}} \right] \right]} = 0.092 kg/s$$