

**ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ  
Α.Ε.Ν ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:Κος ΠΑΠΑΧΡΗΣΤΟΥ**

**ΘΕΜΑ:**

**«ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΥΠΕΡΗΧΩΝ ΣΤΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑ»**

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ :ΜΑΝΩΛΗΣ ΘΩΜΑΣ**

**ΑΜ: 3540**

**ΗΜΕΡ/ΝΙΑ ΑΝΑΘΕΣΗΣ:**

**ΗΜΕΡ/ΝΙΑ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ:**

<i>A/A</i>	<i>Όνοματεπώνυμο</i>	<i>Ειδικότητα</i>	<i>Αξιολόγηση</i>	<i>Υπογραφή</i>
<b>1</b>	<b>ΜΑΝΩΛΗΣ ΘΩΜΑΣ</b>	<b>ΔΟΚΙΜΟΣ ΠΛΟΙΑΡΧΟΣ</b>		
<b>2</b>				
<b>3</b>				
<b>ΤΕΛΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ</b>				

**Ο ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ ΣΧΟΛΗΣ : ΤΣΟΥΛΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ**

# **ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ**

## **ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : ΥΠΕΡΗΧΟΙ**

- 1.1 Ορισμός υπερήχων
- 2.1 Ιστορική εξέλιξη των υπερήχων
- 3.1 Αντίληψη του ανθρώπου
- 4.1 Δοκιμές υπερήχων
  - 4.1.1 Πώς λειτουργεί
- 5.1 Sonochemistry

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : ΔΡΟΜΟΜΕΤΡΑ**

- 2.1 Ορισμός Δρομόμετρου
- 2.2 Ιστορική εξέλιξη
- 2.3 Κατασκευή
- 2.4 Δρομόμετρα έλικας
- 2.5 Δρομόμετρα μετρήσεως της ταχύτητας μέσω της μεταβολής της πίεσεως του νερού
- 2.6 Μέτρηση της ταχύτητας με δρομόμετρο ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής
- 2.7 Φαινόμενο Doppler
  - 2.7.1 Σφάλματα δρομόμετρου Doppler
- 2.8 Το δρομόμετρο ακουστικής συσχέτισεως (acoustic correlation)

2.9 Πλεονεκτήματα του δρομόμετρου ακουστικής συσχέτισεως έναντι του δρομόμετρου Doppler

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : ΗΧΟΒΟΛΙΣΤΙΚΗ ΣΥΣΚΕΥΗ**

3.1 Ιστορική Εξέλιξη

3.2 Γενικά για τις ηχοβολιστικές συσκευές

3.3 Μέρη της ηχοβολιστικής συσκευής

3.4 Σφάλματα στη μέτρηση του βάθους με ηχοβολιστικές συσκευές

3.4.1 Ανιχνευτές σφαλμάτων υπερήχων

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 : ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΥΠΕΡΗΧΩΝ**

4.1 Μέθοδος Time of Flight (TOF)

4.2 Αισθητήρες ροής υπερήχων

4.3 Αισθητήρες απόστασης υπερήχων

4.4 Βασικά τεχνικά χαρακτηριστικά

4.5 Μέτρηση στάθμης σε υγρά με αισθητήρες απόστασης υπερήχων

4.6 Μέτρηση στάθμης σε στερεά

4.7 Κάρτες υπερήχων

4.8 Παχύμετρο

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 : ΣΟΝΑΡ**

5.1 Η Εφεύρεση

5.2 Σόναρ

5.2.1 Ενεργητικά Σόναρ

5.2.2 Παθητικά Σόναρ

### **5.3**Είδη SONAR

**5.3.1** SONAR απλής δέσμης

**5.3.2**SONAR πλευρικής σάρωσης

**5.3.3**SONAR πολλαπλών δεσμών

**5.3.4**SONAR μεταβλητού βάθους

**5.3.5**SONAR ρυμουλκούμενης συστοιχίας

**5.4**Στρατιωτικές εφαρμογές

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 :Αισθητήρας μικροκυμάτων ραντάρ (GuidedMicrowaveorRadar)**

**6.1** Αρχή μέτρησης

**6.1.1** Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα

**6.2** Μέτρηση στάθμης με ραντάρ

**6.3**Μέθοδος FMCW

**6.4**Μέθοδος Παλμών

**6.5**Μετρητές ραντάρ σε LNG και LPG

**6.6**Μετρητές ραντάρ σε πετρελαιοφόρα πλοία

**6.7**Επίπεδο Δυσκολίας στη μέτρηση της στάθμης μία δεξαμενής

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

**Υπέρηχος** ονομάζεται το μηχανικό κύμα με συχνότητα μεγαλύτερη από αυτήν που μπορεί να ακούσει ο άνθρωπος (περίπου 20.000 Hz). Με άλλα λόγια ο υπέρηχος είναι ένας ήχος που δεν μπορεί να γίνει αντιληπτός, από το ανθρώπινο αυτί καθώς αυτό έχει κάποια όρια και δεν μπορεί να ακούσει πολύ ψηλούς ή χαμηλούς ήχους. Ωστόσο, άλλα ζώα είναι ικανά να ακούσουν υπερήχους, όπως ο σκύλος, ενώ οι νυχτερίδες χρησιμοποιούν υπερήχους για να "βλέπουν" την νύχτα. Η φυσική των υπερήχων είναι ίδια με των ηχητικών κυμάτων. Η ενέργεια του ηλεκτρικού σήματος μετατρέπεται σε μηχανική ταλάντωση υψηλής συχνότητας με τη βοήθεια ενός ηλεκτροακουστικού μορφοτροπέα (electroacoustic transducer) και μεταδίδεται στο μέσο, με τη χρήση κατάλληλου στοιχείου προσαρμογής (π.χ. χοάνης). Οι υπέρηχοι χρησιμοποιούνται σε συσκευές απεικόνισης του εσωτερικού ενός ανθρώπου και άλλων αντικειμένων. Μια σημαντική εφαρμογή είναι η απεικόνιση του εμβρύου στις έγκυες γυναίκες. Οι υπέρηχοι παράγονται από κάποιο κρύσταλλο που δονείται εξαιτίας του πιεζοηλεκτρικού φαινομένου. Μέσα στο σώμα ο υπέρηχος ανακλάται στις περιοχές όπου υπάρχει μεγάλη αλλαγή στην πυκνότητα. Ο παλμός που ανακλάστηκε επιστρέφει στον κρύσταλλο, ο οποίος πάλλεται και παράγει μια ηλεκτρική ώση, η οποία απεικονίζεται με κατάλληλη συσκευή (οθόνη). Άλλες εφαρμογές των υπερήχων είναι οι συγκολλήσεις, οι καθαρισμοί και οι μη καταστροφικοί έλεγχοι. Οι υπέρηχοι αποτελούν μια από τις σημαντικότερες μη καταστροφικές μεθόδους ελέγχου υλικών. Ειδικότερα στη βιομηχανία, οι υπέρηχοι χρησιμοποιούνται για την ανίχνευση ρωγμών και δομικών ατελειών, την ομογενοποίηση του σκυροδέματος, τον καθαρισμό κοσμημάτων, εξαρτημάτων και υφασμάτων, την παλαίωση οίνων, την επιτάχυνση φυσικο-χημικών διεργασιών (διασπορά, κατακρήμνιση, γαλακτοματοποίηση), κτλ. Στην ιατρική, οι υπέρηχοι χρησιμοποιούνται ως διαγνωστική μέθοδος, για την ανίχνευση όγκων και οιδημάτων, καθώς και για εξωσωματική λιθοτριψία.

# **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1:**

## **ΥΠΕΡΗΧΟΙ**

### **1.1 Ορισμός υπερήχων**

Ο υπέρηχος (ultrasound) είναι το μηχανικό κύμα με συχνότητα μεγαλύτερη από το ανώτερο όριο της ανθρώπινης ακοής. Αυτό σημαίνει ότι δεν διαχωρίζεται από τον «κανονικό» ήχο λόγω διαφορών στις φυσικές ιδιότητες, αλλά μόνο στο γεγονός ότι ο άνθρωπος δεν μπορεί να το ακούσει. Παρόλο που το όριο αυτό κυμαίνεται από άτομο σε άτομο, είναι περίπου 20kHz (20000 Hertz) στο μέσο ενήλικα. Οι συσκευές υπερήχων λειτουργούν με συχνότητες που κυμαίνονται από 20kHz έως πολλά GHz.. Ηφυσική των υπερήχων είναι ίδια με των ηχητικών κυμάτων.

### **2.1 Ιστορική εξέλιξη των υπερήχων**

Η ακουστική, η επιστήμη του ήχου, αρχίζει ήδη από τον Πυθαγόρα τον 6ο αιώνα π.Χ., ο οποίος έγραψε για τις μαθηματικές ιδιότητες των χορδών. Η εντόπιση σε νυχτερίδες ανακαλύφθηκε από τον Lazzaro Spallanzani το 1794, όταν απέδειξε ότι οι νυχτερίδες κυνηγούσαν και περιστρέφονταν από ακούραστο ήχο και όχι όραμα. Το 1893 εφευρέθηκε το σφύριγμα του Galton, ένα ρυθμιζόμενο σφύριγμα που παρήγαγε υπερηχογράφημα, το οποίο χρησιμοποίησε για να μετρήσει την ακουστική κλίμακα ανθρώπων και άλλων ζώων, αποδεικνύοντας ότι πολλά ζώα μπορούσαν να ακούσουν ήχους πάνω από το εύρος ακρόασης των ανθρώπων. Η πρώτη τεχνολογική εφαρμογή του υπέρηχου ήταν μια προσπάθεια ανίχνευσης υποβρυχίων από τον Paul Langevin το 1917. Το πιεζοηλεκτρικό φαινόμενο, που ανακαλύφθηκε από τον Jacques και τον Pierre Curie το 1880, ήταν χρήσιμο στους μεταγωγείς να παράγουν και να ανιχνεύουν υπερηχητικά κύματα στον αέρα και το νερό.

### **3.1 Αντίληψη του ανθρώπου**

Το ανώτατο όριο συχνότητας στους ανθρώπους (περίπου 20 kHz) οφείλεται σε περιορισμούς του μέσου αυτιού. Ακουστική αίσθηση μπορεί να συμβεί εάν ο υπερηχογράφος υψηλής έντασης τροφοδοτείται κατευθείαν στο ανθρώπινο κρανίο και φτάνει στον κοχλία μέσω της οστικής αγωγής, χωρίς να διέρχεται από το μέσο αυτί. Τα παιδιά μπορούν να ακούσουν μερικούς ψηλούς ήχους που οι ηλικιωμένοι δεν μπορούν να ακούσουν, επειδή στους ανθρώπους το ανώτατο όριο της ακοής τείνει να μειώνεται με την ηλικία. Μια αμερικανική εταιρία κινητής τηλεφωνίας έχει χρησιμοποιήσει αυτό για να δημιουργήσει σημάδια δακτυλίων τα οποία υποτίθεται ότι μπορούν να ακουστούν μόνο από τους νεότερους ανθρώπους.

## 4.1 Δοκιμές υπερήχων

Ο υπερηχητικός έλεγχος (UT) είναι μια οικογένεια τεχνικών μη καταστρεπτικών δοκιμών που βασίζονται στη διάδοση υπερηχητικών κυμάτων στο αντικείμενο ή το υλικό που δοκιμάστηκε. Στις περισσότερες κοινές εφαρμογές UT, πολύ σύντομα υπερηχητικά κύματα παλμών με κεντρικές συχνότητες που κυμαίνονται από 0.1-15 MHz και ενίοτε μέχρι 50 MHz μεταδίδονται σε υλικά για την ανίχνευση εσωτερικών ελαττωμάτων ή για τον χαρακτηρισμό υλικών. Ένα κοινό παράδειγμα είναι η μέτρηση πάχους υπερήχων, η οποία ελέγχει το πάχος του αντικειμένου δοκιμής, για παράδειγμα, για την παρακολούθηση της διάβρωσης των σωληνώσεων. Η υπερηχητική δοκιμή συχνά εκτελείται σε χάλυβα και άλλα μέταλλα και κράματα, αν και μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε σκυρόδεμα, ξύλο και σύνθετα υλικά, αν και με μικρότερη ανάλυση. Χρησιμοποιείται σε πολλές βιομηχανίες, όπως κατασκευές από χάλυβα και αλουμίνιο, μεταλλουργία, μεταποίηση, αεροδιαστημική, αυτοκινητοβιομηχανία και άλλους τομείς μεταφορών.

### 4.1.1 Πώς λειτουργεί

Σε υπερηχητική δοκιμή, ένας υπερηχητικός μορφοτροπέας που συνδέεται με ένα διαγνωστικό μηχάνημα περνάει πάνω από το αντικείμενο που επιθεωρείται. Ο μορφοτροπέας τυπικά διαχωρίζεται από το αντικείμενο δοκιμής με συζεύκτη (όπως έλαιο) ή με νερό, όπως στη δοκιμή εμβάπτισης. Ωστόσο, όταν διεξάγεται δοκιμή υπερήχων με ηλεκτρομαγνητικό ακουστικό μορφοτροπέα (EMAT), δεν απαιτείται η χρήση συμπλοκοποιητού. Υπάρχουν δύο μέθοδοι λήψης της κυματομορφής υπερήχων: ανάκλαση και εξασθένηση. Σε λειτουργία ανάκλασης (ή παλμού-ηχώ), ο μορφοτροπέας εκτελεί τόσο την αποστολή όσο και τη λήψη των παλμών, καθώς ο "ήχος" ανακλάται πίσω στη συσκευή. Ο προβληματικός υπερηχογράφος προέρχεται από μια διεπαφή, όπως το πίσω τοίχωμα του αντικειμένου ή από μια ατέλεια μέσα στο αντικείμενο. Το διαγνωστικό μηχάνημα εμφανίζει αυτά τα αποτελέσματα με τη μορφή σήματος με εύρος που αντιπροσωπεύει την ένταση της αντανάκλασης και την απόσταση, που αντιπροσωπεύει τον χρόνο άφιξης της αντανάκλασης. Στη λειτουργία εξασθένησης (ή μέσω της μετάδοσης), ένας πομπός στέλνει υπερήχους μέσω μιας επιφάνειας και ένας ξεχωριστός δέκτης ανιχνεύει την ποσότητα που έχει φτάσει σε άλλη επιφάνεια μετά τη διέλευση από το μέσο. Ατέλειες ή άλλες συνθήκες στο χώρο μεταξύ του πομπού και του δέκτη μειώνουν την ποσότητα του ήχου που μεταδίδεται, αποκαλύπτοντας έτσι την παρουσία τους. Η χρήση του συζεύκτη αυξάνει την αποτελεσματικότητα της διαδικασίας μειώνοντας τις απώλειες στην υπερηχητική ενέργεια κυμάτων λόγω του διαχωρισμού μεταξύ των επιφανειών.

## 5.1 Sonochemistry

Ο υπερηχογράφος ισχύος στην περιοχή των 20-100 kHz χρησιμοποιείται στη χημεία. Ο υπερηχογράφος δεν αλληλεπιδρά άμεσα με μόρια για να προκαλέσει τη χημική αλλαγή, καθώς το τυπικό μήκος κύματος (σε χιλιοστόμετρα) είναι υπερβολικά μεγάλο σε σύγκριση με τα μόρια. Αντ' αυτού, η ενέργεια προκαλεί σπηλαιώση που

δημιουργεί ακραίες θερμοκρασίες και πιέσεις στο υγρό όπου συμβαίνει η αντίδραση. Ο υπέρηχος διαλύει επίσης τα στερεά και αφαιρεί τα παθητικά στρώματα του αδρανούς υλικού για να δώσει μια μεγαλύτερη επιφάνεια για να συμβεί η αντίδραση. Και τα δύο αυτά αποτελέσματα κάνουν την αντίδραση ταχύτερη. Το 2008, ο Atul Kumar ανέφερε τη σύνθεση των εστέρων Hantzsch και των παραγώγων πολυυδροκινολίνης μέσω πρωτοκόλλου αντίδρασης πολλαπλών συστατικών σε υδατικά μικκύλια χρησιμοποιώντας υπερήχους. Ο υπέρηχος χρησιμοποιείται στην εξαγωγή, χρησιμοποιώντας διαφορετικές συχνότητες.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 :

### ΔΡΟΜΟΜΕΤΡΑ

#### **2.1 Ορισμός Δρομόμετρου**

Δρομόμετρο ονομάζεται το ναυτιλιακό όργανο το οποίο μετράει την ταχύτητα του πλοίου. Πρόκειται για όργανο παρόμοιο με το κοντέρ των αυτοκινήτων και των μοτοσυκλετών. Η μονάδα μέτρησης της ταχύτητας που αποτυπώνεται στα δρομόμετρα είναι ο κόμβος, ο οποίος αντιστοιχεί με ένα ναυτικό μίλι την ώρα.

#### **2.2 Ιστορική εξέλιξη**

Τα πρώτα δρομόμετρα που χρησιμοποιήθηκαν κατά το 17ο αιώνα ήταν τα λεγόμενα κοινά δρομόμετρα. Το κοινό δρομόμετρο περιλάμβανε το δελτωτό, που ήταν κατασκευασμένο από ξύλο σε σχήμα τεταρτοκυκλίου και δεμένο σε τρία σχοινιά μικρού μήκους στο κύριο σχοινί του δρομομέτρου, ώστε να διατηρείται κατακόρυφο μέσα στο θαλάσσιο νερό. Το κύριο σχοινί τυλιγόταν στο πρόμετρο, για να αφήνεται εύκολα στη θάλασσα και αντιστρόφως, και σε διαστήματα 15,43 μέτρα ή 30,86 μέτρα έφερε κόμβους. Όταν έριχναν το δελτωτό στη θάλασσα και άφηναν ελεύθερο το πρόμετρο να ξετυλιχθεί το σχοινί, μετρούσαν τους κόμβους που έφευγαν στη θάλασσα σε χρόνο 30 ή 60 δευτερολέπτων, που τους έδιναν την ταχύτητα του πλοίου σε ναυτικά μίλια ανά ώρα. Γι' αυτό και η ταχύτητα του πλοίου μετριέται σε κόμβους. Ως χρονόμετρο για τη μέτρηση του χρόνου των 30 ή των 60 δευτερολέπτων χρησιμοποιούσαν το αμμοτό. Κατά το 19ο αιώνα χρησιμοποιήθηκε το μηχανικό δρομόμετρο, που αποτελείται από ελεύθερα περιστρεφόμενη έλικα, η οποία ρίχνεται στη θάλασσα και ρυμουλκείται από το πλοίο. Η δυναμική πίεση του θαλάσσιου νερού, λόγω της κίνησης του πλοίου, εξαναγκάζει την έλικα σε περιστροφή, ενώ με το σχοινί ρυμουλκήσεως οι στροφές μεταδίδονται σε μειωτήρες τροχούς του κυρίως δρομομέτρου, στους άξονες των οποίων προσαρμόζονται δείκτες που περιστρέφονται μπροστά από κυκλικές κλίμακες αποστάσεως, βαθμολογημένες σε ναυτικά μίλια. Αφού το βήμα της έλικας είναι γνωστό και σταθερό, η ταχύτητα περιστροφής της έλικας είναι ανάλογη με την ταχύτητα του πλοίου. Έτσι, οι υποδιαιρέσεις των κλιμάκων αποστάσεως στις οποίες θα βρίσκονται οι δείκτες που προσαρμόζονται στους άξονες των μειωτήρων τροχών, θα αντιστοιχούν στην απόσταση που διανύθηκε. Από την απόσταση αυτή προκύπτει με υπολογισμό και η ταχύτητα του πλοίου.

## 2.3 Κατασκευή

Ένα δρομόμετρο αποτελείται από μια ξύλινη σανίδα που είναι προσαρτημένη σε μια γραμμή (η γραμμή καταγραφής). Η γραμμή έχει έναν αριθμό κόμβων σε ομοιόμορφα διαστήματα. Η γραμμή καταγραφής είναι τυλιγμένη σε ένα κούτσουρο η κατασκευή του οποίου με την πάροδο του χρόνου, τυποποιήθηκε. Το σχήμα του είναι ένα τεταρτημόριο και η γραμμή καταγραφής συνδέεται με το σκάφος με ένα χαλί τριών γραμμών που συνδέονται με την κορυφή και με τα δύο άκρα του τόξου του τεταρτημορίου. Για να εξασφαλιστεί ότι το κούτσουρο βυθίζεται και προσανατολίζεται σωστά στο νερό, το κάτω μέρος του κορμού ζυγίζεται με μόλυβδο. Αυτό παρέχει μεγαλύτερη αντοχή στο νερό και πιο ακριβή και επαναλαμβανόμενη ανάγνωση. Ένα χαλινάρι συνδέεται με τέτοιο τρόπο, ώστε ένα ισχυρό ρυμουλκό στη γραμμή καταγραφής να κάνει μία ή δύο από τις γραμμές του χαλιού να απελευθερωθούν, έτσι ώστε ένας ναυτικός να μπορεί να ανακτήσει το ημερολόγιο.

## 2.4 Δρομόμετρα έλικας

Τα δρομόμετρα αυτά μετρούν την ταχύτητα του πλοίου ως προς το νερό. Η αρχή λειτουργίας τους βασίζεται στην περιστροφή μιας μικρής έλικας, λόγω της δυναμικής πίεσεως του θαλασσινού νερού στα πτερύγιά της, κατά την κίνηση του πλοίου. Όσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα του πλοίου, τόσο γρηγορότερα περιστρέφεται η έλικα του δρομόμετρου. Τέτοια δρομόμετρα, παλαιάς τεχνολογίας, ήταν τα τύπου Chernikeef, βρετανικής προελεύσεως και τα Forbes, αμερικανικής προελεύσεως. Τα δρομόμετρα αυτά αποτελούνται από ένα σωλήνα, γνωστό ως *σπάθη*, ο οποίος στο κάτω άκρο του διαθέτει κυλινδρική υποδοχή, εντός της οποίας προσαρμόζεται η μικρή έλικα (impeller) του δρομόμετρου. Ο μηχανισμός εγκαθίσταται έτσι, ώστε ο άξονας περιστροφής της έλικας να είναι παράλληλος με το διάμηκες του πλοίου. Έτσι, η έλικα συμπληρώνει μια στροφή όταν η απόσταση που προχωράει το πλοίου αυξάνεται κατά διάστημα ίσο με το βήμα της. Στον άξονα της έλικας, είναι προσαρμοσμένος μόνιμος μαγνήτης, ο οποίος περιστρέφεται με την ταχύτητά της μπροστά από σταθερό πηνίο. Έτσι, κατά την κίνηση του πλοίου, σε κάθε στροφή της έλικας, που αντιστοιχεί σε προχώρηση του πλοίου ίση προς το βήμα της, επάγεται ένας κύκλος εναλλασσόμενης τάσεως. Τόσο η συχνότητα, όσο και το πλάτος της τάσεως που επάγεται στο πηνίο, αυξάνονται ανάλογα με την ταχύτητα του πλοίου. Η τάση αυτή ενισχύεται και στη συνέχεια μετατρέπεται σε συνεχή. Η μέτρησή της αντιστοιχεί σε βαθμονόμηση σε κόμβους, μέσω της οποίας παρέχεται η ένδειξη της ταχύτητας.

## 2.5 Δρομόμετρα μετρήσεως της ταχύτητας μέσω της μεταβολής της πίεσεως του νερού

Όταν ένας σωλήνας ανοικτός στη βάση του βυθιστεί κατακόρυφα στο νερό, τότε ασκείται σ' αυτόν πίεση ανάλογη του βάθους στο οποίο βυθίζεται. Εάν ο σωλήνας κρατηθεί σταθερός, τότε η πίεση που ασκείται σ' αυτόν από το νερό παραμένει

σταθερή και ονομάζεται **στατική**. Αν τώρα ο σωλήνας αρχίσει να κινείται με κάποια ταχύτητα μέσα στο νερό, ενώ παράλληλα κρατείται σε σταθερό βάθος, τότε αναπτύσσεται σ' αυτόν ένα νέο είδος πίεσεως, η **δυναμική πίεση**. Από τις δύο προαναφερόμενες πιέσεις, η στατική πίεση εξαρτάται από το βάθος, ενώ η δυναμική αποτελεί συνάρτηση τόσο του βάθους, όσο και της ταχύτητας. Απαιτείται λοιπόν ένας ευέλικτος μηχανισμός, ο οποίος να μπορεί να απομονώσει στα πλαίσια της μετρήσεως τη δυναμική πίεση, απαλείφοντας τη στατική.

## 2.6 Μέτρηση της ταχύτητας με δρομόμετρο ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής

Τα δρομόμετρα αυτού του τύπου μετρούν την ταχύτητα του πλοίου *ως προς το νερό*. Η αρχή λειτουργίας τους βασίζεται στο νόμο της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής του Faraday και είναι η ίδια αρχή που εξηγεί τον τρόπο, με τον οποίο παράγει ρεύμα μία ηλεκτρική γεννήτρια. Σύμφωνα με το νόμο αυτό, με την κίνηση του αγωγού εντός ενός μαγνητικού πεδίου, μεταβάλλεται η μαγνητική ροή του πεδίου, δηλαδή το «ποσό» του μαγνητισμού που διέρχεται απ' αυτόν. Τότε στον αγωγό αυτό επάγεται μια ηλεκτροκινητική δύναμη, η οποία είναι ανάλογη του ρυθμού μεταβολής της μαγνητικής ροής. Υποθέτοντας τότε ότι το μαγνητικό πεδίο διατηρείται σταθερό, η δύναμη που αναπτύσσεται είναι ευθέως ανάλογη της ταχύτητας με την οποία κινείται ο αγωγός.

## 2.7 Φαινόμενο Doppler

Ο όρος **φαινόμενο Doppler** αναφέρεται στην αλλαγή της συχνότητας που υφίσταται ένα κύμα (ηχητικό, ηλεκτρομαγνητικό, οπτικό κ.λπ.), λόγω της σχετικής κινήσεως μεταξύ του πομπού από τον οποίο εκπέμπεται το κύμα και του δέκτη που το λαμβάνει. Ειδικότερα, το κύμα που εκπέμπεται από μία πηγή-πομπό προς ένα δέκτη, γίνεται αντιληπτό από το δέκτη με διαφορετική συχνότητα απ' αυτήν που εκπέμπεται. Ο δέκτης τότε αντιλαμβάνεται συχνότητα μικρότερη ή μεγαλύτερη, ανάλογα με τη σχετική κίνηση πομπού και δέκτη. Αν ο πομπός και ο δέκτης πλησιάζουν ο ένας τον άλλον, παρατηρείται αύξηση της συχνότητας κατά ποσό ίσο με τη συχνότητα Doppler  $f_d$ . Δηλαδή, αν το εκπεμπόμενο σήμα είχε συχνότητα  $f_0$ , η συχνότητα που αντιλαμβάνεται ο δέκτης ισούται με  $f_0 + f_d$ . Αντίθετα, αν ο πομπός και ο δέκτης απομακρύνονται ο ένας από τον άλλο, τότε παρατηρείται μείωση της συχνότητας, κατά ποσό ίσο με τη συχνότητα Doppler  $f_d$ . Δηλαδή, αν το εκπεμπόμενο σήμα είχε συχνότητα  $f_0$ , η συχνότητα που αντιλαμβάνεται ο δέκτης ισούται με  $f_0 - f_d$ . Όπως τον αντιλαμβάνεται ένας παρατηρητής που στέκεται στην άκρη του δρόμου. Το ηχητικό σήμα που ακούει ο παρατηρητής δεν είναι το ίδιο, αλλά ακούγεται πιο «πυκνό» όσο το αυτοκίνητο τον πλησιάζει και πιο «αραιό» απ' τη στιγμή που θα τον περάσει και για όσο απομακρύνεται απ' αυτόν. Αυτό το οποίο στην πραγματικότητα συμβαίνει είναι ότι η συχνότητα του ηχητικού σήματος που ακούει ο παρατηρητής δεν είναι η ίδια με τη συχνότητα του ηχητικού σήματος που εκπέμπεται από τη μηχανή του αυτοκινήτου, αλλά μεγαλύτερη όσο αυτό τον πλησιάζει και μικρότερη όσο απομακρύνεται από αυτόν. Αντίθετα, αν η απόσταση μεταξύ πομπού και δέκτη παραμένει σταθερή, δεν παρατηρείται ουδεμία μεταβολή στη συχνότητα, Έστω ότι

ένα πλοίο σφυρίζει με τη σειρήνα του ενώ κινείται κοντά σ' ένα νησί, στο οποίο έχει τοποθετηθεί ένας δέκτης ανιχνεύσεως ηχητικών κυμάτων. Στην περίπτωση που πλοίο τηρεί συγκεκριμένη πορεία, προσεγγίζει τη νήσο διερχόμενο από το CPA και στη συνέχεια απομακρύνεται. Η ανάλυση του ηχητικού κύματος της σειρήνας από το δέκτη επί της νήσου, αποκαλύπτει μέσω της συχνότητας Doppler και σε κάθε θέση του πλοίου, την ακτινική συνιστώσα της ταχύτητας  $V_r$ .

### **2.7.1 Σφάλματα δρομόμετρου Doppler.**

Κάθε ηλεκτρονική συσκευή υπόκειται σε περιορισμούς, αφενός σε ό,τι αφορά στην αξιόπιστη λειτουργία της, αφετέρου σε ό,τι αφορά στη διαθεσιμότητά της. Η λειτουργία του δρομόμετρου Doppler, μπορεί αντίστοιχα να υποβαθμιστεί εξαιτίας μίας σειράς παραγόντων, οι κυριότεροι από τους οποίους είναι:

- α) Οι μεταβολές στην πυκνότητα του νερού.**
- β) Η απώλεια ισχύος σήματος και**
- γ) ο εσφαλμένος προσανατολισμός μορφοτροπέα.**

**α) Μεταβολές στην πυκνότητα του νερού.** Ο κυριότερος παράγοντας που ευθύνεται για σημαντικές μεταβολές στην πυκνότητα του νερού είναι οι φυσαλίδες. Φυσαλίδες μπορούν να προκληθούν από ποικίλα αίτια, όπως κοπάδια ψαριών που διέρχονται κάτω από το πλοίο. Επιπλέον, λανθασμένη εγκατάσταση του μορφοτροπέα της συσκευής πιθανόν να προκαλέσει σπηλαιώσεις κάτω από την τρόπιδα του πλοίου και κατ' επέκταση να δημιουργήσει φυσαλίδες. Παρόμοια ανομοιογένεια στην πυκνότητα του νερού υφίσταται όταν αυξάνεται η περιεκτικότητά του σε αέρα. Ανάλογη κατάσταση μπορεί να προκληθεί κατά τη διάρκεια αυξημένης ναυτιλιακής κινήσεως, από την επίδραση της έλικας των προπορευομένων πλοίων. Με όμοιο τρόπο, η κίνηση «ανάποδα» κατά τη διάρκεια των χειρισμών παραβολής-απάρσεως, αυξάνει δραστικά την περιεκτικότητα του νερού σε αέρα. Για το λόγο αυτό κατά την εκτέλεση αναλόγων χειρισμών συνιστάται, να χρησιμοποιείται για την ένδειξη της ταχύτητας είτε κλασική συσκευή δρομόμετρου, είτε το GPS. **β) Απώλεια ισχύος σήματος.** Όπως προαναφέρθηκε, η λειτουργία της συσκευής βασίζεται στην ανάκλαση των εκπεμπόμενων ηχητικών κυμάτων είτε στο βυθό, είτε σε αιωρούμενα σωματίδια μέσα στο νερό. Επιπλέον, μικρό ποσοστό της εκπεμπόμενης ηχητικής ενέργειας επιστρέφει πίσω στο μορφοτροπέα της συσκευής με τη μορφή ανακλώμενης ηχούς, ενώ η υπόλοιπη ενέργεια διαχέεται προς όλες τις κατευθύνσεις.

Πολλές φορές όμως, η ποιότητα και η μορφολογία του βυθού, καθώς και η διάταξη των αιωρούμενων σωματιδίων είναι τέτοιες που το σύνολο της προσπίπτουσας ενέργειας διαχέεται, χωρίς να υφίσταται καν ανακλώμενη ηχώ. Το φαινόμενο αυτό αναφέρεται ως **απώλεια ισχύος σήματος**.

**γ) Προσανατολισμός μορφοτροπέα.** Με την εγκατάσταση της συσκευής, θα πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα, ώστε να ταυτίζονται ο διαμήκης άξονας του πλοίου με το διαμήκη άξονα της συσκευής. Η μεταξύ τους ευθυγράμμιση πρέπει να ελέγχεται και στα πλαίσια συντηρήσεως/επισκευών. Απώλεια της προαναφερόμενης ευθυγραμμίσεως επιφέρει σφάλμα ταχύτητας και το συνεπακόλουθο σφάλμα **γωνίας εκπτώσεως**. Με τον όρο γωνία εκπτώσεως, εννοούμε τη γωνία μεταξύ των δύο υπολογιζόμενων συνιστωσών της ταχύτητας, της διαμήκου και της εγκάρσιας. Το σφάλμα ταχύτητας ανιχνεύεται δύσκολα. Αντίθετα, το σφάλμα γωνίας εκπτώσεως είναι σημαντικό, ακόμα και για μικρές γωνιακές αποκλίσεις μεταξύ των δύο διαμηκών αξόνων. Η ύπαρξη επομένως σφάλματος ευθυγραμμίσεως επηρεάζει έμμεσα και τη λειτουργία της συσκευής ARPA, λόγω της διασυνδέσεως του δρομόμετρου μ' αυτήν. Το γεγονός αυτό είναι ιδιαίτερα σοβαρό, διότι μπορεί να οδηγήσει σε εσφαλμένες εκτιμήσεις σε σχέση με τα στοιχεία κινήσεως ενός στόχου και τον απαιτούμενο ελιγμό αποφυγής συγκρούσεως. Η πρόοδος της τεχνολογίας βελτιώνει την απόδοση της συσκευής και ελαχιστοποιεί τους περιορισμούς εκμεταλλευσέως της. Όπως ήδη αναφέρθηκε, το δρομόμετρο Doppler παρέχει ενδείξεις μειωμένης ακρίβειας κατά τους ελιγμούς απάρσεως-παραβολής, όταν εκτελούνται κινήσεις «ανάποδα». Το γεγονός αυτό οφείλεται στη δημιουργία φυσαλίδων και στη δραστική αύξηση της περιεκτικότητας του νερού σε αέρα. Στα σύγχρονα δρομόμετρα όμως, προηγμένες τεχνικές ψηφιακής επεξεργασίας σήματος περιορίζουν την επίδραση των φυσαλίδων στην απόδοση του δρομόμετρου. Επιπλέον, αναφέρθηκε ότι προκειμένου να αποφευχθούν τα σφάλματα από τις επιστροφές εγγύς της τρόπιδας του πλοίου, η συσκευή επεξεργάζεται τα λαμβανόμενα σήματα με μικρή χρονική καθυστέρηση, ώστε να αγνοούνται οι επιστροφές από τη συγκεκριμένη περιοχή. Στα σύγχρονα δρομόμετρα η περιοχή αυτή περιορίζεται μόλις στα δύο μέτρα κάτω από την τρόπιδα. Με τον τρόπο αυτό βελτιώνεται δραστικά η απόδοση της συσκευής, ιδιαίτερα όταν το πλοίο επιχειρεί σε μικρά βάθη. Επιπλέον, η αρχή λειτουργίας της συσκευής είναι παραπλήσια μ' εκείνη του ηχοβολιστικού. Για το λόγο αυτό στις σύγχρονες συσκευές χρησιμοποιείται συχνά μία επιπλέον ηχητική δέσμη (πέμπτη) διαφορετικής συχνότητας, με την οποία είναι εφικτή και η παροχή της ενδείξεως του βάθους.

## **2.8 Το δρομόμετρο ακουστικής συσχετίσεως (acoustic correlation)**

Γενική περιγραφή λειτουργίας της συσκευής. Όπως και το δρομόμετρο Doppler, έτσι και το δρομόμετρο ακουστικής συσχετίσεως, υπολογίζει την ταχύτητα του πλοίου μέσω της εκπομπής προς το βυθό ηχητικών κυμάτων. Τα κύματα αυτά, αφού ανακλαστούν είτε στα αιωρούμενα στο νερό σωματίδια, είτε στον πυθμένα, επιστρέφουν στη συσκευή απ' όπου εκπέμφθηκαν. Η διαφορά στην αρχή λειτουργίας των δύο δρομομέτρων, εντοπίζεται στο ότι ενώ στο

δρομόμετρο Doppler επιδιώκεται ο προσδιορισμός της μεταβολής της συχνότητας, στο δρομόμετρο ακουστικής συσχέτισεως επιδιώκεται η μέτρηση διαφοράς χρόνου ανάμεσα σε δύο σχεδόν πανομοιότυπα σήματα. Ειδικότερα, στην πιο βασική του μορφή το δρομόμετρο ακουστικής συσχέτισεως αποτελείται από έναν πομπό *ηχητικών κυμάτων* (sonar) και μία *συστοιχία δεκτών* (array of receivers). Ο πομπός ηχητικών κυμάτων εκπέμπει δύο παλμούς, τον ένα μετά τον άλλον. Οι ανακλάσεις των εκπεμπόμενων παλμών αποτελούν σχεδόν πανομοιότυπα σήματα, τα οποία καταφθάνουν στους δέκτες με μικρή χρονική διαφορά το ένα από το άλλο. Η χρονική αυτή διαφορά, είναι συνάρτηση του διαστήματος που διήνυσε το πλοίο και επομένως της ταχύτητάς του.

## **2.9 Πλεονεκτήματα του δρομόμετρου ακουστικής συσχέτισεως έναντι του δρομόμετρου Doppler**

Το δρομόμετρο ακουστικής συσχέτισεως υπερέχει σε πολλά σημεία έναντι του δρομόμετρου Doppler. Όπως είδαμε, για τη λειτουργία του δρομόμετρου Doppler απαιτούνται τέσσερις ηχητικές δέσμες τοποθετημένες σε γωνία κλίσεως  $20^\circ$  έως  $30^\circ$  ως προς την κατακόρυφο. Επιπλέον, οι ηχητικές δέσμες πρέπει να διαθέτουν αρκετά υψηλή συχνότητα, ώστε να είναι μετρήσιμο-εκμεταλλεύσιμο το φαινόμενο Doppler. Κάτι τέτοιο δεν απαιτείται στο δρομόμετρο ακουστικής συσχέτισεως. Στο δρομόμετρο αυτό οι ηχητικές δέσμες εκπέμπονται όλες από ένα μοναδικό πομπό, κατακόρυφα προς τον πυθμένα, ενώ μπορούν να χρησιμοποιηθούν πολύ χαμηλότερες συχνότητες εκπομπής. Τα χαρακτηριστικά αυτά του δρομόμετρου ακουστικής συσχέτισεως επιτρέπουν τη χρήση πομπών μικρότερης ισχύος (άρα ελαφρύτερων και μικρότερου κόστους), επιτυγχάνουν καλύτερη ποιότητα επιστρεφόμενης ηχούς και καθιστούν το δρομόμετρο λιγότερο ευαίσθητο στους κλυδωνισμούς του πλοίου. Το κυριότερο πλεονέκτημα όμως του δρομόμετρου αυτού είναι η δυνατότητά του να παρέχει πολύ ακριβείς ενδείξεις στις μικρές ταχύτητες του πλοίου, κάτι που αποτελεί μειονέκτημα του δρομόμετρου Doppler. Στο δρομόμετρο Doppler, η μεταβολή της συχνότητας στις πολύ μικρές ταχύτητες είναι αμελητέα έως μη μετρήσιμη, με αποτέλεσμα οι ενδείξεις του να μην είναι ακριβείς για τις συγκεκριμένες ταχύτητες.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : ΗΧΟΒΟΛΙΣΤΙΚΗ ΣΥΣΚΕΥΗ**

### **3.1 Ιστορική Εξέλιξη**

Ο Γερμανός εφευρέτης Αλέξανδρος Behm έλαβε τη γερμανική ευρεσιτεχνία αριθ. 282009 για την εφεύρεση ηχητικής ηχογράφησης (συσκευή για τη μέτρηση βάθους της θάλασσας και αποστάσεις και επικεφαλίδες πλοίων ή εμπόδια μέσω ανακλώμενων ηχητικών κυμάτων) στις 22 Ιουλίου 1913. Ο Νορβηγός εφευρέτης Hans Sundt Berggraf (1874-1941) δημοσίευσε την ίδια εφεύρεση 8 χρόνια νωρίτερα, στις 8 Σεπτεμβρίου 1904 στο Teknisk Ukeblad.

### **3.2 Γενικά για τις ηχοβολιστικές συσκευές**

Η ηχοβολιστική συσκευή (echo sounder), γνωστή και ως ηχοβολιστικό ή βυθόμετρο, είναι το ηλεκτρονικό ναυτικό όργανο, μέσω του οποίου ο ναυτικός ενημερώνεται για το βάθος της θάλασσας κάτω από την τρόπιδα του πλοίου. Η ετυμολογία της λέξεως αποκαλύπτει ότι η συσκευή χρησιμοποιεί ήχους για τη μέτρηση του βάθους. Πράγματι, η λειτουργία της βασίζεται στην εκπομπή ηχητικών κυμάτων κάτω από την τρόπιδα, κατακόρυφα προς το βυθό. Τα εκπεμπόμενα ηχητικά κύματα ταξιδεύουν προς τον πυθμένα, προσπίπτουν σ' αυτόν και ακολούθως είτε απορροφώνται, είτε διαχέονται, είτε ανακλώνται προς διάφορες κατευθύνσεις. Αρκετή από την ανακλώμενη ηχητική ενέργεια, θα επιστρέψει με τη μορφή ηχούς, προς την πηγή απ' όπου εκπέμφθηκε. Με κατάλληλα προγραμματισμένο κύκλο λειτουργίας, η ηχοβολιστική συσκευή εναλλάσσει τη λειτουργία της από πομπό ηχητικών κυμάτων σε δέκτη. Η συσκευή, μετρώντας με ακρίβεια το μεσολαβήσαντα χρόνο από την έναρξη εκπομπής του ηχητικού κύματος μέχρι λήψη της ανακλάσεως του βρίσκει μέσω του απλού υπολογισμού της σχέσεως το βάθος της θάλασσας, όπου:  $D$  το μετρούμενο βάθος,  $V$  η ταχύτητα του ήχου στο νερό και  $t$  ο χρόνος από την εκπομπή του ηχητικού κύματος μέχρι τη λήψη της ανακλώμενης ηχούς. Η ηχοβολιστική συσκευή λοιπόν, αποτελεί συσκευή μετρήσεως της αποστάσεως μέσω διπλής διαδρομής. Το βάθος που εξάγεται από τη σχέση ταχύτητα-διαστήματος-χρόνου ( $D = V \cdot t$ ) είναι διπλάσιο του πραγματικού, διότι ως βάση της μετρήσεως χρησιμοποιείται ο χρόνος, ο οποίος αντιστοιχεί στη διπλή διαδρομή από τη συσκευή μέχρι τον πυθμένα και πίσω.

Εκτός από τις **ηχοβολιστικές συσκευές μίας ηχητικής δέσμης** (single beam echo sounders), υπάρχουν και άλλες κατηγορίες ηχοβολιστικών συσκευών και συστημάτων, οι οποίες χρησιμοποιούνται σε άλλες πλιν της ναυσι- πλοΐας εξειδικευμένες εφαρμογές, **όπως:**

**α) Ηχοβολιστικές συσκευές διπλής ηχητικής δέσμης** (dual beam echo sounders), τα πλεονεκτήματα των οποίων παρουσιάζονται στη συνέχεια του παρόντος κεφαλαίου.

**β) Ηχοβολιστικές συσκευές πλάγιας ηχητικής δέσμης**, γνωστές ως πλευρικά ηχοβολιστικά (side scan sonars).

**γ) Ηχοβολιστικό σύστημα πολλαπλής ηχητικής δέσμης** (multi beam echo sounder).

Τα πλευρικά ηχοβολιστικά και τα ηχοβολιστικά συστήματα πολλαπλής ηχητικής χρησιμοποιούνται σε άλλες πλιν της ναυσιπλοΐας εφαρμογές. Η ηχοβολιστική συσκευή αποτελεί εργαλείο τεράστιας επιχειρησιακής αξίας. Η μέτρηση του βάρους, ιδιαίτερα κατά την ακτοπλοΐα, αποτελεί πρωταρχικό παράγοντα ασφάλειας για κάθε πλοίο. Πράγματι, ο κίνδυνος προσαράξεως είναι ο σημαντικότερος που θα αντιμετωπίσει ένα πλοίο καθόλη τη διάρκεια του χρόνου ζωής του. Αυτό θυμίζει την παλαιά, αλλά διαχρονική, ρήση των ναυτικών, που θέλει το πλοίο να απευθύνεται στον κυβερνήτη του, λέγοντάς του: «*φύλαξέ με από στεριά για να σε φυλάξω από θάλασσα...*». Σήμερα όμως, παρατηρείται συχνά το φαινόμενο της υποβαθμίσεως της πληροφορίας της ηχοβολιστικής συσκευής έναντι της συνδυασμένης χρήσεως του GPS με τον ηλεκτρονικό χάρτη, ενώ παρέχεται απόλυτη εμπιστοσύνη στη βυθομετρική απεικόνιση που ο τελευταίος παρέχει, στην περιοχή που επιχειρεί το πλοίο. Η πρακτική αυτή είναι αφενός εσφαλμένη, αφετέρου επικίνδυνη. Η ηχοβολιστική συσκευή, σε συνδυασμό με τη συσκευή radar, παρέχοντας ενεργητικό εντοπισμό του περιβάλλοντος, είναι οι μόνες που εγγυώνται την αποσαφήνιση της ναυτιλιακής καταστάσεως, ιδιαίτερα κατά τις πλέον επικίνδυνες πλεύσεις. Η ανάγνωση δε του βάρους και η αντίληψη της μεταβολής του, σε συνάρτηση ταυτόχρονα με το χρόνο και την κίνηση του πλοίου, λειτουργούν ως το τελικό στάδιο ελέγχου της ορθότητας της πλεύσεως, του ελιγμού ή της προσεγγίσεως που επιχειρεί ο ναυτικός. Έτσι, ακόμα και αν η συνδυασμένη πληροφορία ηλεκτρονικού χάρτη (GPS) είναι λίαν αξιόπιστη, η επεξεργασία της πληροφορίας του ηχοβολιστικού λειτουργεί ως προϋπόθεση της εγκυρότητας της εκτιμήσεως. Εκεί δε που η ηχοβολιστική συσκευή καθίσταται ως πρώτης προτεραιότητας ηλεκτρονικό 2ναυτικό όργανο, είναι κατά τη διάρκεια που το πλοίο επιχειρεί σε περιοχή αβαθών, σε στενούς διαύλους ή περάσματα, εγγύς ακτών, καθώς και κατά την αναχώρηση ή την προσέγγιση σε λιμένα. Ιδιαίτερα κατά το τελευταίο στάδιο της παραβολής, όπου ο κυβερνήτης πρέπει να εκτελέσει επιδέξιους χειρισμούς μεγάλης ακρίβειας, η ασφαλής προσέγγιση στη θέση παραβολής επαφίεται στην οπτική αντίληψη του χώρου, η οποία συνεπικουρείται από την πυξίδα, το radar και το ηχοβολιστικό. Είναι αλήθεια ότι η σχεδίαση της πορείας προσεγγίσεως επί του ηλεκτρονικού χάρτη μπορεί να αποβεί ιδιαίτερα χρήσιμη. Η ένδειξη της κινήσεως του πλοίου επί του ηλεκτρονικού χάρτη παρέχει ενημέρωση για τους απαραίτητους χειρισμούς τηρήσεως επί του επιθυμητού ίχνους. Από εκεί και έπειτα όμως, στις τελευταίες 100 έως 200 γυάρδες προσεγγίσεως στον προβλήτα, οι χειρισμοί εκτελούνται με βάση την οπτική αντίληψη του χώρου, τη γνώση των ελικτικών στοιχείων του πλοίου, την ακριβή μέτρηση της αποστάσεως από τη συσκευή radar και την ακριβή μέτρηση του βάρους από την ηχοβολιστική συσκευή. Ιδιαίτερα στη χώρα μας, όπου οι περισσότερες θέσεις παραβολής είναι ιδιαίτερης δυσκολίας – αφενός λόγω του χωρικού περιορισμού, αφετέρου λόγω της πλαισιώσεώς τους από εκτεταμένες περιοχές αβαθών – η ηχοβολιστική συσκευή προειδοποιεί άμεσα για την ενδεχόμενη τάση της κινήσεως του πλοίου εκτός των γεωγραφικών ορίων ασφάλειας. Στις επόμενες παραγράφους θα



αναλυθούν τα χαρακτηριστικά της ηχοβολιστικής συσκευής. Θα γίνει σαφές ποιο επιχειρησιακό χαρακτηριστικό της είναι κατά περίπτωση το πλέον επιθυμητό, σε συνάρτηση με τις ιδιαίτερες απαιτήσεις κάθε πλου. Η ανάλυση που θα ακολουθήσει, θα αποκαλύψει το πώς η εν λόγω συσκευή, μέσω και της πρόσφατης τεχνολογικής εξελίξεως, αναδεικνύεται σε άριστο βοήθημα κατά την πλεύση, συνεισφέροντας αποφασιστικά τόσο στην εκτίμηση του επικείμενου χειρισμού, όσο και στην ασφάλεια του πλου γενικότερα.

### 3.3 Μέρη της ηχοβολιστικής συσκευής

Τα κύρια μέρη της ηχοβολιστικής συσκευής είναι ο **πομπός**, ο **μεταγωγικός διακόπτης εκπομπής-λήψεως**, ο **μορφοτροπέας**, ο **δέκτης** και ο **καταγραφέας**. Ο **πομπός** παράγει ηλεκτρικούς παλμούς. Για το σκοπό αυτό, είναι εξοπλισμένος με ηλεκτρονικό ρολόι, το οποίο ταλαντώνεται στην επιθυμητή συχνότητα των ηλεκτρικών παλμών. Τα σύγχρονα ηχοβολιστικά, διαθέτουν τη δυνατότητα επιλογής δύο διαφορετικών συχνοτήτων εκπομπής, για λόγους που θα αναλυθούν στη συνέχεια και αφορούν στη βελτιστοποίηση της αποδόσεως της συσκευής, σε συνάρτηση με το εκάστοτε βάθος της θάλασσας και την επιθυμητή ακρίβεια της βυθομετρικής απεικονίσεως. Γενικά, η χαμηλή συχνότητα εκπομπής είναι κατάλληλη όταν το πλοίο επιχειρεί σε μεγάλα βάθη, διότι ένα χαμηλόσυχο σήμα υφίσταται μικρή εξασθένηση κατά τη διάδοσή του. Η εκπομπή όμως χαμηλόσυχου σήματος απαιτεί μορφοτροπέα μεγάλων διαστάσεων. Αντίθετα, τα υψίσυχα σήματα δεν είναι κατάλληλα για τη λήψη μετρήσεων σε μεγάλα βάθη, διότι υφίστανται ισχυρές αποσβέσεις. Όταν όμως το πλοίο επιχειρεί σε μικρά βάθη, η συνήθης επιλογή είναι εκείνη των υψίσυχων σημάτων, όχι μόνο γιατί απαιτούνται μικρές διαστάσεις μορφοτροπέα, αλλά κυρίως γιατί τα σήματα αυτά παρέχουν βυθομετρική εικόνα υψηλής ακρίβειας. Ο **μεταγωγικός διακόπτης** εναλλάσσει την κατάσταση λειτουργίας της συσκευής μεταξύ εκπομπής και λήψεως. Κατά την εκπομπή εκπέμπεται το ακουστικό κύμα, ενώ απομονώνεται ο δέκτης. Κατά τη λήψη διακόπτεται η λειτουργία του πομπού και τα λαμβανόμενα σήματα διοχετεύονται στο δέκτη για επεξεργασία. Ο μεταγωγικός διακόπτης είναι επιπλέον επιφορτισμένος με τον προσδιορισμό της διάρκειας του παλμού. Ο **δέκτης** ενισχύει την επιστρεφόμενη ηχώ και στη συνέχεια την αποστέλλει στον καταγραφέα. Ο δέκτης είναι εφοδιασμένος με κυκλώματα μεταβλητού κέρδους, τα οποία αγνοούν τις πρώτες επιστροφές που λαμβάνονται σχεδόν ακαριαία μετά την εκπομπή, ώστε να απαλειφούν οι ψευδοστόχοι λόγω αντανακλάσεων. Επιπλέον, τα κυκλώματα αυτά ενισχύουν περισσότερο τα λαμβανόμενα σήματα που προέρχονται από τα μεγαλύτερα βάθη και λόγω των απωλειών διαδόσεως είναι πιο εξασθενημένα. Ο **καταγραφέας** αποθηκεύει στη μνήμη του την πληροφορία των εντοπιζομένων υποβρυχίων στόχων, ανά κύκλο λειτουργίας της συσκευής.

Στη συνέχεια, επεμβαίνουν κυκλώματα ψηφιακής επεξεργασίας σήματος, τα οποία ελέγχουν την ορθότητα του εντοπισμού, με κριτήριο την επαναληπτικότητά του για ορισμένο αριθμό κύκλων λειτουργίας της συσκευής. Επί παραδείγματι αν για πέντε διαδοχικούς παλμούς εντοπίσθηκε ο ίδιος στόχος τουλάχιστον τρεις φορές, τότε αναγνωρίζεται ως πραγματικός. Σε αντίθετη περίπτωση, ο στόχος αναγνωρίζεται ως παράσιτο και απαλείφεται.

Ο **μορφοτροπέας** είναι εγκατεστημένος στην τρόπιδα του πλοίου και έρχεται σε επαφή με το νερό.

Οι επιμέρους λειτουργίες του είναι οι ακόλουθες:

**α) Μετατροπή του ηλεκτρικού σήματος του πομπού σε ηχητικό κύμα.**

**β) Εκπομπή του ηχητικού κύματος στο νερό.**

**γ) Λήψη του ηχητικού κύματος της ανακλώμενης ηχούς.**

**δ) Μετατροπή του λαμβανόμενου ηχητικού κύματος της ηχούς σε ηλεκτρικό σήμα.**

Κατά την εκπομπή, ο ηλεκτρικός παλμός από τον πομπό προκαλεί δονήσεις στο διάφραγμα του μορφοτροπέα. Το διάφραγμα που δονείται όμως, έρχεται σε επαφή με το νερό. Με τον τρόπο αυτό, το ηχητικό κύμα που προκαλείται από τη δόνηση διαδίδεται στο νερό. Κατά τη λήψη εκτελείται η αντίστροφη διαδικασία. Το λαμβανόμενο ηχητικό κύμα προκαλεί δονήσεις στο διάφραγμα του μορφοτροπέα. Στη συνέχεια, οι δονήσεις μετατρέπονται σε ηλεκτρικά σήματα, τα οποία αποστέλλονται στο δέκτη.

Η γενική αρχή λειτουργίας του μορφοτροπέα, βασίζεται στην ιδιότητα που έχουν ορισμένα υλικά (όπως το διάφραγμα που αναφέρεται παραπάνω) να μεταβάλλουν το μήκος τους, όταν εφαρμοσθεί τάση στα άκρα τους. Η αυξομείωση του μήκους του υλικού προκαλεί δονήσεις, οι οποίες αποτελούν το αίτιο δημιουργίας ηχητικών κυμάτων. Το φαινόμενο είναι ανάλογο με το ηχείο ενός στερεοφωνικού, όπου ηλεκτρικά σήματα κύμα.

**β)** Στους μορφοτροπέις **ηλεκτροσυστολής**, καθώς και στους **πιεζοηλεκτρικούς** η μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας σε ηχητική πραγματοποιείται μέσω ενός κρυστάλλου που περιέχεται μεταξύ δύο μεταλλικών πλακών και έχει την ιδιότητα όταν διέρχεται ηλεκτρικό ρεύμα, να τίθεται σε παλμική κίνηση και να δημιουργείται το εκπεμπόμενο ηχητικό κύμα.

### **3.4 Σφάλματα στη μέτρηση του βάθους με ηχοβολιστικές συσκευές**

Τα μετρούμενα με τις ηχοβολιστικές συσκευές βάθη περιέχουν αρκετά σφάλματα, για τα οποία πρέπει να γίνουν κατάλληλες διορθώσεις. Τα σφάλματα αυτά συνήθως είναι:

**α) Σφάλμα βυθίσματος μορφοτροπέα.** . Το μετρούμενο από την ηχοβολιστική συσκευή βάθος είναι η κατακόρυφη απόσταση του βυθού από το μορφοτροπέα της συσκευής και όχι από την καρένα του πλοίου. Το βάθος αυτό πρέπει να διορθωθεί για

το βύθισμα του προβολέα, το οποίο όμως δεν είναι πάντοτε το ίδιο, αλλά εξαρτάται από την κατάσταση φόρτωσης του σκάφους.

**β) Σφάλμα λόγω επιδράσεως κυματισμού.**

Το σφάλμα αυτό οφείλεται στις κατακόρυφες μετακινήσεις του πλοίου, που δημιουργούνται από τον κυματισμό της θάλασσας και γίνεται ιδιαίτερα σημαντικό όταν το πλοίο επιχειρεί σε μικρά βάθη. Διόρθωση για το σφάλμα αυτό γίνεται πολύ δύσκολα και μόνο από ορισμένα ολοκληρωμένα συστήματα γέφυρας.

**γ) Σφάλμα καθίζσεως και δυναμικής διαγωγής.**

Όταν το πλοίο κινείται, δημιουργείται μία **καθίζηση** (settlement) του σκάφους, η οποία δεν οφείλεται σε αλλαγή του βυθίσματος, διότι στην πραγματικότητα πρόκειται για καθίζηση της θαλάσσιας επιφάνειας γύρω από το πλοίο, όταν αυτό ταξιδεύει. Επιπλέον, όταν το πλοίο κινείται, μεταβάλλεται η **διαγωγή** του (trim) (διαφορά βυθίσματος πλώρης-πρύμνης). Η διαφορά της διαγωγής του κινούμενου σκάφους από τη διαγωγή του όταν αυτό είναι ακίνητο καλείται **δυναμική διαγωγή** (squat). Τα φαινόμενα της καθίζσεως και της δυναμικής διαγωγής εμφανίζονται ταυτόχρονα και δημιουργούν σημαντικά σφάλματα στη μέτρηση του βάθους. Το σφάλμα που οφείλεται στην καθίζηση και στη δυναμική διαγωγή είναι σημαντικό σε περιοχές όπου τα βάθη είναι μικρότερα από το επταπλάσιο του βυθίσματος του σκάφους.

**δ) Σφάλμα ταχύτητας του ήχου.**

Η μέτρηση του βάθους με ηχοβολιστικές συσκευές στηρίζεται στη μέτρηση του χρόνου που χρειάζεται το εκπεμπόμενο ηχητικό κύμα να διανύσει την απόσταση από τον προβολέα της συσκευής μέχρι το βυθό και να επιστρέψει. Στη συνέχεια, ο χρόνος αυτός μετατρέπεται σε βάθος με πολλαπλασιασμό του με μία αντιπροσωπευτική τιμή της ταχύτητας διαδόσεως του ήχου στη θάλασσα (συνήθως 1500 m/sec). Όμως, η ταχύτητα του ήχου στη θάλασσα δεν είναι σταθερή και συνεπώς για την ακριβή μέτρηση του βάθους θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί η μέση τιμή της ταχύτητας διαδόσεώς του, στη θαλάσσια στήλη που περιέχεται μεταξύ του προβολέα της ηχοβολιστικής συσκευής και του θαλάσσιου βυθού.

**ε) Σφάλματα οργάνων.** Με τον όρο αυτό αναφερόμαστε στην απόκλιση που υφίσταται μεταξύ της πραγματικής τιμής του βάθους και της μετρήσεως, λόγω μίας σειράς σφαλμάτων των υποσυστημάτων της ηχοβολιστικής συσκευής, όπως σφάλματα ακρίβειας καταγραφής/ενδείξεως, σφάλματα λόγω κατασκευαστικών περιορισμών της ακρίβειας των ηλεκτρονικών κυκλωμάτων μετρήσεως κ.λπ.. Ένα σημαντικό σφάλμα οργάνων του παλαιότερου τύπου ηχοβολιστικών συσκευών με καταγραφικό χαρτί είναι το λεγόμενο σφάλμα καταγραφής, το οποίο οφείλεται στη μη ταύτιση της οριζόντιας γραμμής αναφοράς του ηχογράμματος με τη γραμμή μηδενικού βάθους της καταγραφικής ταινίας. Τα προαναφερθέντα σφάλματα παραπέμπουν σε μία σειρά διορθώσεων, μέσω των οποίων ενισχύεται η ακρίβεια των λαμβανομένων μετρήσεων. Οι διορθώσεις αυτές είναι οι ακόλουθες:

**α) Διόρθωση οργάνων**

**β) Διόρθωση λόγω ταχύτητας διαδόσεως του ήχου στη θάλασσα.**

**γ) Διόρθωση λόγω δυναμικότητας του βυθίσματος, δηλαδή:**

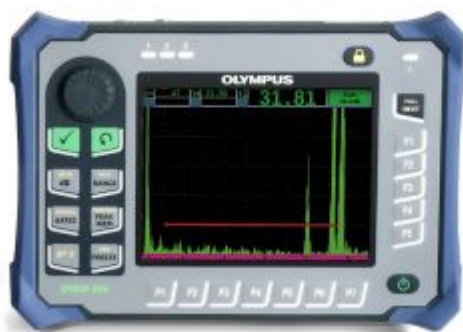
– Λόγω βάθους του μορφοτροπέα.

- Λόγω διαφοράς βυθίσματος για ακίνητο πλοίο και πλοίο εν πλω (αντιμετώπιση σφάλματος καθιζήσεως και δυναμικής διαγωγής).
- Λόγω κυματισμού.

Από τις προαναφερθείσες διορθώσεις, αυτές που αφορούν στη διόρθωση λόγω κυματισμού και σ' αυτή λόγω καθιζήσεως και δυναμικής διαγωγής δεν είναι δυνατόν να υπολογιστούν άμεσα από το ναυτικό.

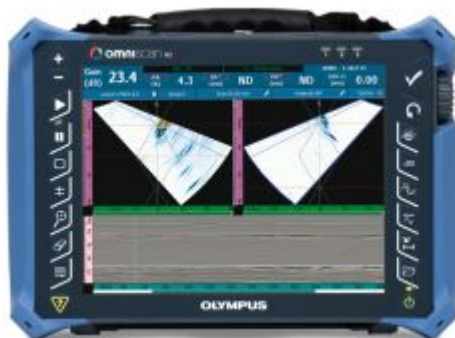
### 3.4.1 Ανιχνευτές σφαλμάτων υπερήχων

Η ανίχνευση ατελειών με υπερήχους χρησιμοποιείται ευρέως για τον εντοπισμό και χαρακτηρισμό των κρυμμένων εσωτερικών ατελειών σε εφαρμοσμένα μηχανικά υλικά, όπως τα μέταλλα, τα πλαστικά και τα σύνθετα. Κύματα ήχων υψηλής συχνότητας απεικονίζουν σε διαγράμματα τα σχόλια, τα κενά και τις άλλες υλικές διαφωνίες. Ακολουθούν τυχαίες εικόνες από ανιχνευτές.



**εικ.1**

Εικ.1 :Ο EPOCH 650 είναι ένας συμβατικός ανιχνευτής υπερήχων με εξαιρετική απόδοση και χρηστικότητα για μια μεγάλη ποικιλία εφαρμογών.



**εικ.2**

Εικ 2. Το OmniScanMX2 διαθέτει τώρα μια νέα μονάδα φάσης συστοιχίας (PA2) με κανάλι UT και μια νέα συμβατική μονάδα υπερήχων δύο καναλιών (UT2) που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη διόρθωση TOFD (Time-of-FlightDiffraction)



**εικ.3**

Εικ3. Το EPOCHLTC είναι ένας ανιχνευτής ελάττωσης υπερήχων μεσαίου επιπέδου σε μια συμπαγή κατακόρυφη θήκη 2,12 kg (0,96 kg). Είναι ένα πλήρως εξοπλισμένο όργανο με συμμόρφωση EN12668-1 και μια μεγάλη ποικιλία τυποποιημένων χαρακτηριστικών, καθώς και εξειδικευμένες επιλογές για την κάλυψη των αναγκών επιθεώρησης.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 : ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΥΠΕΡΗΧΩΝ**

### **4.1 Μέθοδος TimeofFlight (TOF)**

Χαρακτηριστικό της συγκεκριμένης μεθοδολογίας είναι η απλότητα της. Συνηθίζεται να βρίσκει εφαρμογή σε συστήματα μέτρησης αποστάσεων ή στάθμης υγρών και σε μετρήσεις βαθών και σε σόναρ. Η αρχή λειτουργίας της μεθόδου είναι η ακόλουθη. Ο υπέρηχος εκπέμπεται από το σύστημα, ενώ ταυτόχρονα ένα ρολόι ξεκινάει να μετρά. Μόλις ο υπέρηχος ληφθεί τότε το ρολόι σταματά να μετρά, και το σύστημα λαμβάνοντας υπόψη του την ταχύτητα διάδοσης του υπερήχου αλλά και την μέτρηση του χρόνου μπορεί να εξάγει μια εκτίμηση για την απόσταση που επιλέξαμε. Όπως φάνηκε είναι μία αρκετά απλή μεθοδολογία, αλλά και αρκετά αξιόπιστη.

### **4.2 Αισθητήρες απόστασης υπερήχων**

Οι αισθητήρες υπερήχων παρέχουν μια οικονομικά αποδοτική μέθοδο ανίχνευσης με ιδιότητες που δεν υπάρχουν σε άλλες τεχνολογίες. Με τη χρήση μιας ευρείας ποικιλίας μετατροπέων υπερήχων και διάφορα φάσματα συχνοτήτων, ένας αισθητήρας υπερήχων μπορεί να σχεδιαστεί για να λύσει πολλά προβλήματα εφαρμογών που είναι απαγορευτικά στο κόστος ή απλά δεν μπορούν να λυθούν από άλλους αισθητήρες.

Οι αισθητήρες υπερήχων εκπέμπουν συνεχώς ηχητικούς παλμούς υψηλής συχνότητας προς την επιφάνεια του στόχου και ανακλώνται πίσω στον αισθητήρα. Τα ηλεκτρονικά του αισθητήρα μετρούν το χρόνο λήψης του σήματος και τον μετατρέπουν σε μονάδα μήκους. Δεδομένου ότι η ταχύτητα του ήχου επηρεάζεται από τη θερμοκρασία αέρα, οι αισθητήρες μας υπερήχων περιλαμβάνουν έναν ενσωματωμένο αισθητήρα θερμοκρασίας. Οι μετρήσεις στάθμης/απόστασης αντισταθμίζονται αυτόματα σε όλη την κλίμακα λειτουργίας του αισθητήρα.

### **4.3 Βασικά τεχνικά χαρακτηριστικά**

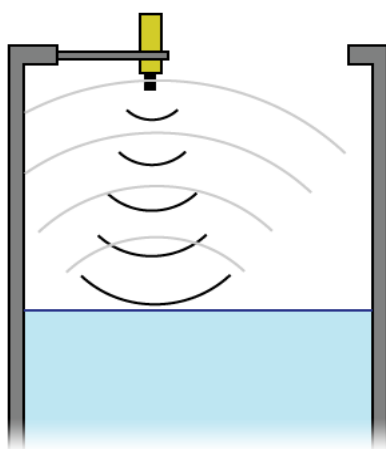
- Άμεση απεικόνιση μετρούμενης τιμής σε MM/ CM ή % σε ψηφιακή (LED) ένδειξη
- Αντιστάθμιση θερμοκρασίας για μέτρηση ακριβείας σε εφαρμογές με διακύμανση θερμοκρασίας.
- Δυνατότητα ρύθμισης του αισθητήρα μέσω της ψηφιακής απεικόνισης αναλογικά σήματα εξόδου 4-20 mA και 0-10 V (2 αναλογικά σήματα σε ένα αισθητήρα).
- Τάση λειτουργίας 9-30 V για ποικίλες εφαρμογές.
- Λειτουργία teach-in για αναγνώριση των συμβατικών σημείων ανίχνευσης.
- Αυτόματος συγχρονισμός για ταυτόχρονη λειτουργία μέχρι και 10 μονάδων σε περιορισμένους χώρους.

- Αυτόματη μεταστροφή μεταξύ εξόδων ρεύματος και τάσης.

#### 4.4 Μέτρηση στάθμης σε υγρά με αισθητήρες απόστασης υπερήχων

Η στάθμη μπορεί να μετρηθεί με υπερήχους χρησιμοποιώντας τον αισθητήρα ultrasonic level indicator. Προς το υγρό εκπέμπονται παλμοί υπερήχων και ένα μικρό ποσοστό αυτών ανακλάται προς τα πίσω από την επιφάνεια του υγρού. Το υπόλοιπο των παλμών ανακλάται από τη βάση της δεξαμενής. Και οι δύο ανακλώμενοι παλμοί μπορούν να απεικονισθούν στην οθόνη ενός παλμογράφου ή άλλης συσκευής απεικόνισης. Η διαφορά στο χρόνο άφιξης των παλμών είναι ανάλογη του βάθους του υγρού.

Ακολουθούν εικόνες αισθητήρων υπερήχων για την ανίχνευση στάθμης υγρού.



αισθητήρα υπερήχων

**εικόνα 2.** ανίχνευση στάθμης υγρού με



**εικόνα 3.** ανιχνευτής στάθμης υγρού με αισθητήρα υπερήχων Rosemount™ 3100 Level



υπερήχων MUSASINO

**εικόνα 4.**ανιχνευτής στάθμης υγρού με αισθητήρα

#### **4.5 Μέτρηση στάθμης σε στερεά**

Οι αισθητήρες με χαμηλές συχνότητες και μεγαλύτερα μετατροπείς που χρησιμοποιούνται για την μέτρηση χύμα στερεών. Τυπικές εφαρμογές είναι η μέτρηση επίπεδο των εμπορευματοκιβωτίων για μεταφορά χύμα στερεών, χύμα στερεών σιλό με μέσο μέγεθος διαστάσεις και ανοιχτή σωρούς.



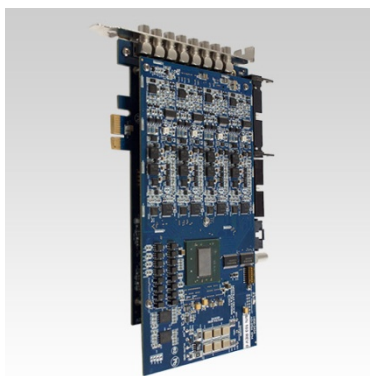
## 4.6 Κάρτες υπερήχων

Οι κάρτες υπερήχων μπορούν να τοποθετηθούν σε οποιοδήποτε υπολογιστή και να μετατραπούν σε ένα **ισχυρό σύστημα UT** με το κατάλληλο λογισμικό (UTWin).

Τυπικές εφαρμογές είναι:

- Πολύ ισχυροί ανιχνευτές σφάλματος (όταν βρίσκονται σε φορητό υπολογιστή)
- Υπερηχητική απεικόνιση
- Φασματική Ανάλυση
- Μεταβατική Ανάλυση
- Ανάλυση FFT
- Ψηφιακό παλμογράφο
- Εργαστηριακός Αυτοματισμός
- Ήχος
- Βίντεο

Ακολουθούν εικόνες - παραδείγματα καρτών και οι δυνατότητες τους



**Εικόνα 1**

Περιγραφή: Το AD-IPR-Express-4 είναι ένα πλήρες σύστημα UT σε κάρτα PCIExpress 2/3 μεγέθους. Περιλαμβάνει ένα παλμικό / δέκτη, 250 MSPS, 14-bit αναλογική σε ψηφιακή μετατροπή (διαθέσιμο σε 1, 2 ή 4 κανάλια) και έλεγχο κίνησης. Με ρυθμό μετατροπής 250 MSPS και 14 bit ανάλυση, η επεξεργασία σήματος είναι γρήγορη και ακριβής, ανοίγοντας την πόρτα σε ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών UT. Ο ενσωματωμένος έλεγχος κίνησης επιτρέπει τον έλεγχο έως και 4 ανεξάρτητων ή συγχρονισμένων αξόνων και 4 κωδικοποιητών για ανατροφοδότηση κίνησης.

**Βασικές προδιαγραφές:**

Αναλογική / ψηφιακή ανάλυση 14 bit

Εύρος ζώνης 32 MHz

Κέρδος 110 dB

250 MSPSA / D Μετατροπή

1, 2 ή 4 ανεξάρτητα κανάλια παλμού και λήψης

Διαδοχικά ή συγχρονισμένα κανάλια Εκκίνηση

4 ανεξάρτητες πύλες σε κάθε κανάλι

Επιλέξιμη ακίδα, τετράγωνο κύμα, ριπές τόνου και κυματομορφές παλμογράφου

Προγραμματιζόμενη τάση και συχνότητα παλμών

Έλεγχος κίνησης για έως και 4 βηματικούς κινητήρες

4 Είσοδοι τετραγώνων ή βημάτων / κατεύθυνσης για την παρακολούθηση της κίνησης

Εξαιρετικά χαμηλό θόρυβο



**Εικόνα 2**

Ένας αναλογικός σε ψηφιακός μετατροπέας 12-bit με ενσωματωμένη λειτουργική μονάδα παλμού / δέκτη 300-volt (400 προαιρετικά). Μια πλακέτα τυπωμένων κυκλωμάτων SMT 10 επιπέδων δημιουργεί μια κάρτα PCI-bus υψηλής ταχύτητας χαμηλού θορύβου, σχεδιασμένη για ευρεία ζώνη, αλλά χωράει σε μία τυποποιημένη υποδοχή PCI. Διατίθεται ως ενσωματωμένη μονάδα ή ως αυτόνομη (αναλογική / ψηφιακή πλακέτα μόνο για χρήση με άλλες εσωτερικές ή εξωτερικές επιλογές παλμοδότη / δέκτη).

**Βασικές προδιαγραφές:**

- 30 MHz εύρος ζώνης
- Από -20 έως +80 dB κέρδη σε βήματα 0.1 dB
- 6 Selectable high pass filters at 0.5, 2.0, 4.0, 8.0, 12.5 and 22.5 MHz
- 6 Selectable low pass filters at 2.0, 5.0, 7.5, 12.5, 17.5 and 30 MHz
- Distance amplitude correction



**Εικόνα 3**

Αυτός ο κόμβος παλμού / δέκτη απλού καναλιού (P / R) διαθέτει πολυκάναλο 4 καναλιών για τέσσερις μετατροπείς μονοφασικού ή διπλού κρυστάλλου.

Ο δέκτης έχει κέρδος 12-70 dB με εύρος ζώνης 200 kHz - 20 MHz. Ο παλμός είναι τετράγωνο κύμα 10-50v. Η ασύρματη επικοινωνία μεταξύ του κόμβου και άλλων εξαρτημάτων λογισμικού / υλικού είναι δυνατή χρησιμοποιώντας το Zigbee ή το Hart. Μια κάρτα μνήμης SD ή λειτουργία καταγραφής δεδομένων βελτιστοποιεί την απόκτηση και αποθήκευση δεδομένων.

Ο κόμβος 1616 UT είναι επίσης εξαιρετικά χαμηλής ισχύος με δυνατότητα διάρκειας ζωής δύο ετών σε μία μέτρηση την ημέρα. Έχει σχεδιαστεί για εγγενώς ασφαλή πιστοποίηση και χρήση στη βιομηχανία πετρελαίου, φυσικού αερίου και πετροχημικών.

## 4.7 Παχύμετρο

Τα παχύμετρα υπερήχων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να μετρήσουν το πάχος μετάλλων, πλαστικών, ύαλου, ελαστικού, σύνθετων υλικών, καθώς και τα περισσότερα άλλα υλικά εφαρμοσμένης μηχανικής.

Οι παχυμετρήσεις είναι ακριβείς, αξιόπιστες και επαναλήψιμες με μεγάλη ευαισθησία και εφαρμόζονται σε τραχιά ή διαβρωμένα μέρη όπως οι σωληνώσεις, οι δεξαμενές αποθήκευσης, τα πιεστικά δοχεία, και οι σωληνώσεις ατμού. Τα παχύμετρα συνδέονται με Η/Υ για τη μεταφορά των δεδομένων.

Ακολουθούν εικόνες-παραδείγματα παχύμετρων και οι δυνατότητες τους.



Προηγμένο παχύμετρο υπερήχων με ισχυρά χαρακτηριστικά και δυνατότητες μέτρησης πάνω από μπόγια για εφαρμογές σε σωλήνες, δεξαμενές και άλλες δομές μετάλλων με εσωτερική διάβρωση.

Δουλεύει με απλές και δίδυμες κεφαλές, κεφαλές delayline και είναι ιδανικό για παχυμέτρηση σε πολύ καμπύλες επιφάνειες

**Εικόνα 1**



Μικρά παχύμετρα που παρέχουν γρήγορες και ακριβείς μετρήσεις στα εσωτερικά διαβρωμένα μέρη.

Η σειρά MG2 έχει ένα πλήθος χαρακτηριστικών μέτρησης, συμπεριλαμβανομένης της αυτόματης αναγνώρισης των κεφαλών, της ικανότητας εφαρμογών σε υψηλή θερμοκρασία, καθώς και των τρόπων λειτουργιών min, max και freeze. Με δυνατότητα μέτρησης πάνω από μπόγια με 2 μεθόδους (ThroughCoat & EchotoEcho) και datalogger για την αποθήκευση των δεδομένων.

**Εικόνα 2**

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 : ΣΟΝΑΡ**

### **5.1 Η Εφεύρεση**

Ο Lewis Nixon εφηύρε την πρώτη συσκευή ακρόασης τύπου Sonar το 1906 ως τρόπο ανίχνευσης παγόβουνων. Το ενδιαφέρον για το Sonar αυξήθηκε κατά τη διάρκεια του Α΄ Παγκοσμίου Πολέμου όταν υπήρχε ανάγκη να είναι σε θέση να ανιχνεύσει τα υποβρύχια. Το 1915, ο Paul Langévin εφηύρε την πρώτη συσκευή τύπου σόναρ για την ανίχνευση υποβρυχίων που ονομάζεται «θέση ηχώ για την ανίχνευση υποβρυχίων» χρησιμοποιώντας τις πιεζοηλεκτρικές ιδιότητες του χαλαζία. Η εφεύρεσή του έφθασε πολύ αργά για να βοηθήσει πολύ με την πολεμική προσπάθεια, όμως, το έργο του Langévin επηρέασε έντονα τα μελλοντικά σχέδια του σόναρ. Οι πρώτες συσκευές Sonar ήταν παθητικές συσκευές ακρόασης, πράγμα που σημαίνει ότι δεν στάλθηκαν σήματα. Μέχρι το 1918, τόσο η Βρετανία όσο και το Ηνωμένο Βασίλειο είχαν κατασκευάσει ενεργά συστήματα (στα ενεργά σήματα Sonar αποστέλλονται και στη συνέχεια λαμβάνονται πίσω). Τα συστήματα ακουστικής επικοινωνίας είναι συσκευές So-*nar* όπου υπάρχει τόσο προβολέας ηχητικού κύματος όσο και δέκτης και στις δύο πλευρές της διαδρομής σήματος. Ήταν η εφεύρεση του ακουστικού μετατροπέα και οι αποδοτικοί ακουστικοί προβολείς που έκαναν πιο προηγμένες μορφές So-*nar*. Η λέξη Sonar είναι ένας αμερικανικός όρος που χρησιμοποιείται για τον Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο, είναι ένα ακρωνύμιο για το SOUND, NAVIGATION και Ranging. Οι Βρετανοί ονόμαζαν επίσης το Sonar, ASDICS, το οποίο αντιπροσωπεύει την επιτροπή ανίχνευσης κατά του υποβρυχίου. Οι μεταγενέστερες εξελίξεις του Sonar περιλάμβαναν τον ανιχνευτή ηχώ, τον ανιχνευτή βάθους, τον Sonar Sonar, την πλευρική σάρωση Sonar και τον Sonar WPRESS (σε παλμοεγκεκριμένο τομεακό σάρωση).

#### **5.2.1 Ενεργητικά Σόναρ**

Το ενεργητικό σόναρ χρησιμοποιεί πομπό ήχου και δέκτη. Όταν τα δύο βρίσκονται στην ίδια θέση είναι μονοστατική λειτουργία. Όταν χρησιμοποιούνται περισσότεροι πομποί (ή περισσότεροι δέκτες), και πάλι χωρικά διαχωρισμένοι, είναι πολυστατική

λειτουργία. Οι περισσότεροι ηχοεντοπιστές χρησιμοποιούνται μονοστατικά με τον ίδιο πίνακα που χρησιμοποιείται συχνά για μετάδοση και λήψη. Τα ενεργά πεδία sonobuoy μπορούν να λειτουργούν πολυστατικά.

Το ενεργό ηχοσύστημα δημιουργεί παλμό ήχου, συχνά αποκαλούμενο "ring", και στη συνέχεια ακούει τις αντανakλάσεις (ηχώ) του παλμού. Αυτός ο παλμός ήχου γενικά δημιουργείται ηλεκτρονικά χρησιμοποιώντας έναν προβολέα σόναρ που αποτελείται από μια γεννήτρια σημάτων, ενισχυτή ισχύος και ηλεκτροακουστικό μετατροπέα / συστοιχία. Ένας φορέας δέσμης χρησιμοποιείται συνήθως για να συγκεντρώσει την ακουστική ισχύ σε μια δέσμη, η οποία μπορεί να σκουπιστεί για να καλύψει τις απαιτούμενες γωνίες αναζήτησης. Γενικά, οι ηλεκτροακουστικοί μορφοτροπέες είναι τύπου Tonpilz και ο σχεδιασμός τους μπορεί να βελτιστοποιηθεί για να επιτευχθεί μέγιστη απόδοση σε όλο το ευρύτερο εύρος ζώνης, προκειμένου να βελτιστοποιηθεί η απόδοση του συνολικού συστήματος. Περιστασιακά, ο ακουστικός παλμός μπορεί να δημιουργηθεί με άλλα μέσα, π.χ. χημική χρήση εκρηκτικών, ή αεροπλάνα ή πηγές ήχου πλάσματος.

Για να μετρηθεί η απόσταση σε ένα αντικείμενο, μετράται ο χρόνος από τη μετάδοση ενός παλμού στη λήψη και μετατρέπεται σε ένα εύρος γνωρίζοντας την ταχύτητα του ήχου. Για τη μέτρηση του ρουλεμάν χρησιμοποιούνται διάφορα ηχόμετρα και η συσκευή μετράει το σχετικό χρόνο άφιξης σε κάθε μία ή σε μια σειρά από υδρόφωνα, μετρώντας το σχετικό πλάτος των δοκών που σχηματίζονται μέσω μιας διαδικασίας που ονομάζεται σχηματισμός δέσμης. Η χρήση μιας συστοιχίας μειώνει την χωρική απόκριση έτσι ώστε να παρέχονται συστήματα ευρείας 3 κάλυψης πολλαπλών δοντιών. Το σήμα στόχου (εάν υπάρχει) μαζί με τον θόρυβο διαβιβάζονται έπειτα μέσω διαφόρων μορφών επεξεργασίας σημάτων, τα οποία για απλά ηχογραφήματα μπορεί να είναι μόνο μέτρηση ενέργειας. Στη συνέχεια παρουσιάζεται σε κάποια μορφή συσκευής απόφασης που καλεί την έξοδο είτε το απαιτούμενο σήμα είτε το θόρυβο. Αυτή η συσκευή απόφασης μπορεί να είναι χειριστής με ακουστικά ή οθόνη ή σε πιο εξελιγμένους ηχοεντοπιστές, αυτή η λειτουργία μπορεί να πραγματοποιηθεί από λογισμικό. Μπορούν να διεξαχθούν και άλλες διαδικασίες για να ταξινομηθεί ο στόχος και να εντοπιστεί και να μετρηθεί η ταχύτητά του.

## 5.2.2 Παθητικά Σόναρ

Το παθητικό σόναρ ακούει χωρίς μετάδοση. Συχνά χρησιμοποιείται σε στρατιωτικά περιβάλλοντα, αν και χρησιμοποιείται επίσης σε εφαρμογές επιστήμης, π.χ. ανίχνευση ψαριών για μελέτες παρουσίας / απουσίας σε διάφορα υδάτινα περιβάλλοντα. Στην πολύ ευρύτερη χρήση, αυτός ο όρος μπορεί να περιλαμβάνει σχεδόν οποιαδήποτε αναλυτική τεχνική που εμπλέκει απομακρυσμένο ήχο, αν και συνήθως περιορίζεται στις τεχνικές που εφαρμόζονται σε ένα υδάτινο περιβάλλον. Προσδιορισμός πηγών ήχου Το παθητικό σόναρ διαθέτει μια μεγάλη ποικιλία τεχνικών για τον εντοπισμό της πηγής ανιχνευμένου ήχου. Για παράδειγμα, τα σκάφη των ΗΠΑ χρησιμοποιούν συνήθως συστήματα ισχύος εναλλασσόμενου ρεύματος 60 Hz. Αν οι μετασχηματιστές ή οι γεννήτριες συναρμολογηθούν χωρίς σωστή μόνωση με δόνηση από το κύτος ή πλημμυριστούν, ο ήχος των 60 Hz από τις περιελίξεις μπορεί να εκπέμπεται από το υποβρύχιο ή το πλοίο. Αυτό μπορεί να βοηθήσει στην αναγνώριση της εθνικότητάς του, καθώς όλα τα ευρωπαϊκά υποβρύχια και σχεδόν όλα τα άλλα υποβρύχια έχουν συστήματα ισχύος 50 Hz. Οι διαλείπουσες πηγές ήχου (όπως το κλειδί που πέφτει) μπορεί επίσης να είναι ανιχνεύσιμες στο παθητικό σόναρ. Μέχρι πρόσφατα, ένας έμπειρος, εκπαιδευμένος φορέας εκμετάλλευσης εντόπισε

σήματα, αλλά τώρα οι υπολογιστές μπορούν να το κάνουν αυτό. Τα παθητικά συστήματα σόναρ μπορούν να έχουν μεγάλες ηχητικές βάσεις δεδομένων, αλλά ο χειριστής σόναρ συνήθως ταξινομεί τα σήματα χειροκίνητα. Ένα σύστημα υπολογιστών χρησιμοποιεί συχνά αυτές τις βάσεις δεδομένων για να προσδιορίσει κατηγορίες πλοίων, δράσεις (δηλαδή την ταχύτητα ενός πλοίου ή τον τύπο του απελευθερωμένου όπλου) και ακόμη και συγκεκριμένα πλοία. Οι δημοσιεύσεις για την ταξινόμηση των ήχων παρέχονται και ενημερώνονται από το αμερικανικό γραφείο ναυτικής νοημοσύνης.

Το παθητικό ηχοσύστημα στα οχήματα είναι συνήθως αυστηρά περιορισμένο λόγω του θορύβου που παράγεται από το όχημα. Για το λόγο αυτό, πολλά υποβρύχια λειτουργούν πυρηνικούς αντιδραστήρες που μπορούν να ψύχονται χωρίς αντλίες, χρησιμοποιώντας σιωπηλή μεταφορά, ή κυψέλες καυσίμου ή μπαταρίες, οι οποίες μπορούν επίσης να λειτουργούν σιωπηλά. Οι έλικες των οχημάτων σχεδιάζονται και επεξεργάζονται με ακρίβεια ώστε να εκπέμπουν ελάχιστο θόρυβο. Οι έλικες υψηλής ταχύτητας συχνά δημιουργούν μικροσκοπικές φυσαλίδες στο νερό και αυτή η σπηλαιώση έχει ξεχωριστό ήχο. Τα ηχητικά υδρόφωνα μπορούν να ρυμουλκούνται πίσω από το πλοίο ή το υποβρύχιο, προκειμένου να μειωθεί η επίδραση του θορύβου που παράγεται από το ίδιο το σκάφος. Οι ρυμουλκούμενες μονάδες καταπολεμούν επίσης τη θερμική γραμμή, καθώς η μονάδα μπορεί να ρυμουλκείται πάνω ή κάτω από τη θερμοκλιτική. Η απεικόνιση των περισσότερων παθητικών ηχοεντοπιστών ήταν μια δισδιάστατη οθόνη. Μια άλλη τεχνική απεικόνισης είναι η χρωματική κωδικοποίηση των πληροφοριών συχνότητας-χρόνου για το ρουλεμάν. Οι πιο πρόσφατες οθόνες παράγονται από τους υπολογιστές και μιμούνται τις ενδείξεις θέσης σχεδίου ραντάρ.

## 5.3 Είδη SONAR

### 5.3.1 SONAR απλής δέσμης

Τα παραδοσιακά απλά SONAR αναφέρονται με τον όρο SONAR απλής δέσμης. Παρόλο που τέτοια συστήματα, τα οποία κυριάρχησαν για πάνω από 50 χρόνια στο χώρο θεωρούνται πια ξεπερασμένα, πολλά από αυτά εξακολουθούν να χρησιμοποιούνται ακόμα και στις μέρες μας καθώς είναι απλά στη λειτουργία τους και αξιόπιστα. Το εύρος της δέσμης σε τέτοιου είδους συστήματα κυμαίνεται από 10 έως 30 μοίρες και έχει να κάνει με τη γεωμετρία και την κατευθυντικότητα του μετατροπέα. Ο μετατροπέας είναι τοποθετημένος στο σκάφος και συνήθως δεν υπάρχει κάποιος τρόπος να μετρηθεί ή να επηρεαστεί ο προσανατολισμός του κατά τη διάρκεια της λειτουργίας. Πρόκειται, δηλαδή για σταθερά τοποθετημένους μετατροπέες. Ένα τέτοιο σύστημα θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για τη μέτρηση της απόστασης του βυθού. Δεν επιτρέπει την ακριβή και αξιόπιστη μέτρηση της απόστασης παρά μόνο την εξαγωγή μιας εκτίμησης. Οι περιορισμοί ενός τέτοιου συστήματος είναι προφανείς. Ακόμα όμως και σε ιδανικές συνθήκες λειτουργίας δεν παρέχεται καμία πληροφορία με τη μορφή απεικόνισης για τη μορφολογία του θαλάσσιου βυθού, όπως θα ήταν επιθυμητό.

### 5.3.2 SONAR πλευρικής σάρωσης

Τα SONAR πλευρικής σάρωσης αναπτύχθηκαν για να καλύψουν τις αδυναμίες και τους περιορισμούς των SONAR απλής δέσμης. Αυτά, όπως και τα προηγούμενα, εκπέμπουν ενέργεια με τη μορφή ηχητικών κυμάτων και κατόπιν επεξεργάζονται το ανακλώμενο σήμα. Σε αντίθεση με τα προηγούμενα, το ηχητικό κύμα εκπέμπεται από τις πλευρές ενός μετατροπέα με κυλινδρική μορφή που ονομάζεται towfish και δημιουργεί μία δέσμη με μορφή πτερυγίων ανεμιστήρα που σαρώνει το θαλάσσιο βυθό. Το επιστρεφόμενο σήμα καταγράφεται διαρκώς δημιουργώντας έτσι μία εικόνα του βυθού και μαζί όλων των αντικειμένων που καλύπτονται από την ηχητική δέσμη. Αν και η γενική μορφή των αντικειμένων, που ανιχνεύονται και απεικονίζονται, είναι αρκετά καλή και πλησιάζει αρκετά στο σχήμα και στις αναλογίες την πραγματικότητα, υπάρχει το μειονέκτημα της αδυναμίας ακριβούς μέτρησης της απόστασης. Αυτό συμβαίνει γιατί η δέσμη δεν είναι εστιασμένη αλλά εκτείνεται σε μια πολύ μεγάλη γωνία.

### 5.3.3 SONAR πολλαπλών δεσμών

Μια σημαντική εξέλιξη, που βελτιώνει την απόδοση του SONAR πλευρικής σάρωσης, είναι το SONAR πολλαπλών δεσμών. Όπως δηλώνει και το όνομά του, το SONAR αυτό χρησιμοποιεί πολλές δέσμες για την παρατήρηση του βυθού. Τα ηχητικά κύματα μπορούν να εκπεμφθούν από ένα towfish ή από ένα μετατροπέα εγκατεστημένο στο κάτω μέρος του πλοίου. Προσφέρει κάλυψη παρόμοια με αυτή ενός SONAR πλευρικής σάρωσης, αλλά τα δεδομένα εξόδου του είναι διαφορετικά. Αντί να μετράει την ισχύ των επιστρεφόμενων σημάτων, καταγράφει τον χρόνο άφιξής τους. Κάποια από τα πλεονεκτήματα αυτού του τύπου είναι η αυξημένη ανάλυση, η ασφάλεια της καταγραφής όλων των χαρακτηριστικών του περιβάλλοντος και η χαρτογράφηση τους χωρίς κενά. Ακόμη, η ικανότητα να χαρτογραφεί πιο δύσκολο περιβάλλον όπως σύνθετες δομές, κάτω από σκάφη ή μέσα σε νερά που έχουν διαταραχθεί από το πέρασμα κάποιου άλλου πλοίου. Άλλα πλεονεκτήματα είναι ο μικρότερος χρόνος που χρειάζεται για να καλύψει μια δεδομένη περιοχή και οι λιγότερες διελεύσεις που απαιτείται να κάνει πάνω από τον στόχο.

### 5.3.4 SONAR μεταβλητού βάθους

Τα SONAR μεταβλητού βάθους χρησιμοποιούν μεγάλο μεγέθους μετατροπείς, οι οποίοι σύρονται πίσω από το πλοίο με τη βοήθεια ενός καλωδίου μεταβλητού μήκους, πετυχαίνοντας με αυτό το τρόπο να «ακούν» σε διαφορετικά βάθη. Το βάθος κάθε φορά εξαρτάται από μια σειρά παραγόντων όπως είναι το μήκος του καλωδίου, η άνωση και η ταχύτητα του πλοίου. Ένα ακόμα πλεονέκτημα αυτού του τύπου σχετίζεται με τις συνθήκες διάδοσης που επικρατούν κοντά στην επιφάνεια της θάλασσας. Τα SONAR αυτού του τύπου λειτουργούν σε περιοχή σχεδόν ισοθερμική και ήρεμη. Με τον τρόπο αυτό μπορούν με ευκολία να εντοπίζουν στόχους, οι οποίοι διαφορετικά θα παρέμεναν αόρατοι μέσα στα βαθιά νερά και ταυτόχρονα το πλοίο που τα μεταφέρει παραμένει αόρατο και μη ανιχνεύσιμο, παραμένοντας στη επιφάνεια.

### 5.3.5 SONAR ρυμουλκούμενης συστοιχίας

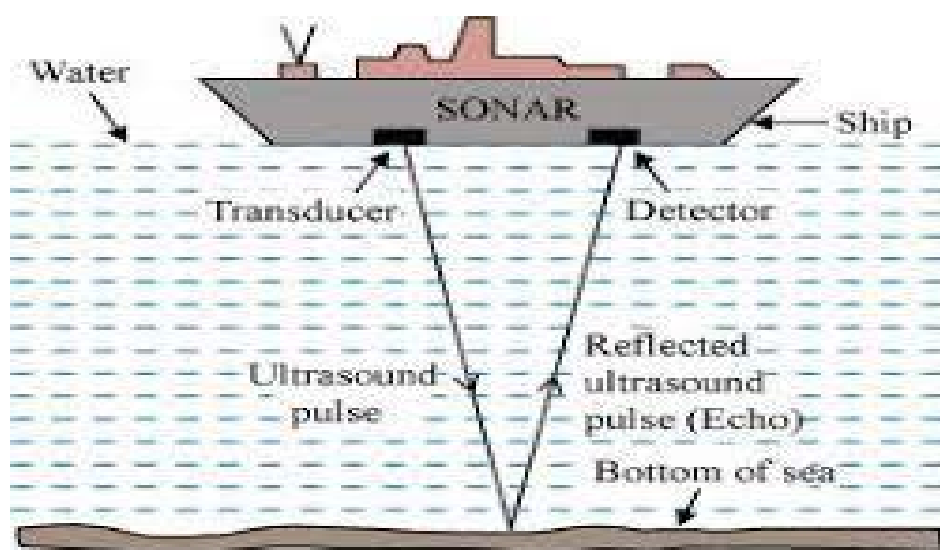
Μια συστοιχία από υδρόφωνα ρυμουλκείται πίσω από το πλοίο με ένα καλώδιο μεταβλητού μήκους όπως και στο SONAR μεταβλητού βάθους. Η διαφορά τους είναι ότι σε αυτή την περίπτωση πρόκειται για ένα καθαρά παθητικό σύστημα. Το σήμα από τα υδρόφωνα οδηγείται σε ένα επεξεργαστή σχηματισμού δέσμης και ακολουθεί η διαδικασία του beamforming. Επειδή η συστοιχία είναι γραμμική, δεν υπάρχει καθόλου κατακόρυφη κατευθυντικότητα. Αυτό προκαλεί δύο βασικά προβλήματα. Το πρώτο εμφανίζεται όταν υπάρχει λήψη σήματος ακριβώς από κάτω από την συστοιχία. Σε αυτή την περίπτωση η διεύθυνση του εισερχόμενου σήματος δεν μπορεί να υπολογιστεί χωρίς περαιτέρω επεξεργασία. Το δεύτερο πρόβλημα σχετίζεται με την ασάφεια στην γωνία άφιξης. Η γραμμική συστοιχία δεν μπορεί να διαχωρίσει τα σήματα που προέρχονται από τα αριστερά από αυτά που προέρχονται από τα δεξιά. Το πρόβλημα αυτό της ασάφειας μπορεί να επιλυθεί σε κάποιο βαθμό στρίβοντας το πλοίο και ελέγχοντας με αυτόν τον τρόπο αν η γωνία που υπολογίστηκε αφορά τον αριστερό ή τον δεξιό λοβό.

## 5.4 Στρατιωτικές εφαρμογές

Ο σύγχρονος ναυτικός πόλεμος κάνει εκτεταμένη χρήση τόσο του παθητικού όσο και του ενεργού σόναρ από τα πλοία που μεταφέρουν νερό, τα αεροσκάφη και τις σταθερές εγκαταστάσεις. Αν και το ενεργό σόναρ χρησιμοποιήθηκε από επιφανειακά σκάφη στο Β' Παγκόσμιο Πόλεμο, τα υποβρύχια απέφυγαν τη χρήση ενεργού ηχοεντοπιστή λόγω της δυνατότητας αποκάλυψης της παρουσίας και της θέσης τους σε δυνάμεις του εχθρού. Ωστόσο, η έλευση της σύγχρονης επεξεργασίας σημάτων επέτρεψε τη χρήση του παθητικού σόναρ ως κύριο μέσο για τις λειτουργίες αναζήτησης και ανίχνευσης. Το 1987, ένα τμήμα της ιαπωνικής εταιρείας Toshiba πώλησε τα μηχανήματα στη Σοβιετική Ένωση που επέτρεψαν την αλέθιση των λεπίδων των υποβρυχίων τους, ώστε να καταστούν ριζικά πιο αθόρυβα, καθιστώντας πιο δύσκολη την ανίχνευση της νέας γενιάς υποβρυχίων. Η χρήση του ενεργού ηχοεντοπιστή από υποβρύχιο για τον προσδιορισμό του ρουλεμάν είναι εξαιρετικά

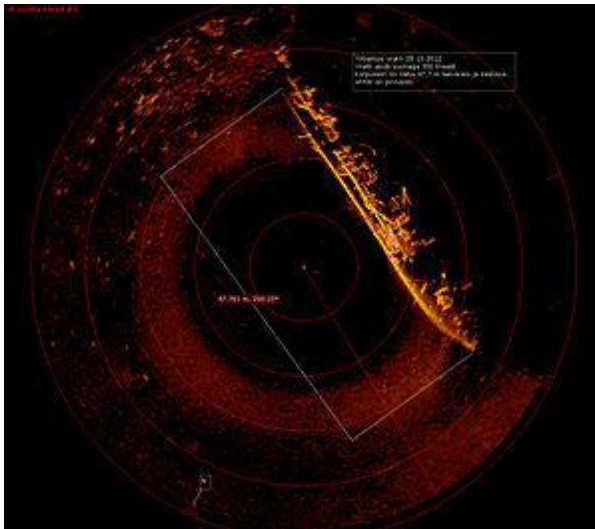


σπάνια και δεν θα δώσει αναγκαστικά πληροφορίες υψηλής ποιότητας ή πληροφορίες σχετικά με την εμβέλεια στην ομάδα ελέγχου πυροσβεστικών υποβρυχίων. Ωστόσο, η χρήση ενεργού ηχοεντοπιστή στα επιφανειακά πλοία είναι πολύ συχνή και χρησιμοποιείται από τα υποβρύχια όταν η τακτική υποδεικνύει ότι είναι πιο σημαντικό να προσδιοριστεί η θέση ενός υποβρυχίου του εχθρού παρά να συγκαλυφθεί η δική του θέση. Με τα επιφανειακά πλοία, θα μπορούσε να υποτεθεί ότι η απειλή ήδη εντοπίζει το πλοίο με δορυφορικά δεδομένα καθώς κάθε σκάφος γύρω από το ηχοβολέα εκπομπής θα ανιχνεύσει την εκπομπή. Έχοντας ακούσει το σήμα, είναι εύκολο να εντοπιστεί ο εξοπλισμός sonar που χρησιμοποιείται (συνήθως με τη συχνότητά του) και η θέση του (με την ενέργεια του ηχητικού κύματος). Το ηχοσύστημα είναι παρόμοιο με το ραντάρ στο ότι, ενώ επιτρέπει την ανίχνευση των στόχων σε ένα ορισμένο εύρος, επιτρέπει επίσης να ανιχνευθεί ο πομπός σε πολύ μεγαλύτερο εύρος, πράγμα που είναι ανεπιθύμητο.



Δεδομένου ότι το ενεργό ηχοσύστημα αποκαλύπτει την παρουσία και τη θέση του χειριστή, δεν επιτρέπει την ακριβή ταξινόμηση των στόχων, χρησιμοποιείται γρήγορα (αεροπλάνα, ελικόπτερα) και από θορυβώδεις πλατφόρμες αλλά σπάνια από υποβρύχια. Όταν χρησιμοποιείται ενεργητικό σόναρ από επιφανειακά πλοία ή υποβρύχια, συνήθως ενεργοποιείται πολύ σύντομα σε διαλείπουσες περιόδους για να ελαχιστοποιηθεί ο κίνδυνος ανίχνευσης. Συνεπώς, το ενεργό ηχοσύστημα θεωρείται κανονικά ως εφεδρικό αντίγραφο ενός παθητικού σόναρ. Στο αεροσκάφος, ο ενεργός ηχοεντηρητής χρησιμοποιείται με τη μορφή μίας χρήσης sonobuoy που πέφτουν στην περιοχή περιπολίας του αεροσκάφους ή κοντά σε πιθανές επαφές με το σκούτερ του εχθρού. Το παθητικό σόναρ έχει πολλά πλεονεκτήματα, το πιο σημαντικό είναι ότι είναι σιωπηλός. Εάν η ακτινοβολούμενη στάθμη θορύβου είναι αρκετά υψηλή, μπορεί να έχει μεγαλύτερη εμβέλεια από το ενεργό σόναρ και επιτρέπει τον εντοπισμό του στόχου. Δεδομένου ότι οποιοδήποτε μηχανοκίνητο αντικείμενο προκαλεί κάποιο θόρυβο, μπορεί κατ' αρχήν να εντοπιστεί, ανάλογα με το επίπεδο θορύβου που εκπέμπεται και το επίπεδο θορύβου περιβάλλοντος στην περιοχή, καθώς και την τεχνολογία που χρησιμοποιείται. Για απλοποίηση, το παθητικό σόναρ "βλέπει" γύρω από το πλοίο. Χρησιμοποιώντας σε ένα υποβρύχιο ανιχνευτικό παθητικό σόναρ που εντοπίζεται στη μύτη ανιχνεύει σε κατευθύνσεις περίπου  $270^\circ$ , με κέντρο την ευθυγράμμιση του πλοίου, τη διάταξη του σκάφους περίπου  $160^\circ$  σε κάθε πλευρά και τη ρυμουλκούμενη διάταξη πλήρους  $360^\circ$ . Οι αόρατες περιοχές

οφείλονται στην παρέμβαση του πλοίου. Μόλις εντοπιστεί ένα σήμα σε μια συγκεκριμένη κατεύθυνση (που σημαίνει ότι κάτι κάνει τον ήχο προς αυτή την κατεύθυνση, αυτό ονομάζεται ευρυζωνική ανίχνευση) είναι δυνατή η μεγέθυνση και η ανάλυση του λαμβανόμενου σήματος (ανάλυση στενής ζώνης). Αυτό γίνεται γενικά χρησιμοποιώντας ένα μετασχηματισμό Fourier για να δείξει τις διαφορετικές συχνότητες που συνθέτουν τον ήχο. Δεδομένου ότι κάθε κινητήρας παράγει ένα συγκεκριμένο ήχο, είναι εύκολο να προσδιοριστεί το αντικείμενο. Βάσεις δεδομένων με μοναδικούς ήχους κινητήρα αποτελούν μέρος του γνωστού ως ακουστικής νοημοσύνης ή ACINT. Μια άλλη χρήση παθητικού ηχοεντοπιστή είναι να προσδιοριστεί η τροχιά του στόχου. Αυτή η διαδικασία ονομάζεται Target Motion Analysis (TMA), και η προκύπτουσα "λύση" είναι η εμβέλεια, η πορεία και η ταχύτητα του στόχου. Το TMA γίνεται με τη σήμανση από ποια κατεύθυνση έρχεται ο ήχος σε διαφορετικούς χρόνους και συγκρίνοντας την κίνηση με εκείνη του πλοίου του ίδιου του χειριστή. Οι αλλαγές στη σχετική κίνηση αναλύονται χρησιμοποιώντας τυπικές γεωμετρικές τεχνικές μαζί με κάποιες παραδοχές σχετικά με τους περιορισμούς των περιπτώσεων. Το παθητικό σόναρ είναι μυστικό και πολύ χρήσιμο. Ωστόσο, απαιτεί ηλεκτρονικά εξαρτήματα υψηλής τεχνολογίας και είναι δαπανηρά. Γενικά αναπτύσσεται σε ακριβά πλοία με τη μορφή συστοιχιών για την ενίσχυση της ανίχνευσης. Τα επιφανειακά πλοία τα χρησιμοποιούν αποτελεσματικά. Χρησιμοποιείται ακόμα καλύτερα από τα υποβρύχια και χρησιμοποιείται επίσης από αεροπλάνα και ελικόπτερα, ως επί το πλείστον σε "έκπληξη", καθώς τα υποβρύχια μπορούν να κρυφτούν κάτω από τις θερμικές στρώσεις. Αν ο κυβερνήτης υποβρυχίου πιστεύει ότι είναι μόνος του, μπορεί να φέρει τη βάρκα του πιο κοντά στην επιφάνεια και να είναι ευκολότερο να εντοπίσει ή να πάει βαθύτερα και ταχύτερα και έτσι να κάνει πιο ήχο. Παραδείγματα εφαρμογών σόναρ για στρατιωτική χρήση δίνονται παρακάτω.



## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 :Αισθητήρας μικροκυμάτων ραντάρ (Guided Microwave or Radar)**

### **6.1 Αρχή μέτρησης**

Η φυσική παράμετρος που μετράται είναι οι παλμοί οδηγούμενων μικροκυμάτων. Ο εκπεμπόμενος παλμός μικροκυμάτων κινείται επάνω στην μεταλλική βέργα και ανακλάται πίσω, επάνω στην επιφάνεια του υλικού. Η στάθμη του υλικού υπολογίζεται από την ηλεκτρονική μονάδα και βασίζεται στον συνολικό χρόνο αποστολής-λήψης του παλμού.

#### **6.1.1 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα**

Η βαθμονόμηση μπορεί να γίνει και χωρίς να έχει τοποθετηθεί. Δεν έχει κινούμενα μέρη. Κατάλληλο και για στερεά υλικά (σε μορφή πούδρας, σκόνης, κόκκων). Υψηλή ακρίβεια μέτρησης. Ανεπηρέαστο από τη θερμοκρασία, πίεση.

Κολλώδη υλικά μπορεί να δημιουργήσουν πρόβλημα. Η διηλεκτρική σταθερά του μετρούμενου υλικού θα πρέπει να είναι μικρότερη από 1,8 ( $\epsilon_v < 1,8$ ). Δεν ισχύει αυτός ο περιορισμός για τα Radar Sensors. Η αρχή του ραντάρ είναι αντίστοιχη με την αναφερθείσα, μόνο που η εκπομπή γίνεται στον αέρα και όχι επάνω σε βέργα μεταλλική.



Εικόνα από μετρητές στάθμης radar

## 6.2 Μέτρηση στάθμης με ραντάρ

Για τη μέτρηση του επιπέδου ραντάρ, υπάρχουν κυρίως δύο τεχνικές διαμόρφωσης.

1. Μέθοδος παλμών. Μετρά το χρόνο που χρειάζεται για έναν παλμό να φτάσει στην επιφάνεια και για να γυρίσει. Παλμό δείκτες στάθμης ραντάρ είναι χαμηλότερα εφαρμογές ακρίβεια.
2. Μέθοδος FMCW (Frequency Modulated Continuous Wave) διαμόρφωση συχνότητας συνεχούς κύματος. Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιείται για την υψηλή απόδοση στους μετρητές στάθμης με ραντάρ.

## 6.3 Μέθοδος FMCW

Το εύρος του ραντάρ εκπέμπει μικροκύματα προς την επιφάνεια του υγρού. Το σήμα που στέλνει ο αισθητήρας έχει μεταβαλλόμενη συχνότητα γύρω στα 10 GHz. Όταν το σήμα φτάνει κάτω προς την επιφάνεια του υγρού και γυρνάει πίσω προς την κεραία του αισθητήρα ραντάρ αναμειγνύεται με το σήμα που μεταδίδεται ότι εκείνη τη στιγμή. Η συχνότητα του εκπεμπόμενου σήματος έχει αλλάξει ελαφρώς κατά τη διάρκεια του χρόνου που χρειάζεται για σήμα να φτάσει κάτω στην επιφάνεια και να γυρίσει πάλι πίσω. Κατά την ανάμιξη η μεταδιδόμενη και το λαμβανόμενο σήμα το αποτέλεσμα είναι ένα σήμα με χαμηλή συχνότητα ανάλογη προς την απόσταση από την επιφάνεια. Αυτό το σήμα έχει μία τιμή μέτρησης υψηλής ακρίβειας.



Epsilon Lambda Electronics Corp

### FMCW Mono-Pulse System Basics

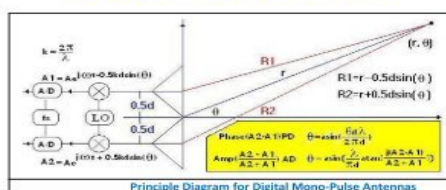
#### Basic Model and Analysis

Two antennas having identical specifications are separated and placed along y-direction with space  $d$ . The center of the two antennas is the coordinate zero point. When a target is at position  $(r, \theta)$  each antenna detects target with distance  $R1$  and  $R2$ , respectively. When  $r$  is much larger than  $d$  (100 times, for example), the signal amplitude of the two channels is equal, but phase difference maybe larger than 360 degrees.

$R1$  and  $R2$  are represented by:

$$R1 = [r^2 + (0.5d)^2 - rdcos(\pi/2 - \theta)]^{0.5} = r - 0.5d\sin(\theta)$$

$$R2 = [r^2 + (0.5d)^2 - rdcos(\pi/2 + \theta)]^{0.5} = r + 0.5d\sin(\theta)$$



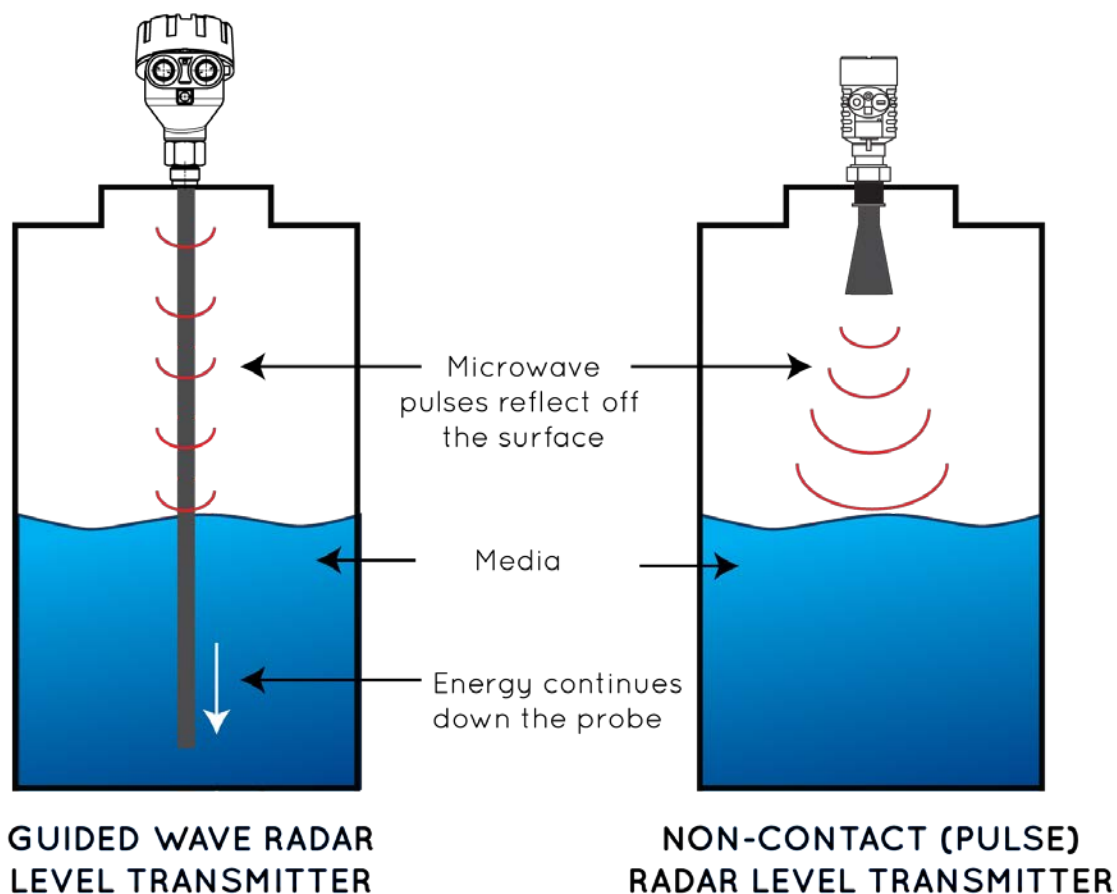
Electromagnetic waves may be represented by  $A \text{EXP}[j(\omega t + kr)]$ , where  $A$  is amplitude,  $\omega$  is angular frequency,  $k$  is the wave number (which is equal to  $k = 2\pi/\lambda$ ),  $\lambda$  is carrier wavelength,  $t$  is time parameter, and  $r$  is distance parameter. The receiver uses the same local oscillator (LO) to down-convert both RF channel signals to the IF band. Using this method, the processing of amplitude and phase is simplified. At the IF band, each channel output is:

$$A1 = A \text{EXP}[j(\omega t - 0.5kdsin(\theta))]$$

$$A2 = A \text{EXP}[j(\omega t + 0.5kdsin(\theta))]$$

## 6.4 Μέθοδος Παλμών

μέτρηση στάθμης ραντάρ παλμών (Pulse Radar Level Measurement), παρέχουν μέτρηση απόστασης με βάση την άμεση μέτρηση το χρόνο που χρειάζεται να μεταδίδονται οι παλμοί μικροκυμάτων και να γυρίσουν από την επιφάνεια του προϊόν που μετριέται.



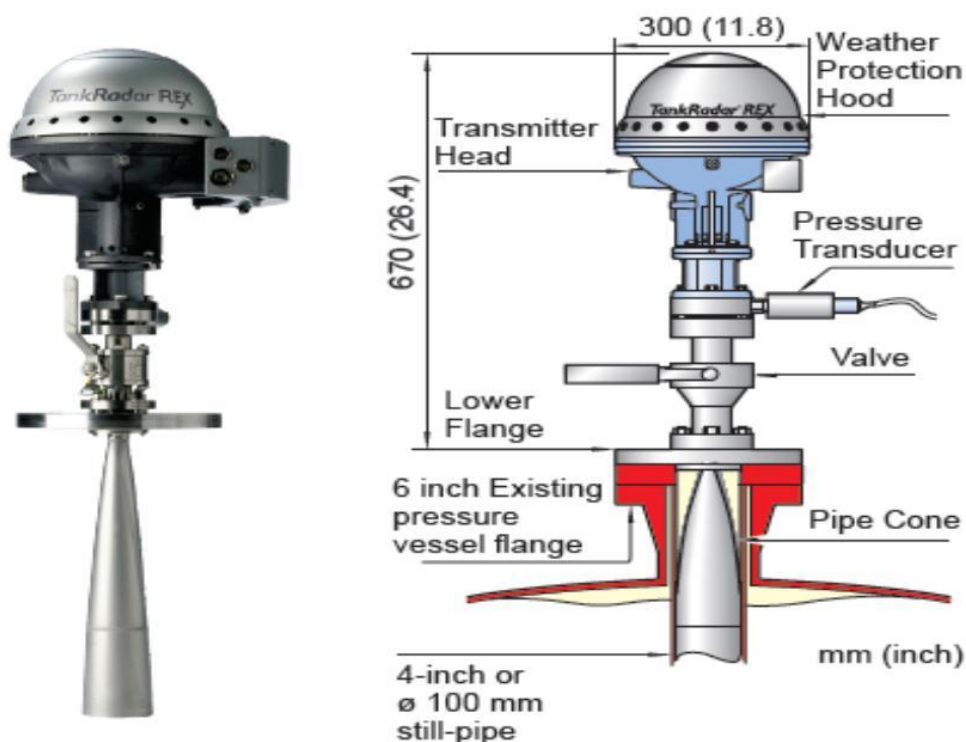
Αρχή λειτουργίας μεθόδου παλμών

## 6.5 Μετρητές ραντάρ σε LNG και LPG

Έχουν σχεδιαστεί για την μέτρηση του υγροποιημένου αερίου στις δεξαμενές LNG και LPG. Περιέχουν συνήθως ένα ακόμα σωλήνα που μεταδίδεται το σήμα στο εσωτερικό του για βοηθάει στην μετρητή να έχει μεγάλη απήχηση ακόμα και σε συνθήκες βρασμού επιφάνεια. Ο μετρητής είναι εξοπλισμένο με μια πυρίμαχη βαλβίδα, ένας αισθητήρας πίεσης χώρο ατμού. Ο αισθητήρας πίεσης απαιτείται για υψηλότερη ακρίβεια.

## 6.6 Μετρητές ραντάρ σε πετρελαιοφόρα πλοία

Μετράνε τα επίπεδα στάθμης στις δεκάμηνες πετρελαίου στα πετρελαιοφόρα πλοία



Μετρητής στάθμης radar που χρησιμοποιείται σε υγραεριοφόρα

Έχουν ακρίβεια μέτρησης μέχρι  $\pm 3 \text{ mm} \pm (0.12 \text{ in})$ .

Λειτουργούν σε θερμοκρασία στη δεξαμενή από 170 μέχρι 90 °C (-274 μέχρι 194 °F) αρκεί να είναι θερμοκρασία βαλβίδας από -55 μέχρι 90 °C (-67 μέχρι 194 °F).

Οι πιέσεις λειτουργίας τους είναι από -1 μέχρι 25 bar (-14.5 μέχρι 365 psig).

Η περιοχή μέτρησης τους από είναι 0.5 μέχρι 60 m (1.6 μέχρι 200 ft).

Έχουν τη δυνατότητα να μετρήσουν τη ψηλή στάθμη, υπερχειλίση, και περιέχουν αισθητήρας πίεσεως για τη μέτρηση της πίεσης πετρελαίου. Έχουν ακρίβεια μέτρησης μέχρι  $\pm 0.5 \text{ mm} \pm (0.020 \text{ in})$ . Έχουν θερμοκρασία λειτουργίας Max. +230 °C (+445 °F).

## 6.7 Επίπεδο Δυσκολίας στη μέτρηση της στάθμης μία δεξαμενής

Σε μία τυπική μορφή μίας δεξαμενής, οι ανιχνευτές είναι τοποθετημένοι στο πάνω μέρος της δεξαμενής



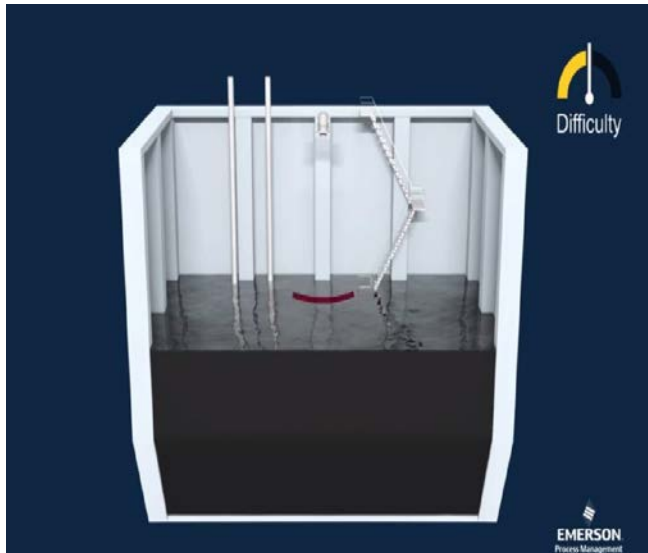
εικονα 1

Όταν η δεξαμενή έχει νερό και το πλοίο είναι σταθερό η μέτρηση της στάθμης είναι σχετικά εύκολη.



εικονα 2

Όταν η δεξαμενή έχει πετρέλαιο, λόγω διαφορετικών ιδιοτήτων πυκνότητας και ιξώδους η μέτρηση γίνεται λίγο πιο δύσκολη



εικόνα 3

Η κατάσταση χειροτερεύει όταν το πλοίο κουνιέται από τα κύματα της θάλασσας με αποτέλεσμα η στάθμη της δεξαμενής να μην παραμένει σταθερή.



εικόνα 4

Τα πράγματα γίνονται ακόμα πιο δύσκολα όταν υπάρχουν και έντονες καιρικές συνθήκες με ψύχος





εικόνα 5

Για το λόγο αυτό τα συστήματα ελέγχου της στάθμης του φορτίου πρέπει να είναι αξιόπιστα και ελεγμένα σε όλες τις καταστάσεις που μπορεί να βρίσκετε το πλοίο.

## **BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

1. <https://www.yumpu.com/en/document/view/10860442/fmcw-mono-pulse-system-basics>
2. <https://www.flo-corp.com/2017/12/06/guided-wave-radar-vs-pulse-radar/>
3. <http://www.emerson.com/>
4. <https://en.wikipedia.org/wiki/Sensor>
5. [http://www.mistrasgroup.gr/products/products\\_gr.htm](http://www.mistrasgroup.gr/products/products_gr.htm)
6. <http://www.emerson.com/catalog/en-us/automation-solutions/measurement-instrumentation/level/rosemount-3100-level-ultrasonic-transmitter>
7. <https://www.infraspec.gr/>
8. <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A5%CF%80%CE%AD%CF%81%CE%B7%CF%87%CE%BF%CF%82>
9. <http://smarthomeenergy.co.uk/what-smart-home>
10. <http://www.nauticexpo.com/boat-manufacturer/ship-sensor-21571.html>
11. <https://en.wikipedia.org/wiki/Ultrasound>
12. <http://2012ojhswaves.weebly.com/sonar.html>
13. [https://en.wikipedia.org/wiki/Doppler\\_effect](https://en.wikipedia.org/wiki/Doppler_effect)
14. <https://www.yumpu.com/en/document/view/10860442/fmcw-mono-pulse-system-basics>
15. <https://www.flo-corp.com/2017/12/06/guided-wave-radar-vs-pulse-radar/>
16. May, William Edward, *A History of Marine Navigation*
17. *English Navigational Books, Charts and Globes Printed Down to 1600*
18. *BIBΛΙΟ Φυσικής Γ Λυκείου*
19. Φλόκα Αθ. Απόστολου. *Μαθήματα Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας*. Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη. 1992.
20. Αθανάσιος Α. Αργυρίου, *Αισθητήρες ημιαγωγών, αισθητήρες θερμικοί, μηχανικοί, μαγνητικοί, αισθητήρες ακτινοβολίας και χημικοί αισθητήρες*, Σημειώσεις, Πάτρα 2004 <http://blog.asautoparts.com/5-common-symptoms-of-faulty-car-sensors/>
21. *Βιβλίοναυτιλιακά ηλεκτρονικά όργανα, Ίδρυμα ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ*
22. Σάγος, Μαλαχίας, *"Αρχές υδροακουστικής και συστημάτων SONAR"* Εκδόσεις ΠΑΠΑΣΩΤΗΡΙΟΥ, Αθήνα 2003
23. *The Oxford Companion to Ships and the Sea, Peter Kem*
24. *The Dictionary of English Nautical Language Database*
25. *The 'Dutchman's Log' or the Seaman's Tobacco Box of Pieter Holm*

26. Robert Bud and Deborah Warner, ed. *Instruments of Science. An Historical Encyclopedia: Logs*. New York, London.
27. *Navigation and Logbooks in the Age of Sail* United States Naval Academy. Retrieved 18 February 2015.
28. *How Echoes Tell Depth of Water Under Ship*" *Popular Mechanics Monthly*
29. ELAC (1982) *An Introduction to Echosounding*
30. *Radio Propagation Measurement and Channel Modelling*
31. *Sciences of Geodesy - I: Advances and Future Directions*
32. Alexander Behm - *Der Erfinder des Echolots*
33. *IHO Standards for Hydrographic Surveys*
34. *Fishfinders Guide*
35. *International Hydrographic Bureau*
36. *USACE publication EM*
37. *Fundamentals of noise and vibration*. John Gerard Walker. Taylor & Francis.