

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Μελέτη Φυγοκεντρικού Ανεμιστήρα- Κατασκευή Χαρακτηριστικών Καμπυλών Λειτουργίας.



ΓΚΟΤΣΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ

ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΒΟΥΡΟΣ ΑΝΔΡΕΑΣ (ΑΚΑΔ. ΥΠΟΤΡΟΦΟΣ)

ΠΑΤΡΑ - 2019

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Μελέτη Φυγοκεντρικού Ανεμιστήρα- Κατασκευή Χαρακτηριστικών Καμπυλών Λειτουργίας...	1
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ	2
ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΙ.....	4
ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	5
ΠΡΟΛΟΓΟΣ	6
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	7
1 ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΙΚΟΙ ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΕΣ & ΦΥΣΗΤΗΡΕΣ.....	9
1.1. Τύποι φυγοκεντρικών ανεμιστήρων.....	11
1.2 Παράμετροι φυγοκεντρικών ανεμιστήρων.....	15
1.2.1 Έργο βαθμίδας.....	15
1.2.2 Αύξηση πίεσης βαθμίδας.....	16
1.2.3 Συντελεστής πίεσης βαθμίδας.....	17
1.2.4 Αντίδραση βαθμίδας.....	17
1.2.5 Απόδοση βαθμίδας.....	19
1.3 Σχεδιαστικές παράμετροι.....	19
1.3.1 Μέγεθος πτερωτής.....	19
1.3.2 Σχήμα πτερυγίων.....	20
1.3.3 Αριθμός πτερυγίων.....	20
1.3.4 Διασκορπιστές και έλικες.....	21
1.4 Ανεμιστήρας τύπου τυμπάνου.....	24
1.5 Ανεμιστήρας μερικής ροής.....	26
1.5.1 Ανεμιστήρες εξωτερικής ροής.....	26
1.5.2 Ανεμιστήρες διασταυρούμενης ροής.....	26
1.6 Ρουλεμάν του ανεμιστήρα.....	29
1.7 Απώλειες.....	29
1.8 Οδηγοί ανεμιστήρα.....	30
1.9 Θόρυβος ανεμιστήρα.....	31
1.10 Διάβρωση ανεμιστήρων λόγω σκόνης.....	32
2 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑ [9].....	33
2.1.0 Τμήματα ανεμιστήρα.....	33
2.1.1 Βάση στήριξης συσκευής.....	33
2.1.2 Αγωγός κατάθλιψης.....	34
2.1.3 Αγωγός αναρρόφησης.....	35
2.1.4 Πίνακας ελέγχου.....	36
2.1.5 Προσθήκη άξονα (Φ20) στον άξονα του ηλεκτροκινητήρα για τη μέτρηση των στροφών. 38	
2.1.6 Πίνακας μανομέτρων και μανόμετρα.....	38
2.1.7 Τοποθέτηση φυγοκεντρικού ανεμιστήρα στη βάση στήριξης.....	40
2.1.8 Βαφή κατασκευής.....	41
2.1.9 Ηλεκτρολογική εγκατάσταση.....	41
2.2 Πειραματική συσκευή.....	42
2.2.1 Συγκεντρωτικός πίνακας υλικών.....	49
3 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ – ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ.....	50
3.1 Υπολογισμοί.....	50
3.1.1 Παροχή.....	50
3.1.2 Διαφορά πίεσης.....	52
3.1.3 Μετατροπή μονάδων πίεσης από mmΣΥ σε Pascal.....	52
3.2 Βαθμός απόδοσης.....	53
3.3 Διαδικασία κατασκευής διαγραμμάτων.....	53
3.3.1 Διάγραμμα ΔΡ-Q.....	53

3.3.2	Διάγραμμα n-Q	55
4	ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	55
4.1	Οδηγίες εργασίας.....	55
4.2	Συντήρηση.....	57
5	ΟΔΗΓΟΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ.....	57
6	ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ-ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	58
6.1	Πειραματικές μετρήσεις.....	58
6.2	Κατασκευή των χαρακτηριστικών καμπυλών λειτουργίας-Συμπεράσματα.....	62
7	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	67

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

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Φυγοκεντρικός ανεμιστήρας [9].....	9
Εικόνα 2: Κύρια μέρη ενός φυγοκεντρικού ανεμιστήρα [9].	10
Εικόνα 3: Φυγοκεντρική πτερωτή με διπλή είσοδο [9].....	11
Εικόνα 4: Τρίγωνα ταχυτήτων για πτερύγια με τα καμπύλα πίσω [9].....	12
Εικόνα 5: Τρίγωνα ταχυτήτων για πτερωτή με αξονικά πτερύγια [9].....	13
Εικόνα 6: Τρίγωνα ταχυτήτων για πτερωτή με καμπύλα εμπρός με θετικό στροβιλισμό [9]....	14
Εικόνα 7: Τρίγωνα ταχυτήτων για πτερύγια με τα καμπύλα εμπρός με μηδενικό στροβιλισμό στην είσοδο [9].	14
Εικόνα 8: Τύπος φυγοκεντρικού ανεμιστήρα με τύμπανο [9].	22
Εικόνα 9: Διαμόρφωση με τρία πτερύγια σε ανεμιστήρα τύπου τυμπάνου [9].	23
Εικόνα 10: Φυγοκεντρικός ακτινικός ανεμιστήρας εξωτερικής ροής [9].	27
Εικόνα 1.11: Φυγοκεντρικός ανεμιστήρας με διασταυρούμενη ροή [9].	28
Εικόνα 12: Ανεμιστήρας τύπου διασταυρούμενης ροής [9].	28
Εικόνα 13: Η βάση της πειραματικής διάταξης [9].	33
Εικόνα 14: Αγωγός κατάθλιψης [9].	34
Εικόνα 15: Το τάμπερ στον αγωγό κατάθλιψη [9].	35
Εικόνα 16: Σωλήνας για την μέτρηση του μανομετρικού για τον αγωγό κατάθλιψης [9].	35
Εικόνα 17: Αγωγός αναρρόφησης [9].	36
Εικόνα 18: Εσωτερικό αγωγού αναρρόφησης [9].	36
Εικόνα 19: Σωλήνας για την μέτρηση του μανομετρικού για τον αγωγό αναρρόφησης [9].	36
Εικόνα 20: Διαστασιολόγηση λαμαρινών του πίνακα ελέγχου [9].	37
Εικόνα 21: Πίνακας Ελέγχου [9].	37
Εικόνα 22: Υλοποίηση πίνακα ελέγχου.	38
Εικόνα 23: Σχέδιο πίνακα μανομέτρων – Μανόμετρο [9].	39
Εικόνα 24: Υλοποίηση πίνακα μανομέτρων.	40
Εικόνα 25: Υλοποιημένη πειραματική διάταξη.	41
Εικόνα 26: Ηλεκτρονικό σχέδιο [9].	42
Εικόνα 27: Ηλεκτροκινητήρας [9].	43
Εικόνα 28: Κέλυφος φυγοκεντρικού ανεμιστήρα [9].	44
Εικόνα 29: Βάση ηλεκτροκινητήρα [9].	44
Εικόνα 30: Πτερωτή φυγοκεντρικού ανεμιστήρα [9].	45
Εικόνα 31: Αγωγός αναρρόφησης [9].	46
Εικόνα 32: Αγωγός κατάθλιψης [9].	47
Εικόνα 33: Πίνακας ελέγχου διάταξης [9].	48
Εικόνα 34: Πίνακας μανομέτρων [9].	49

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία εκπονήθηκε στο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό ίδρυμα Πατρών και αναφέρεται στην μελέτη των φυγοκεντρικών ανεμιστήρων. Οι εφαρμογές στις οποίες παίρνουν μέρος οι φυγοκεντρικοί ανεμιστήρες έχουν ένα μεγάλο εύρος, ενώ έχουν αναπτυχθεί για να βελτιώσουν τις συνθήκες άνεσης των ανθρώπων και για τη χρήση τους στη βιομηχανία. Οι χρήσεις τους λαμβάνουν χώρα σε εφαρμογές όπως ο κλιματισμός, ο εξαερισμός και γενικότερα στο χώρο της βιομηχανίας.

Θα ήθελα ιδιαίτερα να ευχαριστήσω τον καθηγητή κύριο Ανδρέα Βούρο για την πολύτιμη βοήθεια καθώς και για την σωστή επίβλεψη αυτής της εργασίας. Οι γνώσεις και η καθοδήγηση που μου προσφέρθηκε ήταν αξιοσημείωτη για να φτάσω στο τέλος αυτής της εργασίας.

Υπεύθυνη Δήλωση Σπουδαστή: Ο κάτωθι υπογεγραμμένος σπουδαστής έχω επίγνωση των συνεπειών του Νόμου περί λογοκλοπής και δηλώνω υπεύθυνα ότι είμαι συγγραφέας αυτής της Πτυχιακής Εργασίας, έχω δε αναφέρει στην Βιβλιογραφία μου όλες τις πηγές τις οποίες χρησιμοποίησα και έλαβα ιδέες ή δεδομένα. Δηλώνω επίσης ότι, οποιοδήποτε στοιχείο ή κείμενο το οποίο έχω ενσωματώσει στην εργασία μου προερχόμενο από Βιβλία ή άλλες εργασίες ή το διαδίκτυο, γραμμένο ακριβώς ή παραφρασμένο, το έχω πλήρως αναγνωρίσει ως πνευματικό έργο άλλου συγγραφέα και έχω αναφέρει ανελλιπώς το όνομά του και την πηγή προέλευσης.

Ο σπουδαστής

Γκότσης Παναγιώτης

(Υπογραφή)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της πτυχιακής εργασίας, είναι η μελέτη των φυγοκεντρικών ανεμιστήρων και η κατασκευή των χαρακτηριστικών καμπυλών λειτουργίας τους. Η μελέτη αυτών των διατάξεων επικεντρώνεται στο κινούμενο ρευστό το οποίο εισέρχεται μέσα από αυτή με χαμηλή ταχύτητα και πίεση ενώ εξέρχεται από αυτή με αυξημένους αυτούς τους παραμέτρους. Αυτή την συμπεριφορά του κινούμενου ρευστού θα μελετήσουμε καθώς και θα σχολιάσουμε τα συμπεράσματα αυτής της συμπεριφοράς.

Το πρώτο κεφάλαιο της εργασίας αναφαίρετε στους διάφορους τύπους των φυγοκεντρικών ανεμιστήρων καθώς και στους παραμέτρους από τους οποίους προσδιορίζεται η χαρακτηριστική συμπεριφορά τους. Ακόμα αναλύουμε τα κατασκευαστικά κομμάτια από τα οποία αποτελείται ο ανεμιστήρας καθώς και την συντήρηση που χρειάζεται για την σωστή λειτουργία του και την αποφυγή όσο τον δυνατόν περισσότερο του παραγόμενου θορύβου και της διάβρωσής του από την σκόνη.

Το δεύτερο κεφάλαιο επικεντρώνεται στον λεπτομερή σχεδιασμό και την λεπτομερή κατασκευή της πειραματικής διάταξης του φυγοκεντρικού ανεμιστήρα σε κατασκευαστικό και ηλεκτρολογικό κομμάτι. Αναλυτικότερα τα βασικά κομμάτια που αποτελούν την διάταξη, όπως η βάση όπου πάνω θα εδράσουν ο κινητήρας, ο ανεμιστήρας αλλά και ο πίνακας ελέγχου.

Το τρίτο κεφάλαιο αναφαίρετε στις παραμέτρους όπου διέπουν το κινούμενο ρευστό κατά την διαδρομή του από την πειραματική διάταξη καθώς και στο βαθμό απόδοσης της όπου προσεγγίζουμε με την βοήθεια των πειραματικών μας μετρήσεων. Επίσης κατασκευάζονται διαγράμματα τα οποία απορρέουν από τα παραπάνω αποτελέσματα με σκοπό της εύρεσης του καλύτερου δυνατού σημείου λειτουργίας του φυγοκεντρικού ανεμιστήρα.

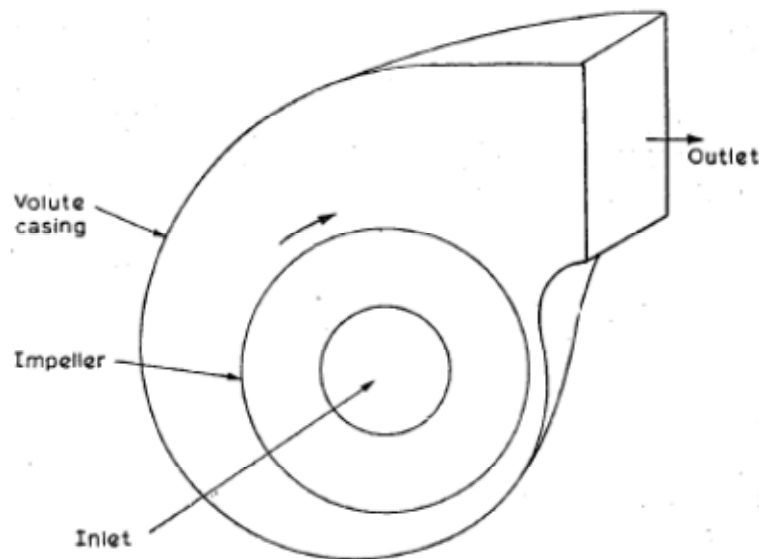
Το τέταρτο κεφάλαιο διατυπώνει τις οδηγίες ασφαλείας όπου πρέπει να τηρεί ο εκάστοτε χειριστής της διάταξης όσο και την συντήρηση που χρειάζεται για την επίτευξη της σωστής αλλά και της μακροχρόνιας λειτουργίας της.

Το πέμπτο κεφάλαιο έχει ως αντικείμενο αναφοράς τα πιθανά σφάλματα που μπορεί να προκύψουν στην πειραματική συσκευή καθώς και τα πιθανά αίτια που τα δημιουργήσαν με σκοπό την εύκολη αλλά και γρήγορη επίλυσή τους.

Τέλος στο έκτο κεφάλαιο αναφαίρετε στις πειραματικές μετρήσεις όπου πάρθηκαν από την διάταξη και η κατασκευή των χαρακτηριστικών καμπύλων που προκύπτουν από αυτές καθώς και τα συμπεράσματα τα οποία απορρέουν από αυτά.

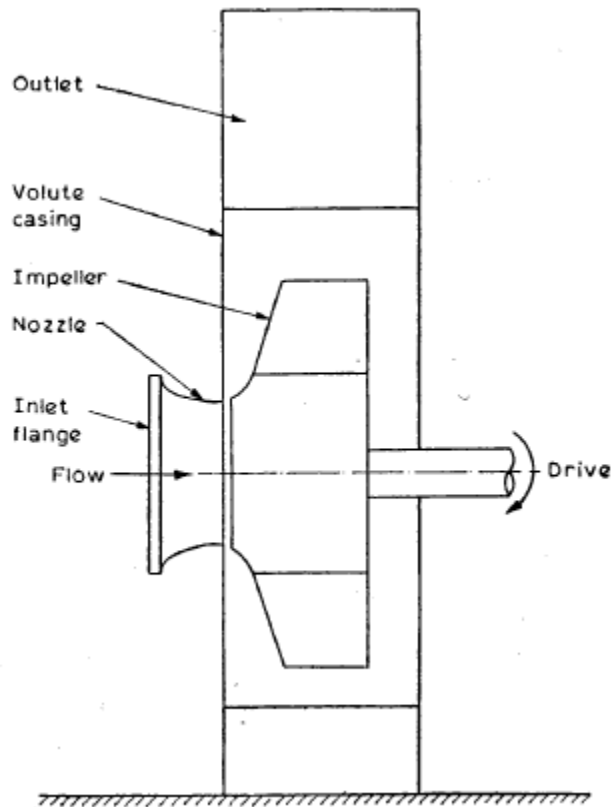
1 ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΙΚΟΙ ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΕΣ & ΦΥΣΗΤΗΡΕΣ.

Σημαντικός αριθμός ανεμιστήρων και φυσητήρων φυγοκεντρικού τύπου χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές υψηλής πίεσης. Στις Εικόνες 1 και 2 φαίνεται τα μέρη από τα οποία αποτελείται ένας φυγοκεντρικός ανεμιστήρας. Το βασικότερο από αυτά είναι η περωτή η οποία έχει περύγια τοποθετημένα μεταξύ της εσωτερικής και εξωτερικής διαμέτρου. Υπάρχουν δύο τρόποι όπου μπορούμε να τοποθετήσουμε την περωτή ,είτε απευθείας πάνω στον κινητήριο άξονα της διάταξης είτε σε έναν δευτερεύοντα κινούμενο άξονα όπου παίρνει κίνηση από το εκάστοτε μοτέρ. Στην δεύτερη περίπτωση ο κινούμενος άξονας όπου πάνω του φέρει την περωτή παίρνει κίνηση μέσω εύκαμπτων συνδέσμων και συνήθως αυτός ο συνδυασμός υιοθετείται για μεγάλους φυσητήρες.



Εικόνα 1:Φυγοκεντρικός ανεμιστήρας[9].

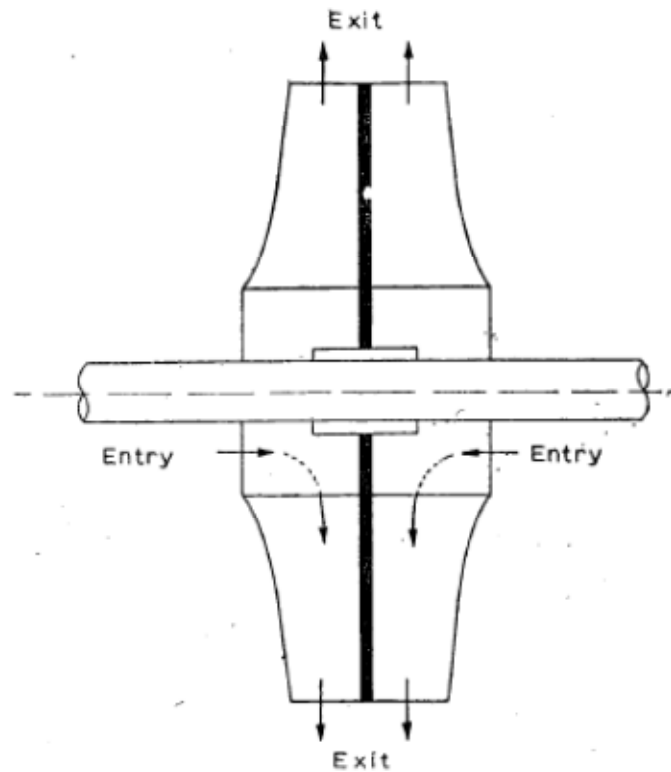
Κατά την λειτουργία ενός φυγοκεντρικού ανεμιστήρα δημιουργείται μικρή διαφορά πίεσης μέσω της περιστροφής της περωτής και άρα ο αέρας μεταφέρεται αξονικά σε αυτήν διαμέσου του αγωγού αναρρόφησης. Με την είσοδο του αέρα στην περωτή μέσω της περιστροφικής της κίνησης αμέσως το αέριο παίρνει ταχύτητα και πίεση αφού εκτοπίζεται από μικρότερη διάμετρο, αυτή της περωτής σε μεγαλύτερη στο περίβλημα του ανεμιστήρα. Έτσι, αντίθετα από τον αξονικό τύπο ανεμιστήρα, εδώ με την βοήθεια της φυγοκεντρικής ενέργεια το αέριο αυξάνει συνεχόμενα την πίεση του. Η ροή από τα περύγια της περωτής οδηγείται σε ένα σπειροειδές περίβλημα γνωστό και ως κύλινδρος ή σπείρα.



Εικόνα 2:Κύρια μέρη ενός φυγοκεντρικού ανεμιστήρα [9].

Με την βοήθεια του σπειροειδούς περιβλήματος ο αέρας οδηγείται προς την έξοδο του ανεμιστήρα με ακόμα μεγαλύτερη πίεση και ταχύτητα. Η μορφή που μπορεί να έχει η σπείρα είναι κωνικού διαχύτη. Η κατασκευή των πτερυγίων ενός φυγοκεντρικού ανεμιστήρα μπορεί να είναι είτε με την συγκόλληση κυρτών ή από σχεδόν ευθείων μεταλλικών πτερύγων και στις δύο πλευρές του περιβλήματος του στροφέα ή μπορεί να είναι σε ένα κομμάτι από την κατασκευή του ,όπου και αυτή η διάταξη ονομάζεται κλειστού τύπου πτερωτή. Πολλά είδη φυγοκεντρικών ανεμιστήρων χαμηλής πίεσης κατασκευάζεται από λεπτά φύλλα μετάλλου. Επίσης από φύλλα μετάλλου είναι κατασκευασμένο και το εξωτερικό περίβλημα του ανεμιστήρα που όμως είναι απαραίτητο να φέρει ενίσχυση από την έξω του πλευρά. Σε κάποιες εφαρμογές που απαιτείται να μην διαρρεύσει αέριο από την διάταξη τότε γίνεται χρήση ειδικών συσκευών για να σφραγίσουν τις ενώσεις ανάμεσα στον άξονα και το περίβλημα του ανεμιστήρα.

Φυγοκεντρικοί φυσητήρες όπου η χωρητικότητά τους είναι μεγάλη κάποιες φορές μπορεί να είναι απαραίτητη η χρήση της διπλής εισαγωγής για το αέριο όπως φαίνεται στην Εικόνα 3.



Εικόνα 3: Φυγοκεντρική πτερωτή με διπλή είσοδο [9].

1.1. Τύποι φυγοκεντρικών ανεμιστήρων.

Στους φυγοκεντρικούς ανεμιστήρες η αύξηση της πίεσης και ο ρυθμός ροής, εξαρτώνται από τις γωνίες των πτερυγίων και την περιφερειακή ταχύτητα της πτερωτής. Οι απώλειες στην απόδοση καθώς και οι σταδιακές απώλειες, διαφέρουν ανάλογα με την γεωμετρία που έχουν τα πτερύγια. Τα πτερύγια μπορούν να κατασκευαστούν είτε από τμήμα αεροτομής είτε από φύλλα μετάλλου ομοιόμορφου πάχους. Παρακάτω φαίνονται οι κύριοι τύποι φυγοκεντρικών ανεμιστήρων:

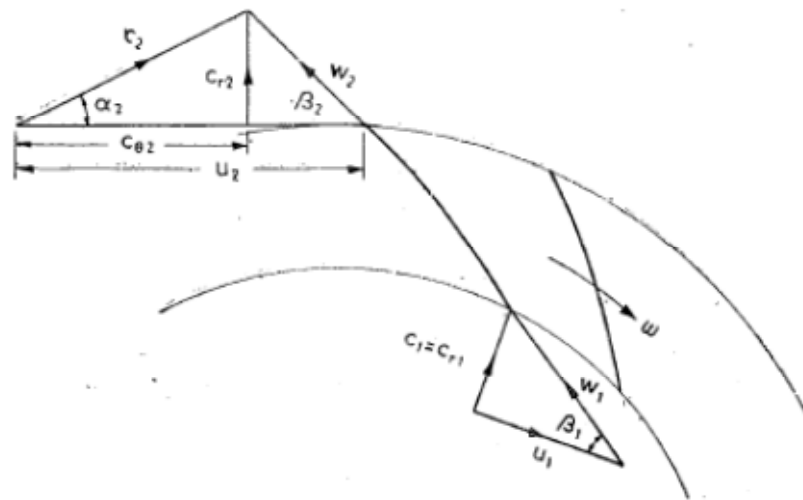
1.1.1. Πτερύγια με τα καμπύλα πίσω.

Στην Εικόνα 4 φαίνεται μία πτερωτή, που έχει πτερύγια με τα καμπύλα πίσω, δηλαδή η κλίση τους απομακρύνεται από την διεύθυνση της κίνησης. Ανάλογα τα διανύσματα ταχύτητας και γωνιών που φαίνονται, παίρνουμε ανάλογα τρίγωνα ταχυτήτων στην είσοδο και την έξοδο. Εν αντιθέσει με τους αξονικούς ανεμιστήρες, η εφαπτόμενη διεύθυνση θεωρείται ως η διεύθυνση αναφοράς. Κατά την επίδραση ιδανικών συνθηκών, οι διευθύνσεις των σχετικών διανυσμάτων ταχύτητας w_1 και w_2 , είναι οι όμοιες με τις γωνίες των λεπίδων στην είσοδο και στην έξοδο.

Στο δρομέα η στατική πίεση αυξάνεται σαν αποτέλεσμα της διάχυσης της σχετικής ροής και της φυγοκεντρικής ενέργειας. Η στατική πίεση και το σταδιακό έργο μεγαλώνει για μία πτερωτή, συναρτήσει των παραγόντων στροβιλισμού ή περιστροφής ($c_{\theta 1}$ και $c_{\theta 2}$) των απόλυτων διανυσμάτων ταχύτητας c_1 και c_2 αντίστοιχα.

Οι πτερωτές με πτερύγια που έχουν τα καμπύλα πίσω εφαρμόζονται για χρήσεις με χαμηλές πιέσεις και κατά συνέπεια χαμηλά ποσοστά ροής. Το εύρος της αναλογίας διαμέτρων τέτοιων

περωτών είναι μικρό ($\frac{b}{D}=0.05 - 0.2$) και ο αριθμός των πτερυγίων επιλέγεται μεταξύ 6 και 17.



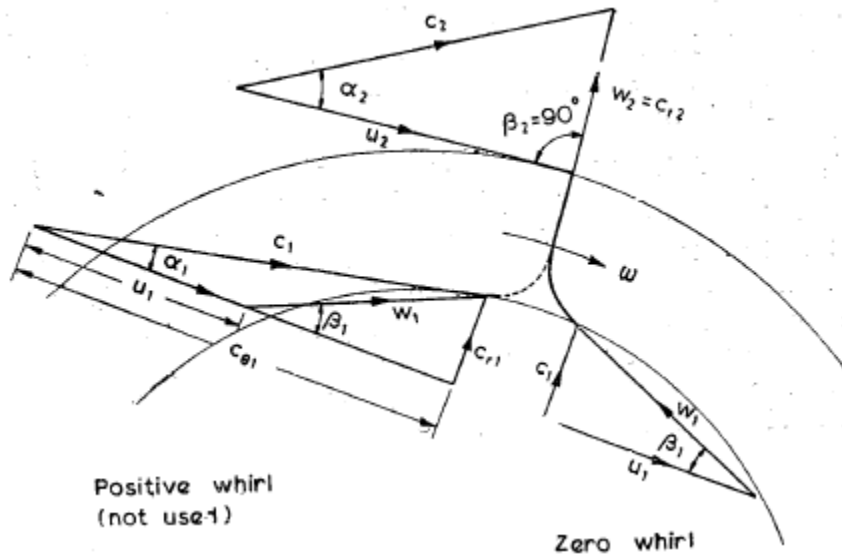
Εικόνα 4: Τρίγωνα ταχυτήτων για πτερύγια με τα καμπύλα πίσω [9].

1.1.2. Αξονικά πτερύγια.

Στην Εικόνα 5 φαίνονται δύο διατάξεις για περωτή με αξονικά πτερύγια. Τα τρίγωνα ταχυτήτων στην είσοδο για αυτά τα πτερύγια που χρησιμοποιούνται στην πράξη φαίνονται στα δεξιά. Σε αυτή την περίπτωση είναι όμοια με τα πτερύγια που έχουν τα καμπύλα εμπρός, στην οποία τα τρίγωνα ταχυτήτων στηρίζονται στο απόλυτο διάνυσμα ταχύτητας c_1 η οποία είναι ακτινική, άρα κατά συνέπεια ο στροβιλισμός στην είσοδο θα είναι μηδέν. Αυτή η μορφή περωτής είναι εύκολη στην κατασκευή της όπου γενικά χρησιμοποιούνται μόνο ελαφρώς λυγισμένα φύλλα μετάλλων.

Ακόμα υπάρχει και άλλη περίπτωση στην οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν αξονικά πτερύγια με τα καμπύλα πίσω. Το κυρτό μέρος ενός τέτοιου πτερυγίου και τα τρίγωνα ταχυτήτων στην είσοδο φαίνονται στα αριστερά. Σε ένα τέτοιο είδος ανεμιστήρα, αν σχεδιαστεί και κατασκευαστεί, θα έχει χαμηλή πίεση σε σχέση με την μεγάλη περιστροφή του άξονα της περωτής. Εκτός από αυτό το πλεονέκτημα μία τέτοια διάταξη θα πρέπει να προσαρμοστούν πτερύγια προ-στροβιλισμού, κάτι το οποίο μεγαλώνει το κόστος του ανεμιστήρα.

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

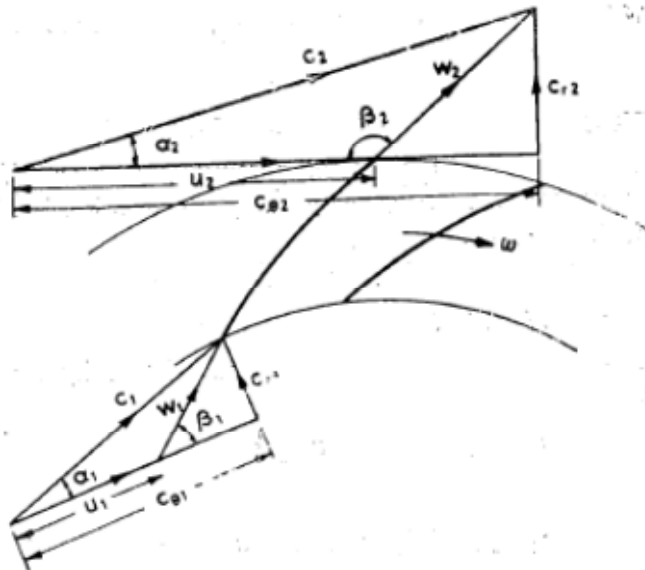


Εικόνα 5: Τρίγωνα ταχυτήτων για πτερωτή με αξονικά πτερύγια [9].

Για μια χαμηλού κόστους κατασκευή, τα πτερύγια της πτερωτής μπορεί να είναι μόνο αξονικά όπως οι απλές πτερωτές. Σε αυτού του είδους τις διατάξεις οι πτερωτές είναι χωρίς κάλυμμα και έχουν ευθεία ακτινικά πτερύγια, τα οποία μπορούν να είναι βιδωμένα ή συγκολλημένα σε ένα δίσκο, ο οποίος είναι τοποθετημένος κινητήριο άξονα. Σε αυτές τις διατάξεις οι πτερωτές είναι ιδανικές για να λειτουργούν σε περιβάλλον όπου ο αέρας είναι αναμεμιγμένος με σκόνη επειδή είναι λιγότερο επιρρεπείς στη φραγή του αέρα και την διάβρωση.

1.1.3. Πτερύγια με τα καμπύλα εμπρός.

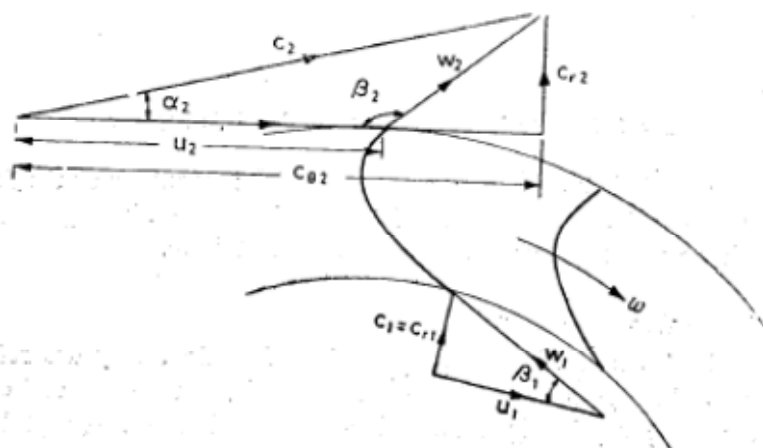
Στην περίπτωση που τα πτερύγια είναι λυγισμένα προς την διεύθυνση της κίνησης, τότε η πτερωτή θα έχει τα καμπύλα εμπρός.



Εικόνα 6: Τρίγωνα ταχυτήτων για πτερωτή με καμπύλα εμπρός με θετικό στροβιλισμό [9].

Τα τρίγωνα ταχυτήτων στην είσοδο και στην έξοδο ενός τέτοιου ανεμιστήρα φαίνονται στην Εικόνα 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 $c_{\theta 1}$.

Στην Εικόνα 7 φαίνεται η διαμόρφωση των πτερυγίων με τα καμπύλα εμπρός, που χρησιμοποιείται για την κατασκευή της πειραματικής διάταξης στην πρακτική. Στην είσοδο και στην έξοδο τα άκρα των πτερυγίων έχουν φορά στην διεύθυνση της κίνησης. Γι' αυτό είναι επιθυμητό να έχουμε μηδενική τιμή περιστροφής στην είσοδο όπως στην Εικόνα 7. Κατά την έξοδο των άκρων των πτερυγίων με τα καμπύλα εμπρός η τιμή περιστροφής $c_{\theta 2}$ είναι μεγάλη, έχοντας έτσι μία αύξηση της πίεσης. Τα παραπάνω πτερύγια έχουν μεγάλη επιφάνεια από τον κόμβο ως την άκρη τους και έτσι μπορούν να ωθήσουν μεγάλη παροχή αέρα κατά την εισαγωγή στην διάταξη. Βέβαια στα πτερύγια μικρότερου μήκους, ο αριθμός των πτερυγίων τους θα πρέπει να είναι μεγαλύτερος για να είναι αποτελεσματική.



Εικόνα 7: Τρίγωνα ταχυτήτων για πτερύγια με τα καμπύλα εμπρός με μηδενικό στροβιλισμό στην είσοδο [9].

1.2 Παράμετροι φυγοκεντρικών ανεμιστήρων.

Σε αυτό το κομμάτι αναλύσουμε τους παραμέτρους των ανεμιστήρων ή φυσητήρων. Στις Εικόνες 4 και 7 στις οποίες αναφερθήκαμε παραπάνω φαίνονται τα τρίγωνα ταχυτήτων τα οποία λαμβάνονται υπόψιν γι' αυτόν τον σκοπό. Η μαζική παροχή που περνάει διαμέσου της περωτής 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 περωτή εξαρτώνται από το πλάτος σε αυτό το τμήμα. Για μια ελάχιστη αύξηση της πίεσης διαμέσου της διάταξης, η μεταβολή της πυκνότητας στη ροή είναι αμελητέα, έτσι το ρευστό μπορεί να θεωρηθεί ασυμπίεστο. Επομένως η σταθερή ακτινική ταχύτητα θα είναι:

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

Οπότε η εξίσωση (1.3) δίνει:

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

$$\frac{b_1}{b_2} = \frac{d_1}{d_2} \quad (1.5)$$

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 οδηγήτρια πτερύγια είναι λογικό να υποθέτουμε μηδενική περιστροφή ή στροβιλισμό στην είσοδο. Αυτή η συνθήκη δίνει:

$$a_1 = 90^\circ, c_{\theta 1} = 0 \text{ και } u_1 * c_{\theta 1} = 0$$

Αυτό φαίνεται στις Εικόνες 4, 5, 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:

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

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

Εξισώνοντας τις εξισώσεις (1.8) και (1.9) έχουμε:

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

$$\frac{c_{\theta 2}}{\sin\beta_2} = \frac{u_2}{\sin(a_2 + \beta_2)} \quad (1.11)$$

$$c_{\theta 2} = c_2 * \cos a_2 = \frac{u_2 * \sin\beta_2 * \cos a_2}{\sin(a_2 + \beta_2)}$$

$$\frac{c_{\theta 2}}{u_2} = \frac{\sin\beta_2 * \cos a_2}{\sin a_2 * \cos\beta_2 + \cos a_2 * \sin\beta_2} = \frac{\tan\beta_2}{\tan a_2 + \tan\beta_2} \quad (1.12)$$

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

$$w_{st} = \frac{\tan\beta_2}{\tan a_2 + \tan\beta_2} * u_2^2 \quad (1.13)$$

Υποθέτοντας ότι η ροή ακολουθεί την γεωμετρία των πτερυγίων της περωτής, 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:

$$P = m * \Delta h_{st} = m * Cp * \Delta T_{st} = m * u_2 * c_{\theta 2} \quad (1.15)$$

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 περωτής οφείλεται στην μεταβολή της φυγοκεντρικής ενέργειας και της διάχυσης της ροής. Οπότε:

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

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):

$$\Delta p_{st} = (p_2 - p_1) + \frac{1}{2} * \rho * (c_2^2 - c_1^2) = p_{01} - p_{02}$$

$$\Delta p_{st} = \Delta p_r + \frac{1}{2} * \rho * (c_2^2 - c_1^2) \quad (1.19)$$

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):

$$\Psi_{st} = 2 * \frac{\sigma_{\theta 2}}{u_2} * 2 * (1 - \varphi \cot \beta_2) \quad (1.20)$$

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 περωτής 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:

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

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

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

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:

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

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 (1.24α) 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:

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

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

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:

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

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 η οποία επιλέγεται για έναν ανεμιστήρα και είναι μικρότερη από την τιμή της εξίσωσης του 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 $u_2 * c_{\theta 2}$.

Έτσι η απόδοση του ανεμιστήρα υπολογίζεται από:

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

1.3 Σχεδιαστικές παράμετροι.

Ένας μεγάλος βαθμός φυγοκεντρικών ανεμιστήρων και φυσητήρων, σχεδιάζονται με παρόμοια κριτήρια με αυτά ενός συμπιεστή χαμηλής πίεσης. Στην βιομηχανία ανεμιστήρων μέχρι και σήμερα λαμβάνονται υπόψιν πολλοί εμπειρικοί και πειραματικοί τύποι έτσι ώστε να οριστούν διάφοροι κατασκευαστικοί παράμετροι.

1.3.1 Μέγεθος πτερωτής.

Όπως αποδείχτηκε και στις θεωρητικές σχέσεις όπου επικεντρωθήκαμε παραπάνω η περιφερειακή ταχύτητα της πτερωτής με γνωστή γεωμετρία προκαθορίζεται από την αύξηση της στατικής πίεσης. Επομένως, για την επιθυμητή τιμή της περιφερειακής ταχύτητας (u_2), μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφοροι συνδυασμοί ανάμεσα στην διάμετρο της πτερωτής και των περιφερειακών ταχυτήτων. Το πλάτος και η διάμετρος της πτερωτής είναι επίσης εξαρτώμενα μεγέθη από την παροχή της ροής του αέρα.

Λόγω της ακόμα χαμηλότερης αύξησης της πίεσης στους ανεμιστήρες, η περιφερειακή ταχύτητα είναι πολύ μικρότερη από την αναμενόμενη τιμή. Σε έναν ανεμιστήρα η ταχύτητα μπορεί να πάρει τιμές από ένα ευρύ εύρος μεταξύ (360 rpm – 2940 rpm) για έναν κινητήρα εναλλασσόμενου ρεύματος που κινείται στα 50 c/s. Με την χρήση διαφόρων συνδυασμών, μπορούν να πάρουν μεγαλύτερες ταχύτητες.

Το μήκος των πτερυγίων καθορίζεται από την αναλογία των διαμέτρων της πτερωτής, δηλαδή, όσο πιο μικρό είναι το μήκος της πτερωτής τόσο πιο μεγάλα 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 πιο στενές, δηλαδή $\frac{d_1}{d_2} < 0.2$

1.3.2 Σχήμα πτερυγίων.

Στους φυγοκεντρικούς ανεμιστήρες και φυσητήρες χρησιμοποιούνται ευθεία ή καμπύλα πτερύγια ή πτερύγια σχήματος αεροτομής. Τα πτερύγια είναι τοξοειδή ή με διαφορετικές καμπύλες. Μπορεί να είναι ή κολλημένα ή πακτωμένα επάνω στην πτερωτή. Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως η κλίση των πτερυγίων στην έξοδο εξαρτάται από το εάν έχουν τα καμπύλα πίσω ή μπροστά ή αν είναι αξονικά. Η βέλτιστη γωνία εισόδου έχει διαπιστωθεί ότι είναι περίπου 35°.

1.3.3 Αριθμός πτερυγίων.

Η ποικιλία των αριθμών των πτερυγίων σε έναν φυγοκεντρικό ανεμιστήρα μπορεί να είναι από 2 έως 64, κάτι το οποίο εξαρτάται από το είδος της εφαρμογής που θα χρησιμοποιηθεί, από το μέγεθος και τον τύπο. Η χρήση μικρού αριθμού πτερυγίων είναι ακατάλληλη για να μεταχειριστεί τη ροή εν αντιθέσει με τη χρήση μεγάλου αριθμού πτερυγίων μειώνεται ο διαθέσιμος χώρος της ροής και έτσι οδηγούμαστε σε μεγαλύτερες απώλειες.

Οι περισσότερες προσπάθειες για να καθοριστεί ο βέλτιστος αριθμός πτερυγίων έχουν καταλήξει μόνο σε εμπειρικούς τύπους οι οποίοι δίνονται παρακάτω:

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

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

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

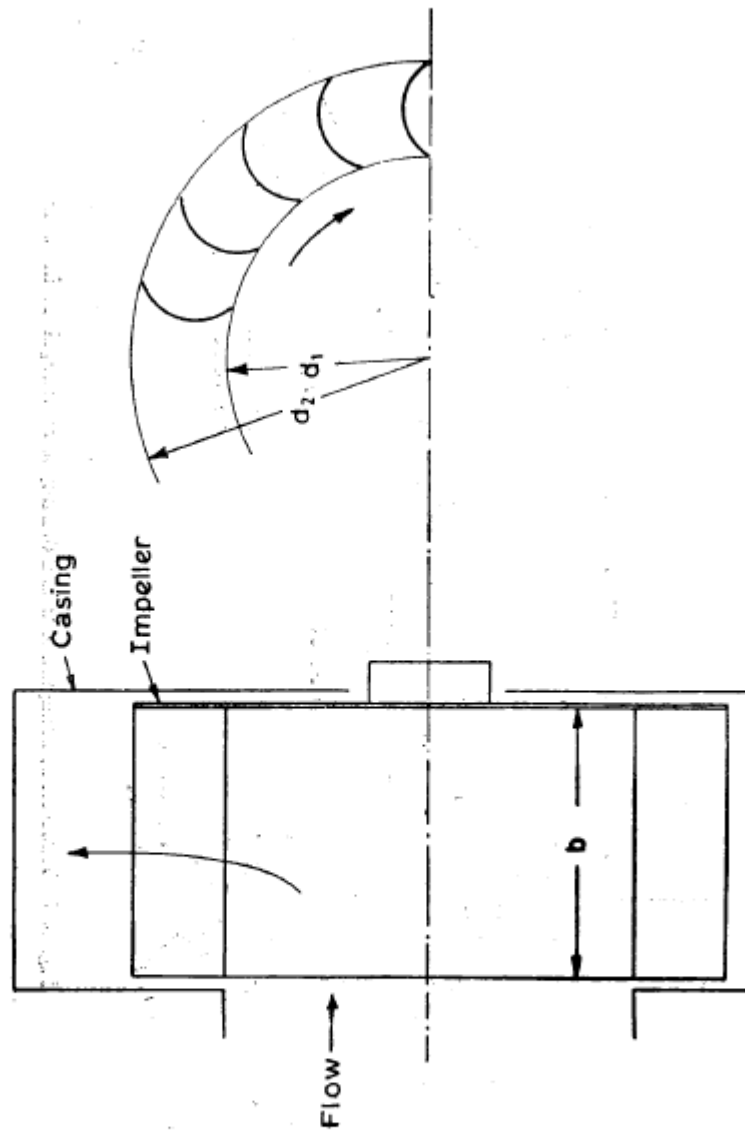
1.3.4 Διασκορπιστές και έλικες.

Η κινητική ενέργεια της ροής ανακτά τη στατική πίεση στην έξοδο της περωτής, διαχέοντας την ροή σε έναν διαχύτη με ή χωρίς έλικες. Κατά την έξοδο της ροής από τον διαχύτη ή την περωτή ο αέρας πηγαίνει στο σπειροειδές κέλυφος ,αφού λειτουργεί σαν συλλέκτης της ροής και αποτελεί απαραίτητο μέρος των φυγοκεντρικών ανεμιστήρων.

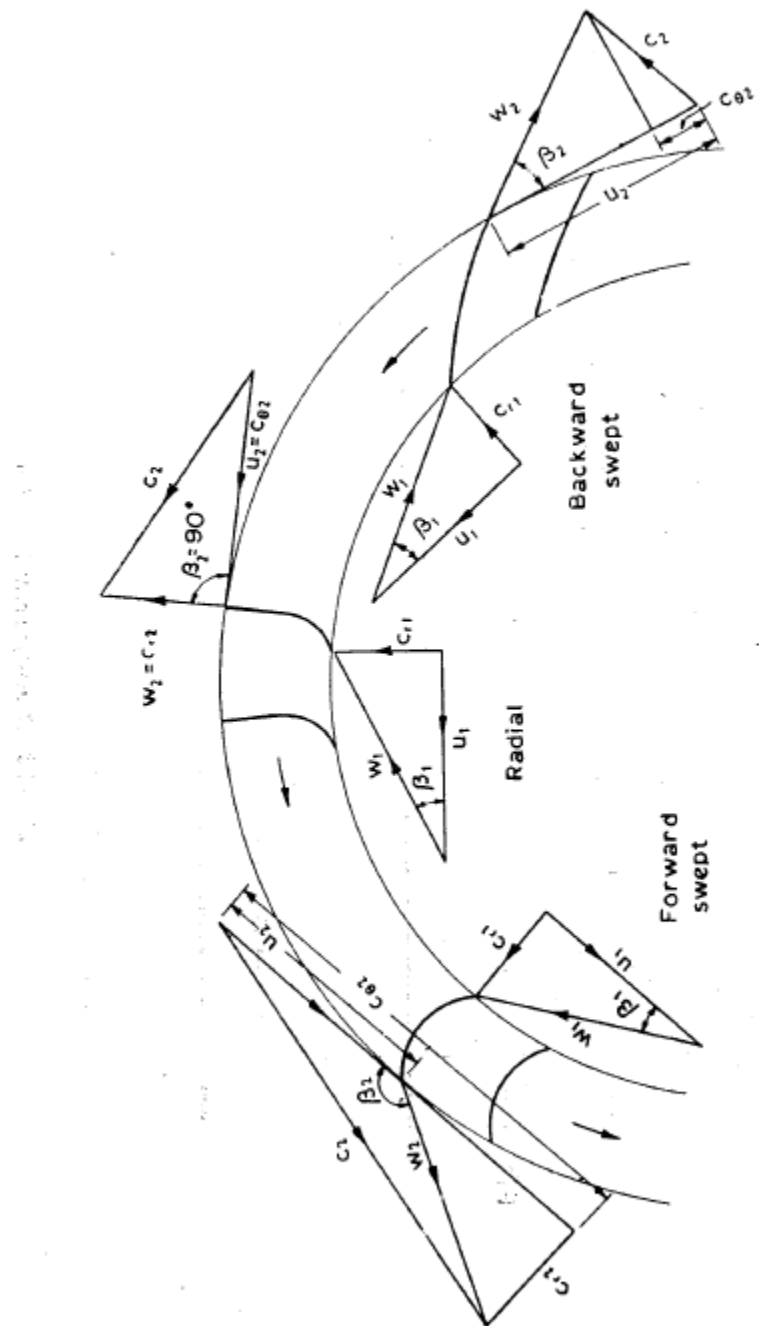
Με την προσθήκη ενός διαχύτη με έλικες σε έναν φυσητήρα μπορεί να μεγαλώσει την απόδοση σε σχέση με αυτήν ενός φυσητήρα που απλά έχει το σπειροειδές κέλυφος. Βέβαια ,στο μεγαλύτερο μέρος των φυγοκεντρικών ανεμιστήρων και φυσητήρων το μειονέκτημα του υψηλού κόστους και του μεγάλου μεγέθους το οποίο προκύπτει από την προσθήκη του διαχύτη υπερτερεί των πλεονεκτημάτων του. Έτσι ,η πλειοψηφία των διατάξεων των περωτών στους φυγοκεντρικούς ανεμιστήρες διοχετεύουν το ρευστό κατ' ευθείαν στο σπειροειδές κέλυφος (Εικ. 8 , 9). Μερική ανάκτηση πίεσης μπορεί επίσης να παρουσιαστεί και στο σπειροειδές κέλυφος.

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

Οι σπείρες μπορούν να σχεδιαστούν για σταθερή μέση ταχύτητα ή σταθερή πίεση. Η γεωμετρία της διατομής του σπειροειδούς κελύφους ποικίλει και μπορεί να είναι ορθογωνική, τετράγωνη, κυκλική ή τραπέζια. Η τραπεζοειδή διατομή είναι η πιο εύκολη στην κατασκευή της αφού αποτελείται από λεπτά φύλλα μετάλλου, ενώ οι υπόλοιπες διατομές προκύπτουν από καλούπια.



Εικόνα 8: Τύπος φυγοκεντρικού ανεμιστήρα με τύμπανο [9].



Εικόνα 9: Διαμόρφωση με τρία πτερύγια σε ανεμιστήρα τύπου τυμπάνου [9].

1.4 Ανεμιστήρας τύπου τύμπανου.

Ένας φυγοκεντρικός ανεμιστήρας τύπου τύμπανου φαίνεται στην Εικόνα 8. Έχει ένα μεγάλο αριθμό μικρών κυρτών πτερυγίων, ενώ αναλογία βάσης- άκρης του πτερυγίου πλησιάζει τη μονάδα. Έτσι, η εσωτερική διάμετρος μπορεί να μείνει μεγάλη δίνοντας μια μεγαλύτερη περιοχή για την ροή στην είσοδο. Γι' αυτό τέτοιες πτερωτές είναι κατάλληλες για σχετικά μεγάλες τιμές ροής. Οι τύποι των ανεμιστήρων 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. Όμως το μεγάλο ακτινικό τους μήκος εκτός του ότι είναι κατάλληλο για υψηλότερους ρυθμούς ροής και επίσης δίνει πιο αεροδυναμική πτερωτή. Τέλος ο βαθμός θορύβου αυτού του τύπου είναι σε χαμηλά επίπεδα. Η Εικόνα 9 δείχνει τις διαμορφώσεις που συναντιούνται 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 ελάχιστο μεγαλύτερο από το u_1 . Έτσι ο παράγοντας στροβιλισμού $c_{\theta 2}$ στην έξοδο είναι μικρός παρέχοντας μόνο μια μικρή αύξηση στην στατική πίεση:

$$\Delta p_o = \rho * u_2 * c_{\theta 2}$$

Στις άκρες των πτερυγίων $w_2 = c_{r2}$. 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 αναληφθεί η επιβράδυνση της ροής που οδηγεί στον διαχωρισμό. Εκτός αυτού, αυτά τα πτερύγια δίνουν μία μεγάλη τιμή $c_{\theta 2}$, παίρνοντας έτσι 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:

$$b_1 * c_{r1} * (\pi * d_1 - z * t_1) = b_2 * c_{r2} * (\pi * d_1 - z * t_2)$$

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:

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

Για $w_1 = w_2$:

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

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:

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

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

Οπότε:

$$\Psi_r = \frac{\Delta p_o}{\frac{1}{2} * \rho * u_2^2} = 4 \quad (1.45)$$

Η αύξηση της στατικής πίεσης διαμέσου της πτερωτής είναι:

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

$$\Delta p_r = \frac{1}{2} * \rho * (c_{r1}^2 - c_{r2}^2)$$

$$\Delta p_r = \frac{1}{2} * \rho * c_{r1}^2 * \left(1 - \frac{d_1^2}{d_2^2}\right) = \frac{1}{2} * \rho * u_1^2 * \tan^2\beta_1 * \left(1 - \frac{d_1^2}{d_2^2}\right)$$

$$\Delta p_r = \frac{1}{2} * \rho * u_2^2 * \left(1 - \frac{d_1^2}{d_2^2}\right) \quad (1.46)$$

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

$$R = \frac{4p_r}{4p_o}$$

$$R = \frac{1}{4} * \left(1 - \frac{d_1^2}{d_2^2}\right) \quad (1.47)$$

1.5 Ανεμιστήρας μερικής ροής.

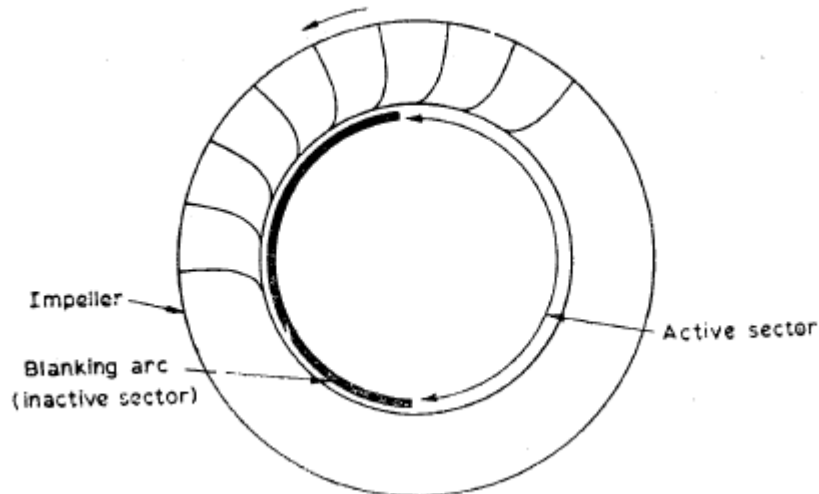
Ο σχεδιασμός ενός φυγοκεντρικού φυσητήρα ή ανεμιστήρα είναι τέτοια ώστε η διαθέσιμη περιοχή στην είσοδο να είναι περιορισμένη λόγω της εσωτερικής διαμέτρου της περωτής, ενώ η εξωτερική διάμετρος είναι καθορισμένη σύμφωνα με τη μέγιστη επιτρεπτή περιφερειακή ταχύτητα και το μέγεθος. Έτσι λαμβάνοντας υπόψιν τα παραπάνω, ένας συμβατικός φυγοκεντρικός ανεμιστήρας ή φυσητήρας είναι ακατάλληλος για μεγάλες παροχές ροής.

1.5.1 Ανεμιστήρες εξωτερικής ροής.

Οι ανεμιστήρες εξωτερικής ροής εκτός από τα μειονεκτήματα της χαμηλής παροχής, έχουν επίσης πολύ μικρό το πλάτος της περωτής τους. Για συγκεκριμένη ροή μιας περωτής με μικρό πλάτος απαιτεί μεγάλη διάμετρο και έχουν σχετικά υψηλότερες αεροδυναμικές απώλειες. Οπότε, για την αποφυγή των παραπάνω πρέπει να προχωρήσουμε σε περαιτέρω διαμόρφωση ,αυξάνοντας το πλάτος της περωτής έτσι ώστε να πετύχουμε υψηλότερης απόδοσης. Με αυτήν την διαμόρφωση επιτυγχάνεται στη ροή την είσοδο σε μια πιο πλατιά περωτή για μόνο ένα μέρος της περιφέρειας του όπως φαίνεται στην Εικόνα 10. Μία τέτοια διαμόρφωση έχει τα μειονεκτήματά της και επιπρόσθετες απώλειες, αλλά ένας σωστότερος συνδυασμός πλάτους περωτής και βαθμού αντίδρασης μπορεί να βρεθεί. Αυτός ο τρόπος διαμόρφωσης μπορεί να αποδειχθεί πολύ χρήσιμο για εφαρμογές που απαιτούν χαμηλές τιμές ροής και υψηλής πίεσης ,όπου το πλάτος της συμβατικής φυγοκεντρικής περωτής με πλήρη εισδοχή είναι μόνο μερικά χιλιοστά.

1.5.2 Ανεμιστήρες διασταυρούμενης ροής.

Μία άλλη μέθοδο για να αποφευχθεί το πρόβλημα της χαμηλής ροής σε έναν φυγοκεντρικό φυσητήρα είναι να χρησιμοποιήσουμε μια διάταξη ανεμιστήρα διασταυρούμενης ροής. Αυτές οι διατάξεις αποτελούνται από μία συγκριτικά μεγάλη περωτή κλειστή και δύο άκρα του. Η ροή του αέρα καθώς εισέρχεται συναντάει την περιφέρεια της περωτής από την μια πλευρά και εξέρχεται από την άλλη όπως αποτυπώνετε στις Εικόνες 10 και 11 .Με την χρήση του κελύφους της περωτής περιορίζει τον αέρα αναγκάζοντάς τον να ρέει στρωτά. Έτσι ο αέρας διασχίζει τα περύγια της περωτής δύο φορές: κατά το πρώτο στάδιο (1-2) διασχίζει προς τα μέσα το δαχτυλίδι της περωτής και κατά το δεύτερο στάδιο κατά την εξωτερική κατεύθυνση όπως φαίνεται και στην Εικόνα 11.

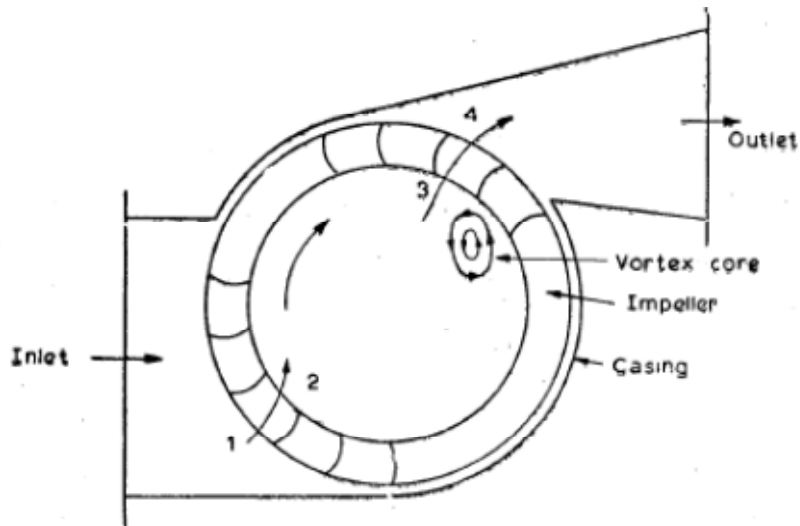


Εικόνα 10: Φυγοκεντρικός ακτινικός ανεμιστήρας εξωτερικής ροής [9].

Για την καλύτερη απόδοση ενός φυγοκεντρικού ανεμιστήρα έχει αποδειχθεί ότι η καλύτερη διαμόρφωση για τα πτερύγια είναι αυτή με τα καμπύλα εμπρός. Κυρίως ο ανεμιστήρας 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). Αυτού του τύπου ο ανεμιστήρας μπορεί να επιτύχει υψηλούς συντελεστές πίεσης σε συγκριτικά χαμηλές αποδόσεις. Λόγω του ότι η μεταβολή της στατικής πίεσης στο εσωτερικό της περωτής είναι αμελητέα, ο βαθμός της αντίδρασης είναι μηδέν.

Δεδομένου του ότι ο αέρας δεν εισέρχεται κατά μήκος ολόκληρης της επιφάνειας της περωτής, τότε ο ανεμιστήρας ανήκει στον τύπο μερικής ροής. Επειδή ο ανεμιστήρας διασταυρούμενης ροής δεν έχει την ίδια αρχή λειτουργίας όπως του αξονικού και ακτινικού τύπου ανεμιστήρα ονομάζεται και ανεμιστήρας εφαπτομενικής ροής. Παραδείγματα τουρμποκινητήρων κατά τους οποίους το πεδίο ροής δεν είναι αξονοσυμμετρικό παρατηρούμε σε τύπους ανεμιστήρα διασταυρούμενης και αποκλίνουσας μερικής ροής.

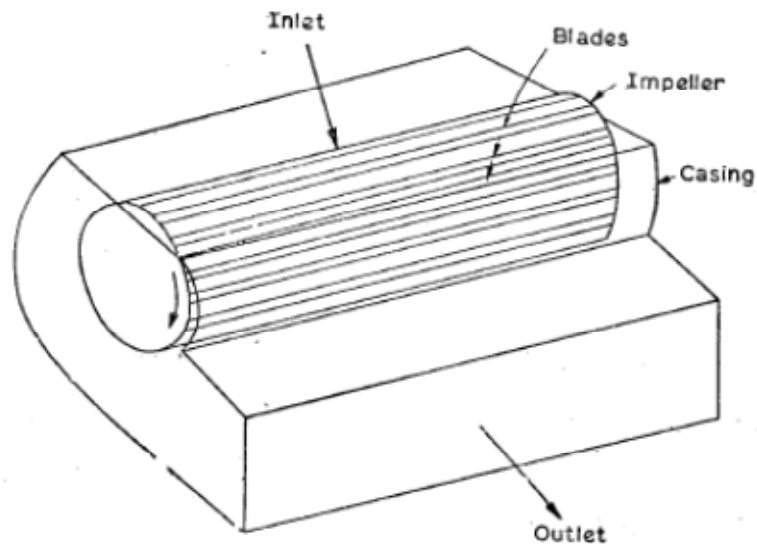
Κρίσιμος θεωρείται ο σχεδιασμός του κελύφους αυτού του τύπου ανεμιστήρα. Έχουν γίνει αρκετές προσπάθειες ώστε να βελτιωθεί αυτού του τύπου ο ανεμιστήρας επικεντρώνοντας την βελτίωση στη διαμόρφωση της εισόδου, της εξόδου και του κελύφους. Σημαντικός είναι ο ρόλος του διαχύτη στην έξοδο του ανεμιστήρα αφού η στατική αποτελεσματικότητα εξαρτάτε σε μεγάλο βαθμό από αυτό.



Εικόνα 1.11: Φυγοκεντρικός ανεμιστήρας με διασταυρούμενη ροή [9].

Η βελτιωμένη εκδοχή περωτής με περύγια τύπου κουπιού που χρησιμοποιείται σε ποικίλες εφαρμογές αποτελεί τον ανεμιστήρα διασταυρούμενης ροής . Ο ανεμιστήρας της διασταυρούμενης ροής ανάλογα με τη χρήση του μπορεί να κατασκευαστεί με μία περωτή τύπου τυμπάνου χωρίς το κέλυφος. Έτσι το ρεύμα αέρα που δημιουργείται μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μεγάλο εύρος εφαρμογών .

Στην πράξη το κύριο πλεονέκτημα της διασταυρούμενης ροής δεν έχει κανέναν περιορισμό στην διαχείριση υψηλών ρυθμών ροής. Για μια δεδομένη διάμετρο περωτής η ροή είναι ανάλογη του μήκους της. Οι περωτές με μικρότερη διάμετρο όχι μόνο λειτουργούν με μεγαλύτερες ταχύτητες αλλά είναι και πιο οικονομικές.



Εικόνα 12: Ανεμιστήρας τύπου διασταυρούμενης ροής [9].

Αυτού του τύπου οι ανεμιστήρες οι οποίοι κατασκευάζονται και σε μικρό ($d= 5 \text{ cm}$) και σε μεγάλο ($d= 280 \text{ cm}$) μέγεθος, μπορούν να καλύψουν τις ανάγκες οικιών και βιομηχανιών πάνω σε μια μεγάλη ποικιλία εφαρμογών. Οι ηλεκτρικές αντιστάσεις

διευκολύνονται από τον αγωγό εξόδου ορθογωνικής , όπως για παράδειγμα στα στεγνωτήρια μαλλιών και γενικά σε εφαρμογές με υψηλή θερμοκρασία. Λόγω του σχεδιασμού του ο ανεμιστήρας διασταυρούμενης ροής έχει ασταθή ρυθμό ροής. Μία δίνη δημιουργείται (όπως φαίνεται στην Εικόνα 12) στην εσωτερική περιφέρεια της περωτής κοντά στην έξοδο ,έτσι η ροή συγκεντρώνεται προς τον στρόβιλο. Η ροή καθορίζει τη θέση και το ακριβές μέγεθος του στρόβιλου. Από την άλλη ο στρόβιλος ελέγχει τη ροή του ανεμιστήρα. Έτσι προκαλείται μια ανακυκλοφορία της ροής στο χώρο εξόδου του ανεμιστήρα, πράγμα που σημαίνει ότι προκαλεί επιπρόσθετες απώλειες. Συνοψίζοντας, το σχήμα και η απόσταση του κελύφους από την περωτή καθορίζει το μέγεθος και τη θέση του στρόβιλου που με τη σειρά του επηρεάζει την απόδοση του ανεμιστήρα.

1.6 Ρουλεμάν του ανεμιστήρα.

Οι ανεμιστήρες και οι φυσητήρες διαθέτουν τριών ειδών ρουλεμάν για την επίτευξη της περιστροφής του ανεμιστήρα τα απλά κινητά, με ράουλα και αυτορρυθμιζόμενα με μπίλιες. Ο τύπος ρουλεμάν είναι ανάλογος της ταχύτητας του και της ισχύς του ανεμιστήρα. Οι απώλειες στα ρουλεμάν είναι αμελητέες σε σχέση της απώλειες της διάταξης. Ο άξονας ανεμιστήρα είναι μορφοποιημένος έτσι ώστε να μπορεί να προσαρμοστεί επάνω του και να διευκολύνει την συναρμολόγηση των ρουλεμάν της περωτής. Τα κινητά ρουλεμάν είναι απαραίτητο να λιπαίνονται σε όλη την επιφάνεια τους όπου υπάρχει ολίσθηση. Τα συστήματα εξαναγκασμένης λίπανσης απαιτούν μία αντλία λαδιού για την κυκλοφορία του λιπαντικού στα ρουλεμάν και έναν ψύκτη όπου θα ψύχει το λιπαντικό έτσι, μέσω αυτού η τιμή του ανεμιστήρα αυξάνετε. Η χρήση της ψύξης στα ρουλεμάν γίνεται απαραίτητη πάνω από τους 150 °C θερμοκρασία λειτουργίας.

Υπάρχουν διάφοροι τύποι γράσων για τη λίπανση των ρουλεμάν. Αν τα ρουλεμάν έχουν την σωστή λίπανση ,λειτουργούν για μεγάλες χρονικές περιόδους χωρίς να χρειάζονται ιδιαίτερη προσοχή. Η διάρκεια ζωής των ρουλεμάν κρίνεται από τις συνθήκες στις οποίες θα εργαστεί δηλαδή, από την παρουσία σκόνης , υγρασίας και διαβρωτικών ουσιών.

1.7 Απώλειες.

Στους φυγοκεντρικούς ανεμιστήρες το ποσοστό των απωλειών τους βρίσκεται τόσο στα σταθερά όσο και στα κινητά μέρη του .Έτσι η πραγματική απόδοση του ανεμιστήρα μπορεί να υπολογιστεί θεωρητικά λαμβάνοντας υπόψιν τις συνολικές απώλειες. Οι διάφορες απώλειες που συναντώνται σε μια διάταξη αναφέρονται παρακάτω.

1) Απώλειες στην είσοδο της περωτής

Αυτές οφείλονται στην είσοδο της ροής στο στόμιο όπου η κατεύθυνση της αλλάζει από αξονική σε ακτινική. Οι απώλειες στα περύγια της περωτής που οφείλονται στην τριβή και στον διαχωρισμό της ροής λόγω μιας αλλαγής στην διεύθυνση της ροής μπορούν να συνυπολογιστούν.

2)Απώλειες από διαρροή

Ένα καθαρίσμα απαιτείται μεταξύ της περιστρεφόμενης περιφέρειας της περωτής 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 περωτή

Αυτές οι απώλειες προκύπτουν από τις τριβές και την διάχυση. Εξαρτούνται από την σχετική ταχύτητα, τον ρυθμό διάχυσης και την 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) εκτείνεται σε μια μεγαλύτερη τομή στο σπειροειδές κέλυφος. Αυτό οδηγεί σε 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.

1.8 Οδηγοί ανεμιστήρα.

Οι ιδανικοί κινητήρες ανεμιστήρων που χρησιμοποιούνται συχνότερα λόγω της αμεσότητας στην σύνδεση στην μετάδοση της κίνησης είναι οι κύριοι κινητήρες άμεσου συνδυασμού. 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 συζευκτικές των αξόνων συνήθως ,θα πρέπει να είναι ευέλικτοι για να αποφεύγονται οι αποκλίσεις.

Σε κάποιους ανεμιστήρες και φυσητήρες η σύζευξη του κινητήριου άξονα του μοτέρ με τον κινούμενο της πτερωτής γίνεται με την χρήση ιμάντα. Η ιμάντες τύπου V έχουν ένα ευρύ φάσμα χρήσης στους ανεμιστήρες μεγάλου μεγέθους. Με την χρήση των παραπάνω ιμάντων αποφεύγετε η ανάπτυξη μεγάλων δυνάμεων στις εδράσεις των αξόνων και παράλληλα η λειτουργία του είναι αθόρυβοι .Οι τύπου V μονοί ιμάντες χρησιμοποιούνται σε ανεμιστήρες μικρού μεγέθους. Τέλος μπορούμε να επιλέξουμε ανάμεσα σε ένα ευρύ εύρος από διάφορους συνδυασμούς διαμέτρων τροχαλιών για να πάρουμε την επιθυμητή ταχύτητα στους άξονες. Τέλος η απόσταση από τα κέντρα των τροχαλιών της κινούμενης τροχαλίας σε σχέση με την κινητήρια μπορεί να ποικίλει σύμφωνα με τις απαιτήσεις της εκάστοτε διάταξης.

Οι ανεμιστήρες μπορούν να τεθούν σε λειτουργία και σαν παράρτημα μιας μεγαλύτερης μηχανικής διάταξης όπως για παράδειγμα σε διάφορους τύπους ηλεκτρικών κινητήρων καθώς επίσης και σε διάφορους τύπου αεροστροβίλων .Αυτοί είναι ιδανικοί για εφαρμογές μεταβαλλόμενης ταχύτητας.

Οι επαγωγικού ρεύματος τριφασικοί κινητήρες χρησιμοποιούνται συνήθως για περιπτώσεις όπου απαιτείται σταθερή ταχύτητα. Τα πλεονεκτήματα αυτών των κινητήρων εκτός του ότι είναι οικονομικοί και ανθεκτικοί κατασκευαστικά, είναι επίσης ιδανικοί να λειτουργούν σε συνθήκες λειτουργίας με εύφλεκτα αέρια και σκόνη. Έχουν μεγάλη ροπή κατά την εκκίνησή τους περίπου ίσο με μιάμιση φορά της ροπής οπου μπορούν να αναπτύξουν κατά τη λειτουργία τους και κατά συνέπεια των παραπάνω η απόδοσή τους είναι υψηλή. Οι ταχύτητες των επαγωγικών κινητήρων έχουν ποικίλουν κατά ένα μικρό εύρος μεταβάλλοντας την συχνότητά τους. Μέχρι το εύρος των 15 kW μπορεί να γίνει χρήση των μικρών επαγωγικών κινητήρων σε μονοφασικό ρεύμα.

Για εφαρμογές στις οποίες απαιτείται σταθερή ταχύτητα, οι επαγωγικοί κινητήρες προτιμώνται από κινητήρες με συνεχές ρεύμα, αλλά για εφαρμογές στις οποίες χρειάζεται η μεταβλητή της ταχύτητας 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 με την κατασκευή μαγνητικής σύζευξης ανάμεσα στον κινητήριο άξονα του μοτέρ και στον κινούμενο του ανεμιστήρα.

1.9 Θόρυβος ανεμιστήρα.

Στους ανεμιστήρες είναι επιθυμητή σε μεγάλο βαθμό η μείωση του θορύβου τους. Με την καλύτερη κατανόηση των επιπτώσεων που έχει στο περιβάλλον και στους ανθρώπους, ο θόρυβος έχει γίνει ένας σημαντικός παράγοντας στον σχεδιασμό, στην εγκατάσταση και στην λειτουργία των ανεμιστήρων και των φυσητήρων. Όμως οι ανεμιστήρες και φυσητήρες που χρησιμοποιούνται σε πολλές εφαρμογές ακόμα και σήμερα αποτελούν την κύρια πηγή θορύβου. Επίσης η μείωση του παραγόμενου θορύβου στα συστήματα εξαερισμού είναι εξίσου σημαντική.

Με την σωστή εγκατάσταση ενός ανεμιστήρα, ο παραγόμενος θόρυβος προέρχεται από τα ρουλεμάν και από τις δονήσεις των διάφορων τμημάτων ο οποίος δεν είναι τόσο σημαντικός σε σύγκριση με αυτόν του παραγόμενου θορύβου λόγω της αεροδυναμικής που αποκτά ο αέρας κατά την διέλευση του από την διάταξη. Ο τελευταίος οφείλεται στα ποικίλα φαινόμενα ροής τα οποία λαμβάνουν χώρα στο εσωτερικό του ανεμιστήρα. Ο θόρυβος σε ένα ανοιχτό ανεμιστήρα παράγεται εξ' αιτίας των αυξομειώσεων του πεδίου πίεσεως.

Η εμφάνιση ρεύματος αέρα στην άκρη των πτερυγίων δεν μπορεί να αποφευχθεί. Οι αναταράξεις εξ' αιτίας αυτών των ρευμάτων αυξάνουν σημαντικά στην παραγωγή του θορύβου. Όσο η αύξηση της έντασης των αναταράξεων μεγαλώνει με την αύξηση της ταχύτητας, τόσο μεγαλώνει και η ένταση του θορύβου. Διατάξεις ανεμιστήρων όπου λειτουργούν με ξεχωριστές ροές παράγουν 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

Παράγοντες οι οποίοι συμβάλουν στην παραγωγή θορύβου λόγω του 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 με 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 Διάβρωση ανεμιστήρων λόγω σκόνης.

Σε μερικά τμήματα ενός ανεμιστήρα αναπτύσσεται μικρή διάβρωση λόγω της σκόνης που υπάρχει στο χώρο λειτουργίας τους. Όμως σε μερικές εφαρμογές η διάβρωση των πτερυγίων και του κελύφους λόγω της σκόνης μπορεί να γίνει σοβαρή. Οι ατμοηλεκτρικοί σταθμοί δεν μπορούν συνέχεια να καίνε την ιδανική ποσότητα άνθρακα, το οποίο έχει σαν αποτέλεσμα κάποιες φορές η περιεκτικότητα της στάχτης να αγγίζει και το 40 %. Εκτός αυτού, οι μηχανισμοί απομάκρυνσης που υπάρχουν στην διάταξη δεν μπορούν να συγκρατήσουν όλο το ποσοστό της στάχτης, έτσι μια ποσότητα στερεών σωματιδίων διαφεύγει από το σύστημα. Το φαινόμενο αυτό συμβαίνει ιδιαίτερα σε περιπτώσεις στις οποίες οι θερμοκρασίες είναι χαμηλές.

Επίσης προκαλούνται ραγίσματα στην επιφάνειά των κινούμενων πτερυγίων όταν η αιωρούμενη σκόνη έρχεται σε απ' ευθείας επαφή με αυτά, ενώ ταυτόχρονα η ροή της σκόνης καθώς διέρχεται μέσα από τη διάταξη δημιουργεί διάβρωση των επιφανειών της. 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

Εξαιτίας των προβλημάτων που δημιουργούνται από τη διάβρωση, η σωστή επιλογή του τύπου ανεμιστήρα παίζει πολύ σημαντικό ρόλο. Βέβαια υπάρχει η περίπτωση ένας ανεμιστήρας να είναι ανεκτικός στη διάβρωση όμως να μην είναι η σωστότερη επιλογή. Η διάβρωση από τη σκόνη έχει διαπιστωθεί ότι είναι αντιστρόφως ανάλογη με τον συντελεστή πίεσης. Οι φυγοκεντρικοί ανεμιστήρες γενικώς έχουν αντοχή κατά πέντε φορές περισσότερο από τους αξονικούς ανεμιστήρες, χωρίς σοβαρά προβλήματα από διάβρωση.

Έχει διαπιστωθεί 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:

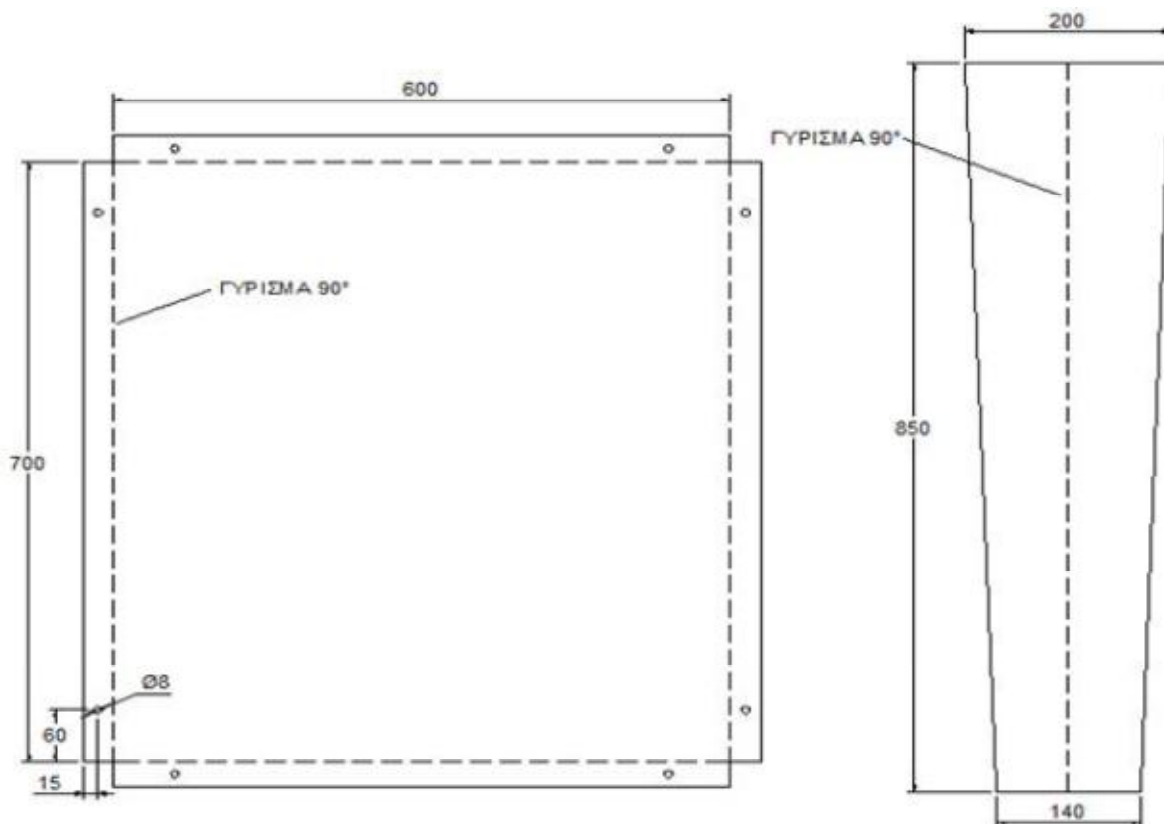
- 1) Εγκατάσταση μιας πιο αποτελεσματικής διάταξης για την αφαίρεση της σκόνης
- 2) Ρύθμιση της ταχύτητας του ανεμιστήρα σύμφωνα με το εκάστοτε φορτίο
- 3) Μείωση της διαστρωμάτωσης
- 4) Χρήση ανεμιστήρων χαμηλών και υψηλών ταχυτήτων
- 5) Παροχή αντιδιαβρωτικών μηχανισμών για τα πτερύγια

2 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑ [9].

2.1.0 Τμήματα ανεμιστήρα.

2.1.1 Βάση στήριξης συσκευής.

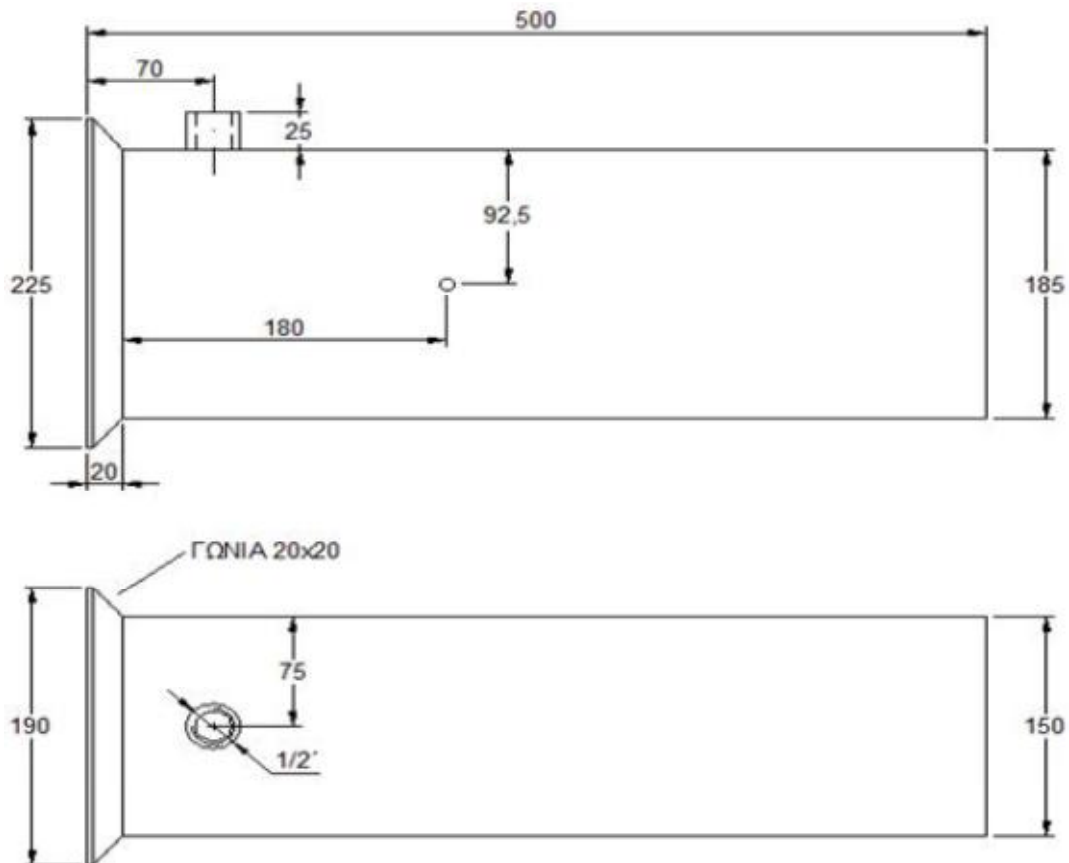
Για τη βάση στήριξης της συσκευής χρησιμοποιήθηκε λαμαρίνα 3 mm όπου με τη βοήθεια του ψαλιδιού κόπηκε στις κατάλληλες διαστάσεις και οι γωνίες της γυρίστηκαν κατά 90 μοίρες με τη χρήση στράτζας. Τέλος οι γωνίες συγκολλήθηκαν με την ηλεκτροσυγκόλληση και λειάνθηκαν με τον λειαντικό τροχό. Για την κατασκευή των ποδιών χρησιμοποιήθηκε λαμαρίνα 3 mm όπου κόπηκε με το ψαλίδι και γυρίστηκε με τη στράντζα 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. 13).



Εικόνα 13: Η βάση της πειραματικής διάταξης [9].

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 εξέρχει 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.14, 15, 16).



Εικόνα 14: Αγωγός κατάθλιψης [9].



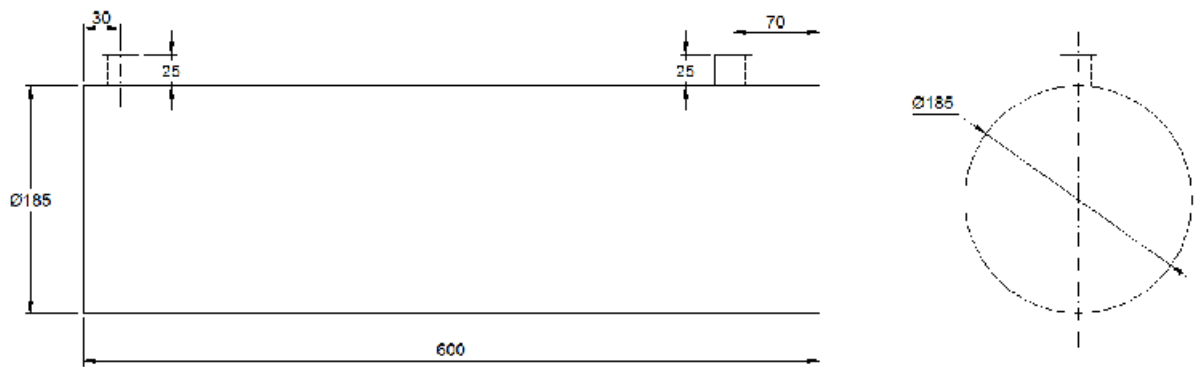
Εικόνα 15: Το τάμπερ στον αγωγό κατάθλιψη [9].



Εικόνα 16: Σωλήνας για την μέτρηση του μανομετρικού για τον αγωγό κατάθλιψης [9].

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 όπου $d = 185 \text{ mm}$, 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 17: Αγωγός αναρρόφησης [9].



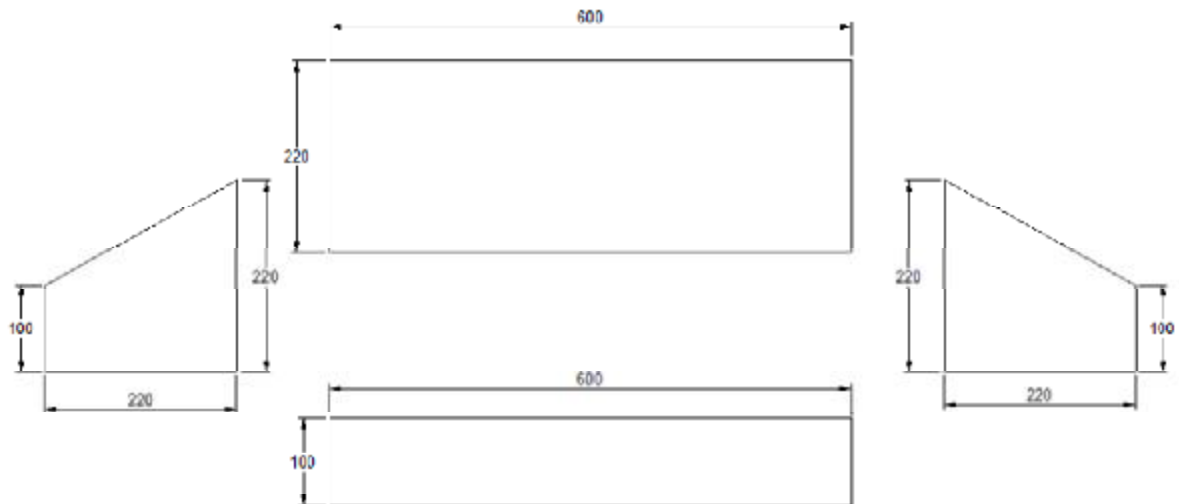
Εικόνα 18: Εσωτερικό αγωγού αναρρόφησης [9].



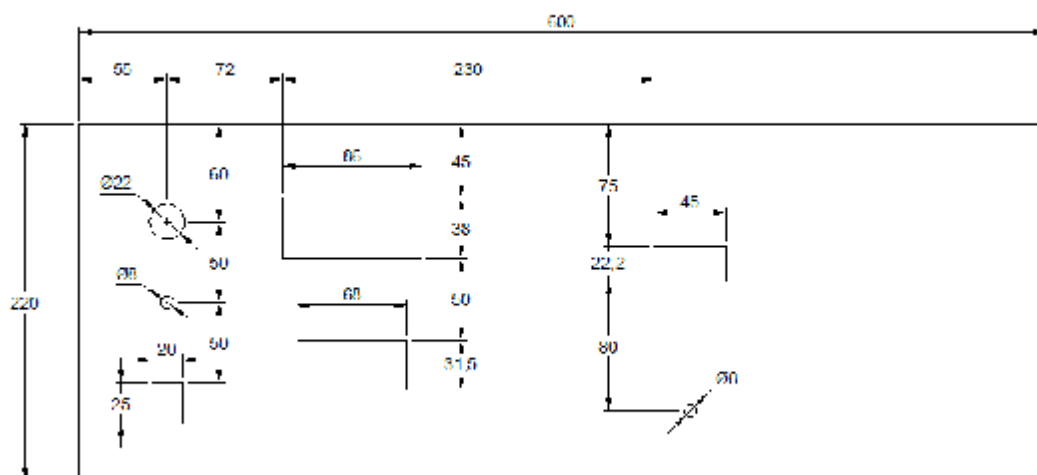
Εικόνα 19: Σωλήνας για την μέτρηση του μανομετρικού για τον αγωγό αναρρόφησης [9].

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 περεταίρω 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. 20, 21, 22).



Εικόνα 20: Διαστασιολόγηση λαμαρινών του πίνακα ελέγχου [9].



Εικόνα 21: Πίνακας Ελέγχου [9].



Εικόνα 22: Υλοποίηση πίνακα ελέγχου.

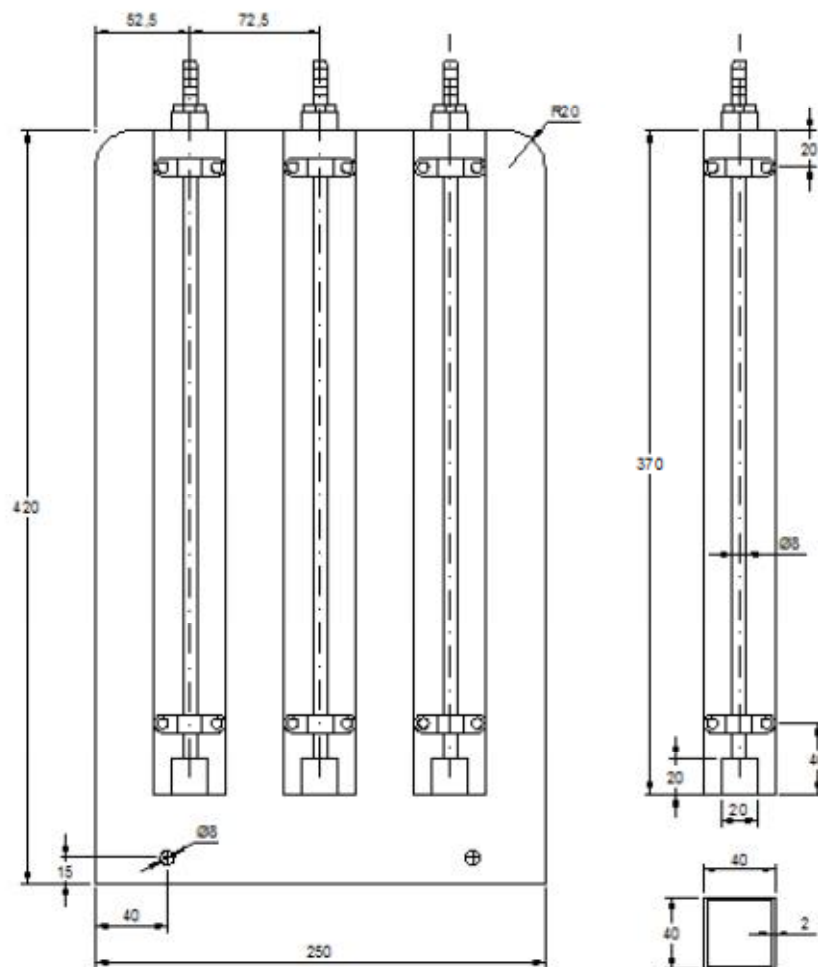
2.1.5 Προσθήκη άξονα (Φ20) στον άξονα του ηλεκτροκινητήρα για τη μέτρηση των στροφών.

Με τη βοήθεια του τόννου δημιουργήθηκε κατάλληλος άξονας διαμέτρου Φ 20 και σπειρώματος M6. Ανοίχθηκε οπή στον ήδη υπάρχον άξονα του ηλεκτροκινητήρα και δημιουργήθηκε εσωτερικό σπείρωμα με σκοπό τη σύνδεση του με τον άξονα διαμέτρου Φ 20. Στο κέλυφος του ηλεκτροκινητήρα συγκολλήθηκαν και τρυπήθηκαν 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. 11, 24).



Εικόνα 23: Σχέδιο πίνακα μανομέτρων – Μανόμετρο [9].



Εικόνα 24: Υλοποίηση πίνακα μανομέτρων.

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. 25).



Εικόνα 25: Υλοποιημένη πειραματική διάταξη.

2.1.8 Βαφή κατασκευής.

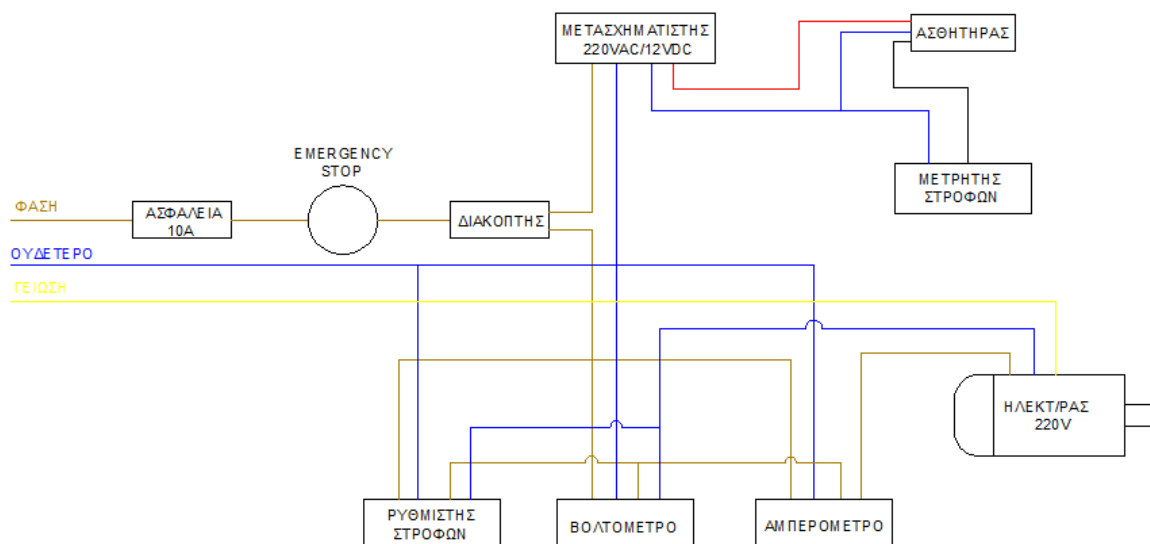
Αφού λειάνθηκαν και καθαρίστηκαν όλα τα μέρη της κατασκευής, το κάθε ένα μέρος ξεχωριστά βάφτηκε με μία στρώση ασταριού και έπειτα με δύο στρώσεις κατάλληλου χρώματος με τη χρήση πιστολιού βαφής.

2.1.9 Ηλεκτρολογική εγκατάσταση.

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 εναλλασσόμενου 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. 26).



Εικόνα 26: Ηλεκτρονικό σχέδιο [9].

2.2 Πειραματική συσκευή.

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 περωτής. 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 περωτή. Καθώς το ρευστό συνεχίζει να περνάει μέσα από τη φυγοκεντρική περωτή, η περωτή αυτή αναγκάζει το ρευστό να περιδίνεται 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 περρωτή αυτή μπορεί να αποτελείται από ένα αριθμό περυγίων τα οποία χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες (καμπύλα εμπρός, καμπύλα πίσω, ακτινικά). Η συγκεκριμένη περρωτή έχει περυγία με καμπύλα εμπρός.

Η πειραματική συσκευή αποτελείται από:

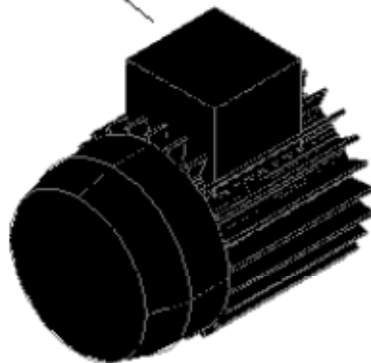
1. Φυγοκεντρικό ανεμιστήρα
2. Βάση στήριξης του φυγοκεντρικού ανεμιστήρα
3. Αγωγό αναρρόφησης
4. Αγωγό κατάθλιψης
5. Πίνακα ελέγχου
6. Πίνακα μανομέτρων

A. Ο φυγοκεντρικός ανεμιστήρας αποτελείται από:

- Ηλεκτροκινητήρα :

Τάση	220 V
Ένταση	2,3 A
Ισχύς	0,37 Kw
Cosφ	0,93

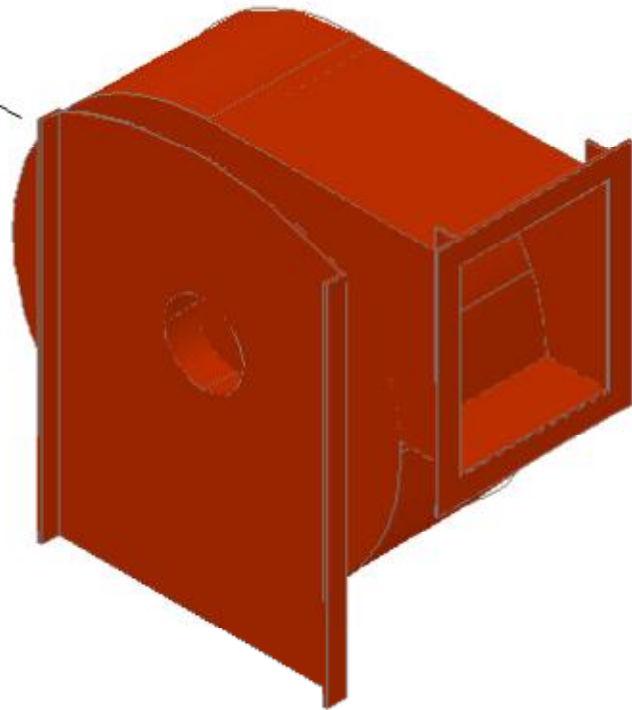
ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΤΗΡΑΣ



Εικόνα 27: Ηλεκτροκινητήρας [9].

- Σταθερό κέλυφος

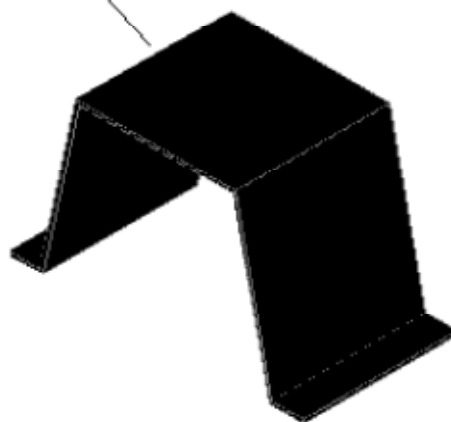
ΣΤΑΘΕΡΟ ΚΕΛΥΦΟΣ



Εικόνα 28: Κέλυφος φυγοκεντρικού ανεμιστήρα [9].

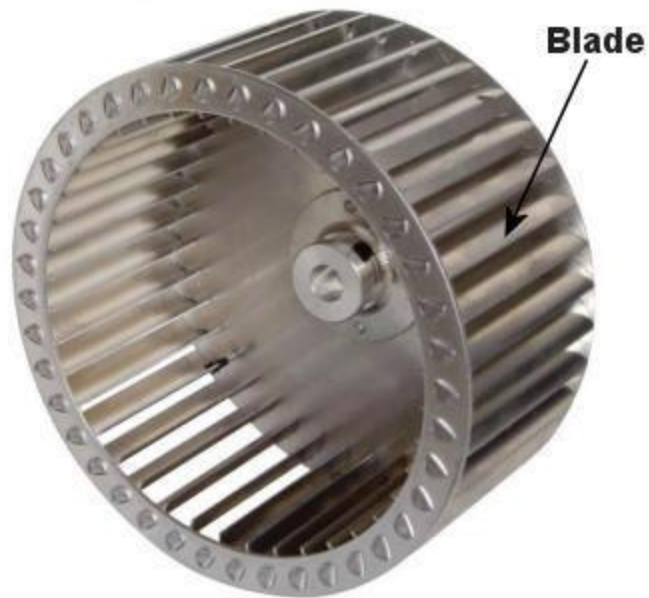
- Έδραση ηλεκτροκινητήρα

ΕΔΡΑΣΗ
ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΤΗΡΑ



Εικόνα 29: Βάση ηλεκτροκινητήρα [9].

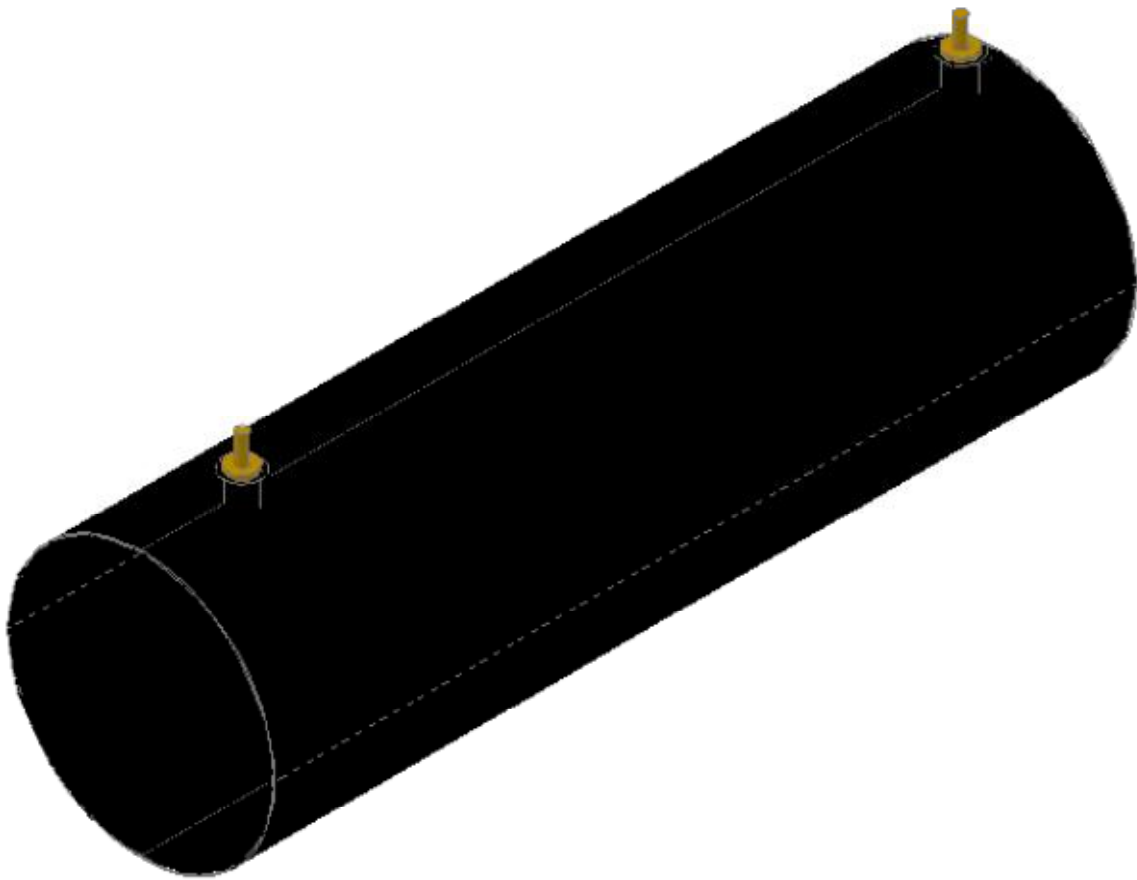
- Πτερωτή (καμπύλα εμπρός)



Εικόνα 30: Πτερωτή φυγοκεντρικού ανεμιστήρα [9].

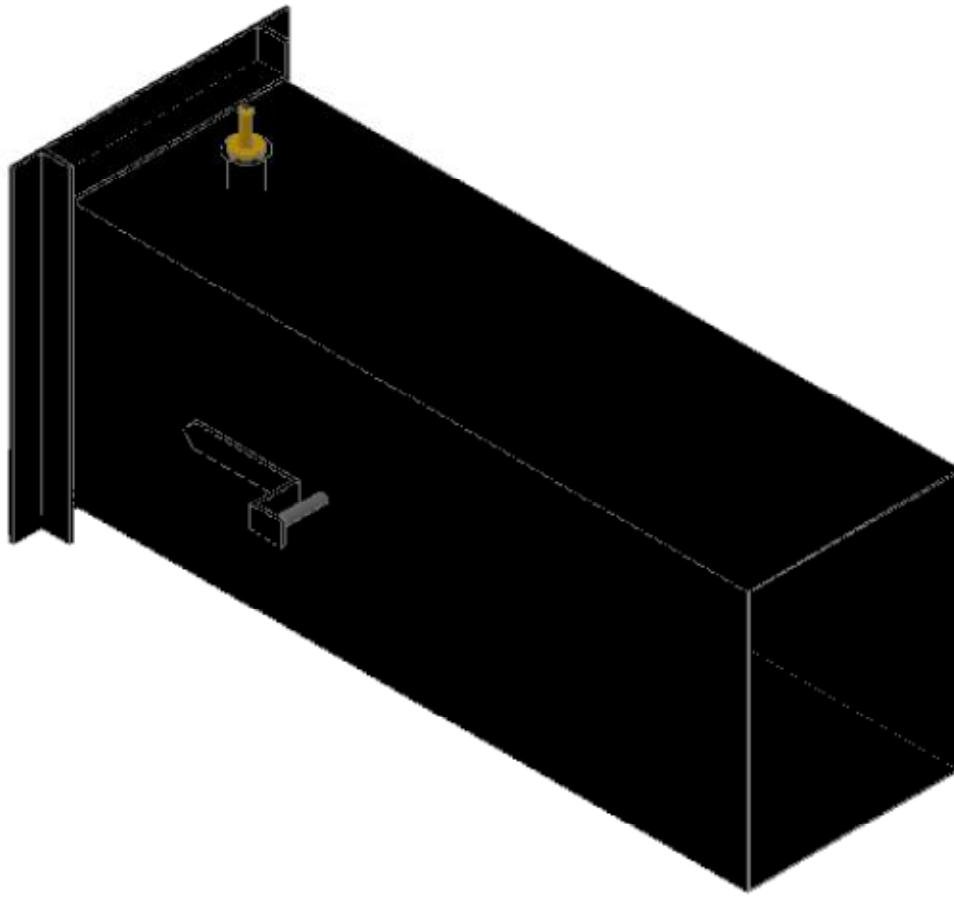
Β. Βάση στήριξης του φυγοκεντρικού ανεμιστήρα

Γ. Αγωγός αναρρόφησης



Εικόνα 31: Αγωγός αναρρόφησης [9].

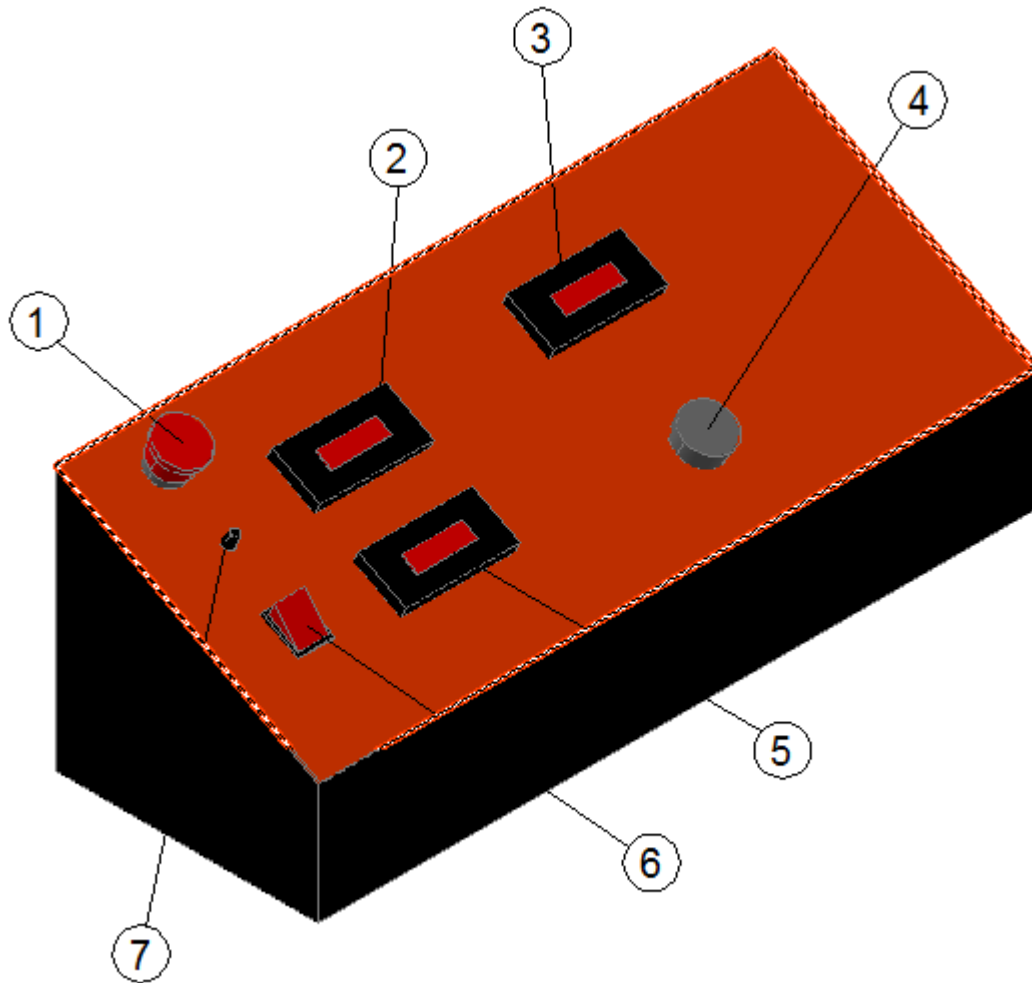
Δ. Αγωγός κατάθλιψης



Εικόνα 32: Αγωγός κατάθλιψης [9].

Ο αγωγός κατάθλιψης περιέχει στο εσωτερικό του το τάμπερ.

Ε. Πίνακας ελέγχου

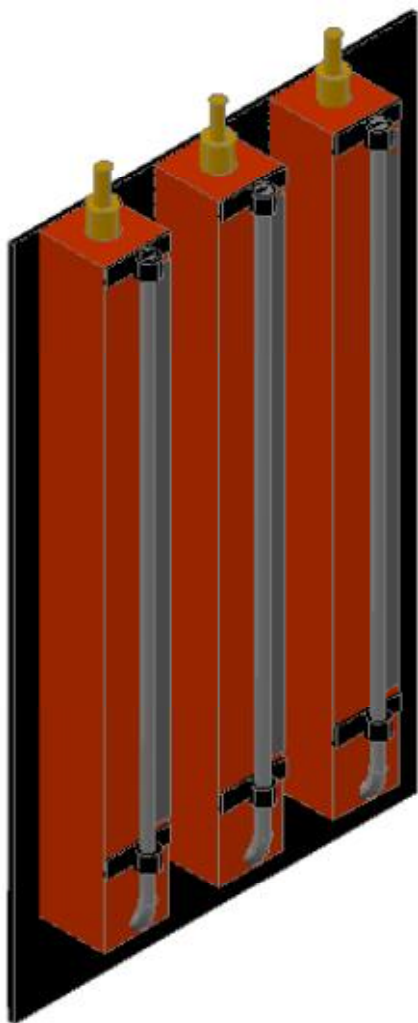


Εικόνα 33: Πίνακας ελέγχου διάταξης [9].

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 34: Πίνακας μανομέτρων [9].

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

2.2.1 Συγκεντρωτικός πίνακας υλικών.

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

α/α	Υλικό	Τεμάχια
1	Φυγοκεντρικός Ανεμιστήρας- Ηλεκτροκινητήρας	1
2	Λαμαρίνα (2m x 1m x 3mm) (μαζί επεξεργασία)	1
3	Στραντζαριστό (40mm x 40mm x 2mm)	3
4	Λαμαρίνα (2m x 1m x 1,5mm) (μαζί επεξεργασία)	1
5	Άξονας (Φ 22) (μαζί επεξεργασία)	1

6	Άξονας (Φ 8) (μαζί επεξεργασία)	1
7	Μούφες 1/2 inch	3
8	Συστολή 1/2 - 1/4	3
9	Σύνδεσμος για ελαστικό σωλήνα	9
10	Μούφες 1/4 inch	3
11	Ελαστικός σωλήνας (m)	5
12	Γυάλινος σωλήνας (m)	1
13	Βάση στήριξης γυάλινου σωλήνα	6
14	Βίδες M8 X 25mm	16
15	Αυτοδιάτρητες	20
16	Βαθμονομημένος κανόνας	1
17	Γωνία 20mm x 20mm	1
18	Βολτόμετρο πίνακα 0-300AC	1
19	Μετρητής παλμών LR5N - B	1
20	Αισθητήρας RP08 - 2DN	1
21	Αμπερόμετρο AC MT4Y	1
22	Ασφαλειοθήκη	1
23	Ασφάλειες 10 Amber	10
24	Ποτενσιόμετρο	1
25	Ρυθμιστής στροφών	1
26	Διακόπτης on - off	1
27	Διακόπτης emergency stop	1
28	Μετασχηματιστής	1
29	Βιομηχανική πρίζα	1
30	Καλώδιο (m)	3

3 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ – ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ.

3.1 Υπολογισμοί.

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.

3.1.1 Παροχή.

$$Q = k * A * u \text{ (m}^3\text{)} \quad (3.1)$$

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

A = Διατομή σωλήνα (m²)

U = Ταχύτητα (m/s)

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

$$Q = k * \pi * \frac{d^2}{4} * u \text{ (m}^3\text{)} \quad (3.2)$$

Όπου: A = $(\pi * \frac{d^2}{4})$ (m²) , d = διάμετρος σωλήνα (m)

Για τον υπολογισμό της ταχύτητας από της εξίσωση Bernoulli έχουμε:

$$P = \frac{1}{2} * \rho * u^2 \text{ (}\frac{kg*m}{s^2}\text{)} \quad (3.3)$$

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:

$$U = \sqrt{\frac{2*P_{στ}}{\rho}} \text{ (}\frac{m}{s}\text{)} \quad (3.4)$$

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.

$$P * V = N * R * T \quad (3.4)$$

Όπου: P = η ατμοσφαιρική πίεση

V = ο όγκος του αέρα (m³)

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:

$$P * V = \frac{m}{MB} * R * T$$

Όπου: N = $\frac{m}{MB}$

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

$$P = \frac{m}{V} * \frac{R*T}{MB}$$

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

$$P = \rho * \frac{R*T}{MB}$$

Λύνοντας ως προς ρ έχουμε:

$$\rho = \frac{P_{atm}}{R*T_{atm}} \left(\frac{kg}{m^3} \right) \quad (3.6)$$

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

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

Τέλος αντικαθιστώντας την ταχύτητα στην εξίσωση (6.1) έχουμε :

$$Q = k * \pi * \frac{d^2}{4} * \sqrt{\frac{2*P_{υπ}*R*T_{atm}}{P_{atm}}} \quad (3.7)$$

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

3.1.2 Διαφορά πίεσης.

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

$$\Delta P = P_K - P_a \quad (mm\Sigma Y) \quad (3.8)$$

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

$$\Delta P (Pa) = \Delta P (mm\Sigma Y) * 9.81 (Pa)$$

3.1.3 Μετατροπή μονάδων πίεσης από mmΣΥ σε Pascal.

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

$$13(mm\Sigma Y) * 9,81(Pa) = 127.53(Pa)$$

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

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

$$1(\text{bar}) = 1.014 * 10^5 (\text{Pa})$$

3.2 Βαθμός απόδοσης.

$$\eta = \frac{P_{\omega\varphi}}{P_{\mu\eta\chi}} \quad (3.9)$$

Όπου: $P_{\omega\varphi} = \Delta P * Q, (\frac{kg}{m*s^2})$, ολική ισχύς του αέρα

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

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

$P_{\eta\lambda}$ = η ισχύς του ηλεκτροκινητήρα ($W = \frac{kg}{m*s^2}$)

$$P_{\eta\lambda} = V * I * \cos\varphi \quad (3.10)$$

Όπου: V = η τάση του ηλεκτροκινητήρα (Volt)

I = η ένταση του ρεύματος του ηλεκτροκινητήρα (Amber)

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

Οι τιμές για το $P_{\omega\varphi}$ 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.

3.3 Διαδικασία κατασκευής διαγραμμάτων.

3.3.1 Διάγραμμα 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.

Το πρώτο σετ πειραματικών μετρήσεων είναι το εξής:

a/a	Taber (%)	N (RPM)	Pstat (cm ΣΥ)	PA (cm ΣΥ)	PK (cm ΣΥ)	V (Volt)	I (A)
1	100	1350	6	7,6	8,5	218	2,2

Τύποι που θα χρησιμοποιηθούν:

$$1. \Delta P = P_K - P_a (\text{mm}\Sigma Y)$$

$$2. \Delta P (Pa) = \Delta P (\text{mm}\Sigma Y) * 9.81 (Pa)$$

$$3. Q = k * \pi * \frac{d^2}{4} * \sqrt{\frac{2 * P_{υπ} * R * T_{atm}}{P_{atm}}}$$

Για τον υπολογισμό του πρώτου σημείου έχουμε:

Βήμα 1: Υπολογισμός της διαφοράς πίεσης

$$\Delta P = P_K - P_a = 8.5 - 7.6 = 0.9 \text{ cm}\Sigma Y$$

Βήμα 2: Μετατροπή μονάδων από cmΣΥ σε Pascal

$$\Delta P (Pa) = \Delta P (\text{cm}\Sigma Y) * 98.1 = 0.9 * 98.1 = 88.29 (Pa)$$

Βήμα 3: Υπολογισμός παροχής

A. Υπολογισμός της Pstat σε Pascal:

$$P_{stat} = 6 * 98.1 = 588.6 (Pa)$$

B. Αντικαθιστούμε στον τύπο της παροχής:

$$Q = k * A * U = 0.8 * 3.14 * 0.02688 * 21.5 = 0.45 \frac{m^3}{sec}$$

Βρήκαμε τις δύο πρώτες τιμές για το διάγραμμα $\Delta P - Q$. Αυτές θα αποτυπωθούν στο συγκεκριμένο διάγραμμα και αφού επαναληφθεί η διαδικασία για όλες τις μετρήσεις θα σχηματιστεί η χαρακτηριστική καμπύλη.

a/a	Taber (%)	N (RPM)	Pstat (cm ΣΥ)	PA (cm ΣΥ)	PK (cm ΣΥ)	V (Volt)	I (A)
1	100	1350	6	7,6	8,5	218	2,2

Τύποι που θα χρησιμοποιηθούν:

$$1. P_{\omega\varphi} = \Delta P * Q$$

$$2. P_{\eta\lambda} = V * I * \cos\varphi$$

$$3. P_{\mu\eta\chi} = nHK * P_{\eta\lambda}$$

$$4. n = \frac{P_{\omega\varphi}}{P_{\eta\lambda}}$$

Για τον υπολογισμό του πρώτου σημείου έχουμε:

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

$$P_{\omega\phi} = \Delta P * Q = 88.29 (Pa) * 0.45 \frac{m^3}{sec} = 39.96 (W)$$

Βήμα 2: Υπολογίζουμε την $P_{\eta\lambda}$, την ισχύ δηλαδή του ηλεκτροκινητήρα.

$$P_{\eta\lambda} = V * I * \cos\phi = 218(Volt) * 2.2(Ampere) * 0.93 = 448.06(W)$$

Βήμα 3: Αφού υπολογίσαμε το $P_{\eta\lambda}$ μπορούμε να υπολογίσουμε το $P_{μηχ}$, 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.

$$P_{μηχ} = n_{HK} * P_{\eta\lambda} = 0,84 * 448,06 = 376.4 (W)$$

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

$$n = \frac{P_{\omega\phi}}{P_{μηχ}} = \frac{39,96}{448,06} = 0,0892 = 8,92(\%)$$

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.

3.3.2 Διάγραμμα $\eta-Q$

Για να κατασκευάσουμε το διάγραμμα $\eta - Q$ πρέπει να υπολογίσουμε τον βαθμό απόδοσης. Την παροχή την υπολογίσαμε στην παραπάνω παράγραφο. Οι τιμές που έχουμε για την πρώτη μέτρηση είναι οι εξής:

4 ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.

4.1 Οδηγίες εργασίας.

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 Συντήρηση.

Να γίνεται αλλαγή της μπαταρίας του μετρητή στροφών.

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
 - Ε. Μεγάλη διακύμανση ηλεκτρικής τάσης
6. Παρουσίαση προβλήματος στη λειτουργία ρυθμιστή στροφών
- Α. Καμένη ασφάλεια
 - Β. 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
 - Ζ. Λανθασμένη επιλογή ποτενσιόμετρου
7. Παρουσίαση προβλήματος στην λειτουργία μετασχηματιστή
- Α. Μη προβλεπόμενη τάση στην είσοδο
 - Β. Καμένος πυκνωτής μετασχηματιστή
 - Γ. Λανθασμένη επαφή των καλωδίων των εισόδων με τις εισόδους των πηνίων

6 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ-ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.

6.1 Πειραματικές μετρήσεις.

1. Ομάδα μετρήσεων με την θέση του τάμπερ στο 100%.

Taber (%)	N (RPM)	Pstat (cm ΣΥ)	Δρεισ=Pstat-Patm	Pstat (Pa)	u (m/s)	P _A (cm ΣΥ)	P _K (cm ΣΥ)
100	1350	6	2,8	275	21,05	7,60	8,50
100	1250	6,6	2,2	216	18,66	7,90	8,50
100	1050	7,2	1,6	157	15,91	8,10	8,70
100	900	7,7	1,1	108	13,19	8,40	8,65
100	750	8	0,8	78,5	11,25	8,50	8,60

Taber (%)	DP=P _k - P _a (cm ΣΥ)	DP (Pa)	V (Volt)	I (A)	P _{ηλ} (W)	Q (m ³ /s)	P _{ωφ} (W)	η
100	0,90	88,29	218	2,2	448,06	0,45	39,96	8,9%
100	0,60	58,86	158	2	300,49	0,40	23,62	7,9%
100	0,60	58,86	133	2,1	261,60	0,34	20,14	7,7%
100	0,25	24,53	116	2	220,61	0,28	6,96	3,2%
100	0,10	9,81	105	1,9	187,98	0,24	2,37	1,3%

2. Ομάδα μετρήσεων με την θέση του τάμπερ στο 75%.

Taber (%)	N (RPM)	Pstat (cm ΣΥ)	Δρεισ=Pstat-Patm	Pstat (Pa)	u (m/s)	P _A (cm ΣΥ)	P _K (cm ΣΥ)
75	1350	7,2	1,6	157	15,91	8,10	9,50
75	1250	7,5	1,3	128	14,34	8,25	9,40
75	1150	7,5	1,3	128	14,34	8,35	9,30
75	1050	7,8	1	98,1	12,58	8,40	9,20
75	950	8	0,8	78,5	11,25	8,50	9,10

Taber (%)	DP=P _k - Pa (cm ΣΥ)	DP (Pa)	V (Volt)	I (A)	P _{ηλ} (W)	Q (m ³ /s)	P _{ωφ} (W)	n
75	1,40	137,34	189	1,6	284,75	0,34	46,99	16,5%
75	1,15	112,82	148	1,6	225,04	0,31	34,79	15,5%
75	0,95	93,20	148	1,6	225,04	0,31	28,74	12,8%
75	0,80	78,48	113	1,8	185,48	0,27	21,23	11,4%
75	0,60	58,86	103	1,7	165,05	0,24	14,24	8,6%

3. Ομάδα μετρήσεων με την θέση του τάμπερ στο 50%.

Taber (%)	N (RPM)	P _{stat} (cm ΣΥ)	ΔP _{εισ} =P _{stat} -P _{atm}	P _{stat} (Pa)	u (m/s)	P _A (cm ΣΥ)	P _K (cm ΣΥ)
50	1420	8,4	0,4	39,2	7,956	8,75	10,00
50	1390	8,4	0,4	39,2	7,956	8,75	10,00
50	1360	8,4	0,4	39,2	7,956	8,70	10,00
50	1330	8,4	0,4	39,2	7,956	8,70	9,75
50	1300	8,4	0,4	39,2	7,956	8,70	9,50

Taber (%)	DP=P _k - Pa (cm ΣΥ)	DP (Pa)	V (Volt)	I (A)	P _{ηλ} (W)	Q (m ³ /s)	P _{ωφ} (W)	n
50	1,25	122,63	178	1,1	186,56	0,17	20,98	11,2%
50	1,25	122,63	147	1,1	143,82	0,17	20,98	14,6%
50	1,30	127,53	130	1,1	127,55	0,17	21,82	17,1%
50	1,05	103,01	115	1,1	116,58	0,17	17,62	15,1%

50	0,80	78,48	111	1,1	113,55	0,17	13,43	11,8%
----	------	-------	-----	-----	--------	------	-------	-------

4. Ομάδα μετρήσεων με την θέση του τάμπερ στο 25%.

Taber (%)	N (RPM)	Pstat (cm ΣΥ)	Δρεισ=Pstat-Patm	Pstat (Pa)	u (m/s)	P _A (cm ΣΥ)	P _K (cm ΣΥ)
25	1450	8,7	0,1	9,81	3,978	8,82	10,25
25	1420	8,7	0,1	9,81	3,978	8,80	10,20
25	1390	8,7	0,1	9,81	3,978	8,90	10,15

Taber (%)	DP=P _k - Pa (cm ΣΥ)	DP (Pa)	V (Volt)	I (A)	P _{ηλ} (W)	Q (m ³ /s)	P _{ωφ} (W)	n
25	1,43	140,28	183	1	172,57	0,09	12,00	7,0%
25	1,40	137,34	138	0,8	108,45	0,09	11,75	10,8%
25	1,25	122,63	115	0,9	90,91	0,09	10,49	11,5%

5. Ομάδα μετρήσεων με σταθερές τις στροφές και εναλλαγές στις θέσεις του τάμπερ.

Taber (%)	N (RPM)	Pstat (cm ΣΥ)	Δρεισ=Pstat-Patm	Pstat (Pa)	u (m/s)	P _A (cm ΣΥ)	P _K (cm ΣΥ)
100	1350	6	2,8	274,68	21,048	7,60	8,50
75	1350	7,2	1,6	156,96	15,911	8,10	9,50
50	1350	8,4	0,4	39,24	7,956	8,70	10,00
25	1350	8,7	0,1	9,81	3,978	8,90	10,15

Taber (%)	DP=P _k - Pa (cm ΣΥ)	DP (Pa)	V (Volt)	I (A)	P _{ηλ} (W)	Q (m ³ /s)	P _{ωφ} (W)	n
100	0,90	88,29	218	2,21	448,055	0,453	39,962	8,9%
75	1,40	137,34	189	1,62	284,747	0,342	46,991	16,5%
50	1,30	127,53	130	1,055	127,550	0,171	21,817	17,1%

25	1,25	122,63	115	0,85	90,908	0,086	10,489	11,5%
----	------	--------	-----	------	--------	-------	--------	-------

6. Ομάδα μετρήσεων με σταθερές τι στροφές και εναλλαγές στις θέσεις του τάμπερ.

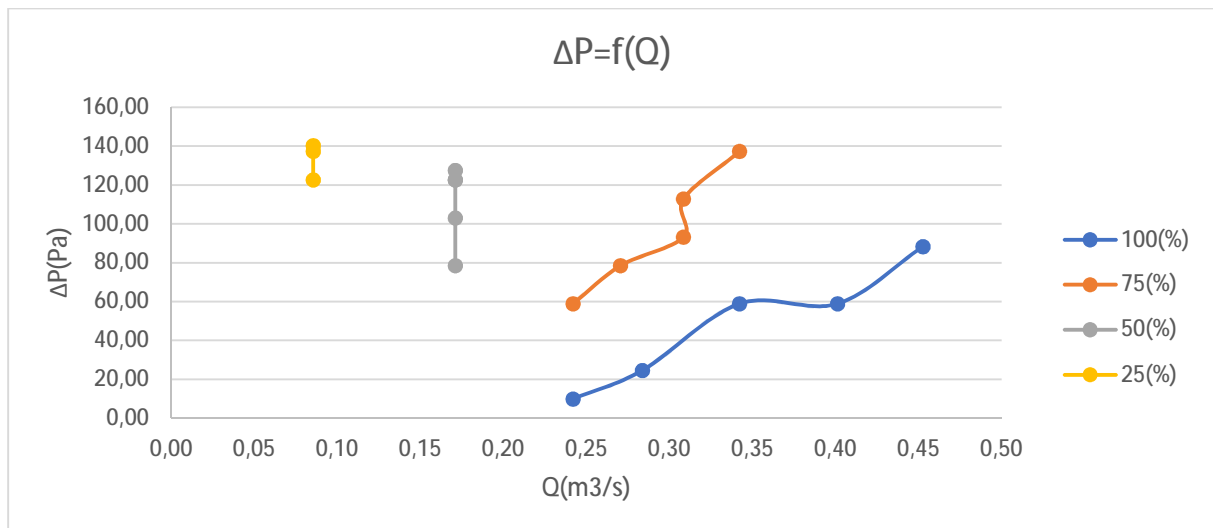
Taber (%)	N (RPM)	Pstat (cm ΣΥ)	Δρεισ=Pstat-Patm	Pstat (Pa)	u (m/s)	P _A (cm ΣΥ)	P _K (cm ΣΥ)
100	1250	6,6	2,2	215,82	18,657	7,90	8,50
75	1250	7,5	1,3	127,53	14,342	8,25	9,40
50	1250	8,4	0,4	39,24	7,956	8,70	9,50

Taber (%)	DP=P _k - Pa (cm ΣΥ)	DP (Pa)	V (Volt)	I (A)	P _{ηλ} (W)	Q (m ³ /s)	P _{ωφ} (W)	n
100	0,60	58,86	158	2,045	300,492	0,401	23,615	7,9%
75	1,15	112,82	148	1,635	225,041	0,308	34,794	15,5%
50	0,80	78,48	111	1,1	113,553	0,171	13,426	11,8%

6.2 Κατασκευή των χαρακτηριστικών καμπυλών λειτουργίας-Συμπεράσματα.

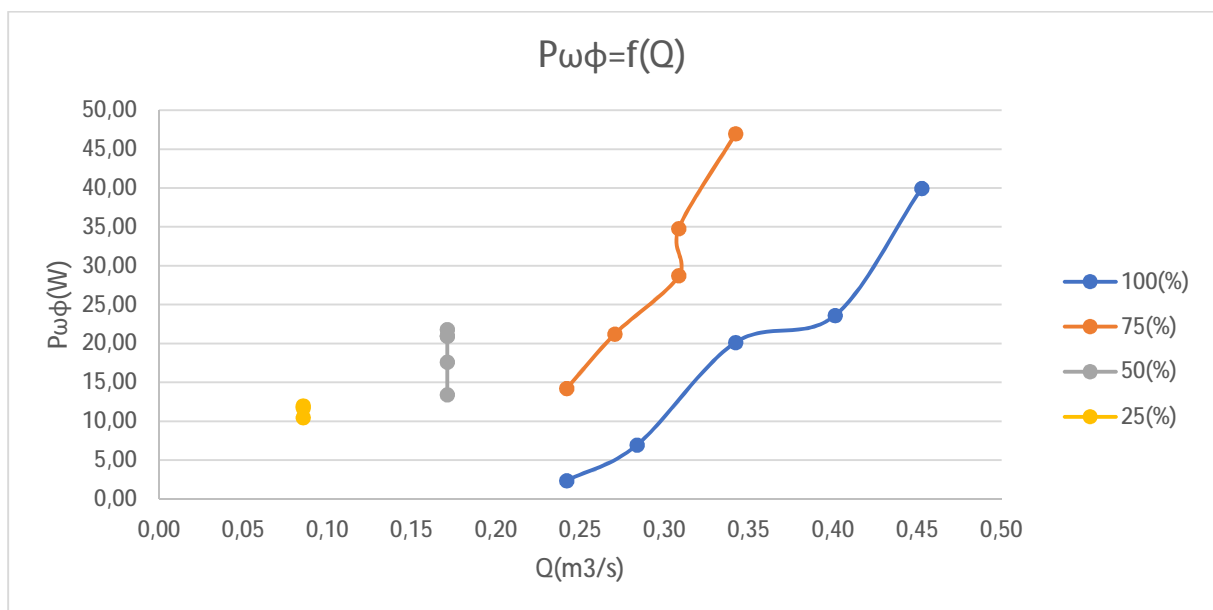
- Η διαφορά πίεσης συναρτήσσει της παροχής.

Παρατηρείται ότι για 100% και 75% της θέσης του τάμπερ, όσο αυξάνεται η παροχή τόσο αυξάνεται και η διαφορά πίεσης του ανεμιστήρα μας. Ενώ για 50% και 25% της θέσης του τάμπερ η παροχή μένει σταθερή ενώ αυξάνει η διαφορά πίεσης του.



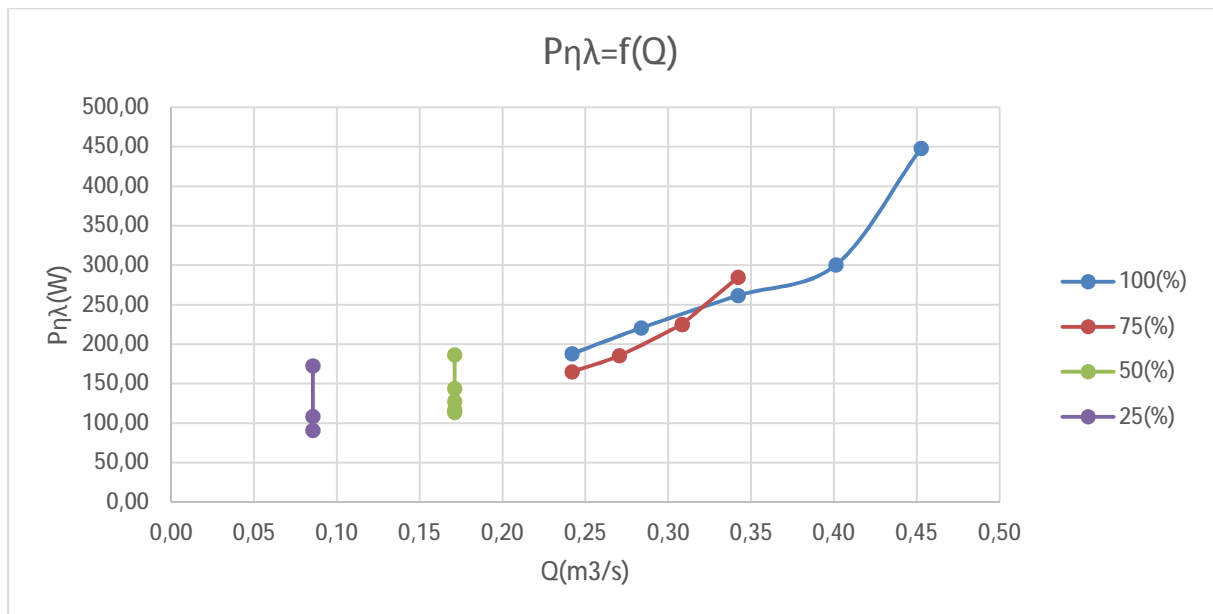
- Η ωφέλιμη ισχύς του αέρα στην είσοδο της διάταξης συναρτήσεως της παροχής.

Παρατηρείται ότι για 100% και 75% της θέσης του τάμπερ, όσο αυξάνεται η παροχή τόσο αυξάνεται και η ωφέλιμη ισχύς του αέρα κατά την είσοδο του στην διάταξη. Ενώ για 50% και 25% της θέσης του τάμπερ η παροχή μένει σταθερή ενώ αυξάνει η ωφέλιμη ισχύς που έχει ο αέρας στην είσοδο της συσκευής μας.



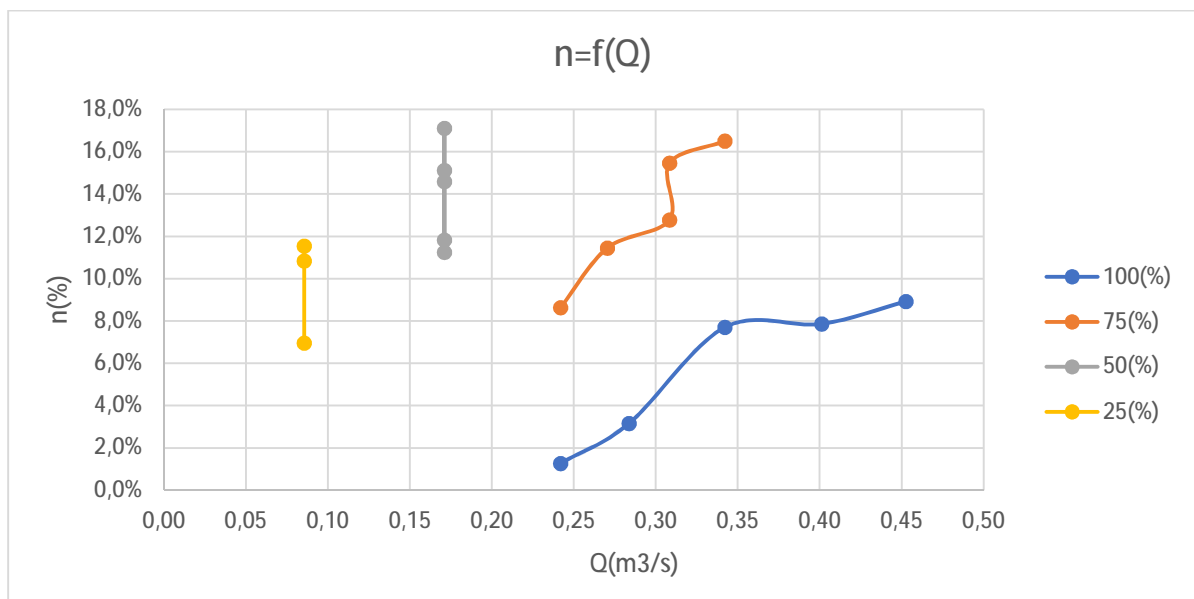
- Η ηλεκτρική ισχύς συναρτήσεως της παροχής.

Παρατηρείται ότι για 100% και 75% της θέσης του τάμπερ, όσο αυξάνεται η παροχή τόσο αυξάνεται και η ισχύς που καταναλώνει ο ηλεκτροκινητήρας. Ενώ για 50% και 25% της θέσης του τάμπερ η παροχή μένει σταθερή ενώ αυξάνει η ισχύς που καταναλώνει ο ηλεκτροκινητήρας μας.



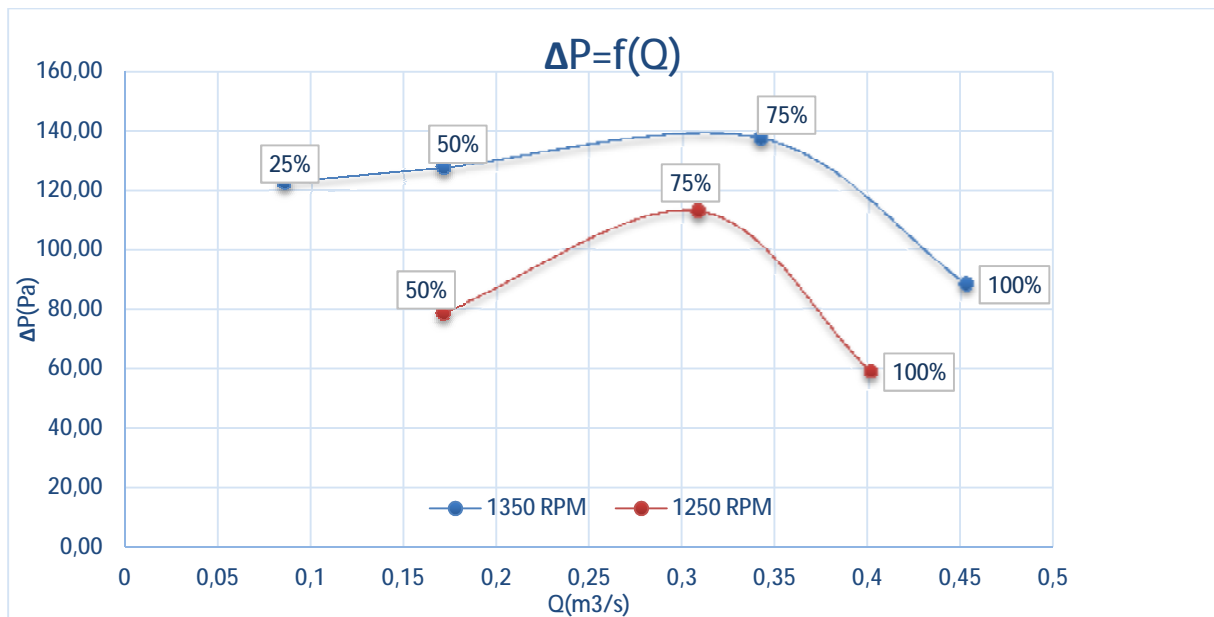
- Ο βαθμός απόδοσης συναρτήσει της παροχής.

Παρατηρείται ότι για 100% και 75% της θέσης του τάμπερ, όσο αυξάνεται η παροχή τόσο αυξάνεται και η απόδοση της διάταξης μας. Ενώ για 50% και 25% της θέσης του τάμπερ η παροχή μένει σταθερή ενώ αυξάνει η απόδοση που έχει η διάταξη μας.



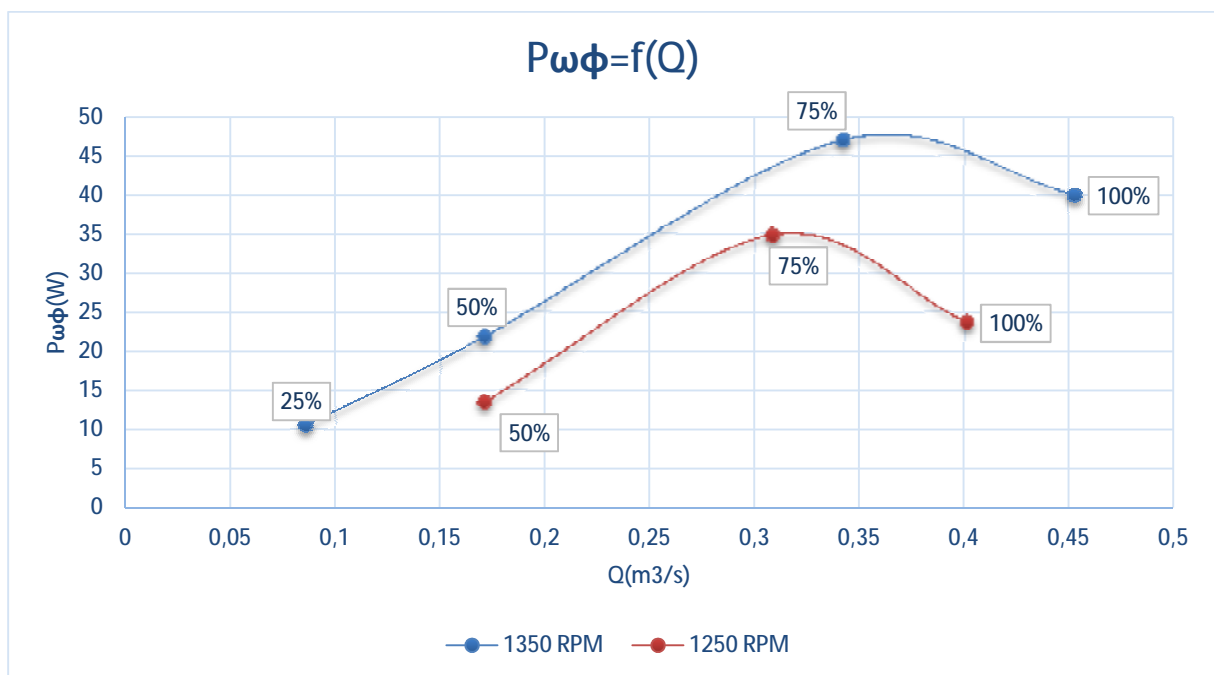
- Η διαφορά πίεσης συναρτήσει της παροχής

Στην πρώτη περίπτωση για 1350 (rpm) και 1250 (rpm) η μέγιστη διαφορά πίεσης βρίσκεται στο 75% της θέσης του τάμπερ, ενώ για 100% της θέσης του τάμπερ έχουμε τις μεγαλύτερες παροχές αέρα, όπως είναι λογικό.



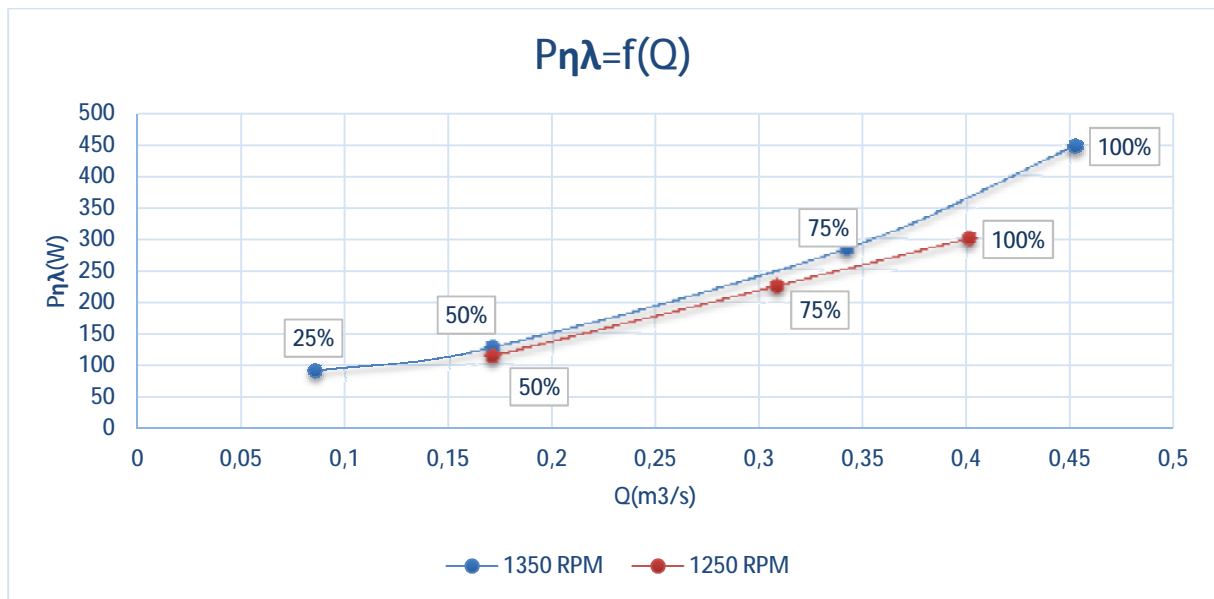
- Η ωφέλιμη ισχύς του αέρα στην είσοδο της διάταξης συναρτήσε της παροχής

Και για τις δύο περιπτώσεις δηλαδή για 1350 (rpm) και για 1250 (rpm) , παρατηρείται πως η μέγιστη ωφέλιμη ισχύς του αέρα κατά την είσοδο στην πειραματική μας διάταξη βρίσκεται στο 75% της θέσης του τάμπερ.



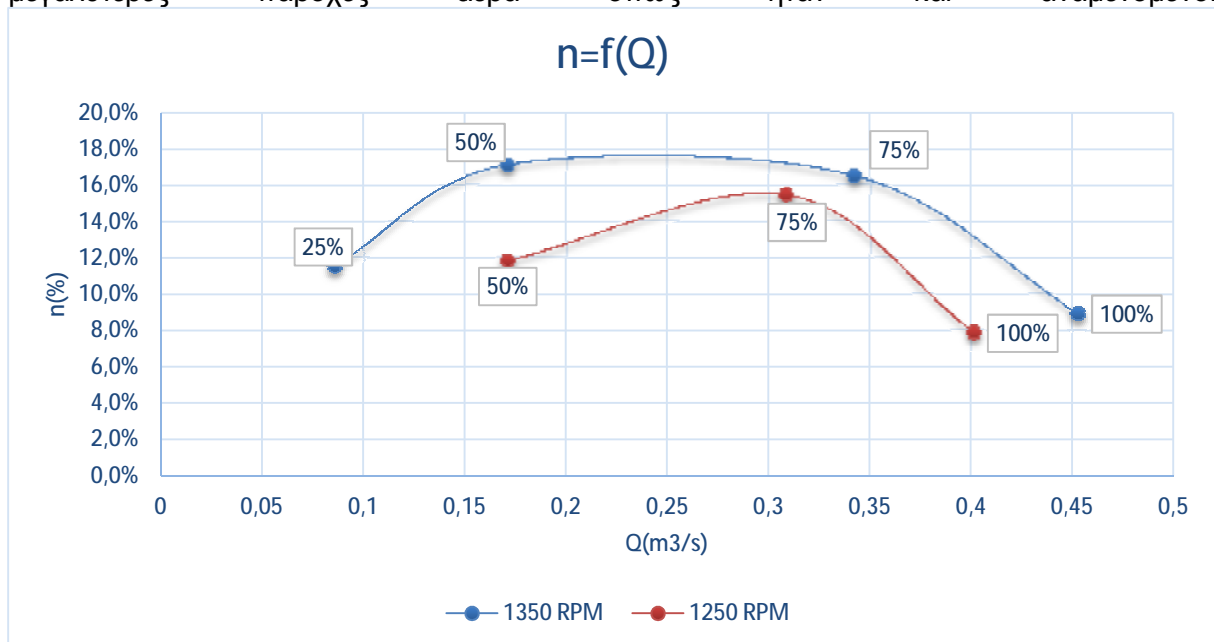
- Η ηλεκτρική ισχύς συναρτήσε της παροχής.

Η ηλεκτρική ισχύς που καταναλώνει ο ηλεκτροκινητήρας μας αυξάνεται καθώς αυξάνει και η παροχή το οποίο ήταν αναμενόμενο.



- Η απόδοση συναρτήσει της παροχής.

Η μέγιστη απόδοση στην περίπτωση των 1350 (rpm) βρίσκεται στο 50% και 75% της θέσης του τάμπερ, ενώ για την δεύτερη περίπτωση και τις 1250 (rpm) η μέγιστη απόδοση βρίσκεται στο 75% της θέσης του τάμπερ. Τέλος για 100% της θέσης του τάμπερ έχουμε τις μεγαλύτερες παροχές αέρα όπως ήταν και αναμενόμενο.



7 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. Παπαδημητρίου Δ. και Ταγκλής Γ. “Κατασκευή πειραματικής συσκευής φυγοκεντρικού ανεμιστήρα” ΑΤΕΙ Δυτικής Ελλάδας τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Τ.Ε. ,Πάτρα 2011.
10. Wikipedia
11. www.topelecom.gr
12. www.autonics.com
13. www.kaffe.gr