



Εξέταση στις Υδροδυναμικές Μηχανές

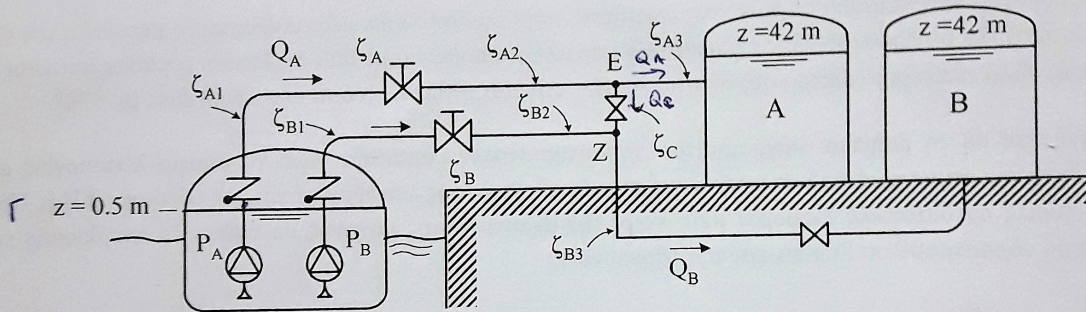
Όνοματεπώνυμο: \_\_\_\_\_

Υπογραφή: \_\_\_\_\_

ΘΕΜΑ 1<sup>ο</sup>

Σε πλοίο μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου (Liquefied Natural Gas, LNG) χρησιμοποιούνται δύο ταυτόσημες αντλίες  $P_A$  και  $P_B$ , που εκφορτώνουν το υγρό σε δύο επίγειες δεξαμενές A και B, όπως φαίνεται στο σχήμα. Κάθε αντλία τροφοδοτεί την αντίστοιχη δεξαμενή μέσω ξεχωριστής σωληνώσεως, με τις δύο σωληνώσεις να είναι ταυτόσημες. Υπάρχει όμως δυνατότητα τροφοδοσίας και των δύο δεξαμενών από οποιαδήποτε αντλία, μέσω του συνδετήριου κλάδου EZ. Η πίεση σε όλες τις δεξαμενές είναι ίση με 1 bar και η ελεύθερη στάθμη τους θεωρείται σταθερή. Οι χαρακτηριστικές καμπύλες ( $Q, H, \eta$ ) των δύο αντλιών για λειτουργία στις 1500 rpm είναι:

Q (m <sup>3</sup> /h)	0	400	800	1200	1600
H (mΣΥ)	162	160	155	150	140
$\eta$ (%)	0	56	78	80	67



Δίνονται οι συντελεστές των συνολικών υδραυλικών απωλειών (γραμμικών και εντοπισμένων) στα επιμέρους τμήματα των σωληνώσεων (εκτός των βανών):  $\zeta_{A1} = \zeta_{B1} = 1 \times 10^{-5}$ ,  $\zeta_{A2} = \zeta_{B2} = 2 \times 10^{-5}$ ,  $\zeta_{A3} = \zeta_{B3} = 1.5 \times 10^{-5}$  και  $\zeta_C = 2 \times 10^{-5}$ , όπου  $\delta h_f = \zeta \cdot Q^2$ ,  $\delta h_f$  σε mLNG, Q σε m<sup>3</sup>/h. Η πυκνότητα του LNG είναι:  $\rho = 480 \text{ kg/m}^3$  και η πίεση των ατμών του στη θερμοκρασία  $-164 \text{ }^\circ\text{C}$  που διατηρείται είναι:  $P_s = 0.8 \text{ bar}$ . Επιτάχυνση της βαρύτητας,  $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ .

Ζητούνται:

- Η τιμή του συντελεστή απωλειών των βανών  $\zeta_A$  και  $\zeta_B$ , ώστε οι αντλίες να λειτουργούν ταυτόχρονα, στο κανονικό σημείο λειτουργίας τους, καθώς και η ισχύς λειτουργίας τους (κλάδος EZ κλειστός).
- Για την τιμή του συντελεστή απωλειών των βανών του προηγούμενου ερωτήματος, να υπολογισθεί η παροχή προς κάθε δεξαμενή, εάν λειτουργεί μία από τις δύο αντλίες, με ανοικτό τον συνδετήριο κλάδο EZ. Αν δεν έχετε απαντήσει στο ερώτημα (α), θεωρήστε ότι:  $\zeta_A = \zeta_B = 3 \times 10^{-5}$ .
- Ποια εκ των παραπάνω περιπτώσεων (α) και (β) είναι δυσμενέστερη για εμφάνιση σπηλαιώσης και γιατί; Με χρήση στατιστικών στοιχείων, να βρεθεί η ανώτατη στάθμη τοποθέτησης των αντλιών, ώστε να λειτουργούν με ασφάλεια ως προς σπηλαιώση στη δυσμενέστερη περίπτωση. Θεωρήστε ότι η τιμή της παραμέτρου σπηλαιώσης είναι η μισή από την αντίστοιχη στατιστική τιμή για διακίνηση νερού.
- Με χρήση στατιστικών στοιχείων, να εκτιμηθεί η διάμετρος και το πλάτος εξόδου της περωτής της αντλίας και να σχεδιασθεί υπό κλίμακα το πραγματικό τρίγωνο ταχυτήτων εξόδου της, γνωρίζοντας ότι τη γωνία εξόδου των περυνγίων,  $\beta_2 = 60^\circ$  και την προβολή του πάχους τους στην επιφάνεια εξόδου,  $s_2 = 5 \text{ mm}$ . Θεωρήστε ότι η αντλία έχει την ίδια συμπεριφορά (χαρακτηριστικές, βαθμοί απόδοσης κλπ.) για διακινούμενο υγρό το νερό.



- ε) Αν υπάρχει δυνατότητα μεταβολής στροφών των αντλιών, σε ποιες στροφές θα λειτουργούν όπως στο ερώτημα (α), αλλά στο κανονικό τους σημείο, εάν οι βάνες τους είναι πλήρως ανοικτές ( $\zeta_A = \zeta_B = 0$ );
- στ) Η αντλία  $P_A$  αντικαθίσταται με μια μικρότερη, γεωμετρικά όμοια αντλία, έστω  $P_C$ , η οποία επιλέγεται έτσι ώστε, όταν λειτουργεί μαζί με την  $P_B$  και τροφοδοτείται μόνο η δεξαμενή Α (κλάδος ΖΒ κλειστός, κλάδος ΕΖ ανοικτός και  $\zeta_A = \zeta_B = 0$ ), να λειτουργεί στο κανονικό της σημείο και, επιπλέον, οι παροχές των δύο αντλιών να είναι ίσες. Να βρείτε σημείο λειτουργίας της αντλίας Β, καθώς και το ΚΣΛ, τον γεωμετρικό λόγο ομοιότητας και την ταχύτητα περιστροφής της νέας αντλίας  $P_C$ .

## ΘΕΜΑ 2°

- α) Ένας υδροστρόβιλος Francis έχει σημείο σχεδιασμού:  $H = 400 \text{ m}$  και  $Q = 45 \text{ m}^3/\text{s}$ , για λειτουργία σε ηλεκτρικό δίκτυο συχνότητας 50 Hz. Ζητούνται:
- Να βρεθεί η ταχύτητα περιστροφής και ο αριθμός ζευγών πόλων της γεννήτριας, και να εκτιμηθεί η διάμετρος εξόδου του δρομέα του, με χρήση στατιστικών στοιχείων.
  - Να σχεδιαστεί υπό κλίμακα το τρίγωνο ταχυτήτων στην έξοδο του δρομέα, καθώς και η μεταβολή του (στο ίδιο σχήμα), αν ο υδροστρόβιλος εγκατασταθεί σε άλλη τοποθεσία, με ίδια διαθέσιμη υδραυλική πτώση και παροχή, αλλά ηλεκτρικό δίκτυο συχνότητας 60 Hz. Δίνεται η γωνία εξόδου των πτερυγίων,  $\beta_2 = 30^\circ$ .
- β) Να εξηγήσετε με τη βοήθεια διαγραμμάτων χαρακτηριστικών καμπυλών γιατί το σημείο λειτουργίας μιας αντλίας διαφέρει σημαντικά από το αντίστοιχο σημείο αντίστροφης λειτουργίας της, ως υδροστρόβιλου. Ποιες είναι οι κύριες σχεδιαστικές διαφορές μιας περωτής αναστρέψιμης μηχανής σε σχέση με τον δρομέα ενός αντίστοιχου υδροστροβίλου Francis και πώς εξηγούνται;

## ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ – ΟΡΟΙ ΕΞΕΤΑΣΗΣ

- Στο τέλος της εξέτασης το γραπτό σας θα μονογράφεται και θα παραλαμβάνεται από τους επιτηρητές στη θέση εργασίας σας και όχι στην έδρα.
- Η εκφώνηση των θεμάτων και το τυπολόγιο παραδίδονται μαζί με το γραπτό, με συμπληρωμένο το ονοματεπώνυμο και την υπογραφή σας.
- Το όνομά σας πρέπει να αναγράφεται σε κάθε φύλλο που υπάρχει στην επιφάνεια εργασίας σας.
- Δεν επιτρέπεται η χρήση βιβλίων ή σημειώσεων.
- Δεν επιτρέπεται η εμφάνιση κινητού τηλεφώνου στην επιφάνεια εργασίας σας.
- Δεν επιτρέπεται οποιασδήποτε μορφής βοήθεια ή συνεργασία με συνεξεταζόμενους ή άλλα πρόσωπα.
- Πρέπει να έχετε μαζί σας επίσημο έγγραφο επιβεβαίωσης της ταυτότητάς σας.
- Έναρξη αποχώρησης μετά την ολοκλήρωση της πρώτης ώρας εξέτασης.