

ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ

Α.Ε.Ν ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΠΛΟΙΑΡΧΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΠΑΠΑΧΡΗΣΤΟΥ ΒΕΛΙΣΣΑΡΙΟΣ

ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΜΕΓΕΘΩΝ ΚΑΙ ΟΙ
ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΟΥΣ ΣΤΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑ

ΤΟΥ ΣΠΟΥΔΑΣΤΗ : ΦΩΤΙΑΔΗ ΙΩΑΝΝΗ

Α.Γ.Μ : 3860

Ημερομηνία ανάληψης της εργασίας :

Ημερομηνία παράδοσης της εργασίας :

Α/Α	Όνοματεπώνυμο	Ειδικότητα	Αξιολόγηση	Υπογραφή
1				
2				
3				
ΤΕΛΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ				

Ο ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ ΤΗΣ ΣΧΟΛΗΣ : ΤΣΟΥΛΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Κεφάλαιο 1^ο

1.1 Εισαγωγή	3
1.2 Έννοια και τα Χαρακτηριστικά των Αισθητήρων	4
1.3 Γενική Λειτουργία των Αισθητήρων στα Δίκτυα	5
1.4 Κλασσικοί και Νεότεροι Αισθητήρες στα Δίκτυα	7

Κεφάλαιο 2^ο

2.1 Αισθητήρες Μέτρησης Φυσικών Μεγεθών	8
2.2 Επαγωγικοί, Χωρητικοί και Μαγνητικοί Αισθητήρες	9
2.3 Αισθητήρες Πίεσεως	11
2.4 Αισθητήρες Θερμοκρασίας	13
2.4.1 Αισθητήρες Θερμοκρασίας με Επαφή	14
2.4.2 Αισθητήρες Θερμοκρασίας χωρίς Επαφή (Υπερύθρων)	15
2.5 Αισθητήρες Υγρασίας	15
2.6 Αισθητήρες Ταχύτητας	16
2.7 Αισθητήρες Ανίχνευσης Αερίων	16

Κεφάλαιο 3^ο

3.1 Η Χρήση και τα Χαρακτηριστικά Πίεσης στις Μηχανές Πλοίων	17
3.2 Τρόποι Μέτρησης Πίεσης με Αισθητήρες στις Μηχανές Πλοίων	21
3.2.1 Άμεσος Τρόπος Μετρήσεως Πίεσης	21
3.2.2 Έμμεσος Τρόπος Μετρήσεως Πίεσης	23
3.3 Η Χρήση και τα Χαρακτηριστικά Θερμοκρασίας στις Μηχανές Πλοίων	25
3.4 Τρόποι Μέτρησης Θερμοκρασίας με Αισθητήρες στις Μηχανές Πλοίων	26

Κεφάλαιο 4^ο

4.1 Αισθητήρες Ροής στις Μηχανές Πλοίων	27
---	----

Κεφάλαιο 5^ο

5.1 Αισθητήρας Διατήρησης και Ενίσχυσης Σήματος με Αρντουίνο	29
--	----

Επίλογος - Συμπεράσματα	37
--------------------------------------	-----------

Βιβλιογραφία	38
---------------------------	-----------

1. Εισαγωγή

Ο άνθρωπος από πρωτόγονα χρόνια προσπαθεί να προσαρμοστεί και να αξιοποιήσει το περιβάλλον γύρω του, προκειμένου να επιβιώσει και να βελτιώσει το βιοτικό επίπεδο του. Η προσαρμογή και η εκμετάλλευση του περιβάλλοντος προϋποθέτει την μέτρηση των φυσικών μεγεθών, που επηρεάζουν τον άνθρωπο και τις δραστηριότητες του, ή αυτών που δύναται να αξιοποιήσει. Αυτά τα μεγέθη αρχικά υπήρξαν η θερμοκρασία και η υγρασία, ενώ με την εξέλιξη της τεχνολογίας ο άνθρωπος επεκτάθηκε και σε άλλα μεγέθη όπως η ταχύτητα, η πίεση αερίων και υγρών καθώς και η ροή των τελευταίων. Ανέκαθεν αναζητούνται νέοι τρόποι μετρήσεως των μεγεθών αυτών, ή βελτίωσης των ήδη υπαρχόντων. Στις μέρες μας, οι αισθητήρες μετρήσεως χρησιμοποιούνται ευρέως και κατακλύζουν τις ανθρώπινες δραστηριότητες, από τον αθλητισμό μέχρι το παγκόσμιο εμπόριο, τεράστιο μέρος του οποίου πραγματοποιείται μέσω της θαλάσσης και των πλοίων. Οι αισθητήρες μετρήσεως φυσικών μεγεθών χρησιμοποιούνται με σκοπό την ασφάλεια της ναυσιπλοΐας, της κατασκευής του σκάφους, του μεταφερόμενου φορτίου και κυρίως των επιβαινόντων.

Επίσης, είναι ιδιαίτερα σημαντικό να αναφερθούμε στον τρόπο που χρησιμοποιούνται οι αισθητήρες φυσικών μεγεθών στην περαίωση του θαλάσσιου εμπορίου, πέρα από την ασφάλεια που εξασφαλίζεται μέσω αυτών. Οι αισθητήρες έχουν πρωτεύων ρόλο στην αποτελεσματική και ταχεία λειτουργία των πλοίων. Ο ρόλος τους επεκτείνεται στην φορτοεκφόρτωση των φορτίων, στην κάλυψη αναγκών των επιβαινόντων, καθώς και στην λειτουργία των μηχανών ενός πλοίου. Η ορθή και

απροβλημάτιστη λειτουργία των μηχανών πλοίων, αναφέρεται στην ύπαρξη και λειτουργία των αισθητήρων θερμοκρασίας, πίεσης, ροής και ενίσχυσης σήματος στα μηχανοστάσια αυτών, τα οποία από μόνα τους αποτελούν μια ιδιαίτερη κατηγορία αισθητήρων και βάσει των χαρακτηριστικών τους, χρήζουν ιδιαίτερης προσοχής και μελέτης.

1.2 Η Έννοια και τα Χαρακτηριστικά των Αισθητήρων

Το πρώτο που θα πρέπει κάποιος να αναλογιστεί, είναι τι ακριβώς αναφέρεται ως αισθητήρας και κυρίως που λειτουργεί στις μέρες μας.



Εικόνα Νο. 1 – Διάφοροι Τύποι Αισθητήρων που Χρησιμοποιούνται στις Μέρες μας

Αρχικά λοιπόν θα πρέπει να σημειωθεί πως αισθητήρας (sensor) είναι μία διάταξη η οποία χρησιμοποιείται για την μέτρηση ενός φυσικού μεγέθους. Μετατρέπει το φυσικό μέγεθος που μετριέται (μετρούμενο μέγεθος) σε ηλεκτρικό σήμα (Gardner, 2000). Θα πρέπει δε να διευκρινιστεί πως η γενική έκφραση «ηλεκτρικό σήμα εξόδου» ενός αισθητήρα είναι, είτε η τάση (αν ο αισθητήρας μετατρέπει το μετρούμενο μέγεθος σε τάση), είτε το ρεύμα (αν ο αισθητήρας μετατρέπει το μετρούμενο μέγεθος σε ρεύμα). Μερικά σχετικά παραδείγματα φυσικών μεγεθών που συνήθως μετρούνται με αισθητήρες είναι η θερμοκρασία, η θέση και η μετατόπιση ενός αντικειμένου, η στάθμη υγρών, η ταχύτητα και η

επιτάχυνση ενός κινούμενου αντικειμένου, η δύναμη, η ροή ρευστού, η τάση, το ρεύμα, η υγρασία, η ακτινοβολία και άλλα (Φραγκόπουλος, 2005).

Οι αισθητήρες χρησιμοποιούνται για τη συλλογή πληροφοριών (δεδομένων) από ένα σύστημα, καθώς και για τον έλεγχο των συστημάτων. Οι αισθητήρες καλύπτουν ένα τεράστιο φάσμα εφαρμογών και έχουν καταστεί τόσο συνηθισμένοι στη σύγχρονη κοινωνία, που συχνά θεωρούμε την ύπαρξή τους ως δεδομένη. Αυτό δημιουργεί φυσικά την απαίτηση οι τεχνικοί και οι μηχανικοί να έχουν μία πρακτική γνώση για αυτούς, ώστε να μπορούν να επιλέξουν την κατάλληλη συσκευή από ένα κατάλογο με αναλυτικές προδιαγραφές ή να επισκευάζουν, να επιλέγουν και να βαθμονομούν τους αισθητήρες που υπάρχουν σε κάποιο τμήμα εξοπλισμού που λειτουργεί (Gardner, 2000).

Τέλος, πρέπει να σημειωθεί πως όγκος του αέρα σε ένα αισθητήρα, μπορεί να προσδιοριστεί πολλαπλασιάζοντας την ταχύτητα του αέρα με την επιφάνεια της εγκάρσιας τομής ενός αγωγού. Συνήθως μετριέται σε κυβικά πόδια ανά λεπτό (cfm) ή κυβικά μέτρα ανά ώρα (m³/h) (Χατζηλάου, Γύπαρης, 2001).

1.3 Γενική Λειτουργία των Αισθητήρων στα Δίκτυα

Αποτελεί γεγονός πως προκειμένου να προσδιοριστεί η γενική λειτουργία των αισθητήρων στα δίκτυα στις μέρες μας, θεωρείται χρήσιμο αρχικά να αναφερθούμε στα στατικά χαρακτηριστικά αυτών, λέγοντας πως τα στατικά χαρακτηριστικά των αισθητήρων οριοθετούνται από ορισμένους παραμέτρους που χαρακτηρίζουν τους αισθητήρες (Φραγκόπουλος, 2005).

Προκειμένου να προσδιοριστεί η γενική λειτουργία των αισθητήρων στα δίκτυα στις μέρες μας, θεωρείται χρήσιμο αρχικά να αναφερθούμε στα στατικά χαρακτηριστικά των αισθητήρων ως εξής. Τα στατικά χαρακτηριστικά των αισθητήρων ονομάζονται κάποιες παράμετροι που χαρακτηρίζουν τους αισθητήρες. Τα χαρακτηριστικά αυτά επιτρέπουν, (α) την αξιολόγηση της ποιότητας του αισθητήρα και (β) επιτρέπουν την επιλογή του κατάλληλου αισθητήρα για τη συγκεκριμένη εφαρμογή μέτρησης. Τα χαρακτηριστικά αυτά μπορούν να επεκταθούν

και στα ηλεκτρονικά κυκλώματα που συνδέονται στην έξοδο του αισθητήρα για να επεξεργαστούν το σήμα του αισθητήρα (πχ. ενίσχυση, φιλτράρισμα, περιορισμός θορύβου, κλπ.). Σε αυτήν την περίπτωση το σήμα εισόδου είναι το σήμα εξόδου του αισθητήρα (Χατζηλάου, Γύπαρης, 2001).

Επίσης, ο όρος ακρίβεια (accuracy) εκφράζει τον βαθμό ελευθερίας του αισθητήρα από τυχαία σφάλματα. Αν πάρουμε μεγάλο αριθμό μετρήσεων από έναν ακριβή αισθητήρα, τότε η μεταξύ τους διασπορά θα είναι μικρή. Η ακρίβεια συγγέεται συχνά με την πιστότητα(Χατζηλάου, Γύπαρης, 2001).

Η μεγάλη ακρίβεια δεν σημαίνει κατ' ανάγκην και μεγάλη πιστότητα. Ένας ακριβής αισθητήρας μπορεί να έχει κακή πιστότητα. Κακής πιστότητας μετρήσεις από έναν ακριβή αισθητήρα, σημαίνει ότι η μετρήσεις έχουν συστηματικό σφάλμα, γεγονός το οποίο μπορεί να διορθωθεί με βαθμονόμηση (διακρίβωση) του αισθητήρα (Μπατιστάτος, 1999).

Βέβαια σημαντικό χαρακτηριστικό των αισθητήρων στα δίκτυα, είναι και η πιστότητα δε σχετίζεται με τον αριθμό των δεκαδικών ψηφίων με τον οποίο μπορεί να γίνει η μέτρηση, αλλά με το κατά πόσο το αποτέλεσμα που δίνει ο αισθητήρας πλησιάζει την φυσική πραγματικότητα, μέσα σε ένα λογικό εύρος τιμών. Η πιστότητα δίνεται συνήθως «ως ποσοστό επί του εύρους λειτουργίας του αισθητήρα (Φραγκόπουλος, 2005)

Για παράδειγμα μπορεί να σημειωθεί πως εάν ένας αισθητήρας πίεσης, περιοχής λειτουργίας 0-10 bar έχει πιστότητα $\pm 1.0\%$ της πλήρους κλίμακας, τότε η μέγιστη αβεβαιότητα του αισθητήρα θα είναι ίση με 0,1 bar. Αυτό σημαίνει ότι όταν ο αισθητήρας δίνει ως αποτέλεσμα 1 bar τότε η μέγιστη αναμενόμενη αβεβαιότητα θα είναι ίση με το 10% της τιμής αυτής. Για τον λόγο αυτό θα πρέπει το εύρος λειτουργίας των αισθητήρων να είναι όσο το δυνατόν εγγύτερα στο εύρος των μετρούμενων τιμών, ώστε να εξασφαλίζεται η μέγιστη δυνατή πιστότητα των μετρήσεων. Αν δηλαδή έχουμε μία εφαρμογή στην οποία οι πιέσεις μεταβάλλονται στο διάστημα 0-1 bar είναι λάθος να επιλέξουμε αισθητήρα περιοχής λειτουργίας 0-10 bar (Χατζηλάου, Γύπαρης, 2001).

Αντίστοιχα σημαντικό χαρακτηριστικό είναι και εκείνο της βαθμονόμησης (calibration) όπου θεωρείται η διαδικασία καθορισμού της συνάρτησης μεταφοράς ενός αισθητήρα ή γενικότερα ενός συστήματος μέτρησης. Η γνώση της συνάρτησης μεταφοράς του αισθητήρα ταχύτητας είναι απαραίτητη κατά τη διαδικασία των μετρήσεων, έτσι ώστε μετρώντας την τιμή του ηλεκτρικού σήματος εξόδου που παράγει ο αισθητήρας να υπολογίζεται μέσω της συνάρτησης μεταφοράς και η αντίστοιχη τιμή του μετρούμενου μεγέθους (Sallabank, Whitehead, 1999).

Κατά τη διαδικασία της βαθμονόμησης εφαρμόζονται γνωστές τιμές του μετρούμενου φυσικού μεγέθους στον αισθητήρα και μετρούνται οι αντίστοιχες τιμές του ηλεκτρικού σήματος εξόδου του. Η ακρίβεια με την οποία έχει καθοριστεί η συνάρτηση μεταφοράς του αισθητήρα επηρεάζει σημαντικά την ακρίβεια των μετρήσεων, που λαμβάνονται κατά τη χρήση του αισθητήρα σε ένα σύστημα μέτρησης (Χατζηλάου, Γύπαρης, 2001).

Τέλος, το χαρακτηριστικό της Νεκρής Ζώνης - dead-zone, dead-band, είναι εκείνο που αναφέρεται στην περιοχή μετρήσεων (συνήθως γύρω από το μηδέν) για την οποία ο αισθητήρας δεν αποκρίνεται στις μεταβολές της μετρούμενης ποσότητας. Οι αισθητήρες έχουν άπειρες εφαρμογές. Δεν υπάρχει συσκευή που να μην χρησιμοποιεί κάποιας μορφής αισθητήρα. Συνοπτικά ανάλογα με τον κλάδο που τους χρησιμοποιεί, οι εφαρμογές των αισθητήρων μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ως εξής (Gardner, 2000):

- Διαγνωστική : ολοκληρωμένα συστήματα ανάλυσης
- Φαρμακευτική: ανίχνευση και έλεγχος φαρμάκων
- Ιατρική : διαγνωστική
- Βιομηχανία τροφίμων και αγροτική οικονομία : διαγνωστική τροφίμων
- Βιοτεχνολογία : ψηφίδες DNA, ψηφίδες πρωτεϊνών, ψηφίδες κυττάρων
- Χημεία : Ειδικοί αισθητήρες μεγέθους ολοκληρωμένου κυκλώματος (lab-on-a-chip)
- Τεχνολογία περιβάλλοντος : μετρήσεις περιβαλλοντολογικές του αέρα νερού αποβλήτων
- Αυτοκινητοβιομηχανία : Κατασκευή αυτοκινήτων από Robot, έλεγχος της ποιότητας των καυσίμων, ανάλυση αερίων, αερόσακοι.

1.4 Κλασσικοί και Νεότεροι Αισθητήρες στα Δίκτυα

Οι κατηγορίες αισθητήρων στα δίκτυα στις μέρες μας, διαχωρίζονται αντίστοιχα σε κλασσικούς και νεότερους αισθητήρες. Οι πλέον κλασσικοί αισθητήρες και τους οποίους συναντά κανείς σε τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται καθημερινά είναι εκείνοι των σεισματογράφων και σεισμικά ευαίσθητων συσκευών. Η αγορά διαθέτει μια μεγάλη σειρά αισθητήρων με μια σειρά προδιαγραφών και τιμών και μπορεί μερικές φορές να είναι δύσκολο να γίνει η καλύτερη επιλογή, ιδιαίτερα δεδομένου ότι ο αισθητήρας μπόρεσε να είναι το ακριβότερο μέρος ενός σεισμικού σταθμού. Η βασική επιλογή θα εξαρτηθεί φυσικά από αυτό που ο αισθητήρας πρόκειται να καταγράψει, σημαίνοντας στις περισσότερες περιπτώσεις τη ζώνη συχνότητας (Χατζηλάου, Γύπαρης, 2001).

Θα πρέπει επίσης να σημειωθεί πως ένας επιπλέον όρος που χρησιμοποιείται στους αισθητήρες στα δίκτυα, είναι εκείνος της ευαισθησίας ο οποίος μπορεί να γίνει κατανοητός με δύο τρόπους. Σε μερικές περιπτώσεις, η ευαισθησία δίνεται ως κέρδος του οργάνου όπως για παράδειγμα 1000 V/ms^{-1} . Εντούτοις, αυτός ο αριθμός δεν μας λέει τίποτα το σημαντικό για το μικρότερο γήινο σήμα που μπορούμε να καταγράψουμε. Έτσι λοιπόν με τον όρο ευαισθησία σεισμομέτρου εννοείται η ιδιότητα εκείνη που μας αποδίδει ως έκφραση την τιμή του μικρότερου σήμα που μπορεί να καταγραφεί. Αυτό περιορίζεται σήμερα από το θόρυβο που παράγεται στα ηλεκτρονικά κυκλώματα (στον αισθητήρα ή το όργανο καταγραφής), ενώ παλαιότερα, το κέρδος στους ενισχυτές ήταν ο περιοριστικός παράγοντας. Έτσι ένα σεισμόμετρο με την υψηλή σταθερά γεννήτρια, θα σήμαινε επίσης πιο ευαίσθητο σεισμογράφο (Gardner, 2000).

2. Αισθητήρες Μέτρησης Φυσικών Μεγεθών

Αποτελεί γεγονός πως οι αισθητήρες στα δίκτυα καλύπτουν ένα τεράστιο φάσμα εφαρμογών και έχουν καταστεί τόσο συνηθισμένοι στη σύγχρονη κοινωνία, που συχνά θεωρούμε την ύπαρξή τους ως δεδομένη. Αυτό δημιουργεί φυσικά την απαίτηση οι τεχνικοί και οι μηχανικοί να έχουν μία πρακτική γνώση για αυτούς, ώστε να μπορούν να επιλέξουν την κατάλληλη συσκευή από ένα κατάλογο με αναλυτικές

προδιαγραφές ή να επισκευάζουν, να επιλέγουν και να βαθμονομούν τους αισθητήρες που υπάρχουν σε κάποιο τμήμα εξοπλισμού που λειτουργεί (Χατζηλάου, Γύπαρης, 2001).

Η ταξινόμηση των αισθητήρων στα δίκτυα γίνεται, είτε σύμφωνα με τη λειτουργία που επιτελούν (όπως π.χ. τη μέτρηση της θερμοκρασίας), είτε με βάση τη φυσική αρχή στην οποία στηρίζεται η λειτουργία τους. Η επιλογή των κατάλληλων αισθητήρων που θα χρησιμοποιηθούν σε ένα σύστημα αυτόματου ελέγχου είναι σημαντική για την καλή λειτουργία του συστήματος. Από την στιγμή που έχει ξεκαθαριστεί η μεταβλητή, η οποία θα μετρηθεί πρέπει να καθοριστούν τα χαρακτηριστικά του αισθητήρα στα δίκτυα (Φραγκόπουλος, 2005):

- Ποιο είναι το εύρος της μέτρησης, ποια είναι η επιθυμητή διακριτική ικανότητα του οργάνου, ποια είναι η απόκριση χρόνου του αισθητήρα, δηλαδή το πόσο γρήγορα εκτελεί την μέτρηση.
- Μετά την εκλογή του κατάλληλου αισθητήρα πρέπει να ακολουθήσει η εκλογή της τοποθέτησης του στο όλο σύστημα. Πολλές φορές έχουμε την δυνατότητα να μετρήσουμε την ίδια μεταβλητή σε πολλά σημεία του συστήματος. Σε μία τέτοια περίπτωση πρέπει να διαλέξουμε την πιο κατάλληλη θέση, εκεί δηλαδή που η μέτρηση θα γίνει και θα είναι πιο αξιόπιστη.
- Σε μία τέτοια περίπτωση πρέπει να διαλέξουμε την πιο κατάλληλη θέση, εκεί δηλαδή που η μέτρηση θα γίνει και θα είναι πιο αξιόπιστη. Η διατήρηση της ροής του αέρα σε επιθυμητό επίπεδο είναι κρίσιμη σε ορισμένες εφαρμογές, ειδικά σε συστήματα κλιματισμού, θέρμανσης και εξαερισμού. Η ταχύτητα αέρα (διανυόμενη απόσταση ανά μονάδα χρόνου) εκφράζεται συνήθως σε πόδια ανά λεπτό ή σε μέτρα ανά δευτερόλεπτο (m/sec).

Στηριζόμενοι λοιπόν στις παραμέτρους, οι αισθητήρες στα δίκτυα κατηγοριοποιούνται ως εξής :

2.2 Επαγωγικοί, Χωρητικοί και Μαγνητικοί Αισθητήρες

- Οι Επαγωγικοί Αισθητήρες εκμεταλλεύονται το φυσικό φαινόμενο της μεταβολής του συντελεστή ποιότητας σε ένα κύκλωμα συντονισμού, η οποία οφείλεται σε απώλειες ρευμάτων σε αγώγιμα υλικά. Αυτή η αρχή επιτρέπει την χωρίς επαφή ανίχνευση όλων των αγώγιμων υλικών (μεταλλικά αντικείμενα, γραφίτης κλπ).
- Οι Χωρητικοί Αισθητήρες υπολογίζουν την μεταβολή της χωρητικότητας, που οφείλεται στην εισαγωγή ενός αντικειμένου σε ρόλο διηλεκτρικό στο ηλεκτρικό πεδίο ενός πυκνωτή. Οι χωρητικοί αισθητήρες προσέγγισης, αντίθετα με τους επαγωγικούς, δεν ανιχνεύουν μόνο αγώγιμα υλικά, όπως πχ τα μέταλλα, αλλά λόγω της αρχής λειτουργίας τους ανιχνεύουν επίσης και μη αγώγιμα υλικά, όπως κεραμικά, ξύλο, πλαστικό, γυαλί, υγρά κτλ.
- Οι Μαγνητικοί Αισθητήρες ανιχνεύουν χωρίς επαφή μαγνητικά αντικείμενα. Παρόλο που χρησιμοποιούνται με τον ίδιο τρόπο όπως και οι επαγωγικοί, η αρχή λειτουργίας τους επιτρέπει την ανίχνευση σε μεγάλες αποστάσεις ακόμα και από μικρούς διακόπτες. Οι μαγνητικοί αισθητήρες βοήθησαν στο να αναλυθούν και να ελεγχθούν εκατοντάδες παράγοντες για αρκετές δεκαετίες. Οι υπολογιστές έχουν απεριόριστη μνήμη χάρη στη χρήση μαγνητικών αισθητήρων στους μαγνητικούς σκληρούς δίσκους και στις δισκέτες εγγραφής. Τα αεροπλάνα πετούν με υψηλότερα στάνταρ ασφαλείας εξαιτίας της υψηλής σταθερότητας των διακοπών χωρίς επαφή οι οποίοι έχουν μαγνητικούς αισθητήρες. Οι βιομηχανίες έχουν υψηλή παραγωγικότητα εξαιτίας της υψηλής σταθερότητας και του χαμηλού κόστους των μαγνητικών αισθητήρων.

Υπάρχουν πολλοί τρόποι να ανιχνεύσεις το μαγνητικό πεδίο, οι περισσότεροι από αυτούς βασίζονται στην στενή σχέση μεταξύ των μαγνητικών και ηλεκτρικών φαινομένων. Ένα κοινό στοιχείο όλων των εφαρμογών είναι ότι οι μαγνητικοί αισθητήρες εξασφαλίζουν μία αξιόπιστη τεχνολογία συγκρινόμενοι με άλλες τεχνολογίες αισθητήρων.

2.3 Αισθητήρες Πίεσεως

Η Πίεση και η μηχανική τάση έχουν τον ίδιο βασικό ορισμό, καθώς αποτελούν μέτρα της δύναμης που ασκείται πάνω σε μία επιφάνεια. Επομένως μετρούνται και τα δύο με τις ίδιες μονάδες, που είναι «νιούτον ανά τετραγωνικό μέτρο(N/m^2)». Η λέξη πίεση αποτελεί ένα γενικό όρο και γενικά είναι μία μορφή μηχανικής τάσης. Όταν αναλύουμε τη δύναμη που παράγεται από ένα ρευστό, για παράδειγμα τον αέρα ή κάποιο υγρό, χρησιμοποιούμε συνήθως τη λέξη «πίεση». Η δύναμη που προκαλείται από ένα στερεό αντικείμενο ή ασκείται σε ένα στερεό αντικείμενο, αναφέρεται ως μηχανική τάση (Gardner, 2000).

Οι αισθητήρες που μετρούν την πίεση, η οποία ασκείται σε υγρά ή αέρια, ονομάζονται αισθητήρες πίεσεως. Ένας μετατροπέας πίεσεως ανιχνεύει ενέργεια με την μορφή πίεσης και τη μετατρέπει σε ηλεκτρικό σήμα (ρεύμα ή τάση). Η σχέση ανάμεσα στην πραγματική ηλεκτρική έξοδο και στην θεωρητική κλίμακα της πίεσης του οργάνου ορίζεται ως η ακρίβεια του μετατροπέα ή μεταδότη. Η πίεση είναι μια σημαντική παράμετρος στις βιομηχανικές εφαρμογές, στην διαχείριση συστημάτων θέρμανσης, ψύξης και κλιματισμού, όπως επίσης και σε μετεωρολογικούς σταθμούς

- Ελαστικοί αισθητήρες πίεσης

Οι ελαστικοί αισθητήρες πίεσης (elastic pressure sensors) ονομάζονται έτσι, επειδή κάποιο τμήμα τους μπορεί να καμφθεί, να τεντωθεί ή παροδικά να παραμορφωθεί, όταν εφαρμόζεται σε αυτό μία πίεση. Ένας μετρητής πίεσης με σωλήνα Bourdon μπορεί να χρησιμοποιηθεί γι' αυτή τη μέτρηση. Έχει ονομαστεί από τον Eugene Bourdon και είναι ο πιο δημοφιλής μετρητής πίεσης. Οι σωλήνες Bourdon κατασκευάζονται στην απλούστερη περίπτωση από μεταλλικά κράματα, όπως είναι ο ανοξείδωτος χάλυβας και ο ορείχαλκος (Χατζηλάου, Γύπαρης, 2001).

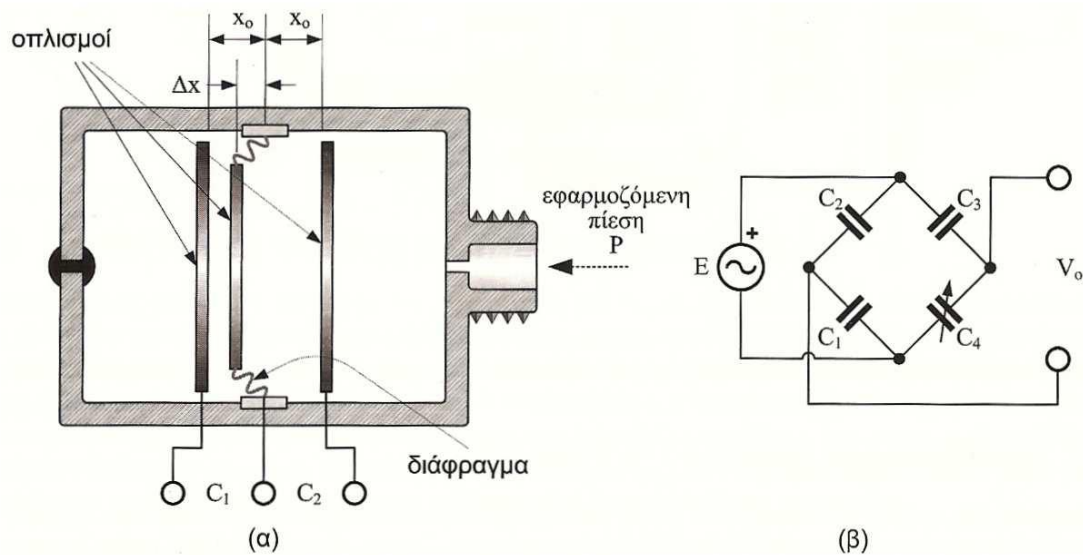
Αποτελούνται από ένα σωλήνα με ελλειπτική ή οβάλ διατομή, ο οποίος είναι σφραγισμένος στο ένα άκρο. Ο σωλήνας συνδέεται με μία ενδεικτική βελόνα. Η

βελόνα μετακινείται επάνω σε μια βαθμονομημένη κλίμακα. Όταν εφαρμόζεται κάποια πίεση, η κίνηση του σωλήνα είναι σχετικά μικρή και έτσι για να αυξηθεί η απόκλιση της βελόνας πραγματοποιείται μηχανική ενίσχυση. Στην περίπτωση μετρήσεων από απόσταση, η μετατόπιση που υφίσταται ο σωλήνας Bourdon λόγω αλλαγών πίεσης μπορεί να ανιχνευθεί από κάποιον κατάλληλο αισθητήρα μετατόπισης.

Υπάρχουν διάφορες μορφές σωλήνων Bourdon, όπως είναι ο σπειροειδής, ο ελικοειδής και ο συνεστραμμένος. Οι σωλήνες Bourdon τείνουν να είναι σχετικά φθηνοί, επειδή παράγονται μαζικά και έχουν μειωμένο κόστος παραγωγής. Είναι κατάλληλοι για χρήση σε υγρά και αέρια και χρησιμοποιούνται σε ευρύ πεδίο εφαρμογών, βιομηχανικών και οικιακών. Μερικοί αισθητήρες πίεσης ονομάζονται με βάση, τη μέθοδο που χρησιμοποιούν για να μετρούν αυτήν την μετατόπιση, όπως οι πιεζοηλεκτρικοί και οι χωρητικοί αισθητήρες πίεσης (Gardner, 2000).

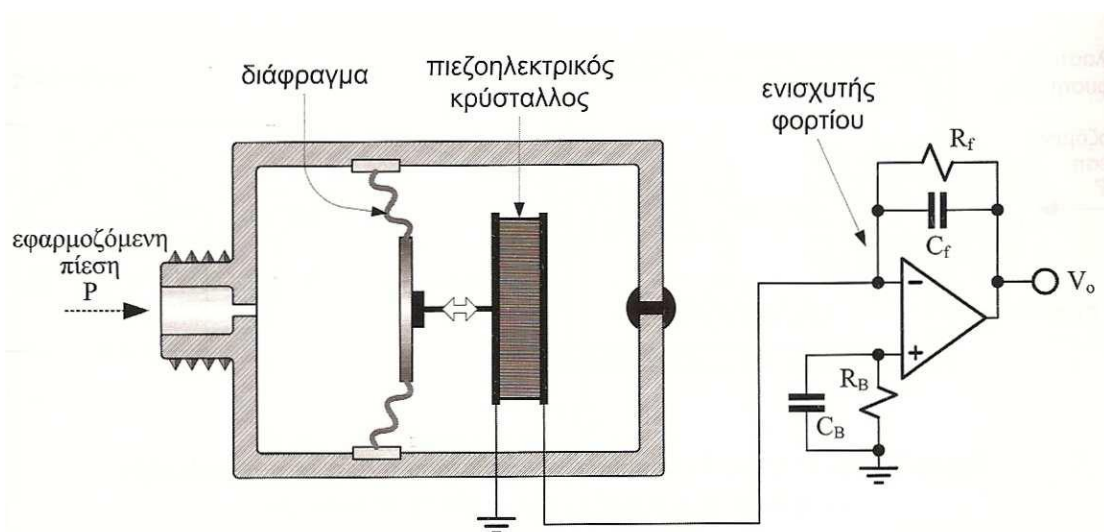
- Χωρητικοί Αισθητήρες Πίεσης

Η κατασκευή ενός χωρητικού αισθητήρα απόλυτης πίεσης απεικονίζεται στο σχήμα Νο. 2 Το διάφραγμα βρίσκεται ανάμεσα σε δύο οπλισμούς, οπότε το διάφραγμα και κάθε οπλισμός σχηματίζουν έναν πυκνωτή. Οι δύο πυκνωτές συνδέονται σε γέφυρα, όπως φαίνεται στο σχήμα, η οποία ισορροπεί όταν η εφαρμοζόμενη πίεση είναι μηδέν. Η κίνηση του διαφράγματος εξαιτίας της εφαρμοζόμενης πίεσης μεταβάλλει τη χωρητικότητα των πυκνωτών, η ισορροπία της γέφυρας διαταράσσεται και συνακόλουθα αναπτύσσεται τάση ανάλογη της πίεσης



Σχήμα Νο. 1 -Χωρητικός αισθητήρας απόλυτης πίεσης : (α) Η κατασκευή και (β) Η γέφυρα μέτρησης Πιεζοηλεκτρικοί Αισθητήρες Πίεσης

Λόγω των δυναμικών χαρακτηριστικών λειτουργίας των πιεζοηλεκτρικών υλικών, οι πιεζοηλεκτρικοί αισθητήρες πίεσης χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση δυναμικών φαινομένων πίεσης (πχ. λόγω εκρήξεων, δονήσεων σε κινητήρες κλπ.). Η κατασκευή ενός πιεζοηλεκτρικού αισθητήρα απόλυτης πίεσης παρουσιάζεται στο σχήμα Νο. 3. Όταν εφαρμόζεται η μετρούμενη πίεση προκαλείται μετατόπιση του διαφράγματος. Για τη μέτρηση αυτής της μετατόπισης χρησιμοποιείται ένας πιεζοηλεκτρικός κρύσταλλος.



Σχήμα Νο.2 - Πιεζοηλεκτρικός αισθητήρας απόλυτης πίεσης με τον αντίστοιχο ενισχυτή φορτίου

Όταν χρησιμοποιούνται ηλεκτρονικοί αισθητήρες μετατόπισης, η μέθοδος ανίχνευσης της αλλαγής πίεσης χρησιμοποιεί ένα διάφραγμα. Ολοκληρώνοντας οι ελαστικοί αισθητήρες πίεσης μετρούν την πίεση διαφορετικά.

2.4 Αισθητήρες Θερμοκρασίας

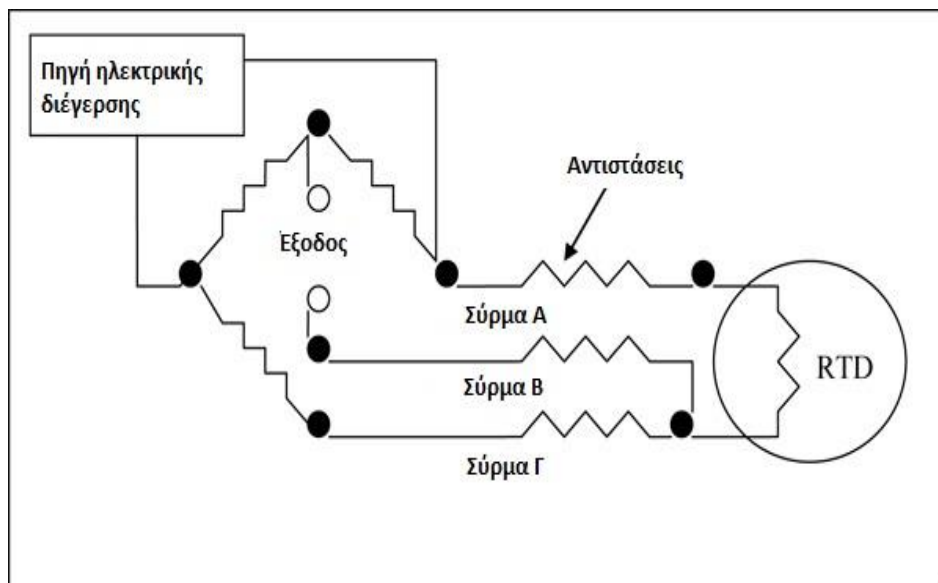
Θερμοκρασία ονομάζεται ο βαθμός κατά τον οποίο ένα σώμα, ουσία ή μέσο είναι θερμό σε σύγκριση με κάποιο άλλο. Όταν μετράμε τη θερμοκρασία συγκρίνουμε το βαθμό θερμότητας με κάποιο άλλο συγκεκριμένο σημείο αναφοράς χρησιμοποιώντας κάποιες θερμοκρασιακές κλίμακες. Η θερμοδυναμική κλίμακα Κέλβιν χρησιμοποιεί το απόλυτο μηδέν ως σημείο αναφοράς. Η κλίμακα Κελσίου χρησιμοποιεί ως πρώτο σημείο αναφοράς το σημείο πήξης του νερού (0°C) και ως δεύτερο σημείο αναφοράς το σημείο βρασμού του νερού (100°C). Η θερμοκρασία είναι ένα από τα συνηθέστερα μετρούμενα φυσικά μεγέθη. Για το λόγο αυτό ο αριθμός των αισθητήριων και των τρόπων μέτρησης είναι ένας μακρύς δρόμος. Η μέτρηση της θερμοκρασίας μπορεί να γίνει με αισθητήρες επαφής και υπερύθρων (Gardner, 2000).

2.4.1 Αισθητήρες Θερμοκρασίας με επαφή

Σε εφαρμογές μέτρησης θερμοκρασίας συναντάμε συνήθως θερμοζεύγη επαφής και θερμοαντιστάσεις (RTD). Στα RTD η αγωγιμότητα αυξάνεται όσο αυξάνεται και η θερμοκρασία. Ο θετικός αυτός συντελεστής ονομάζεται «Άλφα» και εξαρτάται από το υλικό που είναι κατασκευασμένο το RTD. Για παράδειγμα, ο χαλκός έχει συντελεστή 0,0038, η πλατίνα 0,0039, το βολφράμιο 0,0045 και το νικέλιο 0,0067. Στα πλεονεκτήματα συγκαταλέγονται η αποδοτικότητα και η γραμμικότητά του και γι' αυτό το λόγο χρησιμοποιείται περισσότερο από κάθε άλλο

αισθητήρα. Το εύρος λειτουργίας του κυμαίνεται στις θερμοκρασίες από (-400°C) μέχρι (+1700°C).

Το καλύτερο υλικό είναι η πλατίνα, η οποία χρησιμοποιείται για μετρήσεις σε θερμοκρασίες από (-270 ο C) μέχρι (+660 ο C) Αισθητήρες Θερμοκρασίας χωρίς επαφή (Υπερύθρων) Σε πολλές βιομηχανίες, οι διεργασίες λαμβάνουν χώρα κάτω από πολύ υψηλές θερμοκρασίες. Ο σωστός αυτοματισμός και ο ποιοτικός έλεγχος απαιτεί ασφαλή ανίχνευση και επιτήρηση των θερμοκρασιών από απόσταση. Οι υπέρυθροι αισθητήρες θερμότητας απορροφούν τη θερμική ακτινοβολία και τη μετατρέπουν σε ηλεκτρικό σήμα. Το πλεονέκτημα της έλλειψης μηχανικής επαφής μεταξύ του αισθητήρα και του αντικειμένου καθιστά τους υπέρυθρους αισθητήρες ιδανικούς για εφαρμογές επιτήρησης θερμοκρασίας, όπως πχ. κινούμενα αντικείμενα σε χώρους με δύσκολη πρόσβαση, αγωγίμα ή κολλώδη υλικά σε διαβρωτικά μέσα, όπου αφενός απαιτούνται μικροί χρόνοι απόκρισης και αφετέρου είναι επικίνδυνη η απ' ευθείας επαφή (Φραγκόπουλος, 2005).



Σχήμα Νο.3 : Διάταξη Αισθητήρα Θερμοκρασίας με Επαφή

2.4.2 Αισθητήρες Θερμοκρασίας Χωρίς Επαφή (Υπερύθρων)

Σε πολλές βιομηχανίες, οι διεργασίες λαμβάνουν χώρα κάτω από πολύ υψηλές θερμοκρασίες. Ο σωστός αυτοματισμός και ο ποιοτικός έλεγχος απαιτεί ασφαλή ανίχνευση και επιτήρηση των θερμοκρασιών από απόσταση. Οι υπέρυθροι αισθητήρες θερμότητας απορροφούν τη θερμική ακτινοβολία και τη μετατρέπουν σε ηλεκτρικό σήμα. Το πλεονέκτημα της έλλειψης μηχανικής επαφής μεταξύ του αισθητήρα και του αντικειμένου καθιστά τους υπέρυθρους αισθητήρες ιδανικούς για εφαρμογές επιτήρησης θερμοκρασίας, όπως πχ. κινούμενα αντικείμενα σε χώρους με δύσκολη πρόσβαση, αγωγίμα ή κολλώδη υλικά σε διαβρωτικά μέσα, όπου αφενός απαιτούνται μικροί χρόνοι απόκρισης και αφετέρου είναι επικίνδυνη η απ' ευθείας επαφή.

2.5 Αισθητήρες Υγρασίας

Η υγρασία είναι μια από τις πιο σημαντικές παραμέτρους, που μετρούνται μαζί με την θερμοκρασία. Η υγρασία είναι στην πράξη μόρια νερού στον αέρα και πολλές χημικές αντιδράσεις, διαδικασίες ξήρανσης, μετεωρολογικές παράμετροι ακόμα και οι συνθήκες εργασίας μέσα στα γραφεία επηρεάζονται από αυτήν. Πρέπει να διακρίνουμε την απόλυτη από την σχετική υγρασία του αέρα. Η απόλυτη υγρασία είναι το βάρος του περιεχομένου του νερού στον αέρα, δηλαδή η πυκνότητα του νερού. Η μονάδα μέτρησης είναι gr/m^3 . Η σχετική υγρασία δείχνει το ποσοστό της μέγιστης δυνατής ποσότητας υδρατμού στον αέρα με αναφορά την θερμοκρασία τη στιγμή της μέτρησης. Η μέτρηση γίνεται επί τοις εκατό (%). Υπάρχουν διάφοροι τρόποι μέτρησης της σχετικής υγρασίας (Χατζηλάου, Γύπαρης, 2001).

2.6 Αισθητήρες Ταχύτητας

Η διατήρηση της ροής του αέρα σε επιθυμητό επίπεδο είναι κρίσιμη σε ορισμένες εφαρμογές, ειδικά σε συστήματα κλιματισμού, θέρμανσης και εξαερισμού. Η ταχύτητα αέρα (διανυόμενη απόσταση ανά μονάδα χρόνου) εκφράζεται συνήθως σε πόδια ανά λεπτό ή σε μέτρα ανά δευτερόλεπτο (m/sec). Ο όγκος του αέρα μπορεί να προσδιοριστεί πολλαπλασιάζοντας την ταχύτητα του αέρα με την επιφάνεια της

εγκάρσια τομή ενός αγωγού. Συνήθως μετριέται σε κυβικά πόδια ανά λεπτό (cfm) ή κυβικά μέτρα ανά ώρα (m³/h) (Χατζηλάου, Γύπαρης, 2001).

2.7 Αισθητήρες Ανίχνευσης Αερίων

Η καθημερινή χρήση του αερίου (φυσικού ή υγραερίου) για μαγείρεμα, θέρμανση, ζεστό νερό, αλλά και η χρήση διαφόρων αερίων και των παραγώγων τους στη βιομηχανία δημιουργεί την ανάγκη ανίχνευσης των πιθανών διαρροών, που μπορεί να προκληθούν, είτε από το σύστημα διανομής, είτε ακόμη και από τις ίδιες τις συσκευές αερίου (Gardner, 2000).

• Τύποι Ανιχνευτών

Υπάρχουν πολλοί τύποι ανιχνευτών. Οι διαφορές συνίστανται συνήθως στην μέθοδο ανίχνευσης, που έχει σχέση με τον τύπο του αισθητήρα (gas sensor) και στην κατηγορία του περιβάλλοντος, όπου λειτουργούν (π.χ. αντιεκρηκτικού τύπου).

• Τύποι Αισθητήρα (GAS SENSOR)

Οι πιο συνηθισμένοι τύποι αισθητήρα είναι:

- Καταλυτικοί με πυρακτωμένο στοιχείο (Hot-wire catalytic type). - Χρησιμοποιούνται πολύ συχνά, κυρίως για ανίχνευση εκρηκτικών αερίων.
- Ηλεκτροχημικοί (Electrochemical type) - Χρησιμοποιούνται πιο σπάνια και κυρίως για ανίχνευση τοξικών αερίων σε πολύ χαμηλή συγκέντρωση.
- Υπέρυθροι (IR) - Χρησιμοποιούνται για την ανίχνευση τοξικών αερίων σε χαμηλή συγκέντρωση.

3. Η Χρήση και τα Χαρακτηριστικά Πίεσης στις Μηχανές Πλοίων

Η πίεση αποτελεί μέτρο της δύναμης ή της μηχανικής τάσης, που ασκείται

από ένα εξωτερικό αίτιο στην εξωτερική επιφάνεια κάποιου σώματος. Το βάρος είναι η σταθερή προς τα κάτω δύναμη, που ασκεί η Γη σε ένα σώμα, και αποτελεί μία ειδική περίπτωση δύναμης. Εάν τοποθετηθεί ένα σώμα σε επαφή με έναν αισθητήρα πίεσης, ο αισθητήρας μπορεί να μετρά τη δύναμη που δέχεται το σώμα από ένα εξωτερικό αίτιο ή από τη Γη ανάλογα με τη σχετική θέση σώματος και αισθητήρα (κατακόρυφη, οριζόντια κ.ά.). Με τον τρόπο αυτό, η μέτρηση του βάρους ανάγεται στη μέτρηση της πίεσης και γι' αυτό οι μετρητές της πίεσης χρησιμοποιούνται και για τη μέτρηση του βάρους (Φραγκόπουλος, 2005).

Βάσει των ανωτέρω, τα κυριότερα είδη αισθητήρων πίεσης στις μηχανές πλοίων, είναι τα ακόλουθα:

- Μανόμετρα υγρού και αερίου
- Χωρητικοί αισθητήρες
- Επαγωγικοί αισθητήρες
- Πιεζοηλεκτρικοί αισθητήρες και αισθητήρες πιεζοαντίστασης
- Μετρητές μηχανικής τάσης και κυψελίδες φορτίου.

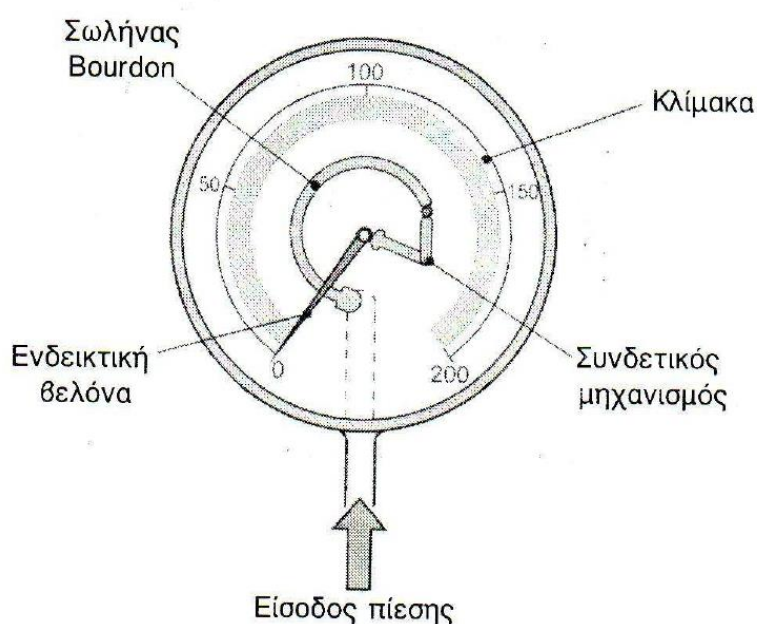
Οι μεταβολές της πίεσης προκαλούν μεταβολές σε χαρακτηριστικά μεγέθη των αισθητήρων, όπως η χωρητικότητα, η αυτεπαγωγή και η τιμή της αντίστασης. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται οι χωρητικοί και επαγωγικοί αισθητήρες πίεσης, οι πιεζοηλεκτρικοί αισθητήρες και οι αισθητήρες πιεζοαντίστασης.

Αναφερόμενοι σχετικά στην χρήση αισθητήρα πίεσης στο μηχανοστάσιο πλοίου που οριοθετείται στο μανόμετρο υοειδούς σωλήνα (U-Tube), θα λέγαμε πως τα συγκεκριμένα αποτελούνται από ένα σωλήνα σχήματος U (σχήμα Νο.4), ο οποίος είναι κατασκευασμένος από γυαλί ή πλαστικό και περιέχει υγρό όπως το νερό ή κάποια αλκοόλη, για την μέτρηση χαμηλών πιέσεων, ή ο υδράργυρος ή κάποιο άλλο πυκνότερο υγρό για την μέτρηση υψηλών πιέσεων (Sallabank, Whitehead, 1999).

Όταν στα δύο άκρα του μανόμετρου υπάρχει η ατμοσφαιρική πίεση το υγρό ισορροπεί. Όταν στο ένα άκρο βάλουμε το αέριο την πίεση του οποίου θέλουμε να μετρήσουμε τότε επειδή τα υγρά είναι ασυμπίεστα από την πλευρά της άγνωστης

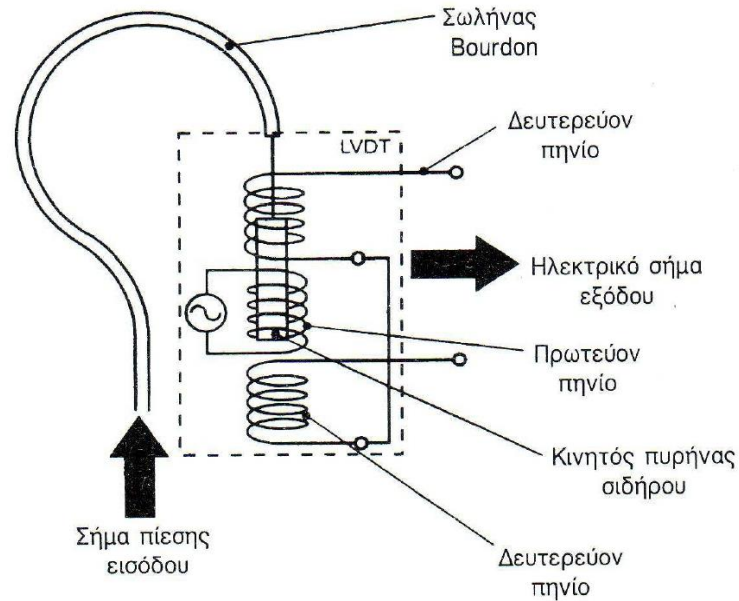
πίεσης κατεβαίνει η στάθμη και από την άλλη πλευρά ανεβαίνει. Η διαφορά ανάμεσα στην άγνωστη πίεση και την ατμοσφαιρική είναι ανάλογη της διαφοράς ύψους ανάμεσα στις δύο στάθμες του μανομέτρου.

Αντίστοιχα, ο σωλήνας Bourdon είναι από τα πιο δημοφιλή όργανα μέτρησης της πίεσης. Οφείλει το όνομά του στον Eugène Bourdon. Είναι κατασκευασμένος από κράματα όπως ο ορείχαλκος. Αποτελείται από έναν σωλήνα οβάλ ή ελλειπτικής διατομής. Το ένα άκρο του είναι σφραγισμένο ενώ στο άλλο άκρο εισάγεται η άγνωστη πίεση. Υπάρχουν διάφορες μορφές σωλήνα Bourdon όπως είναι ο συνεστραμμένος, ο ελικοειδής ή ο σπειροειδής. Ανάλογα με την πίεση ο σωλήνας Bourdon τείνει να ευθυγραμμιστεί και η κίνηση αυτή μετατρέπεται σε ένδειξη (Harrington, 1992).



Σχήμα No.4

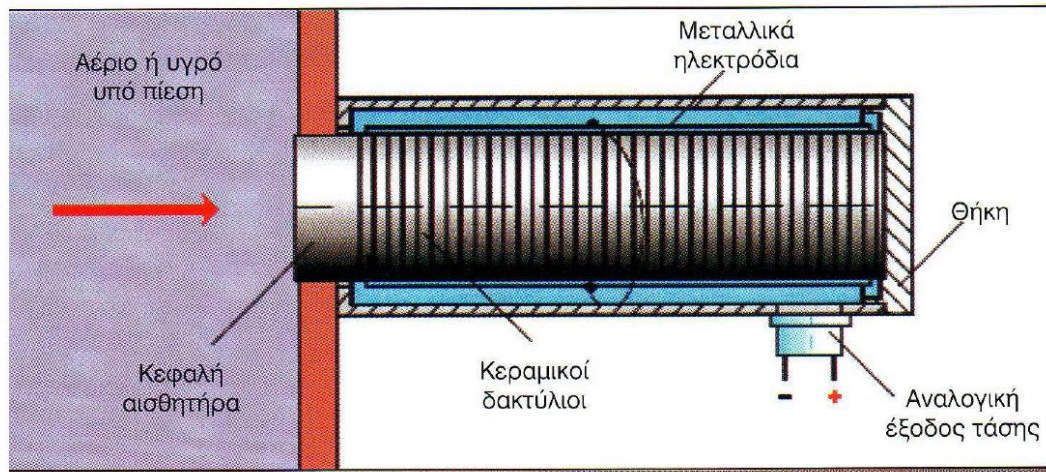
Στο σχήμα No.4 παρουσιάζεται η σύνδεση ενός σωλήνα Bourdon με ένα διαφορικό αισθητήρα μετατόπισης (LVDT). Ο αισθητήρας αυτός μετατρέπει την μετακίνηση του άκρου του σωλήνα σε ηλεκτρικό σήμα το οποίο μπορεί να οδηγηθεί σε όργανο καταγραφής, ή να μετατραπεί σε ένδειξη ή να οδηγηθεί σε ένα σύστημα αυτομάτου ελέγχου.



Σχήμα Νο.5 : Σωλήνας Bourdon με διαφορικό αισθητήρα μετατόπισης LVDT

Αναφέρεται επίσης ο πιεζοηλεκτρικός αισθητήρας πίεσης μηχανών στα πλοία. Εδώ σημειώνεται πως ορισμένοι φυσικοί αλλά και πολλοί τεχνητοί κρύσταλλοι όταν πιεστούν αναπτύσσουν στα άκρα τους μία διαφορά δυναμικού ανάλογη της πίεσης. Αυτή η διαφορά δυναμικού οφείλεται στη συγκέντρωση φορτίων εξαιτίας της παραμόρφωσης της κρυσταλλικής δομής του υλικού (σχήμα Νο.5).

Ένας πιεζοηλεκτρικός αισθητήρας πίεσης μηχανών στα πλοία, αποτελείται από κεραμικούς δακτυλίους ενός κρυστάλλου και μεταλλικά ηλεκτρόδια κατάλληλα συνδεδεμένα. Η κεφαλή του αισθητήρα πιέζεται από το υγρό ή το αέριο του οποίου θέλουμε να μετρήσουμε την πίεση και αυτή η πίεση μεταδίδεται στους δακτυλίους οι οποίοι δίνουν μια συνολική διαφορά δυναμικού ανάλογη της πίεσης.



Σχήμα Νο.6 : Δομή πιεζοηλεκτρικού αισθητήρα

Ωστόσο οι πιεζοηλεκτρικοί αισθητήρες μηχανών στα πλοία, έχουν δύο μειονεκτήματα. Η θερμοκρασία λειτουργίας τους δεν μπορεί να ξεπεράσει τους 540°C. Όταν πρόκειται να χρησιμοποιηθούν σε περιβάλλοντα υψηλότερων θερμοκρασιών χρειάζονται κατάλληλη ψύξη. Τα δεύτερο μειονέκτημά τους είναι ότι μετρούν μόνο διαρκώς εναλλασσόμενες δυναμικές πιέσεις ενώ δεν μπορούν να μετρήσουν στατική πίεση (Φραγκόπουλος, 2005).

Αναφερόμαστε επίσης στο αισθητήριο πιεζοαντίστασης μηχανών στα πλοία. Από μερικά είδη πιεζοκρυστάλλων μπορούμε να κατασκευάσουμε πιεζοαντιστάσεις. Σε αυτές η τιμή μεταβάλλεται με την πίεση και την παραμόρφωσή τους. Συνήθως η πιεζοαντίσταση στερεώνεται σε μεμβράνη σχηματίζοντας σχήματα, ανάλογα με την διεύθυνση στην οποία θέλουμε να μετρήσουμε. Η μεμβράνη πιέζεται απευθείας από το υγρό ή το αέριο του οποίου την πίεση θέλουμε να μετρήσουμε. Ανάλογα με την πίεση η αντίσταση επιμηκύνεται λιγότερο ή περισσότερο και μεταβάλλεται η τιμή της.

Λόγω του ότι οι μεταβολές της αντίστασης είναι πολύ μικρές ένα τέτοιο αισθητήριο μπορούμε να το συνδέσουμε σε γέφυρα Wheatstone για την παραγωγή ενός σήματος τάσης. Δημιουργείται έτσι ένας ενεργός αισθητήρας με έξοδο τάσης ανάλογη με την πίεση (Χατζηλάου, Γύπαρης, 2001).

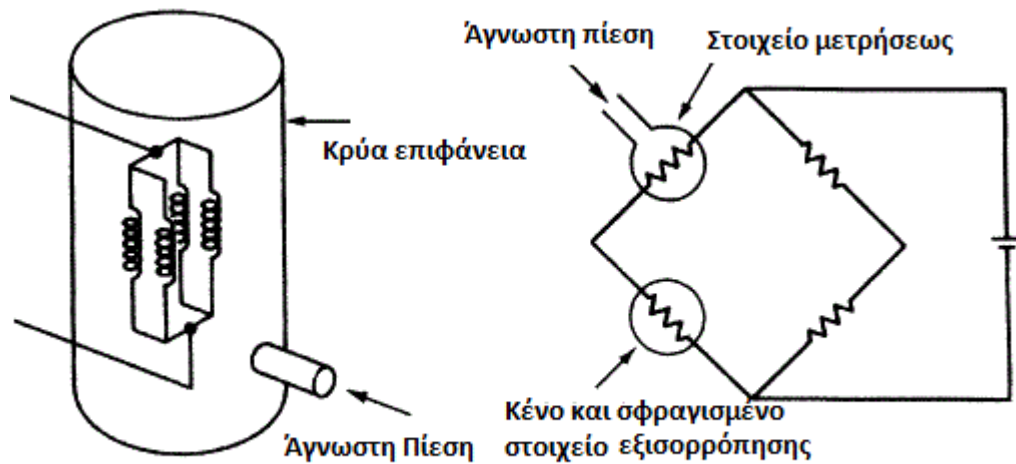
3.2 Τρόποι Μέτρησης Πίεσης με Αισθητήρες στις Μηχανές Πλοίων

Υπάρχουν δύο γενικοί μέθοδοι μέτρησης της πίεσης **μηχανών στα πλοία**, με άμεσο και έμμεσο τρόπο. Με την πρώτη μέθοδο μετριέται άμεσα ο αριθμός των μορίων του αερίου και είναι εφαρμόσιμη σε αέρια τα οποία βρίσκονται σε πιέσεις κενού. Στη δεύτερη μέθοδο συγκρίνεται η μετρούμενη πίεση με κάποια πίεση αναφοράς και από τα αποτελέσματα της σύγκρισης προκύπτει η τιμή της. Αυτή η μέθοδος είναι εφαρμόσιμη σε αέρια και σε ρευστά και καλύπτει την περιοχή των θετικών πιέσεων ή πιέσεις χαμηλού κενού.

3.2.1 Άμεσος Τρόπος Μετρήσεως Πίεσης

Κατά την άμεση μέθοδο μέτρησης της πίεσης **μηχανών στα πλοία**, μετριέται η πυκνότητα του αερίου είτε μέσω της θερμικής αγωγιμότητας του (αισθητήρες Piranha), είτε μέσω του ιονισμού του (αισθητήρες Penning και Bayard-Alpert). Οι αισθητήρες Piranha αποτελούνται από μια λυχνία που περιέχει δύο νήματα και το εσωτερικό της οποίας επικοινωνεί με το μετρούμενο αέριο. Το πρώτο νήμα θερμαίνεται ώστε να παράγει ένα συγκεκριμένο ποσό θερμότητας το οποίο ανιχνεύεται με το δεύτερο νήμα με μέτρηση της αγωγιμότητας του.

Η θερμοκρασία που θα αναπτύξει το δεύτερο νήμα θα εξαρτηθεί από την θερμική αγωγιμότητα του αερίου που υπάρχει ανάμεσα στα δύο νήματα, η οποία εξαρτάται από την πυκνότητα του, άρα από την πίεση που αυτό βρίσκεται. Η θέρμανση του πρώτου νήματος είναι τέτοια ώστε να μην αναπτύσσει θερμική εκπομπή με ακτινοβολία. Με αυτόν τον τρόπο είναι εφικτή η μέτρηση αερίων υπό κενό μέχρι τα 10^{-4} torr. Κάτω από αυτήν την πίεση ουσιαστικά μηδενίζεται η θερμική αγωγιμότητα των αερίων.

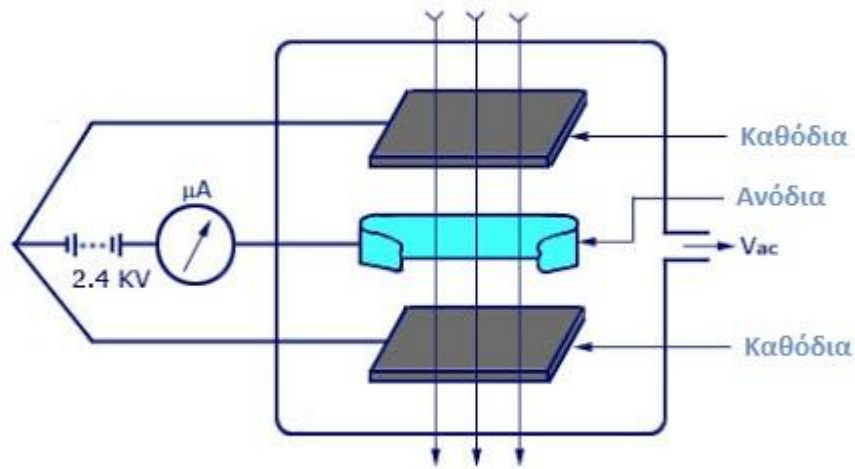


Σχήμα Νο.7 : Δομή Αισθητήρα Pirani

Οι αισθητήρες ιονισμού αποτελούνται από μια τρίοδο λυχνία το εσωτερικό της οποίας συνδέεται με τον χώρο μέτρησης πίεσης. Σε αυτούς τους αισθητήρες εκπέμπονται ηλεκτρόνια είτε από ένα νήμα θέρμανσης (Bayard-Alpert), είτε μέσω βομβαρδισμού ενός μετάλλου από εκκενώσεις υψηλής τάσης (Penning) (Sallabank, Whitehead, 1999).

Τα ηλεκτρόνια αυτά ιονίζουν το αέριο που υπάρχει στον χώρο μέτρησης, αφού πρώτα επιταχυνθούν. Τα θετικά ιονισμένα άτομα του αερίου συλλέγονται από ένα αρνητικά πολωμένο ηλεκτρόδιο και μετριέται το ρεύμα τους, το οποίο εξαρτάται από την πυκνότητα των ιονισμένων ατόμων. Έτσι μπορεί να μετρηθεί η πυκνότητα του αερίου και κατά συνέπεια η πίεση στην οποία βρίσκεται. Οι αισθητήρες ιονισμού Penning μπορούν να μετρήσουν από 10^{-2} torr έως 10^{-5} torr. Στους αισθητήρες ιονισμού Bayard-Alpert είναι δυνατή η μέτρηση πιέσεων έως και 10^{-9} torr.

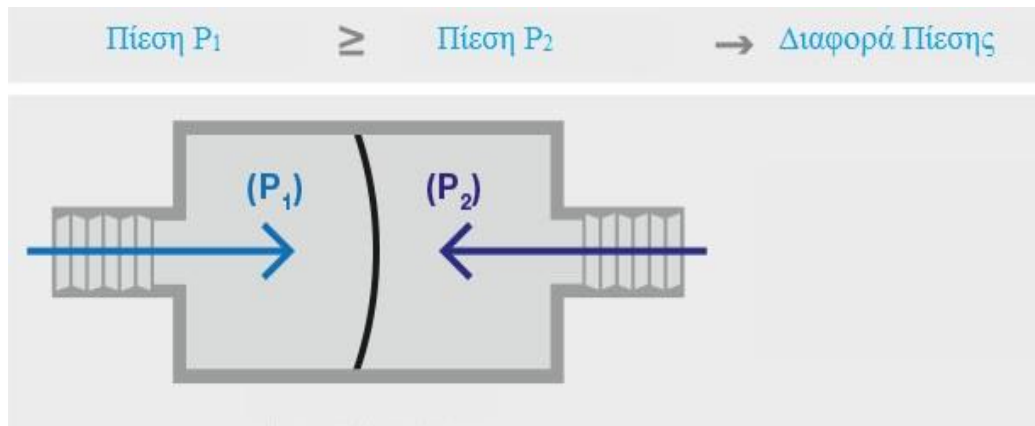
Μέτρηση Πίεσης μέσω Ιονισμού



Σχήμα No.8 : Διάταξη Αισθητήρα Ιονισμού

3.2.2 Έμμεσος Τρόπος Μετρήσεως Πίεσης

Ο πιο συνηθισμένος τρόπος για την μέτρηση της πίεσης **μηχανών στα πλοία**, είναι η σύγκρισή της με κάποια πίεση αναφοράς. Η πίεση αναφοράς πραγματοποιείται με τον εγκλωβισμό μιας ποσότητας αερίου γνωστής πίεσης μέσα στη κοιλότητα ενός υλικού. Η κοιλότητα αυτή σφραγίζεται ερμητικά από μια ελαστική μεμβράνη, έτσι ώστε το εσωτερικό μέρος της μεμβράνης να έρχεται σε επαφή με το αέριο γνωστής πίεσης, ενώ το εξωτερικό μέρος της μεμβράνης να έρχεται σε επαφή με τον μέσο του οποίου θα μετρηθεί η πίεση. Η ελαστική μεμβράνη θα κάμπτεται από την διαφορά της εσωτερικής και της εξωτερικής πίεσης, κάμψη η οποία αντιστοιχεί στην εξωτερικά εφαρμοζόμενη πίεση (*Μπατιστάτος, 1999*).



Σχήμα Νο.9 : Μέτρηση Πίεσης με Σύγκριση με Πίεση Αναφοράς

Με αυτή τη μέθοδο είναι δυνατή η μέτρηση πιέσεων τόσο αερίων όσο και υγρών, αρκεί η ελαστική μεμβράνη και το περίβλημα (housing) του αισθητήρα να είναι συμβατά με τα αντίστοιχα αέρια ή υγρά (για την περίπτωση που αυτά είναι διαβρωτικά). Οι αισθητήρες πίεσης που κατασκευάζονται με αυτή τη μέθοδο, χρησιμοποιούνται για μέτρηση θετικών πιέσεων ή αρνητικών πιέσεων χαμηλού κενού.

Ανάλογα την πίεση αναφοράς που έχει ο αισθητήρας, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την μέτρηση διαφορετικών ειδών πίεσεως. Έτσι είναι δυνατή η κατασκευή των ακόλουθων ειδών αισθητήρων πίεσης:

- Αισθητήρας πίεσης βαθμίδας (gauge pressure sensor) - Εάν για εσωτερική πίεση αναφοράς χρησιμοποιηθεί η ατμοσφαιρική πίεση που υπάρχει στην ατμόσφαιρα την στιγμή της μέτρησης, τότε έχουμε ένα αισθητήρα πίεσης βαθμίδας **των μηχανών στα πλοία**. Αυτό επιτυγχάνεται με την απ' ευθείας έκθεση της εσωτερικής κοιλότητας στην εξωτερική ατμοσφαιρική πίεση. Σ' αυτή την κατηγορία ανήκει η πλειοψηφία των αισθητήρων πίεσης που υπάρχουν στην αγορά, αφού στις περισσότερες εφαρμογές σαν μηδενική πίεση θεωρείται η ατμοσφαιρική πίεση.
- Αισθητήρας απόλυτης πίεσης (absolute pressure sensor) - Για να μετρηθεί η απόλυτη τιμή της πίεσης ενός ρευστού **μηχανών στα πλοία**, θα πρέπει η κοιλότητα του αισθητήρα, να είναι ερμητικά κλεισμένη με κάποια πίεση, της οποίας η τιμή παραμένει αμετάβλητη με τον χρόνο. Συνήθως σαν απόλυτη πίεση αναφοράς χρησιμοποιείται το κενό ή η πίεση του 1bar. Στην πρώτη

περίπτωση ο αισθητήρας μπορεί να μετρήσει και αρνητική πίεση χαμηλού κενού.

- Αισθητήρες διαφορικής πίεσης (differential pressure sensor) - Σε αυτή τη περίπτωση ο αισθητήρας είναι εφοδιασμένος με δύο εισόδους, εκ των οποίων η κάθε μία οδηγεί σε μια πλευρά της ελαστικής μεμβράνης. Με αυτόν τον τρόπο είναι δυνατή η μέτρηση της διαφοράς πίεσης που εφαρμόζεται στις δύο πλευρές της ελαστικής μεμβράνης.

3.3 Η Χρήση και τα Χαρακτηριστικά Θερμοκρασίας στις Μηχανές Πλοίων

Η θερμοκρασία είναι η φυσική ποσότητα που μετρά την ενέργεια κίνησης ή ταλάντωσης της ύλης σε ατομικό επίπεδο. Οι πιο συνηθισμένες κλίμακες για την μέτρηση της θερμοκρασίας είναι η κλίμακα Κελσίου (C) η κλίμακα Kelvin (K) και η κλίμακα Fahrenheit (F). Υπάρχουν αρκετά όργανα μέτρησης θερμοκρασίας από τα οποία το πιο παλιό και πιο διαδεδομένο να είναι το θερμόμετρο διαστολής. Επίσης υπάρχουν και άλλοι βασικοί μετατροπείς θερμοκρασίας στις μηχανές πλοίων, όπως :

- Το θερμοζεύγος
- Το θερμίστορ
- Οι ημιαγωγικοί μετατροπείς θερμοκρασίας
- Το θερμόμετρο αντίστασης
- Το πυρόμετρο υπερύθρου
- Το διμεταλλικό θερμόμετρο [11]

Όλοι αυτοί οι τύποι αισθητήρων θερμοκρασίας έχουν ο καθένας τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα τους και ανάλογα την χρήση επιλέγουμε τον κατάλληλο τύπο αισθητήρα για την μέτρηση θερμοκρασίας στις μηχανές πλοίων.

3.4 Τρόποι Μέτρησης Θερμοκρασίας με Αισθητήρες στις Μηχανές

Πλοίων

Συχνά οι αισθητήρες δεν δίδουν στην έξοδό τους κατάλληλο ηλεκτρικό σήμα. Τότε απαιτείται η χρήση ενός επιπρόσθετου ηλεκτρονικού κυκλώματος, το οποίο να λαμβάνει την έξοδο του αισθητήρα και να τη μετατρέπει σε κατάλληλο ηλεκτρικό σήμα, σύμφωνα με τις απαιτήσεις των επόμενων βαθμίδων (Sallabank, Whitehead, 1999).

Το κύκλωμα αυτό ονομάζεται κύκλωμα ρύθμισης σήματος (signal conditioning circuit), κύκλωμα ελέγχου (control circuit) ή εξωτερική μονάδα (outer ή external module). Για παράδειγμα, υπάρχουν αισθητήρες στάθμης που μετρούν το χρόνο που απαιτείται για να ανακλαστεί ένα υπερηχητικό κύμα από τη μετρούμενη επιφάνεια και να επιστρέψει στο σημείο από όπου εκπέμφθηκε. Σε αυτούς πρέπει να υπάρχει κατάλληλο κύκλωμα για τη μετατροπή των τιμών χρόνου σε ανάλογες τιμές τάσης (Χατζηλάου, Γύπαρης, 2001).

Οι αισθητήρες που απαιτούν εξωτερική τροφοδοσία για να λειτουργήσουν ονομάζονται ενεργοί. Για παράδειγμα, ένας αισθητήρας γραμμικής μετατόπισης LVDT πρέπει να τροφοδοτείται από κατάλληλη εναλλασσόμενη τάση. Οι αισθητήρες που δημιουργούν μόνοι τους μία τάση και δε χρειάζονται εξωτερική τροφοδοσία ονομάζονται παθητικοί. Τέτοιοι είναι για παράδειγμα οι πιεζοηλεκτρικοί κρύσταλλοι, που όταν πιεστούν αναπτύσσουν στα άκρα τους ηλεκτρική τάση (Φραγκόπουλος, 2001). Τα χαρακτηριστικά των αισθητήρων συγκροτούν τις προδιαγραφές τους (specifications) και είναι πολλά. Παρότι οι ποικίλοι αισθητήρες που υπάρχουν σήμερα στηρίζονται σε διαφορετικές αρχές λειτουργίας, έχουν κοινά τα βασικά τους χαρακτηριστικά.

Όπως είπαμε και παραπάνω λοιπόν, οι αισθητήρες της θερμοκρασίας δεν είναι τίποτα άλλο από απλά θερμόμετρα στις μηχανές πλοίων. Ανάλογα με το είδος της μεταβολής, την οποία προκαλεί η αλλαγή της θερμοκρασίας σε κάποιο μέγεθος του θερμομέτρου, τα θερμόμετρα είναι διαφόρων ειδών. Τα θερμόμετρα στις μηχανές πλοίων στηρίζονται στην αλλαγή της χαρακτηριστικής ιδιότητας του επιλεγμένου υλικού τους, εξαιτίας της μεταβολής της θερμοκρασίας. Οι ιδιότητες που μπορούν να αξιοποιηθούν για τη μέτρηση της θερμοκρασίας είναι στις μηχανές πλοίων, εν γένει, οι ακόλουθες (Sallabank, Whitehead, 1999):

- Η γραμμική διαστολή ενός υγρού
- Η γραμμική διαστολή ενός μετάλλου
- Η ηλεκτρική αντίσταση ενός μετάλλου
- Το φαινόμενο του θερμοηλεκτρισμού (ή “θερμοηλεκτρικό φαινόμενο”).

Στη συνέχεια, παρουσιάζονται οι εφαρμογές που στηρίζονται στο θερμοηλεκτρικό φαινόμενο και στη μεταβολή της ηλεκτρικής αντίστασης ενός μετάλλου στις μηχανές πλοίων, για το λόγο ότι τα σήματα των εξόδων τους μπορούν να χρησιμοποιηθούν "σχεδόν" άμεσα σε ένα ηλεκτρονικό σύστημα (Χατζηλάου, Γύπαρης, 2001).

4. Αισθητήρες Ροής στις Μηχανές Πλοίων

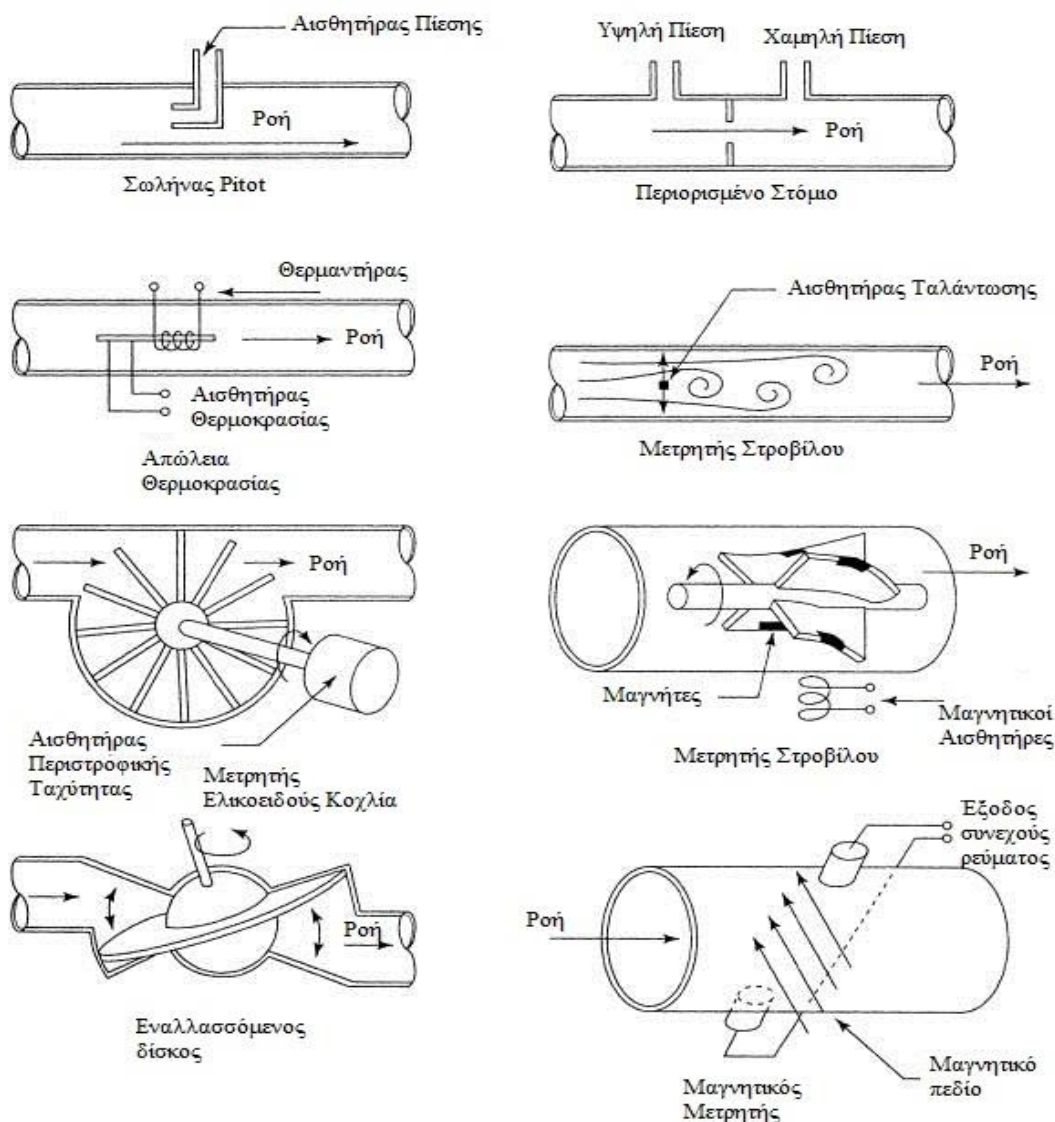
Η μέτρηση παροχής όγκου είναι μια μέτρηση που απασχολεί κάθε παραγωγική διαδικασία που σχετίζεται με την διαχείριση πρώτων υλών υγρών, αερίων, μιγμάτων κ.λ.π. Στην Ελλάδα έχουμε συνηθίσει να τα ονομάζουμε με διάφορες ονομασίες όπως ροόμετρα , παροχόμετρα, υδρομετρητές, ογκομετρητές κ.α.

Οι αισθητήρες ροής που βρίσκονται στην αγορά, σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις, οικοδομές και λοιπές εφαρμογές, εμφανίζουν πολλές μορφές και τόσο σε μέγεθος, όσο και στον τρόπο μέτρησης της ροής του επιμέρους ρευστού. Χαρακτηριστικά έχουμε μετρητές στροβίλου, μετρητές στένωσης, τον σωλήνα Venturi, μετρητές με κάθετο στόμιο εκροής, μετρητές με ακροφύσιο, ηλεκτρομαγνητικά ροόμετρα, Ultrasonic ροόμετρα. Ροόμετρα ενδείκτη, ροόμετρα σωλήνα, κ.α. Επίσης, τα ροόμετρα κατηγοριοποιούνται και σε δύο επιμέρους διακρίσεις ανάλογα με τον τρόπο μέτρησης της ροής σε:

- Μέτρηση του όγκου
- Μέτρηση της ταχύτητας

Οι βασικότερες τεχνικές αυτού του είδους ροομέτρων είναι:

- Ο μετρητής ελικοειδούς κοχλία
- Ο μετρητής περιστρεφόμενου λοβού
- Ο μετρητής στροβίλου
- Ο μετρητής υδροτροχού
- Ο μετρητής ελικοειδούς κοχλία και ο μετρητής περιστρεφόμενου λοβού αποτελούν θετικής μετατόπισης που σημαίνει ότι το ρευστό ρέει σε θαλάμους γνωστού όγκου και αναγκάζει τον κοχλία ή τους λοβούς να κινηθούν.
- Η αρχή λειτουργίας των μετρητών θετικής μετατόπισης είναι η διαίρεση της ροής του ρευστού σε γνωστές ποσότητες και στη συνέχεια η πρόσθεση αυτών των ποσοτήτων για το προσδιορισμό της συνολικής ποσότητας που έχει περάσει στη μονάδα του χρόνου.



Σχήμα Νο.10 : Τεχνικές Μέτρησης Ροής

5. Αισθητήρας Διατήρησης και Ενίσχυσης Σήματος με Αρντουϊνο

5.1 Συνδυασμός Αισθητήρα Σήματος με Πλακέτα Αρντουϊνο Υπο Rev 3

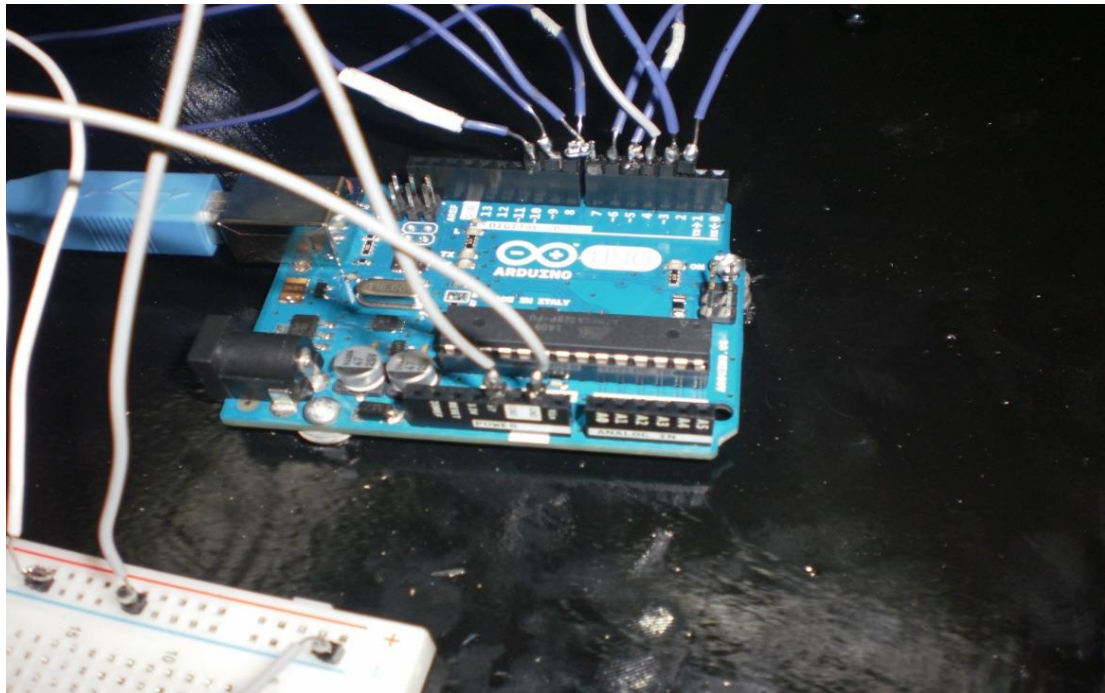
Το Arduino είναι μια ηλεκτρονική πλακέτα ανοιχτού κώδικα βασισμένη στην εύκολη χρήση υλικού και λογισμικού. Προορίζεται για τον οποιοδήποτε που

σχεδιάζει διαδραστικές κατασκευές. Είναι εύκολο στην χρήση του με δικό του κώδικα προγραμματισμού βασισμένο στην γλώσσα C++. Είναι το βασικότερο κομμάτι της κατασκευής διότι το αναλογικό σήμα του υπέρηχου καταλήγει εκεί και μεταφράζεται σε ψηφιακό με αποτέλεσμα να μπορούμε να ελέγχουμε τις παραμέτρους.



Εικόνα No.2 : Arduino Uno Rev 3

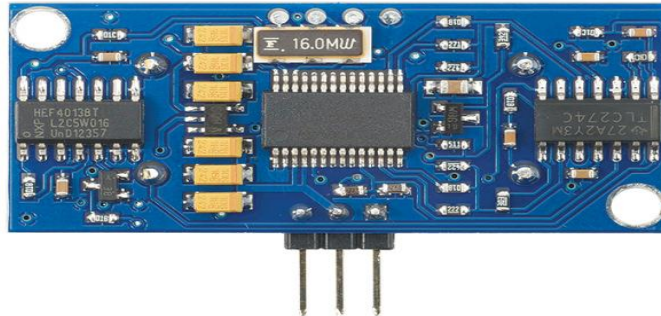
Η πλακέτα τροφοδοτείται με τάση μέσω του καλωδίου USB με το οποίο είναι συνδεδεμένο στον υπολογιστή. Εκτός της τροφοδότησης το καλώδιο USB χρησιμοποιείται και για την εισαγωγή του κώδικα στην πλακέτα. Στις ψηφιακές εισόδους είναι συνδεδεμένα τα led και στην ψηφιακή εισοδο είναι συνδεδεμένο το σήμα του αισθητήρα.



Εικόνα Νο.3 : Συνδέσεις εισόδων και εξόδων και Αισθητήρας υπερήχων

Ο αισθητήρας υπερήχων παρέχει μια εύκολη μέθοδο στην μέτρηση σήματος. Ο αισθητήρας είναι ιδανικός για όπου απαιτούνται μετρήσεις ανάμεσα σε κινούμενα η σταθερά αντικείμενα. Είναι εφοδιασμένος με έναν πομπό, ο οποίος εκπέμπει υπερηχητικά σήματα, και έναν δέκτη για την ηχώ του επιστρεφόμενου παλμού τα οποία βρίσκονται σε κοινή υποδοχή. Ο αισθητήρας μετρά τον χρόνο που χρειάζεται η ηχώ για να επιστρέψει και στέλνει αυτόν τον χρόνο σε έναν μικροεπεξεργαστή ο οποίος μετατρέπει τον χρόνο σε απόσταση.

Εικόνα Νο.4 : Εμπρόσθια όψη αισθητήρα

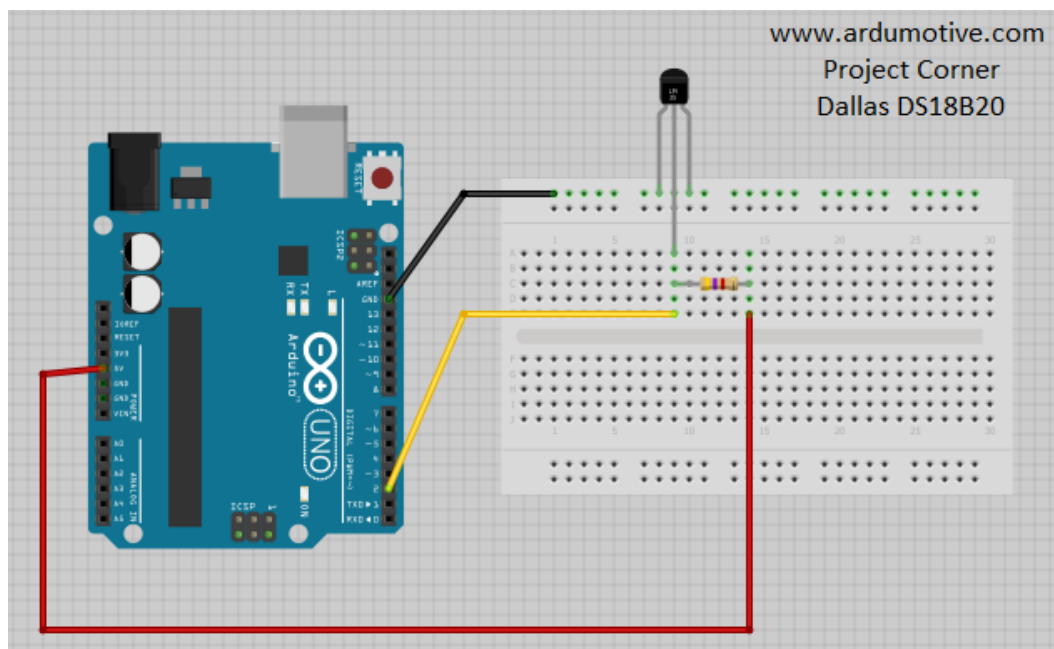


Όπως βλέπουμε στην εμπρόσθια όψη ο αισθητήρας έχει τρεις υποδοχές. Η GND (Ground) είναι η γείωση, η 5V είναι η τροφοδότηση και η SG (Signal) είναι το σήμα. Η γείωση συνδέεται στην αρνητική υποδοχή της breadboard, η τροφοδότηση γίνεται μέσα στην πλακέτα Arduino στην υποδοχή των 5V και το σήμα συνδέεται στην είσοδο της πλακέτας.

Οι αισθητήρες με τη σημερινή τεχνολογική και επιστημονική εξέλιξη, αποτελούν ένα σημαντικό επίτευγμα και βοήθημα για τον άνθρωπο. Στην καθημερινή μας ζωή καθώς και σε κάθε λογής κλάδο (βιομηχανικό, ναυτιλιακό κ.α.) δίνουν εύκολες λύσεις και μας αποτρέπουν από πολλών ωρών δουλειά για την επίτευξη σκοπών.

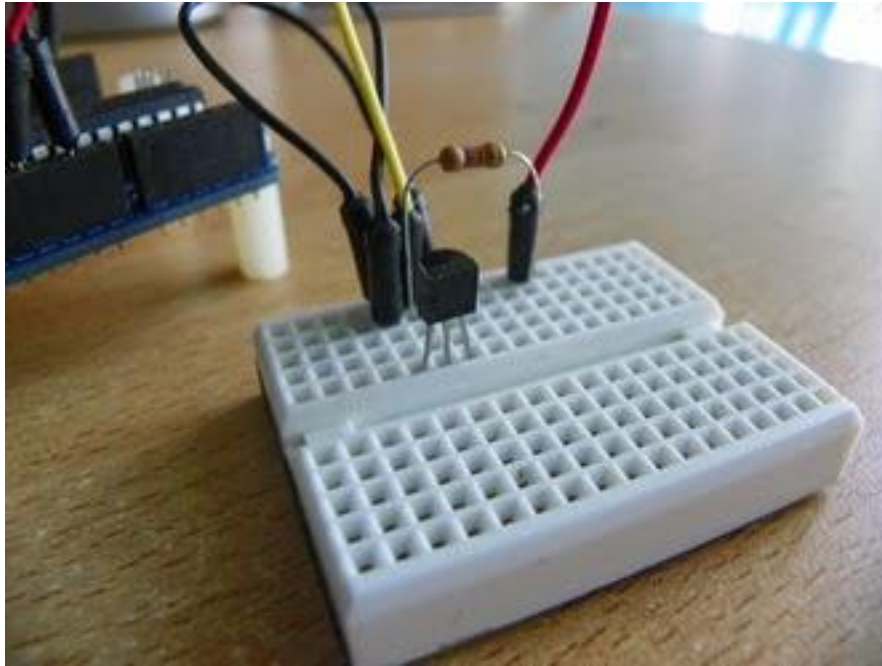
Ειδικότερα, έχοντας ως γνώμονα τη κατασκευή του μοντέλου απόδοσης σήματος με πλακέτα αρντουίνο μέσω αισθητήρων υπερήχων, παρατηρούμε την σχετικά εύκολη χρήση τους χωρίς ιδιαίτερη τεχνογνωσία για τη συνδεσμολογία και τη τοποθέτησή τους. Παράλληλα τη σωστή και ακριβή ανταπόκριση τους στις απαιτήσεις μας. Η κατασκευή αυτή αποτελεί ένα πολύ μικρό δείγμα από τα πλεονεκτήματα που παρατίθενται μέσω της χρήσης των αισθητήρων έλεγχου κάθε

λογής και πιο συγκεκριμένα των αισθητήρων με υπέρηχους. Τέλος, το εύρος της χρήσης παρόμοιων συστημάτων θα μεγαλώνει ολοένα και περισσότερο. Η απλότητα τους, το σχετικά χαμηλό κόστος παραγωγής και εφαρμογής τους θα συνεχίσουν να αποτελούν βασικά πλεονεκτήματα. Το κύκλωμα μας σε breadboard, αναφέρεται ως εξής:



Ενώνουμε το GND με το Vdd pin του DS18B20 με το GND του Arduino

- Το Pin 2 (το pin που είναι στη μέση "D") του DS18B20 με το Pin 2 του Arduino
- Στο Pin2 του DS18B20 βάζουμε την αντίσταση 4.7KOhm και την ενώνουμε με το pin 5V του Arduino



Εικόνα Νο. 5

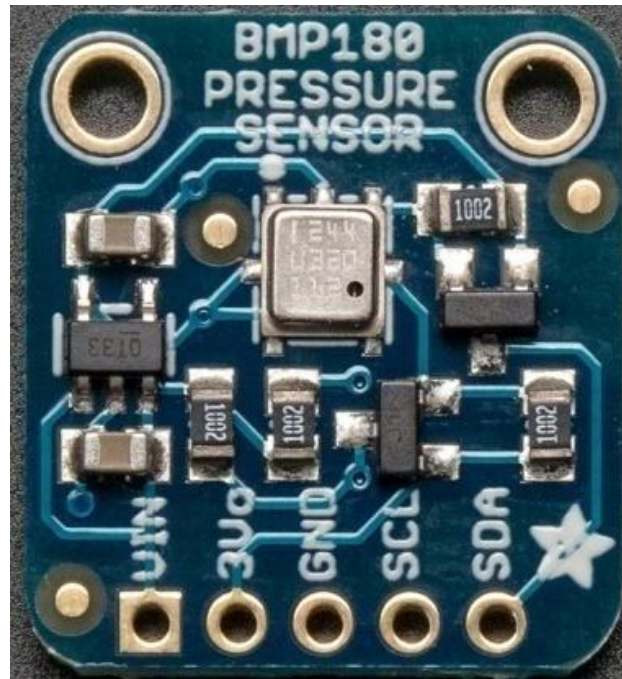
5.2 Αισθητήρας Πίεσης και θερμοκρασίας με Χρήση Πλακέτας Αρντουϊνο

Ο αισθητήρας μέτρησης πίεσης με χρήση πλακέτας Αρντουϊνο, μπορεί να υπολογίζει την πίεση της ατμόσφαιρας και την θερμοκρασία. Επίσης επειδή η πίεση αλλάζει σύμφωνα με το υψόμετρο, με τον κατάλληλο κώδικα μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σαν μετρητής υψομέτρου. Ο αισθητήρας είναι αρκετά μικρός σε μέγεθος και είναι κολλημένος σε PCB με ρυθμιστή τάσης 3.3V, I2C level shifter και pull-up αντίσταση στο I2C ακροδέκτη.

Στο εσωτερικό του υπάρχει ένας αισθητήρας πιεζοηλεκτρικής αντίστασης, ένας αναλογικός σε ψηφιακός μετατροπέας και μία μονάδα ελέγχου με EEPROM και σειριακή I2C διεπαφή. Η EEPROM αποθηκεύει 176 bit από ξεχωριστά δεδομένα που υπάρχουν για το setup. (UP = δεδομένα πίεσης 16 έως 19 bit, UT = δεδομένα θερμοκρασίας 16 bit). Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του, αναφέρονται ως εξής

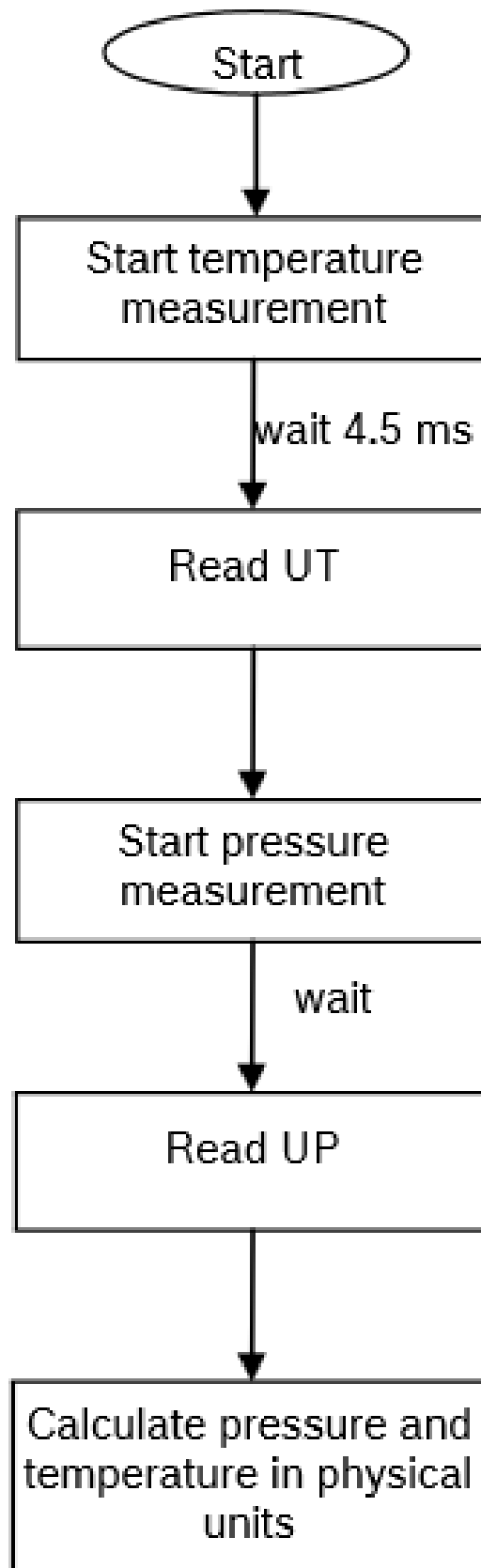
- Vin: 3 έως 5VDC
- Λογικό: 3 με 5V συμβατότητα

- Εύρος Μετρήσιμης πίεσης: 300-1100 hPa (9000m to -500m above sea level)
- Πάνω από 0.03hPa / 0.25m ανάλυση
- -40 to +85°C εύρος λειτουργίας, +-2°C ακρίβεια θερμοκρασίας
- Η πλακέτα χρησιμοποιεί I2C 7-bit διεύθυνση 0x77.



Εικόνα Νο.6 : Αισθητήρας Πίεσης και Θερμοκρασίας

Για όλες τις μετρήσεις του αισθητήρα παρέχετε από την εταιρία έτοιμη βιβλιοθήκη σε γλώσσα C. Το Arduino στέλνει μία αρχική ακολουθία για να ξεκινήσει ο αισθητήρας να μετράει την πίεση και την θερμοκρασία. Μετά από τον χρόνο μετατροπής, τα ορίσματα των αποτελεσμάτων (UP ή UT αντίστοιχα) μπορούν να διαβαστούν μέσω του I2C. Για να μετατρέψουμε τις μετρήσεις σε γνωστές μονάδες μέτρησης (Celsius την θερμοκρασία και hPa την πίεσης υπάρχουν έτοιμες βιβλιοθήκες. Ο χρόνος που παίρνουμε μετρήσεις μπορεί να αυξηθεί σε 128 μετρήσεις ανά δευτερόλεπτο.



Σχήμα Νο.11 : Βήματα Διαδικασίας Μέτρησης Πίεσης και Θερμοκρασίας

6. Επίλογος

Όλα τα είδη των αισθητήρων έχουν ιδιαίτερη βαρύτητα και είναι εξίσου σημαντικά για τον σκοπό και τον τομέα που χρησιμοποιούνται. Οι αισθητήρες μετρήσεως θερμοκρασίας, πίεσης, ροής, ανίχνευσης και ταχύτητας διαφέρουν μεταξύ τους ως προς το τρόπο σχεδίασης και εκτέλεσης, ενώ απαιτούν χρόνο για την κατανόηση τους. Αποτελούν ένα αναπόσπαστο κομμάτι της σύγχρονης λειτουργίας των πλοίων και γενικότερα της ναυτιλίας. Έτσι, η μελέτη της αρχιτεκτονικής και της λειτουργίας τους με στόχο την βελτιστοποίηση τους, απαρτίζει ένα κλάδο που απασχόλησε και θα συνεχίσει να απασχολεί τον άνθρωπο αφού με αυτόν τον τρόπο επιταχύνει, διευκολύνει και κάνει ασφαλέστερο το θαλάσσιο εμπόριο, το οποίο έχει πολύ σημαντικό αντίκτυπο στην παγκόσμια οικονομία και έτσι συμβάλει στην ανάπτυξη του βιοτικού επιπέδου, καθώς και της τεχνολογίας.

Βιβλιογραφία

Αγγλική Βιβλιογραφία

- ✓ Bicking R.E. Fundamentals of Pressure Sensor Technology. 1998.
- ✓ Bose B.K., 1997, Power Electronics and Variable Frequency Drives: Technology and Applications, IEEE Press, New York
- ✓ Doebelin E. Measurement Systems Application and Design. McGraw-Hill International, Editions, New York, 1990.
- ✓ Elgar, P. 2000 Αισθητήρες Μέτρησης και Ελέγχου. Θεσσαλονίκη : Εκδόσεις Τζιόλα
- ✓ Frank, R., and D. Zehrbach, Testing the System on a Chip. Proc. Sensors Expo, San Jose, 1998
- ✓ Gardner, J.W 2000 Μικροαισθητήρες – Αρχές και Εφαρμογές. Θεσσαλονίκη : Εκδόσεις Τζιόλα
- ✓ Harrington R. L., 1992, ed., Marine Engineering, The Society of Naval Architects and Marine Engineers, Jersey City, N.J.
- ✓ Michalski L., Eckersdorf K, McGee J. Temperature Measurement. John Wiley and Sons, 1991.
- ✓ Morris A.S. Principles of Measurement and Instrumentation. Prentice Hall, New York, 1993
- ✓ Randy F. Understanding smart sensors - Sensors and traducers, 1985 Published by Mac Milan Publishers
- ✓ Sallabank P. H., Whitehead A. J., 1996, “The practical application of modern simulation tools throughout the design and trials of a diesel electric propulsion system, Trans ImarE, Vol. 107, Part 2

Ελληνική Βιβλιογραφία

- ✓ Μπατιστάτος Ν. 1999, Ανάλυση Συστημάτων Δηζελοηλεκτρικής Πρόωσης Πλοίων, Διπλωματική Μεταπτυχιακή Εργασία ΔΠΜΣ Παραγωγή και Διαχείριση Ενέργειας, Αθήνα, Οκτώβριος

- ✓ Φραγκόπουλος Χ., 2005, Ενεργειακά Συστήματα Πλοίου – Τόμος Α': Ηλεκτρολογικό μέρος, Διδακτικές σημειώσεις για φοιτητές της Σχολής Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ
- ✓ Χατζηλάου Ι.Κ, Γύπαρης Ι.Κ., 2001, Ηλεκτροπρόωση Μηχανών Πολεμικών Πλοίων', Μονογραφία ΣΝΔ, Πειραιάς, Μάρτιος