



Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

*Με θέμα: Σχεδιασμός και κατασκευή συστήματος αυτόματου ελέγχου
ρυθμιστή στροφών για αντλητικές εφαρμογές.*



Σπουδαστής: **ΚΑΤΣΙΑΒΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ**

40033

Εισηγητής: **Κ. ΒΑΡΣΑΜΗΣ ΧΡΗΣΤΟΣ**



Ακαδημαϊκό Έτος 2013-2014

714
140

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

- 1.1) Σκοπός.....σελ.4
- 1.2) Περιγραφή προβλήματος.....σελ.4
- 1.3) Σημερινή κατάσταση.....σελ.5
- 1.4) Μεθοδολογία επίλυσης.....σελ.5

2.ΓΕΝΙΚΕΣ ΓΝΩΣΕΙΣ

- 2.1) Αντλία (ορισμός αντλιών)σελ.6-9
 - 2.1.1) Φυγόκεντρες αντλίες.....σελ.10
 - 2.1.2) Βασικά τμήματα φυγόκεντρης αντλίας.....σελ.10-12
 - 2.1.3) Εγκατάσταση φυγόκεντρης αντλίας.....σελ.13
 - 2.1.4) Όργανα διακοπής της ροής.....σελ.14-17
- 2.2) Inverter.....σελ.18-22
 - 2.2.1) Αρχή λειτουργίας του ACηλεκτρονικού ρυθμιστή στροφών.....σελ.22-24
- 2.3) Αισθητήρας.....σελ.25
 - 2.3.1) Χαρακτηριστικά των αισθητήρων.....σελ.26-27
 - 2.3.2) Αρχές λειτουργίας των αισθητήρων.....σελ.28-31
 - 2.3.3) Διατάξεις αισθητήρων.....σελ.32-37
 - 2.3.4) Εφαρμογές αισθητήρων.....σελ.37-39
- 2.4) Υδροστατική πίεση.....σελ.40-41
 - 2.4.1) Είδη αισθητήρων πίεσης.....σελ.41-42

3.Η ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΜΟΥ

- 3.1) Περιγραφή.....σελ.43-44
- 3.2) Υλικά.....σελ.45-51
- 3.3) Πρότυπη διάταξη.....σελ.52-53

4.ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΠΡΟΤΥΠΟΥ

- 4.1) Πειραματική λειτουργία σε πραγματικές συνθήκες.....σελ.54
- 4.2) Επέκταση σε αντλητικές εφαρμογές.....σελ.55
- 4.3) Συμπεράσματα.....σελ.55

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1) Σκοπός

Με την χρήση της σημερινής τεχνολογίας και με την ποικίλα ανάπτυξη των εφαρμογών, προσπάθησα να φέρω εις πέρας μία πτυχιακή εργασία (εφαρμογή) που έχει ως σκοπό τον σχεδιασμό και την κατασκευή ενός συστήματος αυτόματου ελέγχου ρυθμιστή στροφών για αντλητικές εφαρμογές.

Σκοπός είναι η κατασκευή ενός συστήματος που θα είναι πλήρως αυτοματοποιημένο ανεξάρτητο από τον ανθρώπινο παράγοντα, (π.χ. τον αγρότη, τον παραγωγό, το βιοτέχνη, το βιομήχανο κ.τ.λ.) βασισμένο πάνω σε τεχνολογία τελευταίας τεχνολογίας, όπως το inverter(ρυθμιστής στροφών για ασύγχρονους κινητήρες), τον αισθητήρα υδροστατικής πίεσης και τέλος το καθαυτό αντλητικό συγκρότημα.

1.2) Περιγραφή προβλήματος

Στις μέρες μας σχεδόν όλες οι αντλητικές εφαρμογές αντιμετωπίζουν σχεδόν τα ίδια προβλήματα που έχουν να κάνουν με τα τιμολόγια της Δ.Ε.Η τα οποία έρχονται πολύ αυξημένα πάνω από το επιτρεπόμενο όριο και αυτό έχει ως συνέπεια να φέρνει σε δύσκολη οικονομική κατάσταση τους αγρότες, τους παραγωγούς και όσους εξαρτώνται επιχειρησιακά από τις αντλητικές εφαρμογές.

Άλλα σοβαρά προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι αντλητικές εφαρμογές και γενικά οι γεωτρήσεις και οι υπαίθριες δεξαμενές νερού είναι η υπεράντληση, που έχει ως συνέπεια την υπερθέρμανση του πλανήτη. Πολλές φορές οι αγρότες διοχετεύουν το νερό χύμα και ανεξέλεγκτο στα χωράφια τους ή και σε ακατάλληλα δίκτυα, με αποτέλεσμα να γίνεται μεγάλη σπατάλη σ' αυτό το σημαντικό αγαθό.

Ένα ακόμα σοβαρό πρόβλημα που αντιμετωπίζουν κυρίως οι δημόσιες αντλητικές εφαρμογές έχει να κάνει με την κακή και ανεξέλεγκτη διαχείριση τους. Πολλές φορές οι υδρονομείς, δηλαδή οι άνθρωποι που είναι υπεύθυνοι για την λειτουργία του αντλητικού συγκροτήματος κάνουν πολύ κακή διαχείριση και αυτό έχει ως αποτέλεσμα την φθορά των μηχανημάτων. Η ανεπάρκεια νερού λουπόν, σε συνδυασμό με την υπεράντληση των γεωτρήσεων και εν συνεχεία των δεξαμενών αποθήκευσης, έχει ως αποτέλεσμα την συχνή επανεκκίνηση και λειτουργία των μηχανημάτων. Άρα συχνότερες ζημίες (βλάβες) και μεγάλες καταναλώσεις.

1.3) Σημερινή κατάσταση

Η κατάσταση λοιπόν που επικρατεί στις μέρες μας, έχει να κάνει με τις μεγάλες καταναλώσεις, τις άσκοπες και συχνές εκκινήσεις των αντλητικών εφαρμογών (όπου οι εκκινήσεις αυτές γίνονται με την βοήθεια απλών συνδεσμολογιών αστέρος-τριγώνου) άρα πολλά Ampere, δηλαδή πολλά φορτία με λιγότερο έργο.

Εν συνεχεία και αφού έχουμε ως δεδομένα τα παραπάνω προβλήματα, να αναφέρουμε πως σήμερα τα αντλητικά συγκροτήματα λειτουργούν ή καλύτερα υπολειτουργούν με δύο πατέντες. Η πρώτη έχει να κάνει με τον στραγκαλισμό βάνας εξόδου επιχειρώντας λιγότερη απορρόφηση από την δεξαμενή, πράγμα που έχει ως συνέπεια την <<πίεση>> του αντλητικού συγκροτήματος με την προοπτική κάποιας βλάβης. Η δεύτερη έχει να κάνει με την επιστροφή νερού στην δεξαμενή, το λεγόμενο bypass. Φυσικά με αυτόν τον τρόπο γλυτώνουμε την μηχανική βλάβη, αλλά δεν αλλάζει το γεγονός πως έχουμε πλήρη φορτίο με λιγότερο αποδοτικό έργο.

1.4) Μεθοδολογία επίλυσης

Προσπάθησα να επιλύσω τα προβλήματα που σας ανέφερα παραπάνω σ' αυτή τη πτυχιική που σας παρουσιάζω. Τη λύση στο πρόβλημα την έδωσα με μία εφαρμογή που έχει να κάνει με την χρήση ενός inverter (ρυθμιστή στροφών για ασύγχρονους κινητήρες), ενός αισθητήρα υδροστατικής πίεσης και με τη χρήση μίας κοινής αντλίας νερού.

Σύνδεσα την παροχή του δικτύου της Δ.Ε.Η στην είσοδο του inverter και στη συνέχεια σύνδεσα την έξοδο του inverter με την αντλία. Παράλληλα στο inverter σύνδεσα και τον αισθητήρα υδροστατικής πίεσης, τον οποίο τοποθέτησα μέσα στην δεξαμενή.

Έτσι λοιπόν ανάλογα με την στάθμη της δεξαμενής κατάφερα με την χρήση του αισθητήρα, μέσω δηλαδή εντολών, να αυξομειώνω την συχνότητα του inverter με αποτέλεσμα τις αυξομειώσεις των στροφών του κινητήρα. Όταν λοιπόν η στάθμη του νερού της δεξαμενής ανεβαίνει τότε ο αισθητήρας δίνει εντολή στο inverter και η συχνότητα αυξάνεται, άρα αυξάνονται και οι στροφές του κινητήρα με αποτέλεσμα να έχω μεγαλύτερη παροχή νερού από την αντλία. Όταν συμβαίνει το αντίθετο με την στάθμη του νερού της δεξαμενής να κατεβαίνει τότε ο αισθητήρας δίνει εντολή στο inverter και η συχνότητα μειώνεται, άρα μειώνονται και οι στροφές του κινητήρα με αποτέλεσμα να έχω μικρότερη παροχή νερού από την αντλία. Έτσι, με αυτόν τον τρόπο απέφυγα όλα τα παραπάνω προβλήματα στα οποία αναφέρθηκα.

2. ΓΕΝΙΚΕΣ ΓΝΩΣΕΙΣ

2.1) Ορισμός αντλιών

Οι αντλίες είναι μηχανές οι οποίες χρησιμοποιούνται για τη πρόσδοση ενέργειας σε υγρά με σκοπό τη διακίνησή τους σε i) υδροδυναμικές εγκαταστάσεις και γενικότερα δίκτυα σωληνώσεων, όπου συναντώνται μικρές υψομετρικές διαφορές και ii) μεταξύ επιπέδων διαφορετικών υψομέτρων. Στη πρώτη περίπτωση η αντλία προσφέρει ενέργεια ικανή να αναπληρώσει τις υδραυλικές απώλειες της ροής (γραμμικές και εντοπισμένες) και για αυτό τον λόγο ονομάζεται συνήθως αντλία-κυκλοφορητής. Στη δεύτερη περίπτωση η ενέργεια που προσφέρει η αντλία εκτός των υδραυλικών απωλειών πρέπει να καλύπτει και την υψομετρική διαφορά των δύο επιπέδων μεταξύ των οποίων διακινείται το ρευστό. Τα επίπεδα αυτά είναι συνήθως οι στάθμες δύο δεξαμενών, από τις οποίες η μικρότερη αντιστοιχεί στη δεξαμενή αναρρόφησης (η δεξαμενή από την οποία αντλείται το υγρό) και η μεγαλύτερη αντιστοιχεί στη δεξαμενή κατάθλιψης (δεξαμενή στην οποία καταλήγει το διακινούμενο υγρό).

Οι αντλίες μπορούν να ταξινομηθούν με βάση κριτήρια όπως: οι εφαρμογές στις οποίες χρησιμοποιούνται, τα υλικά από τα οποία έχουν κατασκευαστεί, τα υγρά που διακινούν ή ακόμα και ο προσανατολισμός τους στο χώρο. Ένα κριτήριο περισσότερο αντιπροσωπευτικό της αντλίας, που αμελεί την επίδραση του περιβάλλοντος εργασίας της, είναι η αρχή με βάση την οποία προσδίδεται η ενέργεια από την αντλία στο ρευστό. Σύμφωνα με αυτό το κριτήριο οι αντλίες μπορούν να ταξινομηθούν στις παρακάτω δύο κατηγορίες:

α) Δυναμικές αντλίες, στις οποίες παρέχεται συνεχώς ενέργεια στο ρευστό. Ως αποτέλεσμα η ταχύτητα του ρευστού στο εσωτερικό της αντλίας συνεχώς αυξάνεται λαμβάνοντας τιμές μεγαλύτερες από την ταχύτητα του ρευστού στην έξοδο της αντλίας. Η ενδιάμεση μείωση της ταχύτητας (έτσι ώστε να ικανοποιείται η συνέχεια της ροής), έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της πίεσης του ρευστού. Οι αντλίες αυτής της κατηγορίας μπορούν να διαχωριστούν παραπέρα στις φυγόκεντρες (αξονικού, ακτινικού και μεικτού τύπου, μονοβάθμιων και πολυβάθμιων), στις στροβιλαντλίες και στις ειδικών εφαρμογών αντλίες (τύπου υδραυλικού κριού, ηλεκτρομαγνητικές αντλίες, κ.ά.)

β) Αντλίες θετικής εκτόπισης, στις οποίες παρέχεται περιοδικά ενέργεια στο ρευστό μέσω ενός ή περισσότερων κινούμενων μερών της αντλίας. Ως αποτέλεσμα η πίεση αυξάνεται λαμβάνοντας τιμή μεγαλύτερη από αυτή που απαιτείται για τη διακίνηση του υγρού κατά μήκος της σωλήνωσης κατάθλιψης. Οι αντλίες αυτής της κατηγορίας μπορούν να χωριστούν παραπέρα στις εμβολοφόρες παλινδρομικές αντλίες (αντλίες ατμού, αντλίες διαφράγματος, κ.ά.) και στις περιστροφικές αντλίες (γρاناζωτές, ογκομετρικές, εμβολοφόρες ακτινικές με σφαιρικά έμβολα, εμβολοφόρες με περιστροφικά έμβολα που κινούνται από εκκεντροφόρο).

Η θεωρητική παρουσίαση που θα ακολουθήσει στη συνέχεια θα αναφέρεται μόνο σε όσες κατηγορίες αντλιών μπορούν να χαρακτηριστούν ως εργοστροβιλομηχανές. Σύμφωνα με τον παραπάνω ορισμό των στροβιλομηχανών, σε αυτή την κατηγορία δεν μπορούν να συμπεριληφθούν οι αντλίες θετικής εκτόπισης για τους εξής λόγους: i) Η παροχή του διερχόμενου ρευστού δεν είναι συνεχής και ii) η κινητική ενέργεια του ρευστού δεν παίζει ουσιαστικό ρόλο. Συνεπώς όσα αναπτυχθούν στη συνέχεια θα αφορούν την κατηγορία των δυναμικών αντλιών.

Μεσημβρινή τομή πτερωτής, Η μορφή της μεσημβρινής τομής της πτερωτής μπορεί να χαρακτηριστεί ως ακτινική, αξονικής ή μεικτής ροής, ανάλογα με τη κλίση της μεσημβρινής ταχύτητας ως προς τη διεύθυνση της περιφερειακής ταχύτητας. Έχουμε επομένως τις παρακάτω κατηγορίες:

Ακτινική πτερωτή

Η αξονική συνιστώσα της μεσημβρινής ταχύτητας είναι σχεδόν μηδενική, και η πτερωτή χαρακτηρίζεται ακτινικής ροής. Η μορφή αυτή εμφανίζεται όταν το πλάτος της πτερωτής είναι μικρό σε σχέση με τη διάμετρο και συνεπώς η αξονική συνιστώσα της ταχύτητας από την είσοδο μέχρι την έξοδο της πτερωτής θα είναι σχεδόν μηδενική.

Αξονική πτερωτή

Η ακτινική συνιστώσα της μεσημβρινής ταχύτητας είναι σχεδόν μηδενική, και η πτερωτή χαρακτηρίζεται αξονικής ροής. Η μορφή αυτή εμφανίζεται όταν το πλάτος των πτερυγίων είναι μεγάλο σε σύγκριση με τη διάμετρο και έτσι η ροή οδηγείται μεταξύ δύο ομοαξονικών κυλίνδρων κυκλικής διατομής και συνεπώς είναι σχεδόν αδύνατη η ανάπτυξη ακτινικής συνιστώσας της ταχύτητας.

Πτερωτή μεικτής ροής

Πρόκειται για μία ενδιάμεση κατάσταση μεταξύ πτερωτής πλήρως ακτινικής και πλήρως αξονικής ροής στις οποίες δεν μπορεί να αμεληθεί καμία.



α)



β)



γ)



δ)

Σχήμα.α) Περωτή ακτινικής ροής μονής αναρρόφησης (Flowserve Corporation), β) Περωτή ακτινικής ροής διπλής αναρρόφησης (Flowserve Corporation), γ) Περωτή μεικτής ροής (Flowserve Corporation), δ) Περωτή αξονικής ροής (Flowserve Corporation).

Ολικό ύψος δυναμικής αντλίας, Με P_o συμβολίζεται η ολική πίεση εκφρασμένη σε μονάδες στατικής πίεσης, δηλαδή εκφρασμένη σε Pa ή ισοδύναμα σε N/m^2 . Με H_o συμβολίζεται η ολική πίεση εκφρασμένη σε μέτρα στήλης υγρού (mΣΥ) και πρόκειται για τις καθιερωμένες μονάδες που χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση της ολικής πίεσης στις δυναμικές αντλίες. Επίσης το H_o λέγεται και ολικό ύψος της δυναμικής αντλίας. Σημειώνεται ότι για λόγους απλότητας ο δείκτης "ο", που χαρακτηρίζει ότι το ύψος είναι ολικό, μπορεί να παραλείπεται. Το ύψος H θα συμβολίζει τότε το ολικό ύψος εκτός αν επισημαίνεται διαφορετικά. Με $\gamma = \rho \cdot g$ συμβολίζεται το ειδικό βάρος του υγρού.

Μανομετρικό ύψος δυναμικής αντλίας, Όπως διατυπώθηκε στη παραπάνω παράγραφο, το ολικό ύψος H_o μιας δυναμικής αντλίας εκφράζει την ολική ενέργεια που παραλαμβάνει το υγρό, δηλαδή το άθροισμα των μεταβολών της ενέργειας εντατικής κατάστασης (όρος p/γ), της κινητικής ενέργειας (όρος $c^2/2 \cdot g$) και της δυναμικής ενέργειας (όρος z), όπως φαίνεται και από τη σχέση (1.1). Στις πρακτικές εφαρμογές όμως, αντί του ολικού ύψους H_o , μετρείται το αντίστοιχο μανομετρικό ύψος H_m το οποίο ορίζεται ως εξής:

$$H_m = ((P_a - P_c) / \gamma) + (Z_a - Z_c) \quad (1.1)$$

Από την παραπάνω σχέση το μανομετρικό ύψος δεν λαμβάνει υπόψη τη μεταβολή της κινητικής ενέργειας, πράγμα που δεν διαφοροποιεί σημαντικά την τιμή του μανομετρικού ύψους από το αντίστοιχο ολικό, αφού ο όρος $(C_a^2 - C_c^2) / 2 \cdot g$ είναι αρκετά μικρότερος σε σύγκριση με τους υπόλοιπους.

2.1.1) Φυγόκεντρες αντλίες

2.1.2) Βασικά τμήματα φυγόκεντρης αντλίας

Μία τυπική δυναμική αντλία είναι η φυγόκεντρη αντλία η οποία θα χρησιμοποιηθεί στην εφαρμογή και αποτελείται από τα παρακάτω βασικά τμήματα:



Σχήμα. Φυγόκεντρη αντλία 0,5HP.

Τμήμα εισόδου

Σκοπός του τμήματος εισόδου της αντλίας είναι η εξασφάλιση της ομοιόμορφης διανομής της ταχύτητας στην αξονοσυμμετρική επιφάνεια εισόδου της περωτής, έτσι ώστε όλα τα πτερύγια της περωτής να λειτουργούν ομοιόμορφα. Σε αντίθετη περίπτωση η λειτουργία γίνεται θορυβώδης, ο ολικός βαθμός απόδοσης μειώνεται και ο κίνδυνος σπηλαίωσης αυξάνεται. Στις μονοβάθμιες αντλίες με τη περωτή σε πρόβολο και στις κατακόρυφες αντλίες αξονικής ή μεικτής ροής, οι επιθυμητές συνθήκες εισόδου είναι πιο εύκολο να ικανοποιηθούν. Επίσης είναι επιθυμητό το ρευστό να είναι απαλλαγμένο συστροφής ως προς τον άξονα της περωτής καθ'όλη την πορεία του εντός του τμήματος εισόδου. Στη διατομή εισόδου της αντλίας διαμορφώνεται φλάντζα μέσω της οποίας συνδέεται η αντλία με την ανάντι σωλήνωση αναρρόφησης.

Περωτή

Όπως αναφέρθηκε και στην εισαγωγή η περωτή είναι η επιφάνεια μέσω της οποίας πραγματοποιείται η μεταφορά της ενέργειας από την κινητήρια μηχανή στο ρευστό που διακινεί η αντλία.

Άτρακτος

Κύριος σκοπός της ατράκτου είναι η μεταφορά της ροπής στρέψης του κινητήρα προς τη πτερωτή και η οποία κατά τη μόνιμη λειτουργία της αντλίας ισούται με το άθροισμα της ροπής αντίστασης που αντιστοιχεί στις μηχανικές απώλειες. Παράλληλα η άτρακτος έχει ως σκοπό την παραλαβή των αξονικών και ακτινικών δυνάμεων που αναπτύσσονται στη πτερωτή και τη μεταφορά τους στα έδρανα της ατράκτου. Ο αρχικός υπολογισμός της ατράκτου είναι στατικός έτσι ώστε να αντέχει σε κάθε σημείο της τις τάσεις που αναπτύσσονται από τις δυνάμεις και ροπές που παραλαμβάνει. Από κατασκευαστικής πλευράς η διαμόρφωση της ατράκτου πρέπει να εξασφαλίζει τη σωστή λειτουργία της αντλίας (ανοχές, διάκενα, θερμικές διαστολές) και τη στεγανότητα με τον εξωτερικό χώρο με χρήση στυπιοθλίπτη.

Τμήμα εξόδου

Κύριος σκοπός του τμήματος εξόδου είναι η συλλογή του υγρού που εξέρχεται από τη πτερωτή και η καθοδήγησή του στη διατομή εξόδου της αντλίας όπου διαμορφώνεται φλάντζα μέσω της οποίας συνδέεται η αντλία με τη κατάντι σωλήνωση κατάθλιψης. Η συλλογή του υγρού κατά τη περιφέρεια της πτερωτής πρέπει να γίνεται ομοιόμορφα κατά τη περιφερειακή διεύθυνση και με τρόπο ώστε το τμήμα εξόδου να μην επηρεάζει τη ροή στο εσωτερικό της πτερωτής. Παράλληλα το τμήμα εξόδου έχει ως σκοπό την επιβράδυνση του υγρού, ταχύτητας η οποία πρέπει να κυμαίνεται στη περιοχή 4÷6 m/sec. Η ταχύτητα στη διατομή εξόδου της πτερωτής είναι υψηλή εξαιτίας της υψηλής τιμής της συνιστώσας μέσω της οποίας γίνεται η ενεργειακή συναλλαγή. Η ταχύτητα στη διατομή εξόδου δεν πρέπει να υπερβαίνει την περιοχή 4÷6 m/sec (μέση ταχύτητα ροής στις σωληνώσεις) αφού τότε υδραυλικές απώλειες στη σωλήνωση αυξάνονται υπερβολικά. Οι παραπάνω συνθήκες ικανοποιούνται με τη διαμόρφωση του τμήματος εξόδου σε σπειροειδές κέλυφος το οποίο πραγματοποιείται σε θεωρητικό επίπεδο με τη στερεοποίηση μιας γραμμής ροής. Το διαμορφωμένο τμήμα εξόδου περιβάλλει την πτερωτή και συνεπώς αποτελεί το ογκωδέστερο τμήμα της αντλίας. Η πτερωτή είναι τοποθετημένη έτσι ώστε το υγρό που φεύγει από αυτήν υπό την επίδραση της φυγόκεντρης δύναμης και ωθείται προς τη χοάνη κατάθλιψης να κινείται σε αγωγό συνεχώς αυξανόμενης διαμέτρου. Η προοδευτική αύξηση της διατομής του σπειροειδούς κελύφους είναι τέτοια έτσι ώστε η παροχή ανά μονάδα επιφάνειας να είναι όσο το δυνατό σταθερή σε όλη τη διαδρομή του υγρού στο εσωτερικό του κελύφους. Με αυτό τον τρόπο η κινητική ενέργεια του υγρού μετατρέπεται σταδιακά σε στατική πίεση με μικρές σχετικά απώλειες και έτσι η ταχύτητα στη διατομή εξόδου λαμβάνει τιμές στην περιοχή που προαναφέρθηκε. Το σπειροειδές κέλυφος φέρει επίσης τις εδράσεις της ατράκτου και σε αυτό διαμορφώνεται η βάση της αντλίας. Συμπληρώνεται ότι το τμήμα εξόδου μπορεί να διαμορφωθεί επίσης και σε διαχύτη με ή χωρίς περύγια. Τα περύγια χρησιμεύουν για την επιβράδυνση της ροής σε μικρό ακτινικό διάστημα.

Στυπιοθλίπτης (στεγανό)

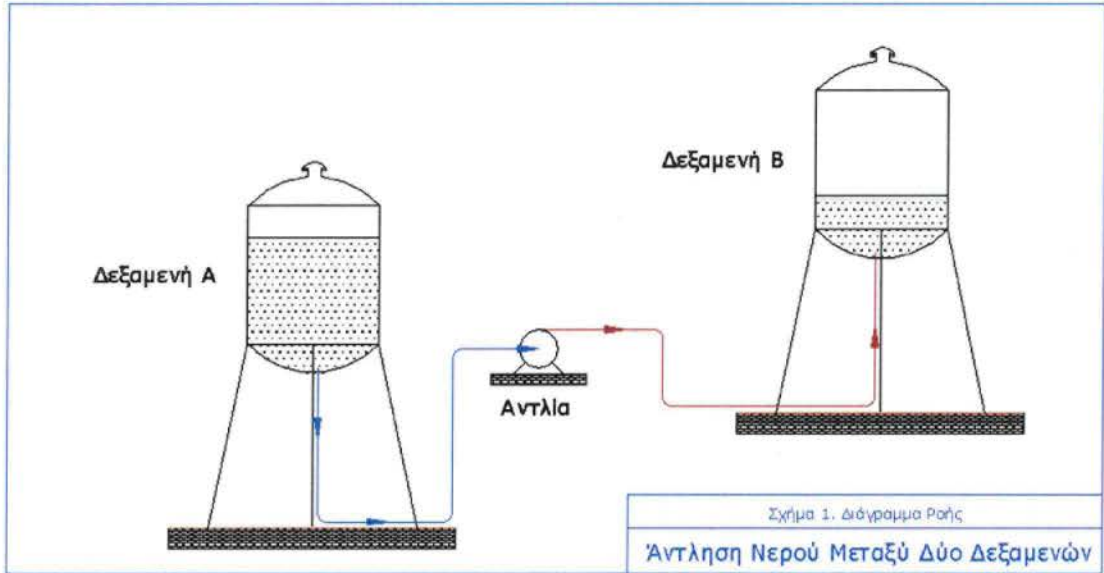
Σκοπός του στυπιοθλίπτη είναι η εξασφάλιση της στεγανότητας της αντλίας έτσι ώστε να μην διαφεύγει το διακινούμενο υγρό από τη πτερωτή στο υπόλοιπο εσωτερικό της αντλίας. Επίσης στη περίπτωση που το ύψος αναρρόφησης της αντλίας είναι σημαντικό με αποτέλεσμα κατά την εκκίνηση η στατική πίεση στο σημείο εξόδου της ατράκτου να πέσει κάτω από την ατμοσφαιρική, σκοπός του στυπιοθλίπτη είναι να εμποδίσει την είσοδο αέρα, η οποία καθιστά προβληματική την εκκίνηση της αντλίας. Οι στυπιοθλίπτες χωρίζονται σε δύο είδη: i) τους συμβατικούς με στυπία (σαλαμάστρα) στους οποίους η στεγανότητα εξασφαλίζεται με τη συμπίεση των στυπίων από τον στυπιοθλίπτη και ii) τους μηχανικούς στους οποίους η στεγανότητα εξασφαλίζεται με την επαφή δύο λείων δίσκων, από τους οποίους ο ένας στρέφεται με την άτρακτο και ο άλλος δεν στρέφεται.

Λαβύρινθοι

Σκοπός των λαβυρίνθων είναι η διατήρηση των ογκομετρικών απωλειών στην επιθυμητή χαμηλή τιμή που ορίζεται από τον ογκομετρικό βαθμό απόδοσης. Πρόκειται ουσιαστικά για εντοπισμένες αντιστάσεις μέσω των οποίων επιτυγχάνεται ο στραγγαλισμός της διακινούμενης παροχής. Οι λαβύρινθοι διαμορφώνονται ως μία δακτυλιοειδής σχισμή μεταξύ πτερωτής και σταθερού κελύφους και το ακτινικό διάκενο που δημιουργείται είναι πολύ μικρό σε σχέση με το μήκος ή τη διάμετρο της δακτυλιοειδούς σχισμής. Σημειώνεται ότι ο μηδενισμός των ογκομετρικών απωλειών είναι πρακτικά αδύνατη λόγω των υψηλών περιφερειακών ταχυτήτων, της αύξησης των μηχανικών απωλειών και της σημαντικής συντήρησης που θα απαιτούσε.

2.1.3) Εγκατάσταση φυγόκεντρης αντλίας

Αντλητική εγκατάσταση ορίζεται η εγκατάσταση που περιλαμβάνει την αντλία, τις σωληνώσεις από τη δεξαμενή αναρρόφησης μέχρι τη δεξαμενή κατάθλιψης, τον χώρο αναρρόφησης και κατάθλιψης και τα σχετικά εξαρτήματα που σχετίζονται με την ασφαλή λειτουργία και συντήρηση.



Αντλία

2.1.4) Όργανα διακοπής της ροής

Τα όργανα διακοπής της ροής (βαλβίδες ή βάνες ή δικλείδες) είναι απαραίτητα στις αντλητικές εγκαταστάσεις αφού εξυπηρετούν είτε λειτουργικές ανάγκες της εγκατάστασης, είτε την ασφάλεια και τη συντήρησή της. Η λειτουργία τους είναι είτε τύπου ON-OFF (έχουν δηλαδή δύο θέσεις: μία πλήρως ανοιχτή και μία πλήρως κλειστή), είτε αναλογική με σκοπό τη ρύθμιση της παροχής ή της πίεσης, οπότε λειτουργούν ως εντοπισμένες αντιστάσεις. Οι βάνες μπορούν να χωριστούν σε πολλές κατηγορίες ανάλογα με τον τύπο λειτουργίας τους, με τον τρόπο χειρισμού τους καθώς και με τα χαρακτηριστικά του υγρού που διακινούν (χημική σύσταση, θερμοκρασία, ιξώδες, κ.α.).

Μία βάνα αποτελείται από τα παρακάτω μέρη:

- Κύριο σώμα: Σκοπός του κύριου σώματος είναι η οδήγηση του ρευστού στο εσωτερικό της βάνας και η σύνδεσή της με τη σωλήνωση (με χρήση φλάντζας ή κοχλίωσης). Θα πρέπει να αντέχει την εσωτερική πίεση του ρευστού και παράλληλα να μπορεί να παραλάβει τις εξωτερικές δυνάμεις που αναπτύσσονται. Η μορφή του ποικίλει ανάλογα με τη περιοχή πιέσεων υπό τις οποίες εργάζεται (για υψηλές πιέσεις έχει σφαιρική μορφή, ενώ για χαμηλές πιέσεις έχει μορφή δίσκου). Επίσης στο κύριο σώμα της βάνας εδράζονται όλα τα υπόλοιπα στοιχεία της.
- Κινητό στοιχείο: Το κινητό στοιχείο έχει μορφή δίσκου, σφαίρας ή κώνου και σκοπός του είναι να εμποδίσει τη δίοδο του ρευστού (προκαλώντας υδραυλικές απώλειες) ή να την διακόψει εντελώς. Η κίνησή του είναι περιστροφική ή παράλληλη μετατόπιση.
- Σύστημα μετάδοσης της κίνησης: Πρόκειται για βάκτρο κοχλιωτό ή περιστρεφόμενη άτρακτο και μπορεί να ενεργοποιείται χειροκίνητα (με μοχλό ή χειροτροχό) ή μηχανικά (με ηλεκτροκινητήρα ή με υδραυλικό ή πνευματικό έμβολο). Για την αποφυγή διαρροών από το εσωτερικό της βάνας προς το περιβάλλον χρησιμοποιείται στεγανωτική διάταξη (τύπου στυπιοθλίπτου ή δακτυλίου) στο σημείο εξόδου του βάκτρου.

Παρακάτω θα παρουσιάσουμε ονομαστικά μερικούς από τους συνηθέστερους τύπους βανών που χρησιμοποιούνται σε αντλητικές εγκαταστάσεις:

- ο Συρταρωτές βάνες (ή συρτοβαλβίδες ή σύρτες)
- ο Δισκοβαλβίδες
- ο Βάνες τύπου πεταλούδας
- ο Κρουνοί και σφαιρικές βάνες
- ο Βαλβίδες διαφράγματος
- ο Βαλβίδες αντεπιστροφής
- ο Ασφαλιστικές βαλβίδες υπερπίεσης
- ο Βαλβίδες στάθμης
- ο Βαλβίδες κενού
- ο Βαλβίδες εξαγωγής αέρα
- ο Βαλβίδες εμβόλου και βαλβίδες κοίλης δέσμης

Στην αντλητική εγκατάσταση που θα παρουσιαστεί στο πειραματικό μέρος χρησιμοποιήθηκε βαλβίδα αντεπιστροφής. Συνεπώς για λόγους πληρότητας κρίνεται σκόπιμο να παρουσιάσουμε εκτενέστερα αυτό τον τύπο βαλβίδας:

Βαλβίδες αντεπιστροφής

Οι βαλβίδες αντεπιστροφής (check valves) ανοίγουν αυτόματα επιτρέποντας τη ροή κατά τη μία διεύθυνση της ροής και κλείνουν αυτόματα όταν η φορά της ροής τείνει να αντιστραφεί. Το αυτόματο άνοιγμα επιτυγχάνεται με την επίδραση της θετικής διαφοράς πίεσης στις δύο επιφάνειες του κινητού στοιχείου και το κλείσιμο με την επίδραση της αρνητικής διαφοράς πίεσης ή/και της βαρύτητας. Η λειτουργία των βαλβίδων αντεπιστροφής πρέπει να είναι τέτοια ώστε να αποφεύγονται η ανάπτυξη υψηλών υπερπιέσεων και υποπίεσεων εξαιτίας του κλεισίματος της βαλβίδας και οι απότομες κινήσεις του κινητού στοιχείου. Οι βαλβίδες αντεπιστροφής χωρίζονται με κριτήριο το είδος και τη κίνηση του κινητού στοιχείου στις παρακάτω βασικές κατηγορίες:

- Βαλβίδες με ανυψούμενο στοιχείο (lift check valves): Οι βαλβίδες αυτού του τύπου έχουν το πλεονέκτημα ότι το κινητό στοιχείο χρειάζεται να μετακινηθεί ελάχιστα για να ανοίξει πλήρως η βαλβίδα. Συνεπώς αυτός ο τύπος χαρακτηρίζεται για το γρήγορο κλείσιμο της βαλβίδας. Οι βαλβίδες αυτού του τύπου είναι κατάλληλες μόνο για υγρά χαμηλού ιξώδους και απαλλαγμένα από στερεά σωματίδια. Η βαλβίδα αυτή είναι ειδικά σχεδιασμένη για εφαρμογές όπου η ανάπτυξη μικρών υπερπίεσεων και υποπίεσεων είναι κρίσιμη για την ασφάλεια της εγκατάστασης. Αυτό επιτυγχάνεται με δύο τρόπους: α) το κινητό στοιχείο διαμορφώνεται έτσι ώστε να αποκτήσει κωνική μορφή έτσι ώστε η ροή να στραγγαλίζεται σταδιακά με το κλείσιμο του κινητού στοιχείου και β) με εφαρμογή στο κινητό στοιχείο ενός επιβραδυντή ο οποίος ενεργοποιείται στις λίγο πριν το πλήρες κλείσιμο της βαλβίδας.

- Βαλβίδα με παλινδρομικό στοιχείο (swing check valves): Στις βαλβίδες αυτού του τύπου το κινητό στοιχείο έχει τη μορφή δίσκου ο οποίος εκτελεί παλινδρομικές κινήσεις γύρω από έναν εύκαμπτο σύνδεσμο. Η διαδρομή που ακολουθεί το κινητό στοιχείο είναι μεγαλύτερη από αυτή που ακολουθεί στη προηγούμενη κατηγορία βαλβίδων, υπάρχει όμως το πλεονέκτημα ότι οι βαλβίδες αυτού του τύπου είναι κατάλληλες και για υγρά υψηλού ιξώδους που περιέχουν στερεά σωματίδια. Καθώς το μέγεθος της βαλβίδας αυξάνεται, το βάρος του κινητού στοιχείου και η διαδρομή που εκτελεί, επίσης αυξάνονται. Συνεπώς οι βαλβίδες αυτού του τύπου δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται για ονομαστική διάμετρο μεγαλύτερη του DN600, εκτός και αν σχεδιαστούν με περισσότερους του ενός παλινδρομικούς δίσκους. Η τοποθέτησή τους είναι συνήθως οριζόντια, αλλά μπορούν να τοποθετηθούν και κατακόρυφα με κατάλληλη προσαρμογή του κινητού στοιχείου. Στη βαλβίδα αυτή το κινητό στοιχείο είναι ενισχυμένο με χάλυβα και αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι του ελαστικού παρεμβύσματος στεγανοποίησης. Σημειώνεται ότι αύξηση της γωνίας που σχηματίζει ο δίσκος στη θέση κλεισίματος με την κατακόρυφο, έχει παρατηρηθεί ότι μειώνει την ένταση του υδραυλικού πλήγματος.

- Βαλβίδες με περιστρεφόμενο στοιχείο (tilting-disc check valves): Οι βαλβίδες αυτού του τύπου μοιάζουν αρκετά με τις βαλβίδες της προηγούμενης κατηγορίας με τη διαφορά ότι σε αυτή τη κατηγορία το κινητό στοιχείο περιστρέφεται γύρω από άξονα ο οποίος διέρχεται ανάμεσα στο κέντρο του δίσκου και τη μία άκρη του. Με αυτό τον τρόπο η αδράνεια του δίσκου μειώνεται και η διαδρομή του κινητού στοιχείου είναι μικρή με συνέπεια οι βαλβίδες αυτού του τύπου να έχουν το πλεονέκτημα του γρήγορου κλεισίματος. Το μειονέκτημά τους σε σύγκριση με τις βαλβίδες της προηγούμενης κατηγορίας είναι το αυξημένο κόστος τους και η δυσκολότερη επισκευή τους.

- Βαλβίδες με διάφραγμα (Diaphragm valves): Η βαλβίδα αυτή διαθέτει κινητό στοιχείο που έχει τη μορφή πτυχωτού, δακτυλιοειδή, ελαστικού διαφράγματος. Όταν η βαλβίδα είναι κλειστή το χείλος του διαφράγματος απλώνεται, με τις πτυχώσεις κλειστές, μέσα στο εσωτερικό τμήμα όπου θα διέλθει το υγρό. Η ροή του υγρού ανοίγει τις πτυχώσεις και το χείλος απομακρύνεται από το κύριο σώμα της βαλβίδας. Επειδή το ελαστικό διάφραγμα είναι τεντωμένο στην ανοιχτή θέση και η διαδρομή του χείλους από την πλήρως ανοιχτή θέση στην κλειστή θέση είναι μικρή, η βαλβίδα κλείνει υπερβολικά γρήγορα. Αυτός ο τύπος βαλβίδας είναι κατάλληλος για εφαρμογές όπου οι τιμές της ροής μεταβάλλονται ευρέως. Επίσης πρέπει να χρησιμοποιείται για πίεση μέχρι 10 bar και θερμοκρασία μέχρι 70 οC. Τέλος, ο τύπος αυτός χρησιμοποιείται για τη μείωση της έντασης του υδραυλικού πλήγματος.

Μία ειδική κατηγορία βαλβίδας αντεπιστροφής είναι η λεγόμενη ποδοβαλβίδα (foot valve) η οποία τοποθετείται πάντα κατακόρυφη στην αρχή του αγωγού αναρρόφησης και με το ύψος αναρρόφησης θετικό. Το κινητό στοιχείο μπορεί να έχει τη μορφή ανυψούμενου δίσκου ή πολλαπλών παλινδρομικών δίσκων (συνήθως 6). Η είσοδος της βαλβίδας προστατεύεται με διάτρητο έλασμα το οποίο έχει το ρόλο φίλτρου για την αποφυγή αναρρόφησης στερεών σωματιδίων. Τυποποιημένες ποδοβαλβίδες κατασκευάζονται μέχρι ονομαστική διάμετρο DN600.



Βαλβίδα αντεπιστροφής
με ελατήριο

One way valve with spring

2.2) INVERTERS

Γενικά

Οι μετατροπείς από DC σε AC είναι γνωστοί με το όνομα αντιστροφείς (inverters). Ο σκοπός αυτών των διατάξεων είναι να μετατρέπουν την DC ισχύ εισόδου σε AC ισχύ εξόδου επιθυμητής τιμής τάσης, ρεύματος και συχνότητας. Η τάση εξόδου μπορεί να είναι σταθερή ή μεταβλητή, με σταθερή ή μεταβλητή συχνότητα. Μεταβλητή τάση στην έξοδο μπορούμε να έχουμε μεταβάλλοντας την τάση εισόδου και διατηρώντας το κέρδος του inverter (λόγος της AC τάσης εξόδου προς την DC τάση εισόδου) σταθερό. Απ' την άλλη μεριά, αν η DC τάση εισόδου είναι σταθερή και δερυθμίζεται, τότε μπορούμε να έχουμε μεταβλητή τάση εξόδου μεταβάλλοντας το κέρδος του inverter, το οποίο συνήθως αυτο επιτυγχάνεται με έλεγχο PWM.

Η μορφή της τάσης εξόδου σε έναν ιδανικό inverter πρέπει να είναι ημιτονοειδής. Στην πράξη όμως αυτό δεν συμβαίνει απόλυτα, με αποτέλεσμα την ύπαρξη αρμονικών οι οποίες προφανώς μειώνουν την απόδοση και τις χαρακτηριστικές επιδόσεις του μετατροπέα. Σε εφαρμογές χαμηλής και μέσης ισχύος, τετραγωνικές ή περίπου τετραγωνικές κυματομορφές τάσης μπορεί να γίνουν δεκτές. Σε μεγάλης ισχύος εφαρμογές απαιτούνται ημιτονοειδείς κυματομορφές χαμηλής παραμόρφωσης.

Οι inverters χρησιμοποιούνται ευρύτατα σε βιομηχανικές εφαρμογές σε συστήματα οδήγησης (ac drives) μηχανών εναλλασσομένου ρεύματος, τροφοδοτικά ισχύος και βέβαια όπως στην περίπτωση την οποία μελετάμε μπορεί να είναι Φ/Β σύστημα κλπ. Συνήθως η είσοδος μπορεί να είναι ένας ανορθωτής, μια μπαταρία υγρών στοιχείων, Φ/Β στοιχεία, ή άλλη πηγή dc.

Οι inverters μπορούν κυρίως να ταξινομηθούν σε τρεις κατηγορίες :

INVERTERS ΣΤΑΘΕΡΗΣ ΠΗΓΗ ΤΑΣΗΣ (VSI):

Στην περίπτωση αυτή, η dc τάση εισόδου είναι σταθερή, ανεξάρτητη από το ρεύμα φορτίου. Η τάση στην έξοδο καθορίζεται από τον inverter, ενώ η μορφή του ρεύματος εξαρτάται από το είδος του φορτίου.

1. Μονοφασικός inverter τύπου ημι-γέφυρας

2. Μονοφασικός inverter τύπου γέφυρας

α) Τετραγωνικού κύματος (square wave output)

β) Ημι-τετραγωνικού κύματος (quasi-square wave output)

3. Τριφασικός inverter τύπου γέφυρας

α) αγωγή κάθε διακόπτη για 180°

β) αγωγή κάθε διακόπτη για 120°

INVERTERS ΣΤΑΘΕΡΗΣ ΠΗΓΗΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ (CSI):

Η αυτεπαγωγή σε σειρά με την τροφοδοσία είναι τόσο μεγάλη που διατηρεί το ρεύμα εισόδου σταθερό. Το ρεύμα στην έξοδο καθορίζεται από τον inverter, ενώ η τάση εξαρτάται από το είδος του φορτίου.

INVERTERS DC ΖΕΥΞΗΣ (DC LINK):

Είναι διατάξεις μετατροπής δύο βαθμίδων. Η εναλλασσόμενη τάση του δικτύου μετατρέπεται σε συνεχή μέσω ανορθωτή. Η ανορθωμένη τάση μετατρέπεται πάλι σε εναλλασσόμενη μέσω inverter με δυνατότητα ρύθμισης της συχνότητας. Για την ανόρθωση χρησιμοποιείται ελεγχόμενος ανορθωτής, ο οποίος τροφοδοτεί τον inverter με μεταβλητή συνεχή τάση. Εάν ο ανορθωτής είναι μη ελεγχόμενος (μόνο δίοδοι) η ρύθμιση της τάσης γίνεται τότε από τον ίδιο τον inverter ή υπάρχει μια ενδιάμεση βαθμίδα chopper μεταξύ ανορθωτή και inverter. Ο inverter μπορεί να είναι είτε σταθερής πηγής τάσης (VFI) ή σταθερής πηγής ρεύματος (CFI).

Στη συγκεκριμένη πτυχιακή εργασία θα χρησιμοποιηθεί ρυθμιστής στροφών για ασύγχρονο κινητήρα.

Εισαγωγή

Η ταχύτητα ενός AC κινητήρα, εξαρτάται από την ταχύτητα του στρεφόμενου μαγνητικού πεδίου, το οποίο είναι ανάλογο της συχνότητας της AC τροφοδοσίας. Άρα, με αμετάβλητη τη συχνότητα της τάσης τροφοδοσίας, οι στρόφες ενός AC κινητήρα είναι πάντοτε σταθερές. Κάνοντας χρήση των ηλεκτρονικών ισχύος, μπορούμε να μεταβάλλουμε την συχνότητα της τάσης, άρα και της ταχύτητας ενός AC κινητήρα.

Ένας αντιστροφέας (inverter), ο οποίος παρέχει μεταβλητής συχνότητας ισχύ προς τον κινητήρα, θα πρέπει επίσης να μεταβάλλει την τάση σαν συνάρτηση της συχνότητας για να διατηρούνται σταθερές οι μαγνητικές συνθήκες στον πυρήνα του σώματος του κινητήρα. Πρακτικά, τα μαγνητικά κυκλώματα σχεδιάζονται για να λειτουργούν κοντά στην περιοχή του κορεσμού, για να μπορούν να παρέχουν την μέγιστη εκμετάλλευση του πυρήνα.

Όταν η συχνότητα λειτουργίας μειώνεται, η παρεχόμενη τάση είναι αναγκαίο να μειωθεί επίσης, κατά αναλογία, αλλιώς το μαγνητικό κύκλωμα δουλεύει στον κορεσμό, με αποτέλεσμα υπερβολικές απώλειες σιδήρου και μαγνητικών ρευμάτων. Αντίστοιχα, όταν η συχνότητα λειτουργίας αυξηθεί, η παρεχόμενη τάση θα πρέπει επίσης να αυξηθεί αναλογικά, για να διατηρείται σταθερή η πυκνότητα του μαγνητικού πεδίου.

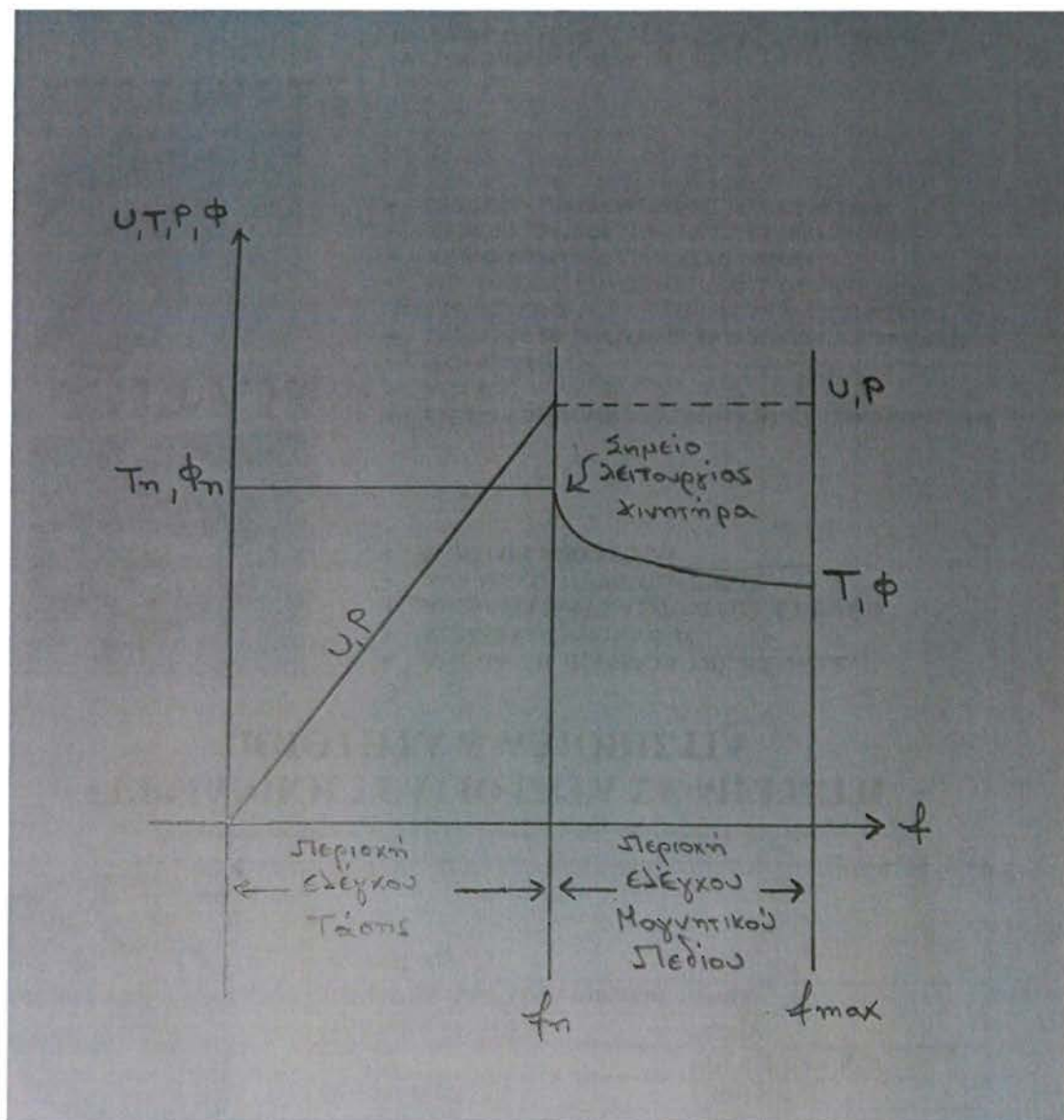
Έλεγχος V/f

Η ΗΕΔ που επάγεται σε ένα τύλιγμα, είναι ανάλογη του ρυθμού μεταβολής της μαγνητικής ροής. Καθώς η συχνότητα λειτουργίας αυξάνεται, ο ρυθμός της μεταβολής επίσης αυξάνεται και για σταθερό πλάτος ροής η επαγόμενη ΗΕΔ αυξάνεται γραμμικά με την συχνότητα.

Όταν μια μεταβαλλόμενη τάση παρέχεται στο τύλιγμα ενός κινητήρα με αμελητέα ωμική αντίσταση, μια αντί ΗΕΔ επάγεται, η οποία είναι ίση και αντίστροφη στην τάση τροφοδοσίας, κάθε στιγμή.

Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι για να διατηρούμε σταθερή την μαγνητική ροή, η τάση τροφοδοσίας και η αντί ΗΕΔ, θα πρέπει να αυξάνονται γραμμικά με την συχνότητα ή αλλιώς, ο λόγος τάσης / συχνότητας θα πρέπει να είναι σταθερός. Η συγκεκριμένη λειτουργία είναι γνωστή και ως V/f.

Οι μέχρι τώρα τεχνικές που χρησιμοποιούνται στους αντιστροφείς (inverter), διατηρούν το λόγο V/f μέχρι τις ονομαστικές στρόφες του κινητήρα (50Hz). Υπάρχουν, όμως, και περιπτώσεις όπου χρειάζεται να υπερβούμε τις ονομαστικές στρόφες και στην περίπτωση αυτή η τάση τροφοδοσίας διατηρείται σταθερή στη μέγιστη τιμή της. Αυτό σημαίνει ότι η ροή διατηρείται επίσης σταθερή μέχρι τις ονομαστικές στρόφες και πέρα αυτών η μαγνητική ροή μειώνεται αντίστροφα με την αύξηση της συχνότητας.



Σχήμα: Χαρακτηριστική V/f

Μελετώντας το σχήμα, παρατηρούμε ότι χωρίζεται σε δύο περιοχές. Αυτές είναι:

- Σταθερής Ροπής.
- Σταθερής Ισχύος.

Στην περιοχή σταθερής ροπής, το V/f είναι σταθερό, για να παρέχει σταθερή μαγνητική ροή, όταν ο κινητήρας περιστρέφεται από τις μηδέν στροφές, μέχρι τις ονομαστικές του (50Hz). Αυτό παράγει μια σταθερή ροπή στην περιοχή αυτή, αλλά η ισχύς αυξάνεται αναλογικά με την ταχύτητα.

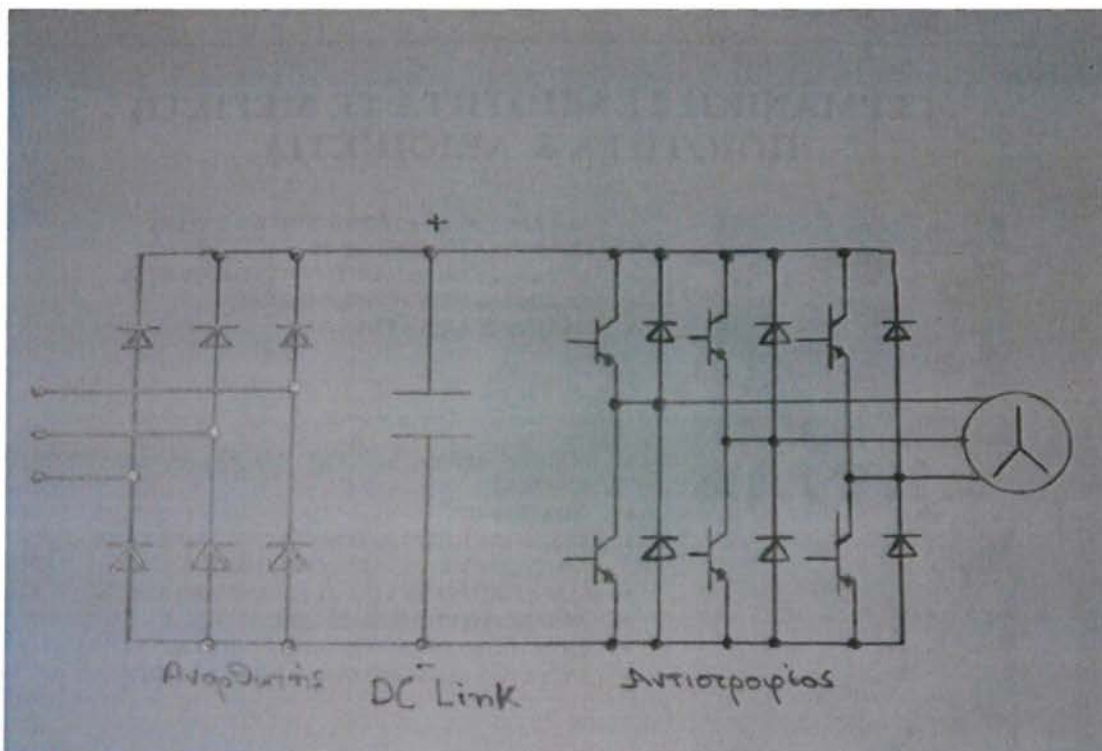
Όπως φαίνεται, είναι δυνατόν να αυξηθεί η συχνότητα εξόδου πέρα των 50Hz. Στις στροφές αυτές η τάση εξόδου παραμένει σταθερή στο μέγιστο επίπεδο που παρέχεται από το DC-bus. Το V/f θα μειωθεί αντιστρόφως ανάλογα ως προς την συχνότητα του αντιστροφέα και η ροπή εξόδου του κινητήρα θα μειωθεί σε αναλογία με την μαγνητική ροή. Στην περιοχή αυτή, παρότι η ροπή μειώνεται, η ισχύς εξόδου παραμένει σταθερή και είναι γνωστή ως περιοχή σταθερής ισχύος ή περιοχή εξασθένησης μαγνητικού πεδίου.

Θα πρέπει να αναφερθεί ότι η παραγόμενη ροπή είναι ανάλογη του γινομένου της μαγνητικής ροής του διακένου και του ρεύματος του ρότορα. Το ρεύμα του στάτη μπορεί να θεωρηθεί σε γενικές γραμμές το ίδιο με το ρεύμα του ρότορα.

2.2.1) Αρχή λειτουργίας του AC ηλεκτρονικού ρυθμιστή στροφών.

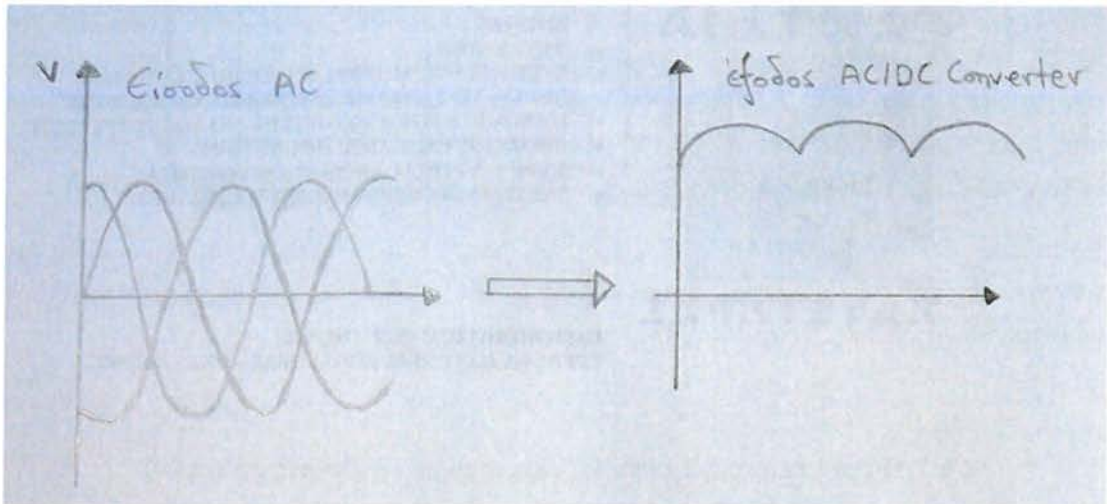
Ένας AC ρυθμιστής στροφών, αποτελείται ουσιαστικά από δύο κυκλώματα:

- Το κύκλωμα της ανόρθωσης (AC – DC)
- Το κύκλωμα του αντιστροφέα



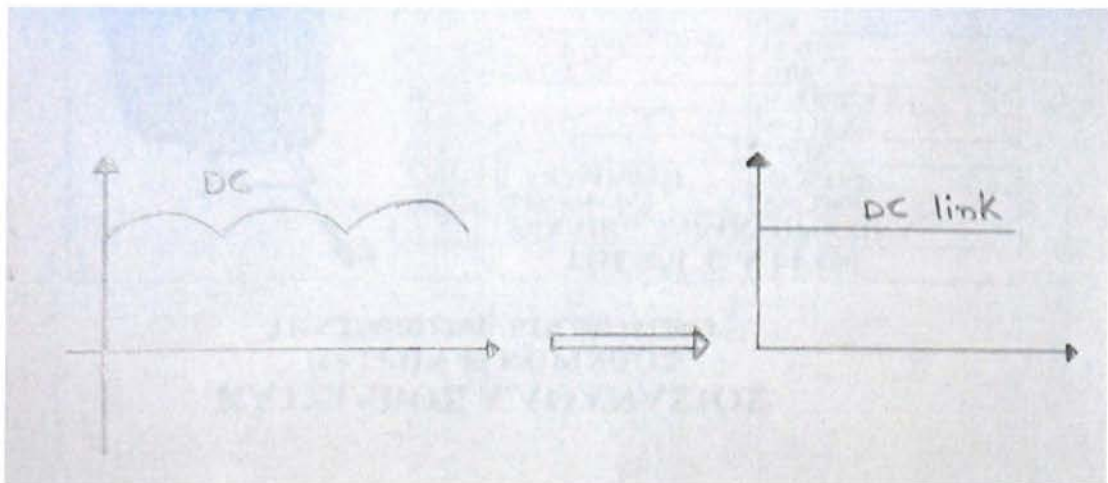
Σχήμα: Διάγραμμα Αντιστροφέα

Όπως φαίνεται στο σχήμα, η σύνδεση αυτών των δύο κυκλωμάτων γίνεται με το DClink. Το DClink, αποτελείται από μια συστοιχία πυκνωτών ώστε να έχουμε όσο το δυνατόν πιο σταθερή και ομαλή τάση στην είσοδο του αντιστροφέα. Ξεκινώντας από την αρχή, η τροφοδοσία του AC ηλεκτρονικού ρυθμιστή στροφών είναι τριφασική και χρησιμοποιείται μια τριφασική γέφυρα με διόδους για την ανόρθωση του εναλλασσόμενου ρεύματος.



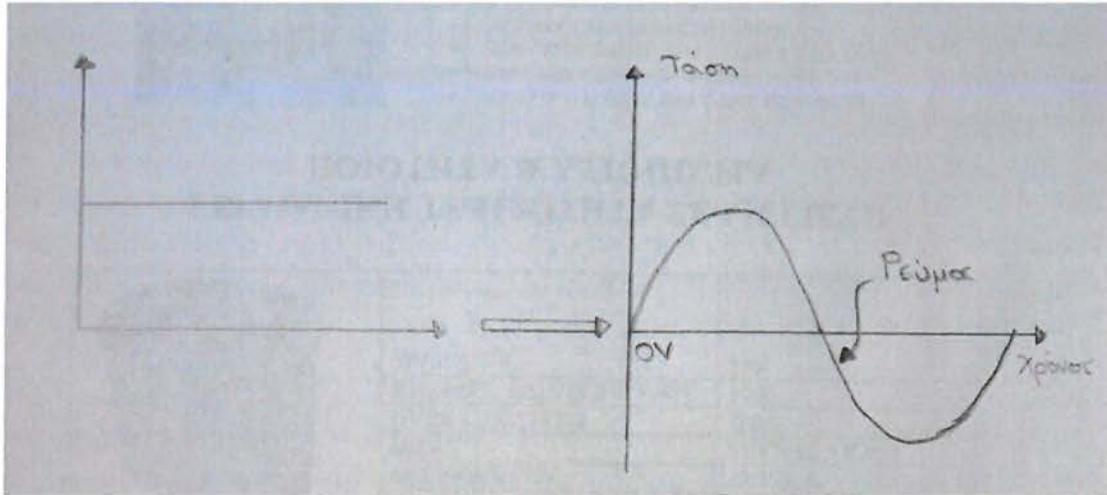
Σχήμα: Ανόρθωση του Εναλλασσόμενου Ρεύματος

Όπως φαίνεται και στο σχήμα, στην έξοδο του μετατροπέα (converter), η τάση δεν έχει μια σταθερή τιμή, αλλά μεταβάλλεται μεταξύ μιας μέγιστης και μιας ελάχιστης τιμής. Για να έχουμε τον αντιστροφέα συνδεδεμένο σε μια σταθερή πηγή τάσης, όπως αναφέρθηκε και νωρίτερα, τοποθετείτε μια συστοιχία πυκνωτών. Ο σκοπός τους είναι να εξασφαλίζουν ότι κατά την μεταβατική και διακοπτική λειτουργία, του αντιστροφέα, δεν θα υπάρχει σημαντική διακύμανση της DC τάσης, δηλαδή οι πυκνωτές θα φορτίζονται και θα εκφορτίζονται, εάν θα είναι απαραίτητο, για να μετατρέπουν ξαφνικές αλλαγές της DC τάσης.



Σχήμα: Εξομάλυνση της τάσης μέσω του DC link

Στην συνέχεια ακολουθεί ο AC μετατροπέας. Θεωρώντας ότι υπάρχει μια τάση σταθερού πλάτους, μετατρέπεται ξανά σε AC, χρησιμοποιώντας τεχνικές διαμόρφωσης του πλάτους των παλμών (PWM). Σύμφωνα με το PWM, τα IGBT βρίσκονται σε αγωγή ή όχι με μια συγκεκριμένη συχνότητα. Η τάση εξόδου του μετατροπέα αποτελείται από μια σειρά τετραγωνικών παλμών διαφορετικού πλάτους.



Σχήμα: Έξοδος Μετατροπέα

Παρατηρώντας στο σχήμα, εύκολα γίνεται κατανοητό γιατί ο μετατροπέας απαιτεί στην είσοδό του μια τάση σταθερής τιμής.

Εκτός της λειτουργίας V/f , ενός αντιστροφέα, έχει αναπτυχθεί κι άλλη τεχνική ελέγχου που εφαρμόζεται σε έναν DC κινητήρα, οπότε γίνεται και ο διαχωρισμός του (ενός) ρεύματος στον ρότορα σε δύο διανυσματικά ρεύματα. Σε ένα DC ρυθμιστή στροφών, η ροπή εξόδου είναι ανάλογη του γινομένου των δύο διανυσματικών ρευμάτων, του ρεύματος τυμπάνου I_a (που παράγει τη ροπή) και του ρεύματος μαγνητικού πεδίου I_f (που παράγει το μαγνητικό πεδίο), τα οποία βρίσκονται σε 90° μεταξύ τους. Συνήθως, στην πράξη, το ρεύμα διέγερσης είναι ανάλογο της παραγόμενης ροπής στον άξονα του κινητήρα. Σε έναν AC επαγωγικό κινητήρα, το ρεύμα της μαγνητικής ροής (I_m) και το ρεύμα της ροπής (I_r), είναι ουσιαστικά ένα και βρίσκονται "μέσα" στον κινητήρα και δεν μπορούν να ελεγχθούν ξεχωριστά το καθένα. Ο σκοπός του ρυθμιστή στροφών είναι να κάνει διαχωρισμό του ρεύματος σε δύο ξεχωριστά διανυσματικά ρεύματα (όπως στον DC κινητήρα), για να επιτύχει έλεγχο ξεχωριστό τόσο της μαγνητικής ροής, όσο και/ή της ροπής του κινητήρα, σε όλες τις στροφές και συνθήκες λειτουργίας.

2.3) Αισθητήρες

Γενικά

Η σημασία των αισθητήρων για τον άνθρωπο είναι αυτονόητη. Οι πρώτοι αισθητήρες εμφανίζονται μαζί με τα έμβια όντα και αποτελούν όργανά τους. Το μάτι και το αυτί είναι χαρακτηριστικά παραδείγματα: το πρώτο ανιχνεύει τμήμα του φάσματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας και το δεύτερο τον ήχο, δηλαδή κύματα πίεσης. Πολύ αργότερα, ο άνθρωπος συνειδητοποιεί ότι χρειάζεται όργανα μέτρησης για να λύσει καθημερινά πρακτικά προβλήματα, όπως αυτό της μέτρησης του μήκους, του βάρους ή του όγκου. Στη συνέχεια η επιθυμία του ανθρώπου να γνωρίσει τη φύση αλλά και διάφοροι πρακτικοί λόγοι, δημιουργούν την ανάγκη μέτρησης περισσότερων φυσικών μεγεθών. Ενδεικτικά αναφέρω ότι το πρώτο θερμόμετρο εμφανίζεται το 1585, ενώ το βαρόμετρο το 1643.

Οι πρώτοι αισθητήρες και όργανα μέτρησης είναι μηχανικά. Η αρχή λειτουργίας του πρώτου θερμομέτρου βασίζεται στη μεταβολή των διαστάσεων των σωμάτων με την θερμοκρασία, ενώ του βαρομέτρου στην μεταβολή της στάθμης ενός ρευστού ανάλογα με την ασκούμενη σε αυτό πίεση. Η συστηματική μελέτη του ηλεκτρισμού οδήγησε στην ανάπτυξη νέων αισθητήρων ηλεκτρικών, η έξοδος των οποίων ήταν ένα αναλογικό σήμα. Η ανάπτυξη των ημιαγωγών είχε ως αποτέλεσμα τη δημιουργία αισθητήρων ημιαγωγών αλλά και ψηφιακών οργάνων μέτρησης.

Για να συνειδητοποιήσει κανείς τη ραγδαία εξέλιξη στον τομέα των αισθητήρων, αρκεί να θυμηθεί ότι τα αυτοκίνητα παραγωγής της δεκαετίας του '60 και του '70, περιελάμβαναν δύο μόνο απλούς ηλεκτρικούς αισθητήρες, ένα για την μέτρηση της θερμοκρασίας του ψυκτικού υγρού και ένα δεύτερο για την μέτρηση της στάθμης του καυσίμου. Τα σύγχρονα αυτοκίνητα διαθέτουν πολλαπλάσιους αισθητήρες.

Με τον όρο αισθητήρες περιγράφονται όλες εκείνες οι συσκευές που μετρούν μια φυσική ποσότητα και τη μετατρέπουν σε ηλεκτρικό -συνήθως- σήμα. Στη βιβλιογραφία εμφανίζονται πολλοί τρόποι κατηγοριοποίησης των αισθητήρων, τρεις από τους οποίους αναφέρονται στη συνέχεια. Ο πρώτος αφορά το τι μπορεί να μετρήσει ένας αισθητήρας με πιο σημαντική διάκριση αυτή μεταξύ των φυσικών και χημικών αισθητήρων. Οι φυσικοί αισθητήρες ελέγχουν φυσικά μεγέθη όπως θέση, μάζα, ρεύμα, χρόνο και σχετικά τους μεγέθη ενώ οι χημικοί ελέγχουν την παρουσία διαφορετικών αερίων σε συγκεκριμένη ατμόσφαιρα. Ο δεύτερος τρόπος σχετίζεται με τα υλικά στις φυσικές ιδιότητες των οποίων βασίζεται η λειτουργία του αισθητήρα, με κύριες κατηγορίες τους αισθητήρες με αγώγιμα, ημιαγώγιμα, διηλεκτρικά, μαγνητικά και υπεραγώγιμα υλικά. Τέλος ο τρίτος τρόπος κατηγοριοποίησης αναφέρεται στη χρήση του αισθητήρα με σημαντικότερες κατηγορίες τους βιομηχανικούς, τους ιατρικούς, στρατιωτικούς, περιβαλλοντικούς αισθητήρες καθώς και τους αισθητήρες μεταφοράς και αυτοματισμού.

2.3.1) Χαρακτηριστικά των αισθητήρων

Αυτές οι διατάξεις που περιγράφηκαν αποτελούν τις πιο ευρέως διαδεδομένες συσκευές που χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση της μετατόπισης. Το φαινόμενο στο οποίο βασίζεται η λειτουργία κάθε αισθητήρα καθορίζει τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα που εμφανίζει αυτός απέναντι στις υπόλοιπες αισθητήριες διατάξεις. Για την επιλογή του κατάλληλου οργάνου για μια συγκεκριμένη εφαρμογή, σημασία έχει η γνώση των χαρακτηριστικών του αισθητήρα που αποτυπώνουν την απόδοση και την συμπεριφορά του κατά τη διάρκεια των μετρήσεων. Τα σημαντικότερα από αυτά τα χαρακτηριστικά για τα γεωτεχνικά όργανα περιγράφονται στη συνέχεια.

- Συμβατότητα
- Εύρος λειτουργίας
- Αβεβαιότητα
- Ακρίβεια
- Επαναληψιμότητα
- Διακριτότητα
- Ευαισθησία
- Υστέρηση
- Θόρυβος
- Διαστάσεις
- Γραμμικότητα

Η συμβατότητα είναι ένα μέγεθος που περιγράφει κατά πόσον η εγκατάσταση του οργάνου θα επηρεάσει την τιμή της παραμέτρου που πρόκειται να μετρήσει. Ιδανικό από άποψη συμβατότητας θεωρείται ένα όργανο που δεν την επηρεάζει καθόλου.

Το εύρος λειτουργίας ενός αισθητήρα ορίζεται από τα όρια, εντός των οποίων μπορεί να λειτουργεί αξιόπιστα. Συνήθως, εκφράζεται με την ελάχιστη και τη μέγιστη τιμή που μπορεί να μετρήσει. Επιπλέον, ως εύρος λειτουργίας αναφέρεται το θερμοκρασιακό εύρος, το εύρος τιμών πίεσης ή το εύρος τιμών υγρασίας, εννοώντας την περιοχή τιμών θερμοκρασίας, πίεσης ή υγρασίας αντίστοιχα, στην οποία είναι δυνατή η χρήση του αισθητήρα.

Η ακρίβεια ενός αισθητήρα καθορίζεται από το μέγιστο σφάλμα που μπορεί να περιέχεται στην ένδειξή του. Στην πράξη όλες οι συσκευές παράγουν σφάλμα στις μετρήσεις τους και το ζητούμενο είναι αυτό το σφάλμα να είναι το μικρότερο δυνατό.

Επαναληψιμότητα ονομάζεται ο βαθμός στον οποίο μια συσκευή παρέχει το ίδιο αποτέλεσμα τροφοδοτούμενος με την ίδια είσοδο σε διαφορετικές χρονικές στιγμές.

Η διακριτότητα ή διακριτική ικανότητα ενός αισθητήρα καθορίζεται από το μικρότερο διάστημα που μπορεί να μετρηθεί από αυτόν. Όσο μεγαλύτερη διακριτότητα διαθέτει μία αισθητήρια διάταξη, τόσο μικρότερο βήμα μετράει.

Η ευαισθησία ενός οργάνου είναι η ελάχιστη μεταβολή της εισόδου του που είναι σε θέση να δώσει μεταβολή στην έξοδό του.

Η υστέρηση προκαλεί διαφορές στην έξοδο ενός αισθητήρα όταν η κατεύθυνση μεταβολής της εισόδου αντιστραφεί. Έτσι παράγεται σφάλμα και επηρεάζεται η ακρίβεια της συσκευής.

Θόρυβος δημιουργείται κατά τη διάρκεια μιας μέτρησης από εξωτερικούς παράγοντες, όπως γειννίαση με πηγές τάσης υψηλής συχνότητας, πηγές εκπομπής ήχου κ.α.. Η βάση λειτουργίας κάθε αισθητήρα καθορίζει κατά πόσον επηρεάζεται η ακρίβειά του και η διακριτότητά του λόγω θορύβου.

Οι διαστάσεις ενός αισθητήρα αναφέρονται στο μέγεθός του.

Γραμμικότητα ονομάζεται ο βαθμός στον οποίο η γραφική παράσταση της εξόδου ως προς την είσοδο του αισθητήρα προσεγγίζει μια ευθεία γραμμή. Ένας αισθητήρας μπορεί να είναι γραμμικός για μια περιοχή τιμών.

Οι αισθητήρες που χρησιμοποιούνται δεν μπορούν συνήθως να συνδυάσουν όλα τα παραπάνω χαρακτηριστικά σε ικανοποιητικά επίπεδα για το χρήστη. Για παράδειγμα, ένας αισθητήρας μπορεί να διαθέτει μεγάλη ακρίβεια και ευαισθησία, αλλά να έχει υψηλό κόστος. Για αυτό το λόγο προτείνεται στην παρούσα Διπλωματική Εργασία η κατασκευή ενός μαγνητικού αισθητήρα μετατόπισης, που βασίζεται στη μαγνητοσυστολική γραμμή καθυστέρησης και τις ιδιότητες που έχει. Ένας τέτοιος αισθητήρας επιδεικνύει ικανοποιητικές επιδόσεις στα χαρακτηριστικά που αναφέρθηκαν και μάλιστα δεν έχει υψηλό κόστος λόγω των υλικών που απαιτούνται για την κατασκευή του.

2.3.2) Αρχές λειτουργίας των Αισθητήρων

Στην ενότητα αυτή θα αναλυθούν μερικά από τα βασικά φαινόμενα που χρησιμοποιούνται ως αρχές λειτουργίας των αισθητήρων.

Φαινόμενα σε αγωγούς

Επίδραση της θερμοκρασίας

Με την αύξηση της θερμοκρασίας, η ελεύθερη μέση διαδρομή μειώνεται, η ευκινησία των ηλεκτρονίων μειώνεται και η ειδική ηλεκτρική αντίσταση αυξάνεται, σύμφωνα με τη σχέση:

$$\rho = \rho_{20^{\circ}\text{C}} (1 + \alpha \Delta T) \quad (1)$$

όπου $\rho_{20^{\circ}\text{C}}$ είναι η ειδική ηλεκτρική αντίσταση στους 20°C , ΔT η διαφορά της θερμοκρασίας μεταξύ της θερμοκρασίας που ζητείται η ειδική ηλεκτρική αντίσταση και της θερμοκρασίας των 20°C και α ο θερμικός συντελεστής διαστολής.

Το Φαινόμενο Seebeck

Ένα άλλο φαινόμενο πάνω στο οποίο μπορεί να βασιστεί η κατασκευή ενός αισθητήρα μετατόπισης - και όχι μόνο - είναι το φαινόμενο Seebeck. Σύμφωνα με τις παρατηρήσεις που έκανε ο Thomas J. Seebeck το 1821, στα άκρα ενός ανοικτού κυκλώματος από ζεύγος δύο ανόμοιων μετάλλων Α και Β, των οποίων τα σημεία σύνδεσης διατηρούνται σε διαφορετικές θερμοκρασίες, δημιουργείται ένα ηλεκτρικό δυναμικό.

Η διαφορά δυναμικού που παράγεται είναι ευθέως ανάλογη της διαφοράς θερμοκρασιών $K_h - K_c$ στα προαναφερόμενα σημεία σύνδεσης και δεν εξαρτάται καθόλου από την κατανομή θερμοκρασίας κατά μήκος της σύνδεσης μεταξύ των μετάλλων. Αυτό φαίνεται και στη σχέση:

$$dV = SAB (K_h - K_c) \quad (2)$$

Ο συντελεστής SAB ονομάζεται σχετικός συντελεστής Seebeck, θερμοηλεκτρική ισχύς ή απλά θερμοϊσχύς του ζεύγους μετάλλων. Ο συντελεστής Seebeck μεταβάλλεται με την θερμοκρασία στην οποία λαμβάνει χώρα το φαινόμενο. Αν το κύκλωμα είναι κλειστό, τα μέταλλα διαρρέονται από ρεύμα που μπορεί να ανιχνευθεί από το μαγνητικό πεδίο που δημιουργείται γύρω από το σύρμα, από τη θέρμανση του σύρματος λόγω αντίστασης ή με ένα γαλβανόμετρο ή αμπερόμετρο τοποθετημένο στο κύκλωμα.

Φαινόμενα σε ημιαγωγούς

Το Φαινόμενο Hall

Αν ένας αγωγός, που διαρρέεται από ρεύμα, βρεθεί μέσα σε μαγνητικό πεδίο, τότε ασκείται μία εγκάρσια δύναμη στα κινούμενα ηλεκτρικά φορτία. Η δύναμη τείνει να σπρώξει το ηλεκτρικό φορτίο στο ένα άκρο του αγωγού. Έτσι παράγεται μια μετρήσιμη τάση στα άκρα του αγωγού. Το φαινόμενο αυτό ανακαλύφθηκε από τον E. H. Hall το 1879. Οι ανιχνευτές προσέγγισης που στηρίζονται στο φαινόμενο Hall λειτουργούν μέσω μαγνητικής αλληλεπίδρασης. Συνήθως χρησιμοποιούνται ημιαγωγοί, επειδή το φαινόμενο είναι πιο έντονο σε αυτούς. Οι διάταξή τους αποτελείται από ένα μικρό ολοκληρωμένο κύκλωμα ενσωματωμένο σε μία βελόνα δοκιμής, η οποία ανιχνεύει με ακρίβεια την κίνηση αντικειμένων από κράμα σιδήρου.

Η χρήση τους είναι αντίστοιχη με αυτή των ανιχνευτών προσέγγισης μεταβλητής μαγνητικής αντίστασης, αλλά είναι πιο ακριβοί από αυτούς. Ο λόγος σήματος προς θόρυβο που επιδεικνύουν είναι υψηλότερος από τον αντίστοιχο των ανιχνευτών προσέγγισης μεταβλητής μαγνητικής αντίστασης.

Υπάρχουν αρκετές συσκευές που στηρίζονται στο φαινόμενο Hall. Χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι οι βαλβίδες φαινομένου Hall, οι αισθητήρες ρεύματος φαινομένου Hall και οι αισθητήρες έντασης μαγνητικού πεδίου φαινομένου Hall.

Φαινόμενα σε διηλεκτρικά υλικά

Τα διηλεκτρικά υλικά έχουν ένα μεγάλο ενεργειακό χάσμα μεταξύ της ζώνης σθένους και της ζώνης αγωγιμότητας. Συνεπώς αυτά τα υλικά έχουν υψηλή ειδική αντίσταση. Τα διηλεκτρικά υλικά χρησιμοποιούνται ως μονωτικά στοιχεία και πυκνωτές. Σε όλα τα διηλεκτρικά υλικά, η εφαρμογή ενός ηλεκτρικού πεδίου είναι η αιτία της δημιουργίας και της κίνησης δίπολων. Αυτά τα δίπολα είναι άτομα ή ομάδες ατόμων οι οποίες έχουν ένα ηλεκτρικό φορτίο σε κατάσταση μη ισορροπίας. Υπό την επίδραση ενός ηλεκτρικού πεδίου τα δίπολα ευθυγραμμίζονται μέσα στο διηλεκτρικό υλικό που έχει σαν αποτέλεσμα την εμφάνιση του φαινομένου της πολωσιμότητας.

Χωρητικά Φαινόμενα

Ένα ηλεκτρικό στοιχείο που εμφανίζει την ιδιότητα της χωρητικότητας είναι ο πυκνωτής ο οποίος αποτελείται από δύο αγωγούς μεταξύ των οποίων υπάρχει ένα διηλεκτρικό υλικό. Η χωρητικότητα μετριέται σε farad και δίνεται από τη σχέση:

$$C = \epsilon_0 * \epsilon_r * A/d \quad (3)$$

όπου A το εμβαδόν επικάλυψης των οπλισμών του πυκνωτή, ϵ_0 η απόλυτη διηλεκτρική σταθερά του ελεύθερου χώρου, ϵ_r η ηλεκτρική διαπερατότητα του διηλεκτρικού και d η απόσταση μεταξύ των οπλισμών.

Η λειτουργία των χωρητικών αισθητήρων βασίζεται στη μεταβολή της χωρητικότητας ενός πυκνωτή. Υπάρχουν τρεις τρόποι που μπορούν να προκαλέσουν μια τέτοια μεταβολή: η μεταβολή της επιφάνειας επικάλυψης A , της ηλεκτρικής διαπερατότητας του διηλεκτρικού ϵ_r , ή της απόστασης d μεταξύ των οπλισμών.

Η πιο απλή διάταξη χωρητικού αισθητήρα είναι ο αισθητήρας μετατόπισης όπου ο ένας οπλισμός του πυκνωτή παραμένει σταθερός σε ένα σημείο αναφοράς καθώς ο άλλος είναι προσαρτημένος σε κινούμενο στοιχείο, του οποίου η μετατόπιση μετράται. Ανάλογα με τον τρόπο προσάρτησης του κινούμενου οπλισμού στο στοιχείο που μετακινείται αλλάζει είτε η επιφάνεια επικάλυψης του οπλισμού αυτού είτε η απόστασή του από τον σταθερό οπλισμό, προκαλώντας ανάλογη μεταβολή στην χωρητικότητα.

Παράδειγμα χωρητικών αισθητήρων που βασίζονται στη μεταβολή της ηλεκτρικής διαπερατότητας του διηλεκτρικού είναι οι αισθητήρες ανίχνευσης αερίων. Η παρουσία του αερίου ανάμεσα στους οπλισμούς της διάταξης προκαλεί μεταβολή της χωρητικότητας. Μια άλλη εφαρμογή αυτής της κατηγορίας είναι οι αισθητήρες υγρασίας.

Οι χωρητικοί αισθητήρες παρουσιάζουν μεγάλη ευαισθησία και διακριτική ικανότητα αλλά επηρεάζονται από τις περιβαλλοντικές συνθήκες και έχουν μεγάλο κόστος, λόγω των απαιτούμενων ηλεκτρονικών κυκλωμάτων ανάγνωσης και επεξεργασίας σήματος. Παραδείγματα εφαρμογών τους είναι η ανίχνευση της μορφολογίας επιφανειών, η καταγραφή ρωγμών σε ένα υλικό κ.α.

Μαγνητικά Φαινόμενα

Οι κύριες εφαρμογές των μαγνητικών φαινομένων και υλικών στον τομέα των αισθητήρων έχουν σχέση με την ανίχνευση μαγνητικού πεδίου αλλά και την αλλαγή μαγνητικού κυκλώματος, που επιτρέπουν τη μέτρηση κάποιου φυσικού μεγέθους, όπως μετατόπιση, μηχανική τάση, ροή, πεδίο κλπ.

Η δυναμική των μαγνητικών περιοχών (magnetic domains) είναι ο κύριος μηχανισμός που ευθύνεται για τα μαγνητικά φαινόμενα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε εφαρμογές αισθητήρων. Πολλά φερρομαγνητικά υλικά δεν παρουσιάζουν μαγνήτιση παρά μόνο αν τους εφαρμοστεί εξωτερικό μαγνητικό πεδίο. Τα μαγνητικά φαινόμενα που αναλύονται περιγράφουν τον τρόπο επίδρασης του εξωτερικού πεδίου επί των μαγνητικών περιοχών του υλικού. Κάθε δυνατή χρήση της απόκρισης αυτών των φαινομένων μπορεί να οδηγήσει και σε ένα καινούριο αισθητήριο στοιχείο.

Επαγωγικά Φαινόμενα

Τα κλασικά επαγωγικά φαινόμενα που βασίζονται στην αρχή του γραμμικού, μεταβλητού, διαφορικού μετασχηματιστή (LVDT) χρησιμοποιούνται ευρέως για την ακριβή ανίχνευση πεδίου αλλά και μετρήσεις μετατόπισης και εφελκυσμού.

Η αρχή λειτουργίας του βασίζεται σε ένα διαφορικό μετασχηματιστή με μεταβλητή σύζευξη μεταξύ του πρωτεύοντος πηνίου και των δευτερευόντων πηνίων του. Η προαναφερθείσα μαγνητική σύζευξη εξαρτάται από το είδος του μαγνητικού υλικού και από τη θέση του κινούμενου μαγνητικού πυρήνα σε σχέση με τα δευτερεύοντα πηνία.

Η διάταξη αποτελείται από ένα πρωτεύον και δύο δευτερεύοντα πηνία, τα οποία βρίσκονται σε σύζευξη μεταξύ τους. Όταν εναλλασσόμενο ρεύμα διαπερνά το πρωτεύον πηνίο παράγεται εναλλασσόμενη μαγνητική ροή και, λόγω του νόμου της Επαγωγής, στα δευτερεύοντα πηνία επάγεται ΗΕΔ η οποία είναι ανάλογη του ρεύματος που διαπερνά το πρωτεύον πηνίο και του πηλίκου των περιελίξεων πρωτεύοντος-δευτερευόντων πηνίων.

Υπεραγωγή Φαινόμενα

Με τον όρο υπεραγωγιμότητα, εννοούμε την ξαφνική και απόλυτη απώλεια αντίστασης σε μερικά υλικά σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες. Πρόκειται για κβαντικό φαινόμενο, για την εμφάνιση του οποίου υπάρχουν δύο μακροσκοπικές ιδιότητες: η απόλυτη εξαφάνιση της αντίστασης κάτω από μια κρίσιμη θερμοκρασία και η μη είσοδος των μαγνητικών γραμμών στον υπεραγωγό (φαινόμενο Meissner) κάτω από αυτή την κρίσιμη θερμοκρασία.

Μια βασική εφαρμογή της υπεραγωγιμότητας σε αισθητήρες είναι τα υπεραγωγικά μαγνητόμετρα. Σε μια επαφή υπεραγωγού-μονωτή-υπεραγωγού (SIS), λαμβάνει χώρα κβαντομηχανική οδήγηση ηλεκτρονίων (φαινόμενο Josephson). Σε μια τέτοια σύνδεση, όταν το πάχος του μονωτικού υλικού είναι αρκετά μικρό, οι κυματοσυναρτήσεις των ηλεκτρονίων που αλληλεπιδρούν, όταν το κύκλωμα διαρρέεται κάθετα από μαγνητική ροή, επιτρέπουν τη μεταπήδηση ενός ηλεκτρονίου διαμέσω του μονωτικού υλικού για κάθε ένα κβάντο μαγνητικής ροής. Αυτή είναι, σε γενικές γραμμές, η υπεραγωγική διάταξη κβαντικής αλληλεπίδρασης (SQUID). Τα μαγνητόμετρα SQUID, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για μετρήσεις αλλαγής ροής τόσο χαμηλές όσο ένα κβάντο μαγνητικής ροής, που είναι $2.07 \cdot 10^{-15} \text{Wb}$.

2.3.3) Διατάξεις Αισθητήρων

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται οι βασικές διατάξεις φυσικών αισθητήρων. Πρόκειται για αισθητήρες θέσης, μάζας, πεδίου και αισθητήρες που εξυπηρετούν πολλούς σκοπούς ταυτόχρονα (multipurpose sensors).

Αισθητήρες μετατόπισης

Η κατηγορία των αισθητήρων θέσης χωρίζεται σε τρεις υποκατηγορίες. Πρόκειται για τους τερματικούς διακόπτες, τους απόλυτους/διαφορικούς αισθητήρες καθώς και τους αισθητήρες ταχύτητας και τα επιταχυνσιόμετρα.

Οι τερματικοί διακόπτες είναι αισθητήρες πεδίου με ένα μηχανισμό που φέρει ελεγκτή πεδίου σαν διακόπτη on/off. Στη συντριπτική τους πλειοψηφία πρόκειται για αισθητήρες που βασίζονται στο φαινόμενο της μαγνητο-αντίστασης και έχουν μικρό κόστος μαζικής παραγωγής αλλά και χαμηλή ποιότητα. Ο κύριος ανταγωνιστής αυτών των συσκευών είναι οι χωρητικοί διακόπτες.

Όσον αφορά τους απόλυτους/διαφορικούς γραμμικούς και γωνιακούς αισθητήρες η λειτουργία τους είναι η ανίχνευση της απόστασης μεταξύ δύο σημείων, που συνήθως αντιστοιχούν στα σημεία διέγερσης και λήψης του κυκλώματος. Παραδείγματα τέτοιων αισθητήρων είναι οι διατάξεις MDL (μαγνητοσυστολική γραμμή καθυστέρησης), οι οποίες συνδυάζουν ανίχνευση χρόνου καθυστέρησης και τροποποίηση της τάσης όπως και οι διατάξεις LVDT (γραμμικός, μεταβλητός, διαφορικός μετασχηματιστής). Η ευαισθησία (sensitivity) και η αβεβαιότητα (uncertainty) των αισθητήρων αυτής της κατηγορίας μπορούν να είναι 10 μ m και 100 μ m/m, αντίστοιχα, με κόστος της τάξης του 0.1kEuro/αισθητήρα. Οι συσκευές αυτές μπορούν να είναι και ασύρματες ενώ ο κύριος ανταγωνιστής τους είναι οι υπερηχητικοί αισθητήρες θέσης, οι οποίοι είναι φθηνότεροι αλλά λιγότερο ακριβείς.

Οι διαφορικοί αισθητήρες θέσης ανιχνεύουν την απόσταση την οποία διανύει μια αισθητήρια κεφαλή και όχι την απόλυτη θέση της. Ο πιο κλασικός μαγνητικός αισθητήρας της κατηγορίας είναι η μαγνητική ταινία, όπου μια μαγνητική κεφαλή "διαβάζει" τη μαγνητική ροή καθώς αυτή διέρχεται από την κορυφή της ταινίας. Πρόκειται για μια καλωδιακή συσκευή η οποία έχει κατασκευαστεί από μια σειρά σκληρών μαγνητών των οποίων η διάταξη είναι τέτοια ώστε η διεύθυνση μαγνήτισης να είναι κατακόρυφη. Η ευαισθησία και η αβεβαιότητα των αισθητήρων αυτών κυμαίνονται στο 1 μ m και 10 μ m/m, αντίστοιχα, με κόστος της τάξης του 1kEuro/μέτρο. Ο κύριος ανταγωνιστής τους είναι η οπτική ταινία, η οποία έχει παρόμοιες ιδιότητες.

Οπτικός αισθητήρας μετατόπισης

Οι οπτικοί αισθητήρες ή οπτοαισθητήρες αποτελούνται από μία πηγή και έναν ανιχνευτή φωτός. Η πηγή φωτός μπορεί να τοποθετηθεί απέναντι από τον ανιχνευτή. Η μέθοδος μέτρησης κατά την οποία χρησιμοποιείται αυτή η διάταξη, ονομάζεται μέθοδος της διαπερατότητας. Κατά τη μέθοδο ανακλώμενης οπτικής δέσμης η πηγή φωτός τοποθετείται δίπλα στον ανιχνευτή, ο οποίος λαμβάνει την αντανάκλαση της παραγόμενης δέσμης φωτός.

Οι πηγές φωτός είναι συνήθως δίοδοι φωτοεκπομπής (LED) και οι ανιχνευτές είναι φωτοτρανζίστορ πυριτίου. Το φως που χρησιμοποιείται μπορεί να είναι οπτικό ή υπέρυθρο. Η εγκατάσταση και συντήρηση της συσκευής είναι πιο εύκολη όταν χρησιμοποιείται οπτικό φως, αλλά με το υπέρυθρο φως επιτυγχάνονται καλύτερα αποτελέσματα, γιατί επηρεάζεται λιγότερο από το φαινόμενο της συμβολής που μπορεί να προκαλέσουν γειτονικές πηγές φωτός.

Όταν χρησιμοποιούνται αισθητήρες διαπερατότητας, η πηγή φωτός εκπέμπει ορατό κόκκινο ή υπέρυθρο φως το οποίο λαμβάνει ο ανιχνευτής που έχει τοποθετηθεί απέναντι. Αν παρεμβληθεί κάποιο αντικείμενο, η λήψη της δέσμης φωτός από τον ανιχνευτή διακόπτεται και με αυτόν τον τρόπο διαπιστώνεται η ύπαρξη του αντικειμένου.

Η επιφάνεια του αντικειμένου που ελέγχεται με αυτή τη διαδικασία συνήθως καλύπτεται με ειδική ανακλαστική επίστρωση προκειμένου να μειώνονται τα σφάλματα της μέτρησης. Επίσης, η μετάδοση του φωτός μπορεί να γίνεται με τη μορφή παλμών και να υπάρχει ειδικό φιλτράρισμα, ώστε να ελαττώνεται η πιθανότητα εσφαλμένων ενδείξεων. Κατά τη μέθοδο της ανακλώμενης οπτικής δέσμης η ύπαρξη και η ισχύς της ανακλώμενης δέσμης μπορεί να ερμηνευθεί κατάλληλα, ώστε να παρέχει πληροφορίες για την απόσταση του αντικειμένου. Η ισχύς της εκπεμπόμενης δέσμης φωτός καθορίζει την ελάχιστη απόσταση προσέγγισης, στην οποία λειτουργεί ο αισθητήρας. Σημαντικό ρόλο σε αυτό παίζουν και η ευαισθησία του φωτοτρανζίστορ, καθώς και η φύση του ελεγχόμενου αντικειμένου. Για τη μέθοδο ανάκλασης η απόσταση κυμαίνεται από 1mm μέχρι 7mm και σε ορισμένες περιπτώσεις υπερβαίνει και αυτά τα όρια. Οι οπτικές ίνες εξυπηρετούν στην εφαρμογή της τεχνικής σε σημεία απρόσιτα από άλλους αισθητήρες. Ο ανιχνευτής φωτός έχει δική του τροφοδοσία και παράγει κατάλληλη τάση εξόδου, η οποία συνήθως χρειάζεται ενίσχυση, αλλά επιτρέπει τη λήψη ενδείξεων από απόσταση. Σε πιο σύγχρονα μοντέλα παρέχεται και ένδειξη της απόστασης. Οι αισθητήρες αυτοί χρησιμοποιούνται ευρέως σε συστήματα συναγερμού και στον έλεγχο ποιότητας, κατά την παραγωγική διαδικασία.

Αισθητήρες Μάζας

Στην κατηγορία των αισθητήρων μάζας συμπεριλαμβάνονται οι κυψελίδες φορτίου (load cells), οι αισθητήρες πίεσης (pressure sensors), οι μετρητές ροπής καθώς και τα ροόμετρα (flow meters) με τα ροόμετρα μάζας, ως παράγωγες εφαρμογές. Οι συσκευές αυτές μπορούν να ανιχνεύουν έμμεσα τις εφαρμοζόμενες τάσεις βασιζόμενοι σε μετρήσεις αισθητήρων θέσης ή αισθητήρων μηχανικής τάσης. Φυσικά υπάρχουν διατάξεις με μαγνητικά υλικά, οι οποίες μπορούν να ανιχνεύουν άμεσα τις εφαρμοζόμενες τάσεις και συνεπώς να υπολογίζουν φορτίο, πίεση και ροπή στρέψης.

Οι κυψελίδες φορτίου που μετρούν άμεσα εφελκυστικές τάσεις είναι κυρίως επαγωγικές διατάξεις, στις οποίες ως πυρήνας χρησιμοποιείται ένα ευαίσθητο σε τέτοιου είδους τάσεις υλικό, όπως λόγου χάρη θετικά μαγνητοσυστολικά υλικά. Η διαπερατότητα μειώνεται καθώς εφαρμόζεται τάση, με αποτέλεσμα να παρουσιάζεται αντίστοιχη μείωση στην έξοδο της διάταξης. Τέτοιου είδους διατάξεις έχουν εφαρμοστεί και σε επιταχυνσιόμετρα. Έχει προταθεί και διάταξη MDL για κυψελίδα φορτίου στην οποία τέτοια τεταμένα υλικά χρησιμοποιήθηκαν σε σύζευξη με τη γραμμή καθυστέρησης. Με τη διάταξη του MDL επιτεύχθηκαν καλύτερα επίπεδα ευαισθησίας και αβεβαιότητας, της τάξης των 10-100ppm και 100-300ppm, αντίστοιχα, και με κόστος 1kEuro/αισθητήρα.

Παράλληλα με χρήση διατάξεων MDL έχουν πραγματοποιηθεί άμεσες μετρήσεις πιέσεων. Η πίεση μετρήθηκε πάνω στο στοιχείο της γραμμής καθυστέρησης. Η ευαισθησία και η αβεβαιότητα των συσκευών αυτών κυμαίνονται στα 10ppm και 100ppm, αντίστοιχα, με κόστος 1kEuro/αισθητήρα. Η μονοτονική και μη υστερητική απόκριση αυτών των αισθητήρων δεν ήταν ικανές να εξασφαλίσουν την εμπορική τους εκμετάλλευση εξαιτίας του μεγάλου ανταγωνισμού με τις συσκευές με πιεζοηλεκτρικά υλικά. Το κόστος παραγωγής τους δεν είναι συγκρίσιμο με την προαναφερθείσα τεχνική, παρά το γεγονός ότι η απόκριση του MDL έχει σαφές πλεονέκτημα.

Για μετρήσεις στρεπτικών τάσεων χρησιμοποιούνται προανοπτημένα μαγνητικά υλικά, τα οποία υποβάλλονται σε στρέψη. Για την εφαρμογή αυτή έχουν χρησιμοποιηθεί το φαινόμενο της μαγνητο-εμπέδησης καθώς και οι διατάξεις MDL, με εξίσου ανταγωνιστικές ιδιότητες. Η ευαισθησία και η αβεβαιότητα των συσκευών αυτών είναι περίπου 100ppm και 1000ppm, αντίστοιχα, με κόστος 1kEuro/αισθητήρα. Όσον αφορά τους αισθητήρες ροής ευρέως γνωστές στη βιομηχανία είναι οι συσκευές που βασίζονται σε ηλεκτρομαγνητικές τεχνικές.

Αισθητήρες Θερμοκρασίας

Οι αισθητήρες θερμοκρασίας χωρίζονται σε 3 βασικές κατηγορίες: τους αισθητήρες πλατίνας (Pttemperaturesensors), τα θερμοζεύγη και τα thermistors.

Αισθητήρες Πεδίου

Οι αισθητήρες πεδίου κατέχουν ίσως το μεγαλύτερο κομμάτι στην παγκόσμια αγορά των μαγνητικών αισθητήρων. Οι περισσότερο χρησιμοποιούμενοι αισθητήρες πεδίου είναι εκείνοι που χρησιμοποιούνται για μικρές διακυμάνσεις πεδίου ή ακόμη για ανίχνευση κάποιας μαγνητικής ανωμαλίας (MAD). Τα φαινόμενα της μαγνητο-αντίστασης και της μαγνητο-εμπέδησης καθώς και επαγωγικές τεχνικές όπως οι fluxgates είναι από τις σημαντικότερες τεχνικές που χρησιμοποιούνται στην ανάπτυξη αισθητήρων πεδίου με μαγνητικά υλικά. Σε ειδικές εφαρμογές τέτοιων αισθητήρων έχει χρησιμοποιηθεί και το φαινόμενο της μαγνητοσυστολής.

Οι πιο αξιόπιστοι αισθητήρες για μετρήσεις χαμηλού πεδίου είναι οι επαγωγικές διατάξεις με μαγνητικά υλικά. Οι αισθητήρες αυτοί έχουν ευαισθησία και αβεβαιότητα της τάξης του 0.1pT και 1pT, αντίστοιχα. Οι αισθητήρες πεδίου τύπου μαγνητο-αντίστασης –με μορφή πολυστρωματικών υμενίων- χαρακτηρίζονται από την κάθετη μαγνητική ανισοτροπία των φερρομαγνητικών στρωμάτων. Οι αισθητήρες αυτοί κατασκευάζονται σε μαζική παραγωγή με χρήση τεχνικών παρασκευής λεπτών υμενίων επιτρέποντας έτσι χαμηλό κόστος παραγωγής, συγκεκριμένα της τάξης των 10-100 Euro/αισθητήρα. Η ευαισθησία και η αβεβαιότητά τους κυμαίνονται σε σαφώς καλύτερα επίπεδα απ' ό,τι στους αισθητήρες τύπου Hall- ως ενδεικτικές τιμές αναφέρονται οι 1nT και 10nT, αντίστοιχα.

Το φαινόμενο της μαγνητο-εμπέδησης, σε άμορφα και νανοκρυσταλλικά σύρματα επιτρέπει πολύ καλύτερα επίπεδα ευαισθησίας και αβεβαιότητας, της τάξης των 1-10pT και 100pT, αντίστοιχα. Το κόστος μιας τέτοιας συσκευής κυμαίνεται στα 100-300Euro/αισθητήρα. Όμως παρά το γεγονός ότι το κόστος αυτών των συσκευών είναι σχετικά υψηλό σε σύγκριση με τους αισθητήρες μαγνητο-αντίστασης, τα πολύ καλά χαρακτηριστικά τους, επιτρέπουν τη χρήση τους σε βιομηχανικές εφαρμογές και εφαρμογές αυτοματισμού. Και το φαινόμενο της μαγνητοσυστολής έχει χρησιμοποιηθεί για την ανάπτυξη αισθητήρων πεδίου για μη καταστρεπτικό έλεγχο μαγνητικών επιφανειών. Όσον αφορά την απόδοση κύριοι ανταγωνιστές όλων αυτών των αισθητήρων που βασίζονται σε μαγνητικά φαινόμενα και υλικά παραμένουν τα μαγνητόμετρα SQUID. Οι αισθητήρες αυτοί παρουσιάζουν ευαισθησία της τάξης του 1fT.

Αισθητήρες εγγραφής & ανάγνωσης πληροφορίας

Η κατηγορία των αισθητήρων εγγραφής και ανάγνωσης πληροφορίας διαιρείται σε δύο υποκατηγορίες: τα καταγραφικά μέσα και τους αισθητήρες ασφάλειας. Στα καταγραφικά μέσα συμπεριλαμβάνονται οι επιφάνειες εγγραφής και οι κεφαλές ανάγνωσης. Οι μαγνητικές κεφαλές ανάγνωσης αφορούν κυρίως αισθητήρες που βασίζονται στο φαινόμενο της γιγαντιαίας μαγνητο-αντίστασης (giant MR).

Οι αισθητήρες ασφαλείας σχετίζονται με την δημιουργία ενός κώδικα που να βασίζεται σε μια σειρά μαγνητικών σημάτων. Τα σήματα αυτά επιτρέπουν την αναγνώριση ενός αντικειμένου χωρίς να υπάρχει άμεση οπτική παρατήρηση. Αυτού του είδους οι αισθητήρες, δύναται να χρησιμοποιηθούν σε εφαρμογές όπου για πρακτικούς λόγους, είναι αδύνατη η οπτική κωδικοποίηση(optical bar coding).

Πολυπαραμετρικοί αισθητήρες (multipurpose sensors)

Αυτοί οι αισθητήρες, προσδιορίζουν την ομάδα των αποκαλούμενων «έξυπνων» αισθητήρων στην οποία συμπεριλαμβάνονται δύο υποκατηγορίες. Πρόκειται για τους πολυπαραμετρικούς και τους αυτοδιορθούμενους αισθητήρες. Οι αισθητήρες πολλαπλών παραμέτρων (multi-parameter) είναι ικανοί να ανιχνεύουν περισσότερα από ένα φυσικά μεγέθη. Παράδειγμα τέτοιου αισθητήρα είναι μια μαγνητο-ελαστική διάταξη που να ανιχνεύει πεδίο και τάση ταυτόχρονα. Κάτι τέτοιο μπορεί συμβαίνει επειδή η παλμική έξοδος του αισθητήρα είναι ρυθμισμένη σε εύρος εξαιτίας του περιβάλλοντος πεδίου ενώ το πλάτος παλμού ρυθμίζεται μόνο από τις εφελκυστικές τάσεις. Οι αυτοδιορθούμενοι (reacting) αισθητήρες, είναι ολοκληρωμένα ηλεκτρομηχανικά συστήματα, που «αισθάνονται» και αντιδρούν ανάλογα με τη μέτρηση. Για παράδειγμα ένας αισθητήρας οδήγησης πυραύλου, περιλαμβάνει έναν ακριβή αισθητήρα πεδίου για πλοήγηση ο οποίος μετρά την διεύθυνση της κίνησης του πυραύλου και ένα σύστημα αντίδρασης, το οποίο αλλάζει τη διεύθυνση του πυραύλου ανάλογα με μια προεπιλεγμένη εντολή.

Βιοϊατρικοί Αισθητήρες

Οι πιο γνωστοί μαγνητικοί αισθητήρες, σ' αυτό το πεδίο εφαρμογών είναι οι εγκεφαλογράφοι. Πρόκειται για διατάξεις αισθητήρων ανίχνευσης πεδίου της τάξης του 0.1-1μΤ. Οι περισσότερο χρησιμοποιούμενες διατάξεις για τέτοιες εφαρμογές είναι τα μαγνητόμετρα SQUID, ευαισθησίας 1-10fT και κόστους 1MEuro/αισθητήρα. Σε τέτοιες εφαρμογές έχει χρησιμοποιηθεί και το φαινόμενο της μαγνητο-εμπέδησης. Οι αισθητήρες αυτοί έχουν κόστος περίπου 10kEuro/αισθητήρα, αλλά και το μειονέκτημα της χαμηλής ευαισθησίας (τάξης 10-100pT), γεγονός που δεν τους καθιστά ιδιαίτερα ανταγωνιστικούς. Εκτός από τον εγκεφαλογράφο ένα άλλο είδος μαγνητικού αισθητήρα είναι ο νέος τύπος καρδιογράφου ο οποίος είναι απλούστερος στη λειτουργία και πιο φθηνός από τους κλασικούς ηλεκτροκαρδιογράφους. Βέβαια οι ηλεκτροκαρδιογράφοι πραγματοποιούν μετρήσεις που δεν είναι δυνατό να ληφθούν από το νέο μοντέλο το οποίο συνίσταται από διατάξεις τύπου μαγνητο-εμπέδησης, με κόστος περίπου 1kEuro/αισθητήρα.

Τα τελευταία χρόνια και εξαιτίας του μεγάλου ενδιαφέροντος για τον προσδιορισμό του DNA, αναπτύχθηκαν αισθητήρες πεδίου, που παρουσιάζουν χωρική διακριτική ικανότητα (resolution) της τάξης του 1mm και κόστος 100Euro/αισθητήρα. Οι διατάξεις αυτές κυρίως βασίζονται στο φαινόμενο της μεγάλης μαγνητο-αντίστασης αν και τελευταία για την ίδια εφαρμογή, γίνονται δοκιμές με αισθητήρες τύπου μαγνητο-εμπέδησης.

2.3.4) Εφαρμογές Αισθητήρων

Παρακάτω επιχειρείται μια περιληπτική παρουσίαση των κυριότερων εφαρμογών των αισθητήρων.

Βιομηχανικές Εφαρμογές

Το βασικό πεδίο των βιομηχανικών εφαρμογών αναφέρεται στη διεξαγωγή μη καταστρεπτικών δοκιμών και τους σχετικούς υπολογισμούς. Σε τέτοιες εφαρμογές χρησιμοποιούνται αισθητήρες ανίχνευσης μικρής έντασης πεδίου- με περισσότερο χρησιμοποιούμενους τους αισθητήρες που βασίζονται στο φαινόμενο Hall. Οι αισθητήρες Hall έχουν ευαισθησία της τάξης του 0.1mT, εκείνοι που βασίζονται στο φαινόμενο της μαγνητο-αντίστασης (MR) 1μT ενώ σε διατάξεις τύπου μαγνητο-εμπέδησης η ευαισθησία κυμαίνεται στα 10-100pT. (Στην ορολογία των αισθητήρων η τιμή της ευαισθησίας, αντιπροσωπεύει την ικανότητα του αισθητήρα να ανιχνεύει μικρές διακυμάνσεις μετρούμενου μεγέθους). Έχουν επίσης προταθεί και αισθητήρια στοιχεία τύπου MDL που πραγματοποιούν ικανοποιητικές μετρήσεις. Το δεύτερο πιο σημαντικό πεδίο βιομηχανικών εφαρμογών είναι εκείνο των ελεγκτών θέσης, ταχύτητας και επιτάχυνσης/δόνησης. Πρόκειται στην πλειοψηφία τους για διακόπτες θέσης που στηρίζονται στο φαινόμενο της γιγάντιας μαγνητο-αντίστασης ("giant" MR) και έχουν επαναληψιμότητα καλύτερη από 10^{12} , με κόστος περίπου 1Euro/αισθητήρα. Ανάλογα με την απαιτούμενη ευαισθησία χρησιμοποιούνται και κατάλληλα είδη αισθητήρων θέσης. Λόγου χάρη, όταν απαιτείται καλή ευαισθησία, της τάξης του 1μm, χρησιμοποιούνται διαφορικοί αισθητήρες θέσης τύπου μαγνητικής ταινίας με μόνιμους μαγνήτες. Το κόστος τους κυμαίνεται στο 1kEuro/αισθητήρα. Γενικά η τεχνική του MDL –με κόστος περίπου 0.1kEuro/αισθητήρα- προτιμάται όταν η επιθυμητή ευαισθησία είναι της τάξης των 1-10μm. Όσον αφορά τους αισθητήρες μάζας όπως οι κυψελίδες φορτίου, οι μετρητές ροπής στρέψης και οι μετρητές πίεσης (pressure gauges), στις βιομηχανικές τους εφαρμογές βασίζονται σε αγωγή ή ημιαγωγή υλικά. Οι μετρητές μηχανικής τάσης (strain gauges), είναι οι πιο ευρέως χρησιμοποιούμενοι αισθητήρες για μετρήσεις φορτίου.

Κάποιες νέες τεχνικές που χρησιμοποιούν το φαινόμενο της μαγνητο-εμπέδησης και την τεχνική της μαγνητοσυστολικής γραμμής καθυστέρησης έδωσαν ενδιαφέροντα αποτελέσματα όσον αφορά την ευαισθησία των μετρητών φορτίου -και παράγωγων μεγεθών. Στην περίπτωση αυτών των τεχνικών αν και η ευαισθησία που έχουν οι διατάξεις αυτές είναι καλύτερη από εκείνη των μετρητών μηχανικής τάσης το βασικό πρόβλημα παραμένει η μικρή διάρκεια ζωής τους, η οποία είναι περίπου 10^8 ενώ εκείνη των μετρητών μηχανικής τάσης είναι περίπου 10^{12} .

Στρατιωτικές Εφαρμογές

Από τις σπουδαιότερες εφαρμογές των αισθητήρων αυτής της κατηγορίας είναι τα συστήματα εντοπισμού ναρκών (anti-miningcontrolsystem). Μέχρι στιγμής οι αισθητήρες για τέτοια συστήματα βασίζονται σε συσκευές ανίχνευσης μικρών πεδίων ή μαγνητικής ανωμαλίας. Φυσικά, όσο πιο πολύ εξελίσσονται τα μοντέλα των ναρκών, τόσο λιγότερο σίδηρο περιέχουν και συνεπώς τόσο πιο ευαίσθητοί και ακριβείς αισθητήρες πεδίου απαιτούνται για τον εντοπισμό τους. Για το σκοπό αυτό έχουν ήδη δοκιμαστεί πολλά είδη αισθητήρων, από επαγωγικές διατάξεις ως αισθητήρες τύπου μαγνητο-αντίστασης και μαγνητο-εμπέδησης. Η ευαισθησία των τωρινών αισθητήρων κυμαίνεται από 10-100pT. Μια εφαρμογή που χρησιμοποιείται και για οικιακές χρήσεις είναι τα συστήματα μαγνητικής ταυτοποίησης (magnetic signature). Σύμφωνα με τα συστήματα αυτά, τα στρατιωτικά, και όχι μόνο, οχήματα είναι εξοπλισμένα με πηνία που εφοδιάζονται με ρεύμα συγκεκριμένης -συνήθως και κωδικοποιημένης- κυματομορφής. Η ανίχνευση του πεδίου που παράγεται από τέτοιο ρεύμα οδηγεί σε αναγνώριση του συγκεκριμένου τύπου οχήματος. Από τα πιο εξελιγμένα συστήματα πλοήγησης πυραύλων είναι αυτά που βασίζονται σε γυροσκόπια ελέγχου αδρανούς μάζας ή σε παγκόσμια συστήματα συντεταγμένων (GPS).

Παράλληλα έχει αρχίσει η προσπάθεια για ανάπτυξη και χρησιμοποίηση αισθητήρων πεδίου. Η αρχή λειτουργίας αισθητήρων τύπου μαγνητο-αντίστασης και τύπου μαγνητο-εμπέδησης που χρησιμοποιούνται για το σκοπό αυτό βασίζεται στη μέτρηση της διακύμανσης του πεδίου και τις απαραίτητες διορθωτικές κινήσεις, εξαιτίας του γήινου πεδίου.

Περιβαλλοντικές εφαρμογές

Ιδιαίτερα τις τελευταίες δεκαετίες, η προστασία του περιβάλλοντος αναδεικνύεται σε θέμα ζωτικής σημασίας. Αυτό που δύναται να προσφέρει η επιστήμη των αισθητήρων προς αυτή την κατεύθυνση είναι η μέτρηση διαφόρων παραμέτρων που επηρεάζουν την περιβαλλοντική κατάσταση. Μείζονος σημασίας ζήτημα είναι η ανίχνευση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Η ανίχνευση αυτή πραγματοποιείται με χρήση αισθητήρων πεδίου. Το εύρος των μετρήσεων εκτείνεται από συνεχή πεδία μέχρι εναλλασσόμενα πεδία συχνότητας 30GHz. Η ευαισθησία των μετρήσεων που λαμβάνονται, κυμαίνεται από μερικά pT ως μερικά mT και οι μαγνητικοί αισθητήρες έχουν κυριολεκτικά κατακτήσει το συγκεκριμένο τομέα (επαγωγικές διατάξεις και αισθητήρες πεδίου τύπου μαγνητο-εμπέδησης).

Τέλος γίνεται χρήση αισθητήρων και σε εφαρμογές που σχετίζονται με την απαρίθμηση των εν κινήσει οχημάτων σε κατοικημένες περιοχές με στόχο την ανάπτυξη διορθωτικών ενεργειών στην κυκλοφοριακή σηματοδότηση.

Εφαρμογές στον Αυτοματισμό

Στα καινούρια οχήματα υπάρχει η τάση για χρησιμοποίηση όλο και περισσότερων αισθητήρων. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι στα αυτοκίνητα που παράγονται σήμερα χρησιμοποιούνται περισσότεροι από 1500 αισθητήρες. Οι μαγνητικοί αισθητήρες κυριαρχούν σε πολλές αισθητήριες εφαρμογές αυτού του χώρου, με σημαντικότερο και πιο γνωστό τον γωνιακό μαγνητικό αισθητήρα θέσης που χρησιμοποιείται για την ενεργοποίηση του συστήματος ABS στα φρένα των αυτοκινήτων. Ο τρόπος λειτουργίας του έχει σχέση με την περιστροφή ενός δακτυλίου που φέρει οδόντες από μόνιμο μαγνήτη κατά την κίνηση του τροχού. Οποιαδήποτε ξαφνική και αναπάντεχη εμπλοκή των τροχών κατά τη διάρκεια του φρεναρίσματος ενεργοποιεί το σύστημα anti-block (ABS) ανακουφίζοντας έτσι για απειροστά του δευτερολέπτου την πίεση από το φρενάρισμα.

Άλλη μια εφαρμογή των μαγνητικών αισθητήρων στα οχήματα, είναι οι αισθητήρες ροπής στρέψης οι οποίοι χρησιμοποιούνται στο πηδάλιο διεύθυνσης του τροχού και στην παρακολούθηση της λειτουργίας της ατράκτου. Αν και βρίσκονται σε στάδιο εργαστηριακής ανάπτυξης αναμένεται ότι πολύ σύντομα, θα ξεκινήσει η βιομηχανική παραγωγή τους. Επιπλέον δοκιμαστικά έχουν χρησιμοποιηθεί αισθητήρες, προκειμένου να διευκολύνουν τη διαδικασία οδήγησης, είτε μέσω της ενημέρωσης που παρέχουν στον οδηγό σχετικά με την κατάσταση της πορείας του αυτοκινήτου ή ακόμη και μέσω της αντίδρασης που προβάλλουν σε μια λανθασμένη απόφαση του οδηγού.

Εργαστηριακοί Αισθητήρες

Όσον αφορά τον τομέα των εργαστηριακών αισθητήρων, το ενδιαφέρον επικεντρώνεται σε ό,τι αφορά την επιστήμη της μετρολογίας. Η πιο ευρέως χρησιμοποιούμενη εφαρμογή είναι αυτή που σχετίζεται με τον προσδιορισμό των δευτερευόντων προτύπων βαθμονόμησης πεδίου (secondary standards), διαδικασία που βασίζεται σε ακριβείς αισθητήρες πεδίου. Και σε αυτή την εφαρμογή κυριαρχούν οι επαγωγικές διατάξεις. Μια άλλη εφαρμογή είναι ο χαρακτηρισμός δομής και ο μαγνητικός χαρακτηρισμός με τα μικροσκόπια ατομικής δύναμης (AFM), μαγνητικής δύναμης (MFM) και το μικροσκόπιο διέλευσης- σάρωσης (STM). Με τέτοια μικροσκόπια, προσδιορίζεται λεπτομερώς η τοπογραφία μιας επίπεδης επιφάνειας. Στα προαναφερόμενα μικροσκόπια, μια ακίδα που δονείται στην κορυφή της επιφάνειας, δημιουργεί δυνάμεις (Van der Waals για το AFM, μαγνητικές δυνάμεις για το MFM και ηλεκτρικές δυνάμεις για το STM) ανάλογα με την τοπογραφία της εξεταζόμενης επιφάνειας.

2.4) Υδροστατική πίεση

Γενικά

Πίεση

Γενικά με τον όρο Πίεση χαρακτηρίζεται το αποτέλεσμα της εφαρμογής μιας **δύναμης** σε μία επιφάνεια. Μεταφορικά σημαίνει η οποιαδήποτε άσκηση βίας προς εξαναγκασμό.

Ιδιαίτερα όμως στη **Φυσική** ως πίεση χαρακτηρίζεται η δύναμη που ασκείται στη μονάδα της επιφάνειας ενός υλικού και ορίζεται ως το πηλίκο της κάθετα ασκούμενης δύναμης που δρα σε μια επιφάνεια δια του εμβαδού της επιφάνειας αυτής.

Η Πίεση εξαρτάται από το μέγεθος της ασκούμενης δύναμης και από το εμβαδό της επιφάνειας στην οποία και ασκείται. Όσο μεγαλύτερη είναι η επιφάνεια τόσο μικρότερη γίνεται η πίεση. Ένα **ρευστό** υλικό (**υγρό ή αέριο**) ασκεί πίεση στο δοχείο που το περιέχει καθώς και στα αντικείμενα που βυθίζονται μέσα σ' αυτό. Για παράδειγμα, όσο ένας κολυμβητής - δύτης κατεβαίνει σε βάθος τόσο μεγαλύτερη είναι η πίεση που δέχεται από το υπερκείμενο βάρος του νερού.

- Η Πίεση συμβολίζεται δια του λατινικού γράμματος P και είναι $P=F/S$ (όπου F =κάθετη δύναμη και S =επιφάνεια)(π.χ Πίεση P 15 BAR = 15kg/cm^2).

Διακρίνονται δύο ειδών, διαφορετικής προέλευσης, πιέσεις η στατική που προκαλείται από μια σταθερή δύναμη (π.χ. η πίεση που ασκείται στο έδαφος από το βάρος ενός σώματος ή εκείνης των ηρεμούντων ρευστών) και η δυναμική πίεση που προκαλείται από δυνάμεις ένεκα κρούσεων κινούμενων σωματιδίων (π.χ. πίεση περιεχομένου αερίου σε τοιχώματα δοχείου ή από σύγκρουση κινούμενων μορίων του αερίου). Εξ αυτών χαρακτηρίζονται και οι επιμέρους πιέσεις όπως:

- [Υδροστατική πίεση](#) ή [Αεροστατική πίεση](#) ή *πίεση ρευστών*.
- [Ατμοσφαιρική πίεση](#)
- [Υδροδυναμική πίεση](#)
- [Ωσμωτική πίεση](#).

Υδροστατική πίεση

Υδροστατική πίεση ονομάζεται η πίεση που ασκεί ένα ρευστό το οποίο βρίσκεται σε ισορροπία σε αντικείμενο ή επιφάνεια που βρίσκεται μέσα σ' αυτό. Η πίεση αυτή οφείλεται στην εξωτερική δύναμη της βαρύτητας και μόνο, δηλαδή στο βάρος του ρευστού που βρίσκεται υπεράνω του αντικειμένου ή της επιφάνειας.

$$P_{\text{υδρ}} = \rho h g$$

όπου $P_{\text{υδρ}}$ είναι η υδροστατική πίεση, ρ είναι η πυκνότητα h είναι το βάθος και το g η επιτάχυνση της βαρύτητας

Επειδή κατά τις εφαρμογές της Υδραυλικής η μεν δύναμη μετριέται σε τόνους (t) ή χιλιόγραμμα (kg) και αντίστοιχα η δε επιφάνεια σε τετραγωνικά μέτρα (m^2) ή τετραγωνικά εκατοστά (cm^2), η υδροστατική πίεση p_u θα εκφράζεται ανάλογα σε τόνους ανά τετραγωνικό μέτρο (t/m^2) ή χιλιόγραμμα ανά τετραγωνικό εκατοστό (kg/cm^2). Έτσι μεταξύ αυτών θα ισχύουν οι ακόλουθες σχέσεις:

$$1 t/m^2 = 1/10 kg/cm^2 = 1/10 At$$

Χαρακτηριστική πειραματική απόδειξη της υδροστατικής πίεσης αποτελεί ένα δοχείο γεμάτο με νερό και το οποίο φέρει οπές σε διαφορετικά καθ' ύψος επίπεδα (διαφορετικό στατικό ύψος) όπου και παρατηρούμε τη δύναμη της ροής του νερού από τις οπές να είναι αυξανόμενη από πάνω προς τα κάτω. Έτσι διαπιστώνεται πως όσο μεγαλύτερο είναι το στατικό ύψος τόσο μεγαλύτερη και η υδροστατική πίεση. Τούτο μπορούμε ακόμη όχι μόνο να το επαληθεύσουμε αλλά και να το μετρήσουμε προσαρμόζοντας στις καθ' ύψος οπές μανόμετρα.

Η αιτία αυτή, της αύξησης δηλαδή της υδροστατικής πίεσης ανάλογα με το βάθος, αποτελεί και τον κυριότερο λόγο της κατασκευής των υδατοφραγμάτων, ή λιμενικών έργων (κρηπίδωσης), με κλιμακωτή διάταξη, αυξάνοντας προοδευτικά προς τα κάτω το πάχος του φράγματος.

2.4.1) Είδη αισθητήρων πίεσης

ΠΟΤΕΝΣΙΟΜΕΤΡΙΚΟΙ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΧΩΡΙΣ ΔΑΚΤΥΛΙΟΥΣ ΜΕ ΠΛΑΚΑ ΠΕΔΙΟΥ.

Ποτενσιόμετρα χωρίς δακτυλίους έχουν ως στοιχείο αντίστασης ένα στοιχείο πλάκας διαφορικού πεδίου. Οι πλάκες πεδίου είναι πολύ μικρά ημιαγώγιμα στοιχεία των οποίων η αντίσταση αυξάνει με την αύξηση του διαρεύματος*. Στους αισθητήρες διανύσματος γωνίας περιστροφής χρησιμοποιούνται δύο πλάκες πεδίου που βρίσκονται μέσα στο πεδίο ενός μικρού μόνιμου μαγνήτη.

Οι πλάκες πεδίου – περιστρεφόμενου ποτενσιόμετρου χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση ταλαντώσεων και για την ανίχνευση της θέσης σε κυλίνδρους με « χορευτή», ως δότη γωνίας στροφής, σε ελέγχους και στο πεντάλ πέδησης και οδήγησης ηλεκτροκίνητων οχημάτων.

*: διάρευμα : μαγνητηγεργτική δύναμη, αμπεροστροφές.

ΕΠΑΓΩΓΙΚΟΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ (FLDT)- ΤΑΧΥΣΓΡΑΜΜΙΚΟΣ ΑΝΙΧΝΕΥΤΗΣ ΑΠΟΣΤΑΣΗΣ.

Το αισθητήριο FLDT αποτελείται από ένα κυλινδρικό πηνίο μιας στρώσης μ' ένα εξωτερικό μανδύα από φερρίτη κατασκευασμένο σε έναν κάλυκα από ανοξείδωτο χάλυβα. Στο πηνίο καταδύει ένας κινητός σωλήνας αλουμινίου με τοίχωμα 1 mm περίπου. Το πηνίο λειτουργεί με μια πηγή εναλλασσόμενου σταθερού ρεύματος με συχνότητα περίπου 100 kHz. Το παραγόμενο υψηλής συχνότητας μαγνητικό πεδίο δεν μπορεί να εισχωρήσει στον πυρήνα, εξαιτίας των δινορευμάτων που παράγονται στο αλουμίνιο, έτσι η επαγωγή του πηνίου προκύπτει μόνο από το τμήμα του πηνίου το οποίο βρίσκεται στο μαγνητικό πεδίο. Μία μετατόπιση του πυρήνα του αλουμινίου προκαλεί επομένως μεταβολή της επαγωγικής αντίστασης ωL . Επειδή το πηνίο λειτουργεί με σταθερό ρεύμα, η πτώση τάσης στο πηνίο αποτελεί ταυτόχρονα το σήμα αισθητήρα. Αυτό πρέπει για την ένδειξη να ανακοινωθεί και να φιλτραρισθεί. Η γραμμικότητα του FLDT είναι καλύτερη από 0.2%.

ΕΠΑΓΩΓΙΚΟΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ.

Ο επαγωγικός αισθητήρας προσέγγισης είναι ο περισσότερο διαδεδομένος τύπος αισθητήρα. Όταν παρουσιαστεί μπροστά από την ενεργό επιφάνειά του, κάποιο μεταλλικό αντικείμενο, τότε η έξοδός του αλλάζει κατάσταση. Αυτήν την ιδιότητα του επαγωγικού αισθητήρα την εκμεταλλευόμαστε σε διάφορες εφαρμογές.

ΧΩΡΗΤΙΚΟΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗΣ.

Ο χωρητικός αισθητήρας προσέγγισης, βασίζει την αρχή λειτουργίας του, στην αλλαγή της χωρητικότητας πυκνωτή σε ένα κύκλωμα ταλάντωσης RC, όταν πλησιάσει την ενεργό επιφάνεια του αισθητήρα ένα οποιοδήποτε αντικείμενο.

ΠΙΕΖΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΙ.

Αποτελούνται από κρύσταλλο χαλαζία ή άλλα κεραμικά υλικά. Είναι σημαντικό να θυμηθούμε ότι η πιεζοηλεκτρική τάση εμφανίζεται όσο διαρκεί η εφαρμοζόμενη μεταβολή της πίεσης. Γι' αυτό τους χρησιμοποιούμε για τη μέτρηση μεταβολών πίεσης.

ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗΣ.

Η μέτρηση της πίεσης είναι δυνατή και με αισθητήρες παραμόρφωσης (strain).

3.Η ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΜΟΥ

3.1) Περιγραφή

Η υλοποίηση της κατασκευής μου σύμφωνα με τις εργαστηριακές συνθήκες που επικρατούν, πραγματοποιήθηκε από εμένα προσωπικά σε ένα μεγάλο χρονικά διάστημα.

Αποτελείται από μία σιδηροκατασκευή (πλαίσιο) η οποία κατασκευάστηκε από γωνίες 3cm και 4cm. Με τις γωνίες των 3cm στρατζάρισα με την βοήθεια εργαλείων όπως τροχού και ηλεκτροκόλλησης τρία τελάρα με διαστάσεις 1m x 50cm το ένα και 50cm x 50cm τα άλλα δυο. Ενώ τις γωνίες των 4cm τις χρησιμοποίησα έτσι ώστε να <<δέσω>> σε μια πρότυπη διάταξη τα τελάρα μεταξύ τους.

Η κατασκευή μου αποτελείται επίσης από δύο δεξαμενές νερού, η μια εκ των οποίων έχει την μορφή στήλης. Οι διαστάσεις των δεξαμενών είναι 50cm x 40cm x 30cm και 15cm x 15cm x 1,50m.

Τέλος απαραίτητα υλικά για την υλοποίηση της πειραματικής διαδικασίας είναι η αντλία 0,5HP, ο αισθητήρας υδροστατικής πίεσης, το inverter (ρυθμιστής στροφών για ασύγχρονους κινητήρες), καλώδια 3 x 1,5mm², ένα στεγανό μεταλλικό κιβώτιο, καθώς και κάποια υδραυλικά εξαρτήματα όπως βάνα 1", γωνία 1", ρακόρ 1", λάστιχο φ32 1" και αντεπίστροφη βαλβίδα 1".



Εικόνα: Κατασκευή εφαρμογής

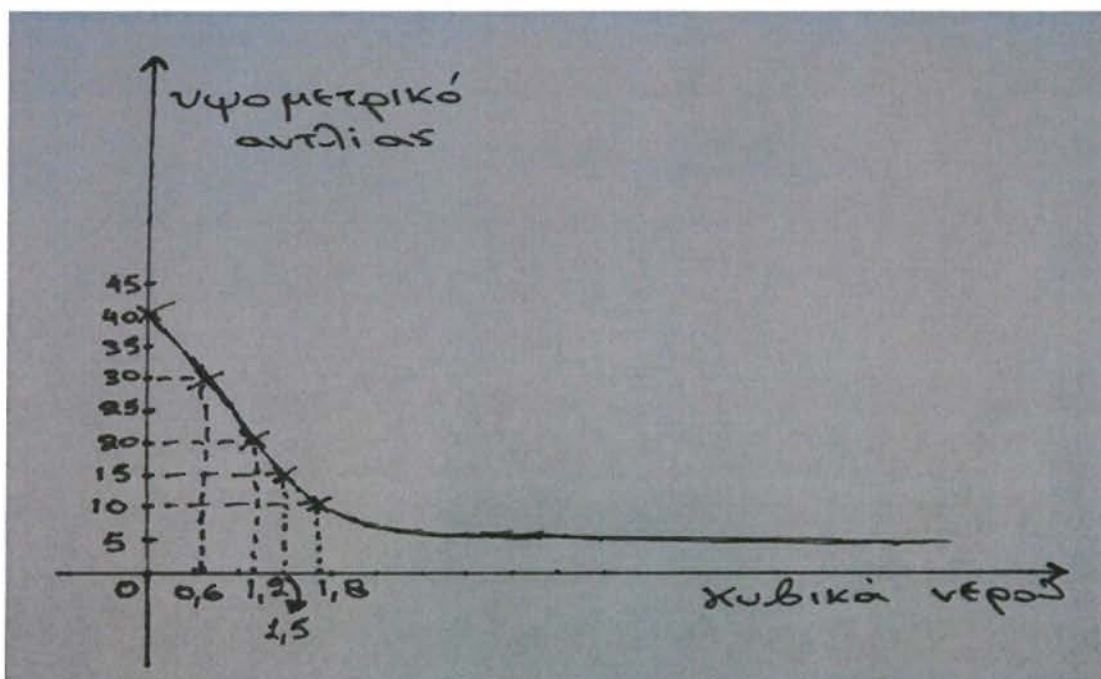
3.2)Υλικά

Όπως αναφέρθηκα και παραπάνω, εκτός από τα απαραίτητα υδραυλικά εξαρτήματα, τις δεξαμενές, τα καλώδια σύνδεσης και το στεγανό μεταλλικό κιβώτιο, απαραίτητα υλικά για την υλοποίηση της πειραματικής διαδικασίας είναι η αντλία 0,37HP, ο αισθητήρας υδροστατικής πίεσης και το inverter (ρυθμιστής στροφών για ασύγχρονους κινητήρες). Θα ακολουθήσει λοιπόν μια μικρή ανάλυση των τριών αυτών βασικών υλικών, που θα βοηθήσουν αισθητά στην πειραματική λειτουργία.

Αντλία

Ξεκινώντας με την ανάλυση της αντλίας 0,37HP, είναι σημαντικό να αναφερθώ στη μέγιστη ποσότητα νερού που μπορεί να διακινήσει. Η μέγιστη αυτή ποσότητα είναι $Q_{max}=35 \text{ l/min}$ και μπορεί να διακινήσει για μέγιστο υψομετρικό $H_{max}=36 \text{ m}$. Ένα ακόμα πλεονέκτημα που παρατηρούμε σχεδόν σε όλες τις αντλίες επιφανείας, είναι ότι έχουν την δυνατότητα να απορροφούν νερό από μέγιστο βάθος ως και $Suct.L_{max}=8 \text{ m}$.

Πολλές φορές ένα απαραίτητο στοιχείο που παίζει σημαντικό ρόλο στην επιλογή και χρήση μίας αντλίας σε μία αντλητική εφαρμογή, είναι η λεγόμενη καμπύλη της αντλίας, η οποία απεικονίζει όπως βλέπουμε και στο παρακάτω σχήμα την αναλογία του υψομετρικού της αντλίας με τα κυβικά που μπορεί να αποδώσει. Επίσης είναι σημαντικό να αναφέρουμε πως το στόμιο εισαγωγής νερού της αντλίας είναι 1", όσο δηλαδή και το στόμιο εξαγωγής νερού. Ακόμα να πούμε πως η μέγιστη συχνότητα που μπορεί να λειτουργήσει η αντλία είναι 50Hz, όσο δηλαδή και οι οικιακές συσκευές σε Ευρωπαϊκό επίπεδο. Τέλος τα $KW=0,5$ στις μέγιστες στροφές $r.p.m.=2850$ που μπορεί να λειτουργήσει η αντλία.



Σχήμα: Καμπύλη αντλίας



Εικόνα: Αντλίας 0,37 HP

Αισθητήρας

Ο υποβρύχιος αισθητήρας υδροστατικής στάθμης χωρητικού τύπου που βασίζεται σε μικροεπεξεργαστή, τροφοδοτείται με βρόχο δύο αγωγών, ο οποίος χρησιμοποιείται για την μέτρηση της στάθμης σε υγρά. Ο αισθητήρας δίνει ένα σήμα 1-5V, το οποίο είναι ανάλογο με την στάθμη του υγρού. Το σήμα εξόδου συνδέεται με το inverter. Ο αισθητήρας στάθμης έχει έναν κεραμικό αισθητήρα πίεσης ο οποίος είναι ανθεκτικός σε μεγάλες υπερπίεσεις.

Αρχή λειτουργίας των μετρήσεων

Η εμπρόσθια πλευρά της μεμβράνης δέχεται την πίεση της στήλης του υγρού, η οποία είναι ανάλογη της στάθμης του υγρού και της ατμοσφαιρικής πίεσης, η οποία είναι μεταβλητή. Η μεταβολή της ατμοσφαιρικής πίεσης επηρεάζει την μέτρηση και έτσι υπάρχει σφάλμα στην μέτρηση. Για να εξαλειφθεί το σφάλμα αυτό, η ατμοσφαιρική πίεση περνά στην πίσω πλευρά της μεμβράνης δια μέσω ενός εύκαμπτου αεραγωγού που υπάρχει στο καλώδιο του αισθητήρα.

Ο αισθητήρας μπορεί να ρυθμιστεί και να βαθμονομηθεί από έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή, χρησιμοποιώντας το σύστημα βαθμονόμησης (προαιρετικά), το οποίο αποτελείται από μια συσκευή βαθμονόμησης και ένα πρόγραμμα των Windows. Η συσκευή βαθμονόμησης περιλαμβάνει μία διασύνδεση η οποία εξυπηρετεί τα εξής χαρακτηριστικά:

- * Αντοχή σε υψηλή υπερπίεση
- * Πολύ στιβαρός, εξ' ολοκλήρου από ανοξείδωτο χάλυβα
- * Προγραμματιζόμενος αισθητήρας με κεραμική μεμβράνη
- * Μεγάλη ακρίβεια
- * Μετρώμενες τιμές από 1-40 mH₂O
- * Απουσία εμφράξεων, χάρη στον σχεδιασμό ανοκτής μεμβράνης

Τεχνικές προδιαγραφές

Σήμα εξόδου: 1-5 Voltage

Τροφοδοσία: 10-28 VDC

Σφάλμα: $\eta = \pm 0,15 \% \text{ F.S.}$ (Άθροισμα της μη γραμμικότητας, της υστέρησης και της επανάληψης)

Μεταβολή θερμοκ. από Σημείο Μηδέν: $\eta = \pm 0,01 \% \text{ F.S./}^\circ\text{C}$

Εύρος μεταβολής θερμοκρασίας: $\eta = \pm 0,01 \% \text{ F.S./}^\circ\text{C}$

Μακροχρόνια σταθερότητα: $\eta = \pm 0,15 \% \text{ F.S./έτος}$ (F.S.= το εύρος της κυψέλης πίεσης)

Θερμοκρασία: -40 έως 85°C

Υλικό: Χάλυβας που δεν προσβάλλεται από οξέα SS2343/1.4404/AI2O₃ (Οξίδιο του Αργιλίου) και FPM (Viton)

Καλώδιο: PVC, 5 x 0,5 mm² με θωράκιση και ενσωματωμένο

Βαθμός σταγανότητας: IP 68

Στερέωση

Αερισμός

Ο αεραγωγός στο καλώδιο του αισθητήρα πρέπει να είναι σε επαφή με την ατμοσφαιρική πίεση. Αυτό σημαίνει πως εάν το καλώδιο του αισθητήρα βρίσκεται συνδεδεμένο μέσα σε ένα αεροστεγές κουτί, αυτό το κουτί θα πρέπει να αερίζεται.

Στερέωση όταν στο υγρό δεν υπάρχουν αναταράξεις

Συνήθως ο αισθητήρας μπορεί να τοποθετηθεί κρεμασμένος ελεύθερα από το καλώδιο και να μην ακουμπά τον πυθμένα.

Στερέωση όταν υπάρχουν αναταράξεις στο υγρό

Εάν υπάρχουν έντονες αναταράξεις, συστήνουμε το βαρίδι να στερεώνεται. Εναλλακτικά ο αισθητήρας προστατεύεται εντός ενός σωλήνα, με εσωτερική διάμετρο τουλάχιστον 50 mm, ο οποίος έχει στερεωθεί κατακόρυφα κατά μήκος του τοιχώματος της δεξαμενής ή του φρεατίου, σε απόσταση 10 cm από τον πυθμένα. Ο αισθητήρας καθελκύεται εντός του σωλήνα, έως ότου το κατώτερο άκρο του ελευθερωθεί από το σωλήνα χωρίς να ακουμπά στον πυθμένα. Εγκοπές στο σωλήνα εμποδίζουν την επιπλέουσα ιλύ να συγκεντρωθεί εντός του σωλήνα, κάτι που μπορεί να κάνει την ανέλκυση του αισθητήρα πιο δύσκολη.



Εικόνα: Αισθητήρας υδροστατικής στάθμης

Inverter

Το inverter που έχουμε χρησιμοποιήσει στο σύστημά μας είναι 2.2KW.

Input: AC 3PH 380V(-15%)-440V(+10%) 7.1A 47Hz-63Hz

Output: AC 3PH 0V-Vin 5.5A 0Hz-400Hz

Παραμετροποίηση του inverter

Όπως έχει αναφερθεί και στο θεωρητικό μέρος που αφορά το inverter, είναι αυτό που δίνει την απαιτούμενη ισχύ στον κινητήρα. Αποτελείται από δύο κύκλωματα:

- το κύκλωμα που αφορά την παροχή της ισχύος
- το κύκλωμα του ελέγχου

Το κύκλωμα ισχύος αποτελείται από τα ημιαγωγά στοιχεία (διόδους και τα IGBT τρανζίστορ) και δεν επιδέχεται καμία αλλαγή (μετατροπή από τον προγραμματιστή). Αντίθετα με αυτό, το κύκλωμα ελέγχου του inverter είναι πλήρως παραμετροποιήσιμο και αποτελείται από αρκετές παραμέτρους, έτσι ώστε να μπορεί να εγκατασταθεί σε μεγάλο πλήθος εφαρμογών και να προγραμματιστεί σύμφωνα με τις απαιτήσεις και τον έλεγχο που πρέπει να εκτελεί. Για την επικοινωνία με τον προγραμματιστή, υπάρχει ένα Display για την εμφάνιση όλων των παραμέτρων που περιέχει. Ταυτόχρονα, όμως, εγκαθιστώντας το απαραίτητο λογισμικό σε Η/Υ, μπορεί κάποιος να προγραμματίσει / ελέγξει σαφώς πιο εύκολα και γρήγορα, όλες τις παραμέτρους που περιέχονται στην μνήμη του.

Ένα inverter, το οποίο χρησιμοποιείται για πρώτη φορά, έχει σαν τιμές σε όλες τις παραμέτρους που περιέχει, τις εργοστασιακές ρυθμίσεις, οι οποίες και επιδέχονται αλλαγές. Ο προγραμματιστής έτσι μπορεί να τροποποιήσει τις παραμέτρους που φαίνονται σύμφωνα με τον κινητήρα (στοιχεία πινακίδας) και την εφαρμογή του.

Υπάρχει το κομμάτι των παραμέτρων που αφορά τα ψηφιακά σήματα που χρειάζεται το inverter για τις λειτουργίες:

- Start
- Stop
- Fault Acknowledge

Με άλλες παραμέτρους, προγραμματίζουμε το inverter σύμφωνα με τις απαιτήσεις της εφαρμογής που έχουμε, δηλαδή:

- ταχύτητα περιστροφής του κινητήρα
- χρόνος

Με ακόμα μία παράμετρο επιλέγουμε ποιόν τρόπο ελέγχου / λειτουργίας επιθυμούμε να γίνεται, δηλαδή:

- V/f
- Vector Control with sensor
- VectorTorque – Controlwithsensor

Με άλλη παράμετρο, γίνεται το Identification του κινητήρα, ώστε να ξέρει στοιχεία όπως, η αντίσταση που παρουσιάζει Rs και RR και η αυτεπαγωγή του Ls και LR. Επίσης το inverter υπολογίζει και την καμπύλη μαγνήτισης του κινητήρα, σύμφωνα με το ρεύμα μαγνήτισης.



Εικόνα: Inverter



Εικόνα: Inverter σε ώρα λειτουργίας

3.3)Πρότυπη διάταξη

Η διάταξη της εφαρμογής μου έχει βασιστεί αρχικά σε μία σιδηροκατασκευή και σε δύο δεξαμενές, μία εκ των οποίων έχει την μορφή στήλης και θεωρητικά αποτελεί την δεξαμενή αποθήκευσης νερού για χρήση. Η δεύτερη δεξαμενή, η οποία βρίσκεται στο ψηλότερο μέρος της κατασκευής έχει τον ρόλο της πηγής.

Υπό πραγματικές συνθήκες το νερό που θα παίρνω απο την πρώτη, θεωρητικά δεξαμενή αποθήκευσης νερού μέσω της αντλίας, θα πηγαίνει για οποιαδήποτε χρήση. Επειδή όμως δεν είναι εφικτό και για να γίνει κατανοητή η εφαρμογή το ανακυκλώνω μέσω της δεξαμενής (πηγής).

Εκτός από τα προβλεπόμενα υλικά, απαραίτητα υλικά για την υλοποίηση της πειραματικής διαδικασίας είναι η αντλία 0,37HP, ο αισθητήρας υδροστατικής πίεσης και το inverter (ρυθμιστής στροφών για ασύγχρονους κινητήρες). Την αντλία την τοποθέτησα στο πρώτο τελάρο της κατασκευής στο οποίο πατάει και η δεξαμενή (στήλη). Καθόλου τυχαίο φυσικά αφού θέλω να παίρνει το νερό από το κάτω μέρος της δεξαμενής και να το στέλνει στην δεξαμενή ανακύκλωσης (πηγή). Ύστερα τοποθέτησα τον αισθητήρα μέσα στην δεξαμενή και τον σύνδεσα στο inverter. Το inverter με την σειρά του το τοποθέτησα μέσα στο στεγανό μεταλλικό κιβώτιο. Σύνδεσα την παροχή του δικτύου της Δ.Ε.Η στην είσοδο του inverter και στην συνέχεια σύνδεσα την έξοδο του inverter με την αντλία.

Έτσι λοιπόν ανάλογα με την στάθμη της δεξαμενής κατάφερα με την χρήση του αισθητήρα, μέσω δηλαδή εντολών, να αυξομειώνω την συχνότητα του inverter με αποτέλεσμα τις αυξομειώσεις των στροφών του κινητήρα. Όταν λοιπόν η στάθμη του νερού της δεξαμενής ανεβαίνει τότε ο αισθητήρας δίνει εντολή στο inverter και η συχνότητα αυξάνεται, άρα αυξάνονται και οι στροφές του κινητήρα με αποτέλεσμα να έχω μεγαλύτερη παροχή νερού από την αντλία. Όταν συμβαίνει το αντίθετο με την στάθμη του νερού της δεξαμενής να κατεβαίνει τότε ο αισθητήρας δίνει εντολή στο inverter και η συχνότητα μειώνεται, άρα μειώνονται και οι στροφές του κινητήρα με αποτέλεσμα να έχω μικρότερη παροχή νερού από την αντλία.

Τέλος να αναφέρω το εξής: Όταν η στάθμη του νερού της δεξαμενής κατά τη λειτουργία του αντλητικού κατεβεί αισθητά και σε σημείο όπου θέλουμε να πάψει το αντλητικό να λειτουργεί, τότε ο αισθητήρας δίνει εντολή στο inverter να σταματήσει η λειτουργία του αντλητικού. Το inverter παύει να λειτουργεί σε συγκεκριμένη συχνότητα που του έχουμε ορίσει εμείς (στην περίπτωση της εφαρμογής μου 11Hz).



Εικόνα: Εφαρμογή σε ώρα λειτουργίας

4.ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΠΡΟΤΥΠΟΥ

4.1)Πειραματική λειτουργία σε πραγματικές συνθήκες

Σε πραγματικές συνθήκες λειτουργίας η εφαρμογή μου γίνεται ακόμα πιο κατανοητή. Πλέον η πηγή μου θα αποτελεί κάποια γεώτρηση ή πηγάδι από όπου θα μπορώ να αντλώ νερό, η ακόμα και μία φυσική πηγή. Φυσικά σε πραγματικές συνθήκες, θα είχα μία δεξαμενή υπαίθρια η οποία θα χωρούσε πολλά κυβικά νερού λόγω των αναγκών της ύδρευσης και της άδρευσης, ενώ το αισθητήριο που θα είχα βυθίσει σ' αυτή θα ήταν προσαρμοσμένο για να λειτουργήσει σε μεγαλύτερο βάθος. Το inverter απ' την άλλη, θα ήταν λειτουργικά ανάλογο του αισθητήρα και της αντλίας.

Η αντλία πλέον θα έχει μεγάλες δυνατότητες στην μετάγγιση του νερού, αφού θα έχει αυξημένη παροχή σε κυβικά. Θα μπορούσε να είναι μέσα στην δεξαμενή, δηλαδή, βυθιζόμενη και συχνά στροβιλοφόρα (πομόνα). Ακόμα θα μπορούσε να είναι εξωτερική φυγόκεντρη αντλία επιφανείας.

4.2)Επέκταση σε αντλητικές εφαρμογές

Η εφαρμογή μου θα μπορούσε να επεκταθεί σε πολλές αντλητικές εφαρμογές. Κατά κύριο λόγο, ορισμένες από αυτές είναι για την άδρευση, δηλαδή, το πότισμα των χωραφίων ή καλλιεργιών και για την ύδρευση βιομηχανιών ή μίας βιομηχανικής ζώνης. Ακόμα, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την ύδρευση βιοτεχνιών, σπιτιών ή ακόμα και για ολόκληρα χωριά. Τέλος η εφαρμογή θα μπορούσε να εγκατασταθεί και σε αποχετεύσεις.

4.3)Συμπεράσματα

Το γενικό συμπέρασμα της πτυχιακής μου, είναι ότι δημιούργησα μία σύγχρονη εφαρμογή χρησιμοποιώντας τη τελευταία λέξη της τεχνολογίας που λύνει σοβαρά προβλήματα τόσο λειτουργικά όσο και οικονομικά. Προβλήματα όπως την αύξηση των τιμολογίων της Δ.Ε.Η. , την έλλειψη των υδάτινων πόρων λόγω υπεράντλησης, ενώ πλέον δεν είναι απαραίτητος ο συχνός έλεγχος των αντλητικών από τους αγρότες και τους υδρονομείς μέσα στο 24h, αποφεύγοντας την συχνή ανάμειξή τους μ' αυτά.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1) Inverter: www.invt.com και operation manual Goodrive 10 Inverters
- 2) Αισθητήρας υδροστατικής στάθμης: www.astensors.com
- 3) Αντλία επιφανείας 0,5HP, www.katsianos.gr
- 4) Αισθητήρες Μέτρησης και Ελέγχου, 2^η Έκδοση: 2013 ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΤΖΙΟΛΑ
Κωνσταντίνος Καλοβρέκτης, Νικόλαος Κατέβας
- 5) ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ: 2011 ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΤΖΙΟΛΑ Παντελής Β.Μαλατέστας

