

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΟΥ ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑ



ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ: ΠΑΠΑΔΗΜΗΤΡΙΟΥ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ
ΤΑΓΚΛΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝΤΕΣ ΚΑΘΗΓΗΤΕΣ: ΓΙΑΝΝΑΚΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΣ ΣΥΝΕΡΓΑΤΗΣ
ΚΡΟΥΣΤΑΛΛΗ ΑΝΘΟΥΛΑ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΣΥΝΕΡΓΑΤΙΔΑ

ΠΑΤΡΑ 2011

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία εκπονήθηκε στο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Πατρών και αναφέρεται στην κατασκευή και τη μελέτη της συμπεριφοράς του αέρα σε έναν φυγοκεντρικό ανεμιστήρα. Οι χρήσεις των φυγοκεντρικών ανεμιστήρων γενικότερα είναι πολυποίκιλες και έχουν αναπτυχθεί για να βελτιώσουν τις συνθήκες άνεσης των ανθρώπων και για τη χρήση τους στη βιομηχανία. Οι χρήσεις τους συναντώνται σε εφαρμογές όπως ο κλιματισμός, ο εξαερισμός και γενικότερα στο χώρο της βιομηχανίας.

Αντικείμενο της εργασίας είναι η κατασκευή του φυγοκεντρικού ανεμιστήρα καθώς και η εκτέλεση της πειραματικής διαδικασίας προς την εξαγωγή των χαρακτηριστικών καμπύλων του ανεμιστήρα.

Θα θέλαμε ιδιαίτερα να ευχαριστούμε τους καθηγητές τον κ. Ιωάννη Γιαννάκη Εργαστηριακό Συνεργάτη του Τμήματος Μηχανολογίας Πατρών και την κα. Ανθή Κρουστάλλη Εργαστηριακή Συνεργάτιδα του Τμήματος Μηχανολογίας Πατρών, οι οποίοι μας βοήθησαν κατά τη διάρκεια της παρούσας εργασίας. Η καθοδήγηση και η εμπειρία που μας μετέδωσαν ήταν σημαντικές για την διεκπεραίωση της εργασίας.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία καταπιάνεται με την κατασκευή και τη μελέτη της συμπεριφοράς ενός φυγοκεντρικού ανεμιστήρα. Οι υπεύθυνοι φοιτητές κατασκεύασαν έναν φυγοκεντρικό ανεμιστήρα με σκοπό να πραγματοποιηθεί η πειραματική διαδικασία που περιγράφεται στο αντίστοιχο φυλλάδιο του εργαστηρίου Στροβιλομηχανών, και να γίνουν οι πειραματικές μετρήσεις ώστε να κατασκευαστούν οι χαρακτηριστικές καμπύλες του ανεμιστήρα και γενικότερα να μελετηθεί η συμπεριφορά του ρευστού που διέρχεται μέσα από τον ανεμιστήρα (αύξηση πίεσης, μεταβολή ταχύτητας, επιτάχυνσης κλπ) καθώς και να σχολιαστούν τα συμπεράσματα αυτής της συμπεριφοράς.

Η εργασία χωρίζεται σε οκτώ κεφάλαια το κάθε ένα από τα οποία καταπιάνεται με ένα αντικείμενο ξεκινώντας από τα θεωρητικά στοιχεία των ανεμιστήρων γενικότερα και αναφέροντας τη διαδικασία κατασκευής της συσκευής και τους υπολογισμούς που ακολούθησαν καταλήγει στα συμπεράσματα και στην πειραματική διαδικασία. Αναλυτικότερα:

Το πρώτο κεφάλαιο είναι μια θεωρητική προσέγγιση του θέματος. Αναφέρονται διεξοδικά οι τύποι των ανεμιστήρων που υπάρχουν καθώς και η χρήση τους. Αναλύονται οι τύποι των πτερωτών με τους οποίους μπορεί να λειτουργεί ένας ανεμιστήρας και αναφέρονται σχεδιαστικές και άλλοι παράμετροι, όπως το σχήμα, το μέγεθος και το πάχος των πτερυγίων, οι οποίοι βοηθούν στην μελέτη και την διεξαγωγή αποτελεσμάτων. Τέλος σχολιάζονται οι απώλειες που παρατηρούνται σε έναν ανεμιστήρα, ο θόρυβος και οι λόγοι από τους οποίους προκαλούνται καθώς και οι αιτίες οι οποίες μπορεί να καταστραφεί ένας ανεμιστήρας.

Στο δεύτερο κεφάλαιο παραθέεται η διαδικασία κατασκευής του ανεμιστήρα. Αναφέρεται αναλυτικά η πορεία των εργασιών και η διαδικασία που ακολουθήθηκε για την τελική μορφή της κατασκευής του καθενός μέρους από τα οποία αποτελείται. Ακόμα στο κεφάλαιο αυτό φαίνονται οι διαστάσεις του κάθε τμήματος του ανεμιστήρα σε δυσδιάστατα σχέδια τα οποία πραγματοποιήθηκαν στο AutoCad. Επίσης παρουσιάζεται και το ηλεκτρικό διάγραμμα με βάση το οποίο είναι συνδεδεμένα τα διάφορα όργανα.

Στο τρίτο κεφάλαιο αναφέρονται τα εργαλεία και τα υλικά τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για την διεκπεραίωση της κατασκευής. Καταγράφονται αναλυτικά τα υλικά σε συγκεντρωτικό πίνακα καθώς και το κόστος του καθενός. Ακόμα καταγράφονται τα εργαλεία τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για τη διαμόρφωση των

τμημάτων του ανεμιστήρα. Επίσης υπάρχουν και εικόνες οι οποίες δείχνουν το καθένα από αυτά τα εργαλεία.

Το τέταρτο κεφάλαιο είναι ένας οδηγός λειτουργίας που εξασφαλίζει την ασφαλή λειτουργία της συσκευής. Συνιστάται μεγάλη προσοχή στην ανάγνωση αυτού του κεφαλαίου καθώς η ασφάλεια των χειριστών και των παριστάμενων στις επιδείξεις είναι το πρωτεύον ζήτημα.

Στο πέμπτο κεφάλαιο αναφέρονται βλάβες οι οποίες παρουσιάζονται συχνά σε αυτού του τύπου της συσκευής και οι λόγοι για τους οποίους μπορεί να προκλήθηκαν αυτές οι βλάβες. Προτείνονται λύσεις για τη διόρθωσή τους.

Το έκτο κεφάλαιο είναι οι υπολογισμοί οι οποίοι πραγματοποιήθηκαν για την διεξαγωγή αποτελεσμάτων. Παραθέτεται αναλυτικά η πορεία των πράξεων που απαιτούνται για την κατασκευή των απαραίτητων διαγραμμάτων. Ακόμα σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται και οι πίνακες με τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν καθώς και οι χαρακτηριστικές καμπύλες που απορρέουν από τους υπολογισμούς και μας φανερώνουν τα χαρακτηριστικά του ανεμιστήρα. Αναφέρεται η διαδικασία εύρεσης του άριστου σημείου λειτουργίας που είναι το ζητούμενο για την επιλογή ενός ανεμιστήρα και τέλος σχολιάζονται τα συμπεράσματα.

Στο έβδομο κεφάλαιο παρουσιάζεται αναλυτικά η πειραματική συσκευή, από ποια μέρη αποτελείται και υπάρχουν και τρισδιάστατες εικόνες των τμημάτων του ανεμιστήρα.

Το όγδοο κεφάλαιο είναι η πειραματική διαδικασία. Η διαδικασία δηλαδή που θα πρέπει να εφαρμοστεί από τον εκάστοτε χειριστή της συσκευής για να προκύψουν οι κατάλληλες μετρήσεις προς την διεξαγωγή των κατάλληλων αποτελεσμάτων.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΙΚΟΙ ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΕΣ ΚΑΙ ΦΥΣΗΤΗΡΕΣ.....	1
1.1.Τύποι φυγοκεντρικών ανεμιστήρων.....	3
1.1.1.Πτερύγια με τα καμπύλα πίσω.....	3
1.1.2.Αξονικά πτερύγια.....	4
1.1.3.Πτερύγια με τα καμπύλα εμπρός.....	5
1.2.ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΙΚΩΝ ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΩΝ.....	6
1.2.1.Έργο βαθμίδας.....	7
1.2.2.Αύξηση πίεσης βαθμίδας.....	8
1.2.3.Συντελεστής πίεσης βαθμίδας	9
1.2.4.Αντίδραση βαθμίδας.....	9
1.2.5.Απόδοση βαθμίδας.....	11
1.3.ΣΧΕΔΙΑΣΤΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ.....	12
1.3.1.Μέγεθος πτερωτής.....	12
1.3.2.Σχήμα πτερυγίων.....	13
1.3.3.Αριθμός πτερυγίων.....	13
1.3.4.Διασκορπιστές και έλικες.....	13
1.4.ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑΣ ΤΥΠΟΥ ΤΥΜΠΑΝΟΥ.....	16
1.5.ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑΣ ΜΕΡΙΚΗΣ ΡΟΗΣ.....	18
1.5.1.Ανεμιστήρας εξωτερικής ροής.....	18
1.5.2.Ανεμιστήρας διασταυρούμενης ροής.....	19
1.6.ΑΠΩΛΕΙΕΣ.....	21
1.7.ΡΟΥΛΕΜΑΝ ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑ.....	22
1.8.ΟΔΗΓΟΙ ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑ.....	23
1.9.ΘΟΡΥΒΟΣ ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑ.....	24
1.10.ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑ ΛΟΓΩ ΣΚΟΝΗΣ.....	25
2.ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑ.....	27
2.1.ΤΜΗΜΑΤΑ ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑ.....	27
2.1.1.Βάση στήριξης ανεμιστήρα.....	27
2.1.2.Αγωγός κατάθλιψης.....	28
2.1.3.Αγωγός αναρρόφησης.....	29

2.1.4.Πίνακας ελέγχου.....	31
2.1.5.Προσθήκη άξονα (Φ20) στον άξονα του ηλεκτροκινητήρα για τη μέτρηση στροφών.....	32
2.1.6.Πίνακας μανομέτρων και μανόμετρα.....	32
2.1.7.Τοποθέτηση φυγοκεντρικού ανεμιστήρα στη βάση στήριξης.....	34
2.1.8.Βαφή κατασκευής.....	35
2.2.ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ.....	35
3.ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΕΡΓΑΛΕΙΑ.....	37
3.1.ΥΛΙΚΑ.....	37
3.2.ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΥΛΙΚΩΝ.....	38
3.3.ΕΡΓΑΛΕΙΑ.....	39
3.3.1.Ψαλίδι.....	39
3.3.2.Στράντζα.....	39
3.3.3.Κύλινδρος.....	39
3.3.4.Ηλεκτροσυγγόληση MIG.....	40
3.3.5.Δισκοπρίονο.....	40
3.3.6.Τροχός λείανσης.....	40
3.3.7.Φορητό δράπανο.....	40
3.3.8.Σταθερό δράπανο.....	41
3.3.9.Κολλητήρι ηλεκτρονικών κυκλωμάτων.....	41
3.3.10.Πιστόλι βαφής.....	41
3.3.11.Εργαλεία χειρός.....	42
3.3.12.Τόρνος.....	42
4.ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	43
4.1.ΟΔΗΓΙΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ.....	43
4.2.ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ.....	44
5.ΟΔΗΓΟΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ.....	45
6.ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ.....	47
6.1.ΠΑΡΟΧΗ.....	47
6.2.ΔΙΑΦΟΡΑ ΠΙΕΣΗΣ.....	49
6.2.1.Μετατροπή μονάδων πίεσης από mmΣΥ σε Pascal.....	49
6.3.ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ.....	49
6.4.ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ.....	50
6.4.1.Διάγραμμα ΔΡ-Q.....	50
6.4.2.Διάγραμμα ΔΡ-Q.....	51
6.4.3.Διαδικασία κατασκευής του διαγράμματος Ρμηχ-Q.....	52
6.5.ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΚΑΜΠΥΛΕΣ.....	53
6.6.ΕΥΡΕΣΗ ΑΡΙΣΤΟΥ ΣΗΜΕΙΟΥ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ.....	63
6.7.ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	64
7.ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΣΥΣΚΕΥΗ.....	65
8.ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ.....	71
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	73

ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΙ

A	Διατομή
b	Μήκος λεπίδας ή πλάτος πτερωτής
C_p	Ειδική θερμότητα σε σταθερή πίεση
d,D	Διάμετρος
g	Επιτάχυνση βαρύτητας
h	Ενθαλπία
Δh	Διαφορά ενθαλπίας
H	Ύψος (Ενέργειας)
m	Μαζική παροχή
N	Στροφές σε rpm
p	Πίεση
Δp	Διαφορά πίεσης
P	Ισχύς
Q	Ρυθμός ροής όγκου
R	Βαθμός αντίδρασης, σταθερά αερίων
t	Πάχος πτερυγίων, Θερμοκρασία
T	Απόλυτη θερμοκρασία
u	Εφαπτομενική ταχύτητα
v	Ειδικός όγκος
w	Σχετική ταχύτητα, Ειδικό έργο
z	Αριθμός πτερυγίων

Ελληνικά σύμβολα

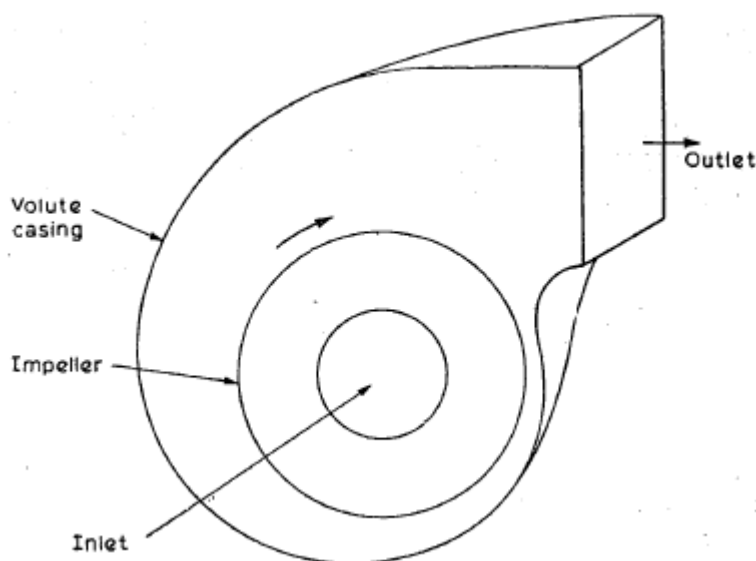
α	Διεύθυνση απόλυτης ταχύτητας
β	Διεύθυνση σχετικής ταχύτητας
η	Απόδοση
ρ	Πυκνότητα ρευστού
φ	Συντελεστής ροής
ω	Περιφερειακή ταχύτητα σε rad/sec

Δείκτες

(0)	Μηδενική κατάσταση
(1)	Είσοδος στην πτερωτή
(2)	Έξοδος από την πτερωτή
f	Ανεμιστήρας
i	Ιδανικό, είσοδος
r	Στροφέας ή πτερωτή, ακτινική
st	Βαθμίδα
θ	Εφαπτομένη

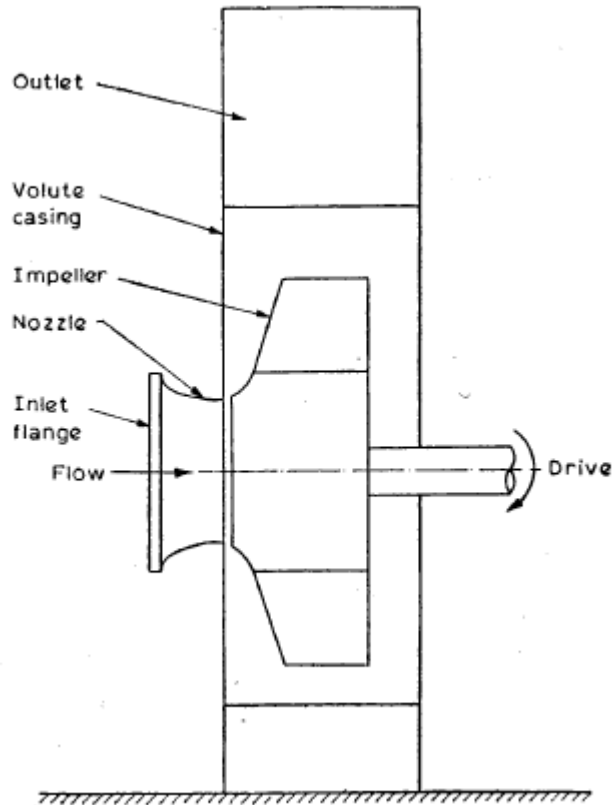
1.ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΙΚΟΙ ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΕΣ ΚΑΙ ΦΥΣΗΤΗΡΕΣ

Ένας μεγάλος αριθμός ανεμιστήρων και φυσητήρων που χρησιμοποιούνται για λειτουργίες υψηλής πίεσης είναι φυγοκεντρικού τύπου. Οι Εικόνες 1.1 και 1.2 δείχνουν μία διάταξη που χρησιμοποιείται στις φυγοκεντρικές μηχανές. Αποτελείται από μία πτερωτή η οποία έχει πτερύγια τοποθετημένα μεταξύ της εσωτερικής και εξωτερικής διαμέτρου. Η πτερωτή μπορεί να είναι τοποθετημένη είτε απ' ευθείας στην επέκταση του άξονα του κύριου κινητήρα είτε ξεχωριστά σε έναν άξονα που στηρίζεται μεταξύ δύο επιπρόσθετων έδρανα. Η τελευταία περίπτωση υιοθετείται για μεγάλους φυσητήρες όπου η πτερωτή κινητοποιείται διαμέσου εύκαμπτων συνδέσμων.



Εικόνα 1.1: Φυγοκεντρικός ανεμιστήρας

Αέρας ή αέριο εισέρχεται στην πτερωτή αξονικά, διαμέσου του στομίου εισόδου το οποίο παρέχει μικρή επιτάχυνση στον αέρα πριν την είσοδο του στην πτερωτή. Η δράση της πτερωτής μεταβάλλει το αέριο από μικρότερη σε μεγαλύτερη ακτίνα και έτσι το αέριο εισέρχεται στο περίβλημα με αυξημένη ταχύτητα και πίεση. Έτσι, αντίθετα από τον αξονικό τύπο ανεμιστήρα, εδώ η φυγοκεντρική ενέργεια συνεισφέρει επίσης στην σταδιακή αύξηση της πίεσης. Η ροή από τα πτερύγια της πτερωτής συλλέγεται σε ένα σπειροειδές περίβλημα γνωστό και ως κύλινδρος ή σπείρα.

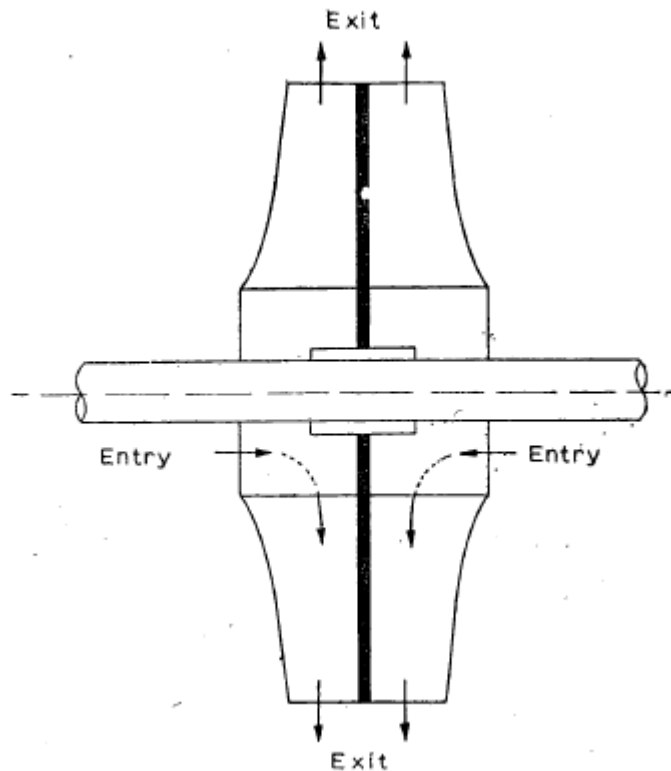


Εικόνα 1.2: Κύρια μέρη ενός φυγοκεντρικού ανεμιστήρα

Αυτό οδηγεί τον αέρα προς την έξοδο του φουσητήρα. Το σπειροειδές περίβλημα μπορεί να αυξήσει περαιτέρω την στατική πίεση του αέρα. Η διαδρομή εξόδου μετά τη σπείρα, μπορεί να έχει τη μορφή κωνικού διαχύτη.

Η πτερωτή του φυγοκεντρικού ανεμιστήρα μπορεί να κατασκευαστεί από συγκολλημένα κυρτά πτερύγια ή από σχεδόν ευθεία πτερύγια μετάλλων και στις δύο πλευρές του περιβλήματος του στροφέα ή μπορεί να είναι σε ένα κομμάτι από την κατασκευή του. Αυτή η πτερωτή είναι κλειστού τύπου. Ένας μεγάλος αριθμός φυγοκεντρικών ανεμιστήρων χαμηλής πίεσης κατασκευάζεται από λεπτά φύλλα μετάλλου. Τα περιβλήματα είναι κατασκευασμένα από φύλλα μετάλλου διαφορετικού πάχους και είναι ενισχυμένα στις ενώσεις από το εξωτερικό μέρος. Σε μερικές εφαρμογές αν είναι αναγκαίο να αποτραπεί διαρροή του αερίου χρησιμοποιούνται ειδικές συσκευές για να σφραγίσουν τις ενώσεις μεταξύ του άξονα και του περιβλήματος.

Φυγοκεντρικοί φουσητήρες μεγάλης χωρητικότητας μερικές φορές χρησιμοποιούν διπλή είσοδο για το αέριο όπως φαίνεται στην Εικόνα 1.3.



Εικόνα 1.3: Φυγοκεντρική πτερωτή με διπλή είσοδο

1.1. ΤΥΠΟΙ ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΙΚΩΝ ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΩΝ

Η αύξηση της πίεσης και ο ρυθμός ροής στους φυγοκεντρικούς ανεμιστήρες εξαρτάται από την περιφερειακή ταχύτητα της πτερωτής και τις γωνίες των πτερυγίων. Οι σταδιακές απώλειες και οι απώλειες στην απόδοση, ποικίλλουν ανάλογα με την γεωμετρία των πτερυγίων. Τα πτερύγια μπορούν να είναι είτε φύλλα μετάλλου ομοιόμορφου πάχους είτε τμήμα αεροτομής. Στη συνέχεια παραθέτονται οι κύριοι τύποι φυγοκεντρικών ανεμιστήρων:

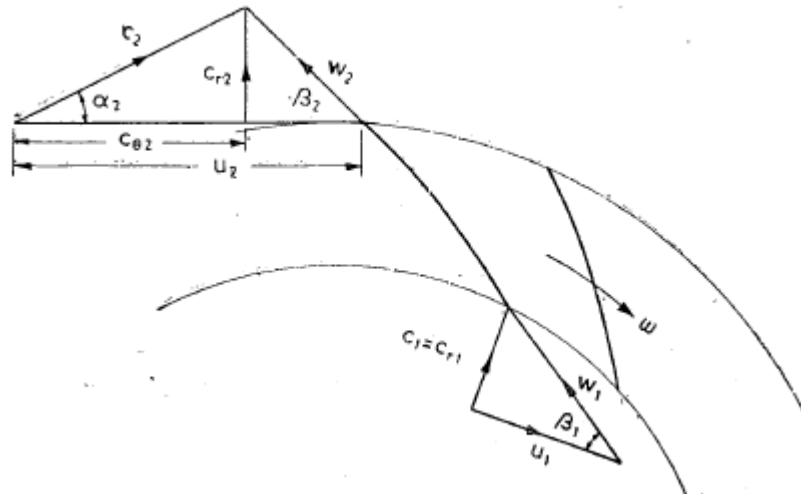
1.1.1. Πτερύγια με τα καμπύλα πίσω

Η Εικόνα 1.4 δείχνει μία πτερωτή η οποία έχει πτερύγια με τα καμπύλα πίσω, δηλαδή η κλίση τους απομακρύνεται από την διεύθυνση της κίνησης. Τα διάφορα διανύσματα ταχύτητας και γωνιών φαίνονται στα τρίγωνα ταχυτήτων στην είσοδο και την έξοδο. Σε αντίθεση με τους αξονικούς ανεμιστήρες, εδώ η εφαπτόμενη διεύθυνση θεωρείται ως η διεύθυνση αναφοράς. Κάτω από ιδανικές συνθήκες, οι διευθύνσεις των σχετικών διανυσμάτων ταχύτητας w_1 και w_2 ,είναι οι ίδιες με τις γωνίες των λεπίδων στην είσοδο και στην έξοδο.

Η στατική πίεση αυξάνει στον στροφέα ως αποτέλεσμα της φυγοκεντρικής ενέργειας και της διάχυσης της σχετικής ροής. Το σταδιακό έργο και η στατική πίεση

αυξάνεται για μία δοσμένη πτερωτή, εξαρτώμενο από τους παράγοντες στροβιλισμού ή περιστροφής ($C_{\theta 1}$ και $C_{\theta 2}$) των απόλυτων διανυσμάτων ταχύτητας C_1 και C_2 αντίστοιχα.

Οι πτερωτές με πτερύγια με τα καμπύλα πίσω χρησιμοποιούνται για χαμηλές πιέσεις και χαμηλά ποσοστά ροής. Το εύρος της αναλογίας διαμέτρων τέτοιων πτερωτών είναι μικρό ($b/D \approx 0.05 - 0.2$) και ο αριθμός των πτερυγίων επιλέγεται μεταξύ 6 και 17.



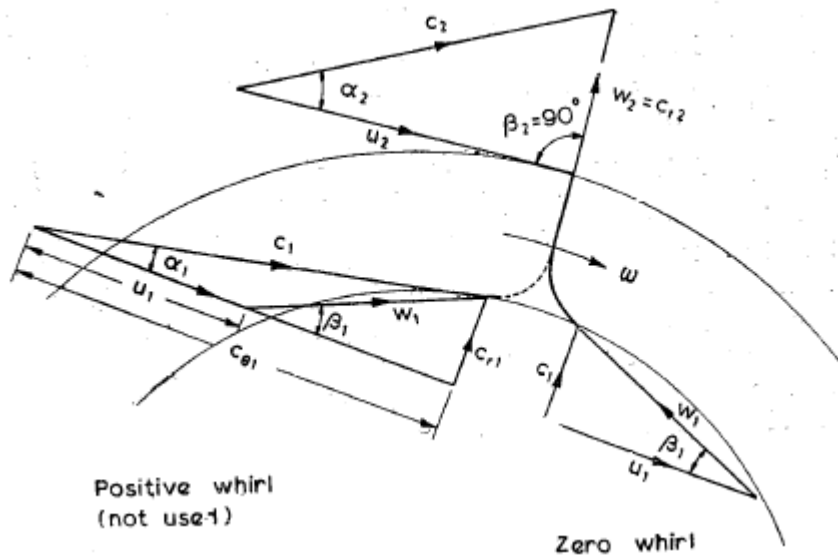
Εικόνα 1.4: Τρίγωνα ταχυτήτων για πτερύγια με τα καμπύλα πίσω

1.1.2. Αξονικά πτερύγια

Η Εικόνα 1.5 δείχνει δύο διατάξεις για πτερωτή με αξονικά πτερύγια. Τα τρίγωνα ταχυτήτων στην είσοδο για αυτά τα πτερύγια που χρησιμοποιούνται στην πράξη φαίνονται στα δεξιά. Η συγκεκριμένη περίπτωση είναι όπως τα πτερύγια με τα καμπύλα εμπρός στην οποία τα τρίγωνα ταχυτήτων βασίζονται στο απόλυτο διάνυσμα ταχύτητας C_1 η οποία είναι ακτινική. Γι' αυτό το λόγο ο στροβιλισμός στην είσοδο είναι μηδέν. Τέτοιο σχήμα είναι εύκολο στην κατασκευή του όπου γενικά χρησιμοποιούνται μόνο ελαφρώς λυγισμένα φύλλα μετάλλων.

Η άλλη περίπτωση είναι να χρησιμοποιηθούν αξονικά πτερύγια με τα καμπύλα πίσω. Το κυρτό μέρος ενός τέτοιου πτερυγίου και τα τρίγωνα ταχυτήτων στην είσοδο φαίνονται στα αριστερά. Ένας τέτοιος ανεμιστήρας, αν σχεδιαστεί και κατασκευαστεί, θα έχει χαμηλή πίεση σε σχέση με μεγάλη περιστροφή. Εκτός από αυτό το πλεονέκτημα μία τέτοια διάταξη θα απαιτεί πτερύγια προ-στροβιλισμού κάτι το οποίο αυξάνει το κόστος του ανεμιστήρα.

Τα τρίγωνα ταχυτήτων στην έξοδο και για τις δύο διατάξεις είναι τα ίδια. Η σχετική ταχύτητα w_2 είναι στην ακτινική διεύθυνση.

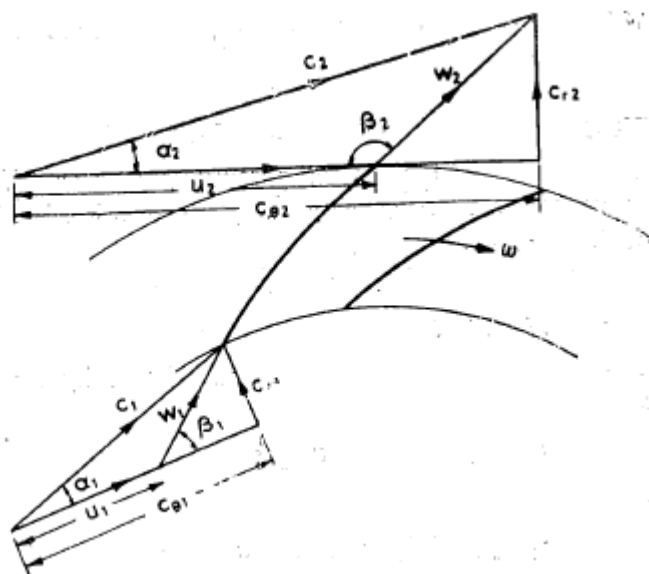


Εικόνα 1.5: Τρίγωνα ταχυτήτων για πτερωτή με αξονικά πτερύγια

Για μια φτηνή κατασκευή, τα πτερύγια της πτερωτής μπορεί να είναι μόνο αξονικά όπως οι απλές πτερωτές. Αυτές οι πτερωτές είναι χωρίς κάλυμμα και έχουν ευθεία ακτινικά πτερύγια τα οποία βιδωμένα ή συγκολλημένα σε ένα δίσκο ο οποίος είναι τοποθετημένος κινητήριος άξονα. Αυτού του τύπου οι πτερωτές είναι ιδανικές για να χειρίζονται αέρα αναμεμειγμένο με σκόνη επειδή είναι λιγότερο επιρρεπείς στο μπλοκάρισμα και στην διάβρωση.

1.1.3. Πτερύγια με τα καμπύλα εμπρός

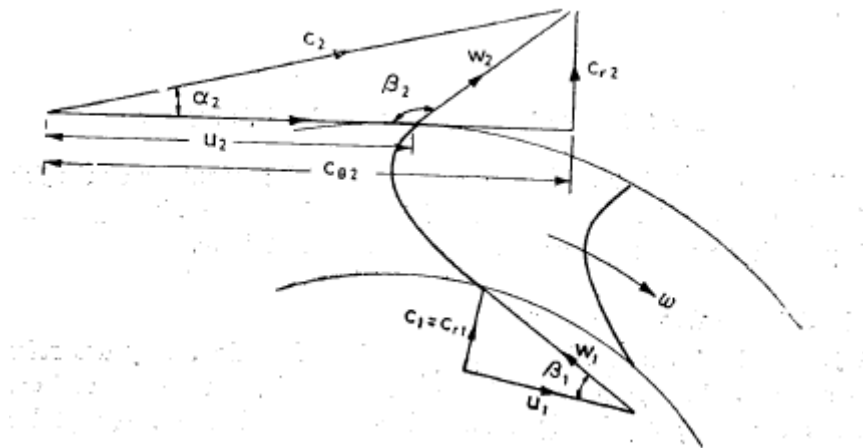
Όταν τα πτερύγια είναι λυγισμένα προς την διεύθυνση της κίνησης, τότε θεωρείται ότι έχουν τα καμπύλα εμπρός.



Εικόνα 1.6: Τρίγωνα ταχυτήτων για πτερύγια με καμπύλα εμπρός με θετικό στροβιλισμό

Τα τρίγωνα ταχυτήτων στην είσοδο και στην έξοδο ενός τέτοιου ανεμιστήρα φαίνονται στην Εικόνα 1.6, στην οποία φαίνονται τα πτερύγια με καμπύλα πίσω της Εικόνας 4 στην εμπρόσθια θέση. Ως αποτέλεσμα τα τρίγωνα ταχυτήτων στην είσοδο έχουν ξανά μια θετική τιμή περιστροφής $C_{\theta 1}$.

Η διαμόρφωση των πτερυγίων με τα καμπύλα εμπρός, που χρησιμοποιείται ευρέως στην πρακτική φαίνονται στην Εικόνα 7. Τα άκρα των πτερυγίων, και στην είσοδο και στην έξοδο, έχουν κατεύθυνση στην διεύθυνση της κίνησης. Γι' αυτό είναι επιθυμητό να έχουμε μηδενική τιμή περιστροφής στην είσοδο όπως στην Εικόνα 1.7. Στην έξοδο των άκρων των πτερυγίων με τα καμπύλα εμπρός η τιμή περιστροφής $C_{\theta 2}$ είναι μεγάλη, οδηγώντας έτσι σε μία αύξηση της πίεσης. Τέτοια πτερύγια έχουν μεγάλη επιφάνεια από τον κόμβο ως την άκρη τους και έτσι επιτρέπουν μεγάλη παροχή αέρα να εισέρθει στην διάταξη. Ωστόσο όσον αφορά τα πτερύγια μικρότερου μήκους, ο αριθμός των πτερυγίων τους θα πρέπει να είναι μεγαλύτερος για να είναι αποτελεσματική.



Εικόνα 1.7: Τρίγωνα ταχυτήτων για πτερύγια με τα καμπύλα εμπρός με μηδενικό στροβιλισμό στην είσοδο

1.2. ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΙΚΩΝ ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΩΝ

Σε αυτό το κομμάτι θα αναφερθούμε σε διάφορες παραμέτρους ανεμιστήρων ή φυσητήρων. Τα τρίγωνα ταχυτήτων τα φαίνονται στις Εικόνες 1.4 και 1.7 χρησιμοποιούνται γι' αυτόν τον σκοπό.

Η μαζική παροχή που περνάει διαμέσου της πτερωτής δίνεται από τον τύπο:

$$m = \rho_1 Q_1 = \rho_2 Q_2 \quad (1.1)$$

Οι διατομές που αντιστοιχούν στους παράγοντες των ακτινικών ταχυτήτων C_{r1} και C_{r2} είναι

$$A_1 = \pi d_1 b_1 \text{ και } A_2 = \pi d_2 b_2 \quad (1.2)$$

Οπότε

$$m = \rho_1 c_{r1} (\pi d_1 b_1) = \rho_2 c_{r2} (\pi d_2 b_2) \quad (1.3)$$

Οι ακτινικοί παράγοντες των ταχυτήτων εισόδου και εξόδου στην περρωτή εξαρτώνται από το πλάτος σε αυτό το τμήμα. Για μια μικρή αύξηση της πίεσης διαμέσου της διάταξης, η μεταβολή της πυκνότητας στη ροή είναι αμελητέα και το ρευστό μπορεί να θεωρηθεί ασυμπίεστο. Άρα η σταθερή ακτινική ταχύτητα θα είναι

$$c_{r1} = c_{r2} = c_r \quad (1.4)$$

Οπότε η εξίσωση (1.3) δίνει

$$m = \rho_1 c_r (\pi d_1 b_1) = \rho_2 c_r (\pi d_2 b_2)$$

$$b_1/b_2 = d_1/d_2 \quad (1.5)$$

1.2.1. Έργο βαθμίδας

Το έργο της διάταξης δίνεται από την εξίσωση του Euler

$$W_{st} = u_2 c_{\theta 2} - u_1 c_{\theta 1} \quad (1.6)$$

Όταν απουσιάζουν τα οδηγητήρια περρύγια είναι λογικό να υποθέτουμε μηδενική περιστροφή ή στροβιλισμό στην είσοδο. Αυτή η συνθήκη δίνει

$$\alpha_1 = 90^\circ, c_{\theta 1} = 0 \text{ και } u_1 c_{\theta 1} = 0$$

Αυτό φαίνεται στις Εικόνες 1.4, 1.5, 1.7. Οπότε για σταθερή ακτινική ταχύτητα

$$c_1 = c_{r1} = c_{r2} = u_1 \tan \beta_1 \quad (1.7)$$

Η εξίσωση (1.6) δίνει

$$W_{st} = u_2 c_{\theta 2} = u^2 \left(\frac{c_{\theta 2}}{u_2} \right) \quad (1.8)$$

Από τα τρίγωνα ταχυτήτων στην έξοδο έχουμε

$$u_2 - c_{\theta 2} = c_{r2} \cot \beta_2$$

$$\frac{c_{\theta 2}}{u_2} = 1 - \frac{c_{r2}}{u_2} \cot \beta_2 \quad (1.9)$$

Εξισώνοντας τις εξισώσεις (1.8) και (1.9) έχουμε

$$w_{st} = u_2^2 (1 - \varphi \cot \beta_2) \quad (1.10)$$

$$\frac{c_{\theta_2}}{\sin \beta_2} = \frac{u_2}{\sin (\alpha_2 + \beta_2)} \quad (1.11)$$

$$c_{\theta_2} = c_2 \cos \alpha_2 = \frac{u_2 \sin \beta_2 \cos \alpha_2}{\sin (\alpha_2 + \beta_2)}$$

$$\frac{c_{\theta_2}}{u_2} = \frac{\sin \beta_2 \cos \alpha_2}{\sin \alpha_2 \cos \beta_2 + \cos \alpha_2 \sin \beta_2} = \frac{\tan \beta_2}{\tan \alpha_2 + \tan \beta_2} \quad (1.12)$$

Η εξίσωση (1.6) σε συνδυασμό με την (1.10) δίνει

$$w_{st} = \frac{\tan \beta_2}{\tan \alpha_2 + \tan \beta_2} u_2^2 \quad (1.13)$$

Υποθέτοντας ότι η ροή ακολουθεί την γεωμετρία των πτερυγίων της πτερωτής, το συγκεκριμένο έργο το οποίο παράγεται κατά την αδιαβατική διεργασία δίνεται από

$$\Delta h_{st} = w_{st} = u_2 c_{\theta_2} = u_2^2 (1 - \varphi \cot \beta_2) \quad (1.14)$$

Η ενέργεια που χρειάζεται για να κινήσει τον ανεμιστήρα είναι

$$P = m \Delta h_{st} = m c_p \Delta T_{st} = m u_2 c_{\theta_2} \quad (1.15)$$

1.2.2. Αύξηση πίεσης βαθμίδας

Στην διαδικασία συμπίεσης θεωρείται ότι είναι αντιστρέψιμη αδιαβατική (ισεντροπική)

$$\Delta h_{st} = \frac{1}{\rho} \Delta p_{st}$$

Οπότε

$$\Delta p_{st} = \rho u_2 c_{\theta_2} = \rho u_2^2 (1 - \varphi \cot \beta_2) \quad (1.16)$$

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, η αύξηση της στατικής πίεσης διαμέσου της πτερωτής οφείλεται στην μεταβολή της φυγοκεντρικής ενέργειας και της διάχυσης της ροής. Οπότε

$$p_2 - p_1 = \Delta p_r = \frac{1}{2} \rho (u_2^2 - u_1^2) + \frac{1}{2} \rho (w_1^2 - w_2^2) \quad (1.17)$$

Η αύξηση της στατικής πίεσης διαμέσου της διάταξης μπορεί επίσης να υπολογισθεί από την εξίσωση του Euler για συμπιεστές

$$\Delta p_{st} = \frac{1}{2} \rho (u_2^2 - u_1^2) + \frac{1}{2} \rho (w_1^2 - w_2^2) + \frac{1}{2} \rho (c_2^2 - c_1^2) \quad (1.18)$$

Αντικαθιστώντας από την εξίσωση (1.17)

$$\begin{aligned} \Delta p_{st} &= (p_2 - p_1) + \frac{1}{2} \rho (c_2^2 - c_1^2) = p_{02} - p_{01} \\ \Delta p_{st} &= \Delta p_r + \frac{1}{2} \rho (c_2^2 - c_1^2) \end{aligned} \quad (1.19)$$

1.2.3. Συντελεστής πίεσης βαθμίδας

Ο συντελεστής πίεσης της διάταξης καθορίζεται από

$$\psi_{st} = \frac{\Delta p_{st}}{\frac{1}{2} \rho u_2^2}$$

Από την εξίσωση (1.16)

$$\psi_{st} = 2 \frac{c_{\theta 2}}{u_2} = 2 (1 - \varphi \cot \beta_2) \quad (1.20)$$

Συνδυάζοντας τις εξισώσεις (1.12) και (1.20) παίρνουμε

$$\psi_{st} = 2 \frac{\tan \beta_2}{\tan \alpha_2 + \tan \beta_2} \quad (1.21)$$

Ο συντελεστής πίεσης ενός στροφέα ή μιας πτερωτής δίνεται από

$$\psi_r = \frac{\Delta p_r}{\frac{1}{2} \rho u_2^2} \quad (1.22)$$

1.2.4. Αντίδραση βαθμίδας

Εξ' ορισμού ο βαθμός της αντίδρασης του ανεμιστήρα είναι

$$R = \Delta p_r / \Delta p_{st}$$

Αυτή η ποσότητα μπορεί επίσης να εκφραστεί και ως πηλίκο του συντελεστή πίεσης του στροφέα και της διάταξης

$$R = \psi_r / \psi_{st} \quad (1.23)$$

Για το τρίγωνο ταχυτήτων στην είσοδο έχουμε

$$w_1^2 - u_1^2 = c_1^2$$

Όταν αντικαταστήσουμε την (1.24) στην (1.17) έχουμε

$$\Delta p_r = \frac{1}{2} \rho (u_2^2 - w_2^2 + c_1^2) \quad (1.24)$$

Όταν αντικαταστήσουμε την (1.7) στην (1.24) παίρνουμε

$$\Delta p_r = \frac{1}{2} \rho (u_2^2 - w_2^2 + c_{r2}^2) \quad (1.24a)$$

Από το τρίγωνο ταχυτήτων στην έξοδο έχουμε

$$w_2^2 - c_{r2}^2 = (u_2 - c_{\theta 2})^2$$

$$u_2^2 - w_2^2 + c_{r2}^2 = u_2^2 - (u_2 - c_{\theta 2})^2$$

$$u_2^2 - w_2^2 + c_{r2}^2 = 2 u_2 c_{\theta 2} - c_{\theta 2}^2$$

Αυτή η διατύπωση αν αντικατασταθεί στην (1.24a) δίνει

$$\Delta p_r = \frac{1}{2} \rho (2 u_2 c_{\theta 2} - c_{\theta 2}^2) \quad (1.25)$$

Οι εξισώσεις (1.16) και (1.25) μας δίνουν τον βαθμό της αντίδρασης

$$R = \frac{1}{2} c_{\theta 2} / u_2 \quad (1.26)$$

Η εξίσωση (1.26) δίνει τον βαθμό της αντίδρασης για τους τρεις τύπους πτερωτών

A) Πτερύγια με τα καμπύλα πίσω ($\beta_2 < 90^\circ$)

Για τα πτερύγια με τα καμπύλα πίσω $\frac{c_{\theta 2}}{u_2} < 1$

Οπότε ο βαθμός αντίδρασης θα είναι πάντα μικρότερος από τη μονάδα

B) Αξονικά πτερύγια ($\beta_2 = 90^\circ$)

Για τα αξονικά πτερύγια $c_{\theta 2} = u_2$. Οπότε $R = \frac{1}{2}$

Γ) Πτερύγια με τα καμπύλα εμπρός ($\beta_2 > 90^\circ$)

Για τα πτερύγια με τα καμπύλα εμπρός $c_{\theta 2} > u_2$. Αυτό μας δίνει

$$R < \frac{1}{2}$$

Ο συνδυασμός των εξισώσεων (1.9) και (1.26) δίνει

$$R = \frac{1}{2} (1 + \cot \beta_2) \quad (1.27)$$

Μια χρήσιμη σχέση μεταξύ του βαθμού αντίδρασης και της βαθμίδας πίεσης μπορεί να προκύψει

$$\frac{c_{\theta 2}}{u_2} = \frac{1}{2} \psi_{st}$$

Όταν αντικαταστήσουμε αυτή την εξίσωση στην (1.26) παίρνουμε

$$R = 1 - \frac{1}{4} \psi_{st} \quad (1.28)$$

$$\psi_{st} = 4(1 - R) \quad (1.29)$$

Αυτό δείχνει πως η βαθμίδα πίεσης μειώνεται καθώς αυξάνει ο βαθμός αντίδρασης.

1.2.5. Απόδοση βαθμίδας

Το πραγματικό έργο της διάταξης δίνεται

$$W_{st} = u_2 c_{\theta 2}$$

Εδώ το $c_{\theta 2}$ είναι η πραγματική τιμή που λαμβάνεται σε έναν ανεμιστήρα η οποία είναι μικρότερη από την τιμή της εξίσωσης Euler. Λόγω των απωλειών στη διάταξη το ισεντροπικό έργο $\frac{1}{\rho} \Delta p_{st} = v \Delta p_{st}$ είναι μικρότερο από το πραγματικό έργο $u_2 c_{\theta 2}$. Γι' αυτό το λόγο η απόδοση του ανεμιστήρα υπολογίζεται από

$$\eta = \Delta p_{st} / \rho u_2 c_{\theta 2} \quad (1.30)$$

1.3. ΣΧΕΔΙΑΣΤΗΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

Οι φυγοκεντρικοί ανεμιστήρες και φουσητήρες, σε ένα μεγάλο βαθμό, μπορούν να σχεδιαστούν με τα ίδια κριτήρια όπως ένας συμπιεστής χαμηλής πίεσης. Στην βιομηχανία ανεμιστήρων ακόμα και σήμερα πολλοί εμπειρικοί και πειραματικοί τύποι χρησιμοποιούνται για να καθορίσουν ποικίλες παραμέτρους.

1.3.1. Μέγεθος πτερωτής

Όπως φαίνεται και στις θεωρητικές σχέσεις που αναφέρθηκαν νωρίτερα η περιφερειακή ταχύτητα της πτερωτής με δοσμένη γεωμετρία καθορίζεται από την αύξηση της στατικής πίεσης. Γι' αυτό το λόγο για την επιθυμητή τιμή της περιφερειακής ταχύτητας (u_2), υπάρχουν ποικίλοι συνδυασμοί μεταξύ της διαμέτρου της πτερωτής και των περιφερειακών ταχυτήτων. Η διάμετρος της πτερωτής και το πλάτος είναι επίσης καθορισμένα από την παροχή ροής.

Λόγω της ακόμα μικρότερης αύξησης της πίεσης στους ανεμιστήρες, η περιφερειακή ταχύτητα είναι πολύ κάτω από την αναμενόμενη τιμή. Οι ταχύτητες των ανεμιστήρων μπορούν να ποικίλουν μεταξύ 360 και 2940 rpm για έναν κινητήρα εναλλασσόμενου ρεύματος που κινείται στα 50 c/s, διαμέσου πολύ χαμηλότερων ταχυτήτων με τις οποίες λειτούργησαν μερικές άλλες εφαρμογές. Με άλλους συνδυασμούς, μπορούν να επιτευχθούν μεγαλύτερες ταχύτητες.

Η αναλογία μεταξύ των διαμέτρων της πτερωτής καθορίζει το μήκος των πτερυγίων, όσο μικρότερο δηλαδή είναι αυτό το μήκος τόσο μεγαλύτερα είναι τα πτερύγια. Η τιμή για την αναλογία των διαμέτρων δίνεται

$$\frac{d_1}{d_2} \approx 1.2 \varphi^{1/3} \quad (1.31)$$

Με μια μικρή επιτάχυνση της ροής από το κέντρο της πτερωτής μέχρι την είσοδο των πτερυγίων, προτείνεται η ακόλουθη σχέση για την αναλογία των διαμέτρων

$$\frac{d_1}{d_2} = 0.2 \quad (1.32)$$

Οι πτερωτές με τα καμπύλα πίσω είναι στενότερες, δηλαδή $\frac{d_1}{d_2} < 0.2$

1.3.2. Σχήμα πτερυγίων

Ευθεία ή καμπύλα πτερύγια ή πτερύγια σχήματος αεροτομής χρησιμοποιούνται στους φυγοκεντρικούς ανεμιστήρες και φουσητήρες. Τα πτερύγια είναι τοξοειδή ή με διαφορετικές καμπύλες. Μπορεί να είναι είτε κολλημένα είτε καρφωμένα επάνω στην πτερωτή. Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως η κλίση των πτερυγίων στην έξοδο εξαρτάται από το αν έχουν τα καμπύλα πίσω ή μπροστά ή αν είναι αξονικά. Η βέλτιστη γωνία στην είσοδο έχει βρεθεί ότι είναι περίπου 35°.

1.3.3. Αριθμός πτερυγίων

Ο αριθμός των πτερυγίων σε έναν φυγοκεντρικό ανεμιστήρα μπορεί να ποικίλει από 2 μέχρι 64, κάτι το οποίο εξαρτάται από την εφαρμογή στην οποία θα χρησιμοποιηθεί, από το μέγεθος και από τον τύπο. Μικρός αριθμός πτερυγίων δεν είναι κατάλληλος για να μεταχειριστεί τη ροή ενώ μεγάλος αριθμός πτερυγίων περιορίζει τον διαθέσιμο χώρο για να κινηθεί η ροή και οδηγούν σε μεγαλύτερες απώλειες. Οι περισσότερες προσπάθειες για να καθοριστεί ο βέλτιστος αριθμός πτερυγίων έχουν καταλήξει μόνο σε εμπειρικούς τύπους οι οποίοι δίνονται παρακάτω

$$Z = \frac{8.5 \sin \beta_2}{1 - d_1/d_2} \quad (1.33)$$

$$z = 6.5 \left(\frac{d_1 + d_2}{d_2 - d_1} \right) \sin 1/2(\beta_1 + \beta_2) \quad (1.34)$$

$$z = \frac{1}{3} \beta_2 \quad (1.35)$$

1.3.4. Διασκορπιστές και έλικες

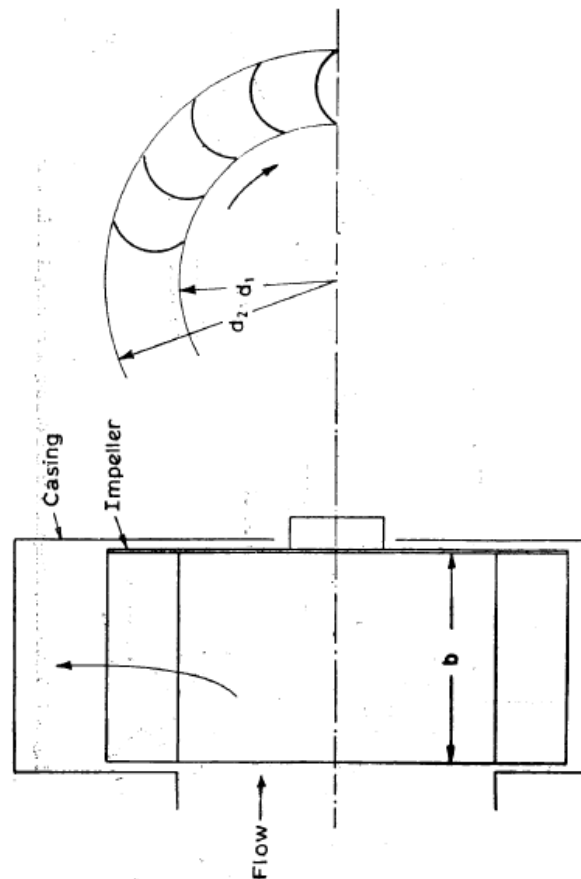
Η στατική πίεση ανακτάται από την κινητική ενέργεια της ροής στην έξοδο της πτερωτής διαχέοντας την ροή σε έναν διαχύτη με ή χωρίς έλικες. Το σπειροειδές κέλυφος ως συλλέκτης της ροής η οποία εξέρχεται από την πτερωτή ή από τον διαχύτη είναι ένα απαραίτητο μέρος του φυγοκεντρικού φουσητήρα.

Η προσθήκη ενός διαχύτη με έλικες σε έναν φουσητήρα μπορεί να αυξήσει την απόδοση σε σχέση με έναν φουσητήρα που απλά έχει το σπειροειδές κέλυφος. Ωστόσο, για την πλειοψηφία των φυγοκεντρικών ανεμιστήρων και φουσητήρων το υψηλό κόστος και το μεγάλο μέγεθος το οποίο προκύπτει από την προσθήκη του διαχύτη υπερτερεί των πλεονεκτημάτων του. Γι' αυτό οι περισσότερες πτερωτές στους φυγοκεντρικούς ανεμιστήρες διοχετεύουν το ρευστό κατ' ευθείαν στο

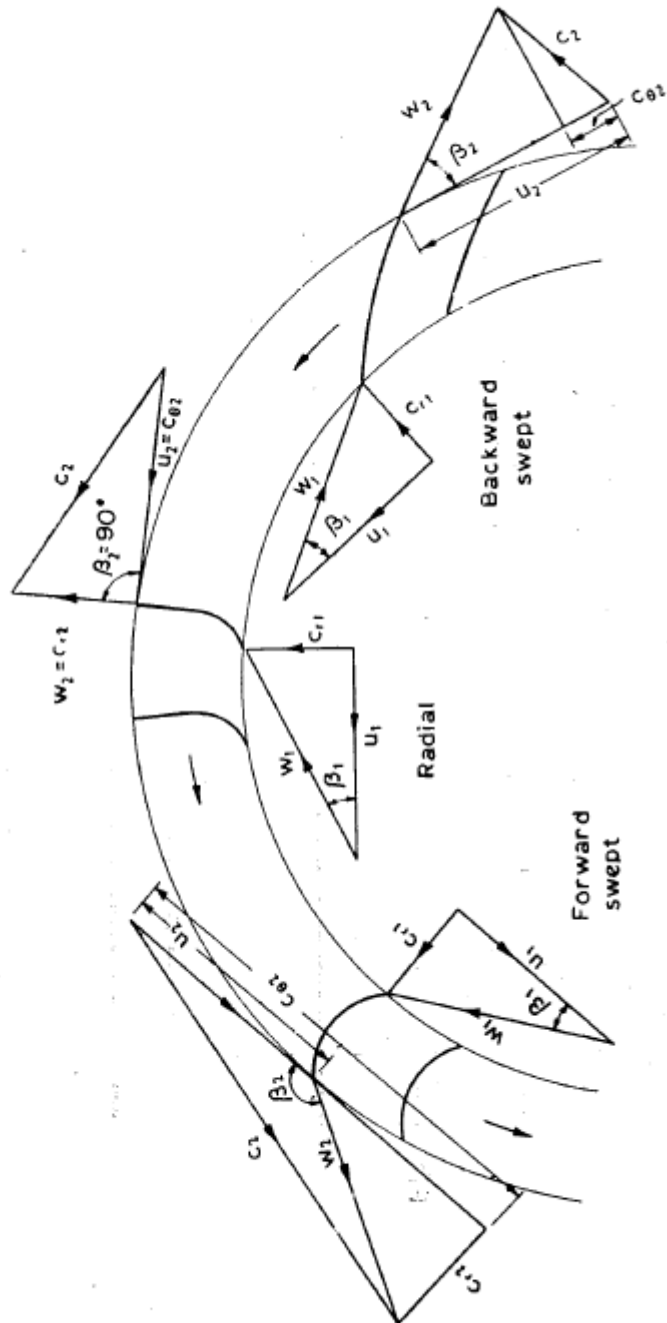
σπειροειδές κέλυφος (Εικ. 1.8,1.9). Μερική ανάκτηση πίεσης μπορεί επίσης να παρουσιαστεί στο σπειροειδές κέλυφος.

Υπάρχει ένας μικρός χώρος χωρίς έλικες μεταξύ της εξόδου από την πτερωτή και της βάσης του σπειροειδούς κελύφους. Η διάμετρος του κύκλου της σπείρας είναι από 1.1 με 1.2 φορές η διάμετρος της πτερωτής. Το πλάτος της σπείρας είναι 1.25 με 2 φορές το πλάτος της πτερωτής στην έξοδο.

Οι σπείρες μπορούν να σχεδιαστούν για σταθερή πίεση ή σταθερή μέση ταχύτητα. Η διατομή του σπειροειδούς κελύφους μπορεί να είναι τετράγωνη, ορθογώνια, κυκλική ή τραπέζια. Η τραπεζοειδή διατομή μπορεί εύκολα να κατασκευαστεί από λεπτά φύλλα μετάλλου, οι υπόλοιπες προκύπτουν από καλούπια.



Εικόνα 1.8: Φυγοκεντρικός ανεμιστήρας τύπου τύμπανου



Εικόνα 1.9: Διαμόρφωση με τρία πτερύγια σε ανεμιστήρα τύπου τύμπανου

1.4. ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑΣ ΤΥΠΟΥ ΤΥΜΠΑΝΟΥ

Ένας φυγοκεντρικός ανεμιστήρας τύπου τύμπανου ή με έλικες φαίνεται στην Εικόνα 8. Έχει ένα μεγάλο αριθμό μικρών κυρτών πτερυγίων. Η αναλογία βάσης-άκρης του πτερυγίου πλησιάζει τη μονάδα. Εξαιτίας αυτού, η εσωτερική διάμετρος μπορεί να διατηρηθεί μεγάλη δίνοντας μια μεγαλύτερη περιοχή για την ροή στην είσοδο. Γι' αυτό τέτοιες πτερωτές είναι κατάλληλες για σχετικά μεγάλες τιμές ροής.

Οι ανεμιστήρες με έλικες πολλαπλού τύπου είναι επίσης γνωστοί ως "σκίουροι" ή Sirocco. Λόγω του μικρού ακτινικού βάθους των πτερυγίων, ο αριθμός τους είναι μεγάλος οπότε δεν είναι αποδοτικός. Το μεγάλο ακτινικό τους μήκος εκτός του ότι είναι κατάλληλο για υψηλότερους ρυθμούς ροής, δίνει επίσης και πιο αεροδυναμική πτερωτή. Ο βαθμός θορύβου αυτού του τύπου είναι σε χαμηλά επίπεδα.

Η Εικόνα 9 δείχνει την διαμορφώσεις που συναντούνται στα τρία είδη πτερωτών. Η ροή υποτίθεται ότι εισέρχεται στα πτερύγια ακτινικά σε κάθε περίπτωση, δηλαδή ο στροβιλισμός στην είσοδο είναι μηδέν.

Για τα πτερύγια με τα καμπύλα πίσω όπως φαίνεται, $w_1 \approx w_2$ και u_2 είναι ελάχιστα μεγαλύτερο από το u_1 . Έτσι ο παράγοντας στροβιλισμού $c_{\theta 2}$ στην έξοδο είναι μικρός παρέχοντας μόνο μια μικρή αύξηση στην στατική πίεση

$$\Delta p_0 = \rho u_2 c_{\theta 2}$$

Στις άκρες των πτερυγίων $w_2 \approx c_{r2}$. Εξαιτίας της γεωμετρίας των πτερυγίων υπάρχει μία αισθητή επιβράδυνση στη ροή ($w_1 > w_2$) σε ένα σχετικά μικρό μήκος. Αυτό οδηγεί σε διαχωρισμό της ροής και σε μικρότερη απόδοση.

Στις πτερωτές με πτερύγια με τα καμπύλα εμπρός, χρησιμοποιούνται πτερύγια με σχεδόν ίδιες γωνίες εισόδου και εξόδου για να αποφευχθεί η επιβράδυνση της ροής που οδηγεί στον διαχωρισμό. Εκτός αυτού, αυτά τα πτερύγια παρέχουν μία μεγάλη τιμή $c_{\theta 2}$, προκαλώντας μεγάλη αύξηση στην πίεση. Γι' αυτό οι φυγοκεντρικοί ανεμιστήρες τύπου τύμπανου λειτουργούν μόνο με πτερύγια με τα καμπύλα εμπρός. Η εξίσωση συνέχειας στην είσοδο και στην έξοδο της πτερωτής δίνει

$$b_1 c_{r1} (\pi d_1 - zt_1) = b_2 c_{r2} (\pi d_2 - zt_2)$$

Η ροή είναι σχεδόν ασυμπίεστη. Το πάχος των πτερυγίων της πτερωτής τα οποία είναι από λεπτά φύλλα μετάλλου αμελητέο και το πάχος του στροφέα είναι σταθερό ($b_1 = b_2 = b$). Οπότε

$$\frac{c_{r1}}{c_{r2}} = \frac{w_1 \sin \beta_1}{w_2 \sin \beta_2} = d_2/d_1 \quad (1.36)$$

Για $w_1 = w_2$

$$\frac{\sin\beta_2}{\sin\beta_1} = d_1/d_2 \quad (1.37)$$

Τα πτερύγια του στροφέα είναι κυκλικά τόξα με $\beta_1 + \beta_2 = 90^\circ$. Οπότε

$$\sin\beta_1 = \sin(90 - \beta_2) = \cos\beta_2 \quad (1.38)$$

$$\sin\beta_2 = \sin(90 - \beta_1) = \cos\beta_1 \quad (1.39)$$

Οπότε αν οι εξισώσεις (1.38) και (1.39) αντικατασταθούν στην (1.37) δίνουν

$$\frac{d_1}{d_2} = \tan\beta_2 \quad (1.40)$$

$$\frac{d_2}{d_1} = \tan\beta_1 \quad (1.41)$$

Τώρα $c_{r2} \cot\beta_2 = \frac{d_1}{d_2} c_{r1} \cot(90 - \beta_1)$

$$c_{r2} \cot\beta_2 = \frac{d_1}{d_2} c_{r1} \tan\beta_1$$

Από το τρίγωνο ταχυτήτων στην είσοδο

$$c_{r1} = u_1 \tan\beta_1$$

Οπότε

$$c_{r2} \cot\beta_2 = \frac{d_1}{d_2} u_1 \tan^2\beta_1 = \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2 u_2 \tan^2\beta_1$$

Αντικαθιστώντας από την (1.41)

$$c_{r2} \cot\beta_2 = u_2 \quad (1.42)$$

Για το τρίγωνο ταχύτητας στην έξοδο

$$c_{\theta 2} = u_2 + c_{r2} \cot\beta_2 = 2u_2 \quad (1.43)$$

$$\Delta p_0 = \rho u_2 c_{\theta 2} = 2 \rho u_2^2 \quad (1.44)$$

Οπότε

$$\psi_r = \frac{\Delta p_0}{\frac{1}{2} \rho u_2^2} = 4 \quad (1.45)$$

Η αύξηση της στατικής πίεσης διαμέσου της πτερωτής είναι

$$\begin{aligned} \Delta p_r &= \frac{1}{2} \rho (u_2^2 - u_1^2) + \frac{1}{2} \rho (w_1^2 - w_2^2) \\ \Delta p_r &= \frac{1}{2} \rho (c_{r1}^2 - c_{r2}^2) \\ \Delta p_r &= \frac{1}{2} \rho c_{r1}^2 (1 - d_1^2/d_2^2) = \frac{1}{2} \rho u_1^2 \tan^2 \beta_1 (1 - \frac{d_1^2}{d_2^2}) \\ \Delta p_r &= \frac{1}{2} \rho u_2^2 (1 - d_1^2/d_2^2) \end{aligned} \quad (1.46)$$

Οι εξισώσεις (1.44) και (1.46) δίνουν τον βαθμό αντίδρασης

$$\begin{aligned} R &= \Delta p_r / \Delta p_0 \\ R &= \frac{1}{4} (1 - d_1^2/d_2^2) \end{aligned} \quad (1.47)$$

1.5. ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΕΣ ΜΕΡΙΚΗΣ ΡΟΗΣ

Η διαμόρφωση ενός φυγοκεντρικού ανεμιστήρα ή φυσητήρα είναι τέτοια ώστε η διαθέσιμη περιοχή στην είσοδο να είναι περιορισμένη λόγω της εσωτερικής διαμέτρου της πτερωτής. Η εξωτερική διάμετρος είναι καθορισμένη σύμφωνα με τη μέγιστη επιτρεπτή περιφερειακή ταχύτητα και το μέγεθος. Ως εκ τούτου, ένας συμβατικός φυγοκεντρικός ανεμιστήρας ή φυσητήρας είναι ακατάλληλος για μεγάλες παροχές ροής.

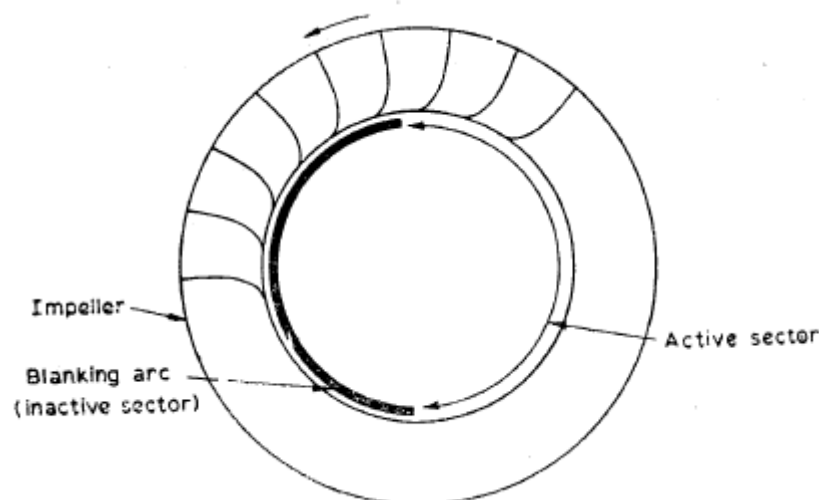
1.5.1. Ανεμιστήρες εξωτερικής ροής

Εκτός από τα μειονεκτήματα της χαμηλής παροχής, το πλάτος της πτερωτής σε πολλούς φυγοκεντρικούς ανεμιστήρες είναι πολύ μικρό. Για μία δοσμένη ροή μια πτερωτή με μικρό πλάτος απαιτεί μεγάλη διάμετρο. Στενές πτερωτές έχουν σχετικά υψηλότερες αεροδυναμικές απώλειες. Οπότε, για να αυξήσουμε το πλάτος της πτερωτής για την επίτευξη υψηλότερης απόδοσης, μια περεταίρω διαμόρφωση είναι απαραίτητη. Αυτό επιτυγχάνεται επιτρέποντας στη ροή την είσοδο σε μια πιο πλατιά

πτερωτή για μόνο ένα μέρος της περιφέρειας του όπως φαίνεται στην Εικόνα 10. Μία τέτοια διαμόρφωση έχει τα μειονεκτήματά της και επιπρόσθετες απώλειες, αλλά ένας βέλτιστος συνδυασμός πλάτους πτερωτής και βαθμού αντίδρασης μπορεί να βρεθεί. Αυτό το σχέδιο μπορεί να αποδειχθεί πολύ χρήσιμο για εφαρμογές με χαμηλές τιμές ροής και υψηλής πίεσης όπου το πλάτος της συμβατικής φυγοκεντρικής πτερωτής με πλήρη εισδοχή είναι μόνο μερικά χιλιοστά.

1.5.2. Ανεμιστήρες διασταυρούμενης ροής

Μία άλλη μέθοδο για να αποφύγουμε το πρόβλημα της χαμηλής ροής σε έναν φυγοκεντρικό φυσητήρα είναι να χρησιμοποιήσουμε μια διάταξη διασταυρούμενης ροής. Μια τέτοια διάταξη αποτελείται από μία συγκριτικά μεγάλη πτερωτή κλειστή και από τα δύο άκρα. Ο αέρας εισέρχεται στην εξωτερική περιφέρεια της πτερωτής από τη μία πλευρά και εξέρχεται από την άλλη όπως φαίνεται και στις Εικόνες 10 και 11. Το κέλυφος της πτερωτής περιορίζει τον αέρα έτσι ώστε να ρέει στρωτά. Έτσι ο αέρας διασχίζει τα πτερύγια της πτερωτής δύο φορές: κατά το πρώτο στάδιο (1-2) διασχίζει προς τα μέσα το δαχτυλίδι της πτερωτής και κατά το δεύτερο στάδιο κατά την εξωτερική κατεύθυνση όπως φαίνεται και στην Εικόνα 11.

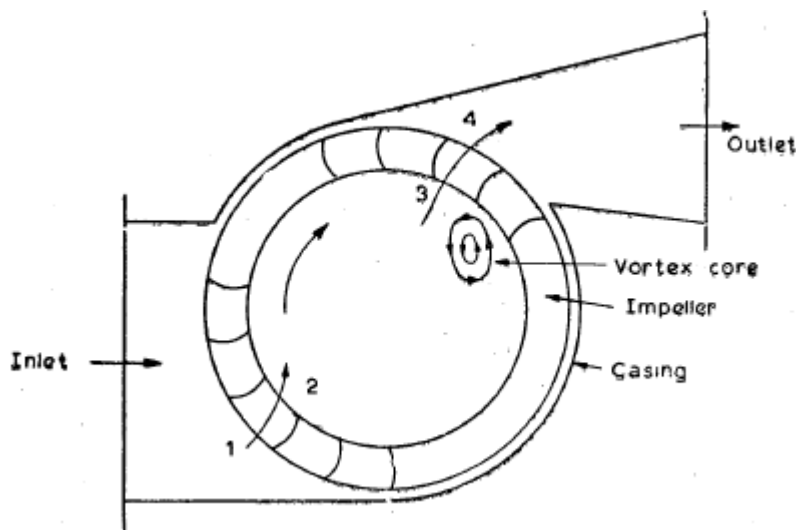


Εικόνα 1.10: Μερική αποδοχή σε ακτινικό ανεμιστήρα εξωτερικής ροής

Έχει αποδειχθεί ότι το βέλτιστο σχήμα για τα πτερύγια για έναν τέτοιο ανεμιστήρα είναι αυτό με τα καμπύλα εμπρός. Ο ανεμιστήρας κυρίως αναπτύσσει μια δυναμική πίεση, δηλαδή επιταχύνει τη ροή από την είσοδο προς την έξοδο. Η ροή επιβραδύνεται στο πρώτο στάδιο (1-2) και επιταχύνεται στο δεύτερο στάδιο (3-4). Ένας τέτοιος ανεμιστήρας μπορεί να επιτύχει υψηλούς συντελεστές πίεσης σε συγκριτικά χαμηλές αποδόσεις. Αφού η μεταβολή της στατικής πίεσης στο εσωτερικό της πτερωτής είναι αμελητέα, ο βαθμός της αντίδρασης είναι μηδέν.

Από τη στιγμή που ο αέρας δεν εισέρχεται κατά μήκος όλης της περιφέρειας της πτερωτής, τότε και αυτός ο ανεμιστήρας είναι τύπου μερικής ροής. Ο ανεμιστήρας διασταυρούμενης ροής αποκαλείται και ανεμιστήρας εφαπτομενικής ροής επειδή η αρχή λειτουργίας του δεν είναι ούτε σαν αυτή του αξονικού ούτε του ακτινικού. Οι τύποι διασταυρούμενης και αποκλίνουσας μερικής ροής είναι παραδείγματα τουρμποκινητήρων όπου το πεδίο ροής δεν είναι αξονοσυμμετρικό.

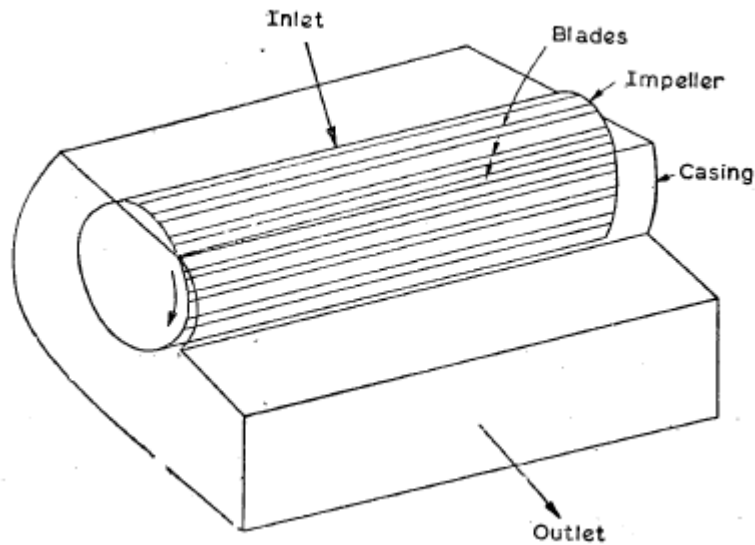
Ο σχεδιασμός του κελύφους αυτού του ανεμιστήρα είναι κρίσιμος. Οι περισσότερες προσπάθειες για να βελτιωθεί αυτός ο ανεμιστήρας έχουν γίνει στο να βελτιωθεί η διαμόρφωση της εισόδου, της εξόδου και του κελύφους. Ο ρόλος του διαχύτη στην έξοδο του ανεμιστήρα είναι πολύ σημαντική επειδή η στατική αποτελεσματικότητα εξαρτάται κατά κύριο λόγο από αυτό.



Εικόνα 1.11: Ανεμιστήρας διασταυρούμενης ροής

Ο ανεμιστήρας διασταυρούμενης ροής είναι μία βελτιωμένη εκδοχή πτερωτής με πτερύγια τύπου κουπιού, η οποία χρησιμοποιείται σε ποικίλες εφαρμογές. Η ιδέα της διασταυρούμενης ροής μπορεί να χρησιμοποιηθεί με μία πτερωτή τύπου τυμπάνου χωρίς το κέλυφος. Έτσι το ρεύμα αέρα που δημιουργείται μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε διάφορες εφαρμογές.

Το κύριο πλεονέκτημα της διασταυρούμενης ροής είναι ότι πρακτικά δεν έχει κανέναν περιορισμό στην μεταχείριση υψηλών ρυθμών ροής. Για μια δοσμένη διάμετρο πτερωτής η ροή είναι ανάλογη του μήκους της. Πτερωτές με μικρότερη διάμετρο μπορούν να λειτουργούν με μεγαλύτερες ταχύτητες και επίσης είναι πιο οικονομικές.



Εικόνα 1.12: Διαμήκης όψη ενός ανεμιστήρα διασταυρούμενης ροής

Αυτοί οι ανεμιστήρες κατασκευάζονται και σε μικρό ($d= 5 \text{ cm}$) και σε μεγάλο ($d= 280 \text{ cm}$) μέγεθος, για μία μεγάλη ποικιλία εφαρμογών σε οικίες και στην βιομηχανία. Ο αγωγός εξόδου ορθογωνικής διατομής διευκολύνει τις ηλεκτρικές αντιστάσεις, όπως στα στεγνωτήρια μαλλιών και γενικότερα σε εφαρμογές με υψηλή θερμοκρασία. Η ρυθμός ροής είναι ασταθής σε έναν ανεμιστήρα διασταυρούμενης ροής λόγω της κατασκευής του. Μία δίνη δημιουργείται (όπως φαίνεται στην Εικόνα 1.12) στην εσωτερική περιφέρεια της πτερωτής κοντά στην έξοδο. Ως αποτέλεσμα, η ροή συγκεντρώνεται προς τον στρόβιλο. Το ακριβές μέγεθος και η θέση του στρόβιλου καθορίζεται από τη ροή. Η ροή διαμέσου του ανεμιστήρα ελέγχεται κατά κύριο λόγο από τον στρόβιλο. Αυτό προκαλεί μια ανακυκλοφορία της ροής στο χώρο της εξόδου του ανεμιστήρα, κάτι το οποίο προκαλεί επιπρόσθετες απώλειες. Το σχήμα του κελύφους και η απόστασή του από την πτερωτή καθορίζει το μέγεθος και την θέση του στρόβιλου που με τη σειρά του επηρεάζει την απόδοση του ανεμιστήρα.

1.6. ΑΠΩΛΕΙΕΣ

Απώλειες εντοπίζονται τόσο στα σταθερά όσο και στα κινητά μέρη του φυγοκεντρικού ανεμιστήρα. Αν λάβουμε υπ' όψιν τις απώλειες, η πραγματική απόδοση του ανεμιστήρα μπορεί να υπολογιστεί θεωρητικά. Οι ποικίλες απώλειες που συναντώνται σε μια διάταξη αναφέρονται παρακάτω.

1) Απώλειες στην είσοδο της πτερωτής

Αυτές οφείλονται στην είσοδο της ροής στο στόμιο όπου η κατεύθυνση της αλλάζει από αξονική σε ακτινική. Οι απώλειες στα πτερώγια της πτερωτής που οφείλονται

στην τριβή και στον διαχωρισμό της ροής λόγω μιας αλλαγής στην διεύθυνση της ροής μπορούν να συνυπολογιστούν.

2)Απώλειες από διαρροή

Ένα καθάρισμα απαιτείται μεταξύ της περιστρεφόμενης περιφέρειας της πτερωτής και του κελύφους στην είσοδο. Αυτό οδηγεί στην διαρροή αέρα και στην διατάραξη της κύριας ροής. Εκτός αυτού, διαρροή προκαλείται και μεταξύ άξονα του ανεμιστήρα και του κελύφους.

3)Απώλειες στην πτερωτή

Αυτές οι απώλειες προκύπτουν τις τριβές και την διάχυση. Εξαρτώνται στην σχετική ταχύτητα, στον ρυθμό διάχυσης και στην γεωμετρία των πτερυγίων.

4)Απώλειες στον διαχύτη και στο σπειροειδές κέλυφος

Οι απώλειες στον διαχύτη προκαλούνται από την τριβή και την διάχυση της ροής. Υπό άλλες σχεδιαστικές συνθήκες υπάρχουν επιπρόσθετες απώλειες λόγω της διεύθυνσης πτώσης. Η ροή από την πτερωτή ή από τον διαχύτη (αν χρησιμοποιείται) εκτίνεται σε μια μεγαλύτερη τομή στο σπειροειδές κέλυφος. Αυτό οδηγεί δε απώλειες λόγω δημιουργίας δίνης. Περαιτέρω απώλειες προκύπτουν λόγω των τριβών στο σπειροειδές περίβλημα και της διάχυσης.

5)Τριβές στον δίσκο

Αυτές οφείλονται στην ιξώδη ροή στο πίσω μέρος της επιφάνειας του δίσκου της πτερωτής.

1.7. ΡΟΥΛΕΜΑΝ ΤΟΥ ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑ

Οι ανεμιστήρες και οι φουσητήρες διαθέτουν απλά κινητά ρουλεμάν, ρουλεμάν με ράουλα και αυτορυθμιζόμενα ρουλεμάν με μπίλιες. Ο τύπος ρουλεμάν που θα χρησιμοποιηθεί εξαρτάται από την ισχύ του ανεμιστήρα και την ταχύτητά του. Οι απώλειες στα ρουλεμάν είναι αμελητέες σε σχέση της απώλειες της διάταξης.

Ένας άξονας ανεμιστήρα είναι ενισχυμένος για να μπορεί να προσαρμοστεί επάνω του και να διευκολύνει την συναρμολόγηση των ρουλεμάν της πτερωτής. Τα κινητά ρουλεμάν λιπαίνονται σε όλη την περιφέρειά τους. Τα συστήματα εξαναγκασμένης λίπανσης απαιτούν μία αντλία λαδιού και έναν ψύκτη το οποίο αυξάνει την τιμή του ανεμιστήρα. Τα ρουλεμάν χρειάζονται ψύξη όταν η θερμοκρασία υπερβαίνει τους 150 °C.

Τα ρουλεμάν διαθέτουν διάφορους τύπους γράσων για την λίπανσή τους. Αφού έχουν λιπανθεί καλά αυτού του τύπου τα ρουλεμάν δεν χρειάζονται συχνή προσοχή και λειτουργούν ικανοποιητική για μεγάλες περιόδους. Ο χρόνος ζωής των

ρουλεμάν εξαρτάται από την θερμοκρασία του περιβάλλοντος και την παρουσία υγρασίας, σκόνης και διαβρωτικών ουσιών.

1.8. ΟΔΗΓΟΙ ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑ

Οι άμεσου συνδυασμού κύριοι κινητήρες είναι ιδανικοί για τις περισσότερες εφαρμογές ανεμιστήρων. Μικροί στροφείς ανεμιστήρων είναι τοποθετημένοι στην επέκταση του κύριου κινητήριου άξονα, αλλά στους ανεμιστήρες μεγάλου μεγέθους οι στροφείς πρέπει να τοποθετούνται σε ξεχωριστές εδράσεις. Οι συζευκτές των αξόνων, κατά προτίμηση, θα πρέπει να είναι ευέλικτοι για να αποφεύγονται οι αποκλίσεις.

Μερικοί ανεμιστήρες και φυσητήρες είναι οδηγούμενοι από ιμάντα. Η κίνηση με πολύ-ιμάντες τύπου V χρησιμοποιείται ευρέως στους ανεμιστήρες μεγάλου μεγέθους. Είναι αθόρυβοι και μπορούν να λειτουργήσουν σε χαμηλή πίεση των ρουλεμάν. Οι μονοί ιμάντες τύπου V χρησιμοποιούνται σε ανεμιστήρες μικρού μεγέθους. Αυτό μπορεί να αξιοποιηθεί ως μία εφαρμογή για να μεταβάλλεται η ταχύτητα μεταβάλλοντας τη διάμετρο της τροχαλίας. Σε αυτή τη διάταξη η απόσταση μεταξύ των δύο μισών της τροχαλίας ποικίλει.

Οι ανεμιστήρες και οι φυσητήρες μπορούν να τεθούν σε κίνηση από διάφορα είδη ηλεκτρικών κινητήρων καθώς επίσης και αεροστροβίλων. Αυτοί είναι ιδανικοί για εφαρμογές μεταβαλλόμενης ταχύτητας.

Οι τριφασικοί κινητήρες επαγωγικού ρεύματος χρησιμοποιούνται συνήθως για σταθερή ταχύτητα. Εκτός του ότι είναι οικονομικοί ανθεκτικοί από κατασκευής, ελλείπει ηλεκτρικών φορτίων, είναι κατάλληλοι να λειτουργούν όταν είναι εκτεθειμένοι σε εύφλεκτα αέρια και σε σκόνη. Διατηρούν την υψηλή τους απόδοση και έχουν αρχική ροπή 1 ½ φορά μεγαλύτερη της ολικής ροπής που μπορούν να αποκτήσουν. Οι ταχύτητες των επαγωγικών κινητήρων έχουν ένα ποικίλουν κατά ένα μικρό εύρος μεταβάλλοντας την συχνότητά τους. Μικροί επαγωγικοί κινητήρες της κλίμακας των 15 kW είναι διαθέσιμοι και σε μονοφασικό ρεύμα.

Για εφαρμογές με σταθερές ταχύτητες, οι επαγωγικοί κινητήρες προτιμούνται από κινητήρες με συνεχές ρεύμα, αλλά για μεταβλητές ταχύτητες οι κινητήρες με συνεχές ένταση είναι ανώτεροι των επαγωγικών.

Οι υδραυλικές συζεύξεις χρησιμοποιούνται επίσης για να παράγουν μεταβλητές ταχύτητες σε ανεμιστήρες και φυσητήρες. Για μικρά φορτία οι μεταβλητές ταχύτητες μπορούν να επιτευχθούν αναπτύσσοντας μια μαγνητική σύζευξη μεταξύ του σταθερής ταχύτητας κινητήρα και του ανεμιστήρα.

1.9. ΘΟΡΥΒΟΣ ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑ

Ο θόρυβος είναι ανεπιθύμητος σε αυτές τις εφαρμογές. Με την καλύτερη κατανόηση των επιπτώσεων που έχει στο περιβάλλον και στους ανθρώπους, ο θόρυβος έχει γίνει ένας σημαντικός παράγοντας στην σχεδίαση, στην εγκατάσταση και στην λειτουργία των ανεμιστήρων και των φυσητήρων. Στις μέρες μας ανεμιστήρες και φυσητήρες που χρησιμοποιούνται σε πολλές εφαρμογές είναι κύρια πηγή θορύβου. Η αποφυγή του θορύβου στα συστήματα εξαερισμού είναι εξίσου σημαντική.

Σε ένα σωστά εγκατεστημένο ανεμιστήρα, ο θόρυβος ο οποίος προέρχεται από τα ρουλεμάν και από τις δονήσεις των διάφορων τμημάτων δεν είναι τόσο σημαντικός όσο ο θόρυβος που δημιουργείται από την αεροδυναμική. Ο τελευταίος οφείλεται στα ποικίλα φαινόμενα ροής που συμβαίνουν στο εσωτερικό του ανεμιστήρα. Ο θόρυβος σε ένα ανοιχτό ανεμιστήρα δημιουργείται εξ' αιτίας του μεταβλητού πεδίου πιέσεων.

Η δημιουργία ρεύματος αέρα στην άκρη των πτερυγίων είναι αναπόφευκτη. Οι αναταράξεις εξ' αιτίας αυτών των ρευμάτων συνεισφέρουν σημαντικά στην δημιουργία του θορύβου. Καθώς αυξάνεται η ένταση των αναταράξεων με την αύξηση της ταχύτητας, αυξάνεται και η ένταση του θορύβου. Ανεμιστήρες με ξεχωριστές ροές δημιουργούν περισσότερο θόρυβο.

Οι κυριότερες αιτίες για την δημιουργία θορύβου από τα αεροδυναμικά φαινόμενα είναι

- 1) Η ροή στην είσοδο και την έξοδο του ανεμιστήρα, δηλαδή ο θόρυβος στην αναρρόφηση και στην κατάθλιψη.
- 2) Η περιστροφή των πτερυγίων διαμέσου του ρευστού
- 3) Το πέρασμα των πτερυγίων μέσω των ρευμάτων του αέρα
- 4) Οι αναταράξεις του αέρα
- 5) Η διατάραξη των δινών από τα πτερύγια
- 6) Ο διασκορπισμός και η στασιμότητα

Μερικές παράμετροι λόγω των οποίων ο θόρυβος εκπέμπεται από τον ανεμιστήρα είναι: τα αεροδυναμικά χαρακτηριστικά, οι διαμορφώσεις των αγωγών στην είσοδο και στην έξοδο, η γεωμετρία του κελύφους, ο σχετικός αριθμός μεταξύ του στροφέα και των πτερυγίων, τα ποσοστά καθαρότητας του ρευστού, το πάχος των πτερυγίων και η ταχύτητα του ανεμιστήρα.

Οι συχνότητες και τα επίπεδα του θορύβου που προκύπτουν είναι της τάξης των 65-8000 Hz και 60-120 dB. Σε σύγκριση με αυτές τις τιμές η κατά προσέγγιση τιμές στα επίπεδα του θορύβου σε κρεβατοκάμαρες και γραφεία είναι 40 και 50 dB αντίστοιχα.

Μερικές μέθοδοι για να μειωθεί ο θόρυβος είναι

- 1) Να λειτουργούν οι ανεμιστήρες στις μέγιστες αποδόσεις τους
- 2) Μεταχείριση ανεμιστήρων χαμηλής ταχύτητας και πίεσης

- 3) Ομοιόμορφη ροή στους αγωγούς
- 4) Χρήση ευέλικτων βάσεων
- 5) Προσθήκη απορροφητικών τοιχωμάτων, καθώς επίσης και οι αγωγοί θα πρέπει να καλυφθούν με απορροφητικά υλικά
- 6) Προσθήκη σιγαστήρων στην αναρρόφηση και στην κατάθλιψη
- 7) Ενίσχυση του πλαισίου
- 8) Καλύτερη λείανση μεταξύ του σπειροειδούς περιβλήματος και του στροφέα στους φυγοκεντρικούς ανεμιστήρες
- 9) Να εσωκλειστεί ο ανεμιστήρας σε ένα απορροφητικό κέλυφος, καθώς επίσης και η επιφάνεια του να επενδυθεί με απορροφητικό υλικό

1.10. ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΩΝ ΛΟΓΩ ΣΚΟΝΗΣ

Μικρή διάβρωση τμημάτων ενός ανεμιστήρα λόγω της σκόνης είναι συνηθισμένη. Ωστόσο σε μερικές εφαρμογές η διάβρωση των πτερυγίων και του κελύφους λόγω της σκόνης είναι σοβαρή. Οι ατμοηλεκτρικοί σταθμοί δεν μπορούν συνέχεια να καίνε την ιδανική ποσότητα άνθρακα. Η περιεκτικότητα της στάχτης μερικές φορές αγγίζει και το 40 %. Εκτός αυτού οι μηχανισμοί απομάκρυνσης της στάχτης μπορεί να επιτρέψουν σε μία αξιόλογη ποσότητα στερεών σωματιδίων να διαφύγουν. Αυτό συμβαίνει ιδιαίτερα σε χαμηλές θερμοκρασίες.

Όταν τα σωματίδια της σκόνης χτυπούν απ' ευθείας τα κινούμενα πτερύγια προκαλούν ραγίσματα στην επιφάνειά τους, ενώ η ροή της σκόνης διαμέσου των διόδων προκαλεί την διάβρωση των επιφανειών. Μερικές πτυχές της διάβρωσης από τη σκόνη δίνονται παρακάτω

- 1) Η φθαρμένη επιφάνεια των πτερυγίων μεταβάλλει την γεωμετρία της ροής σε σχέση με την προκαθορισμένη. Αυτό φαίνεται στην χαμηλή απόδοση του ανεμιστήρα
- 2) Αν σημαντική διάβρωση έχει συμβεί στις ιδιαίτερα ευάλωτες περιοχές, το συγκεκριμένο μέρος μπορεί να αποκοπεί μετά από καιρό
- 3) Η φθορά του στροφέα λόγω της σκόνης είναι ασύμμετρη. Αυτό οδηγεί σε μία αστάθεια του στροφέα και αυξάνει τα φορτία των εδράνων
- 4) Η αστάθεια και η προκαλούμενη δόνηση αυξάνονται περαιτέρω λόγω της συγκέντρωσης σωματιδίων σκόνης στα ήδη φθαρμένα σημεία

Λόγω των προβλημάτων διάβρωσης, η επιλογή του σωστού τύπου ανεμιστήρα είναι σημαντική. Ωστόσο ένας ανεμιστήρας ο οποίος αντέχει περισσότερο τη διάβρωση μπορεί να μην είναι η καλύτερη επιλογή. Η διάβρωση από τη σκόνη έχει φανεί ότι είναι αντιστρόφως ανάλογη με τον συντελεστή πίεσης. Οι φυγοκεντρικοί ανεμιστήρες γενικώς λειτουργούν πέντε φορές περισσότερο από τους αξονικούς ανεμιστήρες, χωρίς σοβαρά προβλήματα από διάβρωση.

Έχει φανεί ότι η διάβρωση είναι περισσότερο σοβαρή στους ανεμιστήρες αξονικού τύπου σε σύγκριση με τους φυγοκεντρικούς. Αυτό οφείλεται στην γεωμετρική διαμόρφωση και στις χαμηλότερες ταχύτητες των τελευταίων.

Η διάβρωση από τη σκόνη μπορεί να ελαττωθεί από:

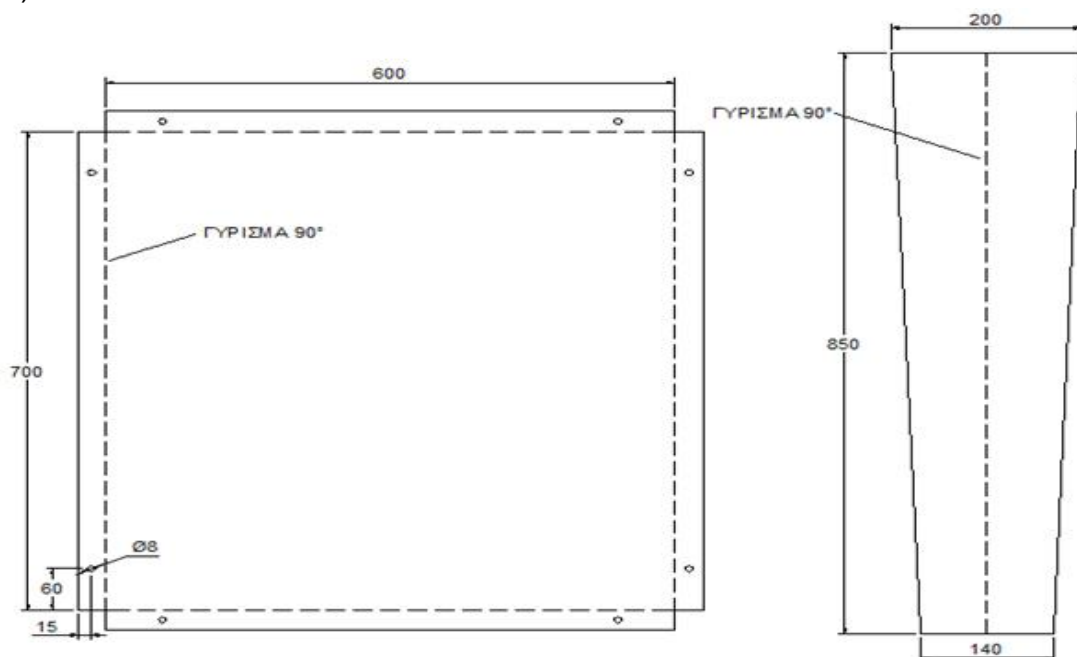
- 1)Εγκατάσταση μιας πιο αποτελεσματικής διάταξης για την αφαίρεση της σκόνης
- 2)Ρύθμιση της ταχύτητας του ανεμιστήρα σύμφωνα με το εκάστοτε φορτίο
- 3)Μείωση της διαστρωμάτωσης
- 4)Χρήση ανεμιστήρων χαμηλών και υψηλών ταχυτήτων
- 5)Παροχή αντιδιαβρωτικών μηχανισμών για τα πτερύγια

2.ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑ

2.1. ΤΜΗΜΑΤΑ ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑ

2.1.1. Βάση στήριξης συσκευής

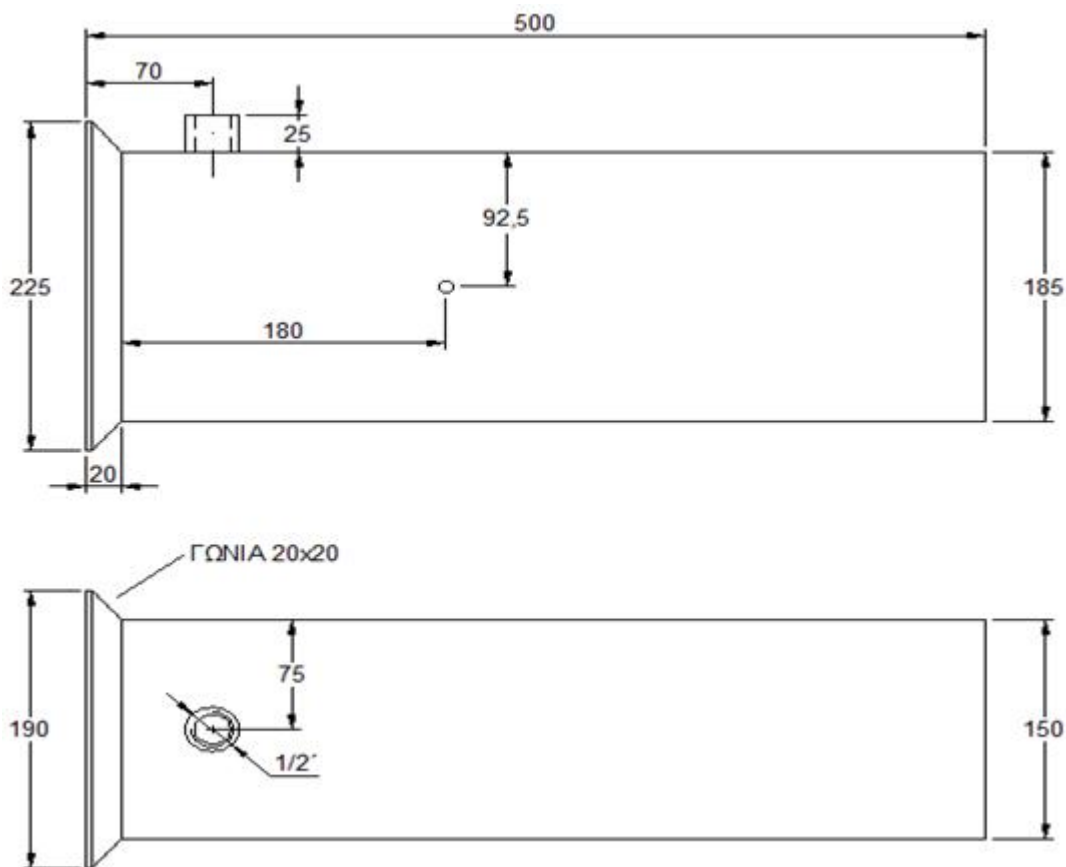
Για τη βάση στήριξης της συσκευής χρησιμοποιήθηκε λαμαρίνα 3 mm όπου με τη βοήθεια του ψαλιδιού κόπηκε στις κατάλληλες διαστάσεις και οι γωνίες της γυρίστηκαν κατά 90 μοίρες με τη χρήση στράτζας. Τέλος οι γωνίες συγκολλήθηκαν με την ηλεκτροσυγκόλληση και λειάνθηκαν με τον λειαντικό τροχό. Για την κατασκευή των ποδιών χρησιμοποιήθηκε λαμαρίνα 3 mm όπου κόπηκε με το ψαλίδι και γυρίστηκε με τη στράτζα κατά 90 μοίρες. Οι διαστάσεις δόθηκαν από την αρχή τέτοιες ώστε το τελικό τους σχήμα να είναι συγκλίνον. Στο κάτω μέρος των ποδιών τοποθετήθηκαν ρυθμιστικές βάσεις στήριξης έτσι ώστε η συσκευή να έχει σταθερότητα. Η σύνδεση της βάσης συσκευής και των ποδιών έγινε με κοχλίες έτσι ώστε εύκολα να μπορεί να αποσυνδεθεί για την ευκολία της μεταφοράς της συσκευής (Εικ. 2.1).



Εικόνα 2.1: Βάση στήριξης συσκευής

2.1.2. Αγωγός κατάθλιψης

Για τον σωλήνα κατάθλιψης χρησιμοποιήθηκε λαμαρίνα 1,5 mm η οποία κόπηκε με το ψαλίδι και γυρίστηκε σε ορθογώνιο σχήμα (185 mm x 150 mm) με τη χρήση της στράτζας. Έπειτα συγκολλήθηκε στη ραφή και λειάνθηκε ώστε να είναι στεγανή. Στο μέρος όπου έγινε η σύνδεση με το κέλυφος του ανεμιστήρα συγκολλήθηκαν γωνίες (20 mm x 20 mm) με κατάλληλα διαμορφωμένες οπές έτσι ώστε να ταιριάζει απόλυτα με τη σύνδεση. Μεταξύ του σωλήνα και της σύνδεσης τοποθετήθηκε φλάντζα για την στεγανοποίηση της ένωσης. Έπειτα κόπηκε λαμαρίνα (Τάμπερ) 1,5 mm έτσι ώστε να τοποθετηθεί στο εσωτερικό του αγωγού κατάθλιψης για να είναι δυνατή, με τη μετακίνηση αυτής της λαμαρίνας, η αυξομείωση της διατομής του σωλήνα . Στο κέντρο αυτής της λαμαρίνας συγκολλήθηκε άξονας έτσι ώστε να εξέρχεται από την μία πλευρά του αγωγού κατάθλιψης. Στο άκρο αυτού του άξονα συγκολλήθηκε μοχλός (δείκτης διαβάθμισης) ώστε να είναι εφικτή η μετακίνηση της εσωτερικής λαμαρίνας από έξω και παράλληλα να διακρίνεται το ποσοστό του ανοίγματος. Στο επάνω μέρος του αγωγού προς το μέρος της σύνδεσης με τον ανεμιστήρα δημιουργήθηκε οπή 12 mm και έπειτα συγκολλήθηκε μούφα 1/2 ίντσας και ύψους 25 mm για την σύνδεση των ελαστικών σωλήνων των μανομέτρων (Εικ.2.2, 2.3, 2.4).



Εικόνα 2.2: Αγωγός κατάθλιψης



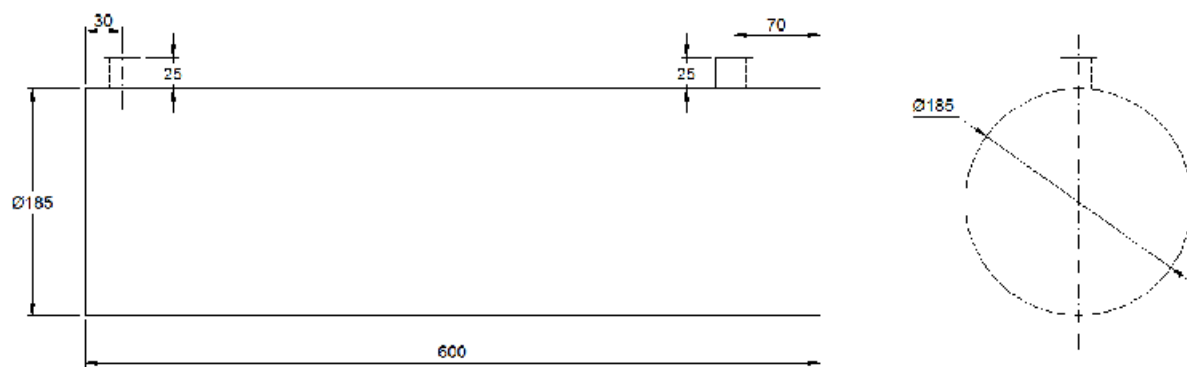
Εικόνα 2.3: Εσωτερικό αγωγού κατάθλιψης με το τάμπερ



Εικόνα 2.4: Σημείο τοποθέτησης σωλήνα μανομέτρου στον αγωγό κατάθλιψης

2.1.3. Αγωγός αναρρόφησης

Για τον σωλήνα αναρρόφησης χρησιμοποιήθηκε λαμαρίνα 1,5 mm η οποία κόπηκε με το ψαλίδι στις κατάλληλες διαστάσεις με τη βοήθεια του τύπου $P = \pi d$ όπου $d = 185$ mm, και γυρίστηκε με τη βοήθεια του κυλίνδρου. Έπειτα συγκολλήθηκε στη ραφή για να στεγανοποιηθεί και έπειτα λειάνθηκε. Στο σωλήνα ανοίχθηκαν δύο οπές 12 mm, μία σε κάθε άκρη του σωλήνα, και συγκολλήθηκαν μούφες $\frac{1}{2}$ ίντσας και 25 mm ύψους η καθεμία, με σκοπό τη σύνδεση των ελαστικών σωλήνων των μανομέτρων. Η σύνδεση της με τον ανεμιστήρα έγινε με τρεις αυτοδιάτρητες βίδες τύπου σταυρού (Εικ. 2.5, 2.6, 2.7).



Εικόνα 2.5: Αγωγός αναρρόφησης



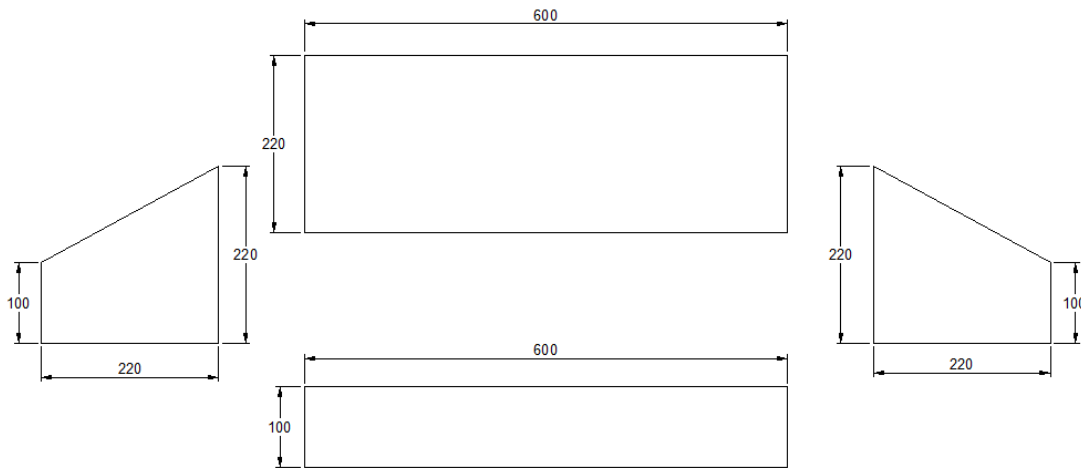
Εικόνα 2.6: Εσωτερικό αγωγού αναρρόφησης



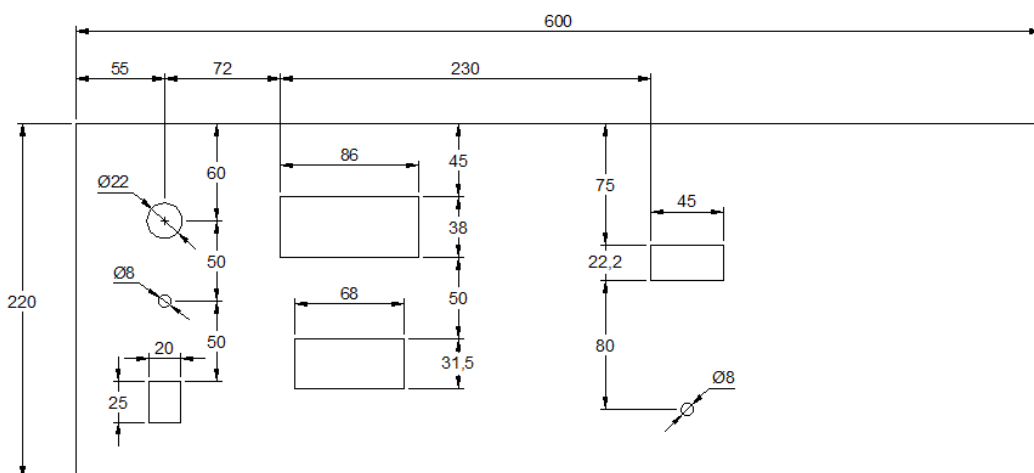
Εικόνα 2.7: Σημείο τοποθέτησης σωλήνα μανομέτρου στον αγωγό αναρρόφησης

2.1.4. Πίνακας ελέγχου

Ο πίνακας ελέγχου αποτελείται από 5 μέρη. Η λαμαρίνα που χρησιμοποιήθηκε είναι 1,5 mm η οποία κόπηκε στις κατάλληλες διαστάσεις με τη χρήση της στράντζας και συγκολλήθηκαν μεταξύ τους και λειάνθηκαν οι γωνίες τους έτσι ώστε να σχηματίσουν ένα κεκλιμένο παραλληλεπίπεδο το οποίο συνδέθηκε με τη βάση της συσκευής με αυτοδιάτρητες βίδες τύπου σταυρού. Στο επάνω μέρος του παραλληλεπιπέδου τοποθετήθηκε λαμαρίνα η οποία έχει υποστεί περεταιίρω διαμόρφωση. Αναλυτικότερα ανοίχθηκαν οπές κατάλληλες για ελεύθερη συναρμογή των ψηφιακών οργάνων μέτρησης και διακοπών. Το συγκεκριμένο κομμάτι συνδέεται με το κεκλιμένο παραλληλεπίπεδο με αυτοδιάτρητες βίδες τύπου σταυρού (Εικ. 2.8, 2.9, 2.10).



Εικόνα 2.8: Λαμαρίνες πίνακα ελέγχου



Εικόνα 2.9: Πίνακας Ελέγχου



Εικόνα 2.10: Πίνακας Ελέγχου κατασκευής

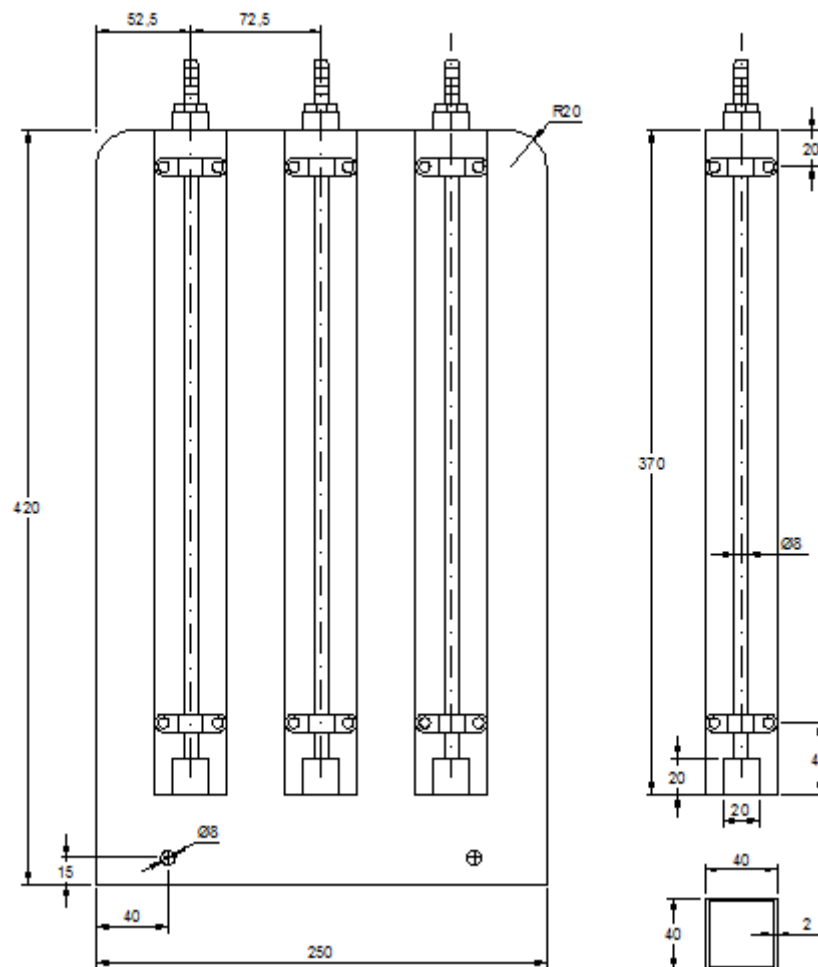
2.1.5. Προσθήκη άξονα (Φ20) στον άξονα του ηλεκτροκινητήρα για τη μέτρηση στροφών

Με τη βοήθεια του τόννου δημιουργήθηκε κατάλληλος άξονας διαμέτρου Φ 20 και σπειρώματος M6. Ανοίχθηκε οπή στον ήδη υπάρχων άξονα του ηλεκτροκινητήρα και δημιουργήθηκε εσωτερικό σπείρωμα με σκοπό τη σύνδεση του με τον άξονα διαμέτρου Φ 20. Στο κέλυφος του ηλεκτροκινητήρα συγκολλήθηκαν και διατρήθηκαν κατάλληλα ελάσματα για την στερέωση του αισθητήρα μέτρησης στροφών. Στον άξονα Φ 20 τοποθετήθηκε με εποξική κόλλα μικρό έλασμα 8mm x 1 mm (οι διαστάσεις του οποίου βρέθηκαν από πίνακες του κατασκευαστή του αισθητήρα). Ο αισθητήρας αυτός λειτουργεί με τη δημιουργία παλμών κάτι το οποίο προϋποθέτει μία διαβάθμιση στην διάμετρο του άξονα και γι' αυτό τοποθετήθηκε το έλασμα.

2.1.6. Πίνακας μανομέτρων και μανόμετρα

Για τον πίνακα μανομέτρων χρησιμοποιήθηκε λαμαρίνα 3 mm η οποία διαμορφώθηκε στις κατάλληλες διαστάσεις με τη βοήθεια της στράντζας και λειάνθηκαν οι γωνίες της με τον λειαντικό τροχό. Στο κάτω μέρος της λαμαρίνας ανοίχθηκαν δύο οπές διαμέτρου 8 mm για την στερέωση της στη βάση στήριξης. Για την κατασκευή των μανομέτρων χρησιμοποιήθηκε στραντζαριστό 40mm x 40mm x 2mm από όπου κόπηκαν με τη βοήθεια του τροχού κοπής τρία κομμάτια ύψους 370 mm. Στο πλάγιο κάτω μέρος του στραντζαριστού αφαιρέθηκε τμήμα 20mm x 20mm με σκοπό την είσοδο του ελαστικού σωλήνα στο εσωτερικό του στραντζαριστού.

Έπειτα στο κάτω μέρος συγκολλήθηκε και λειάνθηκε μεταλλική τάπα. Στο πάνω μέρος δημιουργήθηκε κατάλληλη μεταλλική τάπα με οπή στο κέντρο της έτσι ώστε να τοποθετηθεί ο σύνδεσμος του ελαστικού σωλήνα και συνδέθηκε με δύο αυτοδιάτρητες βίδες τύπου σταυρού. Γυάλινος σωλήνας τοποθετήθηκε με κατάλληλες βάσεις στήριξης (μία στο πάνω μέρος του και μία στο κάτω) στο στραντζαριστό και συνδέθηκε στο κάτω μέρος του με τον ελαστικό σωλήνα. Δίπλα από τον γυάλινο σωλήνα κολλήθηκε βαθμονομημένος κανόνας με σκοπό την ανάγνωση των μετρήσεων. Το κάθε ένα από τα τρία μανόμετρα συνδέθηκε με αυτοδιάτρητες βίδες στον πίνακα μανομέτρων. Τέλος συνδέθηκαν με ελαστικούς σωλήνες με τον αγωγό κατάθλιψης και αναρρόφησης (εικ. 1.11, 2.12).



Εικόνα 2.11: Πίνακας Μανομέτρων - Μανόμετρα



Εικόνα 2.12: Πίνακας μανομέτρων κατασκευής

2.1.7. Τοποθέτηση φυγοκεντρικού ανεμιστήρα στη βάση στήριξης

Το κέλυφος του φυγοκεντρικού ανεμιστήρα μαζί με τον ηλεκτροκινητήρα συνδέθηκαν με τη βάση στήριξης στην κατάλληλη θέση με βίδες M8 (Εικ. 2.13).



Εικόνα 2.13: Φυγοκεντρικός ανεμιστήρας και ηλεκτροκινητήρας κατασκευής

2.1.8. Βαφή κατασκευής

Αφού λειάνθηκαν και καθαρίστηκαν όλα τα μέρη της κατασκευής, το κάθε ένα μέρος ξεχωριστά βάφτηκε με μία στρώση ασταριού και έπειτα με δύο στρώσης κατάλληλου χρώματος με τη χρήση πιστολιού βαφής.

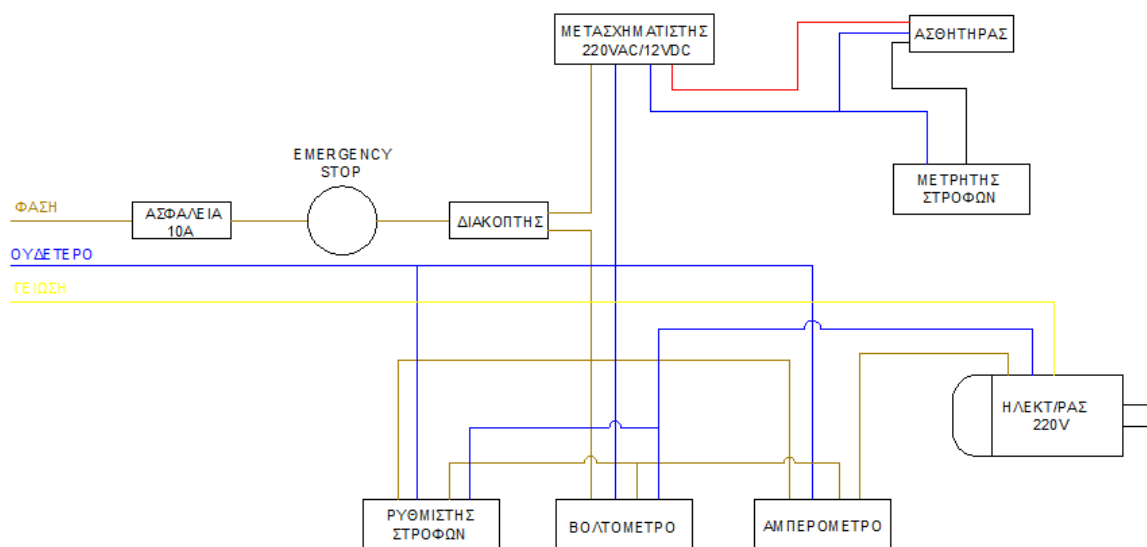
2.2. ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

Στο ένα από τα πόδια βάσης στήριξης τοποθετήθηκε πρίζα βιομηχανικού τύπου. Έπειτα στην κατάλληλα διαμορφωμένη λαμαρίνα του πίνακα τοποθετήθηκαν:

1. Ο διακόπτης on – off
2. Ο διακόπτης emergency stop
3. Η ασφαλειοθήκη
4. Το βολτόμετρο AC 0 – 300 Volt
5. Το αμπερόμετρο AC 0 – 5 Amber
6. Μετρητής στροφών
7. Ποτενσιόμετρο (ρυθμιστής στροφών)

Από το καλώδιο της φάσης της πρίζας συνδέουμε διαδοχικά την ασφαλειοθήκη, τον διακόπτη emergency stop και τον διακόπτη on - off. Έπειτα από τον διακόπτη on – off έχουμε δύο εξόδους φάσης όπου η μία συνδέεται με την είσοδο του μετασχηματιστή, ο οποίος μετατρέπει την τάση του ρεύματος από 220 Volt εναλλασσομένου ρεύματος AC σε 12 Volt συνεχούς ρεύματος DC. Ο λόγος για τον οποίο τοποθετήθηκε ο μετασχηματιστής είναι επειδή ο αισθητήρας στροφών έχει τάση λειτουργίας 12 Volt συνεχούς ρεύματος DC. Έπειτα συνδέουμε την έξοδο του μετασχηματιστή της φάσης με τον αισθητήρα στροφών. Ο αισθητήρας συνδέεται με το μετρητή στροφών και με την έξοδο του ουδέτερου (COM) του μετασχηματιστή ο οποίος συνδέεται και με τον μετρητή στροφών. Η δεύτερη έξοδος φάσης του διακόπτη on – off συνδέεται με την είσοδο του ρυθμιστή στροφών, την είσοδο του βολτόμετρου και την είσοδο του αμπερομέτρου. Από τον ρυθμιστή στροφών παίρνουμε τη φάση εξόδου και τη συνδέουμε διαδοχικά στην έξοδο του βολτόμετρου όπου θα μετρήσει την τάση του και μετά τη συνδέουμε με την έξοδο του αμπερομέτρου όπου θα μετρήσει την ένταση του ρεύματος και θα την στείλει στην φάση του ηλεκτροκινητήρα. Ο ουδέτερος συνδέεται με την είσοδο του μετασχηματιστή, με την είσοδο του βολτόμετρου και με την είσοδο του αμπερομέτρου. Την έξοδο του ουδέτερου του ρυθμιστή στροφών τη συνδέουμε με την έξοδο του ουδέτερου του βολτομέτρου και τέλος με τον ηλεκτροκινητήρα. Η γείωση συνδέεται με τον ηλεκτροκινητήρα.

Στη συνέχεια παραθέτουμε το ηλεκτρικό διάγραμμα (Εικ. 2.14).



Εικόνα 2.14: Ηλεκτρικό διάγραμμα

3.ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΕΡΓΑΛΕΙΑ

3.1. ΥΛΙΚΑ

Τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν είναι τα εξής:

1. Λαμαρίνα μαύρη 3 mm
2. Λαμαρίνα μαύρη 1,5 mm
3. Στραντζαριστό 40 mm x 40 mm x 2 mm
4. Γωνία 20 mm x 20 mm
5. Μούφα μαύρη ½ ίντσα
6. Συστολές ½ ίντσα – ¼ ίντσα
7. Κυλινδρικός άξονας Φ 8
8. Κυλινδρικός άξονας Φ 22
9. Αυτοδίτρητες βίδες τύπου σταυρού
10. Βίδες M8 x 25mm
11. Βάσης στήριξης γυάλινου σωλήνα
12. Ελαστικός σωλήνας
13. Γυάλινος σωλήνας Φ 8
14. Σύνδεσμοι ελαστικού σωλήνα
15. Βολτόμετρο
16. Αμπερόμετρο
17. Ρυθμιστής στροφών
18. Μετρητής στροφών
19. Μετασχηματιστής
20. Ασφαλειοθήκη
21. Διακόπτης on – off
22. Διακόπτης emergency stop
23. Αισθητήρας
24. Βιομηχανική πρίζα
25. Ηλεκτρικά καλώδια
26. Ασφάλεια 10 amber
27. Ποτενσιόμετρο
28. Ελαστικός βαθμονομημένος κανόνας
29. Λάμα 15mm x 3mm (δείκτης τάμπερ)
30. Ηλεκτροκινητήρας
31. Φυγοκεντρικός ανεμιστήρας
32. Μούφες ¼ ίντσα

3.2. ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΥΛΙΚΩΝ

Παρακάτω φαίνεται ο συγκεντρωτικός πίνακας των υλικών με τις αντίστοιχες λεπτομέρειες:

α/α	Υλικό	Τεμάχια	Κόστος (€)	Σύνολο
1	Φυγοκεντρικός Ανεμιστήρας - Ηλεκτροκινητήρας	1	150	150
2	Λαμαρίνα (2 m x 1 m x 3 mm) (μαζί επεξεργασία)	1	30	30
3	Σταντζαριστό (40 mm x 40 mm x 2mm)	3	8	24
4	Λαμαρίνα (2 m x 1 m x 1,5 mm) (μαζί επεξεργασία)	1	15	15
5	Αξονας (Φ 22) (μαζί επεξεργασία)	1	15	15
6	Αξονας (Φ 8) (μαζί επεξεργασία)	1	3	3
7	Μούφες 1/2 ίντσα	3	1,2	3,6
8	Συστολή 1/2 - 1/4	3	1,2	3,6
9	Σύνδεσμος για ελαστικό σωλήνα	9	1	9
10	Μούφες 1/4 ίντσα	3	1,2	3,6
11	Ελαστικός σωλήνας (m)	5	5	25
12	Γυάλινος σωλήνας (m)	1	8	8
13	Βάση στήριξης γυάλινου σωλήνα	6	0,5	3
14	Βίδες M8 x 25mm	16	0,15	2,4
15	Αυτοδιάτρητες	20	0,05	1
16	Βαθμονομιμένος κανόνας	1	10	10
17	Γωνιά 20mm x 20mm	1	10	10
18	Βολτόμετρο πίνακα 0-300 AC	1	20	20
19	Μετρητής παλμών LR5N - B	1	30	30
20	Αισθητήρας RP08- 2DN	1	29	29
21	Αμπερόμετρο AC MT4Y	1	70	70
22	Ασφαλειοθήκη	1	1,2	1,2
23	Ασφάλειες 10 Amber	10	0,1	1
24	Ποτενσιόμετρο	1	5	5
25	Ρυθμιστής στροφών	1	50	50
26	Διακόπτης on - off	1	1	1
27	Διακόπτης emergency stop	1	7	7
28	Μετασχηματιστής	1	40	40
29	Βιομηχανική πρίζα	1	10	10
30	Καλώδιο (m)	3	1,2	3,6
			Σύνολο	584

3.3.ΕΡΓΑΛΕΙΑ

Τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν φαίνονται στις παρακάτω παραγράφους:

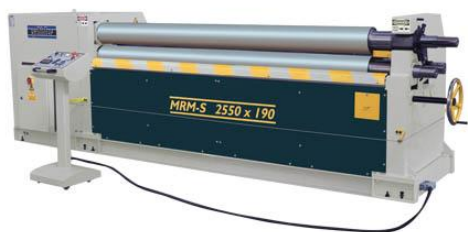
3.3.1. Ψαλίδι



3.3.2. Στράντζα



3.3.3. Κύλινδρος



3.3.4. Ηλεκτροσυγκόλληση MIG



3.3.5. Δισκοπρίονο



3.3.6. Τροχός λείανσης



3.3.7. Φορητό δράπανο



3.3.8. Σταθερό δρέπανο



3.3.9. Κολλητήρι ηλεκτρονικών κυκλωμάτων



3.3.10. Πιστόλι βαφής



3.3.11. Εργαλεία χειρός



3.3.12. Τόρνος



4.ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

4.1. ΟΔΗΓΙΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Να διαβάσετε προσεκτικά της οδηγίες λειτουργίας πριν θέσετε τον φυγοκεντρικό ανεμιστήρα σε λειτουργία ή επέμβετε με οποιοδήποτε τρόπο σε αυτόν. Μέσα από τις σελίδες των οδηγιών ασφάλειας γίνεται η προσπάθεια να αντιμετωπιστούν όλοι οι πιθανοί κίνδυνοι. Όμως να προσεχθούν αυτοί που έχουν παραμείνει.

Οι οδηγίες για την ασφάλεια αναφέρονται:

- Στο χειριστή του φυγοκεντρικού ανεμιστήρα
- Στους σπουδαστές
- Στους καθηγητές
- Στον συντηρητή του μηχανήματος

Η μη συμμόρφωση στις οδηγίες μπορεί να προκαλέσει σοβαρές βλάβες είτε στη μηχανή είτε στους ανθρώπους. Η διαδικασία του πειράματος θα πρέπει πάντοτε να γίνεται υπό την επιτήρηση καθηγητή.

Η περιοχή εγκατάστασης του φυγοκεντρικού ανεμιστήρα θα πρέπει να είναι καθαρή από ξένα προς την εγκατάσταση αντικείμενα καθώς και στεγνή.

Η μεταφορά του μηχανήματος θα πρέπει να γίνεται με ιδιαίτερη προσοχή.

Κατά την ηλεκτρική εγκατάσταση τηρήστε τις οδηγίες που προβλέπονται για την ηλεκτρική τάση.

Να χρησιμοποιούνται μόνο μπαλαντέζες που τηρούν τα μέτρα ασφάλειας και φέρουν μονωτικό πλαίσιο.

Συνδέστε το μηχάνημα μόνο σε εγκατάσταση και σε πρίζες ρεύματος που είναι εφοδιασμένες με αποτελεσματική γείωση.

Σε περίπτωση που η πρίζα δεν είναι συμβατή με τον ρευματολήπτη (Φις) του φυγοκεντρικού ανεμιστήρα προβείτε σε αντικατάσταση της πρίζας σε άλλη κατάλληλου τύπου.

Η ηλεκτρική ασφάλεια του φυγοκεντρικού ανεμιστήρα είναι διασφαλισμένη όταν είναι συνδεδεμένος σωστά σε μία αποτελεσματικά γειωμένη εγκατάσταση.

Εάν σημειωθεί στο δίκτυο διακύμανση τάσης πρέπει να προβείτε σε άμεση διακοπή λειτουργίας και κλείσιμο του ηλεκτρικού διακόπτη του ανεμιστήρα.

Πριν την έναρξη της λειτουργίας του μηχανήματος βεβαιωθείτε ότι όλοι διατηρούν τις προκαθορισμένες αποστάσεις από το μηχάνημα.

Πριν την κάθε επέμβαση επισκευής να φροντίζεται να είναι το μηχάνημα εκτός λειτουργίας.

Σε περίπτωση που το μηχάνημα δεν χρησιμοποιείται για ένα διάστημα να τεθεί εκτός λειτουργίας.

Η αντικατάσταση των εξαρτημάτων και των καλωδίων να γίνονται με ομοειδή υλικά.

Κατά τη λειτουργία του ανεμιστήρα πρέπει να αποφεύγεται η άμεση επαφή με τους σωλήνες αναρρόφησης και κατάθλιψης.

Να αποφεύγεται η εναπόθεση υγρών στη βάση στήριξης του φυγοκεντρικού ανεμιστήρα λόγω ηλεκτροπληξίας.

Κατά την επισκευή να δίνεται μεγάλη προσοχή στα εναπομείναντα ηλεκτρικά ρεύματα.

Προσοχή στους γυάλινους σωλήνες κατά τη μετακίνηση του μηχανήματος.

4.2. ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ

Να γίνεται αλλαγή της μπαταρίας του μετρητή στοφών.

Να γίνεται αλλαγή του νερού των μανομέτρων.

Να λιπαίνονται τα μέρη που τίθενται σε λειτουργία (Τάμπερ).

Να ελέγχεται το διάκενο του αισθητήρα από το έλασμα του άξονα (Απαραίτητο διάκενο 2mm).

Να γίνεται ανά τακτά χρονικά διαστήματα έλεγχος στις καλωδιώσεις.

5.ΟΔΗΓΟΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ

1. Αδυναμία εκκίνησης κινητήρα
 - A. Μη προβλεπόμενη ονομαστική τάση στον ηλεκτροκινητήρα
 - B. Χαλασμένοι διακόπτες (on – off , emergency stop)
 - Γ. Καμένη ασφάλεια
 - Δ. Αποσύνδεση καλωδίων στο ηλεκτρικό κύκλωμα
 - E. Διακοπή ρεύματος στην ηλεκτρική εγκατάσταση
 - ΣΤ. Ελαττωματικός πυκνωτής

2. Παρουσίαση προβλήματος στην ένδειξη μανομέτρων
 - A. Ύπαρξη άλατος στο νερό
 - B. Δεν γίνεται καλή εφαρμογή του σωλήνα στους συνδέσμους
 - Γ. Χαλάρωση σύσφιξης συστολών στις μούφες
 - Δ. Ανωμαλίες στον ελαστικό σωλήνα
 - E. Σπασμένος γυάλινος σωλήνας

3. Παρουσίαση προβλήματος στην ένδειξη μετρητή στροφών
 - A. Αλλαγή μπαταρίας στο μετρητή στροφών
 - B. Έλεγχος του διακένου μεταξύ αισθητήρα και ελάσματος
 - Γ. Αλλαγή αισθητήρα
 - Δ. Αποσύνδεση καλωδίων στον αισθητήρα
 - E. Λανθασμένη συνδεσμολογία
 - ΣΤ. Λανθασμένη κλίμακα στροφών
 - Z. Ελαττωματικοί διακόπτες
 - Θ. Καμένη ασφάλεια

4. Παρουσίαση προβλήματος στην ένδειξη του βολτόμετρου
 - A. Μη προβλεπόμενη τάση στις εισόδους
 - B. Ελαττωματικοί διακόπτες
 - Γ. Καμένη ασφάλεια
 - Δ. Λανθασμένη συνδεσμολογία
 - E. Μεγάλη διακύμανση ηλεκτρικής τάσης

5. Παρουσίαση προβλήματος στην ένδειξη αμπερομέτρου
 - A. Μη προβλεπόμενη τάση στις εισόδους
 - B. Ελαττωματικοί διακόπτες
 - Γ. Καμένη ασφάλεια
 - Δ. Λανθασμένη συνδεσμολογία
 - E. Μεγάλη διακύμανση ηλεκτρικής τάσης

6. Παρουσίαση προβλήματος στη λειτουργία ρυθμιστή στροφών

A. Καμένη ασφάλεια

B. Καμένη ασφάλεια του ρυθμιστή

Γ. Μη προβλεπόμενη τάση στις εισόδους

Δ. Λανθασμένη συνδεσμολογία με το ποτενσιόμετρο

Ε. Αποσύνδεση καλωδίων

ΣΤ. Λανθασμένη συνδεσμολογία φάσης και ουδετέρου

Z. Λανθασμένη επιλογή ποτενσιόμετρου

7. Παρουσίαση προβλήματος στην λειτουργία μετασχηματιστή

A. Μη προβλεπόμενη τάση στην είσοδο

B. Καμένος πυκνωτής μετασχηματιστή

Γ. Λανθασμένη επαφή των καλωδίων των εισόδων με τις εισόδους των πηνίων

6. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

Για τον σχεδιασμό των χαρακτηριστικών καμπύλων φυγοκεντρικού ανεμιστήρα πρέπει να υπολογίσουμε την τιμή της παροχής, την διαφορά πίεσης στην κάθε μέτρηση (ΔP), τον βαθμό απόδοσης (η) και τη μηχανική ισχύ ($P_{μηχ}$). Για κάθε ένα από αυτά τα μεγέθη έχουμε προκαθορισμένους τύπους, μερικοί όμως χρειάζονται μετασχηματισμούς για να βρεθεί το τελικό αποτέλεσμα.

6.1.ΠΑΡΟΧΗ

$$Q = k \times A \times U \quad (m^3) \quad (6.1)$$

Όπου: k = σταθερά για τους σωλήνες αναρρόφησης και κατάθλιψης ($= 0,8$)

A = Διατομή σωλήνα (m^2)

U = Ταχύτητα ($\frac{m}{s}$)

Ο συγκεκριμένος τύπος με αντικατάσταση των επιμέρους μεγεθών μετασχηματίζεται ως εξής:

$$Q = k \times \pi \times \frac{d^2}{4} \times U \quad (m^3) \quad (6.2)$$

Όπου: $\pi \times \frac{d^2}{4} = A$ (m^2), d = διάμετρος σωλήνα (m)

Για τον υπολογισμό της ταχύτητας από της εξίσωση Bernoulli έχουμε:

$$P = \frac{1}{2} \times \rho \times U^2 \quad (\frac{kg \cdot m}{s^2}) \quad (6.3)$$

Όπου: ρ = η πυκνότητα του αέρα ($\frac{kg}{m^3}$)

U = η ταχύτητα του αέρα στην είσοδο του σωλήνα αναρρόφησης ($\frac{m}{s}$)

Λύνοντας ως προς την ταχύτητα:

$$U = \sqrt{\frac{2 \cdot P_{στ}}{\rho}} \quad (\frac{m}{s}) \quad (6.4)$$

Όπου: $P_{στ}$ η πίεση του αέρα στην είσοδο του σωλήνα αναρρόφησης

Στον παραπάνω τύπο από την καταστατική εξίσωση των αερίων βρίσκουμε την τιμή της πυκνότητας συναρτήσει της πίεσης και της θερμοκρασίας.

$$P \times V = N \times R \times T \quad (6.5)$$

Όπου: P = η ατμοσφαιρική πίεση

V = ο όγκος του αέρα (m^3)

N = ο αριθμός γραμμομορίων (mol)

R = η παγκόσμια σταθερά των αερίων ($= 287 \frac{J}{kg K}$)

T = η θερμοκρασία του αέρα στις συνθήκες του χώρου διεξαγωγής του πειράματος.

Με τον κατάλληλο μετασχηματισμό της καταστατικής εξίσωσης μπορούμε να πάρουμε την τιμή της πυκνότητας:

$$P \times V = \frac{m}{M} \times R \times T$$

Όπου: $\frac{m}{M} = N$

Διαιρώντας και τα δύο μέλη με τον όγκο (V) παίρνουμε την εξής μορφή της καταστατικής εξίσωσης

$$P = \frac{m}{V} \times \frac{R T}{M}$$

Και επειδή ο όρος $\frac{m}{V}$ ($=\rho$) είναι η πυκνότητα ο παραπάνω τύπος μετασχηματίζεται ως εξής:

$$P = \rho \times \frac{R T}{M}$$

Λύνοντας ως προς ρ έχουμε:

$$\rho = \frac{P_{atm}}{R T_{atm}} \quad \left(\frac{kg}{m^3} \right) \quad (6.6)$$

Αντικαθιστώντας στην εξίσωση (2) το αποτέλεσμα για την πυκνότητα που βρήκαμε έχουμε:

$$U = \sqrt{\frac{2 P_{out} R T_{atm}}{P_{atm}}}$$

Τέλος αντικαθιστώντας την ταχύτητα στην εξίσωση (6.1) έχουμε :

$$Q = k \times \pi \times \frac{d^2}{4} \times \sqrt{\frac{2 P_{out} R T_{atm}}{P_{atm}}} \quad (6.7)$$

Από αυτόν τον τύπο, αφού ξέρουμε όλα τα μεγέθη μπορούμε να υπολογίσουμε την παροχή.

6.2. ΔΙΑΦΟΡΑ ΠΙΕΣΗΣ

Η διαφορά πίεσης στην όλη κατασκευή υπολογίζεται από την αφαίρεση των πιέσεων στην κατάθλιψη και στην αναρρόφηση χωρίς τον υπολογισμό των απωλειών τριβής

$$\Delta P = P_k - P_a \text{ (mmΣΥ)} \quad (6.8)$$

Για να μετατρέψουμε τις μονάδες πίεσης από mmΣΥ (mm Στήλης Ύδατος) σε Pascal έχουμε την σχέση πως 1mmΣΥ = 9,81 Pascal, οπότε:

$$\Delta P \text{ (Pa)} = \Delta P \text{ (mmΣΥ)} \times 9,81 \text{ Pa}$$

6.2.1. Μετατροπή μονάδων πίεσης από mmΣΥ σε Pascal:

Έστω ότι έχουμε μία μέτρηση 13 mmΣΥ. Για την μετατροπή της μέτρησης σε Pascal έχουμε:

$$13 \text{ mmΣΥ} \times 9,81 \text{ Pa} = 127,53 \text{ Pa}$$

$$\text{Pa} = \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}^2}$$

Ακόμα σε περίπτωση που χρειαστεί, παραθέτουμε και την σχέση των μονάδων Pascal με αυτών των bar:

$$1 \text{ bar} = 1,014 \times 10^5 \text{ Pascal}$$

6.3. ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ

$$\eta = \frac{P_{\omega\phi}}{P_{\mu\eta\chi}} \quad (6.9)$$

Όπου: $P_{\omega\phi} = \Delta P \times Q$, ($\frac{\text{kg} \cdot \text{m}^3}{\text{s}^2}$), ολική ισχύς του αέρα

$$P_{\mu\eta\chi} = \eta_{HK} \times P_{\eta\lambda} \text{ (Watt = } \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^3}{\text{s}^2} \text{)}, \text{ η ισχύς της πτερωτής}$$

Όπου: η_{HK} = ο βαθμός απόδοσης του ηλεκτροκινητήρα (0,86)

$$P_{\eta\lambda} = \text{η ισχύς του ηλεκτροκινητήρα (Watt = } \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^3}{\text{s}^2} \text{)}$$

$$P_{\eta\lambda} = V \times I \times \cos\phi \quad (6.10)$$

Όπου: V = η τάση του ηλεκτροκινητήρα (Volt)

I = η ένταση του ρεύματος του ηλεκτροκινητήρα (Amber)

$\cos\phi$ = σταθερά που δείχνει το ποσοστό της φαινομενικής ισχύς που μετατρέπεται σε πραγματική από τον κινητήρα (0,93)

Οι τιμές για το $P_{\omega\phi}$ και το $P_{\eta\lambda}$ υπολογίζονται για κάθε μέτρηση ξεχωριστά επειδή σε κάθε μέτρηση αλλάζουν οι τιμές της διαφοράς πίεσης, της έντασης και της τάσης. Οι υπολογισμοί αυτοί θα γίνουν για την κατασκευή των διαγραμμάτων.

Παρακάτω θα παραθέσουμε αναλυτικά τον υπολογισμό μίας μέτρησης για να φανεί η διαδικασία που ακολουθείται κάθε φορά.

6.4.ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

6.4.1.Διαγραμμα ΔP- Q

Για να κατασκευάσουμε το διάγραμμα ΔP – Q πρέπει να υπολογίσουμε τη διαφορά πίεσης μεταξύ της κατάθλιψης και της αναρρόφησης και την παροχή την οποία έχουμε στο στόμιο του σωλήνα αναρρόφησης.

Οι τιμές που έχουμε για την πρώτη μέτρηση είναι οι εξής:

α/α	ΤΑΜΠΕΡ (%)	$P_{\sigma\tau}$ (mmΣΥ)	P_{α} (mmΣΥ)	P_{κ} (mmΣΥ)	V (Volt)	A (Amber)	n (rpm)
1	100	-30	-18	8	228	1,97	1365

Τύποι που θα χρησιμοποιηθούν:

- $\Delta P = P_{\kappa} - P_{\alpha}$ (mmΣΥ)
- $\Delta P (Pa) = \Delta P(\text{mm}\Sigma\Upsilon) \times 9,81$
- $Q = k \times \pi \times \frac{d^2}{4} \times \sqrt{\frac{2 P_{\omega\phi} R T_{\alpha} t m}{P_{\alpha} t m}}$

Για τον υπολογισμό του πρώτου σημείου έχουμε:

Βήμα 1: Υπολογισμός της διαφοράς πίεσης

$$\Delta P = P_{\kappa} - P_{\alpha} = 8 - (-18) = 26 \text{ mm}\Sigma\Upsilon$$

Βήμα 2: Μετατροπή μονάδων από mmΣΥ σε Pascal:

$$\Delta P (Pa) = \Delta P (\text{mm}\Sigma\Upsilon) \times 9,81 \text{ Pa} = 26 \text{ mm}\Sigma\Upsilon \times 9,81 \text{ Pa} = 255,06 \text{ Pa} \left[Pa = \frac{\text{kg}}{\text{m s}^2} \right]$$

Βήμα 3: Υπολογισμός της παροχής

A. Μετατροπή της $P_{\sigma\tau}$ σε Pascal

$$P_{στ} = 30 \text{ mmΣΥ} \times 9,81 \text{ Pa} = 294,3 \text{ Pa}$$

B. Αντικαθιστούμε στον τύπο της παροχής

$$Q = 0,8 \times 3,14 \times \frac{(0,185\text{m})^2}{4} \times \sqrt{\frac{2 \times 294,3 \text{ Pa} \times 287 \frac{\text{J}}{\text{kg K}} \times 298 \text{ K}}{100000 \text{ Pa}}} = 0,482 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Βρήκαμε τις δύο πρώτες τιμές για το διάγραμμα ΔP – Q. Αυτές θα αποτυπωθούν στο συγκεκριμένο διάγραμμα και αφού επαναληφθεί η διαδικασία για όλες τις μετρήσεις θα σχηματιστεί η χαρακτηριστική καμπύλη.

6.4.2.Διαγραμμα η- Q

Για να κατασκευάσουμε το διάγραμμα η – Q πρέπει να υπολογίσουμε τον βαθμό απόδοσης. Την παροχή την υπολογίσαμε στην παραπάνω παράγραφο.

Οι τιμές που έχουμε για την πρώτη μέτρηση είναι οι εξής:

α/α	ΤΑΜΠΕΡ (%)	P _{στ} (mmΣΥ)	P _α (mmΣΥ)	P _κ (mmΣΥ)	V (Volt)	A (Amber)	n (rpm)
1	100	-30	-18	8	228	1,97	1365

Τύποι που θα χρησιμοποιηθούν:

1. $P_{\omega\varphi} = \Delta P \times Q$
2. $P_{\eta\lambda} = V \times I \times \cos\varphi$
3. $P_{\mu\eta\chi} = \eta_{HK} \times P_{\eta\lambda}$
4. $\eta = \frac{P_{\omega\varphi}}{P_{\mu\eta\chi}}$

Για τον υπολογισμού του πρώτου σημείου έχουμε:

Βήμα 1: Από το προηγούμενο διάγραμμα έχουμε υπολογίσει το ΔP και το Q οπότε μπορούμε να υπολογίσουμε το P_{ωφ}, την ωφέλιμη ισχύ δηλαδή που έχει ο αέρας κατά την είσοδο του στην διάταξη.

$$P_{\omega\varphi} = \Delta P \times Q = 255,06 \text{ Pa} \times 0,482 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 122,99 \text{ Watt} \left[\text{Watt} = \frac{\text{kg m}^2}{\text{s}^2} \right]$$

Βήμα 2: Υπολογίζουμε την P_{ηλ}, την ισχύ δηλαδή του ηλεκτροκινητήρα.

$$P_{\eta\lambda} = V \times I \times \cos\varphi = 228 \text{ Volt} \times 1,97 \text{ Amber} \times 0,93 = 417,718 \text{ Watt}$$

Βήμα 3: Αφού υπολογίσαμε το $P_{\eta\lambda}$ μπορούμε να υπολογίσουμε το $P_{\mu\eta\chi}$, την ισχύ δηλαδή της πτερωτής η οποία είναι μικρότερη από την ισχύ του κινητήρα όπως φαίνεται και από τον πολλαπλασιασμό της $P_{\eta\lambda}$ με τον βαθμό απόδοσης ηλεκτροκινητήρα 0,84

$$P_{\mu\eta\chi} = \eta_{HK} \times P_{\eta\lambda} = 0,84 \times 417,718 \text{ Watt} = 350,884 \text{ Watt}$$

Βήμα 4: Αφού υπολογίσαμε και τους δύο όρους ($P_{\omega\phi}$, $P_{\mu\eta\chi}$) μπορούμε τώρα να υπολογίσουμε και τον ολικό βαθμό απόδοσης.

$$\eta = \frac{P_{\omega\phi}}{P_{\mu\eta\chi}} = \frac{122,99 \text{ Watt}}{350,884 \text{ Watt}} = 0,351$$

Βρήκαμε τον ολικό βαθμό απόδοσης ο οποίος αντιστοιχεί στο πρώτο σημείο του διαγράμματος $\eta - Q$, και έχοντας ήδη υπολογίσει την παροχή Q τοποθετώντας και τις δύο τιμές στο διάγραμμα παίρνουμε το πρώτο σημείο. Ακολουθώντας την ίδια διαδικασία και για τις υπόλοιπες τιμές βρίσκουμε και τα υπόλοιπα σημεία.

6.4.3. Διαδικασία κατασκευής του διαγράμματος $P_{\mu\eta\chi} - Q$:

Για την κατασκευή του συγκεκριμένου διαγράμματος έχουμε ήδη υπολογίσει το $P_{\mu\eta\chi}$ και το Q οπότε η διαδικασία είναι πιο εύκολη. Απλά τοποθετούμε τα σημεία επάνω στο διάγραμμα και χαράζουμε την χαρακτηριστική καμπύλη. Τα παραπάνω διαγράμματα κατασκευάστηκαν για να βρούμε το ΑΣΡ (Άριστο Σημείο Λειτουργίας). Για να βρούμε το εν λόγω σημείο ακολουθούμε την εξής διαδικασία:

Βρίσκουμε στο διάγραμμα $\eta - Q$ τον μέγιστο βαθμό απόδοσης. Σε αυτό το σημείο χαράσουμε μία κάθετη γραμμή ως προς τον άξονα των τιμών της παροχής Q . Αυτή η κάθετη γραμμή τέμνει τον άξονα της παροχής σε ένα σημείο καθώς επίσης και τα άλλα δύο διαγράμματα. Η τιμή της παροχής που βλέπουμε πως περνάει από αυτό το σημείο είναι η παροχή που μπορεί να μας δώσει η συσκευή μας. Η τιμή που τέμνει το διάγραμμα της $\Delta P - Q$ είναι η διαφορά πίεσης που μπορεί να επιτύχει η συσκευή μας και η τιμή που τέμνει το διάγραμμα $P_{\mu\eta\chi} - Q$ είναι η ισχύς που μπορεί να δώσει η πτερωτή της συσκευής. Όλες αυτές τις τιμές η συσκευή μας τις παρουσιάζει για τον μέγιστο βαθμό απόδοσης. Παρατηρεί κάποιος πως οι τιμές των ΔP , $P_{\mu\eta\chi}$ και Q δεν είναι οι μέγιστες, αλλά είναι οι τιμές οι οποίες μπορεί να αποδώσει η συσκευή όταν λειτουργεί στα μέγιστά της.

Σε αυτό το σημείο πρέπει να αναφέρουμε πως ο συγκεκριμένος ηλεκτροκινητήρας είναι μεταχειρισμένος και λόγω της προηγούμενης χρήσης που έχει υποστεί δεν είναι αρκετά ικανοποιητική η απόδοσή του. Βέβαια, οι συνθήκες κάτω από τις οποίες διεξήχθη το πείραμα δεν ήταν σταθερές κατά τη διάρκεια του πειράματος. Οι συνθήκες οι οποίες επικρατούν στο χώρο διεξαγωγής ενός πειράματος επηρεάζουν αρκετά τα αποτελέσματα αυτού. Ειδικά όταν ένα πείραμα γίνεται υπό μη σταθερές συνθήκες (δηλαδή όχι σε κατάλληλο χώρο με σταθερή θερμοκρασία, υγρασία και με τα κατάλληλα υλικά), τότε ίσως οι αποκλίσεις είναι μεγαλύτερες. Οπότε αν συμψηφίσουμε τις δύο αυτές παραμέτρους κατανοούμε την μερική απόκλιση στις μετρήσεις που παρατηρείται.

6.5. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΚΑΜΠΥΛΕΣ

Παρακάτω θα παρατεθούν οι πίνακες με τις τιμές μετρήσεων και τα σχετικά διαγράμματα. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν τέσσερις φορές για να υπάρξει επαναληψιμότητα στις τιμές και να έχουμε όσο δυνατόν καλύτερη προσέγγιση και σωστά αποτελέσματα. Οπότε θα παραθέσουμε και τους τέσσερις πίνακες των μετρήσεων μαζί με τα αποτελέσματα τους και τις χαρακτηριστικές καμπύλες για την κάθε περίπτωση.

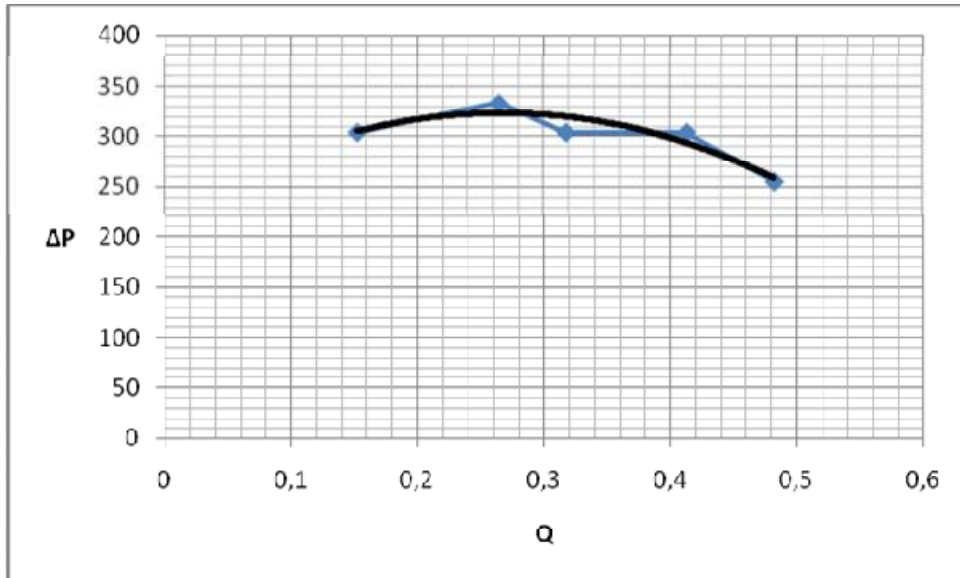
1η Σειρά Μετρήσεων

α/α	ΤΑΜΠΕΡ (%)	$P_{στ}$ (mmΣΥ)	P_{α} (mmΣΥ)	P_{κ} (mmΣΥ)	V (Volt)	A (Amber)	n (rpm)
1	100	-30	-18	8	228	1,97	1365
2	75	-22	-20	11	226	1,89	1405
3	50	-13	-15	16	221	1,83	1460
4	25	-9	-9	25	219	1,86	1465
5	0	-3	-1	30	220	1,8	1470

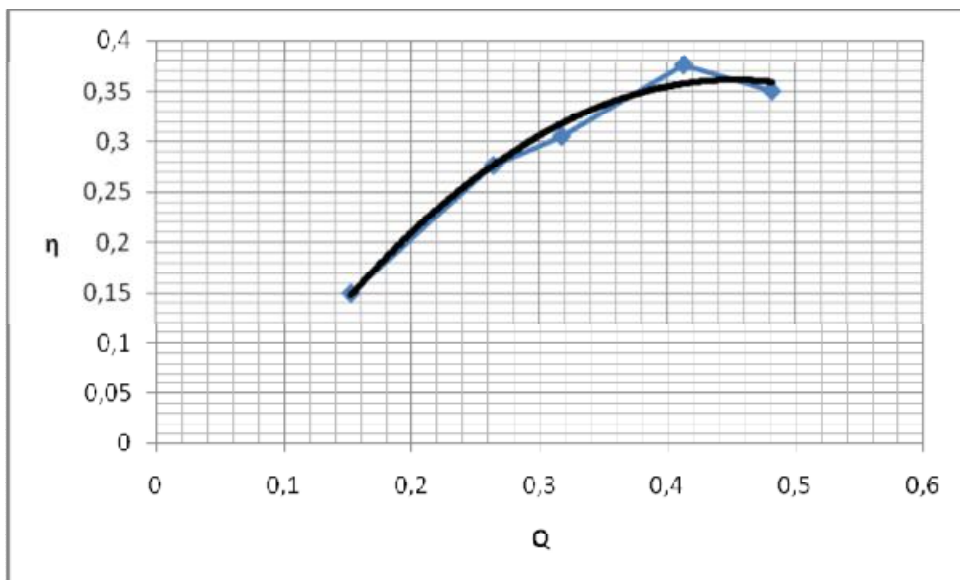
Πίνακας 6.1 – Πρώτη σειρά μετρήσεων

α/α	$\Delta P (P_{\alpha})$	Q (m ³ /s)	η	$P_{μηχ}$ (Watt)	$P_{ηλ}$ (Watt)	$P_{ωφ}$ (Watt)
1	255,06	0,482239	0,350543	350,8838	417,7188	122,9999
2	304,11	0,4129648	0,376367	333,6818	397,2402	125,5867
3	304,11	0,3174486	0,305561	315,9407	376,1199	96,53928
4	333,54	0,2641332	0,276854	318,214	378,8262	88,09898
5	304,11	0,1524974	0,149912	309,3552	368,28	46,37597

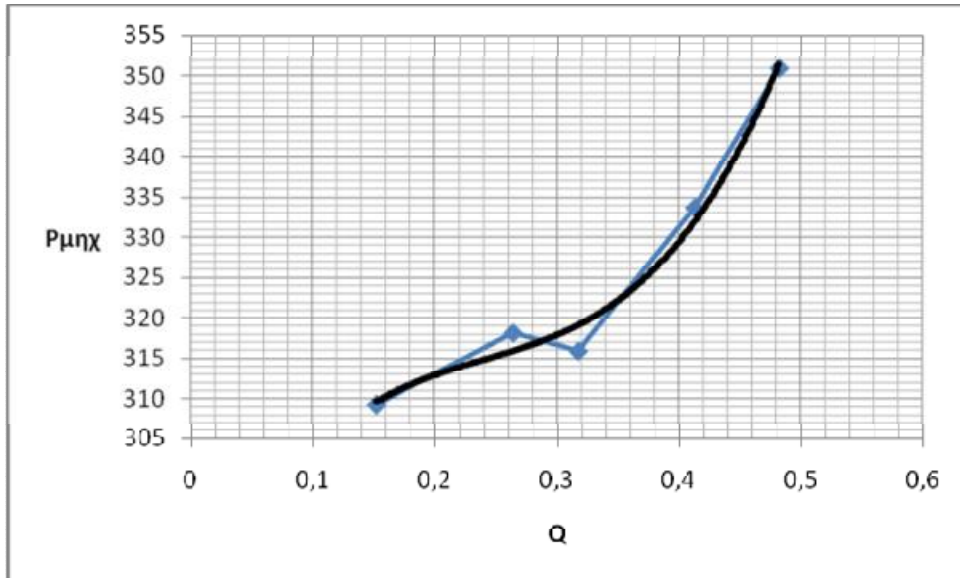
Πίνακας 6.2 – Αποτελέσματα υπολογισμών από Πίνακα 1



Πίνακας 6.3 – Χαρακτηριστική καμπύλη $\Delta P - Q$



Πίνακας 6.4 – Χαρακτηριστική καμπύλη $\eta - Q$



Πίνακας 6.5 – Χαρακτηριστική καμπύλη $P_{μηχ} - Q$

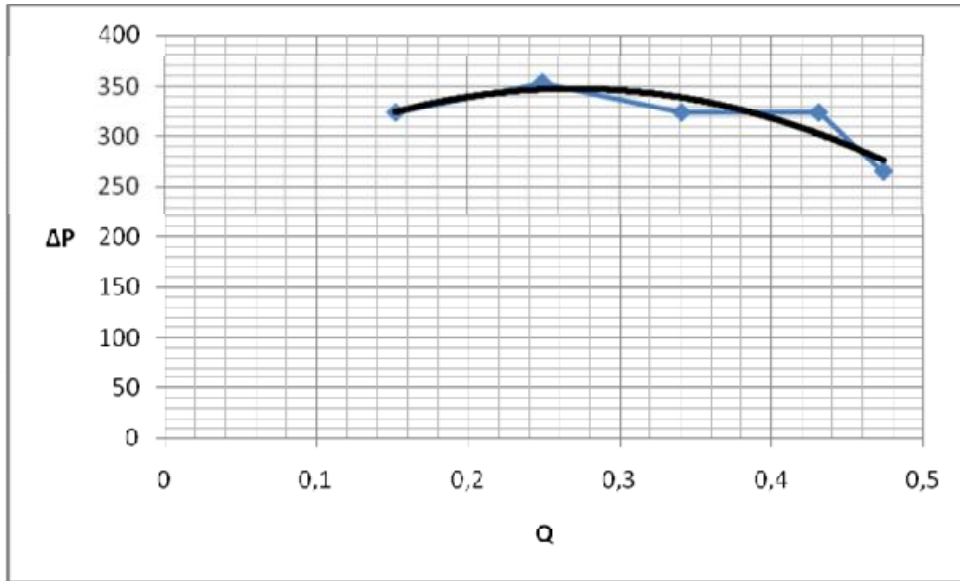
2^η Σειρά Μετρήσεων

α/α	ΤΑΜΠΕΡ (%)	$P_{στ}$ (mmΣΥ)	$P_{α}$ (mmΣΥ)	$P_{κ}$ (mmΣΥ)	V (Volt)	A (Amber)	n (rpm)
1	100	-29	-19	8	229	1,98	1365
2	75	-24	-22	11	226	1,9	1400
3	50	-15	-16	17	221	1,82	1450
4	25	-8	-10	26	218	1,85	1465
5	0	-3	-4	29	220	1,8	1465

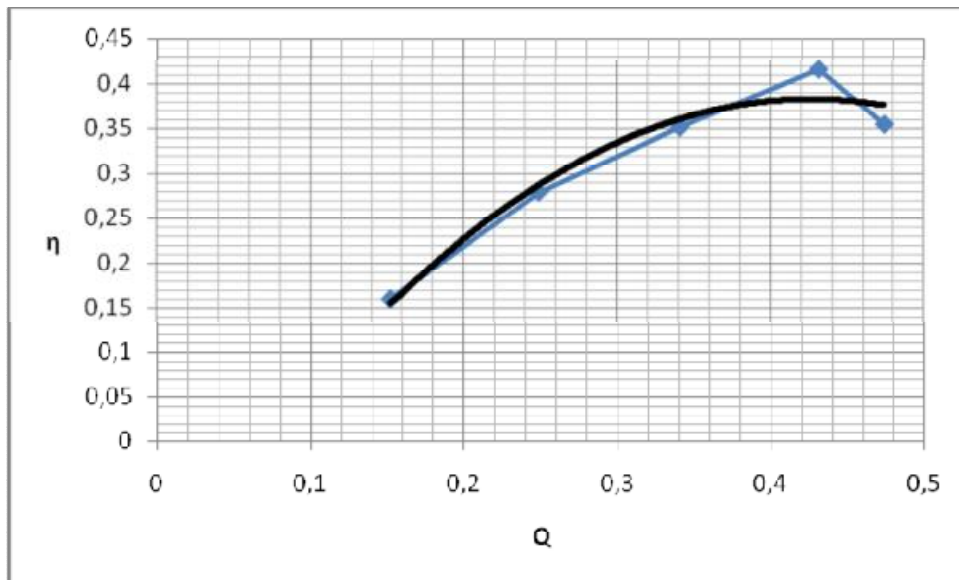
Πίνακας 6.6 – 2^η σειρά μετρήσεων

α/α	ΔP ($P_{α}$)	Q (m^3/s)	η	$P_{μηχ}$ (Watt)	$P_{ηλ}$ (Watt)	$P_{ωφ}$ (Watt)
1	264,87	0,474134	0,354544	354,2117	421,6806	125,5838
2	323,73	0,431328	0,416261	335,4473	399,342	139,6337
3	323,73	0,340994	0,351321	314,2143	374,0646	110,3901
4	353,16	0,249027	0,279144	315,058	375,069	87,94642
5	323,73	0,152497	0,159583	309,3552	368,28	49,36797

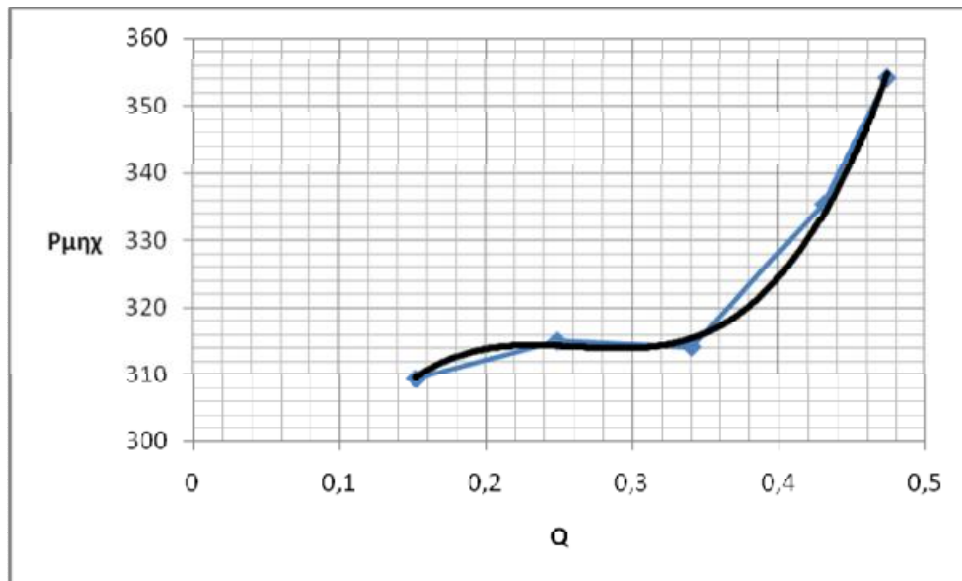
Πίνακας 6.7 – Αποτελέσματα υπολογισμών από Πίνακα 6



Πίνακας 6.8 – Χαρακτηριστική καμπύλη $\Delta P - Q$



Πίνακας 6.9 – Χαρακτηριστική καμπύλη $\eta - Q$



Πίνακας 6.10 – Χαρακτηριστική καμπύλη $P_{μηχ} - Q$

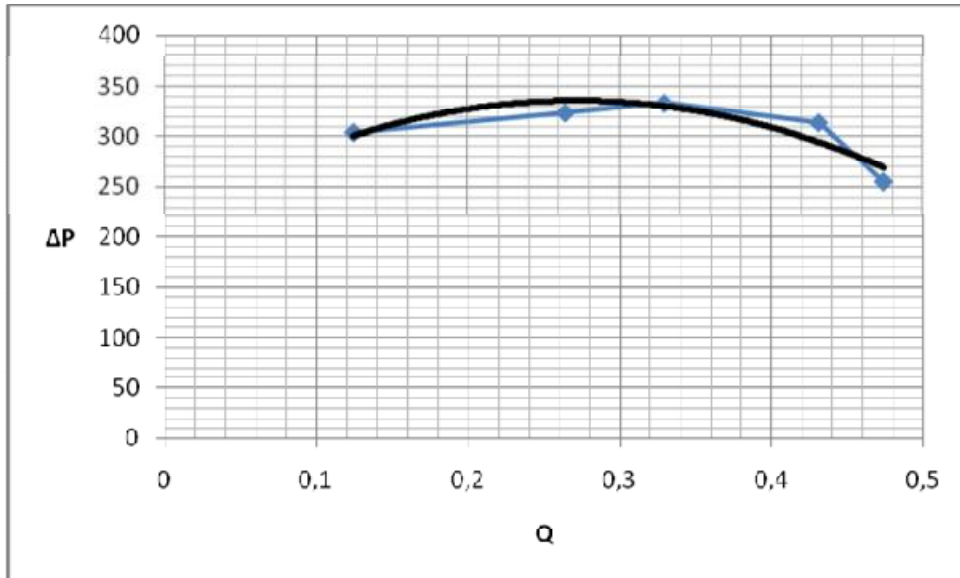
3^η Σειρά Μετρήσεων

α/α	ΤΑΜΠΕΡ (%)	$P_{στ}$ (mmΣΥ)	$P_{α}$ (mmΣΥ)	$P_{κ}$ (mmΣΥ)	V (Volt)	A (Amber)	n (rpm)
1	100	-29	-18	8	228	1,96	1365
2	75	-24	-20	12	226	1,92	1400
3	50	-14	-16	18	221	1,82	1450
4	25	-9	-9	24	218	1,86	1460
5	0	-2	-1	30	219	1,8	1470

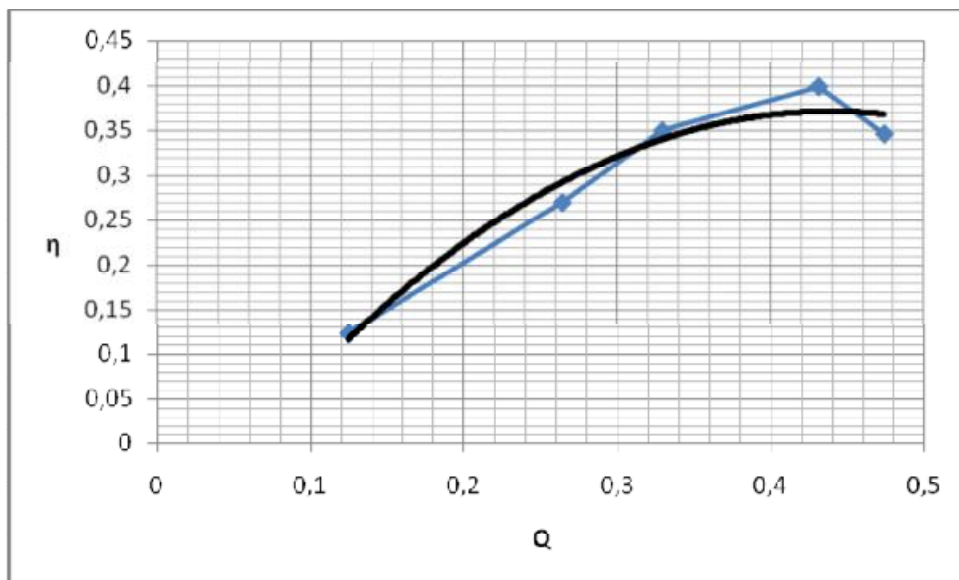
Πίνακας 6.11 – 3^η σειρά μετρήσεων

α/α	$\Delta P (P_{α})$	Q (m ³ /s)	η	$P_{μηχ}$ (Watt)	$P_{ηλ}$ (Watt)	$P_{ωφ}$ (Watt)
1	255,06	0,474134	0,34641	349,1027	415,5984	120,9325
2	313,92	0,431328	0,399443	338,9783	403,5456	135,4024
3	333,54	0,329432	0,349694	314,2143	374,0646	109,8787
4	323,73	0,264133	0,269944	316,761	377,0964	85,50783
5	304,11	0,124514	0,122961	307,949	366,606	37,86582

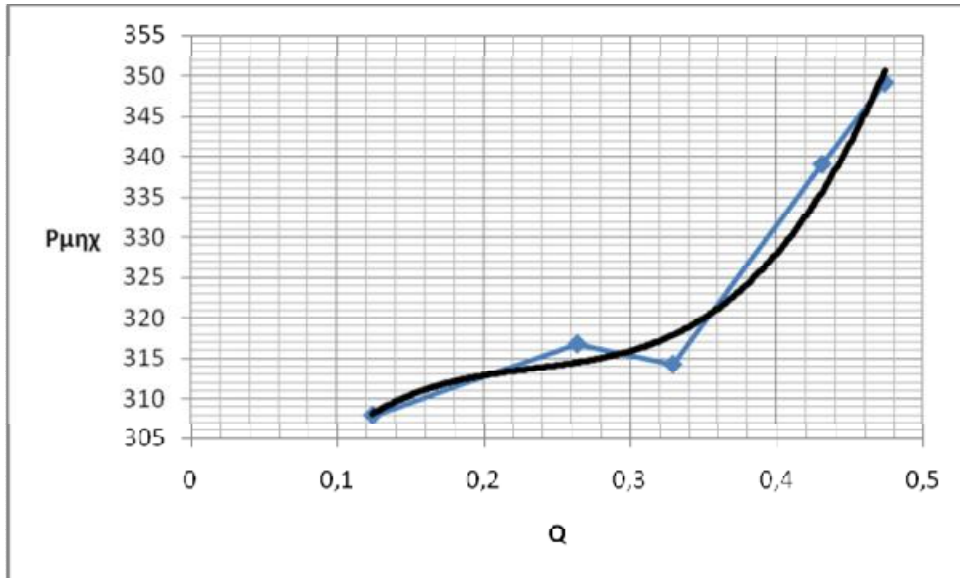
Πίνακας 6.12 – Αποτελέσματα υπολογισμών από Πίνακα 11



Πίνακας 6.13 – Χαρακτηριστική καμπύλη $\Delta P - Q$



Πίνακας 6.14 – Χαρακτηριστική καμπύλη $\eta - Q$



Πίνακας 6.15 – Χαρακτηριστική καμπύλη $P_{mh} - Q$

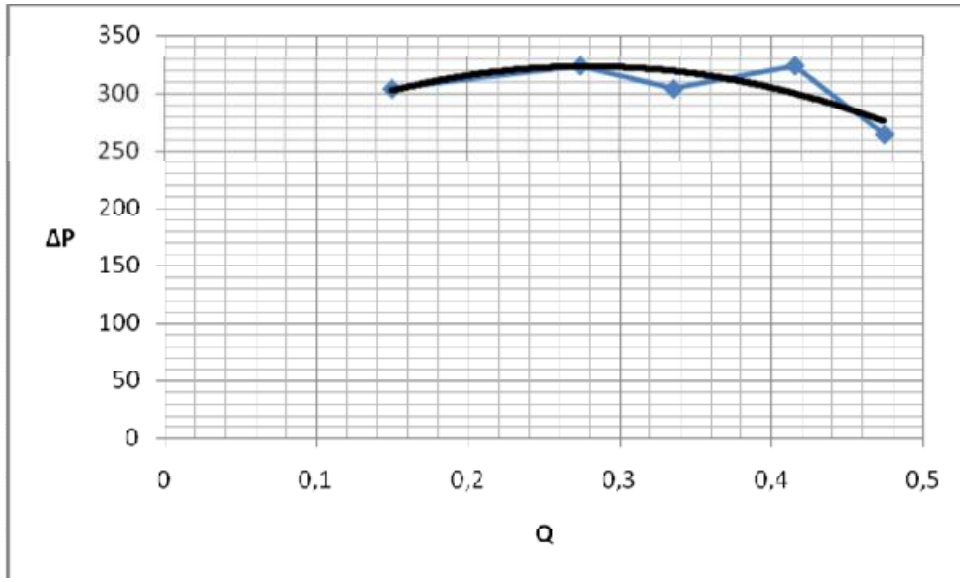
4^η Σειρά Μετρήσεων

α/α	ΤΑΜΠΕΡ (%)	$P_{στ}$ (mmΣΥ)	$P_{α}$ (mmΣΥ)	$P_{κ}$ (mmΣΥ)	V (Volt)	A (Amber)	n (rpm)
1	100	-30	-18	9	229	1,99	1365
2	75	-23	-21	12	225	1,92	1400
3	50	-15	-15	16	222	1,85	1450
4	25	-10	-8	25	219	1,86	1465
5	0	-3	-1	30	221	1,82	1470

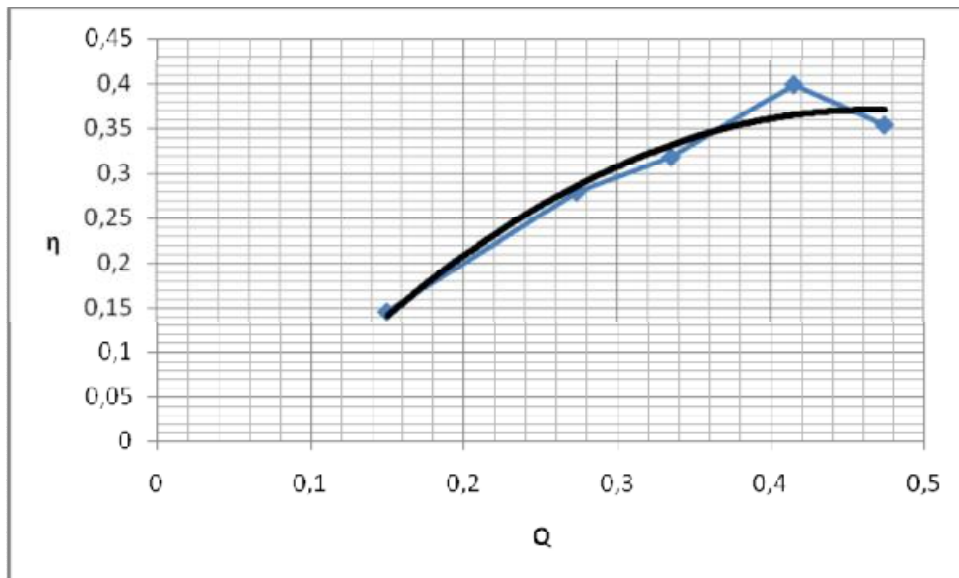
Πίνακας 6.16 – 4^η σειρά μετρήσεων

α/α	$\Delta P (P_{α})$	Q (m ³ /s)	η	P_{mh} (Watt)	$P_{ηλ}$ (Watt)	$P_{ωφ}$ (Watt)
1	264,87	0,474618	0,353123	356,0007	423,8103	125,7119
2	323,73	0,415573	0,398643	337,4784	401,76	134,5334
3	304,11	0,335605	0,318106	320,8388	381,951	102,0609
4	323,73	0,274021	0,27877	318,214	378,8262	88,70867
5	304,11	0,150087	0,145261	314,2143	374,0646	45,64303

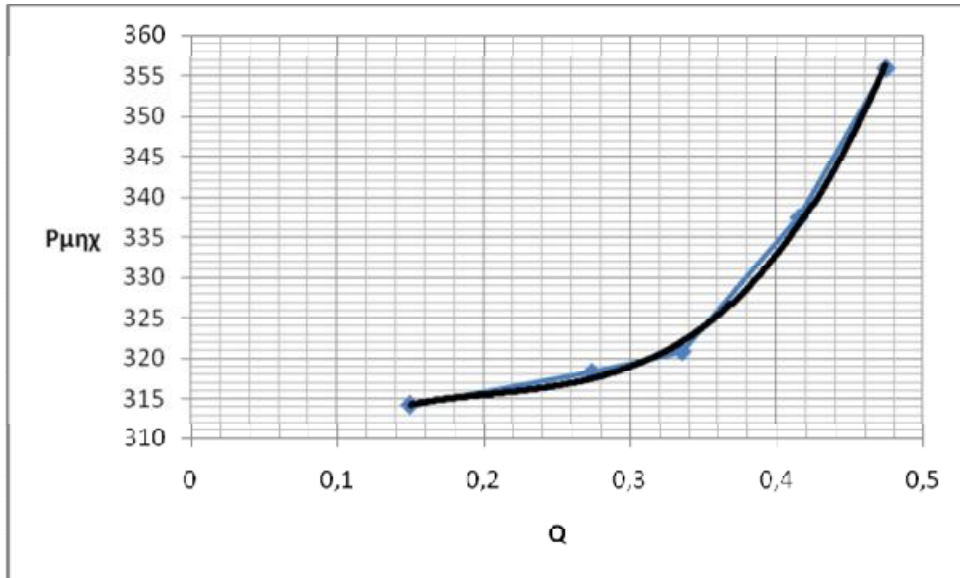
Πίνακας 6.17 – Αποτελέσματα υπολογισμών από Πίνακα 16



Πίνακας 6.18 – Χαρακτηριστική καμπύλη $\Delta P - Q$



Πίνακας 6.19 – Χαρακτηριστική καμπύλη $\eta - Q$



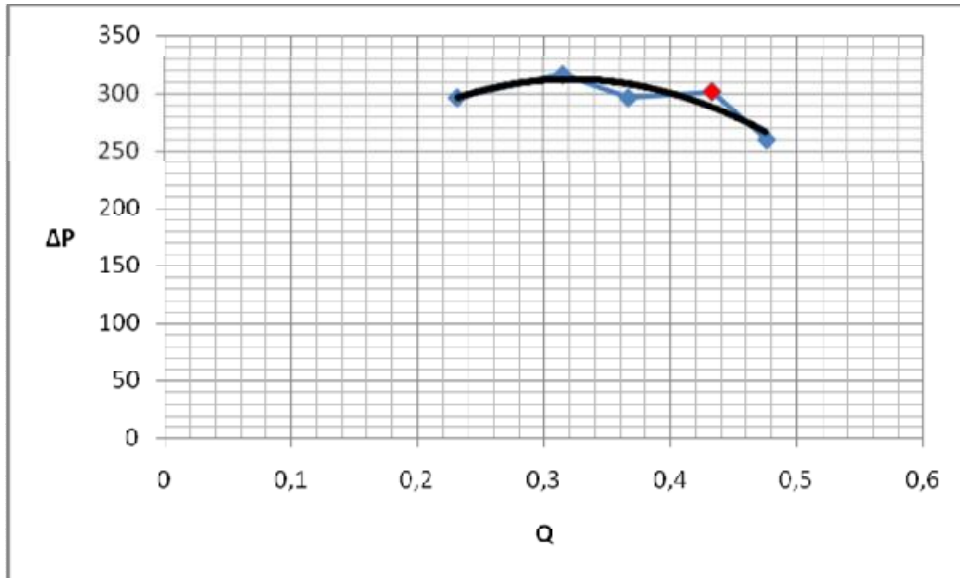
Πίνακας 6.20 – Χαρακτηριστική καμπύλη $P_{μηχ} - Q$

Βλέπουμε από τα παραπάνω διαγράμματα πως υπάρχει επαναληψιμότητα στις μετρήσεις με μία μικρή απόκλιση βέβαια σε μερικές από αυτές.

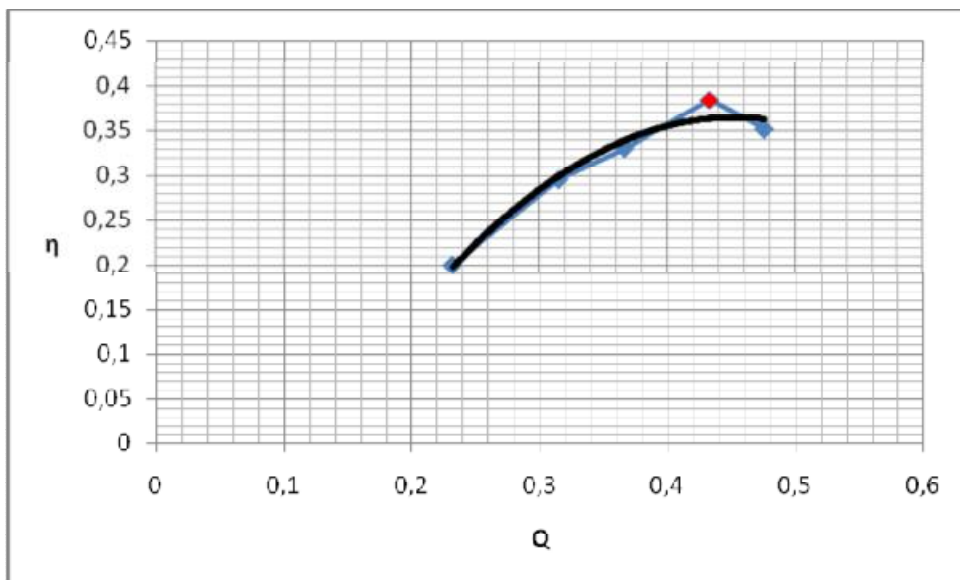
Τέλος για να κατασκευάσουμε τα τελικά διαγράμματα για την άσκηση θα πάρουμε τον μέσο όρο των τιμών των οποίων μετρήσαμε και θα κατασκευάσουμε τις χαρακτηριστικές καμπύλες με αυτές τις τιμές.

ΔP (Pa)	Q (m ³ /s)	η	$P_{μηχ}$ (Watt)
259,965	0,476281	0,351155	352,5497
301,6575	0,4335	0,38442	338,9275
296,7525	0,367045	0,33035	325,0241
316,3725	0,315329	0,295295	325,1472
296,7525	0,232304	0,200291	320,5068

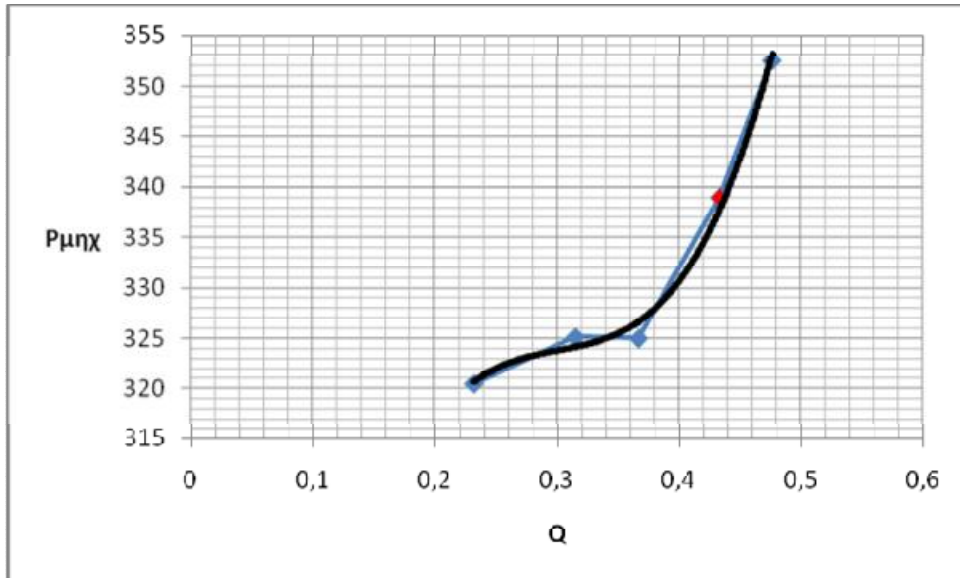
Πίνακας 6.21 – Μέσες τιμές μεγεθών



Πίνακας 6.22 – Τελική χαρακτηριστική καμπύλη $\Delta P - Q$



Πίνακας 6.23 – Τελική χαρακτηριστική καμπύλη $\eta - Q$



Πίνακας 6.24 – Τελική χαρακτηριστική καμπύλη $P_{μηχ} - Q$

6.6.ΕΥΡΕΣΗ ΑΡΙΣΤΟΥ ΣΗΜΕΙΟΥ ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙΑΣ

Για την εύρεση του ΑΣΡ ακολουθούμε την εξής διαδικασία:
 Βρίσκουμε στο διάγραμμα $\eta - Q$ τον μέγιστο βαθμό απόδοσης και σε αυτό το σημείο χαράζουμε μια κάθετη γραμμή προς τον άξονα της παροχής Q . Με αυτόν τον τρόπο διακρίνουμε τρία διαδοχικά σημεία: 1. Την τιμή της παροχής που μπορεί να επιτύχει η συσκευή μας, 2. Την τιμή της διαφοράς πίεσης που μπορεί να παρατηρηθεί στη διάταξη και 3. Την τιμή της ισχύς που μπορεί να αποδώσει η συσκευή στον μέγιστο βαθμό απόδοσης. Αυτές οι τιμές δεν είναι οι μέγιστες τιμές αλλά αυτές για τις οποίες η συσκευή μας δουλεύει στο μέγιστο. Η μέγιστη τιμή του βαθμού απόδοσης που διακρίνουμε από το διάγραμμα είναι $\eta = 0,38442$

Από τον πίνακα με τις μέσες τιμές παίρνουμε τα εξής για το ΑΣΛ:

ΔP	Q	η	$P_{μηχ}$
301,6575	0,4335	0,38442	338,9275

6.7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η διαδικασία που πραγματοποιήθηκε για τους υπολογισμούς είναι η ίδια που θα γίνεται κάθε φορά. Ο λόγος που γίνεται το παραπάνω πείραμα είναι για να βγουν τα κατάλληλα αποτελέσματα για το άριστο σημείο λειτουργίας του εκάστοτε ανεμιστήρα και η επιλογή ενός για την εφαρμογή που χρειάζεται. Αναλυτικότερα από τις μετρήσεις που πήραμε κατασκευάζουμε τα παραπάνω διαγράμματα ($\Delta P-Q$, $\eta-Q$, $P_{μηχ}-Q$). Στο διάγραμμα της διαφοράς πίεσης συναρτήσει της παροχής βλέπουμε πως η διαφορά πίεσης αυξάνει σταδιακά με την αύξηση της παροχής του ρευστού έως ένα μέγιστο σημείο όπου έπειτα μειώνεται. Η τιμή της διαφοράς πίεσης στη συγκεκριμένη πτερωτή είναι η μεγαλύτερη σε σύγκριση με τα άλλα δύο είδη. Στο διάγραμμα απόδοσης-παροχής βλέπουμε πως η απόδοση αυξάνει με την αύξηση της παροχής έως ένα σημείο όπου και μετά μειώνεται. Η τιμή αυτή είναι μικρότερη από τις άλλες πτερωτές. Στο διάγραμμα της ισχύς με την παροχή βλέπουμε πως η ισχύς αυξάνεται κατακόρυφα χωρίς περεταίρω μείωσή της. Από αυτό το διάγραμμα συμπεραίνουμε το είδος της πτερωτής το οποίο είναι καμπύλα εμπρός. Η τιμή αυτή είναι η μέγιστη σε σχέση με τις άλλες πτερωτές όπου στα ακτινικά πτερύγια είναι γραμμική η αύξηση και στα καμπύλα πίσω ύστερα από ένα μέγιστο (μικρότερο αυτού των καμπύλων εμπρός) μειώνεται. Γι' αυτό πρέπει να δώσουμε μεγάλη προσοχή στην επιλογή φυγοκεντρικού ανεμιστήρα με καμπύλα εμπρός διότι σε μεγάλες παροχές μπορεί να παρουσιαστεί βλάβη στον κινητήρα.

Για την επιλογή του κατάλληλου φυγοκεντρικού ανεμιστήρα πρέπει κατά κύριο λόγο να δίνεται μεγάλη βάση και στα τρία διαγράμματα που δίνονται από τον κατασκευαστή από τα οποία πρέπει με βάση τις απαιτήσεις που έχουμε να βρούμε τον κατάλληλο ώστε να προσεγγίζει περισσότερο το Άριστο Σημείο Λειτουργίας. Συχνότερα το στοιχείο ενός ανεμιστήρα που ζητάμε είναι η διαφορά πίεσης. Το ύψος δηλαδή που μπορεί να πετύχει.

7. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΣΥΣΚΕΥΗ

Ο φυγοκεντρικός ανεμιστήρας είναι μια ηλεκτρικά τροφοδοτημένη συσκευή που χρησιμοποιείται για να παράγει ροή αέρα. Η κύρια ιδέα είναι ότι πετυχαίνουμε αύξηση της πίεσης προσθέτοντας κινητική ενέργεια/ ταχύτητα σε μία συνεχή ροή ρευστού διαμέσου της πτερωτής. Αυτή η κινητική ενέργεια μετατρέπεται σε αύξηση της στατικής πίεσης στο ρευστό. Αυτό επιτυγχάνεται με την είσοδο του ρευστού μέσα σε μία ευθεία σωλήνα η οποία οδηγεί σε μία φυγοκεντρική πτερωτή. Καθώς το ρευστό συνεχίζει να περνάει μέσα από τη φυγοκεντρική πτερωτή, η πτερωτή αυτή αναγκάζει το ρευστό να περιδινίζεται όλο και πιο γρήγορα αποκτώντας έτσι φυγόκεντρες δυνάμεις. Στην συνέχεια οδηγείται εντός σπειροειδούς περιβλήματος, ώστε να μετατρέπονται οι φυγόκεντρες δυνάμεις και η κινητική του ενέργεια σε ενέργεια πίεσεως και να εξέρχεται τελικά με αυξημένη πίεση.

Η μελέτη των ανεμιστήρων είναι σημαντική αφού λαμβάνει χώρα σε πολλές εφαρμογές, όπως εξαερισμός χώρων, ξηραντικές εγκαταστάσεις και στην βιομηχανία. Η πτερωτή αυτή μπορεί να αποτελείται από ένα αριθμό πτερυγίων τα οποία χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες (καμπύλα εμπρός, καμπύλα πίσω, ακτινικά). Η συγκεκριμένη πτερωτή έχει πτερύγια με καμπύλα εμπρός.

Η πειραματική συσκευή αποτελείται από:

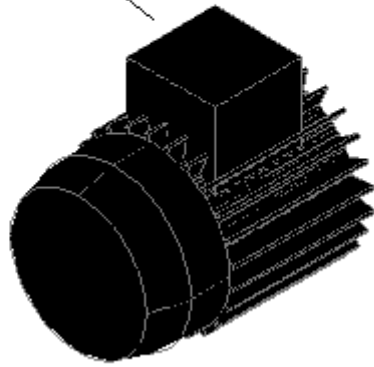
1. Φυγοκεντρικό ανεμιστήρα
2. Βάση στήριξης του φυγοκεντρικού ανεμιστήρα
3. Αγωγό αναρρόφησης
4. Αγωγό κατάθλιψης
5. Πίνακα ελέγχου
6. Πίνακα μανομέτρων

A. Ο φυγοκεντρικός ανεμιστήρας αποτελείται από:

- **Ηλεκτροκινητήρας**

Ισχύς	0.37 kW
Τάση	220 V
Ένταση	2,3 A
Cosφ	0,93

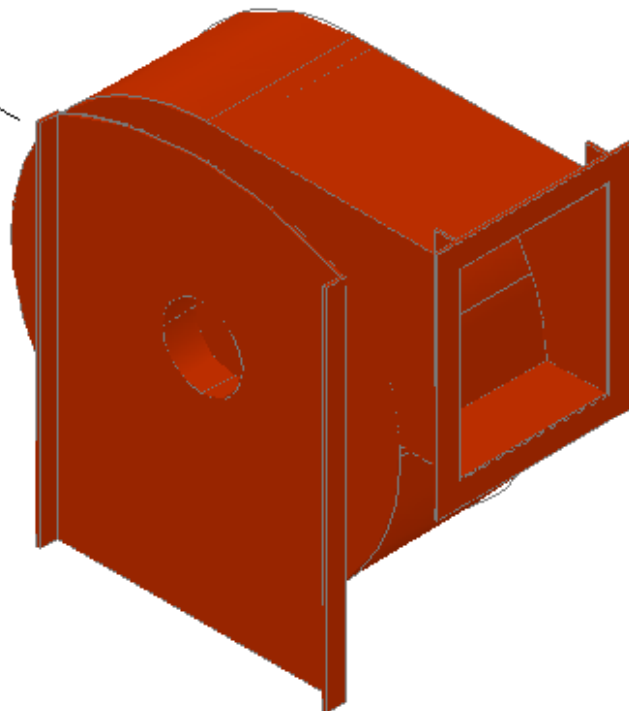
ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΤΗΡΑΣ



Εικόνα 7.1: Ηλεκτροκινητήρας

- **Σταθερό κέλυφος**

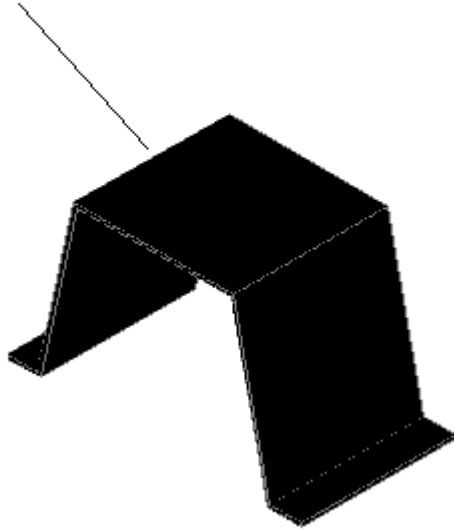
ΣΤΑΘΕΡΟ ΚΕΛΥΦΟΣ



Εικόνα 7.2: Σταθερό κέλυφος

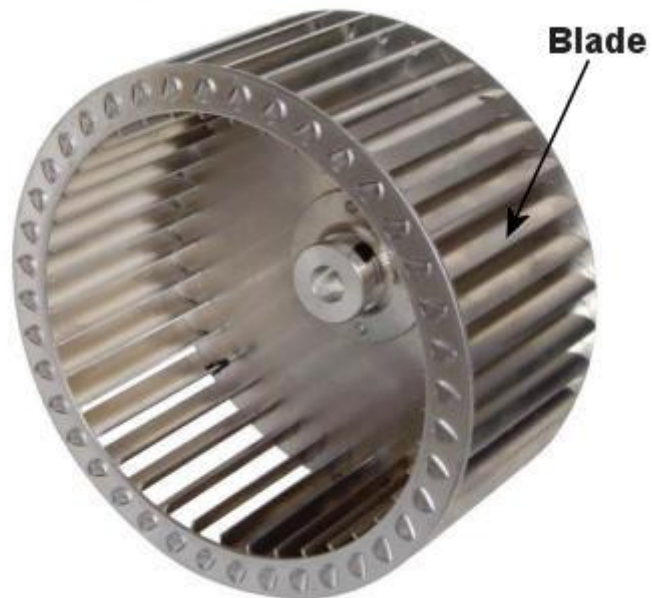
- Έδραση ηλεκτροκινητήρα

ΕΔΡΑΣΗ
ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΤΗΡΑ



Εικόνα 7.3: Έδραση ηλεκτροκινητήρα

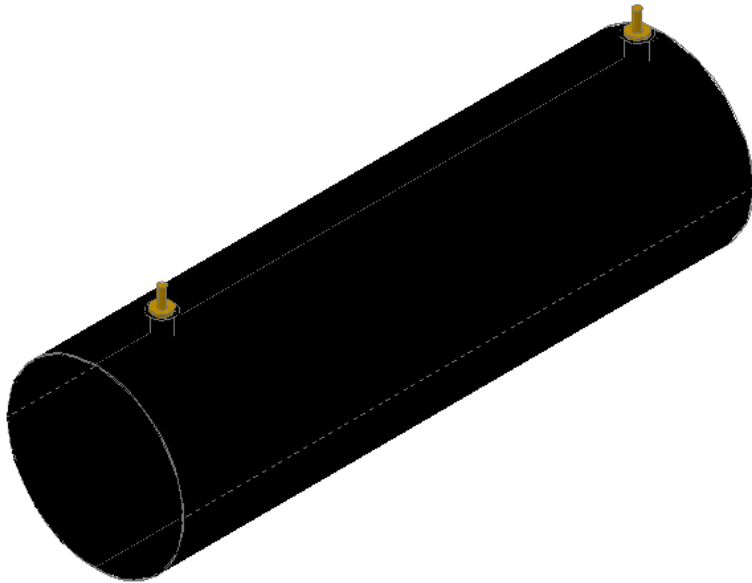
- Πτερωτή (καμπύλα εμπρός)



Εικόνα 7.4: Πτερωτή κινητήρα

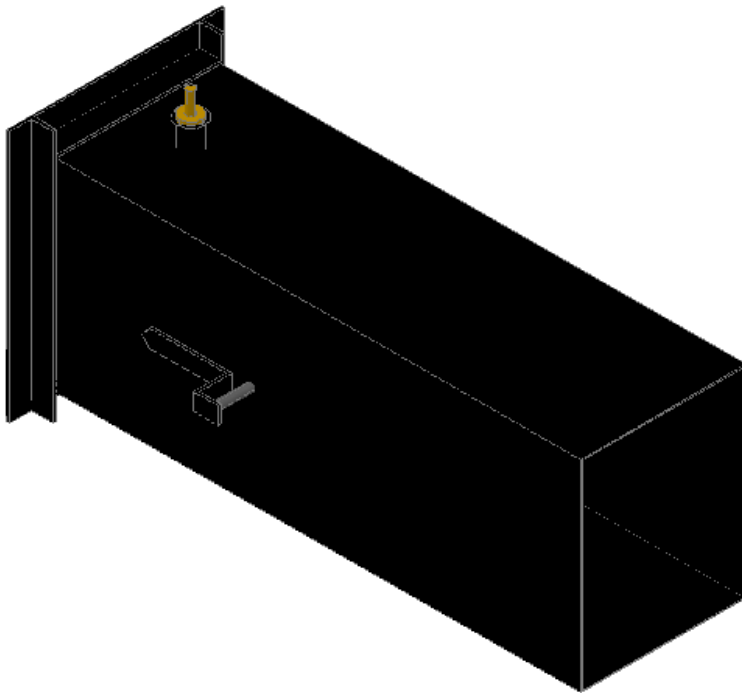
Β. Βάση στήριξης του φυγοκεντρικού ανεμιστήρα

Γ. Αγωγός αναρρόφησης



Εικόνα 7.5 : Αγωγός αναρρόφησης

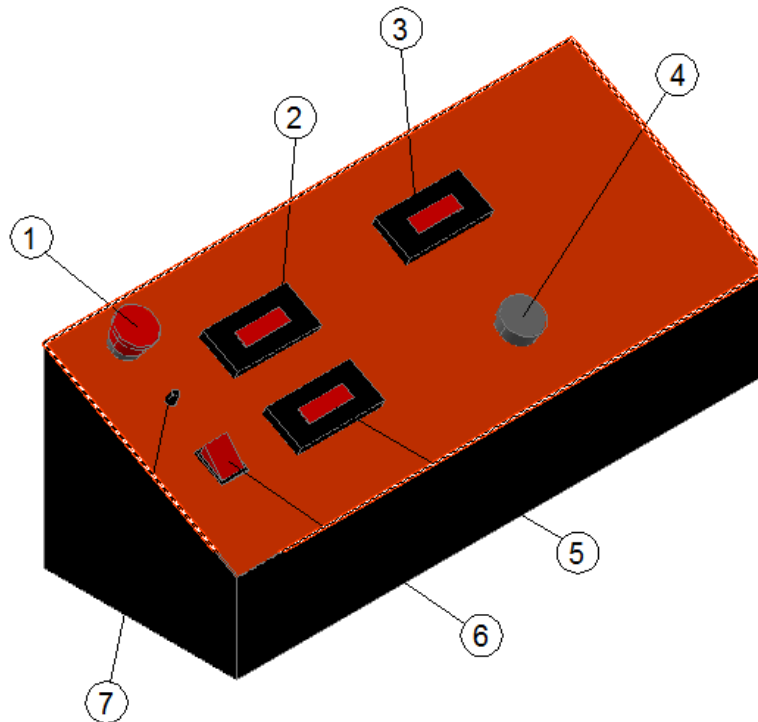
Δ. Αγωγός κατάθλιψης



Εικόνα 7.6 : Αγωγός κατάθλιψης

Ο αγωγός κατάθλιψης περιέχει στο εσωτερικό του το τάμπλερ.

Ε. Πίνακας ελέγχου

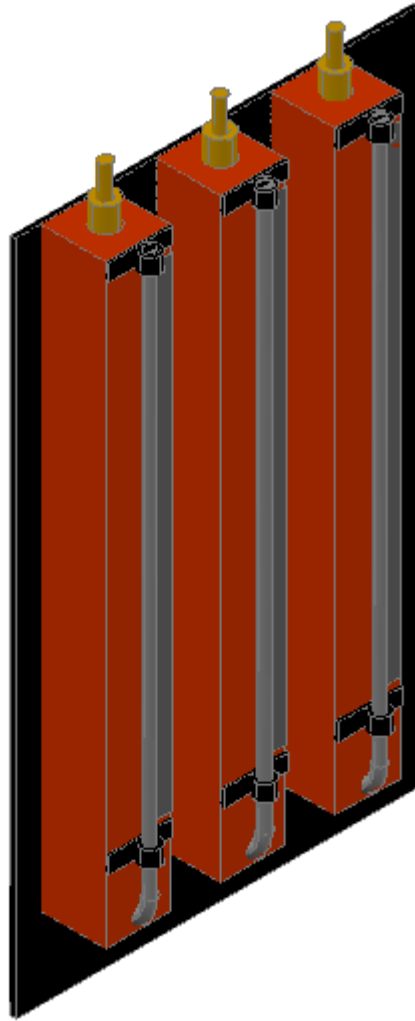


Εικόνα 7.7: Πίνακας ελέγχου

Ο πίνακας ελέγχου περιέχει:

- 1) Διακόπτης emergency stop
- 2) Βολτόμετρο
- 3) Μετρητής στροφών
- 4) Ρυθμιστής στροφών
- 5) Αμπερόμετρο
- 6) Διακόπτης on – off
- 7) Ασφαλειοθήκη

ΣΤ. Πίνακας μανομέτρων



Εικόνα 7.8: Πίνακας Μανομέτρων

Ο πίνακας των μανομέτρων φέρει τα τρία μανόμετρα για την μέτρηση της υποπίεσης και της υπερπίεσης στους σωλήνες αναρρόφησης και κατάθλιψης.

8.ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Η συσκευή (Εικ. 8.1) έχει ως σκοπό την πραγματοποίηση πειραματικών μετρήσεων από τους φοιτητές για την κατανόηση της έννοιας της πίεσης και της λειτουργίας ενός φυγοκεντρικού ανεμιστήρα. Μέσω των μετρήσεων και των υπολογισμών που θα γίνουν οι φοιτητές θα αποκτήσουν οικειότητα με τις μονάδες πίεσης, παροχής και θα αποκτήσουν βασικές γνώσεις για τους φυγοκεντρικούς ανεμιστήρες τόσο στο θεωρητικό όσο και στο τεχνικό μέρος.

Η διαδικασία που πρόκειται να ακολουθηθεί θα είναι η ίδια κάθε φορά. Θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στις οδηγίες λειτουργίας και στη συντήρηση της συσκευής διότι η ερασιτεχνική κατασκευή της είναι πιο ευάλωτη και μπορεί πιο εύκολα να παρουσιάσει πρόβλημα από άλλες οι οποίες είναι επαγγελματικές και κατασκευασμένες γι' αυτό τον σκοπό.

Οι παρακάτω οδηγίες πρέπει να ακολουθούνται πιστά κάθε φορά που διεξάγεται το πείραμα και με τη σειρά που αυτές αναγράφονται διότι είναι πιθανό να προκύψει βλάβη (ιδιαίτερη προσοχή συνιστάται στις στροφές οι οποίες θα πρέπει πάντα να είναι κάτω των 1400 rpm).

Θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη σημασία από τη μεριά των φοιτητών στα αποτελέσματα των μετρήσεων, στις πράξεις που θα γίνουν για την διεξαγωγή των αποτελεσμάτων και στη μετατροπή των μονάδων για να αποφευχθούν τα λάθος αποτελέσματα.

Η διαδικασία που πρόκειται να ακολουθηθεί είναι η εξής:

1. Τοποθετούμε την πρίζα στο ρευματολήπτη (φίς).
2. Έχοντας το ρυθμιστή στροφών του ηλεκτροκινητήρα στο μέγιστο θέτουμε σε λειτουργία τη συσκευή από τον διακόπτη on – off.
3. Ρυθμίζουμε της στροφές στις 1400 rpm.
4. Τοποθετούμε το τάμπερ στη θέση 100 %.
 - Ελέγχουμε ξανά τις στροφές να είναι στις 1400 rpm.
5. Καταγράφουμε τις ένδειξης που παρουσιάζουν τα μανόμετρα (Ρστ: υποπίεση στην εισαγωγή του σωλήνα αναρρόφησης, Ρα: υποπίεση πριν την είσοδο του αέρα στο κέλυφος και Ρκ: υπερπίεση του αέρα στην έξοδο του από το κέλυφος), την τάση που αναγράφεται στο βολτόμετρο και την ένταση που αναγράφεται στο αμπερόμετρο σε ένα πίνακα.
6. Επαναλαμβάνουμε την διαδικασία μετακινώντας το τάμπερ στις υπόλοιπες θέσεις (75 %, 50 %, 25%, 0%) σημειώνοντας τις ενδείξεις στον αντίστοιχο πίνακα.

7. Επαναλαμβάνουμε το πείραμα συνολικά τέσσερις φορές για να έχουμε επαναληψιμότητα στις μετρήσεις, πάντοτε στις ίδιες στροφές.
8. Αφού τελειώσει η διαδικασία του πειράματος κλείνουμε την συσκευή από τον διακόπτη on – off και βγάζουμε την πρίζα από το φως.



Εικόνα 8.1: Τελική μορφή πειραματικής συσκευής

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Νανούσης Δ. Νανούσης « Ρευστομηχανική, Τόμος Α », Εκδόσεις ΙΩΝ, Αθήνα 2002
2. Νανούσης Δ. Νανούσης , Χρήστος Β. Σταμούτσος « Βασικές Αρχές Στροβιλομηχανών», Εκδόσεις ΙΩΝ, Αθήνα 2003
3. Δημήτριος Ε. Παπαντώνης « Υδροδυναμικές Μηχανές, Αντλίες-Υδροστρόβιλοι, Υδροδυναμικές Μεταδόσεις», Εκδόσεις ΣΥΜΕΩΝ, Αθήνα 2009
4. Δημήτρης Σκαρλάτος «Εφαρμοσμένη Ακουστική» , Εκδόσεις GOTSIS, 2008
5. Hugh D. Young «Πανεπιστημιακή Φυσική», Εκδόσεις ΠΑΠΑΖΗΣΗΣ, Αθήνα 2010
6. Βασιλική Σταυροπούλου «English for Mechanical Engineering», Εκδόσεις ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΕΚΔΟΤΙΚΗ, Αθήνα 2009
7. Washington American Global University «Fluid Mechanics», Wilmington
8. Peat Marwick Consulting Group «Compressors, Fans and Blowers», Εκδόσεις External Affairs, Canada, 1989
9. Wikipedia
10. www.topelecom.gr
11. www.autonics.com
12. www.kaffe.gr