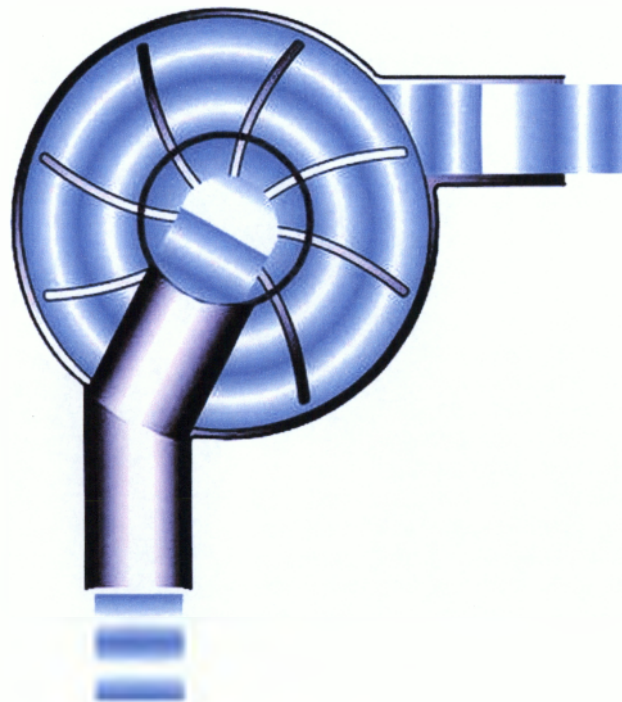


**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΚΑΙ ΑΝΘΟΚΟΜΙΑΣ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



**ΑΝΤΛΗΤΙΚΑ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΩΝ
ΜΟΝΑΔΩΝ**

**ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ Δρ. ΚΑΡΑΜΟΥΣΑΝΤΑΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ
ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΜΑΚΡΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ**

ΚΑΛΑΜΑΤΑ 2007

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<u>Εισαγωγή.</u>	
Ιστορική ανασκόπηση.	Σελ. 1
Βασικές έννοιες.	Σελ.2
Κατάταξη αντλιών.	Σελ.2
Σύγκριση των χαρακτηριστικών των δυναμικών αντλιών και των αντλιών μετατόπισης.	Σελ.3
<u>Κεφάλαιο 1</u>	
«Βασικές αρχές της μηχανικής των ρευστών».	
Πυκνότητα και ειδικό βάρος.	Σελ.5
Θερμική διαστολή.	Σελ.6
Δυνατότητα διαλύσεως των αερίων.	Σελ.6
Πηκτικότητα.	Σελ.6
Ιξώδες.	Σελ.6
Ροή πραγματικού υγρού σε κλειστούς αγωγούς σταθερής διατομής.	Σελ.8
Τοπικές ή ελάσσονες απώλειες.	Σελ.10
<u>Κεφάλαιο 2</u>	
«Αντλίες δυναμικές ή κινητικού τύπου».	
Κατάταξη των δυναμικών αντλιών.	Σελ.11
2.1 Χαρακτηριστικά μεγέθη.	Σελ.13
Ύψος αναρροφήσεως, καταθλίψεως και ολικό ύψος.	Σελ.13
Παροχή.	Σελ.15
Απαιτούμενη ισχύς.	Σελ.16
Βαθμός αποδόσεως.	Σελ.16
Σχέσεις μεταξύ παροχής - μανομετρικού ύψους απορροφούμενης ισχύος συναρτήσει του αριθμού στροφών.	Σελ.17
Ειδική ταχύτητα.	Σελ.17
2.2 Φυγοκεντρικές αντλίες.	Σελ.18
Τα εξαρτήματα της αντλίας.	Σελ.18
Το περίβλημα.	Σελ.19
Η περωτή.	Σελ.24
Στυπιοθάλαμος.	Σελ.25
Κατάταξη των φυγόκεντρων αντλιών.	Σελ.25
<u>Κεφάλαιο 3</u>	
«Συστήματα αντλήσεως».	
3.1 Η σωληνογραμμή.	Σελ.32
Σωλήνας αναρροφήσεως.	Σελ.32
Σωλήνας καταθλίψεως.	Σελ.34
Βοηθητικές γραμμές.	Σελ.35
3.2 Πλήρωση της αντλίας.	Σελ.36

3.3 Εκλογή της οικονομικής διατομής της σωληνογραμμής. Σελ. 37

Κεφάλαιο 4

«Κίνηση των δυναμικών αντλιών».

Χαρακτηριστικές καμπύλες αριθμού

στροφών - ροπής δυναμικών αντλιών.

Σελ. 39

Το μέγεθος του κινητήρα.

Σελ. 41

Κόστος αγοράς και λειτουργίας του κινητήρα.

Σελ. 42

Ειδικές συνθήκες λειτουργίας του κινητήρα.

Σελ. 43

4.1 Κινητήρες.

Σελ. 44

Ηλεκτροκινητήρες.

Σελ. 44

Μηχανές εσωτερικής καύσεως.

Σελ. 47

Αεριοστρόβιλοι.

Σελ. 48

Ιστορική ανασκόπηση

Οι αντλίες για την άντληση του νερού επινοήθηκαν πριν από τις κινητήριες μηχανές. Τα βασικά εξαρτήματα των αντλιών αυτών ήταν δοχεία, τα οποία βυθίζονταν μέσα στο νερό και μετά ανυψώνονταν με τη βοήθεια απλών μηχανών.

Η επινοήση του ανυψωτικού τροχού πρέπει να θεωρηθεί σαν ένα σημαντικό βήμα προόδου στην άντληση του νερού για άρδευση. Στην περιφέρεια ενός μεγάλου τροχού, ήταν τοποθετημένα δοχεία, που βυθίζονταν στο νερό, γέμιζαν και καθώς ο τροχός περιστρεφόταν, ανερχόταν και άδειαζαν μέσα στο αυλάκι αρδεύσεως. Ως ενέργεια για την περιστροφή του τροχού χρησιμοποιήθηκε η ανθρώπινη δύναμη, η ζωική δύναμη και η δύναμη του ανέμου. Αργότερα ο ανυψωτικός τροχός μετατράπηκε σε «αυτοκινούμενο» με την προσθήκη πτερυγίων στην περιφέρεια του. Καθώς το νερό των ποταμών έρεε, ωθούσε τα πτερύγια και ο τροχός περιστρεφόταν για την ανύψωση των δοχείων. Άλλες διατάξεις για την άντληση του νερού ήταν ο κοχλίας, η αλυσίδα με βύσματα και η χειροκίνητη παλινδρομική αντλία (τουλούμπα).

Εφευρέτης της φυγόκεντρος αντλίας θεωρείται ο Γάλλος *Denis Papin*, που το 1687 περιέγραψε ένα τύπο αντλίας, της οποίας η αρχή λειτουργίας ήταν η ίδια με τις σημερινές φυγόκεντρος αντλίες. Το 1705 κατασκεύασε ο ίδιος την πρώτη φυγόκεντρο αντλία για άντληση νερού.

Αργότερα κατασκευάστηκαν και άλλες φυγόκεντροι αντλίες με μικρές βελτιώσεις, αλλά ο βαθμός αποδόσεως τους ήταν πολύ μικρός. Το 1875 ο *Osborne Reynolds*, κατασκεύασε την πρώτη στροβιλαντλία που είχε σημαντικά αυξημένη απόδοση.

Από το 1840 άρχισαν να χρησιμοποιούνται οι ατμομηχανές για την κίνηση των αντλιών, όταν ο *H. Worthington* κατασκεύασε μια παλινδρομική αντλία της οποίας το έμβολο, ήταν συνδεδεμένο απ' ευθείας με το έμβολο της ατμομηχανής. Νέα ώθηση στην εξέλιξη των αντλιών και την επινοήση νέων τύπων, έδωσε η εμφάνιση των κινητήρων εσωτερικής καύσεως. Επίσης οι αεριοστρόβιλοι και οι ηλεκτροκινητήρες, δίνουν

μεγάλο αριθμό στροφών και σταθερή ροπή, συντέλεσαν στην ταχεία εξέλιξη των φυγοκεντρικών αντλιών και την εκτόπιση των παλινδρομικών, εκτός από τις περιπτώσεις που επιζητείται υψηλή πίεση και μικρή παροχή. Παράλληλα αναπτύχθηκαν οι περιστροφικές αντλίες για μικρές παροχές με μέση πίεση, ιδίως στα υγρά με μεγάλο ιξώδες.

Βασικές έννοιες

Αντλίες: Ονομάζουμε τα μηχανικά μέσα με τα οποία είναι δυνατόν να μεταφερθεί μια ποσότητα υγρού από μία υψομετρική στάθμη, σε άλλη που βρίσκεται υψηλότερα ή από ένα χώρο χαμηλής πίεσεως σε άλλο υψηλής πίεσεως. Υπάρχουν όμως περιπτώσεις όπου οι αντλίες χρησιμοποιούνται για την μεταφορά υγρών από υψηλότερη στάθμη σε χαμηλότερη, όταν ο σωλήνας μεταφοράς είναι μεγάλου μήκους ή όταν η υδραυλική αντίσταση μέσα στο σωλήνα είναι πολύ μεγάλη. Οι αντλίες τοποθετούνται πάντοτε μεταξύ των σημείων παραλαβής και αποστολής του υγρού και η μεταφορά του οφείλεται στη δημιουργία πιέσεων στις δυο πλευρές του κινούμενου στοιχείου της αντλίας (περιστρεφόμενος δρομέας ή έμβολο).

Σωλήνας αναρροφήσεως: είναι το τμήμα του σωλήνα από το σημείο εξόδου του υγρού μέχρι την είσοδο του στην αντλία.

Σωλήνας καταθλίψεως: είναι το τμήμα του σωλήνα από το σημείο εξόδου του υγρού μέχρι το σημείο αποστολής του.

Σωληνογραμμή: είναι το σύνολο των σωλήνων μέσα από τους οποίους ρέει το υγρό.

Σύστημα αντλήσεως: είναι η διάταξη του σωλήνα αναρροφήσεως της αντλίας, του σωλήνα καταθλίψεως και του κινητήρα.

Αντλητικό συγκρότημα: είναι το σύνολο των αντλιών (μαζί με τον κινητήρα) που συνεργάζεται για την άντληση του υγρού.

Κατάταξη των αντλιών

Οι αντλίες διακρίνονται σε δυο βασικές κατηγορίες ανάλογα με τον τρόπο μεταφοράς του υγρού από τον σωλήνα αναρροφήσεως στο σωλήνα καταθλίψεως.

- ❖ Αντλίες μετατοπίσεως ή αντλίες στατικού τύπου
- ❖ Αντλίες δυναμικές ή αντλίες δυναμικού τύπου

Οι αντλίες μετατοπίσεως ή στατικού τύπου κατά τη λειτουργία τους μετατοπίζουν θετικά το υγρό και η παροχή τους δεν επηρεάζεται σημαντικά από την αντίσταση που παρουσιάζεται κατά την κίνηση του υγρού μέσα στους σωλήνες μεταφοράς. Οι αντλίες αυτές διακρίνονται:

- ❖ Παλινδρομικές αντλίες
- ❖ Περιστροφικές αντλίες

Οι δυναμικές αντλίες ή κινητού τύπου κατά τη λειτουργία τους μεταβάλλουν την κινητική κατάσταση του υγρού, με αποτέλεσμα την μεταβολή της κινητικής του ενέργειας σε στατική πίεση και αντίστροφα. Η παροχή τους επηρεάζεται σημαντικά από την αντίσταση που παρουσιάζεται κατά την κίνηση του υγρού μέσα στους σωλήνες μεταφοράς και από τα άλλα χαρακτηριστικά της ροής του υγρού. Υπάρχουν δυο τύποι δυναμικών αντλιών:

- ❖ Φυγοκεντρικές αντλίες ή κεντρόφυγες
- ❖ Στροβιλαντλίες

Σύγκριση των χαρακτηριστικών των δυναμικών αντλιών και των αντλιών μετατοπίσεως

Οι δυναμικές αντλίες παρουσιάζουν τα παρακάτω χαρακτηριστικά συγκριτικά με τα χαρακτηριστικά των αντλιών μετατοπίσεως:

- ❖ Η κίνηση τους είναι συνεχής και ομοιόμορφη. Η παροχή και η πίεση είναι σταθερές ή παρουσιάζουν πολύ μικρή περιοδική μεταβολή.
- ❖ Η λειτουργία τους είναι ασφαλής, γιατί έχουν ένα μικρό αριθμό κινούμενων στοιχείων, ενώ δεν έχουν αυτοκινούμενες βαλβίδες.
- ❖ Λειτουργούν με μεγάλο αριθμό στροφών, οπότε είναι δυνατόν να συζευχθούν απ' ευθείας με ηλεκτροκινητήρες, ταχύστροφους κινητήρες εσωτερικής καύσεως ή αεριοστρόβιλους.
- ❖ Το μέγεθος τους είναι μικρό (λόγω του μεγάλου αριθμού των στροφών τους) και επομένως απαιτείται μικρότερος χώρος για την εγκατάσταση τους.
- ❖ Το αρχικό κόστος καθώς και τα έξοδα συντηρήσεως τους είναι χαμηλά.

- ❖ Τα κινούμενα στοιχεία μέσα στην αντλία, συνήθως αυτολιπαίνονται από το αντλούμενο υγρό, οπότε δεν χρειάζονται εξωτερική λίπανση.
- ❖ Είναι δυνατό να μεταβληθεί η παροχή τους και ακόμη να λειτουργούν με μηδενική παροχή για περιορισμένο χρονικό διάστημα.

Οι δυναμικές αντλίες μειονεκτούν στα εξής:

- ❖ Όταν λειτουργούν με μικρή παροχή και υψηλή πίεση, έχουν μικρό βαθμό αποδόσεως.
- ❖ Όταν η παροχή είναι μικρή δεν μπορούν να μεταφερθούν υγρά που περιέχουν στερεά υλικά γιατί μικραίνει η διατομή της διόδου του υγρού.
- ❖ Πριν από την εκκίνηση της αντλίας, πρέπει να απομακρυνθεί ο αέρας από των σωλήνα αναρροφήσεως, εκτός αν υπάρχει διάταξη για την αυτόματη απομάκρυνση του (αυτοαναρρόφηση). Στην περίπτωση που δεν υπάρχει διάταξη για αυτοαναρρόφηση, είναι δυνατό να διακοπεί η άντληση, αν κατά την διάρκεια της λειτουργίας της αντλίας, εισχωρήσει τυχαία αέρας στο σωλήνα αναρροφήσεως.

Κεφάλαιο 1

«Βασικές αρχές της μηχανικής των ρευστών»

Η μελέτη των ιδιοτήτων των ρευστών, αποτελεί μέρος της φυσικής και περιλαμβάνεται στα βιβλία της γενικής φυσικής ή τα ειδικά βιβλία που ασχολούνται με τις φυσικές ιδιότητες ή τις θερμοδυναμικές ιδιότητες των ρευστών.

Επειδή ορισμένες από τις ιδιότητες των ρευστών, έχουν άμεση σχέση με την λειτουργία των αντλιών, στη συνέχεια θα περιγραφθεί, πως οι ιδιότητες αυτές επηρεάζουν τη λειτουργία τους. Επίσης θα δοθούν βασικές αρχές μηχανικής των ρευστών, οι οποίες είναι χρήσιμες για την επίλυση προβλημάτων σχετικών με αντλίες.

Όπως είναι γνωστό, τα ρευστά διακρίνονται σε υγρά, τα οποία είναι πρακτικώς ασυμπίεστα και σε αέρια, τα οποία συμπεστά. Οι αντλίες για άντληση υγρών (υδραντλίες), χρησιμοποιούνται σε μεγάλη κλίμακα, γι' αυτό και οι ιδιότητες των υγρών παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον.

Σε ορισμένους όμως τύπους υδραντλιών, χρησιμοποιούνται και αέρια για τη ρύθμιση της πίεσεως ή της παροχής του υγρού που αντλείται (αεροθύλακες), ενώ υπάρχουν αντλίες που χρησιμοποιούνται αποκλειστικά για το χειρισμό αερίων (αεραντλίες), όπως οι αντλίες για τη δημιουργία κενού και οι αεροσυμπιεστές.

Πυκνότητα και ειδικό βάρος

Η πυκνότητα ή το ειδικό βάρος του αντλούμενου υγρού, επηρεάζει την απαιτούμενη ισχύ για την κίνηση της αντλίας, αλλά δεν έχει καμία επίδραση στο ύψος πίεσεως που αναπτύσσεται από την αντλία.

Συμπιεστότητα

Η ιδιότητα των υγρών να αντιδρούν στις πιεστικές τάσεις, έχει μερική επίδραση στο φαινόμενο της απότομης μεταβολής της κινηματικής κατάστασης του υγρού, όπως το υδραυλικό πλήγμα που προκαλείται από το απότομο σταμάτημα της αντλίας. Στις περιπτώσεις αυτές, τοποθετούνται στη σωληνογραμμή, αεροθύλακες ή ειδικές

βαλβίδες, στις οποίες γίνεται απόσβεση του υδραυλικού πλήγματος για την προστασία των σωλήνων μεταφοράς υγρού.

Θερμική διαστολή

Η θερμική διαστολή εμφανίζεται στις περιπτώσεις αντλήσεων υγρών με υψηλή θερμοκρασία, αλλά η λειτουργία της αντλίας δεν επηρεάζεται σημαντικά.

Δυνατότητα διαλύσεως των αερίων

Τα υγρά έχουν την ιδιότητα να διαλύουν διάφορες ποσότητες αερίων. Σύμφωνα με το νόμο του Henry, ο αέρας, ο οποίος μπορεί να διαλυθεί σε ένα υγρό, μειώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας του υγρού. Επιπλέον, όταν η πίεση μειωθεί, ελευθερώνεται αέρας από τη μάζα του υγρού, ο οποίος σχηματίζει θύλακες στους σωλήνες μεταφοράς. Το φαινόμενο αυτό είναι εμφανές, στο σωλήνα αναρροφήσεως και προκαλεί μείωση του βαθμού αποδόσεως της αντλίας ή και διακοπή της ροής.

Πηκτικότητα

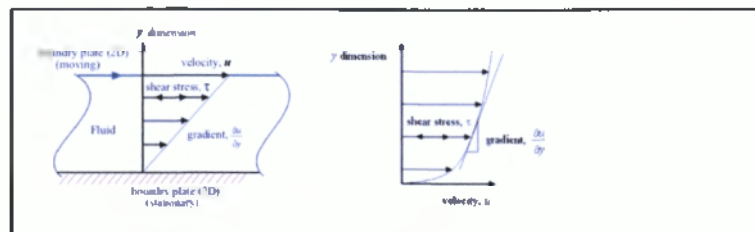
Όπως είναι γνωστό, τα πραγματικά υγρά εξαερώνονται και η μέγιστη τάση των ατμών, αυξάνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας. Η ιδιότητα αυτή επηρεάζει το συνολικό ύψος αναρροφήσεως του υγρού. Επειδή το θεωρητικό ύψος αναρροφήσεως είναι ίσο με τη διαφορά του ύψους της ατμοσφαιρικής πίεσεως και του ύψους της μέγιστης τάσεως των ατμών, το ύψος αναρροφήσεως, μειώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας του υγρού.

Ιξώδες

Η κυριότερη φυσική ιδιότητα που χαρακτηρίζει τη μηχανική συμπεριφορά των πραγματικών υγρών, είναι το ιξώδες. Το ιξώδες εκφράζει την εσωτερική αντίσταση του υγρού καθώς ένα στρώμα του, κινείται σχετικά με το γειτονικό του στρώμα. Όσο ισχυρότερη είναι η συνοχή των μορίων, τόσο μεγαλύτερο είναι το ιξώδες. Είναι γνωστό, ότι στα υγρά, η αύξηση της θερμοκρασίας προκαλεί μείωση της συνοχής των

μορίων. Επομένως το ιξώδες των υγρών μειώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας, ενώ το αντίστροφο ισχύει για τα αέρια.

Ο *Newton* διατύπωσε την παρακάτω εξίσωση για ορισμένο υγρό, το οποίο υπόκειται σε διατμηματική τάση μεταξύ δύο επιπέδων. (Σχήμα 1.1)



Σχ.1.1: Προσδιορισμός του ιξώδους με τη μέθοδο *Newton*

$$F = \mu \cdot A \frac{du}{dh} \quad \text{εξ. 1.1}$$

Όπου F = δύναμη, μ = συντελεστής απολύτου ή δυναμικού ιξώδους, A = το εμβαδόν του κινούμενου επιπέδου, du = στοιχειώδης μεταβολή ταχύτητας κινήσεων ως προς το σταθερό επίπεδο, dh = στοιχειώδης απόσταση μεταξύ των δύο επιπέδων. Στα ρευστά που ακολουθούν τον νόμο του *Newton*, όταν η ροή είναι σταθερή ή παράλληλη, το ιξώδες είναι σταθερό, υπό ορισμένη θερμοκρασία και πίεση:

$$\mu = \frac{F \cdot dh}{A \cdot du} \quad \text{εξ. 1.11}$$

Στην πράξη είναι δύσκολο να βρεθεί το ιξώδες ενός υγρού με την μέθοδο *Newton*, όπως φαίνεται στο σχήμα 1.1 Για το λόγο αυτό έχουν επινοηθεί διάφορα όργανα μετρήσεως του συντελεστή ιξώδους (ιξωδόμετρα) τα οποία στηρίζονται σε διαφορετικές αρχές λειτουργίας τα πιο εύχρηστα όργανα , τα τριχοειδή ιξωδόμετρα τα οποία μετράται ο απαιτούμενος χρόνος για την διαρροή ορισμένοι όγκου μέσα από τριχοειδή σωλήνα ή οπή.

Επειδή το ιξώδες που προσδιορίζεται με τα τριχοειδή ιξωδόμετρα είναι συνάρτηση της πυκνότητας του υγρού, έχει καθοριστεί ο συντελεστής κινηματικού ιξώδους, ο οποίος δίνεται από τη σχέση: $\nu = \mu / \rho$ m^2 / sec όπου ρ = πυκνότητα του υγρού.

Παρόλο που τα τριχοειδή ιξωδόμετρα είναι εύχρηστα, πιο πολύ χρησιμοποιούνται τα περιστροφικά ιξωδόμετρα, των οποίων η αρχή λειτουργίας στηρίζεται στην μέθοδο Newton.

Με τα όργανα αυτά μετράται η αντίσταση που προβάλλεται στην κίνηση ενός σώματος το οποίο περιστρέφεται με ορισμένη ταχύτητα, μέσα στο υπό μέτρηση υγρό (ιξώδης αντίσταση).

Η ιξώδης είναι συναρτήσει της ταχύτητας περιστροφής. Τα περιστροφικά ιξωδόμετρα δίνουν μεγαλύτερη ακρίβεια από τα τριχοειδή και η μέτρηση είναι ανεξάρτητη του χρόνου. Επίσης, τα όργανα αυτά είναι κατάλληλα για υγρά, στα οποία ο συντελεστής ιξώδους είναι συνάρτηση της διατμηματικής τάσεως.

Ροή πραγματικού υγρού σε κλειστούς αγωγούς σταθερής διατομής

Ο τύπος ροής πραγματικών υγρών μέσα σε κλειστούς αγωγούς σταθερής διατομής, χαρακτηρίζεται από την αδιάστατη ποσότητα:

$$Re = U \frac{D}{\nu} \quad \text{εξ. 1.III}$$

Όπου U = η μέση ταχύτητα ροής m/s, D = διάμετρος του αγωγού m και ν = συντελεστής κινηματικού ιξώδους m^2/s . Η ποσότητα Re = είναι γνωστή ως αριθμός Reynolds.

Όταν η τιμή Re είναι μικρότερη του 2000 η ροή χαρακτηρίζεται στρωτή ή παράλληλη. Για τιμές του Re μεγαλύτερες του 3000 και μέχρι 100000 η ροή χαρακτηρίζεται στροβιλώδης ή τυρβώδης. Για τιμές από 2000 μέχρι 3000 η ροή είναι μεταβατική μεταξύ στρωτής και τυρβώδους. Είναι όμως δυνατό η ροή να παραμένει στο μεταβατικό στάδιο και οι τιμές $Re > 3000$, όταν τα τοιχώματα του αγωγού είναι μεγάλο.

Στην περίπτωση της στρωτής ροής, οι γραμμές ροής είναι παράλληλες μεταξύ τους και η κατατομή της ταχύτητας μέσα στο σωλήνα είναι παραβολική. Η τιμή της ταχύτητα ροής είναι μέγιστη στο κέντρο του σωλήνα και ελάχιστη στα τοιχώματα.

Ως μέση τιμή θεωρείται το μισό της μέγιστης ταχύτητας:

$$U = \frac{1}{2} U_{\max} \quad \text{εξ. 1.IV}$$

Η απώλεια φορτίου κατά τη στρωτή ροή, εξαρτάται μόνο από την τιμή Reynolds.

Η απώλεια φορτίου ή ενέργειας hf λόγω τριβής (γραμμικές απώλειες) υπολογίζονται από την εξίσωση:

$$hf = f \frac{L U^2}{D 2g} \quad \text{εξ. 1.V}$$

Όπου: hf = απώλεια φορτίου λόγω τριβής, f = συντελεστής τριβής, L = μήκος του σωλήνα, D = διάμετρος του σωλήνα και U = μέση ταχύτητα ροής.

Για στρωτή ροή, ο συντελεστής τριβής f , είναι:

$$f = 64 \text{ Re} \quad \text{εξ. 1.VI}$$

Στην περίπτωση της τυρβώδους ροής, δηλαδή όταν η ταχύτητα ροής είναι μεγάλη, η απώλεια φορτίου εξαρτάται τόσο από τον αριθμό Reynolds, όσο και από την ταχύτητα των εσωτερικών τοιχωμάτων του σωλήνα.

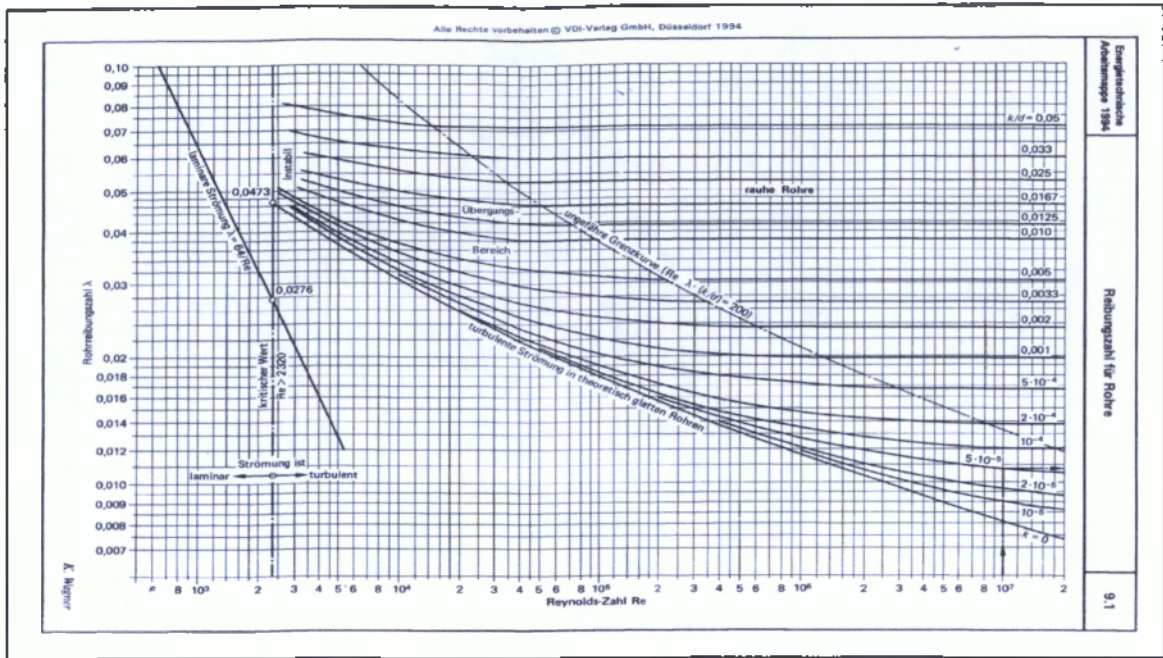
Η επιφάνεια των τοιχωμάτων των σωλήνων, είναι πάντοτε ανώμαλη με μεγαλύτερες ή μικρότερες εξάρσεις, το μέγεθος των οποίων εξαρτάται από το υλικό και τον τρόπο κατασκευής των τοιχωμάτων. Οι εξάρσεις αυτές προκαλούν τοπικές στενώσεις, στις οποίες έχουμε τοπική αύξηση της ταχύτητας ροής και όταν η μέση ταχύτητα είναι αρκετά μεγάλη δημιουργούνται στροβιλισμοί με αποτέλεσμα την απώλεια φορτίου.

Ο Nikuradse προσδιόρισε πειραματικώς τις απώλειες τριβής, μεταβάλλοντας την σχετική ταχύτητα των σωλήνων K/D (όπου K = συντελεστής ταχύτητας σε m και D = διάμετρος σωλήνα σε m για διάφορες τιμές του αριθμού Reynolds).

Ο συντελεστής τριβής f για τυρβώδη ροή, βρίσκεται από το διάγραμμα Moody (Σχήμα 1.11) .

Στις αντλίες συνήθως παρουσιάζονται δυο τύποι προβλημάτων:

- ❖ Υπολογισμός τις απώλειες φορτίου
- ❖ Ο υπολογισμός της διαμέτρου του σωλήνα, όταν οι υπόλοιπες μεταβλητές είναι γνωστές



Σχ. 1.II: Διάγραμμα Moody

Τοπικές ή ελάχιστες απώλειες

Η σωληνογραμμή ενός συστήματος αντλήσεων δεν αποτελείται μόνο από ευθύγραμμα τμήματα. Τόσο στο σωλήνα καταθλίψεων, όσο και στο σωλήνα αναρροφήσεως παρεμβάλλονται διάφορα στοιχεία (γωνίες, βαλβίδες, στενώσεις ή διευρύνσεις, κ.α), που προκαλούν πρόσθετες απώλειες ενέργεια και ονομάζονται τοπικές ή ελάχιστες απώλειες.

Το φορτίο μιας τοπικής απώλειας εκφράζεται ως ύψος από την εξίσωση:

$$h_1 = k_f \frac{U^2}{2g} \quad \text{εξ.1. VII}$$

Όπου h_1 = ύψος απώλειας ή απώλεια φορτίου σε m, U = ταχύτητα ροής σε m/sec, k_f = συντελεστής τοπικής απώλειας.

Κεφάλαιο 2

«Αντλίες δυναμικές ή κινητικού τύπου»

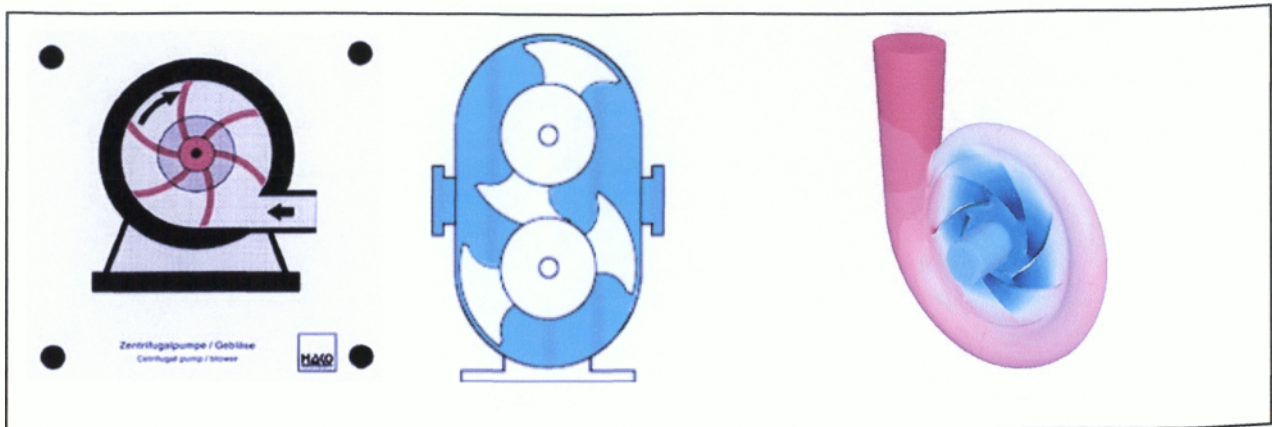
Οι δυναμικές αντλίες ή κινητικού τύπου αποτελούνται από ένα ή περισσότερους περιστρεφόμενους δρομείς σ' έναν άξονα, που παίρνει κίνηση από κινητήρα και περιστρέφονται πάντοτε κατά την διαφορά μέσα σε ένα περίβλημα (θάλαμος). Το περίβλημα έχει ανοίγματα εισόδου και εξόδου του υγρού. Επάνω στον περιστρεφόμενο δρομέα είναι τοποθετημένα πτερύγια κατάλληλου σχήματος. Ο δρομέας μαζί με τα πτερύγια ονομάζεται περωτή. Καθώς η περωτή περιστρέφεται, το υγρό αποκτά γωνιακή επιτάχυνση, οπότε δημιουργείται φυγοκεντρική δύναμη που μεταφέρει το υγρό προς την περιφέρεια του περιβλήματος για να απομακρυνθεί από το κέντρο προς την περιφέρεια, η πίεση στο κέντρο ελαττώνεται και νέα ποσότητα υγρού κινείται προς το σημείο χαμηλής πίεσεως με αποτέλεσμα τη δημιουργία σταθερής ροής.

Κατάταξη των δυναμικών αντλιών

Ανάλογα με το σχήμα των πτερυγίων και τον τρόπο κινήσεως του υγρού οι δυναμικές αντλίες διακρίνονται ως εξής:

- ❖ Φυγόκεντροι αντλίες ή ακτινικής ροής (Σχ.2.1)

Είναι ο τύπος που χρησιμοποιείται περισσότερο. Το σχήμα των πτερυγίων και η διάταξη τους είναι τέτοια ώστε το υγρό που εισέρχεται στο περίβλημα «αξονικώς» να κινείται και να εξέρχεται κάθετα προς τον άξονα δηλ. «ακτινικώς». Το περίβλημα είναι σπειροειδούς μορφής (σάλπιγξ, σαλίγκαρος) και περιλαμβάνει αγωγό συνεχώς αυξανόμενης διατομής έτσι ώστε η ταχύτητα κινήσεως του υγρού να μειώνεται προοδευτικά, οπότε η κινητική του ενέργεια μετατρέπεται σε στατική πίεση. Για μεγάλες πιέσεις τοποθετούνται περισσότερες περωτές «εν σειρά» μέσα σε ένα περίβλημα (πολύβαθμοι αντλίες). Το περίβλημα των πολυβάθμιων αντλιών μπορεί να είναι σπειροειδούς μορφής ή σταθερής διατομής με οδηγούς ροής.



Σχ.2.1: Τύποι των δυναμικών αντλιών

Όταν η έξοδος του υγρού είναι ακτινική, η αντλία ονομάζεται ελικοειδής, ενώ όταν είναι αξονική, ονομάζεται διαγώνια.

Η αύξηση πίεσεως του υγρού, προέρχεται κατά ένα μέρος από την φυγόκεντρη δύναμη και κατά ένα μέρος από την ανυψωτική δράση των πτερυγίων. Η διάμετρος της πτερωτής στην είσοδο του υγρού είναι μικρότερη από τη διάμετρο της στην έξοδο.

❖ Αξονικής ροής

Η πτερωτή, έχει σχήμα έλικας γι' αυτό ονομάζονται ελικοφόροι αντλίες. Το υγρό εισέρχεται, κινείται και εξέρχεται «αξονικώς». Η αύξηση της πίεσεως, προέρχεται από την ανυψωτική δράση της έλικας που πάντοτε είναι βυθισμένη μέσα στο υγρό.

❖ Στροβιλαντλίες

Τα πτερύγια είναι επίπεδα με ακτινική διάταξη πάνω στο δρομέα. Κατά την περιστροφή του δρομέα, το υγρό ωθείται από τα πτερύγια, αποκτά μεγάλη ταχύτητα και εξέρχεται αφού διαγράψει σχεδόν μια περιστροφή μέσα στο δακτυλιοειδές περίβλημα.

2.1 Χαρακτηριστικά μεγέθη

Η απόδοση μιας αντλίας χαρακτηρίζεται από τις ποσότητες:

❖ Ύψος αναρροφήσεως, καταθλίψεως και ολικό ύψος.

1. Στατικό ή γεωμετρικό ύψος αναρροφήσεως (H), ενός συστήματος είναι η κατακόρυφη κατάσταση από την επιφάνεια του υγρού της δεξαμενής αναρροφήσεως μέχρι το σημείο εισόδου του υγρού στην αντλία.

Συνήθως ως στατικό ύψος ορίζεται η κατακόρυφη απόσταση από την επιφάνεια του υγρού της δεξαμενής αναρροφήσεων μέχρι τον άξονα της αντλίας, h_a ($h_{v.o}$).

Αν ο άξονας της αντλίας είναι χαμηλότερα από την επιφάνεια του υγρού της δεξαμενής αναρροφήσεων : $H_a = 0$.

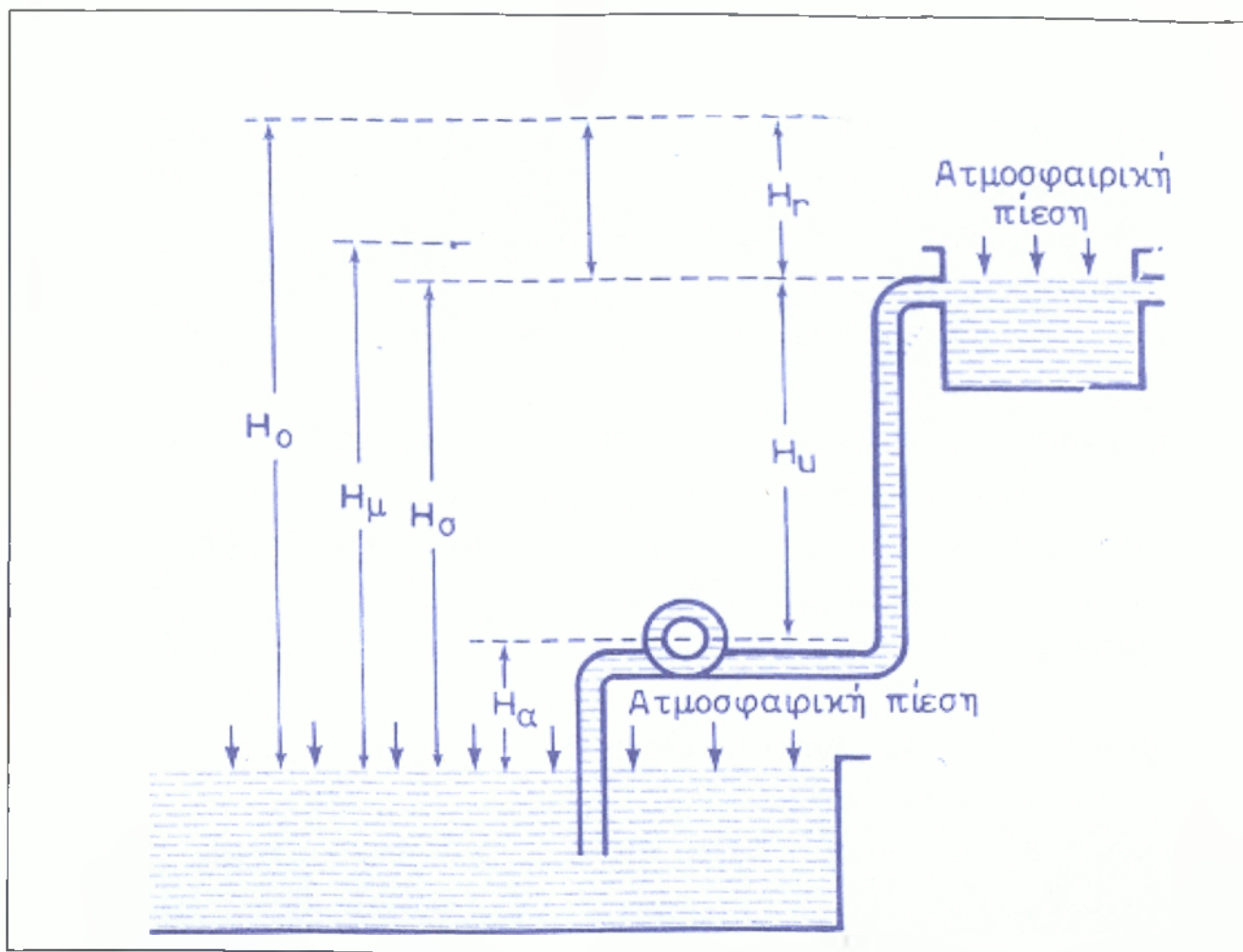
Το στατικό ύψος αναρροφήσεως υπολογίζεται (θεώρημα Bernulli) από την εξίσωση 2.1:

$$H_a = \frac{P_{\delta a} - P_a}{\gamma} - \frac{V_a - V_{\delta a}}{2g} - \sum \Delta h_a \quad \text{εξ. 2.1}$$

Όπου $P_{\delta a}$ και $V_{\delta a}$ είναι η απόλυτη πίεση και η ταχύτητα ροής στη δεξαμενή αναρροφήσεως αντιστοίχως, το P_a και V_a είναι η ταχύτητα ροής στην είσοδο της αντλίας και $\sum \Delta h_a$ η απώλεια φορτίου στο σωλήνα αναρροφήσεως, (γραμμικές απώλειες, τοπικές απώλειες στο φίλτρο κ.λ.π).

Αν η επιφάνεια του υγρού στη δεξαμενή αναρροφήσεως είναι ελεύθερη έχουμε $P_{\delta a} = P_0$ (ατμοσφαιρική πίεση), $V_{\delta a} = 0$ και η εξίσωση γράφεται :

$$H_a = \frac{P_0 - P_a}{\gamma} - \frac{V_a}{2g} - \sum \Delta h_a \quad \text{εξ. 2.11}$$



Σχ.2.II: Διατάξεις συστημάτων με ελεύθερες επιφάνειες υγρού και υπό πίεση διάφορη της ατμοσφαιρικής

II. Στατικό ή γεωμετρικό ύψος καταθλίψεων (H_k) ενός συγκροτήματος είναι, η κατακόρυφη απόσταση από το σημείο εξόδου του υγρού της δεξαμενής αποθηκείσεως.

III. Ολικό στατικό ή γεωμετρικό ύψος (H_{Σ}) ενός συστήματος είναι, η κατακόρυφη απόσταση από την επιφάνεια του υγρού της δεξαμενής αναρροφήσεως μέχρι την επιφάνεια του υγρού της δεξαμενής αποθηκείσεως, ανεξάρτητα από το αν η επιφάνειες είναι ελεύθερες ή υπό πίεση.

IV. Μανομετρικό ύψος αναρροφήσεως (H_{ma}) είναι το ύψος της σχετικής πίεσεως στη δεξαμενή αναρροφήσεως μείον το άθροισμα του στατικού ύψους αναρροφήσεως, των απωλειών φορτίου και της διαφοράς των υψών.

V. Μανομετρικό ύψος καταθλίψεως (H_{mk}) είναι το άθροισμα του ύψους πίεσεως στη δεξαμενή αποθηκεύσεως του στατικού ύψους καταθλίψεως και της απώλειας φορτίου μείον τη διαφορά των υψών ταχύτητας στο σωλήνα καταθλίψεως και τη δεξαμενή αποθηκεύσεως.

$$H_{mk} = \frac{P_{δκ} - P_a}{\gamma} + H_k + \sum \Delta h_k - \frac{V_k^2 - V_{δκ}^2}{2g} \quad \text{εξ. 2.III}$$

VI. Ολικό μανομετρικό ύψος (H_m) ενός συστήματος βρίσκεται από την διαφορά των υψών πίεσεως στα σημεία εισόδου και εξόδου του υγρού και εκφράζει την αύξηση της ενέργειας πίεσεως της μονάδας βάρους του υγρού που διέρχεται από την αντλία.

$$H_m = \frac{P_x - P_a}{\gamma} + H_v = H_{mk} - H_{ma} + H_v = \frac{P}{\gamma} \quad \text{εξ. 2.IV}$$

VII. Αποδιδόμενο ύψος ή ολικό ύψος αντλίας (H_0) είναι ίσο με την αύξηση της ολικής ενέργειας της μονάδας βάρους του υγρού μεταξύ των σημείων εισόδου και εξόδου του υγρού στη αντλία.

$$H_0 = \frac{P_x - P_a}{\gamma} + \frac{V_k^2 - V_{dk}}{2g} + h_v \quad \text{εξ. 2.V}$$

❖ Παροχή

A) Θεωρητική παροχή (Q_B) είναι ο όγκος του υγρού που θα έπρεπε να αποδίδεται ανά μονάδα χρόνου αν δεν υπήρχαν εσωτερικές ή εξωτερικές διαρροές.

B) Κανονική παροχή (Q_n) είναι η αποδιδόμενη παροχή όταν η αντλία εργάζεται με το μέγιστο βαθμό αποδόσεως της.

Γ) Πραγματική παροχή (Q) είναι ο όγκος του υγρού που αποδίδεται στο σωλήνα καταθλίψεως στη μονάδα χρόνου υπό ορισμένο μανομετρικό ύψος Q_m

Δ) Εσωτερική παροχή (Q_e) είναι ο όγκος του υγρού που διέρχεται μέσα από την περρωτή στη μονάδα του χρόνου. Επομένως είναι το άθροισμα της πραγματικής παροχής των αναπόφευκτων εσωτερικών διαρροών:

$$Q_e = Q + Q_d \quad \text{εξ. 2.VI}$$

Όπου Q_d είναι ο όγκος των εσωτερικών διαρροών (το Q_d είναι πολύ μικρό σε σύγκριση με το Q).

❖ Απαιτούμενη ισχύς

A) Εισερχόμενη ισχύς στον άξονα της αντλίας (N_a) είναι η ισχύς που μεταβιβάζεται στον άξονα της αντλίας από τον κινητήρα.

B) Εσωτερική ισχύς (N_e) είναι η συνολική ισχύς που μεταβιβάζεται από την περρωτή στο υγρό παροχής Q_e

$$N_e = \gamma Q_e H_e + N_f \quad \text{εξ. 2.VII}$$

Όπου N_f η απαιτούμενη ισχύς για την υπερνίκηση των τριβών μεταξύ του υγρού και της περρωτής που εκδηλώνεται υπό την μορφή θερμικής ενέργειας.

Η εσωτερική ισχύς είναι ίση με την εισερχόμενη ισχύ στον άξονα της αντλίας μείον την ισχύ N_{mf} που απαιτείται για την υπερνίκηση των μηχανικών τριβών της αντλίας (τριβείς σαλαμάστρα κ.λ.π)

$$N_e = N_a - N_{mf} \quad \text{εξ. 2.VIII}$$

Γ) Αποδιδόμενη ισχύς (N) της αντλίας είναι το γινόμενο:

$$N = \gamma Q H_o \quad \text{εξ. 2.IX}$$

Όπου γ = το ειδικό βάρος του υγρού Kp/m^3 , Q = πραγματική παροχή m^3/s ,

H_o = αποδιδόμενο ή ολικό ύψος της αντλίας m .

❖ Βαθμός αποδόσεως

A) Υδραυλικός βαθμός αποδόσεως (η_h) είναι ο λόγος του αποδιδόμενου ή ολικού ύψους της αντλίας προς το εσωτερικό ύψος.

$$\eta_h = H_o / H_e = H_o / H_\theta \quad \text{εξ. 2.X}$$

Β) Ογκομετρικός βαθμός αποδόσεως (η_v) είναι ο λόγος της πραγματικής παροχής προς την εσωτερική παροχή:

$$\eta_v = Q/Q_e \quad \text{εξ. 2.XI}$$

Γ) Μηχανικός βαθμός αποδόσεως (η_m) είναι ο λόγος της εσωτερικής ισχύος στον άξονα της αντλίας :

$$\eta_m = N_e/N_a = N_a - N_{mf}/N_a \quad \text{εξ. 2.XII}$$

Δ) Ολικός βαθμός αποδόσεως (η) είναι ο λόγος της αποδιδόμενης ισχύος της αντλίας (N) προς την εισερχόμενη ισχύ στον άξονα της αντλίας

$$\eta = N/N_a \quad \text{εξ. 2.XIII}$$

❖ Σχέσεις μεταξύ παροχής - μανομετρικού ύψους απορροφούμενης ισχύος συναρτήσει του αριθμού στροφών

Παροχή:

Η παροχή συναρτήσει του αριθμού στροφών μεταβάλλεται κατά τη σχέση:

$$Q_1 / Q_2 = n_1/n_2 \quad \text{εξ. 2.XIV}$$

Μανομετρικό ύψος:

Αυτό μεταβάλλεται κατά τη σχέση:

$$H_1/H_2 = (n_1/n_2)^2 \quad \text{εξ. 2.XV}$$

Απορροφούμενη ισχύς:

Αυτή μεταβάλλεται κατά τη σχέση:

$$N_1 / N_2 = (n_1/n_2)^3 \quad \text{εξ. 2.XVI}$$

❖ Ειδική ταχύτητα

Η ικανότητα των αντλιών (παροχή - μανομετρικό ύψος - αριθμός στροφών) εξαρτάται από τις διαστάσεις αυτών, την διάμετρο της πτερωτής, την μορφή και τη διάταξη των περυγίων. Συνεπώς αντλίες με μεγάλη διάμετρο πτερωτής σε σύγκριση με τη διάμετρο στομίου εισόδου του υγρού, έχουν την δυνατότητα να λειτουργήσουν καλά

σε σχετικά μεγάλα μανομετρικά ύψη. Αντιστρόφως, αντλίες με μικρή διαφορά διαμέτρου μεταξύ στομίου εισόδου και εξωτερικής διαμέτρου περωτής, έχουν μεγαλύτερες διαβάσεις μεταξύ των περυγίων, είναι ικανές να δώσουν μεγάλες παροχές σε μικρά μανομετρικά ύψη.

2.2 Φυγοκεντρικές αντλίες

❖ Τα εξαρτήματα της αντλίας

Ο αριθμός των εξαρτημάτων, η διάταξή τους και η εξωτερική εμφάνιση μιας αντλίας, εξαρτώνται από την προτίμηση του κατασκευαστή και από τις ειδικές συνθήκες εργασίες για τις οποίες έχει κατασκευαστεί. Κάθε αντλία πρέπει να συνοδεύεται από το βιβλίο οδηγιών για την τοποθέτηση, το χειρισμό και τη συντήρησή της. Στο βιβλίο πρέπει να υπάρχει σχέδιο της αντλίας και κατάλογος των εξαρτημάτων.

Τα βασικά εξαρτήματα μιας τυπικής φυγόκεντρου αντλίας (Σχ. 2.III) είναι το σπειροειδές περίβλημα (θάλαμος, σαλίγκαρος), το κάλυμμα με το στόμιο εισόδου του υγρού και την φλάντζα για τη σύνδεση του σωλήνα αναρροφήσεως, η κοάνη καταθλίψεως (έξοδος υγρού) με την φλάντζα για τη σύνδεση του σωλήνα καταθλίψεων και ο άξονας της αντλίας που δίνει κίνηση στην περωτή με την οποία είναι στέρεα συνδεδεμένος. Ο άξονας της αντλίας στηρίζεται συνήθως σε δυο τριβείς (ρουλεμάν ή κουζινέτα) που βρίσκονται στις δυο άκρες του ελαίου ενώ στο ελεύθερο άκρο του, τοποθετείται ένας συνδετήρας για τη σύνδεση της αντλίας με τον κινητήρα ή μια τροχαλία, όταν η κίνηση δίνεται με ιμάντα. Ο άξονας διαπερνά το πίσω μέρος του σπειροειδούς περιβλήματος όπου στεγανοποιείται για να μην διαρρεύσει το υγρό που βρίσκεται υπό πίεση μέσα στο περίβλημα ή να μην εισχωρήσει αέρας, οπότε δημιουργούνται ανωμαλίες στην λειτουργία της αντλίας και ο βαθμός αποδόσεως μειώνεται κατά πολύ. Το βασικό εξάρτημα της στεγανοποίησης είναι η σαλαμάστρα, που τοποθετείται υπό μορφή δακτυλίων μέσα στο στυπιοθαλάμιο. Στις αντλίες που η σαλαμάστρα υδρολιπαίνεται από εξωτερική παροχή, ανάμεσα στους δακτυλίους της παρεμβάλλεται ένας ορειχάλκινος δακτύλιος (φανάρι) με περιφερειακή αυλάκωση και

διάτρηση όπου καταλήγει ένας αγωγός, ο οποίος μεταφέρει νερό υπό πίεση από το περίβλημα ή από το εξωτερικό δοχείο υδρολιπάνσεως. Για τη στεγανοποίηση η σαλαμάστρα σφίγγεται με το στυπιολίπτη. Όπως θα δούμε στην περιγραφή της περρωτής, υπάρχει πάντοτε διαφορά πιέσεως μεταξύ του στομίου εισόδου και του εσωτερικού της περρωτής. Η διαφορά πιέσεως προκαλεί διαρροή του υγρού από το διάκενο μεταξύ της περιστρεφόμενης και του καλύμματος. Για τη μείωση της διαρροής αυτής τοποθετούνται δακτύλιοι στεγανώσεως στα χείλη επαφής της περρωτής και του καλύμματος.



Σχ. 2.III: Μονοβάθμια φυγόκεντρος αντλία.

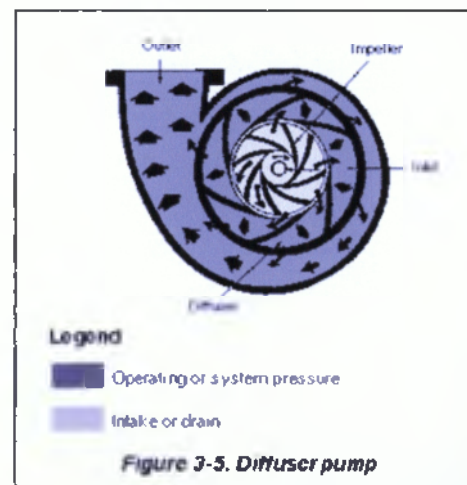
❖ Το περίβλημα

Το περίβλημα των φυγόκεντρων αντλιών αποτελείται από δυο τμήματα τα οποία είναι δυνατό να διαχωρίζονται οριζοντίως, καθέτως ή και διαγωνίως.

Στην πρώτη περίπτωση τόσο το στόμιο εισόδου όσο και η χοάνη καταθλίψεως βρίσκονται στο κατώτερο τμήμα του περιβλήματος έτσι ώστε να απομακρύνεται εύκολα όταν χρειαστεί κάποια επισκευή. Η δεύτερη περίπτωση χρησιμοποιείται στις αντλίες που συνδέονται απ' ευθείας με τον κινητήρα ή στις αντλίες απλής αναρροφήσεως. Υπάρχουν και περιπτώσεις όπου το διαχωριζόμενο περίβλημα περιβάλλεται από ένα «ενιαίο» κέλυφος. Η κατασκευή αυτή χρησιμοποιείται στις αντλίες υψηλής πιέσεως. Το σχήμα του περιβλήματος είναι σπειροειδές (Σχ. 2.IV) και

η πτερωτή τοποθετείται έτσι ώστε το υγρό, το οποίο φεύγει από την πτερωτή υπό την επίδραση της φυγόκεντρου δυνάμεως και ωθείται προς την κοάνη καταθλίψεως, να κινείται σε αγωγό συνεχώς αυξανόμενη. Η προσδευτική αύξηση της διατομής του αγωγού του περιβλήματος είναι τέτοια ώστε η παροχή ανά μονάδα επιφάνειας να είναι περίπου σταθερή σε όλη τη διαδρομή του υγρού μέσα στο περίβλημα. Κατ' αυτόν τον τρόπο η ταχύτητα κινήσεως του υγρού ελαττώνεται προσδευτικά και η κινητική του ενέργεια μετατρέπεται σε στατική πίεση με όσο το δυνατό λιγότερες απώλειες.

Σχ. 2.IV: Ροή του υγρού σε μονοβάθμια φυγόκετρο αντλία.



Ένας άλλος τύπος φυγόκεντρου αντλίας είναι η φυγόκεντρος αντλία με πτερύγια διαχύσεως (2.V). στον τύπο αυτό γύρω από τη πτερωτή σχηματίζονται δίοδοι με προσδευτικά αυξανόμενη διατομή προστατεύοντας μια σειρά μη κινούμενων πτερυγίων. Καθώς το υγρό διέρχεται μέσα από τους δίοδους που σχηματίζουν τα πτερύγια διαχύσεως αλλάζει η διεύθυνση κινήσεως του με παράλληλη μείωση της ταχύτητας ενώ η πίεση αυξάνεται προτού ακόμη τι υγρό εισέλθει στον αγωγό του περιβλήματος. Επομένως οι απώλειες μέσα στο περίβλημα μειώνονται και κατά την έξοδο του υγρού η κινητική του ενέργεια μετατρέπεται πλησιέστερα σε στατική πίεση ενώ ο βαθμός αποδόσεως της αντλίας βελτιώνεται. Η βελτίωση όμως του βαθμού αποδόσεως είναι μικρή σε σύγκριση με την επιπλέον δαπάνη που απαιτείται για την κατασκευή και τοποθέτηση των πτερυγίων διαχύσεως. Για το λόγω αυτό οι αντλίες με πτερύγια διαχύσεως δεν θεωρούνται πλεονεκτικές εκτός από ειδικές περιπτώσεις που επιζητείται υψηλή πίεση. Η αντλία αυτού του τύπου αναφέρεται και ως στροβιλαντλία

γιατί η κατασκευή της μοιάζει με τον υδροστρόβιλο τύπου Francis αλλά με αντίστροφη λειτουργία.



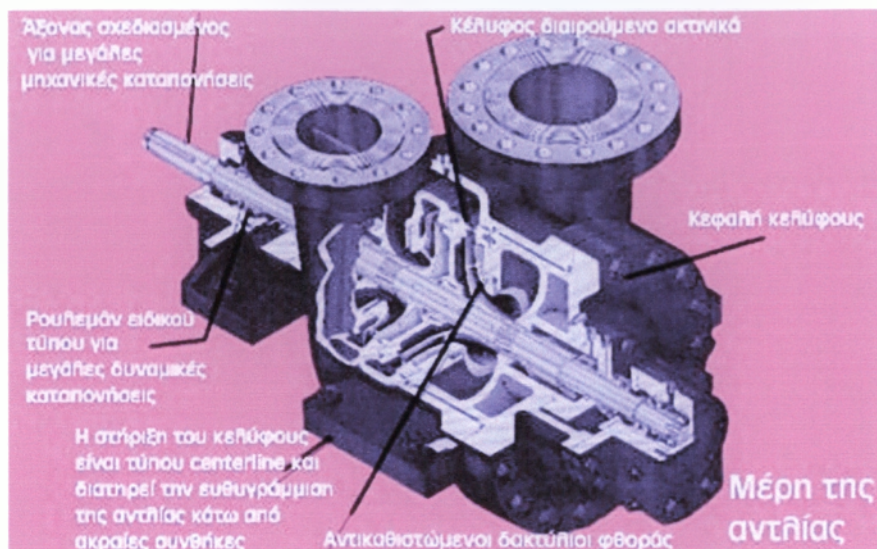
Σχ. 2.V: Ροή του υγρού σε μονοβάθμια φυγόκεντρο αντλία με πτερώγια διαχύσεως.

ΜΟΝΟΒΑΘΜΙΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ

Αντλίες υψηλής αναρροφήσεως. Στην αντλία του σχήματος 2.III η πτερωτή είναι τοποθετημένη στο άκρο του άξονα και το υγρό οδηγείται από το σωλήνα αναρροφήσεως κατευθείαν στο κέντρο της πτερωτής. η πτερωτή μπορεί επίσης να είναι τοποθετημένη στο κέντρο του άξονα οπότε υπάρχουν δυο στυπιοθάλαμοι για τη στεγανοποίηση και στις δυο πλευρές του σπειροειδούς περιβλήματος.

Στις αντλίες απλής αναρροφήσεως λόγω της διαφοράς πίεσεως που υπάρχει πάντοτε μεταξύ του στομίου εισόδου του υγρού (πίεση αναρροφήσεως) και του εσωτερικού του περιβλήματος (πίεση καταθλίψεως) δημιουργείται δύναμη, η οποία τείνει να μετατοπίσει την πτερωτή προς την πλευρά της χαμηλότερης πίεσεως - αξονική ώθηση - με αποτέλεσμα την καταπόνηση και καταστροφή των τριβών. Σε ορισμένες αντλίες δεν λαμβάνεται ιδιαίτερη φροντίδα για την εξισορρόπηση της αξονικής ωθήσεως, υπάρχουν διάφοροι μέθοδοι για την εξουδετέρωση της αξονικής ωθήσεως ή την αποκατάσταση υδραυλικής εξισορροπήσεως της πίεσεως από τις δυο πλευρές της πτερωτής.

Αντλίες διπλής αναρροφήσεως. Το περίβλημα της αντλίας αυτού του τύπου (Σχ. 2.V.1) έχει δυο στόμια για την είσοδο του υγρού και από τις δυο πλευρές της πτερωτής. η αντλία του σχήματος (2.V.1) αποτελείται από δυο αντλίες απλής αναρροφήσεως τοποθετημένες συμμετρικά ως προς επίπεδο κάθετο στον άξονα της αντλίας. Λόγω της συμμετρίας η πίεση στα στόμια εισόδου από τις δυο πλευρές της πτερωτής είναι ίση. Οπότε οι αντλίες έχουν θεωρητικά υδραυλική εξισορρόπηση. Μικρές όμως ατέλειες στην κατασκευή των εξαρτημάτων και άνισες φθορές μεταβάλλουν τα χαρακτηριστικά ροής του υγρού στις δυο πλευρές και η πτερωτή υπόκειται σε μικρή αξονική ώθηση.



Σχ.2.V.1: Αντλία διπλής αναρροφήσεως (Worthigton Inc)

Το περίβλημα στις αντλίες είναι συνήθως οριζοντίως διαχωρισμένο και τα δυο στόμια εισόδου του υγρού ενώνονται σε κοινό σωλήνα αναρροφήσεως που βρίσκεται στο κατώτερο τμήμα του περιβλήματος όπως και ο σωλήνας καταθλίψεως.

Οι αντλίες διπλής αναρροφήσεως πλεονεκτούν στο ότι μειώνεται κατά πολύ ο κίνδυνος αξονικής ωθήσεως, ενώ λόγω της μικρής ταχύτητας κινήσεως του υγρού στην είσοδο (διπλός σωλήνας αναρροφήσεως) μπορούν να χρησιμοποιηθούν για μεγάλες παροχές.

ΠΟΛΥΒΑΘΜΙΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ

Οι πολυβάθμιες αντλίες χρησιμοποιούνται στις περιπτώσεις όπου επιζητείται χαμηλή πίεση, την οποία δεν μπορεί να αναπτύξει μια μονοβάθμια αντλία (μανομετρικό ύψος μεγαλύτερο των 120 μέτρων). Οι αντλίες αυτές έχουν δυο ή περισσότερες πτερωτές που λειτουργούν “εν σειρά”, δηλαδή η κοάνη καταθλίψεως της μιας βαθμίδας είναι συνδεδεμένη στο στόμιο εισόδου της επόμενης βαθμίδας. Το συνολικό ύψος πίεσεως είναι το ύψος πίεσεως της μιας βαθμίδας πολλαπλασιαζόμενο επί των αριθμό των βαθμίδων. Ο αριθμός των βαθμίδων εξαρτάται από το απαιτούμενο μανομετρικό ύψος, τη διάμετρο της πτερωτής, την παροχή της αντλίας και την ταχύτητα περιστροφής.

Το περίβλημα έχει περίπου κυλινδρική μορφή και το κέλυφος μπορεί να είναι διαγωνίως διαχωριζόμενο ή να είναι μονοκόμματο. Η δεύτερη διάταξη προτιμάται στην περίπτωση που οι βαθμίδες είναι τέσσερις ή περισσότερες οπότε εργάζονται με υψηλές πιέσεις.

Η αξονική ώθηση στις πολυβάθμιες αντλίες είναι μεγάλη, γιατί όλες οι πτερωτές είναι τοποθετημένες στον ίδιο άξονα. Για την υδραυλική εξισορρόπηση οι πτερωτές είναι τοποθετημένες ανά ζεύγη αντίθετα, όπως φαίνεται στην αντλία δυο βαθμίδων του σχήματος 2.VII. Στο σχήμα 2.VIII φαίνεται μια αντλία πέντε βαθμίδων για μεγάλο μανομετρικό ύψος. Επίσης, η αξονική ώθηση εξουδετερώνεται αν η πτερωτή κάθε βαθμίδας είναι διπλής αναρροφήσεως.



Σχ. 2.VII: Αντλία δυο βαθμίδων με τις πτερωτές τοποθετημένες αντίθετα

Το περίβλημα των φυγόκεντρων αντλιών κατασκευάζεται από χυτοσίδηρο για τις αντλίες γενικής χρήσεως. Επίσης, χρησιμοποιείται ο χυτοχάλυβας με προσθήκη άνθρακα ή άλλες προσμίξεις για την αύξηση της ανθεκτικότητας του ανάλογα με την πίεση που εργάζεται η αντλία, τις διαστάσεις της και το είδος του υγρού που αντλεί. Αν η πίεση και η θερμοκρασία του υγρού είναι υψηλές σε πολλές περιπτώσεις το περίβλημα κατασκευάζεται με σφυρηλάτηση, οπότε οι σωλήνες αναρροφήσεως και καταθλίψεως συγκολλούνται στο περίβλημα.

Στο στόμιο εισόδου του υγρού και στη χοάνη καταθλίψεως συνήθως υπάρχουν υποδοχές για την τοποθέτηση κατάλληλων μανομέτρων για την μέτρηση της υποπίεσεως αναρροφήσεως και της πίεσεως καταθλίψεως. Στο κάτω μέρος του περιβλήματος υπάρχει πάντοτε μια οπή με “τάπα” για το άδειασμα του υγρού όταν δεν εργάζεται η αντλία για αρκετό διάστημα, ιδίως τον χειμώνα. Επίσης, στο επάνω μέρος του περιβλήματος πρέπει να υπάρχει άνοιγμα με “τάπα” για το γέμισμα του περιβλήματος και την εκκίνηση της αντλίας. Η φορά περιστροφής της αντλίας επισημαίνεται με ένα βέλος χαραγμένο πάνω στο περίβλημα.



Σχ.2.VIII: Αντλία πέντε βαθμίδων με περωτές απλής αναρροφήσεως τοποθετημένες αντίθετα με μεγάλο μανομετρικό ύψος

❖ Η περωτή

Η περωτή αποτελείται από α) τον περιστρεφόμενο δρομέα, που κατασκευάζεται σαν ένα σώμα με τον άξονα και β) από τα περύγια, έχουν πάντοτε κλίση αντίθετη προς τη φορά περιστροφής της περωτής.

Υπάρχουν τρία είδη περωτών: περωτή ανοικτού τύπου, περωτή ημίκλειστου τύπου και περωτή κλειστού τύπου.

A) Περωτή ανοικτού τύπου. Ο περιστρεφόμενος δρομέας αποτελείται από ένα “όμφαλο” γύρω από τον οποίο είναι τοποθετημένα τα περύγια. Ο βαθμός αποδόσεως των αντλιών με περύγια ανοικτού τύπου είναι μικρός, γιατί αξιόλογη ποσότητα υγρού διαρρέεται από το περίβλημα στο στόμιο εισόδου. Επίσης μπορούν να δημιουργήσουν αρκετά μεγάλο μανομετρικό ύψος. Για το λόγο αυτό οι αντλίες με περύγια ανοικτού τύπου χρησιμοποιούνται σε ειδικές περιπτώσεις και ιδιαίτερα για άντληση νερού που περιέχει φερτές ύλες επειδή δεν μπουκώνουν εύκολα.

B) Περωτή ημίκλειστου τύπου. Ο περιστρεφόμενος δρομέας αποτελείται από ένα δίσκο στη μία πλευρά του οποίου είναι τοποθετημένα τα περύγια. Τα περύγια βρίσκονται προς την πλευρά του στομίου εισόδου του υγρού. Ο βαθμός αποδόσεως των αντλιών με περωτή ανοικτού τύπου είναι μικρότερος από τις αντλίες με περωτή κλειστού τύπου. Είναι δυνατόν όμως στις αντλίες αυτές να επιτευχθεί πολύ ικανοποιητικός βαθμός αποδόσεως αν το διάκενο μεταξύ των περυγίων και της εσωτερικής επιφανείας του τοιχώματος του καλύμματος του περιβλήματος είναι πολύ

μικρό. Οι αντλίες με περωτή ημίκλειστου τύπου δεν είναι κατάλληλες για την άντληση ακάθαρτων υγρών, μπορούν όμως να χρησιμοποιηθούν για την άντληση νερού που περιέχει άμμο.

Γ) Περωτή κλειστού τύπου. Ο περιστρεφόμενος δρομέας αποτελείται από δύο δίσκους μεταξύ των οποίων βρίσκονται τα περύγια. Ο ένας δίσκος έχει στο κέντρο την οπή (μάτι) για την είσοδο του υγρού στα περύγια που έχει ως αποτέλεσμα την είσοδο του υγρού στο περίβλημα. Στις αντλίες διπλής αναρροφήσεως υπάρχουν οπές και στους δύο δίσκους για την είσοδο του υγρού και στις δύο πλευρές της περωτής. Οι αντλίες με περωτή κλειστού τύπου έχουν πολύ μεγάλο βαθμό αποδόσεως και αναπτύσσουν υψηλή πίεση, αλλά χρησιμοποιούνται για άντληση καθαρών μόνο υγρών γιατί “μπουκώνουν” εύκολα.

❖ Στυπιοθάλαμος

Ο στυπιοθάλαμος αποτελεί μέρος του σώματος της αντλίας και συμβάλλει στην στεγανοποίηση του διάκενου μεταξύ του περιβλήματος και του άξονα της περωτής. Προορισμός του στυπιοθαλάμου είναι α) να εμποδίζει την είσοδο του αέρα στο περίβλημα και β) να εμποδίζει τη διαρροή του υγρού κατά μήκος του άξονα, όταν η πίεση στο στυπιοθλίπτη είναι μεγαλύτερη από την ατμοσφαιρική. Η στεγανοποίηση πραγματοποιείται με σαλαμάστρα ή με μηχανικά μέσα.

❖ Κατάταξη των φυγόκεντρων αντλιών

Οι φυγόκεντροι αντλίες (ακτινικής ροής) είναι οι πιο διαδεδομένες γιατί έχουν μεγάλο εύρος παροχής (Q) - αποδιδόμενο ύψος (H) και προσαρμόζονται σε ποικιλία συνθηκών αντλήσεως.

Υπάρχουν διάφορα κριτήρια κατατάξεως των φυγόκεντρων αντλιών όπως α) η τοποθέτηση του άξονα της περωτής που μπορεί να είναι οριζόντια ή κατακόρυφη, οπότε έχουμε τις οριζόντιες ή κατακόρυφες αντλίες, β) το είδος της περωτής, οπότε οι αντλίες διακρίνονται σε απλής αναρροφήσεως ή διπλής αναρροφήσεως, γ) ο αριθμός των περωτών. Στην περίπτωση αυτή έχουμε τις μονοβάθμιες αντλίες ή πολυβάθμιες αντλίες.

Στις πολυβάθμιες αντλίες οι πτερωτές μπορεί να συνδεθούν “εν σειρά” ή “εν παραλλήλω”. Στην “εν σειρά” σύνδεση το υγρό περνάει διαδοχικά από όλες τις πτερωτές και η παροχή της αντλίας είναι ίδια με την παροχή μιας βαθμίδας ενώ το ολικό ύψος είναι το άθροισμα των υψών όλων των βαθμίδων. Στην εν “παραλλήλω” σύνδεση το υγρό περνάει συγχρόνως από όλες τις πτερωτές (συνήθως 2 ή 3) και η παροχή της αντλίας είναι το άθροισμα των παροχών όλων των βαθμίδων ενώ το ολικό ύψος είναι ίσο με το ύψος μιας βαθμίδας. Σε σπάνιες περιπτώσεις μπορεί να έχουμε μικτή σύνδεση.

Έχοντας υπόψη τα παραπάνω, τα χαρακτηριστικά μεγέθη μιας αντλίας επηρεάζονται και από την ύπαρξη ή μη πτερυγίων διαχύσεως, ο συνδυασμός των παραπάνω κριτηρίων αποτελεί μια βάση για την κατάταξη των φυγόκεντρων αντλιών.

ΟΡΙΖΟΝΤΙΕΣ ΜΟΝΟΒΑΘΜΙΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ

A) Απλής αναρροφήσεως με σπειροειδές περίβλημα. Είναι ο πιο διαδεδομένος τύπος. Τα πτερύγια είναι απλής καμπυλότητας για μικρές παροχές ενώ για μεγάλες παροχές κάμπτονται στο χώρο.

Οι παροχές των αντλιών αυτού του τύπου είναι Q 1 - 1000 l/s και το ολικό ύψος H μέχρι 80m. Χρησιμοποιούνται για την άντληση ψυχρών ή θερμών (μέχρι 80 °C) υγρών χωρίς ξένες ύλες.

B) Απλής αναρροφήσεως με σπειροειδές περίβλημα και πτερύγια διαχύσεως. Η κατασκευή τους είναι ίδια με τις προηγούμενες με τη μόνη διαφορά ότι γύρω από την πτερωτή έχουν σταθερά πτερύγια διαχύσεως για τη μερική μετατροπή της κινητικής ενέργειας σε ενέργεια πίεσεως.

Η παροχή τους είναι Q 50 - 800 l/s και το ολικό ύψος H 45-160 m.

Γ) Διπλής αναρροφήσεως με σπειροειδές περίβλημα. Επειδή έχουν υδραυλική εξισορρόπηση χρησιμοποιούνται για μεγαλύτερες παροχές από τις προηγούμενες.

Q 80 - 3000 l/s, με ολικό ύψος H 15-80 m.

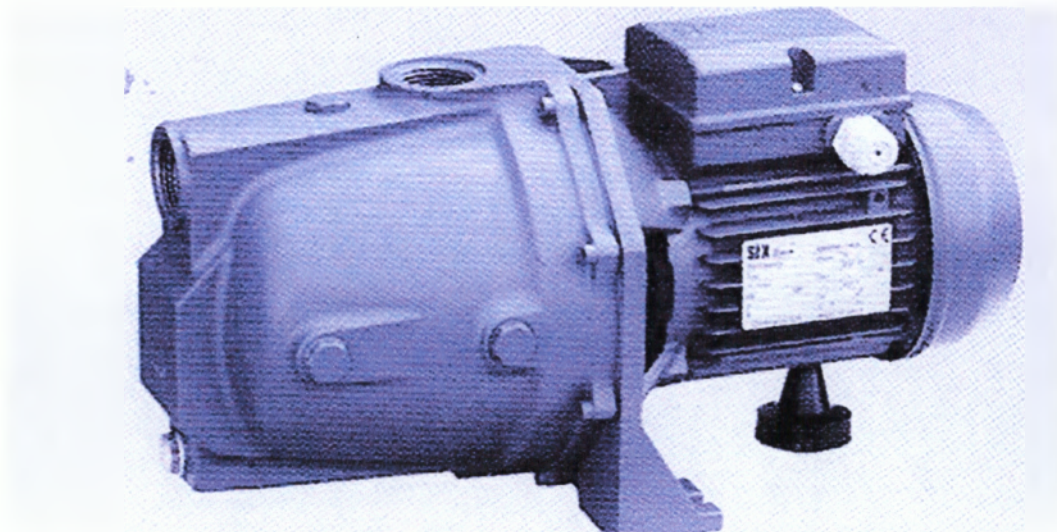
Περισσότερο χρησιμοποιείται ο τύπος οριζοντίου διαχωριζόμενου περιβλήματος όπου οι σωλήνες αναρροφήσεως και καταθλίψεως είναι τοποθετημένοι στο κάτω τμήμα. Έτσι δε χρειάζεται να αποσυνδεθούν οι σωλήνες αυτοί όταν χρειαστεί να ανοιχτεί η αντλία.

Για αύξηση του ολικού ύψους μπορούν να τοποθετηθούν πτερύγια διαχύσεως γύρω από την περωτή.

ΟΡΙΖΟΝΤΙΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ

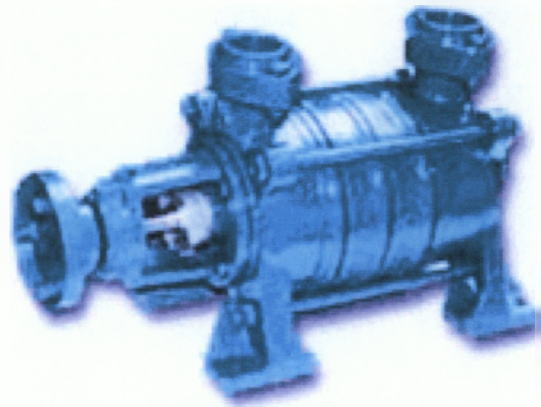
A) Με οδηγούς ροής για μικρές παροχές και μικρό ολικό ύψος. Η είσοδος του υγρού είναι αξονική. Έχουν δυο έως έξι βαθμίδες και δίνουν παροχή Q 0.5 - 10 l/s με ολικό ύψος H 10 - 80 m.

Επειδή η αξονική ώθηση είναι μικρή ο άξονας στηρίζεται σε απλούς ή διπλούς σφαιροτριβείς και ανοίγονται οπές στους δίσκους των πτερυγίων (Σχ.2.VIX).



Σχ.2.IX: Πολυβάθμια αντλία για μικρές παροχές και μικρό ολικό ύψος

B) Με οδηγούς ροής για μεγάλες παροχές και μεγάλο ολικό ύψος. Επειδή εργάζονται με υψηλές πιέσεις το περίβλημα είναι “ μονοκόμματο” ή υπό μορφή δακτυλίων. Χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία ή στα ορυχεία για την άντληση καθαρών ή ελαφρώς ακάθαρτων υγρών με θερμοκρασία μέχρι 110 °C. Δίνουν παροχή μέχρι 450 l/s και ολικό ύψος μέχρι 750 m.



Σχ.2.Χ: Πολυβάθμια φυγοκεντρική αντλία με το περίβλημα υπό μορφή δακτυλίων και πτερωτές απλής αναρροφήσεως

Γ) Με σπειροειδή περιβλήματα και πτερωτές υδραυλικώς εξισορροπημένες. Κάθε πτερωτή περιστρέφεται μέσα σε σπειροειδές περίβλημα. Η υδραυλική εξισορρόπηση γίνεται με αντίθετα τοποθετημένες πτερωτές γιατί οι άλλες μέθοδοι προκαλούν μείωση του βαθμού αποδόσεως της αντλίας. Οι πολυβάθμιες αντλίες δεν κατασκευάζονται με περισσότερες από οχτώ βαθμίδα γιατί το μήκος του άξονα δεν μπορεί να υπερβεί ένα ορισμένο μήκος.

Οι αντλίες αυτού του τύπου μπορούν να δώσουν παροχή Q 50 - 80 l/s και ολικό ύψος H 45 - 160 m.

ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΕΣ ΜΟΝΟΒΑΘΜΙΕΣ Η ΠΟΛΥΒΑΘΜΙΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ

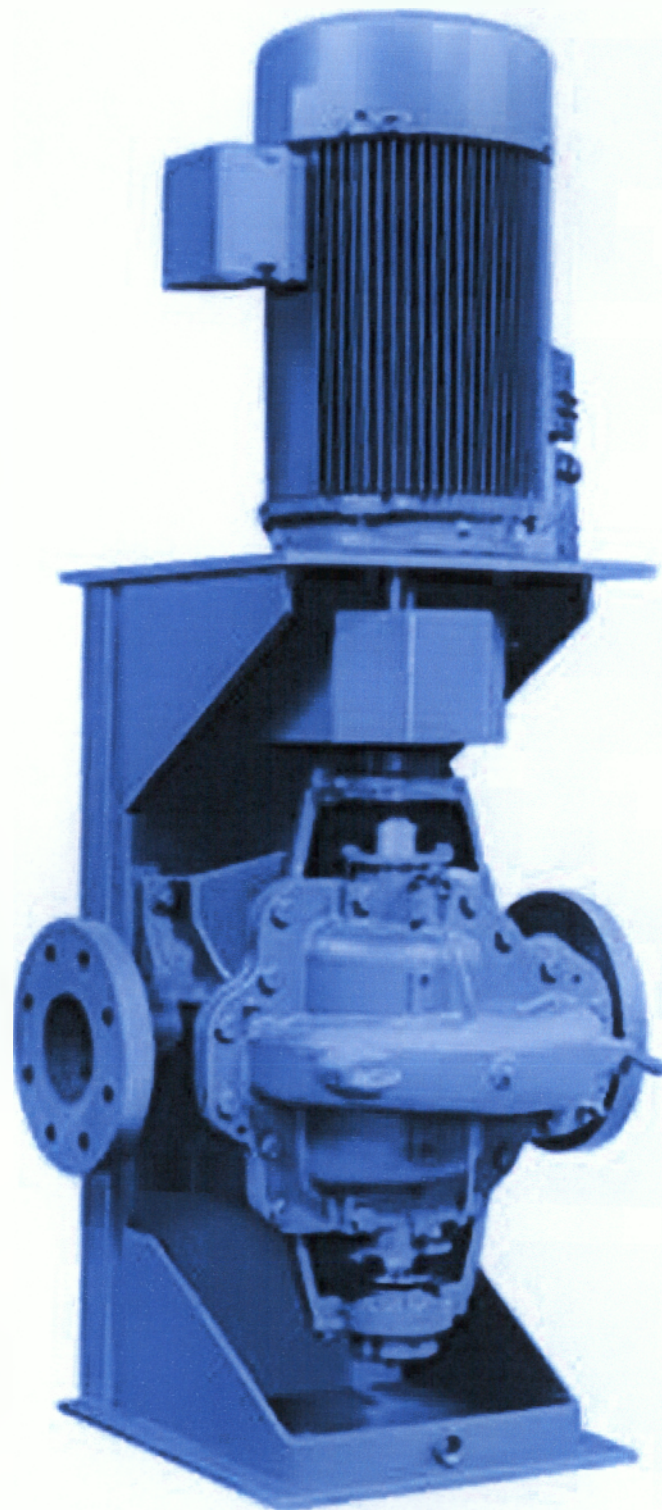
Σε πολλές περιπτώσεις, είναι προτιμότερο να τοποθετηθεί η αντλία κατακόρυφα αντί οριζόντια. Τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζουν οι κατακόρυφες αντλίες είναι:

1. Καταλαμβάνουν μικρότερη επιφάνεια του δαπέδου, γιατί ο κινητήρας τοποθετείται πάνω από την αντλία, όποτε χρειαζόμαστε μικρότερο χώρο στεγάσεως και
2. Αν η στάθμη του αντλούμενου υγρού είναι χαμηλά ή κυμαίνεται κατά τη διάρκεια της αντλήσεως, η αντλία μπορεί να τοποθετηθεί πιο κοντά στη στάθμη ώστε το ύψος αναρροφήσεως να μην υπερβεί το επιτρεπόμενο όριο.

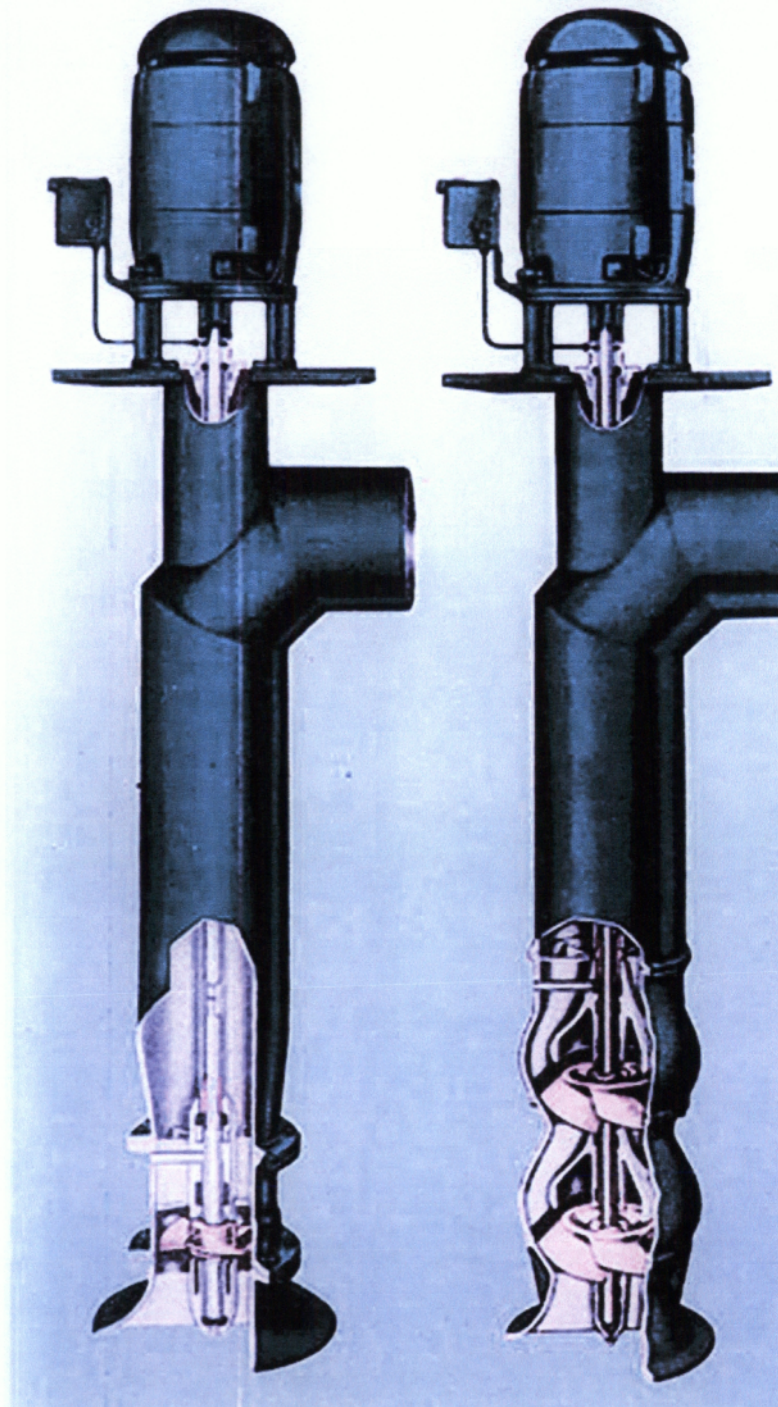
Τα μειονεκτήματά τους είναι η πολύπλοκη κατασκευή τους και το μεγάλο κόστος τους. Στα παρακάτω σχήματα φαίνονται τρεις τύποι κατακόρυφων αντλιών:



Σχ.2.ΧΙ: Κατακόρυφη φυγόκεντρος αντλία απλής αναρροφήσεως



Σχ.2.XII: Κατακόρυφη φυγόκεντρος αντλία διπλής αναρρόφησης



Σχ.2.XIII: Κατακόρυφη πολυβάθμια φυγόκεντρος αντλία με πτερωτές απλής αναρροφήσεως.

Κεφάλαιο 3 «Συστήματα αντλήσεως»

Γενικά

Η παροχή και το μανομετρικό ύψος που αποδίδει μια αντλία δυναμικού τύπου σε ένα σύστημα κλειστών αγωγών, δεν εξαρτάται μόνο από τα χαρακτηριστικά της αντλίας αλλά και από την υδραυλική αντίσταση των αγωγών. Όταν δηλαδή μια αντλία, που είναι κατασκευασμένη για παροχή Q_0 και ολικό ύψος H_0 , εγκατασταθεί σε ένα σύστημα είναι δυνατόν να αποδώσει πολύ μικρότερη παροχή και μανομετρικό ύψος αν οι υδραυλικές απώλειες στους αγωγούς είναι μεγάλες.

3.1 Η σωληνογραμμή

Το σύνολο των σωληνωτών αγωγών που συνδέονται με την αντλία για την μεταφορά του υγρού μπορεί να διακριθεί σε τρεις κατηγορίες:

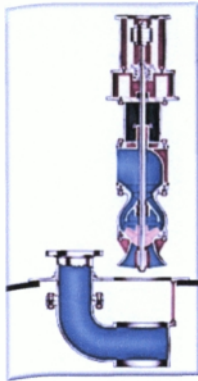
- α) το σωλήνα αναρροφήσεως
- β) το σωλήνα καταθλίψεως και
- γ) τις βοηθητικές γραμμές

❖ Σωλήνας αναρροφήσεως

Η σωστή εκλογή των εξαρτημάτων του σωλήνα αναρροφήσεως και η σωστή τοποθέτηση τους παίζει σπουδαίο ρόλο στη σωστή λειτουργία της αντλίας. Ενδεχόμενα λάθη στην εκλογή του σωλήνα αναρροφήσεως μπορεί να προκαλέσουν ανωμαλίες, όπως ισχυρούς στροβιλισμούς, σπηλαιώση, υδραυλικό πλήγμα, μείωση της παροχής και του βαθμού αποδόσεως.

Στο σχήμα 3.1 φαίνονται τρία στόμια εισόδου του υγρού στο σωλήνα αναρροφήσεως. Στο ευθύγραμμο στόμιο (α) οι απώλειες είναι μεγάλες και χρησιμοποιείται σε προσωρινές μόνο εγκαταστάσεις. Στα κωνοειδή στόμια (γ) οι απώλειες είναι μικρότερες. Η τοποθέτηση ενός φίλτρου (β) στο άκρο του στομίου εισόδου εμποδίζει τη μεταφορά ξένων υλών στην αντλία που θα είχε σαν συνέπεια την μείωση της αποδόσεως και τη φθορά της. Συνήθως μετά το φίλτρο τοποθετείται μια ποδοβαλβίδα που κλείνει υδατοστεγώς το σωλήνα αναρροφήσεως. (Σχ. 3.11).

Όταν σταματήσει η λειτουργία της αντλίας η ποδοβαλβίδα εμποδίζει τη διαφυγή του υγρού από το σωλήνα αναρροφήσεως και την αντλία οπότε δεν χρειάζεται πλήρωση για την εκκίνηση της.



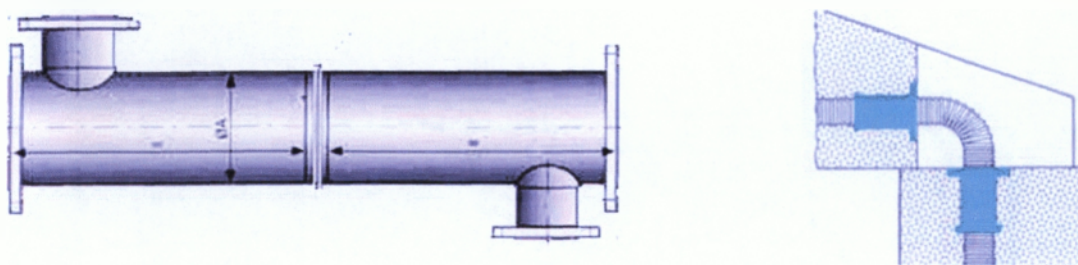
Σχ. 3.1: Στόμιο εισόδου του υγρού στο σωλήνα αναρροφήσεως
Α) ευθύγραμμο, Β) με φίλτρο, γ) κωνοειδές



Σχ. 3.11: Τύπος ποδοβαλβίδων με φίλτρο

Η στεγανότητα του σωλήνα αναρροφήσεως είναι βασική προϋπόθεση για την ομαλή λειτουργία της αντλίας. Είσοδος του αέρα στην αντλία προκαλεί μείωση ή διακοπή της παροχής με παράλληλη μείωση του μανομετρικού ύψους. Ο αέρας μπορεί να εισχωρήσει από τις διάφορες συνδέσεις αλλά και από το φίλτρο όταν η απόσταση του από την επιφάνεια του υγρού είναι μικρή. Ένας γενικός κανόνας είναι να τοποθετείται το φίλτρο τουλάχιστον 50 cm κάτω από την επιφάνεια του υγρού. Όταν αντλείται νερό από ανοικτής ροής, πρέπει να τοποθετείται φράγμα μετά την αντλία για την αποφυγή στροβιλισμών.

Για την αποφυγή μεγάλων απωλειών η διάμετρος του σωλήνα αναρροφήσεως πρέπει να είναι μεγαλύτερη από ότι η διάμετρος του στομίου εισόδου της αντλίας και η σύνδεση με την αντλία να γίνεται με κωνική στένωση (Σχ.3.III). Επίσης η σύνδεση του σωλήνα αναρροφήσεως πρέπει να γίνεται κατά τέτοιο τρόπο ώστε ο σωλήνας να είναι πάντοτε γεμάτος με υγρό.



Σχ.3.III: Τρόποι συνδέσεως του σωλήνα αναρροφήσεως

❖ Σωλήνας καταθλίψεως

Το σπουδαιότερο πρόβλημα που παρουσιάζεται στο σωλήνα καταθλίψεως είναι η απώλεια φορτίου λόγω τριβών ή τοπικών απωλειών. Για να περιοριστούν οι απώλειες όσο το δυνατόν περισσότερο, πρέπει να επιλεγεί η σωστή διάμετρος του σωλήνα και να χρησιμοποιείται ελάχιστος δυνατός αριθμός βαλβίδων, συνδέσεων, ή κάμψεων.

Οι κάμπεις που θα χρησιμοποιηθούν πρέπει να έχουν όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ακτίνα καμπυλότητας. Αν η παροχή ρυθμίζεται με δικλίδα, ως συντελεστής τοπικής απώλειας για τον υπολογισμό του ολικού ύψους θα πρέπει να επιλέγεται αυτός που δίνεται όταν η δικλίδα είναι κλειστή. Κατά τα χρονικά διαστήματα πρέπει να γίνεται έλεγχος για τυχόν αποθέσεις αλάτων ή ξένων υλών στο εσωτερικό των σωλήνων. Οι διάφορες αποθέσεις μικραίνουν την διάμετρο των σωλήνων και αυξάνουν την ταχύτητα των τοιχωμάτων με αποτέλεσμα την αύξηση των απωλειών.

Οι γραμμικές απώλειες μειώνονται με την αύξηση της διαμέτρου του σωλήνα. Μεγάλη όμως διάμετρος, επιβαρύνει το κόστος εγκαταστάσεως. Για το λόγο αυτό πρέπει να γίνεται οικονομικός συνδυασμός των συνθηκών λειτουργίας της αντλίας και της διαμέτρου των σωλήνων.

❖ Βοηθητικές γραμμές

Ως βοηθητικές γραμμές αναφέρονται οι σωλήνες (μικρής διαμέτρου) που χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά λαδιού για λίπανση ή νερού για υδρολίπανση της σαλαμάστρας. Στην κατηγορία αυτή υπάγονται και οι σωλήνες που συνδέουν τις δυο πλευρές της περωτής για εξισορρόπηση της αξονικής ωθήσεως. Σε ειδικές εγκαταστάσεις υπάρχει ανάγκη συχνού καθαρισμού του σωλήνα καταθλίψεως. Στις περιπτώσεις αυτές διοχετεύεται στο σωλήνα καταθλίψεως αέρας ή υδρατμοί υπό πίεση μέσω βοηθητικής γραμμής (που συνήθως είναι ένας εύκαμπτος σωλήνας). Βοηθητικές γραμμές χρησιμοποιούνται και για την πλήρωση της αντλίας.

3.2 Πλήρωση της αντλίας

Για να αρχίσει η αναρρόφηση, κατά την εκκίνηση των φυγοκεντρικών αντλιών, πρέπει η αντλία και ο σωλήνας να πληρωθούν με το αντλούμενο υγρό. Αν δεν εκδιωχθεί όλος ο αέρας δεν είναι δυνατό να αρχίσει η λειτουργία της αντλίας. Αλλά και κατά τη διάρκεια της λειτουργίας της μπορεί να δημιουργηθούν ανωμαλίες ή να σταματήσει η λειτουργία αν σταματήσει η λειτουργία αν εισχωρήσει αέρας στο σωλήνα αναρροφήσεως.

Η ποδοβαλβίδα βοηθάει ως ένα σημείο στη συγκράτηση του υγρού στο σωλήνα αναρροφήσεως, (όταν σταματήσει η λειτουργία της αντλίας) αλλά δεν μπορεί να δώσει πλήρη στεγανότητα.

Η πλήρωση των αντλιών γίνεται με διάφορους τρόπους:

1. Τοποθέτηση της αντλίας χαμηλότερα από τη στάθμη του υγρού της δεξαμενής αναρροφήσεως. Στην περίπτωση αυτή η αντλία πληρώνεται κατά την εγκατάσταση της. Όταν σταματήσει η λειτουργία της δεν χρειάζεται επαναπλήρωση για την εκκίνηση.
2. Η αντλία και ο σωλήνας αναρροφήσεως πληρώνονται από εξωτερική πηγή. Η πλήρωση μπορεί να γίνει με ένα «χωνί» που οδηγεί το υγρό στην οπή που βρίσκεται στο πάνω μέρος του σπειροειδούς περιβλήματος. Στην ίδια οπή μπορεί να καταλήγει σωλήνας για την πλήρωση με υγρό υπό πίεση (δίκτυο υδρεύσεως).
3. Ο αέρας απομακρύνεται με τη βοήθεια αντλίας κενού. Υπάρχουν διάφοροι τύποι αντλιών λειτουργίας κενού για την απομάκρυνση του αέρα από την αντλία και το σωλήνα αναρροφήσεως. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί χειροκίνητη αεραντλία με διάφραγμα ή με χειροκίνητη εμβολοφόρο αντλία (τουλούμπα) τοποθετημένη στο σωλήνα καταθλίψεως.
4. Αυτόματη απομάκρυνση του αέρα από το σωλήνα αναρροφήσεως και η πλήρωση του με το νερό (αυτοαναρρόφηση). Έχουν κατασκευαστεί πολλοί τύποι αυτοαναρροφητικών αντλιών, που στηρίζονται σε διάφορες αρχές.

5. Οι τρεις τύποι που χρησιμοποιούνται περισσότερο είναι: α) αντλίες με πλευρική αυλάκωση, β) αντλίες με διπλό περίβλημα και γ) αντλίες με εγχυτήρα.

3.3 Εκλογή της οικονομικής διατομής της σωληνογραμμής

Στις προηγούμενες παραγράφους αναφέρθηκε ότι μειώνοντας της διατομή του σωλήνα μεταφοράς του υγρού (για μείωση της τιμής αγοράς).

Για την εκλογή της σωστής διατομής του σωλήνα, ώστε το κόστος της εγκατάστασής και λειτουργίας του συστήματος, να είναι μικρότερο δυνατό, υπολογίζεται το ύψος απωλειών με την επιθυμητή παροχή για διάφορες διατομές και η αντίστοιχη απαιτούμενη ισχύς. Χαράζεται η καμπύλη της απαιτούμενης ισχύος (ή του κόστους της ενέργειας) συναρτήσει της διατομής. Στις ίδιες συντεταγμένες σημειώνεται το κόστος αγοράς και τοποθέτησής των σωλήνων συναρτήσει της διαμέτρου.

Το κόστος των σωλήνων μαζί με τις συνδέσεις είναι περίπου ανάλογο της διαμέτρου (αν υπάρχει τιμοκατάλογος του κατασκευαστή η σχέση αυτή καθορίζεται με ακρίβεια).

Το κόστος τοποθέτησής δεν μεταβάλλεται αισθητά με αύξηση της διαμέτρου και μπορεί να θεωρηθεί σταθερό. Προσθέτοντας το κόστος αγοράς και τοποθέτησής των σωλήνων στην απαιτούμενη ισχύ, για κάθε διάμετρο παίρνουμε την καμπύλη του ολικού κόστους (εγκατάστασής και λειτουργίας). Η μορφή της καμπύλης δείχνει:

α) την οικονομική διάμετρο των σωλήνων και β) πως το ολικό κόστος επηρεάζεται από την μεταβολή της διαμέτρου των σωλήνων.

Είναι φανερό ότι για την εκλογή της οικονομικής διαμέτρου των σωλήνων δεν χρειάζονται οι απόλυτες οικονομικές μονάδες. Η εισαγωγή τέτοιων μονάδων είναι χρήσιμη για τον υπολογισμό του πραγματικού κόστους μιας εγκατάστασής σε ορισμένο τόπο και για ορισμένη χρονική περίοδο.

Πρέπει να σημειωθεί ότι η πιο κατάλληλη διάμετρος δεν είναι πάντοτε αυτή που αντιστοιχεί στην μικρότερη τιμή της καμπύλης του ολικού κόστους. Αν επί παραδείγματι η κλίση της καμπύλης δεν είναι μεγάλη το ολικό κόστος της σωληνογραμμής δεν είναι αποφασιστικός παράγοντας για την εκλογή της διαμέτρου.

Επίσης, αν η πιο οικονομική διάμετρος δεν είναι «σάνταρ» μέγεθος του εμπορίου, θα επιλεγεί η πλησιέστερη «σάνταρ» διάμετρος. Η εκλογή της οικονομικής διαμέτρου εξαρτάται από το αν το ύψος απωλειών είναι έξω από τα αποδεκτά όρια. Για την εγκατάσταση (μείωση του βαθμού αποδόσεως, υπερβολική επιβάρυνση του κινητήρα, αντοχή των τοιχωμάτων στο ύψος πίεσεως) καθώς και από το αν είναι αποδεκτή η ταχύτητα ροής που δημιουργείται (υγρά με ξένες ύλες που απαιτούν μεγαλύτερες ταχύτητες).

Η διάμετρος του σωλήνα αναρροφήσεως δεν πρέπει να εξαρτηθεί από την οικονομική επιβάρυνση, αλλά μόνο από τις συνθήκες αντλήσεως.

Κεφάλαιο 4 «Κίνηση των δυναμικών αντλιών»

Γενικά

Οι δυναμικές αντλίες συνήθως εργάζονται με μεγάλο αριθμό στροφών, γι' αυτό είναι δυνατή η απ' ευθείας σύζευξή τους με ταχύστροφους κινητήρες. Στις πιο πολλές περιπτώσεις όμως η μετάδοση της κινήσεως γίνεται με ιμάντες τραπεζοειδούς διατομής και σπανιότερα με επίπεδους ιμάντες (όταν ο απαιτούμενος αριθμός στροφών είναι μικρός και η απόσταση μεταξύ του κινητήρα και της αντλίας είναι μεγάλη).

Οι κινητήρες που χρησιμοποιούνται συνήθως για την κίνηση των δυναμικών αντλιών είναι: α) οι ηλεκτροκινητήρες, β) οι μηχανές εσωτερικής καύσεως και γ) οι ειδικές συνθήκες λειτουργίας του κινητήρα.

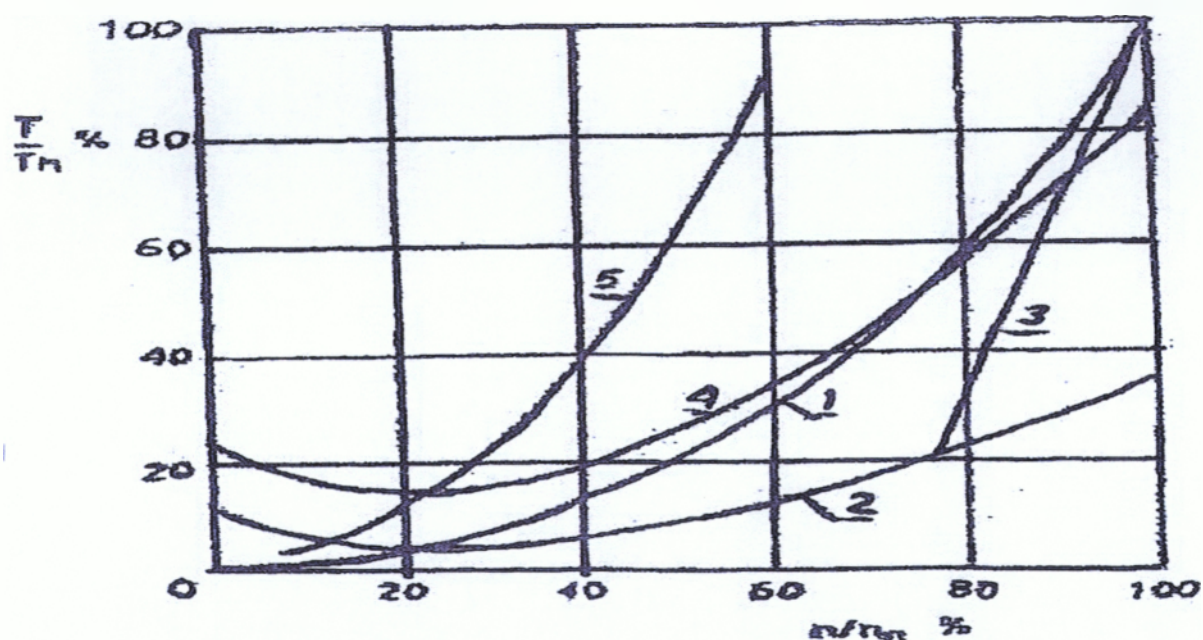
❖ Χαρακτηριστικές καμπύλες αριθμού στροφών - ροπής δυναμικών αντλιών

Οι χαρακτηριστική καμπύλη αριθμού στροφών ροπής μιας αντλίας εκφράζει τη σχέση μεταξύ της ροπής αντιστάσεως του άξονα της αντλίας και της ταχύτητας περιστροφής του. Η γραφική παράσταση της σχέσης αυτών είναι η καμπύλη της εξισώσεως:

$T = f(n)$, όπου: T είναι η ροπή σε Kpm και n ο αριθμός στροφών ανά min . Οι συντεταγμένες μπορεί να γραφούν σε ποσοστά του κανονικού αριθμού στροφών n_n και της αντίστοιχης ροπής T_n .

Στο παρακάτω σχήμα περιλαμβάνονται οι χαρακτηριστικές καμπύλες $T = f(n)$ διαφόρων τύπων αντλιών. Η θεωρητική καμπύλη (1) μιας δυναμικής αντλίας είναι παραβολή (με κορυφή το σημείο τομής των συντεταγμένων) γιατί η ροπή αντιστάσεως του άξονα είναι ανάλογη του τετραγώνου της ταχύτητας περιστροφής ($T = K n^2$). Όσο το n προσεγγίζει στο μηδέν η πραγματική χαρακτηριστική αριθμού στροφών - ροπή αποκλίνει από την παραβολική καμπύλη. Αυτό οφείλεται στις μηχανικές απώλειες στους τριβείς και στη σαλαμάστρα καθώς και την αδράνεια των περιστρεφόμενων μαζών.

Η μορφή της χαρακτηριστικής καμπύλης εξαρτάται από τον τύπο της αντλίας και από το αν η κίνηση γίνεται με δικλίδα καταθλίψεως ανοικτή ή κλειστή. Όταν οι φυγόκεντρες αντλίες εκκινήσεων με τη δικλίδα καταθλίψεως κλειστή, κατά την έναρξη της παροχής η ροπή αντιστάσεως φτάνει το 30-50% της ροπής που αναπτύσσεται στην κανονική λειτουργία της αντλίας (καμπύλη 2). Αν η φυγόκεντρος εκκινήσει με τη δικλίδα καταθλίψεως ανοικτή αλλά με τη βαλβίδα μη περιστροφής κλειστή (καμπύλη 3), η βαλβίδα θα ανοίξει όταν το ύψος που αναπτύσσει η αντλία γίνει μεγαλύτερο από το μανομετρικό ύψος καταθλίψεων (συνήθως σε $0.75 - 0.85 n_n$). Από το σημείο αυτό η αύξηση της ροπής αντιστάσεων (μέχρι $100\% T_n$) είναι ανάλογη της παροχής. Οι αντλίες με μεγάλη ειδική ταχύτητα (μεικτής και αξονικής ροής) έχουν καμπύλες με μεγαλύτερη κλίση από τις φυγόκεντρους (καμπύλη 4 και 5). Αν οι αντλίες αξονικής ροής εκκινήσουν με κλειστή τη δικλίδα καταθλίψεως η ροπή αντιστάσεως φτάνει την κανονική της τιμή προτού ο άξονας φτάσει τον κανονικό αριθμό στροφών. Για το λόγο αυτό οι αντλίες αξονικής ροής πρέπει να εκκινούν με τη δικλίδα καταθλίψεως ανοικτή.



Σχ.4.1: Χαρακτηριστικές καμπύλες αριθμού στροφών - ροπής δυναμικών αντλιών

❖ Το μέγεθος του κινητήρα

Στο κεφάλαιο II δίνονται οι εξισώσεις υπολογισμού της απαιτούμενης ισχύος για την εκκίνηση οποιασδήποτε αντλίας, που εργάζεται με παροχή Q και ολικό ύψος H . Η ισχύς του κινητήρα πρέπει να είναι μεγαλύτερη από την απαιτούμενη ισχύ που υπολογίζεται με τις εξισώσεις αυτές για λόγους ασφαλείας. Το μέγεθος της επιπλέον ισχύος εξαρτάται από το εύρος των συνθηκών που προβλέπεται ότι θα λειτουργήσει το σύστημα και από το αν η χαρακτηριστική καμπύλη ισχύος παροχής της αντλίας είναι υπερφορτίσεως ή μη υπερφορτίσεως. Όσο όμως μεγαλύτερος είναι ο κινητήρας, τόσο μεγαλύτερη είναι η τιμή αγοράς του. Επομένως πρέπει να επιλέγεται ο μικρότερος κινητήρας που καλύπτει τα όρια ασφαλείας. Η επιπλέον ισχύς καθορίζεται από το σχήμα της χαρακτηριστικής καμπύλης του αριθμού στροφών - η ροπή του κινητήρα. Η εκλογή του ηλεκτροκινητήρα εξαρτάται και από τις τεχνικές προδιαγραφές.

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι, ένας κινητήρας που είναι κατασκευασμένος για θερμοκρασία περιβάλλοντος 40°C σε συνεχή εργασία είναι δυνατό να εργαστεί για περιορισμένο χρονικό διάστημα σε θερμοκρασία 50°C χωρίς να μειωθεί αισθητά η διάρκεια ζωής του.

Όταν χρησιμοποιούνται μηχανές εσωτερικής καύσεως πρέπει να ληφθεί υπ' όψιν ότι δεν πρέπει να εργάζονται συνεχώς για μεγάλο χρονικό διάστημα με το μέγιστο της ισχύος τους, για ασφαλή συνεχή εργασία που αποδίδουν το 75 - 80% της μέγιστης ισχύος τους.

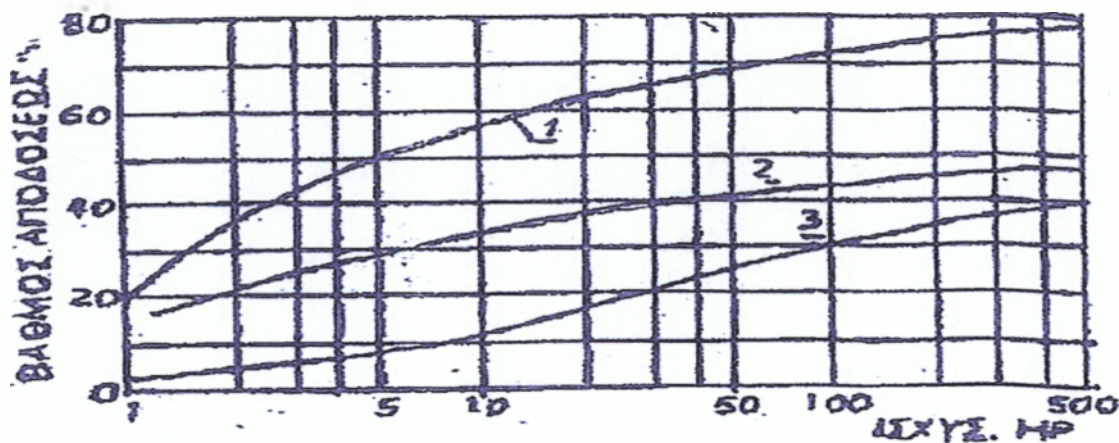
Οι αεριοστρόβιλοι δίνουν σταθερή ροπή, η οποία μπορεί να ρυθμιστεί έτσι ώστε να είναι πάντοτε ίση με τη ροπή αντιστάσεως του άξονα της αντλίας. Ο κινητήρας είναι δυνατό να εφοδιαστεί με αυτόματο ρυθμιστή στροφών, ο οποίος ρυθμίζει την παροχή των καυσαερίων ώστε να εργάζεται συνεχώς με σταθερό αριθμό στροφών ενώ η ροπή στρέψεως να εξισώνεται με τη ροπή αντιστάσεως.

❖ Κόστος αγοράς και λειτουργίας του κινητήρα

Αν υπάρχει ηλεκτρικό ρεύμα (τριφασικό) στο σημείο εγκατάστασής της αντλίας οι ηλεκτροκινητήρες πλεονεκτούν από κάθε άποψη, εφόσον η απαιτούμενη ισχύς είναι μικρότερη από 500 ps και ο απαιτούμενος αριθμός στροφών είναι μικρότερος από 3000 rpm. Υπάρχουν όμως και περιπτώσεις όπου οι μηχανές εσωτερικής καύσεως (κυρίως οι μηχανές diesel) είναι προτιμότερες, παρά το ότι η τιμή αγοράς τους είναι μεγαλύτερη από έναν ηλεκτροκινητήρα με την ίδια ισχύ. Αν επί παραδείγματι δεν υπάρχει ηλεκτρικό ρεύμα στο σημείο εγκατάστασής της αντλίας, στις πιο πολλές περιπτώσεις η χρησιμοποίηση της μηχανής diesel αποτελεί την αναγκαία λύση. Επίσης, σε μεταφερόμενες αντλίες η χρησιμοποίηση μηχανών εσωτερικής καύσεως (τροχαλία του γεωργικού ανελκυστήρα) η μηχανή «εν στάση» αποτελεί τη μόνη λύση, αν και η οικονομική επιβάρυνση της εργασίας είναι κατά κανόνα μεγαλύτερη από ότι με τη χρήση ενός ηλεκτροκινητήρα.

Για δοσμένες συνθήκες αντλήσεως, εφόσον ο κινητήρας επιλεγεί με τη μικρότερη δυνατή ισχύ, η οικονομική λειτουργία του συστήματος εξαρτάται τόσο από την τιμή της μονάδας του καυσίμου όσο και από τον βαθμό αποδόσεως της αντλίας και του κινητήρα. Το γινόμενο των δυο βαθμών αποδόσεων αποτελεί το βαθμό αποδόσεως του συστήματος. Ο συνδυασμός του τύπου της αντλίας και του κινητήρα του δίνει το μεγαλύτερο βαθμό αποδόσεως του συστήματος συναρτήσει της αποδιδόμενης ισχύος. Είναι φανερό ότι ο συνδυασμός φυγόκεντρου αντλίας με ηλεκτροκινητήρα δίνει τον καλύτερο βαθμό αποδόσεως.

Από τα όσα έχουν εκτεθεί συμπεραίνεται ότι στις πιο πολλές περιπτώσεις η χρησιμοποίηση των ηλεκτροκινητήρων για την κίνηση των δυναμικών αντλιών έχει τη μικρότερη οικονομική επιβάρυνση για την εγκατάσταση και λειτουργία του συστήματος. Όπου είναι αδύνατη η χρησιμοποίηση ηλεκτροκινητήρα προτιμότερη είναι η εγκατάσταση μηχανής diesel. Τέλος, σε συστήματα όπου απαιτείται πολύ μεγάλη ισχύς χρησιμοποιούνται αεριοστρόβιλοι.



Σχ.4.11: Μεταβολή του βαθμού αποδόσεως του συστήματος συναρτήσει της αποδιδόμενης ισχύος

❖ Ειδικές συνθήκες λειτουργίας του κινητήρα

Η εκλογή του κινητήρα εξαρτάται και από το περιβάλλον στο οποίο εργάζεται το σύστημα. Αν επί παραδείγματι είναι εγκατεστημένο σε κλειστό χώρο όπου υπάρχει πολύ σκόνη ή ατμοί διαβρωτικών ουσιών η μόνη δυνατή λύση είναι η χρησιμοποίηση ηλεκτροκινητήρα έστω και αν η ηλεκτρική εγκατάσταση ή οι ειδικές προδιαγραφές του κινητήρα αυξήσουν την δαπάνη εγκαταστάσεων. Επίσης, στις βυθιζόμενες αντλίες, όπου ο κινητήρας εργάζεται κάτω από την επιφάνεια του νερού, δεν είναι δυνατή η χρήση άλλου κινητήρα εκτός από ηλεκτροκινητήρα. Τέλος, οι ηλεκτροκινητήρες προσφέρονται για συστήματα με αυτοματισμούς.

Ένα από τα χαρακτηριστικά λειτουργίας των μηχανών εσωτερικής καύσεως είναι η μεταβολή του αριθμού στροφών της επομένως είναι κατάλληλες για συστήματα που εργάζονται με μεταβαλλόμενα φορτία.

Σε περίπτωση που χρησιμοποιούνται μηχανές εσωτερικής καύσεως ή αεριοστρόβιλοι μπορεί να υπάρχει κίνδυνος ανάφλεξης του καυσίμου. Στην περίπτωση αυτή πρέπει να ληφθούν μέτρα προστασίας της αποθήκης καυσίμου.

4.1 Κινητήρες

❖ Ηλεκτροκινητήρες

Οι ηλεκτροκινητήρες που χρησιμοποιούνται συνήθως για την κίνηση των αντλιών είναι:

α) οι τριφασικοί επαγωγικοί κινητήρες με βραχυκυκλωμένο δρομέα ή με δακτύλιους, β) οι σύγχρονοι κινητήρες, γ) οι μονοφασικοί με πυκνωτή κινήσεως και δ) οι κινητήρες συνεχούς ρεύματος.

Οι ηλεκτροκινητήρες που χρησιμοποιούνται περισσότερο είναι οι τριφασικοί επαγωγικοί με βραχυκυκλωμένο δρομέα γιατί είναι απλοί, έχουν μεγάλη ροπή εκκινήσεως και μπορούν να κατασκευαστούν για απόδοση μικρής ή οσοδήποτε μεγάλης ισχύος. Επίσης, μπορεί η διάμετρος τους να γίνει πολύ μικρή για την κίνηση των βυθιζόμενων αντλιών βαθέων φρεάτων. Το μειονέκτημα τους είναι ότι δεν μπορεί να μεταβληθεί η ταχύτητα περιστροφής τους.

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η χαρακτηριστική καμπύλη $T_k = f(n)$ για κινητήρα με βραχυκυκλωμένο δρομέα σε σύνδεση τυλιγμάτων κατά τρίγωνο και η χαρακτηριστική καμπύλη $T_d = f(n)$ φυγόκεντρου αντλίας όταν η εκκίνηση γίνεται με ανοιχτή τη δικλίδα καταθλίψεως. Το σημείο τομής Α των δυο καμπυλών είναι το σημείο λειτουργίας του συστήματος. Η επιφάνεια κάτω από την καμπύλη της αντλίας είναι ανάλογη της ισχύος που απαιτείται για την εκκίνηση της αντλίας. Η διαφορά των δυο επιφανειών είναι ανάλογη της ισχύος που απαιτείται για την επιτάχυνση των περιστρεφόμενων μαζών του κινητήρα και της αντλίας.

Η ισχύς που απορροφά ο κινητήρας από το δίκτυο υπολογίζεται από την εξίσωση:

$$N_k = K U I \cos \varphi \quad \text{εξ.4.1}$$

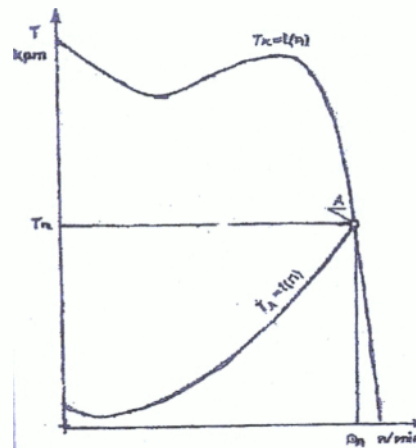
N_k = απορροφούμενη ισχύς (W)

$K = 1$ για το μονοφασικό ρεύμα, 1.73 για το τριφασικό ρεύμα

U = τάση του δικτύου (V)

I = ένταση του ρεύματος (A)

$\cos \varphi$ = συντελεστής ισχύος



Σχ.4.III: Χαρακτηριστικές καμπύλες αριθμού στροφών - ροπής επαγωγικού κινητήρα με βραχυκυκλωμένο δρομέα και φυγόκεντρου αντλίας

Η γωνία φ είναι η διαφορά φάσεως μεταξύ τάσεως και εντάσεως του εναλλασσόμενου ρεύματος και η τιμή της κυμαίνεται από -90° (αν η ένταση προηγείται της τάσεως) $+90^\circ$ (αν η ένταση έπεται της τάσεως). Επομένως, η τιμή του συντελεστή ισχύος κυμαίνεται από 0 έως 1.

Επειδή η ένταση του ρεύματος που απορροφά κατά την εκκίνηση ένας κινητήρας με βραχυκυκλωμένο δρομέα είναι 5 φορές μεγαλύτερη από το ρεύμα λειτουργίας, υπάρχουν διάφορες διατάξεις εκκινήσεων (σύνδεση κατά αστέρα-τρίγωνο, αυτομετασχηματιστή, ρυθμιστικές αντιστάσεις) ώστε να μειωθεί η ένταση του ρεύματος εκκινήσεως με ταυτόχρονη μείωση της ροπής εκκινήσεως. Επομένως η ισχύς του κινητήρα πρέπει να είναι αρκετά μεγάλη ώστε η ροπή εκκινήσεως να προσδώσει την απαιτούμενη επιτάχυνση στις περιστρεφόμενες μάζες. Πρέπει να τονιστεί ότι η ισχύς του κινητήρα δεν πρέπει να είναι πολύ μεγαλύτερη από την απαιτούμενη για την εκκίνηση και λειτουργία της αντλίας, γιατί σε περίπτωση που ο κινητήρας εργάζεται με μικρό φορτίο ο συντελεστής ισχύος (συνφ), γίνεται πολύ μικρός με αποτέλεσμα τον κίνδυνο υπερθερμάνσεως και καταστροφής του δικτύου. Η ισχύς που πρέπει να έχει ο κινητήρας επιπλέον της απαιτούμενης ισχύος N_0 για την περιστροφή του αξονα της αντλίας εξαρτάται από το μέγεθος της εισερχόμενης ισχύος και τον τύπο της αντλίας.

Ενδεικτικά δίνονται οι παρακάτω τιμές.

N_a (PS)	2	2-5	5-50	50
Επιπλέον ισχύς (%)	40	40-25	25-15	15-10

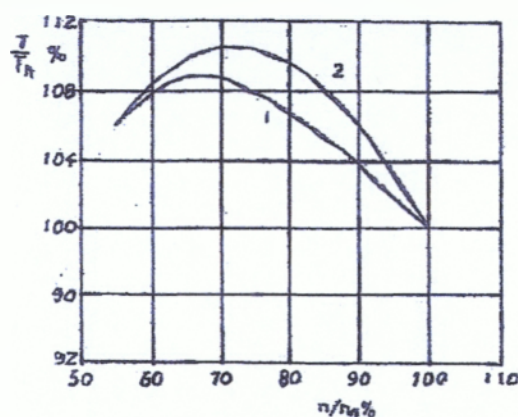
Ο σύγχρονος αριθμός στροφών του δρομέα ενός ηλεκτροκινητήρα είναι:

$$n_s = 60f / P \text{ εξ.4.2}$$

όπου n_s = ο αριθμός στροφών του στρεφόμενου μαγνητικού πεδίου (rpm), f = η συχνότητα του εναλλασσόμενου ρεύματος (c/s) και P = ο αριθμός ζευγών των πόλων κάθε φάσεως. Ο αριθμός στροφών των επαγγελματικών κινητήρων είναι μικρότερος από το σύγχρονο αριθμό στροφών κατά 1,5 - 6% (ολίσθηση).

Η μετάδοση της κίνησης από τον ηλεκτροκινητήρα στην αντλία μπορεί να γίνει με απευθείας σύζευξη με εύκαμπτη σύνδεση ή τραπεζοειδείς μάντες. Επίσης μπορεί ο κινητήρας και η αντλία να αποτελούν ένα σώμα με κοινό άξονα.

Οι μονοφασικοί κινητήρες κατασκευάζονται για ισχύ μέχρι 10PS. Οι τριφασικοί κινητήρες που εργάζονται με τάση δικτύου μέχρι 550V κατασκευάζονται για ισχύ μέχρι 500PS. Για μεγαλύτερη ισχύ κατασκευάζονται οι κινητήρες υψηλής τάσεως (μέχρι 6500V).



Σχ.4.IV:καμπύλες αριθμού στροφών - ροπής κινητήρων εσωτερικής καύσεως.

❖ Μηχανές εσωτερικής καύσεως

Όταν δεν είναι δυνατή η χρήση ηλεκτρικού ρεύματος για την κίνηση των δυναμικών αντλιών χρησιμοποιούνται μηχανές εσωτερικής καύσεως (βενζινομηχανές, μηχανές diesel). Οι μηχανές αυτές χρησιμοποιούνται και ως εφεδρικές σε σταθμούς αμέσου ανάγκης (πυροσβεστική υπηρεσία) για ασφάλεια σε περίπτωση που θα διακοπεί το ηλεκτρικό ρεύμα από απρόβλεπτη αιτία (π.χ. καταιγίδα).

Η χρήση των μηχανών εσωτερικής καύσεως στις αντλίες για άρδευση παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον γιατί η μεταφορά του ηλεκτρικού ρεύματος στο χωράφι είναι δαπανηρή, ενώ σε πολλές περιπτώσεις η εγκατάσταση του συστήματος αντλήσεως είναι προσωρινή. Οι ελκυστήρες χρησιμοποιούνται σε μεγάλη κλίμακα για την άντληση νερού για άρδευση. Η κίνηση δίνεται από την τροχαλία του ελκυστήρα με επίπεδο ιμάντα. Για την κίνηση μικρών αντλιών είναι δυνατή η χρησιμοποίηση ταχύστροφων δίχρονων βενζινομηχανών που «κομπλάρονται» απευθείας με την αντλία. Για την κίνηση μεγάλων αντλιών σε μόνιμες εγκαταστάσεις οι μηχανές diesel παρουσιάζουν αρκετά πλεονεκτήματα έναντι των βενζινομηχανών. Μπορούν να κατασκευαστούν για απόδοση μεγάλης ισχύος, τα καύσιμα είναι φτηνά και αποδίδουν μεγαλύτερη ροπή στρέψεως.

Ένα από τα χαρακτηριστικά λειτουργίας των μηχανών εσωτερικής καύσεως είναι η αισθητή μείωση του αριθμού στροφών του με αύξηση του φορτίου. Μείωση όμως του αριθμού στροφών της αντλίας συνεπάγεται μεταβολή των χαρακτηριστικών λειτουργίας της. Το ποσοστό μείωσης του αριθμού στροφών εξαρτάται από τη μορφή της καμπύλης ροπής - αριθμού στροφών. Όσο πιο απότομα αυξάνεται, προς τα αριστερά, η καμπύλη της ροπής τόσο πιο ευσταθής είναι η λειτουργία του κινητήρα. Συγκρίνοντας τις καμπύλες των ηλεκτροκινητήρων σε σχέση με των μηχανών εσωτερικής καύσεως βλέπουμε ότι οι ηλεκτροκινητήρες έχουν πιο ευσταθή λειτουργία από τις μηχανές diesel και αυτές από τις βενζινομηχανές.

❖ Αεριοστρόβιλοι

Οι αεριοστρόβιλοι χρησιμοποιούνται α) για τις αντλίες μεγάλης παροχής (ύδρευση πόλεων ή χωριών), υδροδότηση εργοδότηση εργοστασίων κ.λ.π.) και β) για την τροφοδοσία λεβήτων.

Οι κινητήρες αυτοί είναι αναντικατάστατοι για την κίνηση αντλιών υψηλής πίεσεως όπου απαιτείται πολύ μεγάλη ισχύ (8000-10000KW) και μεγάλος αριθμός στροφών που δεν μπορούν να δώσουν οι τριφασικοί κινητήρες. Επίσης είναι δυνατή η ρύθμιση του αριθμού στροφών του. Οι αεριοστρόβιλοι δεν παρουσιάζουν προς το παρόν ιδιαίτερο ενδιαφέρον σαν κινητήριες μηχανές στη γεωργία.

Βιβλιογραφία

- ✚ ΜΠΑΜΠΙΛΗΣ Δ. Αρδευτικά δίκτυα πρασίνου. Εκδόσεις Σταμούλης Αθ. (2003)
- ✚ ΤΖΙΒΑΝΟΠΟΥΛΟΣ Κ. (1988). Γεωργικά μηχανήματα αγρών. Εκδ. Ίδρυμα Ευγενίδου, Αθήνα.
- ✚ ΓΑΒΡΙΗΛΙΔΗΣ Σ. (1965). Μηχανές στην γεωργία. Θεσσαλονίκη.
- ✚ ΔΗΜΗΤΡΑΚΟΠΟΥΛΟΣ Α. (2001) Μηχανήματα Άρδευσης. Λάρισα.
- ✚ ΖΑΡΟΓΙΑΝΝΗΣ Β. (1998). ΑΡΔΕΥΣΕΙΣ - ΣΤΡΑΓΓΙΣΕΙΣ. Λάρισα.
- ✚ www.roi.gr.
- ✚ www.poulios.gr
- ✚ www.plouger.de.
- ✚ www.franklin.de.
- ✚ www.lovarra.com