



ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ
ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΡΕΥΣΤΩΝ &
ΥΔΡΟΔΥΝΑΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ

Τμήμα
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

Σχολή Τεχνολογικών
Εφαρμογών

ΤΕΙ ΑΘΗΝΑΣ

Εργαστηριακές
Ασκήσεις
Υδροδυναμικών
Μηχανών

Άσκηση 5η

**ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΗ
ΚΑΜΠΥΛΗ ΚΑΙ
ΚΑΜΠΥΛΗ
ΒΑΘΜΟΥ
ΑΠΟΔΟΣΗΣ
ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑ**

&

**ΚΑΜΠΥΛΗ
ΑΠΩΛΕΙΩΝ
ΑΕΡΑΓΩΓΟΥ**

ΑΘΗΝΑ Νοέμβριος 2011

Γενικά – Σκοπός της άσκησης:

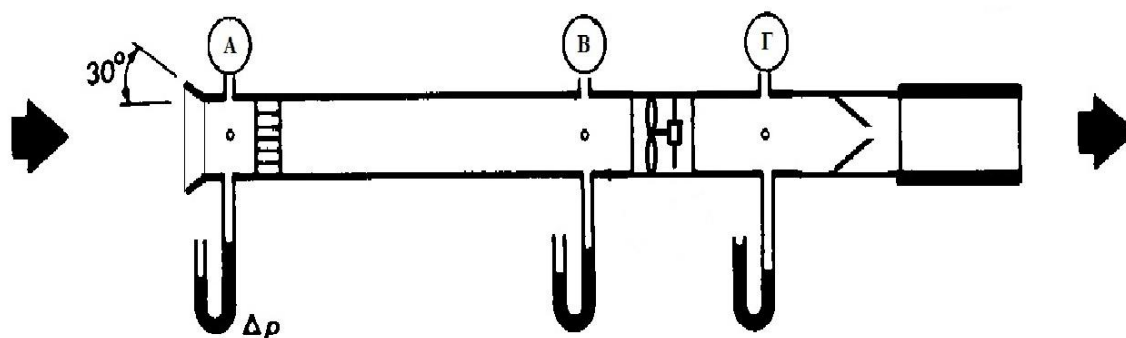
Ενώ ο όρος «αντλία» χρησιμοποιείται κυρίως στα υγρά, για τα αέρια οι αντίστοιχες μηχανές, οι αντλίες αερίων δηλαδή, έχουν διάφορα ονόματα ανάλογα με τα χαρακτηριστικά τους. Έτσι, έχουμε τους ανεμιστήρες, τους φουσητήρες και τους αεροσυμπιεστές.

Οι ανεμιστήρες χαρακτηρίζονται από μικρές διαφορές πίεσεως και μεσαίες παροχές. Οι φουσητήρες έχουν μεγαλύτερες διαφορές πίεσεως και μεγάλες παροχές. Οι αεροσυμπιεστές έχουν μεγάλες διαφορές πίεσεως και μικρές παροχές.

Ο ανεμιστήρας αξονικής ροής έχει ευρύτετη χρήση και γι' αυτό παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον η διερεύνηση των χαρακτηριστικών λειτουργίας του καθώς και η επίδραση των συνθηκών λειτουργίας πάνω στη μεταβολή των χαρακτηριστικών. Αυτός είναι και ο κύριος σκοπός της ασκήσεως. Πέραν αυτού, με την άσκηση επιδιώκεται και η εξοικείωση με τις μεθόδους μετρήσεως παροχής αερίων, την μέτρηση απωλειών πίεσεως σε ένα σύστημα ροής αερίων, την πρόβλεψη του σημείου λειτουργίας ενός ανεμιστήρα τοποθετημένου σε έναν αεραγωγό και τη μέτρηση και υπολογισμό των αδιάστατων χαρακτηριστικών του ανεμιστήρα.

Για να είναι συγκρίσιμα τα αποτελέσματα δοκιμών ενός ανεμιστήρα, οι συσκευές δοκιμών όπως και οι μέθοδοι έχουν πιστοποιηθεί. Η χρησιμοποιούμενη συσκευή έχει μικρές μόνο διαφορές από τις προβλεπόμενες προδιαγραφές. Επίσης και οι μέθοδοι που ακολουθούνται για τις μετρήσεις είναι κατά το δυνατόν οι προβλεπόμενες τυποποιημένες μέθοδοι.

ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ ΤΟΥ ΑΕΡΑΓΩΓΟΥ:



Περιγραφή της συσκευής:

Το κύριο στοιχείο της συσκευής είναι ο ανεμιστήρας. Είναι ανεμιστήρας αξονικής ροής με ονομαστική διάμετρο 381,5mm. Τα περύγια έχουν γωνία 16°. Τυπική λειτουργία του ανεμιστήρα είναι: στις 3000RPM να παρέχει 1m³/s αέρα υπο διαφορά πίεσεως 400 Pa.

Ο ανεμιστήρας κινείται από έναν ηλεκτροκινητήρα συνεχούς ρεύματος ισχύος 0,75 KW, του οποίου η ταχύτητα δύναται να μεταβάλλεται συνεχώς μέσω ενός θυρίστορ. Η μετάδοση κινήσεως έχει λόγο 1:1 και γίνεται μέσω μάντα. Για τη μέτρηση της ροπής ο κινητήρας φέρει ροπόμετρο με βραχίονα μήκους 125mm. Η ένδειξη της ροπής στρέψεως που αναπτύσσεται κατά τη κίνηση του ανεμιστήρα, παρουσιάζεται σε ένα ψηφιακό ροπόμετρο. Επίσης, υπάρχει ηλεκτρονικός μετρητής των στροφών, με ψηφιακή ένδειξη.

Ο ανεμιστήρας είναι τοποθετημένος μέσα σε ένα κυκλικό αγωγό ονομαστικής διαμέτρου 381,5mm. Πριν από την έξοδο του αέρα στην ατμόσφαιρα υπάρχει ντάμπερ ρυθμίσεως της διατομής εξόδου του αγωγού και τέλος ο αγωγός καταλήγει σε σιγαστήρα. Μεταβάλλοντας με το ντάμπερ τη διατομή εξόδου, μπορούμε να δοκιμάσουμε τον ανεμιστήρα κάτω από διαφορετικές πιέσεις και παροχές.

Η είσοδος του αέρα στον αγωγό γίνεται με ένα τυποποιημένο κωνικό στόμιο, το οποίο μας επιτρέπει τη μέτρηση της παροχής.

Επίσης υπάρχει ένας σωλήνας Pitot που δύναται να τοποθετηθεί σε δύο διαφορετικές θέσεις για τη μέτρηση της ταχύτητας ροής κατά μήκος δύο καθέτων μεταξύ τους διαμέτρων. Ο σωλήνας Pitot είναι τοποθετημένος πριν από τον ανεμιστήρα.

Η λήψη της πίεσεως γίνεται σε τρεις διαφορετικές διατομές. Η πρώτη είναι μετά το κωνικό στόμιο εισόδου, η δεύτερη πριν από τον ανεμιστήρα και η Τρίτη μετά τον ανεμιστήρα. Σε κάθε μία από τις διατομές αυτές υπάρχουν τέσσερα σημεία λήψεως της πίεσεως σε ίσες αποστάσεις μεταξύ τους πάνω στη περιφέρεια του αγωγού.

Η μέτρηση της πίεσεως γίνεται με τη βοήθεια δύο μανομέτρων τύπου κεκλιμένου σωλήνα. Το μανόμετρο με τη μικρότερη κλίση χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της παροχής. Η σύνδεση των σημείων λήψεως πίεσεως με τα μανόμετρα γίνεται με πλαστικούς εύκαμπτους σωλήνες, που δύνανται να απομονώνονται με τη βοήθεια σφιγκτήρων.

Όλο το συγκρότημα αυτό αγωγού, ανεμιστήρα, κινητήρα είναι τοποθετημένο πάνω σε μεταλλικό πάγκο. Ο πάγκος είναι οριζόντιος και τοποθετημένος σε τέτοια θέση ώστε σε απόσταση 0,6m από την είσοδο του αγωγού να μην υπάρχει κανένα αντικείμενο. Επίσης, λαμβάνεται πρόνοια ώστε να μην υπάρχουν στη θέση των δοκιμών ρεύματα αέρος μεγαλύτερα από το 5% της ταχύτητας του αέρα μέσα στον αγωγό.

Πειραματική διαδικασία:

Για την εκκίνηση του ανεμιστήρα ελέγχουμε πρώτα ότι δεν υπάρχουν εμπόδια στην είσοδο του αγωγού και στη συνέχεια ρυθμίζουμε το ντάμπερ έτσι ώστε να είναι τελείως ανοιχτό. Τότε εκκινούμε τον κινητήρα του ανεμιστήρα ώστε να μην έχει μεγάλο φορτίο εκκινήσεως. Στη συνέχεια αυξάνουμε βαθμιαία τις στροφές μέχρι την επιθυμητή τιμή και

πριν αρχίσουμε τις μετρήσεις περιμένουμε για λίγο χρόνο, ώστε να σταθεροποιηθούν οι τιμές των στροφών και της παροχής.

Μέτρηση της πίεσεως: Σε κάθε διατομή μετρήσεων της πίεσεως υπάρχουν 4 σημεία λήψης της πίεσεως. Επειδή υπάρχουν ανομοιομορφίες στα σημεία λήψεως αλλά και σε αυτή τη ροή, τα 4 σημεία λήψης της πίεσεως είναι δυνατόν να δείχνουν διαφορές μεταξύ τους. Ως εκ τούτου, για τον υπολογισμό της πίεσης κάθε διατομής, μετρούμε χωριστά την πίεση των 4 σημείων λήψης και στη συνέχεια βρίσκουμε τη μέση τιμή, το ίδιο αποτέλεσμα επιτυγχάνουμε εάν και τα τέσσερα σημεία τα ενώσουμε σε ένα κεντρικό αγωγό. Οι μεγαλύτερες διαφορές μεταξύ των σημείων λήψης της πίεσεως παρουσιάζονται στη διατομή μετά τον ανεμιστήρα. Αυτό οφείλεται στην ασυμμετρία της ροής, που προκαλείται από τη περιστροφή του ανεμιστήρα, αλλά και από τις διαταραχές της ροής που προκαλούν τα σταθερά περύγια και το σύστημα μεταδόσεως της κίνησης.

Για τη μέτρηση της πίεσεως κάθε σημείου λήψης συνδέουμε το σημείο αυτό με το ένα άκρο του μανομέτρου ενώ το άλλο άκρο είναι ελεύθερο στην ατμόσφαιρα.

Μέτρηση της παροχής: Επειδή οι χρησιμοποιούμενοι νόμοι για τη μέτρηση της παροχής είναι της ασυμπίεστης ροής, θα πρέπει πριν από τις μετρήσεις να βεβαιωνόμαστε ότι η ροή μπορεί να θεωρηθεί ασυμπίεστη. Αυτό ισχύει όταν η ταχύτητα είναι μικρότερη από 50m/s.

Για τη μέτρηση της παροχής, η συσκευή διαθέτει δύο μεθόδους. Ο ένας είναι με τον σωλήνα Pitot και ο άλλος είναι με το κωνικό στόμιο εισόδου.

Η μέθοδος με τον σωλήνα Pitot είναι χρονοβόρος, διότι πρέπει να γίνουν 18 μετρήσεις σε κάθε μία από τις δύο καθέτους διαμέτρους της διατομής του αγωγού. Με τη μέθοδο του σωλήνα Pitot βρίσκουμε τη διαφορά μεταξύ ολικής και στατικής πίεσεως σε προκαθορισμένο σημείο δύο καθέτων διαμέτρων της διατομής, μετακινώντας την είσοδο του σωλήνα Pitot στα σημεία αυτά με τη βοήθεια της βαθμονομημένης κλίμακας που συνοδεύει τον σωλήνα Pitot. Από τις διαφορές αυτές των πιέσεων προκύπτουν οι αντίστοιχες ταχύτητες ροής. Έχοντας τώρα τη μεταβολή της ταχύτητας συναρτήσει της ακτίνας, η παροχή προκύπτει με τη μέθοδο της ολοκλήρωσης. Η ολοκλήρωση μπορεί να γίνει είτε με τη βοήθεια μιας σχέσης που εκμεταλλεύεται τα επιλεγμένα σημεία των διαμέτρων, είτε γραφικά.

Η κύρια μέθοδος μέτρησης της παροχής στο εργαστήριο επιτυγχάνεται με τη μέτρηση της πτώσης πίεσης στο τυποποιημένο κωνικό στόμιο εισόδου του αέρα.

Στη μέθοδο του τυποποιημένου κωνικού στομίου εισόδου που διαθέτει η συσκευή, η παροχή Q δίδεται από τη σχέση:

$$Q = [(a_e \cdot \pi \cdot d^2) / 4] \cdot \sqrt{(2\Delta P/P)}$$

Όπου:

D = Διάμετρος του αγωγού

ΔP = Πτώση της πίεσεως πάνω στο κωνικό στόμιο

P = Πυκνότητα του αέρα και

α_e = Συντελεστής του στομίου

Ο συντελεστής α_e είναι συνάρτηση του αριθμού Reynolds και δίδεται από τη σχέση:

$$\alpha_e = 1 - (0,5 \cdot Re^{-0,2}) \quad (\text{για } Re > 20000)$$

επίσης ισχύει :

$$Re = (\rho \cdot V \cdot D) / \mu = (V \cdot D) / \nu$$

Όπου:

μ = Ιξώδες

ν = Κινηματικό Ιξώδες και

V = Ταχύτητα

$$\text{Είναι: } V = \sqrt{(2\Delta P/P)}$$

Θα πρέπει πάντα να ελέγχουμε ότι η τιμή του Re είναι μεγαλύτερη του 20000, διότι η σχέση που μας δίνει το α_e δεν ισχύει για τιμές του Re μικρότερες από 20000.

Καμπύλη απωλειών του αεραγωγού:

Η χαρακτηριστική καμπύλη απωλειών του αεραγωγού είναι η καμπύλη που μας δίνει την μεταβολή της πτώσης πίεσεως πάνω στον αγωγό συναρτήσει της παροχής. Είναι τελείως ανεξάρτητη από τον ανεμιστήρα και εξαρτάται μόνο από τα στοιχεία του αγωγού. Κάθε μεταβολή της θέσεως του ντάμπερ είναι μεταβολή των στοιχείων του αγωγού και γι' αυτό σε κάθε θέση του ντάμπερ αντιστοιχεί μια διαφορετική καμπύλη απωλειών.

Για την εύρεση της καμπύλης αυτής διαλέγουμε μια συγκεκριμένη θέση του ντάμπερ και μεταβάλλουμε τις στροφές του ανεμιστήρα. Για κάθε τιμή των στροφών μετρούμε την παροχή και την αύξηση πίεσεως που δημιουργεί ο ανεμιστήρας. Τα στοιχεία αυτά τα παριστάνουμε γραφικά σε διάγραμμα.

Από τη γραφική αυτή παράσταση προκύπτει ότι η πτώση πίεσεως πάνω στον αγωγό είναι συναρτήσει του τετραγώνου της παροχής, δηλαδή είναι συναρτήσει της μορφής:

$$\Delta P = K \cdot Q^2$$

Χαρακτηριστική λειτουργίας και καμπύλη βαθμού αποδόσεως του ανεμιστήρα:

Οι καμπύλες αυτές αναφέρονται σε έναν συγκεκριμένο αριθμό στροφών. Γι' αυτό, για την εύρεσή τους διατηρούμε σταθερές τις στροφές και μεταβάλλουμε την παροχή με τη βοήθεια του ντάμπερ. Για κάθε θέση του ντάμπερ μετρούμε τη παροχή, την ανύψωση πίεσεως που δημιουργεί ο ανεμιστήρας και την ροπή στρέψεως του κινητήρα. Από τα ζεύγη τιμών ΔP και Q προκύπτει η χαρακτηριστική λειτουργίας του ανεμιστήρα για τις συγκεκριμένες στροφές στο διάγραμμα $P - Q$.

Ο Βαθμός Αποδόσεως n σε κάθε σημείο προκύπτει από τη σχέση:

$$n = N_{E\Xi} / N_{E\Omega} = (\Delta P \cdot Q) / (T \cdot W) = [(\Delta P \cdot Q) / (T \cdot (2\pi n / 60))]]$$

Όπου:

ω = Γωνιακή ταχύτητα περιστροφής και

n = Στροφές ανα λεπτό του ανεμιστήρα

Η μεταβολή του βαθμού αποδόσεως μπορούν να αποδόσεως παριστάνεται σε διάγραμμα $n - Q$.

Οι ανωτέρω καμπύλες μπορούν να επαναληφθούν για διαφορετικούς αριθμούς στροφών από 1000 έως 3000 στροφ./λεπτό.

Το σημείο τομής της χαρακτηριστικής του αγωγού για μια συγκεκριμένη θέση του ντάμπερ και της χαρακτηριστικής του ανεμιστήρα για ένα συγκεκριμένο αριθμό στροφών μας δίνει το “σημείο λειτουργίας”, δηλαδή το σημείο στο οποίο θα λειτουργήσει ο ανεμιστήρας όταν πρόκειται να εργασθεί με τον συγκεκριμένο αγωγό.

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ