



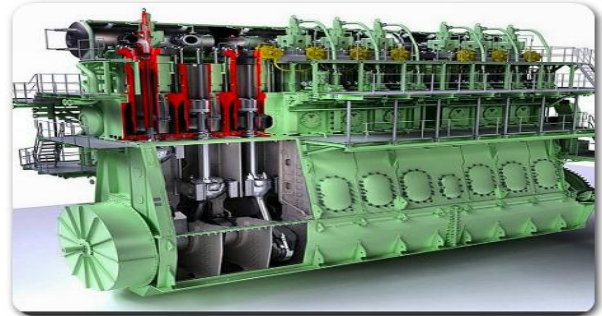
ΤΕΙ ΚΡΗΤΗΣ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΧΑΝΙΩΝ

ΣΧΟΛΗ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΑΧΑΝΙΚΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ

## ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



**ΘΕΜΑ:** ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ – ΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ & ΜΗΧΑΝΕΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΠΛΟΙΟΥ.

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ :** ΠΟΥΛΗΣ ΑΝΑΡΓΥΡΟΣ

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ :** Δρ ΚΟΥΡΙΔΑΚΗΣ ΣΤΥΛΙΑΝΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ



## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η λεπτομερής περιγραφή και ανάλυση των βασικών ηλεκτρονικών και ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων που αποτελούν απαραίτητη προϋπόθεση για την λειτουργία και την πρόωση ενός πλοίου. Πιο συγκεκριμένα θα γίνει προσπάθεια να συγκεντρωθούν και να συσχετιστούν τα περισσότερα από τα βοηθητικά ηλεκτρονικά όργανα τα οποία λαμβάνουν χώρα στη γέφυρα, δηλαδή στο ψηλότερο τμήμα του πλοίου από το οποίο γίνεται η διακυβέρνηση και όλος ο έλεγχος. Σειρά έχουν πληροφορίες σχετικά με τις αρχές και τις μεθόδους εργασίας για την ηλεκτρολογική εγκατάσταση ενός πλοίου και πιο συγκεκριμένα αναφορά σε : προστατευτικές διατάξεις ,καλώδια ,κουτιά διακλάδωσης πίνακες έλεγχου και διανομής. Ενώ παράλληλα γίνεται περιγραφή τυπικών εγκαταστάσεων ψύξης και κλιματισμού . Τέλος θα γίνει μία εκτενής αναφορά στο τρόπο με τον οποίο πραγματοποιείται έλεγχος και κατόπιν λειτουργία του εξοπλισμού στο μηχανοστάσιο του πλοίου με έμφαση να δίνεται στις μηχανές κίνησης.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ :

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	3
1 <sup>ο</sup> ΓΕΦΥΡΑ ΚΑΙ ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ.....	6
1.1 ΑΥΤΟΜΑΤΑ ΠΗΔΑΛΙΑ .....	6
1.1.1 ΒΑΣΙΚΕΣ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΠΗΔΑΛΙΟΥ .....	6
1.1.2 Η ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΠΗΔΑΛΙΟΥ.....	9
1.1.3 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΠΗΔΑΛΙΟΥ .....	11
1.2 ΝΑΥΤΙΚΕΣ ΠΥΞΙΔΕΣ .....	13
1.2.1 ΓΥΡΟΣΚΟΠΙΚΕΣ ΠΥΞΙΔΕΣ .....	13
1.2.2 ΣΦΑΛΜΑΤΑ ΓΥΡΟΣΚΟΠΙΚΩΝ ΠΥΞΙΔΩΝ .....	23
1.2.3 ΓΥΡΟΣΚΟΠΙΚΕΣ ΠΥΞΙΔΕΣ ΜΕ LASER.....	28
1.2.4 ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΕΣ ΠΥΞΙΔΕΣ .....	29
1.3 RADAR /ARPA.....	30
1.3.1 ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ AIS .....	30
1.3.2 ΔΙΑΣΥΝΔΕΟΜΕΝΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ .....	35
1.3.3 ΑΥΞΗΣΗ ΕΜΒΕΛΙΑΣ ΤΟΥ RADAR AIS.....	37
1.3.4 ΣΥΣΧΕΤΙΣΜΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ΣΤΟΧΩΝ AIS ΚΑΙ RADAR.....	37
1.4 ΣΥΣΤΗΜΑ GPS .....	40
1.4.1 ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙΑΣ ΤΟΥ GPS.....	40
1.4.2 ΤΜΗΜΑΤΑ ΤΟΥ GPS .....	42
1.4.3 ΑΚΡΙΒΗΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΕΞΑΠΑΤΙΣΗ.....	45
1.4.4 ΒΑΣΙΚΕΣ ΡΥΘΜΙΣΕΙΣ ΝΑΥΤΙΚΩΝ ΔΕΚΤΩΝ GPS.....	46
1.5 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΓΕΦΥΡΑΣ.....	48
1.5.1 ΚΥΡΙΟΙ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ .....	48
1.5.2 ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΚΟΝΣΟΛΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ECDIS.....	49
1.5.3 ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΚΟΝΣΟΛΑΣ RADAR/ARPA ΚΑΙ ΠΛΟΗΓΗΣΕΩΣ .....	50
2 <sup>ο</sup> ΗΛΕΚΤΡΟΣΤΑΣΙΟ ΚΑΙ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΙ .....	51
2.1 ΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ.....	51
2.1.1 ΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ (ΣΡ).....	51
2.1.2 ΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ (ΕΡ).....	53
2.1.3 ΠΙΝΑΚΕΣ ΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ (ΣΡ) ΚΑΙ (ΕΡ).....	55
2.2 ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΟ ΥΛΙΚΟ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΠΛΟΙΟΥ.....	55
2.2.1 ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΤΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΚΑΙ ΚΑΛΩΔΙΑ .....	57
2.2.2 ΚΟΥΤΙΑ ΔΙΑΚΛΑΔΩΣΗΣ .....	58
2.2.3 ΠΙΝΑΚΕΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΚΑΙ ΔΙΑΝΟΜΗΣ.....	58
2.2.4 ΓΕΙΩΣΗ.....	58
2.3 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΠΛΟΙΟΥ .....	59
2.3.1 ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΑ ΡΕΥΜΑΤΑ ΚΑΙ ΤΑΣΕΙΣ .....	59
2.3.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΣΥΝΕΧΟΥΣ & ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ.....	60
2.3.3 ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΠΡΟΩΣΗ .....	61
2.3.4 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΟΥ.....	64
2.4 ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΠΟ ΑΠΟΣΤΑΣΗ .....	67
2.4.1 ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΙ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ .....	68
2.4.2 ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ.....	69
2.4.3 ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΤΡΗΣΗ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΗΣ ΘΕΣΗΣ .....	69
2.5 ΨΥΚΤΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΠΛΟΙΟΥ.....	70
2.5.1 ΓΕΝΙΚΑ- ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΨΥΚΤΙΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ.....	70

2.5.2	ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΣ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΣ .....	71
2.5.3	ΣΥΣΚΕΥΗ ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗΣ ΒΛΑΒΩΝ .....	74
2.6	ΚΛΙΜΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΠΛΟΙΟΥ .....	75
2.6.1	ΚΥΡΙΑ ΚΛΙΜΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ.....	75
2.6.2	ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΣ .....	76
2.6.3	ΚΕΝΤΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ .....	78
3 <sup>ο</sup>	ΜΗΧΑΝΕΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΥΣΗΣ .....	80
3.1	ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ (ΜΕΚ).....	80
3.2	ΚΟΡΜΟΣ ΜΗΧΑΝΗΣ .....	82
3.2.1	ΣΚΕΛΕΤΟΣ ΚΑΙ ΒΑΣΗ .....	82
3.2.2	ΣΩΜΑ ΚΥΛΙΝΔΡΟΥ .....	84
3.2.3	ΣΥΝΔΕΤΕΣ.....	85
3.3	ΧΙΤΩΝΙΑ-ΚΕΦΑΛΗ ΚΥΛΙΝΔΡΟΥ –ΒΑΛΒΙΔΕΣ-ΕΜΒΟΛΑ-ΔΙΩΣΤΗΡΕΣ.....	85
3.4	ΒΑΚΤΡΟ-ΣΤΥΠΕΙΟΘΛΙΠΤΗΣ –ΖΥΓΩΜΑ.....	90
3.5	ΣΤΡΟΦΑΛΟΦΟΡΟΣ ΚΑΙ ΕΚΚΕΝΤΡΟΦΟΡΟΣ ΑΞΟΝΑΣ .....	91
3.6	ΕΚΚΙΝΗΣΗ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΜΗΧΑΝΩΝ.....	94
3.6.1	ΠΡΟΘΕΡΜΑΝΣΗ ΜΗΧΑΝΗΣ .....	94
3.6.2	ΓΕΝΙΚΟΙ ΕΛΕΓΧΟΙ ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΕΚΚΙΝΗΣΗ.....	95
3.6.3	ΕΛΕΓΧΟΙ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ .....	96
3.6.4	ΠΡΟΥΠΟΘΕΣΕΙΣ ΑΣΦΑΛΕΣΤΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙΑΣ ΜΗΧΑΝΗΣ .....	101
3.7	ΣΥΧΝΕΣ ΒΛΑΒΕΣ ΜΗΧΑΝΩΝ .....	103
3.7.1	ΒΛΑΒΗ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΨΥΞΕΩΣ.....	103
3.7.2	ΦΘΟΡΕΣ ΚΑΙ ΒΛΑΒΕΣ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ .....	107
3.7.3	ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΒΛΑΒΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ .....	115
3.8	ΜΗΧΑΝΕΣ ΜΑΝ Β&W.....	118
3.8.1	ΑΡΓΟΣΤΡΟΦΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ ΜΑΝ Β&W .....	118
3.8.2	ΜΕΣΟΣΤΡΟΦΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ ΜΑΝ Β&W.....	122
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	125

## 1<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ : ΓΕΦΥΡΑ & ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ



*Γέφυρα πλοίου* (bridge of the ship) ή *γέφυρα ναυσιπλοΐας* (navigation bridge) καλείται το υψηλότερο σημείο ή κατάστρωμα του πλοίου, από το οποίο γίνεται η διακυβέρνηση και όλος ο έλεγχος του πλοίου.

Η γέφυρα βρίσκεται στο ψηλότερο σημείο του πλοίου, έτσι ώστε να υπάρχει η μεγαλύτερη δυνατή ορατότητα του θαλάσσιου χώρου. Παλαιότερα, η γέφυρα βρισκόταν στο μέσο του πλοίου, ενώ σήμερα βρίσκεται στο πρυμναίο τμήμα του, επάνω από τους χώρους *ενδιαιτήσεως* (accommodation). Η γέφυρα του σύγχρονου πλοίου μοιάζει με πιλοτήριο αεριωθούμενου αεροπλάνου. Από αυτήν, ο πλοίαρχος ή ο αξιωματικός ναυσιπλοΐας του πλοίου μπορεί να ελέγξει την όλη κατάσταση του πλοίου και να δίνει τις κατάλληλες διαταγές για την ασφαλή διακυβέρνησή του. Στη γέφυρα βρίσκονται τα εξής ναυτιλιακά ηλεκτρονικά όργανα και χειριστήρια:

### 1.1 ΑΥΤΟΜΑΤΑ ΠΗΔΑΛΙΑ

#### 1.1.1 ΒΑΣΙΚΕΣ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΠΗΔΑΛΙΩΝ

Η διατήρηση της πορείας πλεύσεως επί συγκεκριμένης κατευθύνσεως είναι μία από τις βασικές προϋποθέσεις για την ασφαλή πλεύση του σκάφους και αποτελεί ένα από τα κυριότερα καθήκοντα του ναυτιλλόμενου. Ο χειρισμός του πηδαλίου γίνεται κατ' επιλογή του αξιωματικού γεφύρας είτε χειροκίνητα από άτομο του πληρώματος, το οποίο ασχολείται αποκλειστικά με καθήκοντα πηδαλιούχου, είτε με τη βοήθεια αυτομάτων μηχανισμών ελέγχου της απαιτούμενης στροφής πηδαλίου.

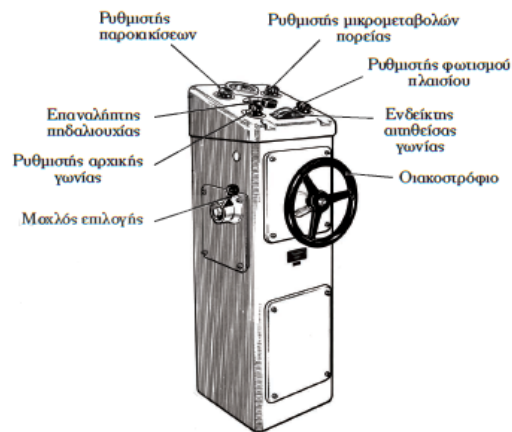
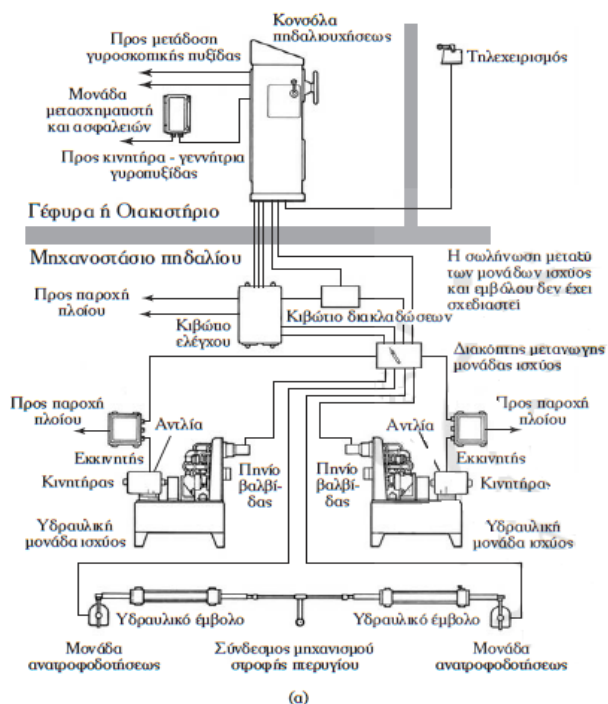
Τα αυτόματα πηδάλια και τα αυτόματα συστήματα πηδαλιουχίσεως που είναι εγκατεστημένα σε διάφορα εν ενεργεία πλοία μπορούν να ταξινομηθούν στις επόμενες κατηγορίες:

α) *Αυτόματα πηδάλια*, με υδραυλικό μηχανισμό μεταφοράς διαταγών στροφής πηδαλίου. Αναπτύχθηκαν κατά κύριο λόγο στη δεκαετία του '70. Παρόλο που η συγκεκριμένη κατασκευαστική μεθοδολογία ήταν αρκετά αποτελεσματική εντούτοις η εμφάνιση διαρροών ελαίου είτε καθιστούσε το πηδάλιο δύσχρηστο είτε έθετε την όλη διάταξη πηδαλιουχίσεως εκτός λειτουργίας.

β) *Πρώιμα αυτόματα συστήματα πηδαλιουχίσεως* με χρήση ηλεκτρικών μεταδοτών (και σερβομηχανισμών) για τη μεταφορά των διαταγών στροφής του πηδαλίου. Τα συγκεκριμένα συστήματα αναπτύχθηκαν κατά την περίοδο της δεκαετίας του '80 σύμφωνα με τις δυνατότητες των συστημάτων αυτόματου ελέγχου της περιόδου αυτής.







(α) Γενική διάταξη γέφυρας και του μηχανοστασίου πηδαλίου, με το σύνολο των διατάξεων του συγκροτήματος πηδαλιουχίας.  
 (β) Τράπεζα ελέγχου (κονσόλα), αυτόματου συστήματος πηδαλιουχίας της δεκαετίας '80.  
 (γ) Κομβία και ρυθμιστές τράπεζας ελέγχου/χειρισμού.

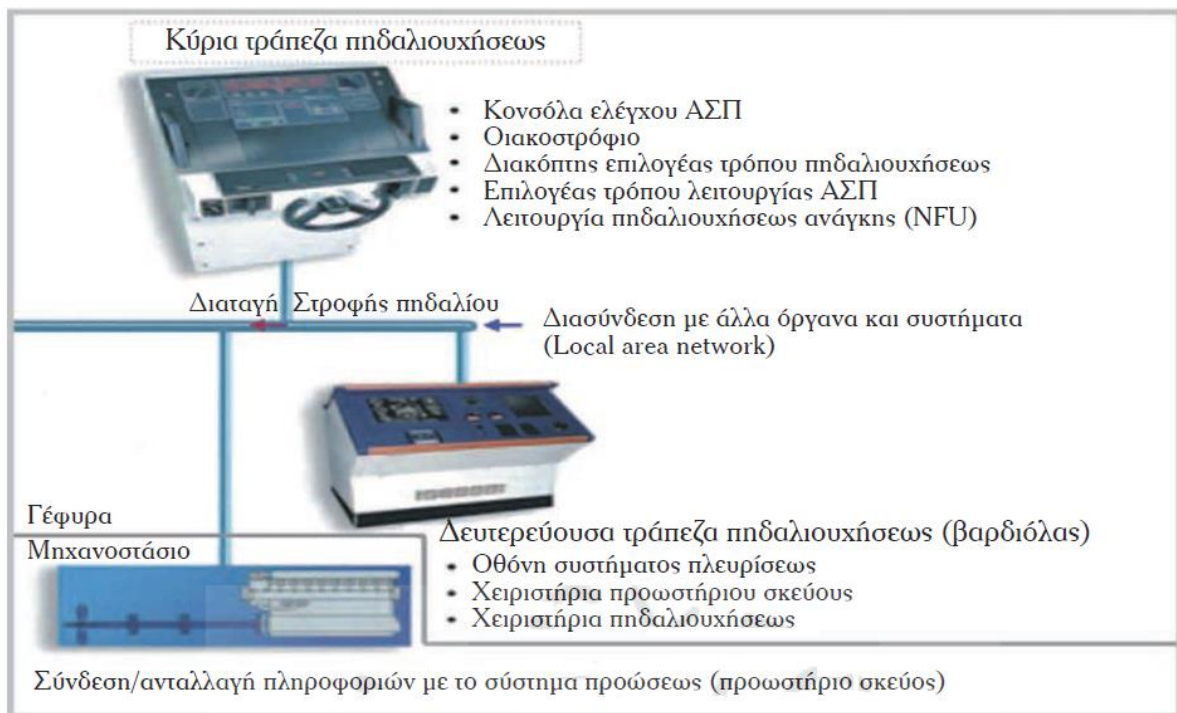
*Αυτόματο σύστημα πηδαλιουχίας της δεκαετίας '80, με αποκλειστική χρήση ηλεκτρικών μεταδοτών κινήσεως των διακαγών για τη στροφή της πέρυγας του πηδαλίου.*

γ) **Ωριμα αυτόματα συστήματα πηδαλιουχίας** με ηλεκτρικούς μεταδότες διαταγών στροφής πηδαλίου και ενσωματωμένο μικροϋπολογιστή με περιορισμένες αλλά επαρκείς δυνατότητες διασυνδέσεως και συνεργασίας με άλλα ηλεκτρονικά ναυτικά όργανα και συστήματα. Αυτά αναπτύχθηκαν κατά τη δεκαετία του '90 σύμφωνα με τις αντίστοιχες δυνατότητες της τεχνολογίας της περιόδου αυτής.

δ) **Σύγχρονα ψηφιακά αυτόματα συστήματα πηδαλιουχίας**, τα οποία στηρίζονται στην αιχμή της ψηφιακής τεχνολογίας και έχουν τη δυνατότητα συνεργασίας με την πλειονότητα των συγχρόνων ηλεκτρονικών ναυτικών οργάνων και συστημάτων. Επισημαίνεται ότι ο ενσωματωμένος μικροϋπολογιστής παρέχει τη δυνατότητα στο χρήστη να παρέμβει με ευκολία στον τρόπο υπολογισμού των διαταγών στροφής προς το πηδάλιο και για το λόγο αυτό οι συγκεκριμένες μονάδες ελέγχου αποδίδονται ως **ψηφιακοί προσαρμόσιμοι αυτόματοι πηδαλιούχοι** (Adaptive Auto Pilot – AAP), σε αντιδιαστολή με τα παλαιότερα μοντέλα που αποδίδονται (απλά) ως **αυτόματοι πηδαλιούχοι** (Proportional Integral Derivative – PID).







### 1.1.2 Η ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΠΗΔΑΛΙΟΥ

Για τη μεταφορά διαταγών στροφής προς το πηδάλιο (εκτός από τον αυτόματο πηδαλιούχο ή τον κατάλληλο άνθρωπο για το χειρισμό του οιακοστρόφιου) απαιτείται μια σειρά εξυπηρετικών μηχανισμών, δηλαδή ένα συγκρότημα πηδαλιουχίσεως, το οποίο αποτελείται από τα εξής:

α) Την **τράπεζα ελέγχου πηδαλιουχίσεως**, που εγκαθίσταται στη γέφυρα και στην οποία είναι ενσωματωμένα τα στοιχεία ελέγχου του συγκροτήματος πηδαλιουχίσεως. Κατά κύριο λόγο πάνω σ' αυτήν είναι τοποθετημένη η μονάδα ελέγχου χειρισμού του αυτόματου πηδαλιούχου που επίσης αποδίδεται και ως **κύρια μονάδα ελέγχου γέφυρας** (bridge control unit ή master). Απ' αυτήν ενεργοποιείται εξαστάσεως η μονάδα ισχύος (αντλίες πηδαλίου), για τη στροφή της πτέρυγας του πηδαλίου. Χωρίς η περιγραφή που ακολουθεί να ανταποκρίνεται ακριβώς στο σύνολο των εμπορικών τύπων που κυκλοφορούν στην αγορά, η μονάδα ελέγχου της γέφυρας φέρει:

– Διακόπτη επιλογής λειτουργίας τριών θέσεων με:

- **Χειροκίνητη λειτουργία με το οιακοστρόφιο** (hand/manual operation). Η στροφή του πηδαλίου επιτυγχάνεται με το χειρισμό του οιακοστρόφιου από το ναύτη-πηδαλιούχο.
- **Χειροκίνητη λειτουργία με δευτερεύον οιακοστρόφιο** ή στην πλειονότητα των κατασκευαστών με κάποιο μοχλό (secondary hand/manual operation). Δηλαδή η μεταβίβαση διαταγών στροφής προς την πτέρυγα εκτελείται με στροφή του μοχλού. Και στις δύο προηγούμενες περιπτώσεις, η λειτουργία του συστήματος πηδαλιουχίσεως περιγράφεται ως συμμετρική παρακολούθηση Follow Up (FU). Κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες, ο ίδιος μοχλός μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για πηδαλιούχηση ανάγκης από τη

γέφυρα με μέθοδο μη συμμετρικής παρακολουθήσεως Non Follow Up (NFU) που αναλύεται παρακάτω.

- **Αυτόματη λειτουργία** (automatic pilot-auto). Στη θέση αυτή ο αυτόματος πηδαλιούχος αναλαμβάνει τον έλεγχο της πτέρυγας του πηδαλίου. Η ενεργοποίηση της μονάδας ισχύος από τη μονάδα ελέγχου γέφυρας επιτυγχάνεται και στις τρεις περιπτώσεις με ηλεκτρικά σήματα. Πρέπει να σημειωθεί όμως ότι κατά τη χειροκίνητη λειτουργία, δεν είναι εύκολη η τήρηση της πορείας με απόλυτη ακρίβεια.

– Έναν επαναλήπτη της γυροσκοπικής πυξίδας του πλοίου, που φέρει ανεμολόγιο και χρησιμεύει για να διαβάζομε την πορεία του πλοίου. Επίσης, αρκετά διαδεδομένη είναι και η ταυτόχρονη χρήση συνδυασμένου αναλογικού και ψηφιακού επαναλήπτη πυξίδας.

– Οιακοστρόφιο (hand wheel) για τη χειροκίνητη λειτουργία του πηδαλίου. Σε ορισμένα μοντέλα κατασκευαστών με το ίδιο οιακοστρόφιο, εκτός από την αυτόματη χειροκίνητη λειτουργία εξασφαλίζεται και η χειροκίνητη λειτουργία ανάγκης (βοηθητικός μηχανισμός κινήσεως πηδαλίου).

– Μοχλό (Joy-stick), για τη χειροκίνητη λειτουργία όταν αυτή δεν εξασφαλίζεται από το κύριο οιακοστρόφιο. Δηλαδή, σε περίπτωση ανάγκης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο μοχλός αυτός για να διατηρήσομε τη δυνατότητα πηδαλιουχίσεως στη γέφυρα του πλοίου, όταν οι ηλεκτρικές διατάξεις που εξυπηρετούν το οιακοστρόφιο, υπολειπوغούν. Υπενθυμίζεται ότι τόσο το οιακοστρόφιο, όσο και ο μοχλός λειτουργούν ως διακόπτες και ενεργοποιούν τη μονάδα ισχύος, χωρίς την παρεμβολή πολύπλοκων ηλεκτρονικών κυκλωμάτων. Όπως θα δούμε στη συνέχεια, ο μοχλός αυτός μπορεί να λειτουργήσει και ως χειροκίνητη πηδαλιούχηση ανάγκης (emergency steering) που αντιστοιχεί σε κατάσταση μη συμμετρικής παρακολουθήσεως.

– Ρυθμιστές (κουμπιά), με τους οποίους εξασφαλίζεται η αποτελεσματικότερη αυτόματη λειτουργία του πηδαλίου, ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν κατά τον πλου και τις ελικτικές ικανότητες του πλοίου. Στα νεότερα συγκροτήματα πηδαλιουχίσεως, οι ρυθμιστές αυτοί είναι όλοι ενσωματωμένοι στην ψηφιακή μονάδα ελέγχου/χειρισμού του αυτόματου πηδαλιούχου (ψηφιακές θύρες εισόδου που παρέχουν τα απαραίτητα δεδομένα κατευθείαν στο μικροϋπολογιστή του συστήματος).

– Ενδεικτική πραγματικής γωνίας πηδαλίου (rudder angle indicator), ο οποίος δείχνει αν το πτερύγιο έχει στραφεί κατά τη διατασσόμενη από τη μονάδα ελέγχου γωνία. Σε ορισμένους τύπους εμπορικών κατασκευαστών, συμπεριλαμβάνεται και ο ενδεικτής διατασσόμενης γωνίας (rudder order indicator), που δείχνει τη γωνία κατά την οποία δόθηκε εντολή να στραφεί το πτερύγιο.

β) Τη **μονάδα ισχύος**, η οποία είναι ηλεκτροϋδραυλικού τύπου και εξασφαλίζει την απαιτούμενη ισχύ για την κίνηση (στροφή) του πτερυγίου. Αποτελείται από ηλεκτρικό κινητήρα, ο οποίος περιστρέφει αντλία, που δημιουργεί πίεση λαδιού. Η μονάδα ισχύος διαθέτει δύο βαλβίδες διευθύνσεως: μία για τη στροφή του πηδαλίου δεξιά και μία για αριστερά. Εκτός από τις βαλβίδες διευθύνσεως, η ηλεκτροϋδραυλική μονάδα ισχύος διαθέτει και βαλβίδα παρακάμψεως (by-pass valve). Η βαλβίδα αυτή ανοίγει αυτόματα, όταν η πίεση του λαδιού μειωθεί για οποιοδήποτε λόγο κάτω από μία ορισμένη τιμή ή όταν δεν λειτουργεί η μονάδα ισχύος.

γ) Το **μηχανισμό στροφής του πτερυγίου** (steering engine control linkage).

Ο μηχανισμός πηδαλιουχίσεως του πλοίου επιδρά κατευθείαν στο στέλεχος του πηδαλίου. Αποτελείται από έναν υδραυλικό-περιστροφικό μηχανισμό, που είναι συνδεδεμένος με τις δυο ηλεκτροκίνητες αντλίες που αναφέρθηκαν

προηγουμένως, οι οποίες παρέχουν την απαιτούμενη πίεση λαδιού για να λειτουργήσει το πηδάλιο. Μαζί με το μηχανισμό αυτό στρέφει και το πτερύγιο του πηδαλίου.

δ) Το **πτερύγιο του πηδαλίου** (plate rudder). Όπως συζητήθηκε ήδη, εγκαθίσταται στην πρύμνη του πλοίου και στηρίζεται σε κατακόρυφο άξονα (κορμό), ώστε να μπορεί να στρέφεται κατά την απαιτούμενη γωνία σε σχέση με το διάμηκες του πλοίου.

ε) Τη **μονάδα μεταδόσεως πραγματικής γωνίας** (rudder angle transmitter). Είναι ένας συγχρομεταδότης του οποίου ο άξονας συνδέεται με μοχλό στο έμβολο, παρακολουθώντας πάντα τη στροφή του πτερυγίου. Έτσι, όσο στρέφεται το πτερύγιο του πηδαλίου, στρέφεται και ο ενδείκτης (rudder angle indicator), που προσαρμόζεται μηχανικά στον άξονα του συγχροκινητήρα και δείχνει την αντίστοιχη ένδειξη μοιρών. Κατά τον ίδιο τρόπο συνδέονται και οι όποιοι ξεχωριστοί ενδείκτες γωνίας πηδαλίου, που για να εξυπηρετήσουν την εκτέλεση της ναυσιπλοΐας εγκαθίστανται σε κατάλληλες θέσεις στο χώρο της γέφυρας και στις βαρδιόλες. Με τον τρόπο αυτό παρέχεται άμεση πληροφόρηση για τη γωνία, στην οποία βρίσκεται κάθε στιγμή το πηδάλιο. Με την επικράτηση των ψηφιακών διατάξεων είναι αρκετά διαδεδομένη η ένδειξη της συγκεκριμένης πληροφορίας σε οθόνη τύπου LED (Light Emitting Diode, με σύνδεση αυτής σε κατάλληλη θύρα εξόδου του μικροεπεξεργαστή του αυτόματου συστήματος πηδαλιουχίσεως.

στ) Τη **μονάδα ανατροφοδότησεως ή επαναφοράς** (feedback unit ή repeat back unit). Η μονάδα αυτή συνδέεται με μοχλό στο έμβολο του μηχανισμού στροφής του πτερυγίου και στρέφεται κατά τη γωνία που στρέφεται και το πτερύγιο. Υπάρχει ηλεκτρική σύνδεση με τη μονάδα ελέγχου στην τράπεζα ελέγχου πηδαλιουχίσεως, ώστε να μηδενίζεται η τάση του ηλεκτρικού σήματος, με την ολοκλήρωση στροφής του πτερυγίου. Η μονάδα ανατροφοδότησεως περιέχει και τους δύο διακόπτες ορίων (limi switches) της γωνίας στροφής του πτερυγίου. Οι δύο αυτοί διακόπτες συγκρατούνται από τα ελατήριά τους κλειστοί και παρεμβάλλονται σε σειρά στη γραμμή τροφοδοτήσεως των πηνίων της δεξιάς και της αριστερής βαλβίδας διευθύνσεως της μονάδας ισχύος. Όταν το πτερύγιο στραφεί δεξιά ή αριστερά κατά γωνία ίση με το όριο (συνήθως 35°–40°), ένας βραχίονας, τον οποίο φέρει ο άξονας στροφής της μονάδας, πιάζει το διακόπτη ορίου της αντίστοιχης βαλβίδας διευθύνσεως, η οποία κλείνει και διακόπτεται η παροχή πίεσεως λαδιού στο μηχανισμό στροφής. Με τον τρόπο αυτό σταματά και η πέρα από το όριο επικίνδυνη στροφή του πτερυγίου.

### 1.1.3 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΠΗΔΑΛΙΟΥ

Στην παρούσα παράγραφο, θα καταγραφούν και επεξηγηθούν οι βασικές αρχές των επιμέρους διατάξεων που χρησιμοποιούμε, προκειμένου να εξασφαλίσουμε την αποτελεσματική τήρηση επί της πορείας του πλοίου μέσω του ΑΣΠ, χωρίς να μας απασχολεί ο τύπος του εμπορικού μοντέλου που αναλαμβάνει το συγκεκριμένο ρόλο. Στην περίπτωση, που το πλοίο μας είναι μονέλικο, η πτέρυγα του πηδαλίου βρίσκεται ακριβώς πάνω απ' την έλικα αυτή για την επίτευξη του βέλτιστου υδροδυναμικού αποτελέσματος. Αν το πλοίο διαθέτει δύο έλικες και μία μόνο πτέρυγα, που είναι η συνηθέστερη κατασκευαστική μεθοδολογία χωρίς να αποκλείονται οι υπόλοιποι πιθανοί συνδυασμοί, όπως για παράδειγμα μια πτέρυγα πάνω από κάθε έλικα του πλοίου, τότε αυτή θα βρίσκεται τοποθετημένη ακριβώς ανάμεσα στις έλικες για την αποφυγή ανώμαλης υδροδυναμικής ροής και κραδασμών.

Για τη στροφή της πτέρυγας του πηδαλίου χρησιμοποιούνται συνήθως δύο διαφορετικές μονάδες ισχύος, δηλαδή αντλίες με υδραυλικό λάδι (ηλεκτρουδραυλικές διατάξεις). Κάθε αντλία, είναι σχεδιασμένη να παρέχει λάδι ικανοποιητικής πίεσεως, ώστε να εξασφαλίζει την απαραίτητη ροπή στρέψεως στην πτέρυγα του πηδαλίου. Κατά την κανονική λειτουργία στη θάλασσα, μόνο μία αντλία είναι σε λειτουργία, ενώ η άλλη διατηρείται σε ετοιμότητα. Αν στον **ενδείκτη προειδοποίησής** για τα πηδάλια παρουσιαστεί μήνυμα για δυσλειτουργία ή απώλεια της μιας αντλίας, η πρώτη ενέργεια του αξιωματικού θα είναι να ενεργοποιήσει, με τη βοήθεια του τηλεχειρισμού που υπάρχει στην κονσόλα πηδαλιουχίσεως, τη δεύτερη αντλία που είναι άμεσα διαθέσιμη. Επίσης, κάθε αντλία σε περίπτωση βλάβης της μόνιμης ηλεκτρικής τροφοδοτήσεώς της, μπορεί να τροφοδοτηθεί με ρεύμα και από άλλο σημείο του πλοίου με χρήση επιπροσθέτων καλωδίων (καλώδια ανάγκης). Κατά τους χειρισμούς του πλοίου, όπου απαιτείται ο μικρότερος δυνατός χρόνος ανταποκρίσεως του πηδαλίου, λειτουργούν και οι δύο αντλίες. Έτσι, ο τελικός χρόνος στροφής της πτέρυγας μειώνεται περίπου κατά 50%. Η κανονική λειτουργία των αντλιών όταν ο έλεγχος του συστήματος πηδαλιουχίσεως βρίσκεται στη γέφυρα επιτυγχάνεται με τη μεταφορά καταλλήλων ηλεκτρικών σημάτων (διαταγή στροφής) από τη μονάδα αυτόματου πηδαλιούχου ή το οιακοστρόφιο, τα οποία και καταλήγουν στις τηλεχειριζόμενες, σωληνοειδείς βαλβίδες, οι οποίες βρίσκονται πάνω στις αντλίες. Διακρίνουμε τρεις διαφορετικούς τρόπους λειτουργίας (modes) όσον αφορά στον εξ αποστάσεως χειρισμό της πτέρυγας του πηδαλίου με τον έλεγχο στη γέφυρα:

α) **Λειτουργία μη συμμετρικής παρακολουθήσεως** (Non-Follow-Up–NFU). Σ’ αυτήν την επιλογή το πηδάλιο ακολουθεί τις ακριβείς κινήσεις του μέσου που χρησιμοποιούμε για να μεταβιβάσομε εντολές προς την πτέρυγα (συνήθως κάποιος μοχλός ή κάποιο δευτερεύον οιακοστρόφιο) σε κατάσταση ανάγκης.

Η πτέρυγα του πηδαλίου ελέγχεται με τη βοήθεια των δύο διακοπών (RLA και RLB) που χειρίζονται κατευθείαν τις κατευθυντήριες βαλβίδες της μονάδας ισχύος. Στη θέση αυτή δεν συμμετέχουν στη λειτουργία του πηδαλίου το σύνολο των ηλεκτρονικών μονάδων που απαρτίζουν τη μονάδα αυτόματου πηδαλιούχου και κυρίως ο **μηχανισμός ανατροφοδότησεως** (feedback control), δηλαδή απομονώνονται οι περισσότερες ηλεκτρικές διατάξεις που συμπληρώνουν τη λειτουργία του συγκροτήματος πηδαλιουχίσεως. Κατά συνέπεια, μπορεί να λειτουργήσει το πηδάλιο όταν κάποια ηλεκτρονική/ηλεκτρική μονάδα απ’ αυτές που απαρτίζουν το σύστημα εμφανίσει βλάβη. Η απλοποιημένη αυτή μέθοδος αποδίδεται επίσης στη διεθνή βιβλιογραφία και ως **σύστημα αυτόματου ελέγχου ανοικτού βρόγχου** (open loop control). Η ακριβής τήρηση της πορείας είναι εξαιρετικά δύσκολη έως αδύνατη.

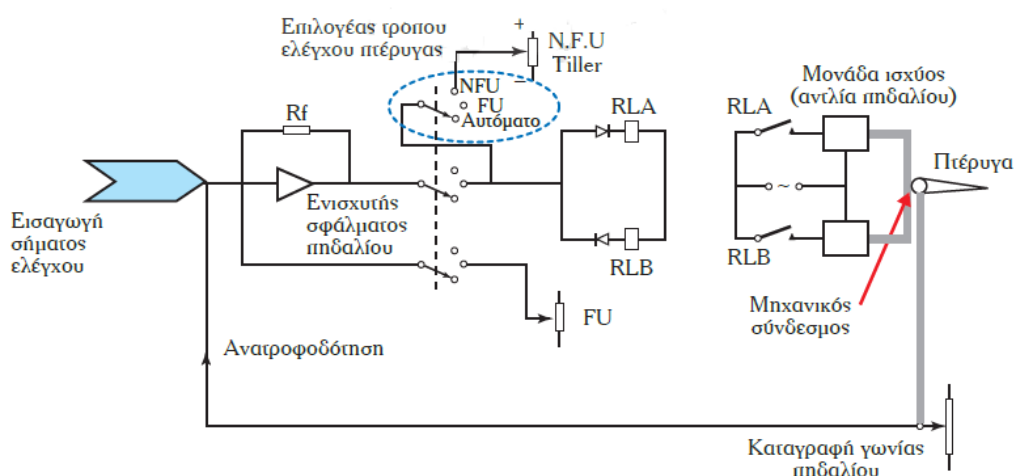
β) **Λειτουργία συμμετρικής παρακολουθήσεως** (Follow-Up – FU). Η κίνηση του πηδαλίου γίνεται μέσω ενός μηχανισμού επαναφοράς που εξασφαλίζει την επαναφορά του πηδαλίου στο μέσον, όταν σταματήσει η στροφή του τιμονιού ή του μοχλού πηδαλιουχίσεως. Η συγκεκριμένη διάταξη χρησιμοποιείται δημιουργώντας τη διαταγή στροφής είτε χειροκίνητα είτε από τη μονάδα αυτόματου πηδαλιούχου. Αν δηλαδή στρέψομε το οιακοστρόφιο κατά κάποια γωνία, θα στραφεί με τη βοήθεια των ηλεκτρικών διατάξεων και η πτέρυγα του πηδαλίου, ενώ αν αφήσομε το οιακοστρόφιο από τα χέρια μας θα επιστρέψει κι αυτό και η πτέρυγα στο μέσον.

γ) **Αυτόματα** (auto pilot). Η κίνηση του πηδαλίου ελέγχεται αποκλειστικά από τη μονάδα αυτόματου πηδαλιούχου, η οποία φροντίζει για τη διατήρηση της πορείας που



έχομε επιλέξει, ενώ και πάλι η διάταξη της ανατροφοδότησεως που συμπληρώνει το συγκρότημα πηδαλιουχίσεως εξασφαλίζει την αποτελεσματικότερη απόδοση του συστήματος. Δηλαδή, τόσο ο δεύτερος όσο και ο τρίτος τρόπος αποδίδονται κάτω από τον κοινό τίτλο της συμμετρικής παρακολουθήσεως (FU).

Μόνο η υπομονάδα χειροκίνητης πηδαλιουχίσεως είναι εφοδιασμένη με τα απαραίτητα κυκλώματα για τη χειροκίνητη λειτουργία ανάγκης, που ονομάζεται **λειτουργία μη συμμετρικής παρακολουθήσεως** (Non Follow Up–NFU). Κατά τη χειροκίνητη λειτουργία ανάγκης, προαναφέρθηκε ότι ο μοχλός στροφής συνδέεται κατευθείαν (μηχανικά) σε κιβώτιο διακοπών και από τη στροφή του (πίεσή του) δεξιά ή αριστερά, κλείνουν οι επαφές τους και τροφοδοτούν το πηνίο της αντίστοιχης βαλβίδας διευθύνσεως. Κατά συνέπεια, ενεργοποιείται η μονάδα ισχύος και στρέφει το περύγιο του πηδαλίου. Η στροφή θα συνεχίζεται για όσο χρόνο πιέζεται δεξιά ή αριστερά η διάταξη παραγωγής σήματος οδηγίσεως.



Όταν όμως το περύγιο στραφεί κατά την οριακή γωνία, ανοίγει ο αντίστοιχος διακόπτης ορίου της μονάδας ανατροφοδότησεως, που διακόπτει την τροφοδότηση του πηνίου της βαλβίδας διευθύνσεως και έτσι σταματά η στροφή του περυνγίου πέρα από το όριο. Η μη συμμετρική παρακολούθηση είναι δυνατή μόνο από την κύρια θέση πηδαλιουχίσεως (γέφυρα). Το τελικό ζητούμενο για να διατηρήσομε τον αποτελεσματικό έλεγχο της κατευθύνσεως του πλοίου είναι το σήμα οδηγίσεως που παράγεται από τον αυτόματο πηδαλιούχο (ή το οιακοστρόφιο της τράπεζας ελέγχου πηδαλιουχίσεως) να καταλήξει μέσω των απαραίτητων ηλεκτρικών συνδέσεων στη μονάδα ισχύος που χρησιμοποιείται για τη στροφή του πηδαλίου. Το κύκλωμα αναδράσεως θα εξασφαλίζει τη συνεχή διόρθωση της διαταγής στροφής, ενώ το κύκλωμα καταγραφής της γωνίας πηδαλίου που παρουσιάστηκε στο σχήμα υποδεικνύει κάθε στιγμή την πραγματική γωνία που έχει στραφεί το πηδάλιο.

## 1.2 ΝΑΥΤΙΚΕΣ ΠΥΞΙΔΕΣ

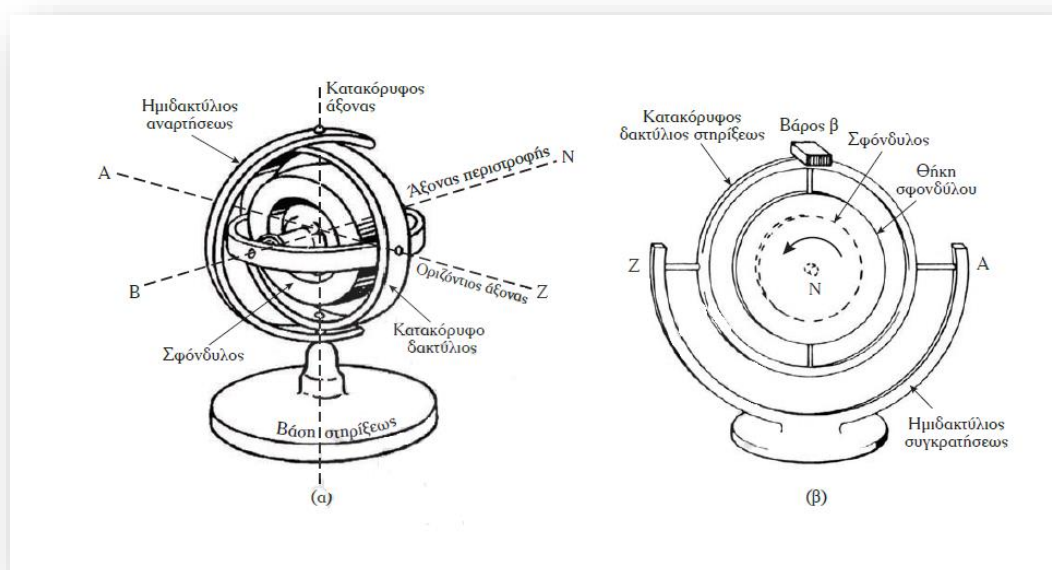
### 1.2.1 ΓΥΡΟΣΚΟΠΙΚΕΣ ΠΥΞΙΔΕΣ

- **Τεχνικές μετατροπής του ελεύθερου γυροσκοπίου σε γυροσκοπική πυξίδα**



Όλες οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για τη μετατροπή του ελεύθερου γυροσκοπίου σε γυροσκοπική πυξίδα, βασίζονται σε τέσσερα φυσικά φαινόμενα, από τα οποία δύο αφορούν στις ιδιότητες του γυροσκοπίου (γυροσκοπική αδράνεια και μετάπτωση) και τα άλλα δύο στην περιστροφή της Γης και στη δύναμη της βαρύτητας. Οι διαφορές μεταξύ των διαφόρων τύπων γυροπυξίδων αφορούν μόνο στις τεχνικές μεθόδους, με τις οποίες το ελεύθερο γυροσκόπιο μετατρέπεται σε γυροσκοπική πυξίδα και όχι στη βασική αρχή λειτουργίας τους. Για τη μετατροπή αυτή πρέπει να γίνουν ορισμένες αλλαγές στο μηχανισμό αναρτήσεως του γυροσκοπίου του παρακάτω σχήματος. Οι αλλαγές αυτές συνήθως αφορούν στην τοποθέτηση πρόσθετου βάρους στον κατακόρυφο δακτύλιο αναρτήσεως όπως φαίνεται στην εικόνα. Κατασκευαστικά, διακρίνουμε δύο κύριες μεθόδους.

Στην πρώτη μέθοδο το πρόσθετο βάρος  $\beta$  (βάρος ελέγχου) προσαρμόζεται στο επάνω μέρος (κορυφή) του γυροσκοπίου και ο σφόνδυλός του στρέφεται αριστερόστροφα. Στη δεύτερη μέθοδο το βάρος προσαρμόζεται στο κάτω μέρος (πυθμένα) του γυροσκοπίου και ο σφόνδυλός του στρέφεται δεξιόστροφα.



Καθ' όλη τη διάρκεια της περαιτέρω αναλύσεως:

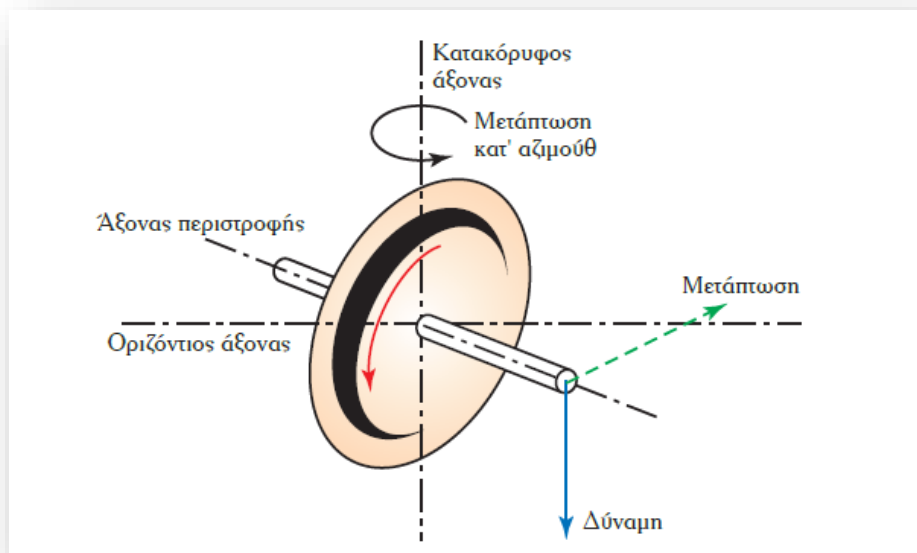
α) Ονομάζουμε βόρειο και νότιο άκρο του άξονα περιστροφής του σφονδύλου τα σημεία εκείνα τα οποία, αφού ο άξονας ολοκληρώσει την αναζήτηση και γίνει παράλληλος προς τη μεσημβρινή γραμμή, θα δείχνουν αντίστοιχα την κατεύθυνση του Βορρά και την κατεύθυνση του Νότου.

β) Όταν μιλούμε για τη φορά περιστροφής του σφονδύλου ή των σφονδύλων, εννοούμε τη φορά περιστροφής όπως την αντιλαμβάνεται ένας παρατηρητής, ο οποίος βρίσκεται στο νότιο άκρο του άξονα ή των αξόνων.

- **Το φαινόμενο της μεταπτώσεως.**

Μια άλλη βασική ιδιότητα του γυροσκοπίου είναι η **μετάπτωση** (precession), σύμφωνα με την οποία αν εφαρμοστεί μια δύναμη ή ροπή στον άξονα περιστροφής του, τότε το σημείο του άξονα, στο οποίο εφαρμόζεται η δύναμη κινείται (μεταπίπτει) σε διεύθυνση κάθετη στην εφαρμοζόμενη δύναμη και με φορά προς τη φορά περιστροφής του σφονδύλου. Σύμφωνα με την αρχή αυτή, ένα περιστρεφόμενο ελεύθερο γυροσκόπιο κινείται κάθετα ως προς τις εξωτερικές δυνάμεις που του ασκούνται, για παράδειγμα μια παιδική σβούρα δεν ανατρέπεται όταν τη σπρώξουμε ελαφρά, αλλά, όπως φαίνεται και στο σχήμα εκτρέπεται προς το πλάι.

Όπως διακρίνουμε στο σχήμα, μπορούμε να προσδιορίσουμε τη διεύθυνση και τη φορά της μεταπτώσεως, αν στρέψουμε το διάνυσμα της εφαρμοζόμενης δυνάμεως κατά  $90^\circ$  προς τη φορά περιστροφής του σφονδύλου. Όσον αφορά στη γωνιακή ταχύτητα της μεταπτώσεως, είναι ευθέως ανάλογη προς την εφαρμοζόμενη δύναμη και αντιστρόφως ανάλογη προς την ταχύτητα περιστροφής, τη μάζα και τη διάμετρο του σφονδύλου.

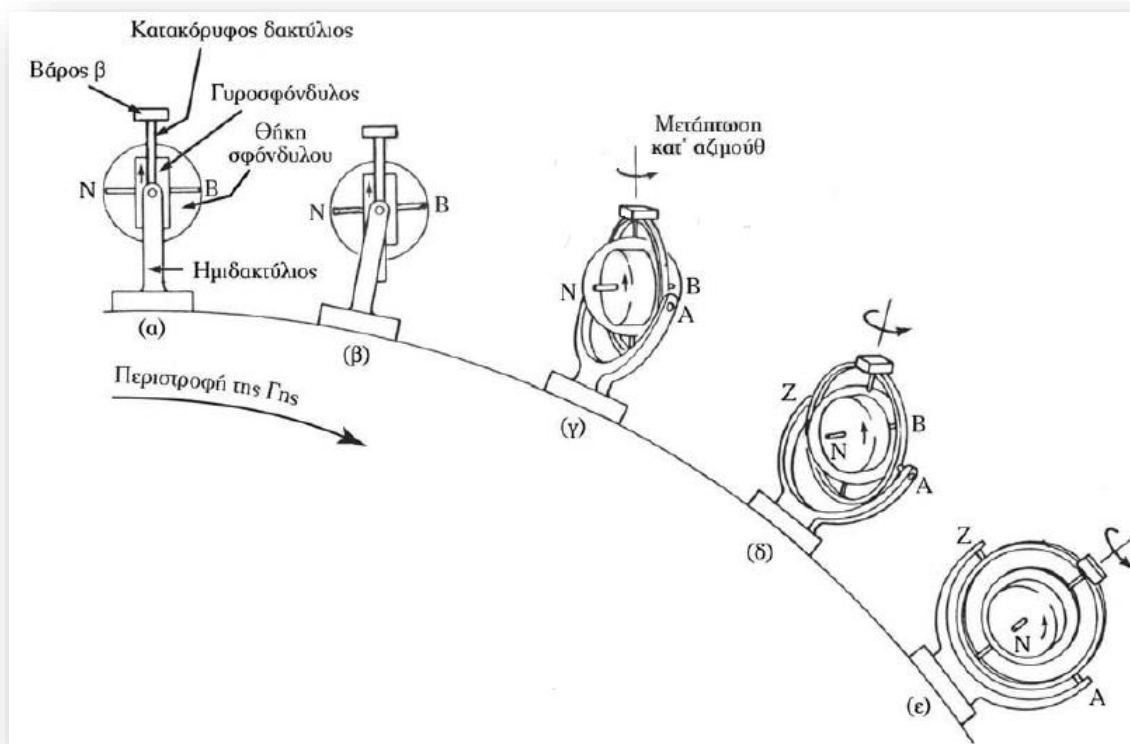


- **Εξαναγκασμός του ελεύθερου γυροσκοπίου να αναζητεί το Βορρά (North-Seeking Gyro).**

Θεωρούμε το γυροσκόπιο του σχήματος στο οποίο ο σφόνδυλος μπορεί να στρέφεται γύρω από τους επόμενους τρεις άξονες:

- α) Ο άξονας περιστροφής BN.
- β) Ο οριζόντιος άξονας AZ.

γ) Ο κατακόρυφος άξονας Z.

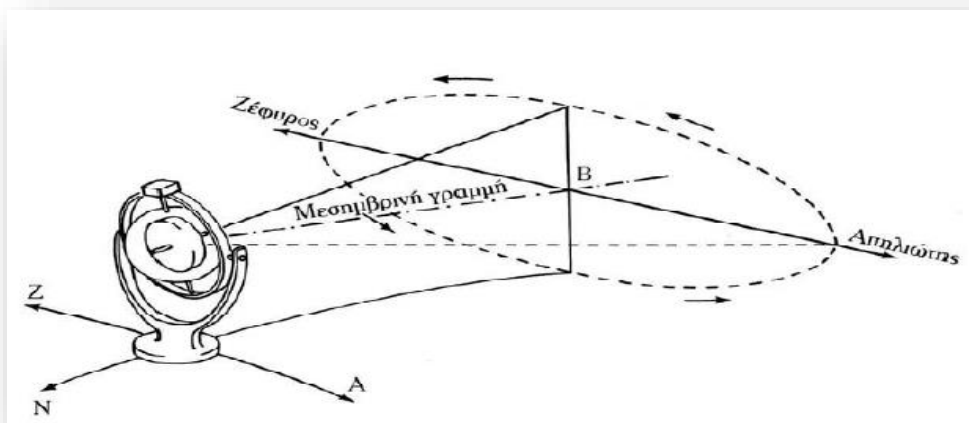


Καθώς ο κατακόρυφος δακτύλιος είναι στην κατακόρυφο θέση (α), το βάρος β δεν ασκεί καμιά ροπή στον κατακόρυφο δακτύλιο και το γυροσκόπιο έχει συμπεριφορά ελεύθερου γυροσκοπίου. Το άκρο Β του άξονα περιστροφής θα αρχίσει να ανυψώνεται πάνω από τον ορίζοντα, λόγω της περιστροφής της Γ<sub>ης</sub>. Επειδή την ίδια ακριβώς κλίση θα ακολουθήσει και ο κατακόρυφος δακτύλιος (β), το βάρος β θα προκαλέσει στο δακτύλιο μία ροπή γύρω από τον οριζόντιο άξονα περιστροφής, εξαναγκάζοντάς τον σε μετάπτωση κατ' αζιμούθ. Κατά συνέπεια, το γυροσκόπιο κάτω από την επίδραση του βάρους β παύει πλέον να είναι ελεύθερο.

Το άκρο Β του άξονα περιστροφής του σφονδύλου του πραγματοποιεί ταυτόχρονα δύο κινήσεις σε σχέση με το επίπεδο του ορίζοντα: Τη **συνεχή ανύψωση** πάνω από τον ορίζοντα με γωνιακή ταχύτητα 15° ανά ώρα και τη **μετάπτωση κατ' αζιμούθ** προς δυσμάς, που προκαλεί το βάρος β (γ). Καθώς η φαινόμενη καθ' ύψος κίνηση συνεχίζεται με την ίδια γωνιακή ταχύτητα, η κλίση του άξονα περιστροφής του κατακόρυφου δακτυλίου γίνεται και αυτή όλο και μεγαλύτερη, με αποτέλεσμα να αυξάνει συνεχώς και η δύναμη που ασκεί το βάρος β στον κατακόρυφο δακτύλιο αναρτήσεως.

Δεχόμαστε ότι με ειδικό εξωτερικό σύστημα η βάση του γυροσκοπίου και ο ημιδακτύλιος συγκρατήσεως στρέφουν συνεχώς κατ' αζιμούθ –όπως ακριβώς μεταπίπτει ο άξονας του σφονδύλου εξασφαλίζοντας συνεχώς την καθετότητα μεταξύ τους. Ταυτόχρονα αυξάνει ανάλογα με την κλίση και η προς δυσμάς γωνιακή ταχύτητα μεταπτώσεως του άκρου του άξονα περιστροφής (δ). Η αύξηση της γωνιακής ταχύτητας συνεχίζεται μέχρι ο άξονας φθάσει στο μεσημβρινό, όπου και θα έχει λάβει τη μεγαλύτερη κλίση (ε).

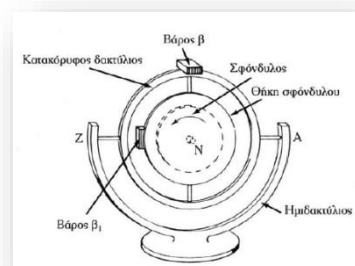
Όταν ο άξονας AZ ξεπεράσει το μεσημβρινό, αναστρέφεται η φορά της φαινόμενης καθ' ύψος κινήσεως. Το βόρειο άκρο B του άξονα περιστροφής BN –που λόγω της κινήσεως της Γης συνεχίζει την προς τα κάτω φαινόμενη κίνηση– αρχίζει να κατεβαίνει (βυθίζεται) κάτω από τον ορίζοντα, δηλαδή παίρνει αντίθετη κλίση. Η αντίθετη αυτή κλίση συνεπάγεται και αναστροφή της φοράς της κατακόρυφης δυνάμεως (προς τα πάνω πλέον) του βάρους  $\beta$  στο άκρο N του άξονα περιστροφής του σφονδύλου, με αποτέλεσμα το άκρο B να μεταπίπτει κατ' αζιμούθ, αλλά με κατεύθυνση προς ανατολάς. Η νέα αυτή μετάπτωση (προς ανατολάς) θα συνεχισθεί μέχρι τη στιγμή που ο άξονας θα βρεθεί στην αρχική του θέση (σημείο εκκινήσεως). Αν και στη θέση αυτή παρουσιάζει στιγμιαία συμπεριφορά ελεύθερου γυροσκοπίου, αρχίζει αμέσως την ίδια ακριβώς φαινόμενη κίνηση. Θα ξεκινήσει έτσι ένας νέος κύκλος κινήσεων, όμοιος με αυτόν που αναπτύχθηκε προηγουμένως. Τα παραπάνω συνοψίζονται στο σχήμα που ακολουθεί · διαπιστώνομε ότι η κατά τον τρόπο αυτό μετάπτωση κατ' αζιμούθ του άξονα περιστροφής του σφονδύλου εκατέρωθεν του μεσημβρινού ισοδυναμεί με την εκτέλεση από τον άξονα ταλαντώσεων σταθερού πλάτους γύρω από το μεσημβρινό.



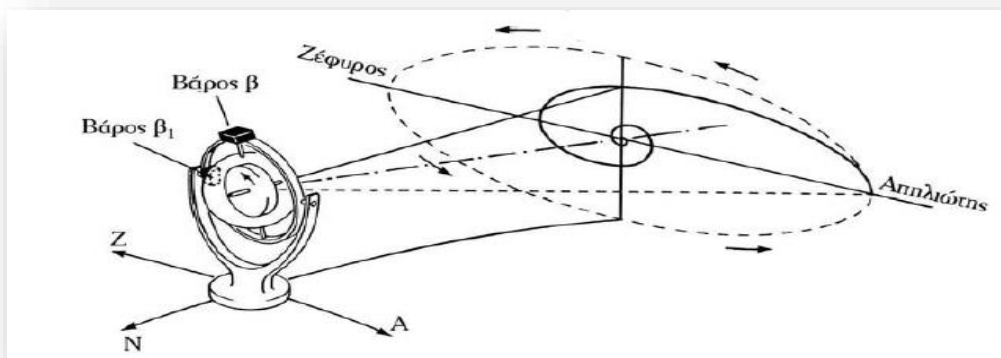
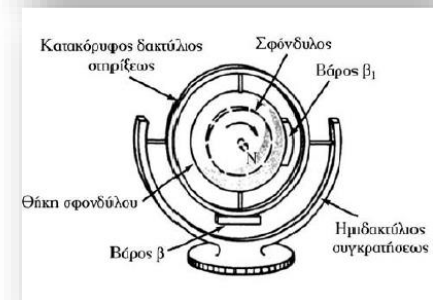
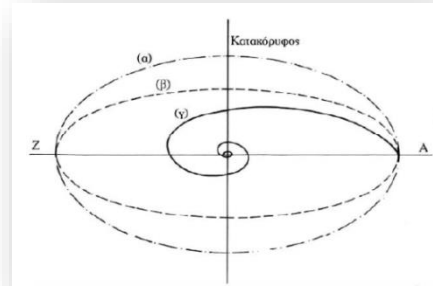
Όπως δηλαδή ένα εκκρεμές ταλαντώνεται γύρω από την κατακόρυφο, έτσι ταλαντώνεται και ο άξονας περιστροφής του σφονδύλου εκατέρωθεν του μεσημβρινού. Η περίοδος των ταλαντώσεων είναι συνήθως της τάξεως των 84 λεπτών. Συνοψίζοντας την παραπάνω ανάλυση, παρατηρούμε ότι με την τοποθέτηση του βάρους  $\beta$  τροποποιήθηκε η συμπεριφορά του ελεύθερου γυροσκοπίου και το τελικό αποτέλεσμα είναι η εκτέλεση ταχέων ταλαντώσεων γύρω από το μεσημβρινό. Με τον τρόπο αυτό μετατρέπεται το ελεύθερο γυροσκόπιο σε γυροσκοπική πυξίδα.

- **Προσανατολισμός στο Βορρά και αποκατάσταση του άξονα περιστροφής στο μεσημβρινό.**

Ας θεωρήσουμε τώρα την περίπτωση, όπου εκτός από το βάρος  $\beta$  ένα δεύτερο μικρότερο βάρος  $\beta_1$  προσαρμόζεται στη δυτική πλευρά της υπό εξέταση διατάξεως και στην κατεύθυνση της οριζόντιας διαμέτρου της θήκης του σφονδύλου. Όταν ο άξονας περιστροφής του σφονδύλου είναι οριζόντιος, η θήκη



του είναι κατακόρυφη και έτσι δεν προκαλείται καμία ροπή στρέψεως. Δεν προκαλείται επομένως καμία μετάπτωση. Όταν όμως ο άξονας περιστροφής πάρει κλίση λόγω της φαινόμενης κινήσεώς του, η θήκη του σφονδύλου παύει να είναι κατακόρυφη και τότε το βάρος  $\beta_1$  ασκεί ροπή στρέψεως γύρω από τον κατακόρυφο άξονα. Η ροπή αυτή ισοδυναμεί με την άσκηση οριζόντιας δυνάμεως στο νότιο άκρο του άξονα περιστροφής του σφονδύλου. Έχει δε φορά προς ανατολάς όταν το βόρειο άκρο ανεβαίνει και προς δυσμάς όταν αυτό κατεβαίνει. Με τον κανόνα των τριών δακτύλων διαπιστώνομε ότι όταν το βόρειο άκρο ανεβαίνει, η οριζόντια και προς ανατολάς δύναμη προκαλεί σ' αυτό μετάπτωση προς τα κάτω, ενώ αντίθετα όταν κατεβαίνει, η οριζόντια και προς δυσμάς δύναμη προκαλεί μετάπτωση προς τα επάνω. Επομένως, όταν το βόρειο άκρο του άξονα περιστροφής του σφονδύλου ανεβαίνει λόγω της φαινόμενης κινήσεώς του, το βάρος  $\beta$ , στην κορυφή, προκαλεί σ' αυτό μετάπτωση προς δυσμάς, ενώ ταυτόχρονα το μικρότερο βάρος  $\beta_1$  που είναι τοποθετημένο στη θήκη του γυροσφονδύλου προκαλεί μετάπτωση προς τα κάτω. Όταν το άκρο κατεβαίνει, η φορά των μεταπτώσεων γίνεται αντίθετη: προς ανατολάς από το βάρος  $\beta$  και προς τα επάνω από το βάρος  $\beta_1$ . Ας θεωρήσομε ότι το γυροσκόπιο αυτό με τα δύο βάρη βρίσκεται στον Ισημερινό, με τον άξονα περιστροφής του οριζόντιο και με διεύθυνση Απηνλιώτη-Ζέφυρου (το βόρειο άκρο δείχνει τον Απηνλιώτη). Με βάση όσα καταγράφηκαν στην παραπάνω, το βόρειο άκρο του άξονα περιστροφής θα κινηθεί ακολουθώντας χαμηλότερη τροχιά που παρουσιάζεται στο σχήμα και αντιστοιχεί σε μια ελλειπτική σπείρα που συγκλίνει στη διεύθυνση του Βορρά. Στην κατασκευαστική μεθοδολογία ηλεκτρομηχανικών πυξίδων τα δύο βάρη υπολογίζονται, ώστε κάθε φορά που ο άξονας περιστροφής του σφονδύλου του γυροσκοπίου τους περνά από το μεσημβρινό, να οριζοντιώνεται σε γωνιακή απόσταση μικρότερη κατά τα δύο τρίτα ( $2/3$ ) από εκείνη στην οποία βρισκόταν οριζόντιος προηγουμένως, στην αντίθετη πλευρά του μεσημβρινού. Ακολουθώντας στο σχήμα παρουσιάζεται η σύγκριση των κινήσεων του άξονα με και χωρίς το πρόσθετο βάρος  $\beta_1$ .





Μέχρι τώρα εξηγήθηκε ότι όταν ένα γυροσκόπιο βρεθεί στον Ισημερινό, με τον άξονα περιστροφής του σφονδύλου του σε οποιαδήποτε κατεύθυνση, ο άξονας αυτός εξαναγκάζεται σε ταχείες ταλαντώσεις γύρω από το μεσημβρινό κάτω από την επίδραση του βάρους  $\beta$  στην κορυφή του. Επιπρόσθετα αναλύθηκε ότι κάτω και από την ταυτόχρονη επίδραση του βάρους  $\beta_1$  στο αριστερό (δυτικό) της οριζόντιας διαμέτρου της θήκης του σφονδύλου, επιτυγχάνεται η απόσβεση των ταλαντώσεων, ώστε το γυροσκόπιο τελικά να **προσανατολίζεται στο Βορρά**. Με τα βάρη αυτά επιτυγχάνονται τα ίδια αποτελέσματα και στα ενδιάμεσα πλάτη, τόσο τα βόρεια όσο και τα νότια, γιατί όπως έχουμε ήδη αναλύσει, στα ενδιάμεσα πλάτη ( $\varphi$ ) ο άξονας περιστροφής του σφονδύλου εκτελεί μεικτή φαινόμενη κίνηση, καθ' ύψος (κλίση)  $15 \cdot \text{Cos}(\varphi)$  και κατ' αζιμούθ (στροφή)  $15 \cdot \text{Sin}(\varphi)$ . Δηλαδή ο συνδυασμός των δύο βαρών, είναι μια διάταξη που ελέγχει τις κινήσεις του άξονα περιστροφής του γυροσκόπιου, ώστε ο άξονας να τηρείται πρακτικά παράλληλος προς τη μεσημβρινή γραμμή (μετατρέπει το ελεύθερο γυροσκόπιο σε ελεγχόμενο). Γι' αυτό και ο συνδυασμός των βαρών αυτών ονομάζεται και **διάταξη** ή **στοιχείο ελέγχου**. Η τοποθέτηση των βαρών κατά τον τρόπο που είδαμε, το βάρος  $\beta$  στην κορυφή του κατακόρυφου δακτύλιου και το μικρότερο βάρος  $\beta_1$ , στο αριστερό (δυτικό) της οριζόντιας διαμέτρου της θήκης του γυροσφόνδου, μετατρέπουν σε πυξίδα μόνο αριστερόστροφο ελεύθερο γυροσκόπιο. Στο δεξιόστροφο ελεύθερο γυροσκόπιο που παρουσιάζεται στο σχήμα , το βάρος  $\beta$  τοποθετείται στο κάτω μέρος του κατακόρυφου δακτύλιου (bottom-heavy). Όπως μπορούμε να διαπιστώσουμε με τον κανόνα των τριών δακτύλων του δεξιού χεριού, η διάταξη αυτή εξασφαλίζει τις γρήγορες ταλαντώσεις του άξονα περιστροφής του γυροσφόνδου, εξαναγκάζοντας το βόρειο άκρο του να διαγράφει σε κατακόρυφο επίπεδο πλατυσμένη έλλειψη. Με την τοποθέτηση του βάρους  $\beta_1$  στο δεξί (ανατολικό) της οριζόντιας διαμέτρου της θήκης του σφονδύλου, εξασφαλίζεται η απόσβεση των ταλαντώσεων και η αποκατάσταση του άξονα περιστροφής του γυροσφόνδου στο μεσημβρινό. Τέλος, η απόσβεση των ταλαντώσεων, σε πυξίδες των οποίων το γυροσκόπιο διαθέτει το βάρος στον πυθμένα, μπορεί να επιτυγχάνεται και με διαφορετικό μέσο (π.χ. δοχεία υδραργύρου), που και αυτό εκμεταλλεύεται τη βαρύτητα, όπως θα δούμε στη συνέχεια.

- **Η χρήση του βαλλιστικού υγρού.**

Το σύστημα ελέγχου που περιγράψαμε προηγουμένως, δυστυχώς δεν έχει πρακτική εφαρμογή στα πλοία. Κατά τις απότομες μεταβολές της ταχύτητας ή της πορείας του πλοίου και κατά κύριο λόγο εξαιτίας των κλυδωνισμών του, δημιουργούνται από τα βάρη σημαντικές ροπές, που έχουν ως αποτέλεσμα την εκτροπή του άξονα περιστροφής του σφονδύλου από την κατεύθυνση του μεσημβρινού. Τη λύση στο πρόβλημα αυτό προσφέρει η αντικατάσταση των βαρών με συγκοινωνούντα δοχεία, τα οποία περιέχουν υδράργυρο, με τη μετάγχιση του οποίου επιτυγχάνονται τα ίδια ακριβώς αποτελέσματα που επιτυγχάνονται με τα παραπάνω βάρη. Ειδικότερα, μέσω του βάρους του υγρού στα συγκοινωνούντα δοχεία, ασκείται ροπή ζεύγους δυνάμεων η οποία τείνει να επαναφέρει τον άξονα περιστροφής του γυροσφόνδου προς το Βορρά. Στο σχήμα 6.3η παρουσιάζεται η κατακόρυφη τομή της θήκης του σφονδύλου. Στο κάτω μέρος της και ειδικά στο σημείο από το οποίο περνά η κατακόρυφος από το κέντρο βάρους του σφονδύλου, στερεώνεται ζεύγος συγκοινωνούντων δοχείων, που περιέχουν ορισμένη ποσότητα υδραργύρου.

Η στήριξη γίνεται κατά τρόπο ώστε τα δοχεία να ακολουθούν τις κινήσεις του άξονα περιστροφής του σφονδύλου. Όταν ο άξονας είναι οριζόντιος, τα δοχεία βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο. Επειδή και τα δύο περιέχουν την ίδια ποσότητα υδραργύρου, δεν ασκούν δύναμη στον άξονα και το γυροσκοπίο είναι ελεύθερο.

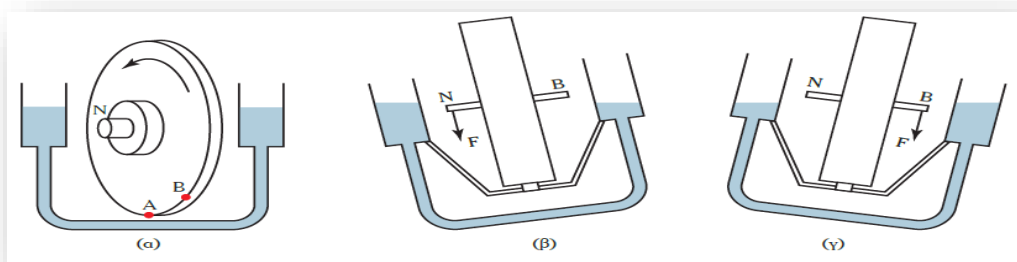
Όταν το βόρειο άκρο βρίσκεται ανατολικότερα από το μεσημβρινό και ανεβαίνει από τον ορίζοντα, λόγω της φαινόμενης κινήσεως [σχ.(α)] ανεβαίνει και το βόρειο δοχείο, ενώ το νότιο κατεβαίνει. Έτσι μεταγγίζεται υδράργυρος από το βόρειο στο νότιο δοχείο και το νότιο αρχίζει να περιέχει όλο και μεγαλύτερη ποσότητα υδραργύρου.

Η μεγαλύτερη ποσότητα υδραργύρου στο νότιο δοχείο, δρα ως κατακόρυφη δύναμη με φορά προς τα κάτω, όπως στην περίπτωση του βάρους  $\beta$  στην κορυφή, και προκαλεί μετάπτωση του βόρειου άκρου του άξονα περιστροφής προς δυσμάς.

Όταν το βόρειο άκρο του άξονα βρίσκεται δυτικότερα από το μεσημβρινό και κατεβαίνει από τον ορίζοντα, λόγω της φαινόμενης κινήσεως [σχ. (β)] κατεβαίνει και το βόρειο δοχείο, ενώ το νότιο ανεβαίνει. Έτσι ο υδράργυρος μεταγγίζεται στο βόρειο δοχείο και δρα ως κατακόρυφη δύναμη στο νότιο άκρο, αλλά με φορά προς τα πάνω.

Η αντίθετης φοράς δύναμη προς τα πάνω προκαλεί μετάπτωση του ίδιου βόρειου άκρου του άξονα προς ανατολάς, κατά αναλογία με την περίπτωση του βάρους  $\beta$  στην κορυφή. Η δύναμη, την οποία και στις δύο περιπτώσεις ασκεί ο μεταγγιζόμενος υδράργυρος, είναι ανάλογη με την κλίση που έχει κάθε φορά ο άξονας περιστροφής του σφονδύλου, επειδή ανάλογη θα είναι και η διαφορά ποσότητας υδραργύρου στα δύο δοχεία. Έτσι κάτω από την επίδραση του μεταγγιζόμενου υδραργύρου, το βόρειο άκρο του άξονα μεταπίπτει κατ' αζιμούθ, με γωνιακή ταχύτητα που αυξάνει συνεχώς, μέχρι να φθάσει στο μεσημβρινό.

Η γωνιακή ταχύτητα ελαττώνεται συνεχώς κατά την απομάκρυνση του βόρειου άκρου του άξονα από το μεσημβρινό, μέχρι να οριζοντιωθεί στην άλλη πλευρά του μεσημβρινού, σε ίση γωνιακή απόσταση με εκείνη που βρέθηκε οριζόντιος αρχικά. Το βόρειο άκρο εκτελεί δηλαδή ταχείες ταλαντώσεις σταθερού πλάτους γύρω από το μεσημβρινό, όπως στην περίπτωση με το βάρος  $\beta$  στην κορυφή. Η περίοδος ταλαντώσεων είναι 84 λεπτά.



Για να προκύψει και η απαραίτητη οριζόντια δύναμη για την απόσβεση ταλαντώσεων κατά τα ανάλογα με το βάρος  $\beta_1$  το ζεύγος των παραπάνω δοχείων δε στηρίζεται ακριβώς στο κάτω μέρος της θήκης του γυροσφονδύλου [σημείο A του σχήματος-(α)], όπως μέχρι τώρα αναφέρθηκε, αλλά έκκεντρα [σημείο B του σχήματος -(β)].

Έτσι, όταν το βόρειο άκρο του άξονα περιστροφής βρίσκεται ανατολικότερα από το μεσημβρινό και αρχίζει να ανεβαίνει από τον ορίζοντα, λόγω της φαινόμενης καθ' ύψος κινήσεώς του, ο μεταγγιζόμενος στο νότιο δοχείο υδράργυρος θα ασκεί στο νότιο άκρο του άξονα ταυτόχρονα δύο δυνάμεις: μία κατακόρυφη, που τον εξαναγκάζει να μεταπίπτει προς δυσμάς με αυξανόμενη γωνιακή ταχύτητα μέχρι το μεσημβρινό και μια μικρότερη οριζόντια με φορά προς τα δεξιά. Η μικρότερη οριζόντια δύναμη εξαναγκάζει τον άξονα να μεταπίπτει κατακόρυφα προς τα κάτω, οπότε κατά την κίνησή του μέχρι το μεσημβρινό, το βόρειο άκρο κινείται σε χαμηλότερη τροχιά.

Όταν το βόρειο άκρο του άξονα περιστροφής του γυροσφόνδουλου κατεβεί από τον ορίζοντα, ο υδράργυρος που μεταγγίζεται στο βόρειο δοχείο, ασκεί αντίθετες δυνάμεις στο νότιο άκρο του άξονα: κατακόρυφη προς τα πάνω και οριζόντια προς τα αριστερά. Οι δυνάμεις αυτές με τις μεταπτώσεις που θα προκαλέσουν, θα εξαναγκάσουν τον άξονα να οριζοντιωθεί ανατολικότερα από το μεσημβρινό, αλλά και πάλι σε γωνιακή απόσταση μικρότερη κατά τα δύο τρίτα ( $\frac{2}{3}$ ) από την προηγούμενη. Με την έκκεντρη στήριξη του ζεύγους των δοχείων υδραργύρου, επιτυγχάνεται η απόσβεση του πλάτους των ταλαντώσεων του άξονα περιστροφής του σφονδύλου γύρω από το μεσημβρινό σε ποσοστό 66% και σε χρόνο 42 λεπτών.

- **Η σταθεροποίηση του άξονα περιστροφής στο μεσημβρινό.**

Μετά την ενεργοποίηση της πυξίδας (παροχή ηλεκτρικής τροφοδοτήσεως), ο γυροσκοπικός μηχανισμός θεωρείται επιχειρησιακά εκμεταλλεύσιμος, όταν έχει ολοκληρωθεί η απόσβεση των ταλαντώσεων που εξασφαλίζεται με την έκκεντρη στήριξη του συστήματος ελέγχου. Τότε, ο άξονας περιστροφής του σφονδύλου παίρνει την κατεύθυνση της μεσημβρινής γραμμής. Δηλαδή είναι οριζόντιος και το βόρειο άκρο του δείχνει την κατεύθυνση του Βορρά με ικανοποιητική για τη ναυσιπλοΐα ακρίβεια. Για να λειτουργήσει όμως ο μηχανισμός αυτός ως πυξίδα, πρέπει ο άξονας του σφονδύλου να παραμένει συνεχώς στη θέση αυτή. Από τη στιγμή που θα λάβει τη θέση αυτή και θα γίνει οριζόντιος, τα δοχεία του στοιχείου ελέγχου βρίσκονται στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο και περιέχουν την ίδια ποσότητα υδραργύρου. Έτσι δεν ασκείται καμία δύναμη στον άξονα περιστροφής του σφονδύλου και ο γυροσκοπικός μηχανισμός μετατρέπεται σε ελεύθερο γυροσκόπιο. Γνωρίζουμε όμως ότι, αν ο άξονας του σφονδύλου βρεθεί για μια στιγμή παράλληλος προς τη μεσημβρινή γραμμή, συνεχίζει να παραμένει στη θέση αυτή μόνο σε τόπο του Ισημερινού, επειδή και η μεσημβρινή γραμμή και ο άξονας περιστροφής διατηρούν σταθερή τη διεύθυνσή τους στο χώρο. Σε ενδιάμεσους τόπους βορείων πλατών, το βόρειο άκρο του άξονα αρχίζει αμέσως να κινείται φαινομενικά προς ανατολάς (στροφή) και προς τα πάνω (κλίση). Αντίθετα, σε ενδιάμεσους τόπους νοτίων πλατών, το ίδιο βόρειο άκρο αρχίζει να κινείται προς δυσμάς (στροφή) και προς τα κάτω (κλίση). Για να συνεχίσει ο άξονας του σφονδύλου να είναι παράλληλος προς τη μεσημβρινή γραμμή θα πρέπει, από τη στιγμή που θα ολοκληρωθεί η απόσβεση των ταλαντώσεων και θα βρεθεί παράλληλος προς τη μεσημβρινή γραμμή, να ασκούνται σ' αυτόν μια κατακόρυφη και μια οριζόντια δύναμη. Οι δυνάμεις αυτές θα τον εξαναγκάσουν να μεταπίπτει στο χώρο αντίστοιχα κατ' αζιμούθ (στροφή) και καθ' ύψος (κλίση), όπως στην πραγματικότητα κινείται στο χώρο η μεσημβρινή γραμμή. Όπως είδαμε, για να ασκηθεί δύναμη από το στοιχείο ελέγχου, πρέπει να λάβει κλίση ο άξονας περιστροφής του σφονδύλου, την οποία κλίση θα ακολουθήσουν και τα δοχεία, για να μεταγγισθεί υδράργυρος. Σ' ένα βόρειο ενδιάμεσο πλάτος, κατά τη διαδικασία της αναζητήσεως του Βορρά από το γυροσκόπιο, το βόρειο άκρο του άξονα περιστροφής αρχίζει να στρέφει φαινομενικά προς ανατολάς και να παίρνει κλίση προς τα πάνω. Καθώς την αντίστοιχη κλίση παίρνουν και τα δοχεία που χρησιμοποιούμε πλέον ως στοιχείο ελέγχου, αρχίζει να μεταγγίζεται υδράργυρος από τα βόρεια στα νότια δοχεία. Με την έκκεντρη στήριξη των δοχείων, ο μεταγγιζόμενος υδράργυρος ασκεί την κατακόρυφη και προς τα κάτω, καθώς και την οριζόντια και προς τα δεξιά (ανατολάς) δύναμη. Οι δυνάμεις αυτές εξαναγκάζουν τον άξονα του σφονδύλου να μεταπίπτει στο χώρο προς δυσμάς και προς τα κάτω, δηλαδή προς τις κατευθύνσεις των πραγματικών

κινήσεων της μεσημβρινής γραμμής στο χώρο. Σε κάποια στιγμή, όσο συνεχίζεται η παραπάνω φαινόμενη στροφή και κλίση στο χώρο του άξονα, συνεπώς και η μετάγγιση υδραργύρου στα νότια δοχεία, οι μεταπτώσεις που προκαλεί στον άξονα ο μεταγγιζόμενος υδράργυρος θα έχουν τις ίδιες γωνιακές ταχύτητες με τις πραγματικές κινήσεις της μεσημβρινής γραμμής στο χώρο. Αφού λοιπόν η μεσημβρινή γραμμή και ο άξονας πραγματοποιούν τις ίδιες κινήσεις στο χώρο, συνεπάγεται ότι και το βόρειο άκρο του άξονα σταματά την περαιτέρω προς ανατολάς και προς τα πάνω φαινόμενη κίνησή του και σταθεροποιείται σε σχέση με το επίπεδο του ορίζοντα. Στη νέα αυτή θέση που σταθεροποιείται, ο άξονας περιστροφής του σφονδύλου δεν είναι παράλληλος προς τη μεσημβρινή γραμμή. Το βόρειο άκρο του σχηματίζει τότε με την κατεύθυνση του Βορρά μια μικρή γωνία κατ' άξιμούθ και προς ανατολάς και μια μικρή γωνία καθ' ύψος και πάνω από τον ορίζοντα. Αυτή η μικρή γωνία, κατά την οποία ο άξονας περιστροφής του γυροσφόνδου σε βόρειο πλάτος τάσσεται ανατολικότερα από την κατεύθυνση του Βορρά αποτελεί ένα **σφάλμα** ανατολικής έννοιας. Επειδή σε νότιο πλάτος, οι κινήσεις της μεσημβρινής γραμμής είναι αντίθετης φοράς, το βόρειο άκρο του άξονα περιστροφής του γυροσφόνδου αρχίζει να κινείται φαινομενικά κατ' άξιμούθ προς δυσμάς και καθ' ύψος κάτω από τον ορίζοντα, σταθεροποιείται δυτικότερα από την κατεύθυνση του Βορρά και κάτω από τον ορίζοντα και το αντίστοιχο σφάλμα είναι δυτικής έννοιας.

Η τιμή του σφάλματος είναι:

$$\alpha = \theta \cdot \tan (\varphi)$$

όπου:  $\alpha$  το σφάλμα σε μοίρες,  $\theta$  η γωνία της έκκεντρης στηρίξεως του στοιχείου ελέγχου που εξασφαλίζει την απόσβεση των ταλαντώσεων και  $\varphi$  το πλάτος που βρίσκεται κάθε φορά η πυξίδα (το πλοίο). Για το λόγο αυτό λέγεται και **σφάλμα πλάτους** ή **σφάλμα αποσβέσεως** (latitude or damping error).

- **Χρόνος ενεργοποιήσεως των ηλεκτρομηχανικών γυροσκοπικών πυξίδων.**

Η μέθοδος αποσβέσεως των ταλαντώσεων, ευθύνεται για την ανάγκη παρελεύσεως ικανού χρόνου μέχρι να καταστεί η ηλεκτρομηχανική γυροπυξίδα επιχειρησιακά διαθέσιμη. Υπενθυμίζουμε ότι τα βάρη  $B$  και  $B1$  υπολογίζονται έτσι, ώστε η αποσβενόμενη ταλάντωση να ολοκληρώνεται σε 84 λεπτά<sup>1</sup>, οπότε η απόσβεση του πλάτους κατά τα 2/3 (ή σε ποσοστό 66%) πραγματοποιείται σε 42 λεπτά. Η κατά τον παραπάνω τρόπο απόσβεση των ταλαντώσεων, σε ποσοστό 66% και σε χρόνο 42 λεπτών, θα συνεχίζεται μέχρι τη στιγμή που ο άξονας περιστροφής του γυροσφόνδου θα βρεθεί πρακτικά παράλληλος προς το μεσημβρινό, δηλαδή οριζόντιος και με διεύθυνση Βορρά-Νότου, διαγράφοντας την κλειστή σπείρα του σχήματος 6.3ε. Έτσι, αν υποθέσουμε ότι τη στιγμή της εκκινήσεως της πυξίδας, ο άξονας περιστροφής του σφονδύλου βρέθηκε οριζόντιος και με το βόρειο άκρο του στην κατεύθυνση Απηλιώτη, τότε απαιτούνται 4 ώρες και 12 λεπτά, ώστε να βρεθεί οριζόντιος και με το βόρειο άκρο στην κατεύθυνση του Βορρά, καθόσον στο χρονικό αυτό διάστημα θα διέλθει από τις ακόλουθες φάσεις:

- α) Αρχική θέση του βόρειου άκρου 90° ανατολικότερα.
- β) Μετά από 42' θα βρίσκεται 30° δυτικότερα.

- γ) Μετά από 42' θα βρίσκεται  $10^\circ$  ανατολικότερα.  
δ) Μετά από 42' θα βρίσκεται  $3,3^\circ$  δυτικότερα.  
ε) Μετά από 42' θα βρίσκεται  $1,1^\circ$  ανατολικότερα.  
στ) Μετά από 42' θα βρίσκεται  $0,4^\circ$  δυτικότερα.  
ζ) Μετά από 42' θα βρίσκεται  $0,13^\circ$  ανατολικότερα, δηλαδή πρακτικά θα έχει προσανατολιστεί στην κατεύθυνση του Βορρά.

Με βάση αυτήν τη μέθοδο αποσβέσεως των ταλαντώσεων και με τη βοήθεια του παραπάνω αριθμητικού παραδείγματος, κατανοούμε λοιπόν ότι η συγκεκριμένη γυροπυξίδα είναι επιχειρησιακά διαθέσιμη μετά από χρονικό διάστημα της τάξεως των 4-5 ωρών από τη στιγμή της εκκινήσεως του συστήματος.

Αυτό συμβαίνει διότι για τη δυσμενέστερη περίπτωση που ο άξονας θα βρεθεί οριζόντιος με το βόρειο άκρο του κατευθυνόμενο προς το νότο (θα βρεθεί δηλ.  $180^\circ$  ανατολικότερα από την κατεύθυνση του Βορρά, μετά την έκτη αποσβενόμενη ταλάντωση, δηλ. σε 4 ώρες και 12 λεπτά), το βόρειο άκρο θα βρεθεί ανατολικότερα κατά  $0,23^\circ$  περίπου. Επομένως, ακόμα και σ' αυτήν την ακραία περίπτωση η πυξίδα θα προσανατολιστεί ορθά και σε δεδομένο χρόνο. Τονίζεται όμως ότι οι σύγχρονες ψηφιακές γυροπυξίδες μειώνουν το χρόνο ενεργοποίησεως, καθώςον μέσω της μονάδας ελέγχου χειρισμού μπορούμε να επέμβουμε στη διαδικασία ενεργοποίησεως του γυροσκοπίου, συντομεύοντάς τον στην τάξη της μίας ώρας μόνο.

### 1.2.2 ΤΑ ΣΦΑΛΜΑΤΑ ΤΩΝ ΓΥΡΟΣΚΟΠΙΚΩΝ ΠΥΞΙΔΩΝ

Κάθε γυροσκοπική πυξίδα, από τη σταθεροποίησή της παράλληλα με το μεσημβρινό του τόπου και έπειτα, υποδεικνύει με ακρίβεια την κατεύθυνση του αληθούς Βορρά. Λόγω της κινήσεως του πλοίου και επειδή υπόκειται διαρκώς σε μηχανικές καταπονήσεις, η ακρίβεια του προσανατολισμού μειώνεται με την πάροδο του χρόνου. Τα εμφανιζόμενα σφάλματα αυτά παίρνουν την ονομασία τους από τον παράγοντα ή τους παράγοντες που τα προκαλούν και είναι αντίστοιχα τα εξής:

- α) Σφάλμα πλάτους ή αποσβέσεως, το οποίο έχει ήδη αναλυθεί και δεν θα συζητηθεί επιπλέον.
- β) Σφάλμα πλάτους, ταχύτητας και πορείας.
- γ) Σφάλμα βαλλιστικής εκτροπής.
- δ) Σφάλμα διατοιχισμών του πλοίου.

Με δεδομένο ότι τα αίτια των σφαλμάτων είναι γνωστά, είναι δυνατό να προϋπολογίζονται, ώστε να απαλείφονται είτε με διόρθωση κατά τη χρησιμοποίηση των ενδείξεων της πυξίδας, είτε με αντιστάθμιση μέσω ειδικών κατασκευαστικών διατάξεων. Το σφάλμα πλάτους ή αποσβέσεως εμφανίζεται μόνο στις πυξίδες που χρησιμοποιούν ένα γυροσφόνδυλο και έκκεντρη στήριξη του στοιχείου ελέγχου. Τα υπόλοιπα σφάλματα εμφανίζονται σε όλους τους τύπους των γυροσκοπικών πυξίδων.

- **Σφάλμα πλάτους, πορείας και ταχύτητας.**

Το σφάλμα αυτό εμφανίζεται επειδή ο άξονας περιστροφής του σφονδύλου της γυροσκοπικής πυξίδας έχει την ιδιότητα να σταθεροποιείται σε διεύθυνση κάθετη προς τη συνισταμένη των κινήσεών του στο χώρο. Εξαιτίας αυτών των κινήσεων ο



άξονας εκτρέπεται από την κατεύθυνση της μεσημβρινής γραμμής κατά μία μικρή γωνία. Ας θεωρήσουμε ότι το πλοίο με τη γυροσκοπική του πυξίδα βρίσκεται ακίνητο σε τόπο Α στον Ισημερινό, όπως φαίνεται στο σχήμα 6.3θ. Τότε, λόγω της περιστροφής της Γης, το πλοίο(μαζί του και η πυξίδα) κινείται στο χώρο με γωνιακή ταχύτητα  $15^{\circ} 2,5'$  ή  $902,5'$  οπότε η γραμμική του ταχύτητα ΑΒ είναι  $902,5$  ν.μ. ανά ώρα και έχει φορά προς ανατολάς. Αφού το πλοίο είναι κρατημένο, δεν υπόκειται σε άλλη κίνηση, εκτός από την παραπάνω.

Έτσι, ο άξονας περιστροφής του σφονδύλου σταθεροποιείται κάθετα προς την κίνηση αυτή, δηλαδή την κατεύθυνση Απηνλιώτη, επομένως και παράλληλα προς τη μεσημβρινή γραμμή. Επομένως, δεν υπάρχει σφάλμα. Αν όμως το πλοίο, ενώ βρίσκεται στον Ισημερινό, κινείται με πορεία προς Βορρά και ταχύτητα ΑΓ, τότε αυτό θα κινείται στο χώρο με την γραμμική ταχύτητα ΑΔ, δηλαδή τη συνισταμένη των γραμμικών ταχυτήτων ΑΒ λόγω της περιστροφής της Γης και ΑΓ λόγω της δικής του κινήσεως. Έτσι, ο άξονας περιστροφής του σφονδύλου, που θα σταθεροποιηθεί κάθετα προς τη συνισταμένη ΑΔ και συνεπώς παράλληλα προς την ΑΕ, θα σχηματίσει με τη μεσημβρινή γραμμή τη γωνία ΕΑΓ, που είναι το σφάλμα δ. Το σφάλμα έχει δυτική έννοια. Δηλαδή το σφάλμα  $\delta = \text{ΕΑΓ} = \Delta\text{ΑΒ}$ , επειδή οι συγκεκριμένες γωνίες έχουν τις πλευρές τους κάθετες. Από το ορθογώνιο τρίγωνο ΔΑΒ, έχουμε:

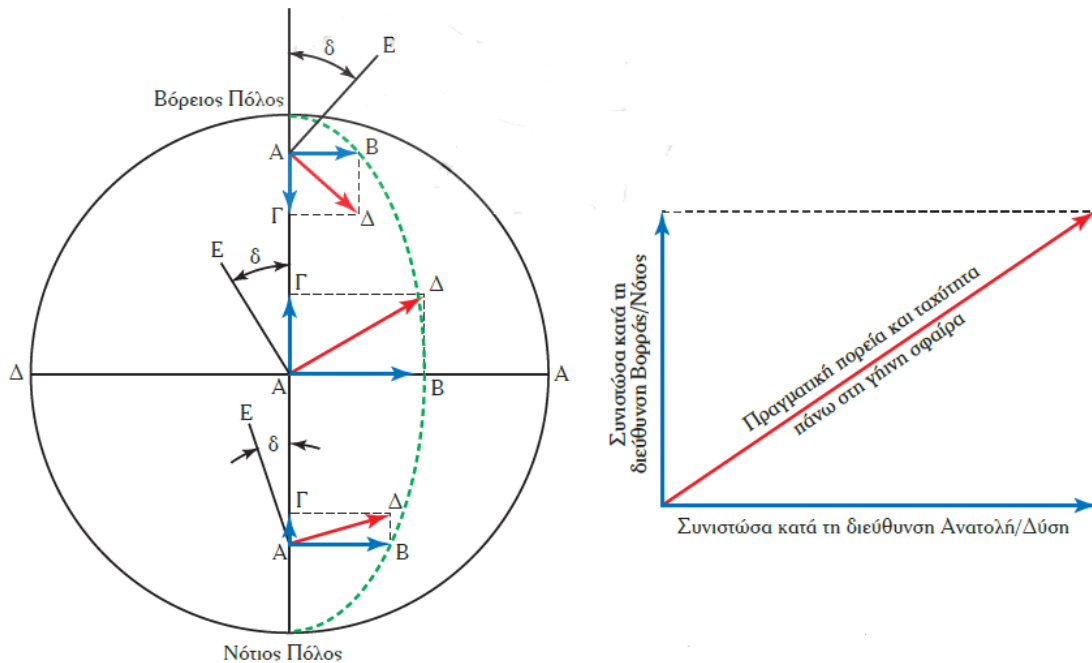
$$\text{Tan}(\delta) = \frac{ΒΔ}{ΑΒ} = \frac{ΑΓ}{ΑΒ} = \frac{\text{ταχύτητα πλοίου}}{902.5}$$

Αν όμως το πλοίο κινείται σ' ένα βόρειο ή νότιο πλάτος φ, με την ίδια πορεία προς Βορρά και την ίδια ταχύτητα ΑΓ, το σφάλμα δ θα είναι μεγαλύτερο. Αυτό συμβαίνει διότι η γραμμική ταχύτητα, λόγω της περιστροφής της Γης είναι μικρότερη από την περίπτωση στον Ισημερινό και είναι πάντα ίση με  $902,5 \times \text{Cos}\varphi$  μίλια ανά ώρα, όπου φ το πλάτος που βρίσκεται το πλοίο. Έτσι, η παραπάνω σχέση γράφεται:

$$\text{Tan}(\delta) = \frac{\text{ταχύτητα πλοίου}}{902.5 * \text{Cos}(\varphi)}$$

και ισχύει για οποιοδήποτε πλάτος.

Στο σχήμα βλέπομε επίσης ότι, όταν το πλοίο κινείται με πορεία προς Βορρά το σφάλμα δ είναι δυτικής έννοιας τόσο σε βόρειο, όσο και σε νότιο πλάτος, ενώ όταν κινείται με πορεία προς Νότο το σφάλμα δ είναι ανατολικής έννοιας. Βέβαια, αν το πλοίο κινείται με πορείες προς Απηνλιώτη ( $90^{\circ}$ ) ή Ζέφυρο ( $270^{\circ}$ ), δηλαδή επί παραλλήλου, η συνισταμένη των δύο γραμμικών ταχυτήτων, που θα είναι γραμμικές, έχει την κατεύθυνση Απηνλιώτη. Δεν υπάρχει σφάλμα ταχύτητας, αφού ο άξονας περιστροφής του σφονδύλου σταθεροποιείται κάθετα σ' αυτήν. Σε οποιαδήποτε ενδιάμεση πορεία το σφάλμα υπάρχει, αλλά η τιμή του γίνεται μικρότερη από τις δύο περιπτώσεις που το πλοίο κινείται με πορεία προς Βορρά ( $0^{\circ}$ ) ή προς Νότο ( $180^{\circ}$ ), ελαττώνεται δε συνεχώς όσο η πορεία του πλοίου πλησιάζει τις  $90^{\circ}$  ή τις  $270^{\circ}$ .



Για να συμπληρώσουμε την παραπάνω μαθηματική σχέση, ώστε να ισχύει και για οποιαδήποτε πορεία, σκεπτόμαστε ως εξής: Η ταχύτητα του πλοίου, ανάλογα με την πορεία που αυτό ακολουθεί, αναλύεται σε μια συνιστώσα προς Βορρά ή Νότο, που είναι και η βασική αιτία σφάλματος και σε μία άλλη συνιστώσα προς Απηλιώτη ή Ζέφυρο, που ελάχιστα επηρεάζει την τιμή του σφάλματος. Έτσι, η προς Απηλιώτη ωριαία μετακίνηση του πλοίου είναι  $:AB = 902,5 \cdot \text{Cos}(\varphi) \pm \text{ταχύτητα πλοίου} \cdot \text{Sin}(Z\lambda)$ . Ο όρος  $\text{ταχύτητα πλοίου} \cdot \text{Sin}(Z\lambda)$  είναι θετικός για ανατολικές πορείες και αρνητικός για δυτικές, οπότε η προηγούμενη σχέση παίρνει τη μορφή:

$$\text{Tan}(\delta) = \frac{\text{ταχύτητα πλοίου} \cdot \text{Cos}(Z\lambda)}{902,5 \cdot \text{Cos}(\varphi) \pm \text{ταχύτητα πλοίου} \cdot \text{Sin}(Z\lambda)}$$

Επειδή ο όρος  $\text{ταχύτητα πλοίου} \cdot \text{Sin}(Z\lambda)$  είναι αμελητέος σε σχέση με τον όρο  $902,5 \cdot \text{Cos}(\varphi)$  για πλάτη μικρότερα από  $70^\circ$ , παραλείπεται χωρίς να αλλοιώνεται αισθητά η τιμή του σφάλματος [τιμή της  $\text{Tan}(\delta)$ ]. Οπότε τελικά έχουμε:

$$\text{Tan}(\delta) = \frac{\text{ταχύτητα πλοίου} \cdot \text{Cos}(Z\lambda)}{902,5 \cdot \text{Cos}(\varphi)}$$

Στις συνηθισμένες ταχύτητες των εμπορικών πλοίων, το σφάλμα  $\delta$  παίρνει πολύ μικρές τιμές. Για την περίπτωση αυτή ισχύει ότι η εφαπτομένη μικρής γωνίας είναι περίπου ίση με το αντίστοιχο τόξο. Οπότε διαιρώντας την εφαπτομένη με 57,3 η  $\text{Tan}(\delta)$  μετατρέπεται σε μοίρες ( $\delta^\circ$ ) και έχουμε:

$$\delta^\circ = \frac{57,3 \cdot \text{ταχύτητα πλοίου} \cdot \text{Cos}(Z\lambda)}{902,5 \cdot \text{Cos}(\varphi)}$$

ή  $\delta = 0,0635 \cdot \text{ταχύτητα πλοίου} \cdot \text{Cos}(Z\lambda) \cdot \text{Cos-1}(\varphi)$

Με τη βοήθεια της σχέσεως αυτής συμπεραίνουμε ότι το σφάλμα μηδενίζεται όταν:  
α) Το πλοίο είναι ακίνητο.

β) Το πλοίο πλέει με πορεία Αηλιώτης (90°) ή Ζέφυρος (270°) [γιατί μηδενίζεται ο συντελεστής  $\text{Cos}(Z\lambda)$ ].

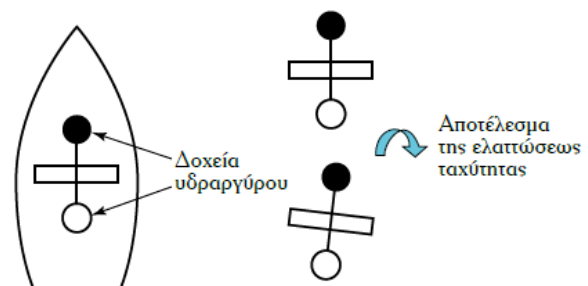
Όσον αφορά στην έννοια του σφάλματος, αυτή, ανεξάρτητα από το πλάτος που πλέει το πλοίο, για βόρειες πορείες (πρώτο και τέταρτο τεταρτοκύκλιο) είναι δυτική, ενώ για νότιες (δεύτερο και τρίτο τεταρτοκύκλιο) είναι ανατολική.

- **Σφάλματα βαλλιστικής εκτροπής (ballistic deflection error).**

Το σφάλμα αυτό παρατηρείται όταν το πλοίο εκτελεί ταχείες αλλαγές πορείας/ταχύτητας. Η μεταβολή της συνιστώσας της ταχύτητας του πλοίου κατά τη διεύθυνση Βορρά-Νότου, έχει ως αποτέλεσμα τη μετάγγιση υδραργύρου στα συγκοινωνούντα δοχεία του στοιχείου ελέγχου των γυροπυξίδων τύπου Sperry, λόγω αδράνειας. Για τον ίδιο λόγο, μετατοπίζεται κατά μήκος του Μεσημβρινού και το βαρύτερο κάτω ημισφαίριο της γυρόσφαιρας της γυροπυξίδας τύπου Anschutz, που συμπεριφέρεται ως αιωρούμενο βάρος. Στο σχήμα παρουσιάζεται το ανατολικό σφάλμα που δημιουργείται όταν έχουμε ελάττωση της ταχύτητας. Τόσο η μετάγγιση υδραργύρου, όσο και η μετατόπιση του αιωρούμενου βάρους, προκαλούν μια πρόσκαιρη μετάπτωση, με τον άξονα περιστροφής του σφονδύλου να εκτρέπεται κατά μία μικρή γωνία από την αρχική κατεύθυνση που είχε σταθεροποιηθεί σε σχέση με το Βορρά. Η μικρή αυτή γωνία ονομάζεται **σφάλμα βαλλιστικής εκτροπής**. Το σφάλμα αυτό εμφανίζεται στις ενδείξεις της πυξίδας και ελαττώνεται σιγά-σιγά με τη μορφή αποσβενουμένων ταλαντώσεων, από τη στιγμή που θα αποκατασταθεί η νέα ταχύτητα ή η πορεία του πλοίου. Σύμφωνα με τα προαναφερόμενα, αμέσως μετά την αλλαγή της ταχύτητας ή της πορείας ρυθμίζεται και ο διορθωτής πλάτους ταχύτητας και πορείας στις πυξίδες που υπάρχει τέτοιος- στη νέα ένδειξη αυτών. Το αντίστοιχο σφάλμα δεν έχει πάρει ακόμη τη νέα τιμή του.

Έτσι, στις ενδείξεις της πυξίδας εμφανίζεται μία πρόσκαιρη διαφορά σφάλματος. Τα δύο προαναφερόμενα σφάλματα της βαλλιστικής εκτροπής και της διαφοράς σφάλματος πλάτους ταχύτητας και πορείας, έχουν αντίθετο πρόσημο και το ένα τείνει να εξουδετερώσει το άλλο. Επειδή αυτά έχουν ίδια περίπου τιμή και διάρκεια, παρατηρείται ικανοποιητική αλληλεξουδετέρωση και οι ενδείξεις της πυξίδας είναι στην πράξη ικανοποιητικά σωστές. Περιορισμός του σφάλματος βαλλιστικής εκτροπής επιτυγχάνεται και με τις ειδικές κατασκευαστικές διατάξεις των πυξίδων. Αυτές περιορίζουν τη δραστηριότητα του μεταγγιζόμενου υδραργύρου ή του μετακινούμενου κατά μήκος του μεσημβρινού αιωρούμενου βάρους.

- **Σφάλματα που δημιουργούνται από τον προνευστασμό και διατοιχισμό του πλοίου.**



Στην περίπτωση εντόνων προνευστασμών και διατοιχισμών, αρχίζει να αιωρείται και το ευαίσθητο στοιχείο (γυροσκόπιο ή γυρόσφαιρα) της γυροσκοπικής πυξίδας.

Οι αιωρήσεις αυτές καθίστανται η αιτία δημιουργίας δύο σφαλμάτων. Το **πρώτο σφάλμα** παρουσιάζεται επειδή το αιωρούμενο ευαίσθητο στοιχείο μετατρέπεται σε εκκρεμές και τείνει να ταυτίσει το κατακόρυφο επίπεδο της μάζας του με το

επίπεδο αιωρήσεως (νόμος του εκκρεμούς). Επειδή στο γυροσκόπιο το μεγαλύτερο μέρος της μάζας του βρίσκεται στο κατακόρυφο επίπεδο του γυροσφόνδουλου του, που είναι κάθετο στη διεύθυνση του άξονα περιστροφής, οι αιωρήσεις του πλοίου εκτρέπουν τον άξονα από τη διεύθυνση σταθεροποίησής του.

Η εκτροπή αυτή μηδενίζεται στις πορείες προς Βορρά, Νότο, Απηλιώτη και Ζέφυρο, γιατί σ' αυτές το επίπεδο της μάζας του γυροσφόνδουλου είναι παράλληλο ή κάθετο με το επίπεδο αιωρήσεως. Στις ενδιάμεσες πορείες  $45^\circ$ ,  $135^\circ$ ,  $225^\circ$  και  $315^\circ$  το σφάλμα παίρνει τη μέγιστή του τιμή και το πρόσημό του εναλλάσσεται από τεταρτοκύκλιο σε τεταρτοκύκλιο. Γι' αυτό το σφάλμα ονομάζεται και σφάλμα διατοιχισμών ενδιάμεσων πορειών (intercardinal rolling error) ή τεταρτοκυκλικό σφάλμα (quadrantal error).

Για να περιορισθεί το σφάλμα αυτό στο ελάχιστο δυνατό, κατά την κατασκευή της πυξίδας λαμβάνονται εξής μέτρα:

α) Στα γυροσκόπια των πυξίδων τοποθετούνται τα λεγόμενα **αντισταθμιστικά βάρη** κατά τρόπο, ώστε αυτό να διαθέτει την ίδια μάζα σε όλα τα κατακόρυφα επίπεδά του (να μοιάζει σαν σφαίρα). Έτσι, και αν ακόμα το πλοίο αιωρείται, δεν υπάρχει κατακόρυφο επίπεδο με μεγαλύτερη μάζα, που να τείνει να ταυτιστεί με το επίπεδο αιωρήσεως.

β) Οι πυξίδες αναρτώνται στη θήκη τους με ανάρτηση (διπλή εξάρτηση), ώστε οι αιωρήσεις του πλοίου να μην φθάνουν στην πυξίδα.

γ) Οι πυξίδες φέρουν αποσβεστήρες προνευστασμών και διατοιχισμών, οι οποίοι δεν επιτρέπουν στις αιωρήσεις να πάρουν μεγάλο πλάτος, λόγω των ατελειών των τριβέων της καρντανίας αναρτήσεως.

δ) Το σημείο εγκαταστάσεως της πυξίδας στο πλοίο επιλέγεται, ώστε οι αιωρήσεις του Cardan να παίρνουν το μικρότερο δυνατό πλάτος. Αυτός είναι ο λόγος που η κύρια μονάδα της γυροπυξίδας μας βρίσκεται σ' ένα από τα κατώτερα καταστρώματα του πλοίου. Το **δεύτερο σφάλμα** οφείλεται στη μετάγγιση υδραργύρου στα συγκοινωνούντα δοχεία του στοιχείου ελέγχου. Σε πορείες προς Βορρά ή Νότο, η μετάγγιση υδραργύρου είναι ασήμαντη, επειδή το επίπεδο αιωρήσεως είναι κάθετο στους σωληνίσκους των συγκοινωνούντων δοχείων. Έτσι και το σφάλμα είναι ασήμαντο. Σε πορείες προς Απηλιώτη ή Ζέφυρο υπάρχει ένα μικρό σφάλμα, αν η περίοδος αιωρήσεως είναι μικρή, αλλά και αυτό εξουδετερώνεται, επειδή σε κάθε αιώρηση παρουσιάζεται σφάλμα ίσων τιμών και αντίθετης έννοιας. Στις ενδιάμεσες όμως πορείες και ειδικά όταν οι αιωρήσεις δεν είναι συμμετρικές, η μετάγγιση υδραργύρου δεν είναι ισομερής και προκαλείται σφάλμα. Στις πυξίδες που χρησιμοποιούν ένα σφόνδυλο, το σφάλμα περιορίζεται με την προσθήκη βαρών στο επάνω μέρος των δοχείων του υδραργύρου. Έτσι, όταν μεταγγίζεται υδράργυρος κατά τους διατοιχισμούς, χωρίς να έχει πάρει κλίση ο άξονας περιστροφής του γυροσφόνδουλου, τα δοχεία που περιέχουν μικρότερη ποσότητα υδραργύρου γίνονται βαρύτερα στο επάνω μέρος και προκαλούν δύναμη αντίθετης φοράς, από εκείνη που προκαλεί ο μεταγγιζόμενος υδράργυρος.

### 1.2.3 Γυροσκοπικές πυξίδες με laser με οπτικό δακτύλιο ή περιέλιξη οπτικής ίνας.

Η αλματώδης πρόοδος της τεχνολογίας καθιστά εφικτή την αξιοποίηση τεχνικών διατάξεων στα πλοία, οι οποίες ήταν αδύνατο να κατασκευαστούν χωρίς την ανάλογη ωρίμανση της επιστήμης της ηλεκτρονικής. Υπενθυμίζεται ότι τα ηλεκτρομηχανικά γυροσκόπια κατέστησαν τη μαγνητική πυξίδα επιλογή ήσσονος προτεραιότητας. Με τη σειρά τους, τα κλασικά γυροσκόπια οδηγούνται στη σταδιακή απόσυρση. Ήδη, από τη δεκαετία του '80, τα γυροσκόπια laser παρέχουν ενδείξεις προσανατολισμού εξαιρετικής ακρίβειας. Ταυτόχρονα παρουσιάζουν πλεονεκτήματα, όπως η εξαιρετικά σημαντική ελάττωση του όγκου και του βάρους κατασκευής, η ελαχιστοποίηση των διαστάσεών τους σε σχέση με τα συμβατικά (ηλεκτρομηχανικά) γυροσκόπια και ο περιορισμός εμφανίσεως βλαβών .

Επιπλέον, λόγω της υψηλής ακρίβειας ενδείξεων, οι μηχανισμοί αυτοί αποτελούν προσφιλείς λύσεις για ταχύως κινούμενους και ελισσόμενους φορείς (π.χ. ταχύπλοα πλοία, αερόπλοια, κατευθυνόμενα βλήματα), οι οποίοι απαιτούν εξοπλισμό υψηλών προδιαγραφών. Ταυτόχρονα όμως, η μείωση του κόστους με την πάροδο του χρόνου, επιτρέπει τον εξοπλισμό ακόμα και μικρών σκαφών με τις γυροπυξίδες

laser λόγω των προαναφερομένων πλεονεκτημάτων. Εκτός από την πλήρη απουσία κάθε μαγνητικής επιδράσεως , γεγονός που εξασφαλίζεται και από το κλασικό ηλεκτρομηχανικό γυροσκόπιο, ένα ακόμα πλεονέκτημα της συγκεκριμένης τεχνολογίας (φωτογυροσκόπιο) αποτελεί το γεγονός ότι το όργανο κατασκευάζεται χωρίς πολύπλοκα κινητά μέρη και επομένως δεν παρουσιάζει ροπές αντιστάσεως κατά την αλλαγή προσανατολισμού (δεν υφίστανται τριβές). Επομένως τα γυροσκόπια laser αποτελούν πλέον την προσφιλέστερη γυροπυξίδα για εγκατάσταση σε όλους τους τύπους πλοίων.

Όπως αναφέρθηκε, οι γυροπυξίδες laser οπτικής ίνας αποτελούν τη βέλτιστη καινοτομία της γυροσκοπικής πυξίδας laser δακτυλίου. Η αντικατάσταση του συμβατικού δακτυλίου με οπτική ίνα παραπέμπει σε ισοδύναμο δακτύλιο πολύ μεγάλης διαμέτρου, αλλά πολύ μικρών κατασκευαστικών διατάξεων, λόγω της δυνατότητας περιελίξεως της οπτικής ίνας . Οι γυροπυξίδες laser οπτικής ίνας φαίνεται ότι θα αποτελέσουν τη βασική επιλογή συστήματος προσδιορισμού της κατευθύνσεως στο άμεσο μέλλον.





Όπως και με κάθε πρόσφατη τεχνολογική εξέλιξη, αναμένεται ότι όταν η συγκεκριμένη τεχνολογία καταστεί περισσότερο προσιτή και αφομοιώσιμη για τη βιομηχανία, θα επακολουθήσει η αύξηση της παραγωγής της. Η συνεπαγόμενη αύξηση της διαθεσιμότητάς της στην αγορά, θα επιφέρει τότε τη μείωση της τιμής της, γεγονός που θα συνηγορήσει περαιτέρω στην επικράτησή της ως επιλογή πρώτης προτεραιότητας. Οι γυροσκοπικές πυξίδες laser υπερέχουν των ηλεκτρομηχανικών γυροπυξίδων στα ακόλουθα σημεία:

- α) Αποτελούν στιβαρές κατασκευές, απαλλαγμένες από τις αστάθειες των μηχανικών μερών των ηλεκτρομηχανικών γυροσκοπικών πυξίδων.
- β) Διαθέτουν μικρό βάρος, διαστάσεις και όγκο και κατά συνέπεια μπορούν να τοποθετηθούν σε οποιοδήποτε τύπο πλοίου.
- γ) Παρέχουν στοιχεία πορείας, ταχύτητας και επιταχύνσεως μεγάλης ακρίβειας.
- δ) Είναι άμεσα επιχειρησιακά διαθέσιμες με αμελητέο χρόνο ενεργοποίησης.
- ε) Συνδυάζονται με αδρανειακά συστήματα ναυτιλίας για την παροχή και της πληροφορίας στίγματος.

Οι προαναφερόμενοι λόγοι ερμηνεύουν την αύξουσα δημοφιλία τους, που έχει ήδη οδηγήσει στην αυξημένη παρουσία τους στις γέφυρες των συγχρόνων πλοίων.

#### 1.2.4 Δορυφορικές πυξίδες

Η ιδέα της χρησιμοποίησης ενός δορυφορικού συστήματος προσδιορισμού θέσεως για την εξαγωγή της πληροφορίας της πορείας, οφείλεται στην ευελιξία του δέκτη GPS να παρέχει εκτός από την πληροφορία του στίγματος, τις πληροφορίες της πορείας και της ταχύτητας του πλοίου. Με την έννοια αυτή, ένας και μοναδικός δέκτης αρκεί για την εξαγωγή του επιθυμητού στοιχείου της πορείας. Το πρόβλημα όμως εντοπίζεται στο ότι ο δέκτης GPS υπολογίζει τα στοιχεία της πορείας και της ταχύτητας ως προς το βυθό, μέσω διαδοχικών συγκρίσεων της πληροφορίας θέσεως. Όμως, παρά το ότι τα παρεχόμενα στοιχεία είναι ιδιαίτερα ακριβή, εντούτοις είναι διαθέσιμα μόνον όταν μεταβάλλεται η θέση του πλοίου, δηλαδή μόνο όταν το πλοίο κινείται. Κατά συνέπεια, η ακρίβεια των παρεχομένων από το GPS στοιχείων της πορείας και της ταχύτητας του πλοίου χαρακτηρίζεται από μειωμένη, για την περίπτωση που το πλοίο κινείται με μικρές ταχύτητες, έως αμφίβολη, ή εντελώς ανακριβή, για την περίπτωση που το πλοίο είναι ακίνητο. Το πρόβλημα επιλύεται με τη χρησιμοποίηση σύνθετης διατάξεως, η οποία αποτελείται από τουλάχιστον δύο κεραίες λήψεως του δορυφορικού σήματος του GPS και τη χρησιμοποίηση εξελιγμένων τεχνικών επεξεργασίας σήματος, η περιγραφή των οποίων είναι εκτός του σκοπού του παρόντος εγχειριδίου. Με τον τρόπο αυτό έχουν κατασκευασθεί αρκετά δορυφορικά συστήματα προσδιορισμού πορείας γνωστά ως δορυφορικές πυξίδες. Τα κυριότερα πλεονεκτήματα των δορυφορικών πυξίδων είναι τα εξής:

- α) Αποτελούν ανθεκτικές κατασκευές, αφού δεν διαθέτουν μηχανικά μέρη, όπως οι ηλεκτρομηχανικές.
- β) Ενεργοποιούνται άμεσα (το πολύ σε τρία λεπτά).
- γ) Παρέχουν τη δυνατότητα διασυνδέσεως με άλλα ηλεκτρονικά ναυτικά όργανα και συστήματα.

Επιπλέον, για να αντισταθμίσουν το μειονέκτημα της στιγμιαίας απώλειας δορυφορικού σήματος, διαθέτουν συνήθως και γυροσκόπια σταθερής καταστάσεως (solid state). Με τον τρόπο αυτό παρέχεται ένα είδος μνήμης, ώστε να διατηρηθεί η πληροφορία της πορείας όταν για παράδειγμα το πλοίο πλέει κάτω από μία γέφυρα. Ο χρόνος διατήρησης αξιόπιστης πληροφορίας πορείας είναι της τάξεως των 3sec.

Επισημαίνεται ότι η επικρατέστερη πρακτική για τον αξιόπιστο εξοπλισμό των συγχρόνων πλοίων με ηλεκτρονικά ναυτικά όργανα και συστήματα είναι η εγκατάσταση διαφορετικών τύπων πυξίδων και η κατά περίπτωση χρησιμοποίηση της πλέον αξιόπιστης πληροφορίας.



## 1.3 RADAR/ARPA

### 1.3.1 ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ AIS

Το *Αυτόματο Σύστημα Αναγνώρισεως* (Automatic Identification System–AIS ) είναι ένα σύστημα αυτόματης ανταλλαγής ψηφιακών σημάτων μεταξύ πλοίων, στη συχνότητα VHF. Μέσω του συστήματος αυτού επιτυγχάνεται η αμοιβαία ενημέρωση όλων των πλοίων που επιχειρούν σε μία περιοχή, σχετικά με τα στοιχεία της κινήσεως των υπολοίπων πλοίων, της ταυτότητάς τους, του φορτίου τους, του λιμένα απόπλου και κατάπλου, καθώς και άλλων χρησίμων πληροφοριών.

Το σύστημα προέκυψε από την ανάγκη της διαθέσεως ενός αυτοματοποιημένου μέσου υποτυπώσεως της ναυτιλιακής κινήσεως, με σκοπό την ορθή λήψη αποφάσεως για τον επικείμενο χειρισμό αποφυγής συγκρούσεως. Στην πρωτοβουλία αναπτύξεως ανάλογου συστήματος οδήγησε και η ανησυχία των κρατών με αυξημένη παράκτια ναυσιπλοΐα, να μπορέσουν να ελέγξουν αποτελεσματικά την τήρηση των κανόνων κατά τον πλου σε ζώνες διαχωρισμού κυκλοφορίας, να περιορίσουν το λαθρεμπόριο, την παράνομη αλιεία, τη λαθρομετανάστευση, καθώς και τον κίνδυνο εκδηλώσεως τρομοκρατικών ενεργειών.

Ο αντικειμενικός σκοπός της αναπτύξεως του συστήματος AIS είναι:

- α) Η βελτίωση/προαγωγή του επιπέδου ασφαλείας κατά τον πλου.
- β) Η δυνατότητα εκτελέσεως ασφαλέστερης και αποτελεσματικότερης ναυτιλίας.

γ) Η αναγνώριση των στόχων.

δ) Η υποβοήθηση της παρακολούθησής των στόχων.

ε) Η απλούστευση της επικοινωνίας/ανταλλαγής πληροφοριών μεταξύ πλοίων (μείωση των φωνητικών κλήσεων κατά τους χειρισμούς πλοίων εν όψει αλλήλων) και  
στ) η παροχή επιπρόσθετης πληροφορίας για ορθή εκτίμηση του ναυτιλιακού περιβάλλοντος.

Η ακριβής και πλήρης υποτύπωση της ναυτιλιακής κινήσεως προϋποθέτει τη διάθεση των πληροφοριών αφενός της **θέσεως** και **κινήσεως** των παραπλεόντων πλοίων, αφετέρου της **ταυτότητάς** τους. Μέσω της θέσεως και της κινήσεώς τους, εξάγεται ο καταλληλότερος ελιγμός αποφυγής συγκρούσεως, σε συνάρτηση με τη γεωγραφία και το ναυτιλιακό περιβάλλον της περιοχής. Τόσο ο παράγοντας της ασφάλειας, όσο και η ορθότητα του επικείμενου χειρισμού ενισχύονται αποφασιστικά, όταν τα στοιχεία της κινήσεως κάθε πλοίου συνδυάζονται με την ταυτότητά του. Η αναγνώριση της ταυτότητας ενός πλοίου, εξυπηρετεί τόσο την αμεσότητα της επαφής, εάν απαιτηθεί η αποκατάσταση της επικοινωνίας μέσω φωνητικού δικτύου, όσο και την κατανόηση των περιορισμών του να ελιχθεί στο χώρο και στο χρόνο, σε συνάρτηση με τις διαστάσεις του, το φορτίο του, το βύθισμά του και τις δυνατότητες του προωστηρίου σκεύους του. Το σύστημα αποδεικνύεται ιδιαίτερα επωφελές, όταν συνυπάρχουν οι παράγοντες της παράκτιας ναυσιπλοΐας και της πυκνής ναυτιλιακής κινήσεως.



Η παράκτια ναυσιπλοΐα ενέχει τον κίνδυνο αιφνιδιαστικής εμφανίσεως κοντά στο πλοίο πολυαριθμών μικρών σκαφών, τα οποία αποκρύπτονται από τη διαμόρφωση των ακτών, των διαύλων, των ορμίσκων και των μικρονήσων, μην αφήνοντας περιθώριο για έγκαιρο εντοπισμό–παρακολούθησή τους από τη συσκευή RADAR/ARPA. Τη συγκεκριμένη βεβαρημένη εικόνα του ναυτιλιακού περιβάλλοντος επιδεινώνει περαιτέρω μία πλειάδα αλιευτικών σκαφών, τα οποία αφενός εμφανίζουν δυσχέρειες ως προς τον έγκαιρο εντοπισμό τους, αφετέρου αποτελούν σοβαρό ναυτιλιακό κίνδυνο εξαιτίας των υπό παρέαση αγομένων τους. Παράλληλα, ένας μεγάλος αριθμός πλοίων κινούνται είτε επί των ζωνών διαχωρισμού κυκλοφορίας, είτε κάθετα προς αυτές, είτε από και προς τους παρακείμενους λιμένες και όρμους. Στο προαναφερόμενο περιβάλλον ο εντοπισμός των στόχων από τη συσκευή RADAR/ARPA είναι αμφίβολος, η δε παρακολούθησή τους αποδεικνύεται ταυτόχρονα εκπρόθεσμη και περιορισμένης ακρίβειας. Με αφορμή τις παραπάνω διαπιστώσεις, προχωρούμε σε μία εκτενέστερη σύγκριση των συστημάτων RADAR/ARPA και AIS. Καταρχήν και τα δύο συστήματα ενημερώνουν για την κίνηση των παραπλεόντων πλοίων (θέση πορεία, ταχύτητα, κ.λπ.).

Η δραστική όμως αναβάθμιση που προσφέρει το σύστημα AIS, γίνεται κατανοητή αν αναλογισθούμε ότι **κανένα σύστημα που καλείται να υπολογίσει άγνωστα στοιχεία, δεν μπορεί να είναι ακριβέστερο από ένα σύστημα που κοινοποιεί από μόνο του στους συνδρομητές του αυτά καθεαυτά τα πραγματικά στοιχεία**. Η υιοθέτηση του συστήματος AIS δηλαδή, αποτελεί στην ουσία μία **συμφωνία** μεταξύ όλων των πλοίων να κοινοποιούν αυτοβούλως προς όλα τα παραπλέοντα πλοία τα στοιχεία της κινήσεώς τους και της ταυτότητάς τους, μέσω ενός ασύρματου δικτύου VHF συνεργαζομένων χρηστών. Με τον τρόπο αυτό οι ελιγμοί αποφυγής συγκρούσεως εξάγονται ταχύτατα και με βάση πραγματικά στοιχεία, όχι υπολογιζόμενα. Επιπλέον, το σύστημα RADAR/ARPA στερείται της δυνατότητας εξαγωγής της ταυτότητας των πλοίων που εντοπίζει-παρακολουθεί.

Κατά συνέπεια, το σύστημα AIS δεν είναι παρά ένα πληροφοριακό/τηλεπικοινωνιακό σύστημα που με τη χρήση συγχρόνων τεχνολογιών των ψηφιακών τηλεπικοινωνιακών δικτύων, αλληλοενημερώνει τους χρήστες του για τη συνολική ναυτιλιακή εικόνα της περιοχής τους. Η δυνατότητα δε της παραθέσεως της πληροφορίας αυτής με σύγχρονες απεικονιστικές μεθόδους, αποκαλύπτει τον απαιτούμενο χειρισμό με γρήγορη ματιά του αξιωματικού φυλακής από την οθόνη του ECDIS.

Έτσι, οι συνήθεις φωνητικές διαδικασίες του παρελθόντος, του τύπου «Πλοίο στη δεξιά μου πλώρη είμαι το πλοίο στην δεξιά σου πλώρη», καθίστανται πλέον επιλογές ήσσονος προτεραιότητας.



Κάθε πομποδέκτης AIS επικοινωνεί χρησιμοποιώντας ταυτόχρονα δύο συχνότητες VHF (161,975 MHz και 162,025 MHz). Η δεύτερη συχνότητα έχει υιοθετηθεί για την αποφυγή προβλημάτων παρεμβολών, καθώς και για λόγους που εξυπηρετούν την απρόσκοπτη συμμετοχή του μέγιστου δυνατού αριθμού πλοίων στο δίκτυο. Η εμβέλεια του συστήματος AIS είναι εκείνη των σημάτων VHF, η οποία συνήθως υπερβαίνει την αντίστοιχη του radar. Πρακτικά ανέρχεται στα 40 ν.μ. για μεγάλο πλοίο (μεγάλο ύψος κεραίας) και 20 ν.μ. για μικρό πλοίο (μικρό ύψος κεραίας). Η εμβέλεια αυτή αυξάνεται κατακόρυφα κατά την παράκτια ναυσιπλοΐα, όταν το παράκτιο κράτος διαθέτει σύστημα αναμεταδοτών ξηράς του συστήματος AIS. Με τον τρόπο αυτό είναι δυνατός ο εντοπισμός, η αναγνώριση και η παρακολούθηση πλοίων σ'όλη την έκταση του δικτυακού πλέγματος των παρακτίων αναμεταδοτών AIS. Το εκπεμπόμενο σήμα AIS, χρησιμοποιεί την τεχνολογία των ψηφιακών τηλεπικοινωνιακών σημάτων. Το σήμα υποδιαιρείται δηλαδή σε στοιχειώδεις κυματομορφές, οι οποίες μεταφράζονται σε δυαδικά σύμβολα (0 ή 1).



Στα ψηφιακά σήματα, είναι δυνατόν να επιτευχθεί πολύ δυναμικός και ευέλικτος καταμερισμός των δυνατοτήτων του δικτύου στους χρήστες. Μία από τις πλέον ευέλικτες μεθόδους, που υιοθετεί και το σύστημα AIS, είναι η μέθοδος της **Πολλαπλής Προσβάσεως διά Καταμερισμού του Χρόνου** (Time Division Multiple Access–TDMA). Κατά τη μέθοδο αυτή, ο χρόνος υποδιαιρείται σε **Κύκλους Λειτουργίας** (Frames). Στο σύστημα AIS, κάθε κύκλος λειτουργίας διαρκεί ένα λεπτό (60 sec). Ο κύκλος αυτός, υποδιαιρείται σε 2250 **χρονικά παράθυρα** (slots). Τα χρονικά αυτά παράθυρα δεσμεύονται από τα πλοία, ώστε να εκπέμπουν σ' αυτά τις πληροφορίες AIS. Κάθε χρονικό παράθυρο αποτελείται από 256 bits και χωράει τμήμα της πλήρους αναφοράς AIS (στίγμα, πορεία, ταχύτητα, όνομα πλοίου κ.λπ.), όπως αυτή θα αναφερθεί παρακάτω. Τα 256 bits αντιστοιχούν σε 40–50 χαρακτήρες κειμένου.

- **Μία πληροφορία AIS περιλαμβάνει τρία επιμέρους είδη παραμέτρων:**

- α) Τις **στατικές παραμέτρους**, που σχετίζονται με κατασκευαστικά–τεχνικά στοιχεία του πλοίου και την ταυτότητά του. Η πληροφορία αυτή ανανεώνεται κάθε 6 λεπτά.
- β) Τις **δυναμικές παραμέτρους**, δηλαδή τις παραμέτρους κινήσεως. Η πληροφορία αυτή ανανεώνεται διαρκώς, διότι αφορά σε διαρκώς μεταβαλλόμενα στοιχεία. Ο ακριβής χρόνος ανανέωσης περιγράφεται παρακάτω .
- γ) Τις **παραμέτρους ταξιδίου**, που αφορούν σε δεδομένα που ισχύουν κατά το συγκεκριμένο ταξίδι, όπως λιμένα κατάπλου και φορτίο. Η πληροφορία αυτή ανανεώνεται κάθε 6 λεπτά.

#### **Χρόνος ανανέωσης δυναμικών παραμέτρων AIS.**



1. Αγκυροβολημένο πλοίο. 3 λεπτά
2. Πλοίο με ταχύτητα 0 – 14 κόμβων - 10 δευτερόλεπτα
3. Πλοίο με ταχύτητα 0 – 14 κόμβων που αλλάζει πορεία. -3,33 δευτερόλεπτα
4. Πλοίο με ταχύτητα 14 – 23 κόμβων - 6 δευτερόλεπτα
5. Πλοίο με ταχύτητα 14 – 23 κόμβων που αλλάζει πορεία - 2 δευτερόλεπτα
6. Πλοίο με ταχύτητα μεγαλύτερη των 23 κόμβων - 2 δευτερόλεπτα
7. Πλοίο με ταχύτητα μεγαλύτερη των 23 κόμβων που αλλάζει πορεία - 2 δευτερόλεπτα

Το σύστημα AIS απεικονίζει την κινητική κατάσταση των πλοίων με μία ομάδα συμβόλων. Κάθε πλοίο υποδηλώνεται με ένα ισοσκελές τρίγωνο, του οποίου η κορυφή της μικρότερης γωνίας (της γωνίας απέναντι από τη βάση) δείχνει προς την πορεία του πλοίου. Η έννοια της πορείας γίνεται ακόμα πιο κατανοητή με την προσθήκη διανύσματος που διέρχεται από την προαναφερόμενη κορυφή και δείχνει προς την πορεία του πλοίου. Το μήκος του διανύσματος είναι υπό κλίμακα ίσο με την ταχύτητα του πλοίου. Αν το διάνυσμα αυτό διαθέτει στο τέλος του μία κάθετη γραμμή, τότε το πλοίο στρέφει προς την πλευρά που είναι τοποθετημένη η γραμμή. Σε ορισμένα απεικονιστικά συστήματα, το τρίγωνο μπορεί να αντικατασταθεί από το υπό κλίμακα περίγραμμα του πλοίου, αν είναι διαθέσιμη η πληροφορία των στατικών παραμέτρων του.



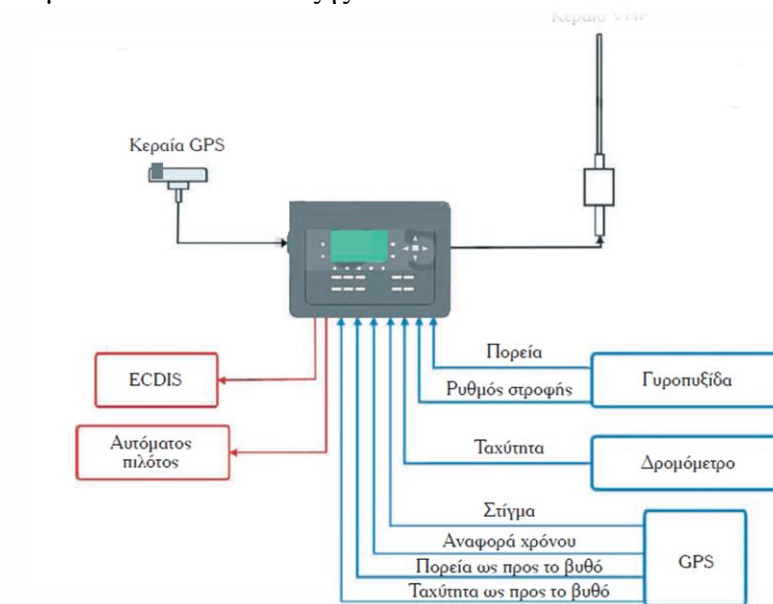
Στον πίνακα, περιγράφονται με λεπτομέρεια τα σύμβολα του AIS.

	<p>Ο στόχος υποδεικνύεται με ένα ισοσκελές τρίγωνο. Η κορυφή της μικρότερης από τις τρεις οξείες γωνίες είναι ευθυγραμμισμένη με την πορεία του πλοίου ή με την πορεία ως προς το βυθό, εάν δεν είναι διαθέσιμη η πρώτη πληροφορία.</p>
	<p>Το γεωμετρικό κέντρο του τριγώνου συμπίπτει με την παρούσα θέση του πλοίου. Η κορυφή της μικρότερης από τις τρεις οξείες γωνίες είναι ευθυγραμμισμένη με την πορεία του πλοίου ή με την πορεία ως προς το βυθό, εάν δεν είναι διαθέσιμη η πρώτη πληροφορία. Το διάνυσμα πορείας/ταχύτητας ως προς το βυθό υποδεικνύεται με μία διακεκομμένη γραμμή, που ξεκινά από το γεωμετρικό κέντρο του τριγώνου. Η πορεία υποδεικνύεται με συνεχή γραμμή που εκκινεί από την κορυφή της μικρότερης από τις τρεις οξείες γωνίες του.</p> <p>Μία κάθετη γραμμή, στο τέλος της προαναφερόμενης συνεχούς γραμμής, δείχνει ότι το πλοίο στρέφει προς την πλευρά που είναι τοποθετημένη η κάθετη γραμμή. Γίνεται έτσι άμεσα αντιληπτός ένας στόχος που χειρίζει.</p> <p>Επιπλέον, μπορεί να απεικονισθεί η πρόβλεψη της τροχιάς κατά τον ελιγμό του πλοίου.</p> <p>Επιλεγμένος στόχος</p>
	<p>Ένας επιλεγμένος στόχος υποδεικνύεται με τις γωνίες ενός τετραγώνου που τον περιβάλλει.</p>
	<p>Ένας επικίνδυνος στόχος εμφανίζεται με εντονότερα τα διανύσματα της πορείας και κόκκινο χρώμα στους έγχρωμους ενδείκτες. Μπορεί επίσης να εμφανίζεται με μεγαλύτερο σύμβολο. Για επικίνδυνο στόχο, είναι υποχρεωτική η εμφάνιση των διανυσμάτων της πορείας/ταχύτητας και του ρυθμού στροφής. Επιπλέον, το σύμβολο αναβοσβήνει μέχρι ο χειριστής να ενημερώσει ότι έλαβε υπόψη του τη σχετική πληροφορία.</p>

	<p>Εμφανίζεται το τρίγωνο του στόχου με μία γραμμή στο μέσον του τριγώνου, κάθετη επί της διεύθυνσεως της πορείας του. Ο στόχος πρέπει να εμφανίζεται χωρίς τα διανύσματα της πορείας/ταχύτητας και του ρυθμού στροφής. Επιπλέον, το σύμβολο αναβοσβήνει μέχρι ο χειριστής να ενημερώσει ότι έλαβε υπόψη του τη σχετική πληροφορία.</p>
	<p>Ο στόχος απεικονίζεται με το σύμβολο περιγράμματος του πλοίου στην κλίμακα του απεικονιζόμενου ηλεκτρονικού χάρτη.</p>

### 1.3.2 ΔΙΑΣΥΝΔΕΟΜΕΝΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

Το σύστημα AIS απαιτεί για τη λειτουργία του μία σειρά δεδομένων εισόδου. Τα δεδομένα αυτά είναι τα εξής:

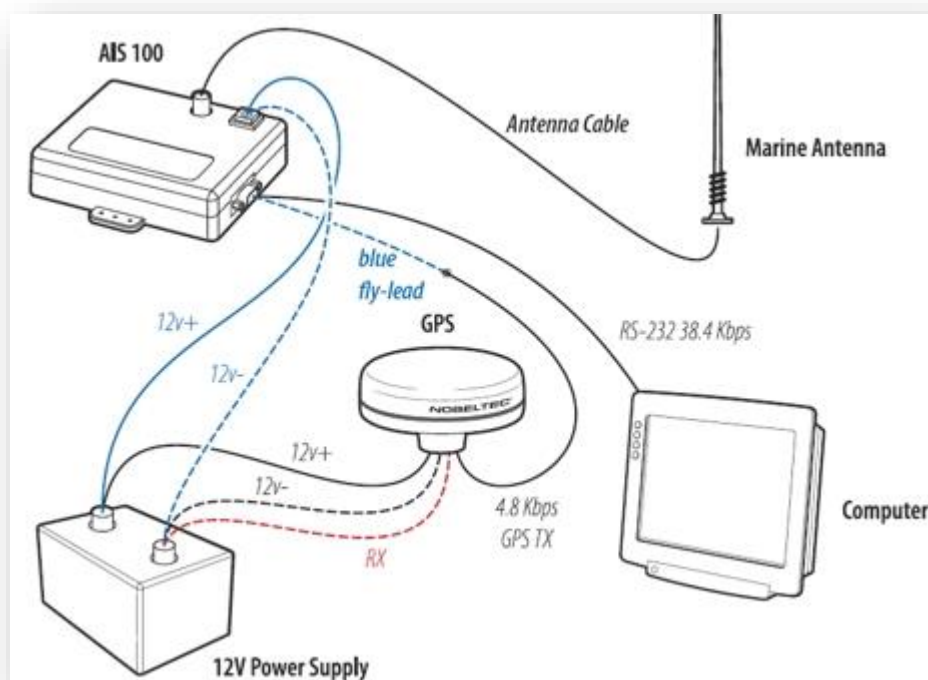


- α) Η πορεία και ο ρυθμός στροφής από τη γυροπυξίδα.
- β) Η ταχύτητα από το δρομόμετρο.
- γ) Το στίγμα, η αναφορά χρόνου, η πορεία και η ταχύτητα ως προς το βυθό από το GPS.

δ) Λοιπές πληροφορίες (όπως όνομα πλοίου, φορτίο κ.λπ.), που εισάγονται χειροκίνητα στη συσκευή από το χειριστή.

Οι πληροφορίες του συστήματος παρέχονται στην οθόνη της συσκευής. Η πλέον συνήθης όμως αξιοποίησή του αφορά στην απεικόνιση των πληροφοριών του επί του ηλεκτρονικού χάρτη. Θα πρέπει να τονισθεί ιδιαίτερα η εξάρτηση του συστήματος AIS από το σύστημα GPS. Η εξάρτηση αυτή αφορά τόσο στην απαραίτητη πληροφορία του στίγματος, όσο και στην πληροφορία χρονισμού του συστήματος

GPS συνεπάγεται και απώλεια λειτουργίας του συστήματος AIS. Η εξάρτηση του ενός συστήματος από το άλλο είναι τέτοια, ώστε ένας δέκτης AIS είναι συνήθως εφοδιασμένος με το δικό του δέκτη GPS, πέραν της παράλληλης διασυνδέσεώς του με εξωτερική κεραία και δέκτη GPS.



Η διάθεση του συστήματος AIS σε συνδυασμό με άλλα ηλεκτρονικά συστήματα, παρέχει στο ναυτιλλόμενο πολύ σημαντικά πλεονεκτήματα. Τα πλεονεκτήματα αυτά συνοψίζονται στα εξής:

- α) Αναγνώριση της ταυτότητας του στόχου.
- β) Αύξηση της εμβέλειας του radar.
- γ) Εντοπισμός στόχου που αποκρύπτεται από την ξηρά.
- δ) Πρόγνωση ίχνους.
- ε) Ασφάλεια.

Το σύστημα AIS, επιτυγχάνει τον έγκαιρο εντοπισμό και την αναγνώριση των παραπλεόντων πλοίων, έστω και αν αυτά αποκρύπτονται από την ξηρά, πίσω από μία νήσο ή εντός ενός όρμου. Αυξάνει έτσι δραστικά τόσο τη συναίσθηση του ναυτιλιακού περιβάλλοντος, όσο και την ασφάλεια του πλου γενικότερα. Όπως όμως ήδη αναφέρθηκε, το σύστημα αυτό είναι απολύτως εξαρτημένο από το σύστημα GPS. Η εξάρτηση αυτή αφορά τόσο στην απαραίτητη πληροφορία του στίγματος, όσο και στην πληροφορία χρονισμού. Η τελευταία, παρέχει την κοινή αναφορά χρόνου μέσω της οποίας είναι εφικτή η συνεργασία όλων των πλοίων με τη μέθοδο της Αυτοδιαχειριζόμενης Πολλαπλής Προσβάσεως διά Καταμερισμού του Χρόνου SOTDMA. Επομένως, απώλεια λειτουργίας του συστήματος GPS συνεπάγεται και απώλεια λειτουργίας του συστήματος AIS.

Η προαναφερόμενη δέσμευση δείχνει την ανάγκη ενεργητικού εντοπισμού που παρέχει το σύστημα RADAR/ARPA. Το τελευταίο, δεν δεσμεύεται από τη διαθεσιμότητα του συστήματος GPS. Επιπλέον, η ενεργητική μέθοδος εντοπισμού δεν μπορεί σε καμία περίπτωση να παραγκωνισθεί, με δεδομένο άλλωστε ότι το σύστημα AIS απαιτεί τη συμφωνία των παραπλεόντων πλοίων να συμμετέχουν στο

κοινό δίκτυο. Αν ένα πλοίο είτε δεν διαθέτει σύστημα AIS (π.χ. ένα μικρό αλιευτικό σκάφος ή ένα σκάφος ναυπηγής), είτε δεν συμμετέχει στο σύστημα, εκούσια ή ακούσια, τότε θα πρέπει να εντοπιστεί μέσω του συστήματος RADAR/ARPA. Το ίδιο και οποιοσδήποτε άλλος ναυτιλιακός κίνδυνος, όπως ένα επιπλέον αντικείμενο.

### **1.3.3 Αύξηση της εμβέλειας του radar.**

Το σύστημα AIS έχει εμβέλεια την αντίστοιχη των σημάτων VHF. Με δεδομένα τα χαρακτηριστικά διαδόσεως των σημάτων αυτών, από εκεί και πέρα η εμβέλεια του εκάστοτε συστήματος είναι συνάρτηση του ύψους τοποθέτησεως της κεραίας. Πρακτικά, η εμβέλεια ανέρχεται στα 40 ν.μ. για μεγάλο πλοίο και στα 20 ν.μ. για μικρό πλοίο. Και στις δύο περιπτώσεις η εμβέλεια υπερβαίνει την αντίστοιχη του radar. Επιπλέον, το AIS παρέχει στοιχεία κοινής ακρίβειας σε όλη την έκταση της εμβέλειάς του. Αντίθετα, η ευκρίνεια των στόχων του radar είναι αντιστρόφως ανάλογη της αποστάσεως. Όσο αυξάνεται η απόσταση, τόσο εξασθενεί το σήμα του radar, το οποίο άλλωστε απαιτείται να διανύσει δύο φορές την απόσταση πλοίου-στόχου (από το πλοίο στο στόχο και πίσω). Επίσης, για μεγάλες αποστάσεις εντοπισμού, ενισχύονται στο radar οι αρνητικές επιδράσεις του περιβάλλοντος (κατάσταση θάλασσας, βροχή), καθιστώντας τους εντοπισμούς ακόμα πιο δυσχερείς. Μάλιστα, η εμβέλεια του συστήματος μεγιστοποιείται κατά την παράκτια ναυσιπλοΐα, όταν το παράκτιο κράτος διαθέτει σύστημα αναμεταδοτών AIS. Ειδικότερα σε κράτη όπως η Ελλάδα, η κατάλληλη εγκατάσταση αναμεταδοτών AIS παραπέμπει σε συνθήκες εντοπισμού και αναγνωρίσεως στόχων, σε όλη την έκταση των ελληνικών θαλασσών.

Επίσης Όταν ένα πλοίο επιχειρεί σε περιοχή που διακρίνεται για τη συχνή εναλλαγή ξηράς-θάλασσας, υφίσταται σοβαρός κίνδυνος αιφνιδιαστικής εμφανίσεως μεμονωμένου πλοίου ή ομάδας πλοίων εγγύς αυτού.

Τέτοιες καταστάσεις αντιμετωπίζονται για παράδειγμα κατά την ακτοπλοΐα, όταν το πλοίο προσεγγίζει έναν όρμο ή την έξοδο λιμένα, κατά τον πλου κοντά σε νησιά και κατά τον πλου ενός στενού διαύλου ή ποταμού. Σ' όλες αυτές τις περιπτώσεις, το σήμα του radar δεν μπορεί να διεισδύσει πίσω από το χερσαίο όγκο και αφήνει τους επικίνδυνους στόχους ανεντόπιστους. Αντίθετα, το σήμα VHF του AIS διαδίδεται πρακτικά ανεπηρέαστο, παρέχοντας τις πληροφορίες του προς όλα τα παραπλέοντα πλοία, οι οποίες στην περίπτωση αυτή είναι ζωτικής σημασίας. Βέβαια, τόσο το σήμα του radar, όσο και εκείνο του AIS αποτελούν ηλεκτρομαγνητικά κύματα. Η διαφορά έγκειται στις ιδιότητες της συχνότητας VHF που χρησιμοποιεί το AIS, έναντι των αντιστοίχων ιδιοτήτων της συχνότητας SHF που χρησιμοποιεί το ναυτιλιακό radar.

Η χαμηλότερη συχνότητα VHF επιτρέπει τη διάθλαση και ανάκλαση των σημάτων πίσω από φυσικά εμπόδια, σε αντίθεση με τα σήματα στη συχνότητα SHF, τα οποία απορροφώνται κατά την πρόσκρουσή τους στα προαναφερόμενα εμπόδια.

### **1.3.4 Συσχέτιση/παραλληλισμός πληροφοριών στόχων AIS και RADAR/ARPA.**

Η ταυτόχρονη προβολή των πληροφοριών των συστημάτων AIS και RADAR/ARPA σε κοινό απεικονιστικό μέσο (συνήθως ως τμήμα πληροφοριών του ECDIS), προσφέρει τη δυνατότητα συσχετίσεως(παραλληλισμού) των στόχων που παρέχονται από το ένα σύστημα, με εκείνους που παρέχονται από το άλλο. Ιδανική κατάσταση

αποτελεί η **ταύτιση** των πληροφοριών των δύο συστημάτων. Ταύτιση επιτυγχάνεται όταν τα στοιχεία της θέσεως και της κινήσεως του στόχου, όπως προκύπτουν από το ένα σύστημα, ταυτίζονται με τα αντίστοιχα στοιχεία, όπως αυτά προκύπτουν από το άλλο σύστημα. Η αποκατάσταση της ταυτίσεως ενισχύει τη βεβαιότητα του εντοπισμού πραγματικού στόχου, καθώς και τη βεβαιότητα περί της ακρίβειας των χαρακτηριστικών της κινήσεώς του. Αντίθετα, η απώλεια ταυτίσεως θα πρέπει να εκλαμβάνεται πάντοτε ως προειδοποίηση ασφάλειας, με τα αίτια της να απαιτούν περαιτέρω διερεύνηση.

Στην περίπτωση που ένας στόχος εμφανίζεται αποκλειστικά στο σύστημα AIS, η απώλεια ταυτίσεως μπορεί να οφείλεται σ' ένα από τα παρακάτω αίτια:

- α) Απόκρυψη του στόχου από χερσαίο όγκο (χερσόνησο, ακρωτήριο, νήσο κ.λπ.).
- β) Πλους του στόχου σε νεκρό τομέα του radar.
- γ) Λανθασμένη χρήση της συσκευής radar, π.χ. λανθασμένη χρησιμοποίηση των παραμέτρων αποσβέσεως κέρδους, παρασίτων θαλασσίων επιστροφών και βροχής (gain και sea/rain clutter).
- δ) Συνθήκες διαδόσεως των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων ευνοϊκότερες για τις συχνότητες VHF του συστήματος AIS.
- ε) Εντοπισμός στόχου πέραν του βεληνεκούς του radar.
- στ) Βλάβη στο radar.

Στην περίπτωση που ένας στόχος εμφανίζεται αποκλειστικά στο σύστημα RADAR/ARPA, η απώλεια ταυτίσεως μπορεί να οφείλεται σ' ένα από τα παρακάτω αίτια:

- α) Ο στόχος να μην διαθέτει σύστημα AIS.
- β) Ο στόχος, διαθέτει σύστημα AIS, αλλά να μην το έχει ενεργοποιημένο.
- γ) Το σύστημα AIS του στόχου να έχει βλάβη.
- δ) Οι συνθήκες διαδόσεως των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων να είναι ευνοϊκότερες για τις συχνότητες SHF του radar.
- ε) Το σύστημα AIS να εκπέμπει λανθασμένα στοιχεία. Τότε οι θέσεις των ιχνών, όπως προκύπτουν από τα δύο συστήματα, απέχουν πολύ και δεν μπορούν να συσχετισθούν. Στην περίπτωση που ένας στόχος εμφανίζεται και στα δύο συστήματα, αλλά με απόκλιση των τιμών πορείας ή και ταχύτητας, η απώλεια ταυτίσεως μπορεί να οφείλεται σ' ένα από τα παρακάτω αίτια:

- α) Σφάλμα στο οικείο σύστημα RADAR/ARPA. Το σφάλμα οφείλεται συνήθως σε εσφαλμένα στοιχεία «εισόδου» πορείας και ταχύτητας του πλοίου μας στο σύστημα RADAR/ARPA. Αν συμβαίνει κάτι τέτοιο, θα παρατηρείται απόκλιση σ' όλους τους στόχους. Αντίθετα, αν η απόκλιση αφορά σε μεμονωμένο στόχο, τότε το πιθανότερο είναι να ευθύνεται ο στόχος για το πρόβλημα.
- β) Εσφαλμένα στοιχεία «εισόδου» πορείας και ταχύτητας στο σύστημα AIS του στόχου.

***Σύγκριση της αποτελεσματικότητας των συστημάτων RADAR/ARPA και AIS, στις διαδικασίες αποφυγής συγκρούσεως.***



Στοιχείο	Δεδομένα RADAR/ARPA	Δεδομένα AIS
Ακρίβεια υπολογισμών.	Παρόμοια με την αντίστοιχη του AIS για μικρές αποστάσεις, αλλά διαρκώς ελαττούμενη σε συνάρτηση με την απόσταση, κυρίως λόγω της ελαττώσεως του σφάλματος διοπτρεύσεως.	Σφάλματα της τάξεως των 10 έως 20 m.
Τύπος εντοπισμού.	Ενεργητικός, με ίδια μέσα.	Υπο συνεργασία με το στόχο (Παθητικός)
Έννοια προσανατολισμού της μορφής του πλοίου.	Εξαγόμενη μέσω υπολογισμού και συνάρτηση της ακρίβειας των στοιχείων του πλοίου μας.	Άμεση.
Εντοπισμός αλλαγών στην πορεία και στην ταχύτητα των στόχων, εντοπισμός στροφής και ρυθμού στροφής.	Εξάγεται μέσω υπολογισμού και απαιτεί αρκετά λεπτά.	Άμεσος.
Απαίτηση ακρίβειας διασυνδεδεμένου εξοπλισμού.	Απαίτηση υψηλής ακρίβειας στοιχείων γυροπυξίδας και δρομόμετρου.	Λειτουργία εξαρτώμενη από τη συσκευή GPS
Αξιοπιστία εντοπισμού.	Μειώνεται σε συνάρτηση με την απόσταση	Μεγίστη στην εμβέλεια των σημάτων VHF και στην έκταση
Φαινόμενο εσφαλμένης αντιστοιχίας στοιχείων κινήσεως στόχου κατά τη διασταύρωση ιχνών	Πιθανό	Αδύνατο
Παρεμβολή, ψευδοεντοπισμοί, παράσιτα λόγω βροχής ή κυμα-	Πιθανό	Αδύνατο

τισμού.		
Περιορισμένη αποκάλυψη στόχων λόγω παρεμβολής χερσαίων όγκων	Ναι	Αδύνατο
Εμβέλεια.	10 έως 20 ν.μ.	20 έως 40 ν.μ.
Κορεσμός συστήματος από στόχους.	Απίθανο.	Μικρής πιθανότητας
Πληροφορία περί των «στατικών» παραμέτρων του στόχου (όνομα, διαστάσεις κ.λπ.).	Αδύνατη για το όνομα, μειωμένης ακρίβειας ή επισφαλής για τις διαστάσεις.	Άμεση, αλλά συνάρτηση της φερεγγυότητας του στόχου κατά τη συμπλήρωση των εν λόγω στοιχείων.

## 1.4 ΣΥΣΤΗΜΑ GPS

### 1.4.1 Βασικές αρχές λειτουργίας του συστήματος GPS.

Η βασική αρχή προσδιορισμού θέσεως με το σύστημα GPS είναι η εξής: Αν, είναι γνωστές οι αποστάσεις ενός σημείου της επιφάνειας της Γης (θέση δέκτη GPS) από τρεις τουλάχιστον δορυφόρους, καθώς και οι θέσεις των δορυφόρων αυτών, τότε η θέση του σημείου αυτού (δέκτης GPS), προσδιορίζεται στην τομή των σφαιρικών επιφανειών, οι οποίες έχουν κέντρα τις θέσεις των δορυφόρων και ακτίνες τις αποστάσεις τους από το δέκτη. Η εφαρμογή της παραπάνω απλής αρχής προσδιορισμού θέσεως στο σύστημα GPS, υλοποιείται στην νηράξη με μία σειρά διαδικασιών και λειτουργιών, οι οποίες περιγράφονται αναλυτικά, τόσο στη συνέχεια του παρόντος κεφαλαίου, όσο και στα επόμενα κεφάλαια.

Οι κυριότερες από τις διαδικασίες αυτές συνοψίζονται στα εξής:

- α) Στο σύστημα GPS, όπως και στα άλλα δορυφορικά συστήματα προσδιορισμού θέσεως, απαιτείται ο ακριβής προσδιορισμός της θέσεως των δορυφόρων ανά πάσα χρονική στιγμή.
- β) Κάθε δορυφόρος του συστήματος GPS εκπέμπει ένα πολύπλοκο σήμα, το οποίο παρέχει στο δέκτη όλα τα απαιτούμενα στοιχεία για τον καθορισμό της θέσεως. Τα δορυφορικά σήματα, αποτελούνται από ορισμένες συνιστώσες, όπως: δύο βασικά ημιτονοειδή σήματα (φέροντα κύματα L1 και L2), δύο παλμικά κωδικοποιημένα σήματα (κώδικες C/A και P) κι ένα ναυτιλιακό μήνυμα (κώδικας D). Τα φέροντα

κύματα L1 και L2 και οι κώδικες C/A και P χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό των αποστάσεων δέκτη-δορυφόρων. Οι πληροφορίες του ναυτιλιακού μηνύματος (κώδικας D) χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό της θέσεως των δορυφόρων ως συναρτήσεως του χρόνου (δορυφορικές εφημερίδες).

γ) Οι δορυφόροι του συστήματος GPS περιέχουν ατομικά χρονόμετρα καισίου και ρουβιδίου για την τήρηση χρόνου ακρίβειας και για τη δημιουργία των κωδικών παλμών του δορυφορικού σήματος. Οι δέκτες GPS περιέχουν χρονόμετρα μικρότερης ακρίβειας από τα χρονόμετρα των δορυφόρων.

δ) Για τον προσδιορισμό του στίγματος (της θέσεως του ναυτιλιακού δέκτη GPS), οι αποστάσεις του δέκτη από τους δορυφόρους προκύπτουν από τη μέτρηση του χρόνου διαδόσεως των δορυφορικών σημάτων και τον πολλαπλασιασμό τους με την ταχύτητα διαδόσεως των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων.

Εν τούτοις, επειδή τα χρονόμετρα των δεκτών GPS δεν έχουν την ίδια ακρίβεια με τα αντίστοιχα των δορυφόρων και ως εκ τούτου δεν είναι απόλυτα συγχρονισμένα μ' αυτά, οι μετρούμενες αποστάσεις περιέχουν κάποιο σφάλμα και γι' αυτό ονομάζονται **ψευδοαποστάσεις**.

Για τη διόρθωση του σφάλματος των ψευδοαποστάσεων απαιτείται η ταυτόχρονη λήψη σημάτων από τέσσερεις τουλάχιστον δορυφόρους αντί των τριών που κανονικά θα απαιτούνταν (για τη μέτρηση των αποστάσεων του δέκτη από τρεις δορυφόρους και τον προσδιορισμό της θέσεως του δέκτη στο σημείο τομής τριών σφαιρικών επιφανειών).

Οι παραπάνω γενικές αρχές καθορισμού θέσεως στο σύστημα GPS εφαρμόζονται με διαφορετικές παραλλαγές στις διάφορες κατηγορίες δεκτών ανάλογα με τις χρήσεις του συστήματος (ναυτιλιακές, κ.λπ.). Οι κυριότερες μέθοδοι προσδιορισμού θέσεως GPS είναι οι εξής: ο ναυτιλιακός ή κινηματικός προσδιορισμός θέσεως, ο στατικός προσδιορισμός θέσεως, ο αυτόνομος ή απόλυτος προσδιορισμός θέσεως και ο διαφορικός προσδιορισμός θέσεως.

α) Στο **ναυτιλιακό** ή **κινηματικό προσδιορισμό θέσεως**, ο δέκτης βρίσκεται σε κίνηση (πλοίο, αεροσκάφος, αυτοκίνητο κ.λπ.) και η επεξεργασία των μετρήσεων και ο προσδιορισμός της θέσεως γίνονται σε πραγματικό χρόνο με επίτευξη ακρίβειας της τάξεως των 30 m για την υπηρεσία Συνήθους Προσδιορισμού Θέσεως (Standard Positioning Service–SPS) χωρίς τους περιορισμούς της επιλεκτικής διαθεσιμότητας (Selective Availability–S.A.).

β) Στο **στατικό προσδιορισμό θέσεως**, ο δέκτης είναι ακίνητος και εγκατεστημένος στο σημείο της γήινης επιφάνειας, του οποίου πρόκειται να προσδιοριστεί η θέση. Ο στατικός προσδιορισμός θέσεως χρησιμοποιείται σε γεωδαιτικές εφαρμογές, στις οποίες η απαιτούμενη ακρίβεια θέσεως είναι της τάξεως λίγων εκατοστών του μέτρου, δηλαδή πολύ υψηλότερη από ό,τι στις ναυτιλιακές και λοιπές εφαρμογές. Η υψηλή αυτή ακρίβεια επιτυγχάνεται με την εκτέλεση μετρήσεων δορυφορικών σημάτων για μία εκτεταμένη χρονική περίοδο (από μερικά λεπτά έως μερικές ώρες) και με τη μετέπειτα αναλυτική επεξεργασία των μετρήσεων αυτών σε ηλεκτρονικό υπολογιστή.

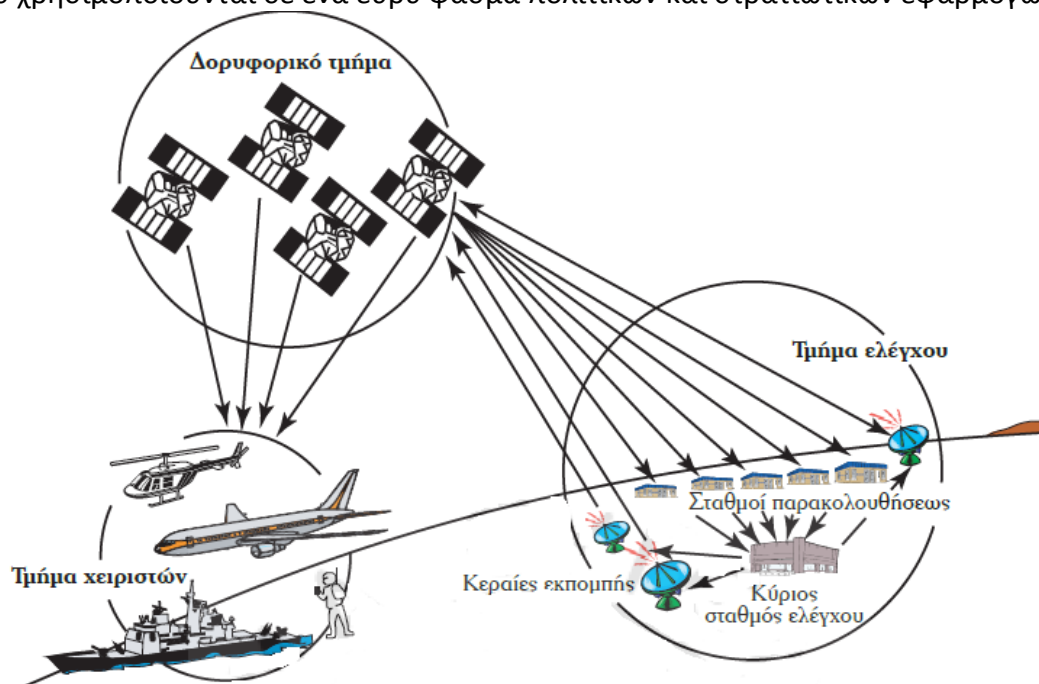
γ) Στον **αυτόνομο** ή **απόλυτο προσδιορισμό θέσεως**, η θέση του δέκτη προσδιορίζεται από τη λήψη και την επεξεργασία αποκλειστικά των σημάτων που εκπέμπονται από τους δορυφόρους του συστήματος GPS, χωρίς τη λήψη επιπροσθέτων σημάτων από άλλους δορυφόρους (π.χ. δορυφόρους επικοινωνιών) ή από επίγειους σταθμούς.

δ) Στο **διαφορικό προσδιορισμό θέσεως**, χρησιμοποιείται ένας επίγειος σταθμός αναφοράς και ελέγχου (διαφορικός σταθμός), ο οποίος περιλαμβάνει ένα δέκτη GPS εγκατεστημένο σε σημείο γνωστών γεωδαιτικών συντεταγμένων και έναν υπολογιστή με το κατάλληλο λογισμικό για τον προσδιορισμό των σφαλμάτων στις μετρούμενες αποστάσεις. Τα σφάλματα αυτά χρησιμοποιούνται για τη διόρθωση των μετρήσεων των δεκτών GPS στη γεωγραφική περιοχή που έχει εγκατασταθεί ο διαφορικός σταθμός και για τη βελτίωση της ακρίβειας θέσεως που παρέχουν. Η βασική αρχή λειτουργίας του διαφορικού GPS στηρίζεται στην παραδοχή ότι δύο δέκτες που βρίσκονται σε κοντινές αποστάσεις παρατηρούν τους ίδιους δορυφόρους και έχουν τα ίδια σφάλματα. Η μέθοδος του διαφορικού προσδιορισμού θέσεως χρησιμοποιείται τόσο στις ναυτιλιακές, όσο και στις γεωδαιτικές εφαρμογές του συστήματος GPS. Στις ναυτιλιακές εφαρμογές οι διορθώσεις του διαφορικού σταθμού μεταδίδονται προς τους δέκτες σε πραγματικό χρόνο με κατάλληλη τηλεπικοινωνιακή ζεύξη για την επίτευξη ακρίβειας θέσεως από 1 m έως 10 m ανάλογα με την απόστασή τους από το δορυφορικό σταθμό. Στις γεωδαιτικές εφαρμογές οι διορθώσεις του διαφορικού σταθμού καταγράφονται και χρησιμοποιούνται για την εκ των υστέρων επεξεργασία των μετρήσεων του γεωδαιτικού δέκτη για την επίτευξη ακρίβειας θέσεως της τάξεως των 2 cm.

#### 1.4.2 Τμήματα του συστήματος GPS.

Το σύστημα GPS αποτελείται από τα εξής τρία κύρια τμήματα:

- 1) Το **δορυφορικό τμήμα**, το οποίο αποτελείται από τους δορυφόρους του συστήματος.
- 2) Το **τμήμα ελέγχου**, το οποίο αποτελείται από ένα δίκτυο επιγείων σταθμών και
- 3) το **τμήμα χρηστών**, το οποίο αποτελείται από όλους τους δέκτες του συστήματος που χρησιμοποιούνται σε ένα ευρύ φάσμα πολιτικών και στρατιωτικών εφαρμογών.



### **1) Δορυφορικό τμήμα.**

#### **α) Δορυφορικός σχηματισμός.**

Το σύστημα GPS υποστηρίζεται από 24 βασικούς δορυφόρους, καθώς και από 3 περίπου εφεδρικούς. Οι δορυφόροι αυτοί βρίσκονται σε 6 τροχιακά επίπεδα, τα οποία έχουν κλίση  $55^\circ$  με το επίπεδο του Ισημερινού, το οποίο τέμνουν σε σημεία με διαφορά μήκους  $60^\circ$ .

Με την παραπάνω μορφή των δορυφορικών τροχιών επιτυγχάνεται ομοιόμορφη παγκόσμια κάλυψη, εξασφαλίζοντας ότι σε οποιοδήποτε σημείο της Γης λαμβάνεται πάντα σήμα από τουλάχιστον 4 έως 10 δορυφόρους, οι οποίοι έχουν γωνιακό ύψος τουλάχιστον  $10^\circ$ . Οι δορυφόροι του συστήματος ακολουθούν περίπου κυκλικές τροχιές (ελλείψεις με μέγιστη εκκεντρότητα 0,001). Ο μεγάλος ημιάξονας των δορυφορικών τροχιών είναι περίπου 26.500 km, τιμή η οποία αντιστοιχεί σε 2200 km ύψος επάνω από την επιφάνεια της Γης.

#### **β) Τεχνικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά δορυφόρων GPS.**

Κάθε δορυφόρος GPS αποτελείται από πολλές ηλεκτρονικές μονάδες υψηλής τεχνολογίας, όπως ταλαντωτές, ατομικά ρολόγια, υπολογιστές και συστήματα τηλεπικοινωνιών. Οι δορυφόροι GPS έχουν συνήθως τέσσερα ατομικά ρολόγια, από τα οποία το ένα χρησιμοποιείται ως βασικό για την παραγωγή μιας θεμελιώδους για διάφορες λειτουργίες συχνότητας  $f_0 = 10,23 \text{ Mhz}$ , τα δε υπόλοιπα τρία ως εφεδρικά. Η βασική συχνότητα  $f_0$  χρησιμοποιείται για τη διατήρηση της κλίμακας χρόνου και τη δημιουργία δύο βασικών ημιτονοειδών σημάτων (L1 και L2), τα οποία αναφέρονται στη βιβλιογραφία με τους όρους **φέρουσες συχνότητες** (carrier frequencies) ή **κύματα φορείς** (carrier waves). Οι φέρουσες συχνότητες (L1 και L2) χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία του δορυφορικού σήματος, με το οποίο αποστέλλονται προς τους χρήστες (δέκτες), όλες οι απαραίτητες για τον προσδιορισμό της θέσεως πληροφορίες. Το εκπεμπόμενο δορυφορικό σήμα, έχει μία πολύπλοκη μορφή, η οποία όμως προκύπτει από μία απλή λογική συνθέσεως τριών επί μέρους κωδικοποιημένων ψηφιακών σημάτων ή κωδικών. Οι τρεις αυτοί κώδικες, οι οποίοι ενσωματώνονται στα βασικά ημιτονοειδή σήματα των δύο συχνοτήτων L1 και L2 (φέροντα κύματα) με κατάλληλες μεθόδους διαμορφώσεως-κωδικοποίησεως, είναι οι εξής:

α) **Κώδικες C/A** και **P** για την αναγνώριση των δορυφόρων και τον προσδιορισμό των αποστάσεων του δέκτη από τους δορυφόρους.

β) **Κώδικας D** ή **ναυτιλιακό μήνυμα** για τον προσδιορισμό της θέσεως των δορυφόρων με τα στοιχεία προβλέψεως των τροχιών τους (δορυφορικές εφημερίδες) και τα στοιχεία ακριβούς χρόνου που περιέχει.

Οι κυριότερες λειτουργίες των δορυφόρων του συστήματος GPS είναι οι εξής:

α) Λαμβάνουν και αποθηκεύουν πληροφορίες, οι οποίες εκπέμπονται από τους επίγειους σταθμούς ελέγχου και αφορούν σε στοιχεία των τροχιών τους (δορυφορικές εφημερίδες), στοιχεία ακριβούς χρόνου κ.λπ.

β) Εκτελούν περιορισμένη επεξεργασία των παραπάνω πληροφοριών με τη βοήθεια του μικροεπεξεργαστή τους.

γ) Διατηρούν ακριβή χρόνο του συστήματος GPS με τη βοήθεια των ατομικών τους χρονομέτρων και

των διορθώσεων που λαμβάνουν από τους επίγειους σταθμούς ελέγχου.

δ) Εκπέμπουν δορυφορικά σήματα με όλες τις απαραίτητες πληροφορίες προς τους χρήστες (δέκτες) για τον ακριβή προσδιορισμό θέσεως.



## **2) Τμήμα ελέγχου.**

Το τμήμα ελέγχου του συστήματος GPS, αποτελείται από ένα δίκτυο επιγείων σταθμών παρακολουθήσεως των δορυφόρων του συστήματος. Η βασική λειτουργία του τμήματος ελέγχου του συστήματος GPS είναι η συνεχής καταγραφή των εκπεμπόμενων δορυφορικών σημάτων και η επεξεργασία τους για τον προσδιορισμό ή/και την πρόβλεψη διαφόρων στοιχείων τους, όπως:

- α) Θέσεις δορυφόρων (δορυφορικό αλμανάκ και δορυφορικές εφημερίδες).
- β) Κατάσταση λειτουργίας δορυφόρων και σφάλματα δορυφορικών χρονομέτρων.
- γ) Ατμοσφαιρικές συνθήκες για μοντέλα διαδόσεως δορυφορικών σημάτων.

Τα παραπάνω στοιχεία του τμήματος ελέγχου αποστέλλονται από επίγειους σταθμούς στους δορυφόρους, στους οποίους αποθηκεύονται για περαιτέρω εκπομπή προς τους χρήστες. Πιο αναλυτικά, το τμήμα ελέγχου του συστήματος GPS, αποτελείται από 1 **κύριο σταθμό ελέγχου** που βρίσκεται στην Αεροπορική βάση Falcon Schriever της πολιτείας Colorado Springs των ΗΠΑ, καθώς και 6 **βασικούς επίγειους σταθμούς παρακολουθήσεως**, οι οποίοι βρίσκονται στις εξής θέσεις:

- α) Αεροπορική βάση Falcon Schriever της πολιτείας Colorado Springs των ΗΠΑ.
- β) Ακρωτήριο Canaveral των ΗΠΑ.
- γ) Νήσος Hawaii του Ειρηνικού.
- δ) Νήσος Kwajalein του Ειρηνικού.
- ε) Νήσος Diego Garcia του Ινδικού.
- στ) Νήσος Ascension του Ατλαντικού

Λειτουργία του κύριου σταθμού ελέγχου είναι ο έλεγχος και η διόρθωση της πραγματικής τροχιάς των δορυφόρων. Όταν διαπιστωθεί ότι κάποιος δορυφόρος έχει απομακρυνθεί από την προβλεπόμενη τροχιά του, μεταδίδονται από τους σταθμούς διορθωτικές εντολές κινήσεως του δορυφόρου για επαναφορά του στην κανονική τροχιά.

## **3) Τμήμα χρηστών.**

Το τμήμα χρηστών του συστήματος GPS αποτελείται απ' όλους τους δέκτες του συστήματος που χρησιμοποιούνται σε ένα ευρύ φάσμα πολιτικών και στρατιωτικών εφαρμογών. Οι δέκτες GPS λαμβάνουν, αποκωδικοποιούν και επεξεργάζονται τα σήματα που εκπέμπονται από τους δορυφόρους του συστήματος για τον προσδιορισμό της θέσεως, της ταχύτητας και του χρόνου με μεγάλη ακρίβεια. Παρά το γεγονός ότι το σύστημα GPS σχεδιάστηκε κατά κύριο λόγο ως στρατιωτικό σύστημα και δευτερευόντως ως πολιτικό, σήμερα καλύπτει ένα ευρύ φάσμα πολιτικών χρήσεων και εφαρμογών και οι πολιτικοί χρήστες είναι κατά πολύ περισσότεροι από τους στρατιωτικούς.

Οι κυριότερες πολιτικές χρήσεις του συστήματος GPS είναι οι εξής:

- α) Άμεσος και συνεχής καθορισμός της θέσεως οποιουδήποτε σημείου επάνω ή κοντά στην επιφάνεια της Γης, όπως θέση (στίγμα) πλοίων κάθε κατηγορίας συμπεριλαμβανομένων μικρών πλωτών μέσων (μηχανοκινήτων, κωπηλατών και ιστιοφόρων λέμβων), αεροσκαφών, οχημάτων ξηράς (αυτοκινήτων, τρένων κ.λπ.), καθώς και μεμονωμένων ατόμων (ορειβατών, ποδηλατιστών, οδοιπόρων κ.λπ.).
- β) Ακριβής πλοήγηση πλοίων, αεροσκαφών και λοιπών οχημάτων για άφιξη στο επιθυμητό σημείο προορισμού.

- γ) Ακριβής υποτύπωση θέσεως και κινήσεως πλοίων με διασύνδεση δεκτών GPS με τα συστήματα αυτόματης αναγνώρισεως πλοίων AIS και τα συστήματα ελέγχου θαλάσσιας κυκλοφορίας.
- δ) Ακριβής υποτύπωση θέσεως και κινήσεως αεροσκαφών από τα κέντρα ελέγχου εναέριας κυκλοφορίας.
- ε) Ακριβής υποτύπωση θέσεως και κινήσεως διαφόρων κατηγοριών οχημάτων, όπως ασθενοφόρων, πυροσβεστικών, αστυνομικών κ.λπ., για την αποτελεσματικότερη διαχείριση της επιχειρησιακής τους αξιοποιήσεως.
- στ) Γεωδαιτικές, τοπογραφικές, υδρογραφικές και χαρτογραφικές εργασίες, για τον άμεσο καθορισμό των γεωδαιτικών συντεταγμένων σημείων της επιφάνειας της Γης, με ακρίβεια που φθάνει και τα 2 cm και για την ακριβέστερη χαρτογράφηση διαφόρων περιοχών της Γης σ' ένα ενιαίο ΓΣΑ.
- ζ) Παροχή ακριβούς χρόνου αναφοράς για το συγχρονισμό συστημάτων τηλεπικοινωνιών.

### 1.4.3 Ακριβής προσδιορισμός θέσης και αντιεξαπάτηση.

Η λειτουργία συνήθους προσδιορισμού θέσεως SPS του συστήματος GPS είναι διαθέσιμη χωρίς κανέναν περιορισμό σε όλους τους ενδιαφερόμενους χρήστες του συστήματος σε οποιαδήποτε περιοχή της Γης. Ο συνήθης προσδιορισμός θέσεως SPS πραγματοποιείται με τη λήψη του κώδικα χαμηλής ακριβείας (C/A code) των δορυφορικών σημάτων (βλ. κεφ. 17) με κοινούς δέκτες GPS, οι οποίοι διατίθενται ελεύθερα στο εμπόριο. Οι δέκτες αυτοί παρέχουν ακρίβεια θέσεως μικρότερη απ' αυτήν που παρέχεται στη λειτουργία ακριβούς προσδιορισμού θέσεως PPS, για την οποία απαιτείται η χρήση ειδικών δεκτών, οι οποίοι έχουν τη δυνατότητα λήψεως τόσο του κώδικα C/A, όσο και του κώδικα υψηλής ακριβείας P των δορυφορικών σημάτων. Σύμφωνα με τον αρχικό σχεδιασμό του συστήματος GPS, η ακρίβεια θέσεως (με πιθανότητα 95%) που θα παρείχε το σύστημα στη λειτουργία συνήθους προσδιορισμού θέσεως SPS για τους μη εξουσιοδοτημένους χρήστες, θα ήταν 100 m. Εν τούτοις, όπως αποδείχθηκε κατά τις πρώτες δοκιμές του συστήματος, η ακρίβεια SPS είναι στην πραγματικότητα 30 m και δεν διαφέρει σημαντικά από την ακρίβεια θέσεως PPS, η οποία είναι 22 m. Μετά απ' αυτήν τη διαπίστωση το Υπουργείο Άμυνας των ΗΠΑ αποφάσισε για λόγους στρατιωτικής ασφάλειας να προβεί σε τεχνητή υποβάθμιση της παρεχόμενης ακριβείας SPS από 30 m σε 100 m με τη χρησιμοποίηση τεχνικών περιορισμού της ακριβείας των στοιχείων του κώδικα C/A, προκειμένου να μην δοθεί η δυνατότητα χρησιμοποίησης του συστήματος για στρατιωτικές χρήσεις από εχθρικές δυνάμεις. Η σκόπιμη αυτή υποβάθμιση της ακριβείας του συστήματος GPS στη λειτουργία SPS είναι γνωστή ως **επιλεκτική διαθεσιμότητα** ή **ελεγχόμενη διάθεση**<sup>1</sup> (Selective Availability–S.A.) και εφαρμόστηκε για πρώτη φορά το 1991.

Με την εφαρμογή της επιλεκτικής διαθεσιμότητας, οι ακρίβειες (με πιθανότητα 95%) που παρέχονται από το σύστημα GPS στη λειτουργία συνήθους προσδιορισμού θέσεως SPS είναι:

- α) 100 m στον προσδιορισμό της οριζόντιας θέσεως.
- β) 156 m στον προσδιορισμό του υψόμετρου.
- γ) 340 nsec στον προσδιορισμό του χρόνου.

Οι παραπάνω περιορισμοί της ακριβείας των παρεχομένων από το σύστημα GPS υπηρεσιών με την πολιτική της επιλεκτικής διαθεσιμότητας, εφαρμόστηκαν μέχρι το Μάιο του 2000, οπότε σύμφωνα με απόφαση του προέδρου των ΗΠΑ καταργήθηκε η

εφαρμογή της επιλεκτικής διαθεσιμότητας και το σύστημα παρέχει πλέον στη λειτουργία συνήθους προσδιορισμού θέσεως SPS ακρίβεια θέσεως 30 m (με πιθανότητα 95%).

Εν τούτοις, όπως επισημάνθηκε κατά την ανακοίνωση της ανωτέρω απόφασεως, εάν λόγοι εθνικής ασφάλειας των ΗΠΑ το επιβάλλουν, είναι δυνατόν να εφαρμοστεί και πάλι η πολιτική της επιλεκτικής διαθεσιμότητας και η παρεχόμενη ακρίβεια θέσεως του συστήματος GPS (με πιθανότητα 95%) να περιοριστεί και πάλι στα 100 m.

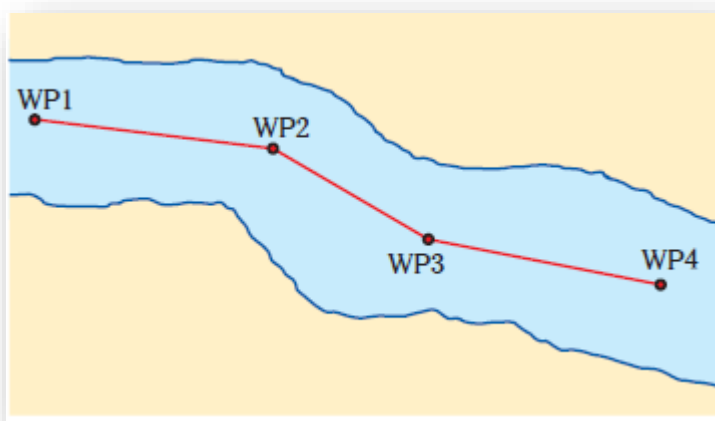
Για τον ακριβή προσδιορισμό θέσεως PPS οι δέκτες GPS χρησιμοποιούν τον κώδικα υψηλής ακριβείας (P) των δορυφορικών σημάτων. Ο κώδικας P δεν είναι συνήθως διαθέσιμος για ελεύθερη χρήση, αλλά ενσωματώνεται στα δορυφορικά σήματα με μία κρυπτογραφημένη μορφή ως κώδικας P(Y), ο οποίος προκύπτει από το συνδυασμό του κώδικα P μ' ένα μυστικό κώδικα W. Η ανάκτηση του κώδικα P στο δέκτη είναι δυνατή μόνο εφόσον είναι γνωστός ο μυστικός κώδικας W. Εν τούτοις, παρά τους περιορισμούς αυτούς, η τεχνολογία που αναπτύχθηκε από ορισμένες εταιρείες κατασκευής δεκτών καθιστά πλέον δυνατή την ανάκτηση του κώδικα P χωρίς τη γνώση του μυστικού κώδικα-«κλειδιού» W. Η κρυπτογράφηση του κώδικα P και ο μετασχηματισμός του σε κώδικα W είναι μία μέθοδος σκόπιμης υποβαθμίσεως της ακρίβειας PPS, γνωστή ως αντιεξαπάτηση ή αποπροσανατολισμός (Antispoofing-AS).

Ένας άλλος λόγος ενεργοποιήσεως της αντιεξαπάτησεως, σημαντικότερος ίσως από την παρεμπόδιση χρήσεως του κώδικα P από εχθρικές δυνάμεις, είναι η στέρηση της δυνατότητας του εχθρού να προβεί σε μέτρα ηλεκτρονικού ναυτιλιακού πολέμου κατά της αποτελεσματικότητας του GPS/PPS, όπως για παράδειγμα με την εκπομπή σήματος αποπροσανατολισμού ή εξαπάτησεως του δέκτη με χαρακτηριστικά αντίστοιχα με τον κώδικα P αλλά με λανθασμένα στοιχεία.

#### 1.4.4 Βασικές ρυθμίσεις ναυτικών δεκτών GPS.

Οι βασικές δυνατότητες ενός απλού ναυτιλιακού δέκτη GPS είναι οι εξής:

α) Συνεχής ένδειξη σε πραγματικό χρόνο των συντεταγμένων της θέσεως (στίγματος) του πλοίου ανάλογα με τις επόμενες βασικές επιλογές του χρήστη



β) Καταχώριση στη μνήμη του δέκτη των συντεταγμένων διαφόρων σημείων, τα οποία ονομάζονται **σημεία πλου** (way points) τα οποία αξιοποιούνται σε πολλές εφαρμογές, όπως:

– Σχεδίαση δρομολογίου πλου με διαδοχικά σημεία αλλαγής πορείας .

- Αποθήκευση κρίσιμων σημείων πλου για μελλοντική χρήση, όπως σημεία εισόδου σε διάυλο ή λιμένα, σημεία αλλαγής πορείας εντός διαύλου ή σε περιορισμένα ύδατα κ.λπ..
- Ασφάλεια αγκυροβολίας.
- Τήρηση αποστάσεων ασφάλειας από συγκεκριμένους ναυτιλιακούς κινδύνους κατά τη διάρκεια του πλου.
- Ενεργοποίηση διαδικασιών ανθρώπου στη θάλασσα.
- Υπολογισμός πραγματικής ως προς το βυθό πορείας και ταχύτητας του σκάφους.
- Υπολογισμός διευθύνσεως και εντάσεως θαλάσσιου ρεύματος.
- Υπολογισμός σφάλματος δρομόμετρου.
- Χρησιμοποίηση του δέκτη GPS (ακόμα και των απλών ερασιτεχνικών δεκτών) για την άμεση μετατροπή συντεταγμένων ενός σημείου από ένα γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς σε κάποιο άλλο, καθώς και για τη μετατροπή γεωδαιτικών ελλειψοειδών συντεταγμένων ( $\phi$ ,  $\lambda$ ,  $h$ ) σε καρτεσιανές συντεταγμένες UTM (X, Y, Z) και αντιστρόφως. Μπορούμε να πούμε ότι ο βασικός πυρήνας του ευρύτατου και ανεξάντλητου φάσματος των ναυτιλιακών δυνατοτήτων και εφαρμογών GPS είναι η καταχώριση σημείων πλου στη μνήμη του δέκτη για μελλοντική αξιοποίηση.



Τα βασικά στοιχεία που πρέπει να προσέχει ο χρήστης, ώστε να εξασφαλίσει την παροχή της μέγιστης δυνατής ακρίβειας, να περιορίσει στο ελάχιστο τα πιθανά σφάλματα, αλλά και να εκτιμήσει την ακρίβεια του στίγματος που του παρέχει ο δέκτης που χρησιμοποιεί, είναι τα εξής:

- α) Ρύθμιση των βασικών παραμέτρων λειτουργίας του δέκτη, όπως:
- Επιλογή του γεωδαιτικού συστήματος αναφοράς (WGS-84, ED-50 κ.λπ.), στο οποίο αναφέρονται οι συντεταγμένες του στίγματος. Η ρύθμιση αυτή είναι πολύ καθοριστική για την επίτευξη της παρεχόμενης από το δορυφορικό σύστημα ακρίβειας θέσεως.

Επισημαίνεται ότι η επιλογή στο δέκτη διαφορετικού γεωδαιτικού συστήματος αναφοράς από το σύστημα του χρησιμοποιούμενου ναυτικού χάρτη, μπορεί να δημιουργήσει σφάλματα θέσεως της τάξεως του 1 km.

- Επιλογή απεικόνισης στίγματος με γεωδαιτικές ελλειψοειδείς συντεταγμένες ( $\phi$ ,  $\lambda$ ,  $h$ ) ή με καρτεσιανές συντεταγμένες UTM (X,Y).
- Καταχώριση της κατ' εκτίμηση θέσεως (με πολύ χονδρική ακρίβεια της τάξεως των 200 ν.μ.) ή επιλογή της ευρύτερης περιοχής που βρίσκεται ο δέκτης, καθώς και της ημερομηνίας και ώρας, προκειμένου να αξιοποιηθούν τα στοιχεία του δορυφορικού αλμανάκ, ώστε να ελαττωθεί ο απαιτούμενος χρόνος για τον καθορισμό του πρώτου στίγματος μετά την ενεργοποίηση του δέκτη.

- Επιλογή μονάδων απεικόνισης συντεταγμένων, αποστάσεων, γωνιών κ.λπ., όπως:
  - Απεικόνιση γεωγραφικών συντεταγμένων (φ, λ) σε μοίρες, πρώτα και δεύτερα λεπτά, π.χ. N 12° 34' 56.78" W 013° 24' 39.28".
  - Απεικόνιση γεωγραφικών συντεταγμένων (φ, λ) σε μοίρες και πρώτα λεπτά, π.χ. N 35° 15.678' E 022° 36.287'.
  - Απεικόνιση υψομέτρων σε μέτρα ή πόδια.
  - Απεικόνιση αποστάσεων σε ναυτικά μίλια, χιλιόμετρα ή μίλια ξηράς.
  - Απεικόνιση προσδιοριζόμενης από το δέκτη ταχύτητας σε κόμβους ή χιλιόμετρα ανά ώρα.
  - β) Έλεγχος της γεωμετρίας των δορυφόρων, καθώς και της παρεχόμενης ακρίβειας στίγματος (συνήθως με τις παραμέτρους GDOP, HDOP, VDOP και FOM) και εφόσον απαιτείται καθορισμός των δορυφόρων, που δεν πρέπει να ληφθούν υπόψη στον προσδιορισμό του στίγματος.
  - γ) Έλεγχος της δυνατότητας προσδιορισμού στίγματος τριών διαστάσεων και σε αρνητική περίπτωση καταχώριση των στοιχείων που απαιτούνται για τον καθορισμό στίγματος δύο διαστάσεων.
  - δ) Έλεγχος της ηλικίας του δορυφορικού αλμανάκ και αν αυτό είναι παλιό, ανανέωσή του<sup>2</sup> προκειμένου να ελαττωθεί ο απαιτούμενος χρόνος για τον καθορισμό του πρώτου στίγματος μετά την ενεργοποίηση του δέκτη.
- Οι πρακτικές ναυτιλιακές εφαρμογές του συστήματος GPS είναι πολυάριθμες και τα παρουσιαζόμενα είναι μόνο ενδεικτικά των συνολικών δυνατοτήτων του GPS, οι οποίες εκτός από τον ακριβή προσδιορισμό θέσεως, καλύπτουν ένα πολύ ευρύ φάσμα πρακτικών ναυτιλιακών εφαρμογών.

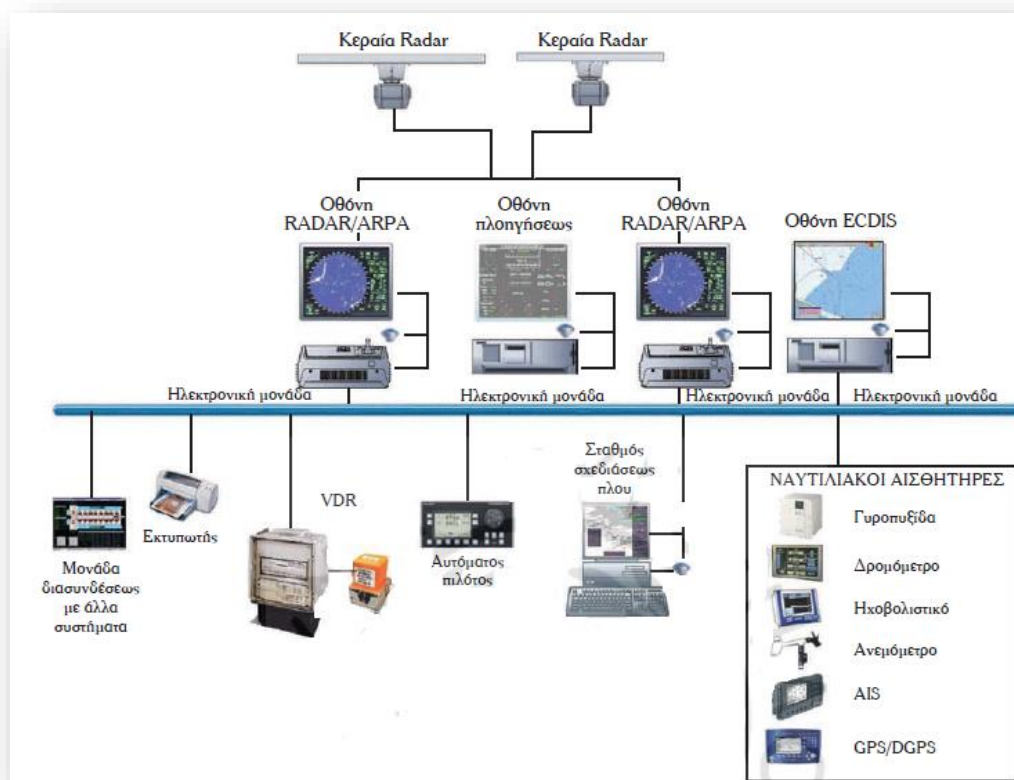
## 1.5 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΓΕΦΥΡΑΣ

### 1.5.1 Κύριοι αισθητήρες και συστήματα ναυτιλίας

- α) Δύο διασυνδεδεμένα συστήματα RADAR/ARPA, ένα S-Band και ένα X-Band.
- β) Δύο διασυνδεδεμένα συστήματα ECDIS με κοινό αρχείο ηλεκτρονικών χαρτών.
- γ) Δύο γυροπυξίδες, μία laser οπτικής ίνας και μία μηχανική γυροπυξίδα, οι οποίες παρέχουν:
  - Πορεία.
  - Ρυθμό μεταβολής πορείας.
  - Γωνίες προνευστασμού/διατειχισμού και ρυθμό μεταβολής τους.
- δ) Μαγνητική πυξίδα.
- ε) Δύο δρομόμετρα, ένα δρομόμετρο Doppler και ένα δρομόμετρο μαγνητικής επαγωγής.
- στ) Δύο δορυφορικά συστήματα προσδιορισμού θέσεως, ένα διαφορικό GPS (DGPS) και ένα GLONASS.
- ζ) Σύστημα AIS.
- η) Αυτόματο σύστημα τηρήσεως θέσεως και κατευθύνσεως εφοδιασμένο με:
  - Οικείους δέκτες DGPS.
  - Αισθητήρες laser για μέτρηση αποστάσεων από τον προβλήτα κατά την παραβολή.
- θ) Ανεμόμετρο.
- ι) Κάμερες κλειστού κυκλώματος CCTVs.
- ια) Ψηφιακό καταγραφέα δεδομένων ταξιδιού.
- ιβ) Ηχοβολιστικό.



- ιγ) Δορυφορική τηλεπικοινωνία δεδομένων για ασύρματη ζεύξη με:
- Την πλοιοκτήτρια εταιρεία μέσω φωνής (τηλέφωνο).
  - Την πλοιοκτήτρια εταιρεία μέσω δεδομένων.
  - Εταιρείες κατασκευής εξοπλισμού του πλοίου για εκτέλεση διαγνωστικών προγραμμάτων, αντιμετώπιση βλαβών, συντήρηση και αυτόματη αναβάθμιση λογισμικού σε νεότερη έκδοση.
  - Το διαδίκτυο για χρήση ιστοσελίδων καιρού, ευκολιών λιμένα, ενημέρωση ηλεκτρονικών χαρτών ECDIS.



### 1.5.2 Γενικές δυνατότητες κονσόλας/συστήματος.

- α) Ζεύξη συσκευών, οργάνων και υποσυστημάτων σε δίκτυο οπτικών ινών υψηλής ταχύτητας.
- β) Τεχνική ήπιας υποβαθμίσεως (graceful degradation) δυνατοτήτων συστήματος.
- γ) Επιλογή από το χρήστη κάθε δυνατού συνδυασμού πληροφορίας και λειτουργιών σταθμού εργασίας.
- δ) Δυνατότητα αλληλεπιδράσεως με το χειριστή μέσω μηχανικών πλήκτρων (keyboard, mouse, roller ball κ.λπ.), πλήκτρων αφής και φωνητικών εντολών (στα πλέον σύγχρονα συστήματα).
- ε) Τεχνολογία πολλαπλών παραθύρων (όπως σε windows PC)/υποδιαιρέσεις εικόνας κονσόλας σε τμήματα, με διαφορετική πληροφορία στο κάθε τμήμα.
- στ) Τεχνικές chart radar και radar overlay.
- ζ) Μενού βοήθειας (help).
- η) Κεντρική διαχείριση προειδοποιητικών σημάνσεων – σημάνσεων συναγερμού.
- θ) Παρακολούθηση/έλεγχος/χειρισμός συστήματος προώσεως.

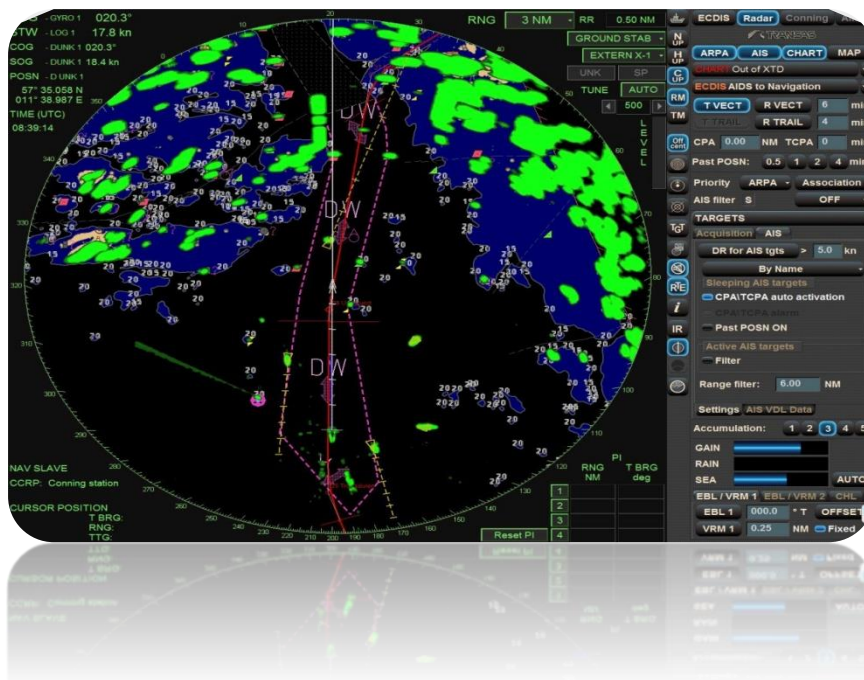
ι) Διαβίβαση πληροφοριών μεταξύ συστημάτων και σύνθεση/σύντηξη πληροφορίας, όπως:

- Διαβίβαση παρακολουθούμενων στόχων από το ARPA και το AIS στο ECDIS.
- Διαβίβαση συνθετικών πληροφοριών χάρτη (π.χ. χαραχθείσα πορεία, γραμμές ασφάλειας, τομείς κ.λπ.) από το ECDIS στο RADAR/ARPA.
- Συσχέτιση πληροφορίας στίγματος (DGPS, GLONASS), πληροφορία δρομόμετρων και πυξίδων για εκτίμηση τροχιάς, με ψηφιακό φίλτρο KALMAN.
- Συσχέτιση πληροφορίας RADAR/ARPA και AIS και εκτίμηση τροχιάς για όλους τους στόχους.

Πέραν των ανωτέρω αναφερομένων γενικών δυνατοτήτων της κονσόλας, σε οποιαδήποτε κονσόλα(κονσόλες) επιλεγεί για την απεικόνιση του ECDIS, παρέχονται οι ακόλουθες δυνατότητες:

- α) Χρήση χαρτών ψηφιδωτής ή διανυσματικής μορφής από το αρχείο ηλεκτρονικών χαρτών κατ'επιλογή από το χειριστή.
- β) Συσχέτιση στόχων AIS και RADAR/ARPA και εμφάνιση της πληροφορίας επί του ECDIS.
- γ) Αυξημένες δυνατότητες σχεδίασεως επί του ηλεκτρονικού χάρτη (τομέων ασφάλειας, περιοχών, παραλλήλων ενδεικτικών γραμμών, γραμμών ασφάλειας κ.λπ.).
- δ) Ιστορικό ίχνους, ιστορικό βυθισμάτων και ιστορικό προειδοποιητικών σημάνσεων.
- ε) Συσχέτιση EBL και VRM2 με τα αντίστοιχα του radar.
- στ) Τεχνική radar overlay.
- ζ) Ένθετο παράθυρο πλοηγήσεως (conning), παράθυρο εικόνας CCTV ή ηχοβολιστικού κατ'επιλογή.

### 1.5.3 Δυνατότητες κονσόλας RADAR/ARPA.



Αντίστοιχα, στις κονσόλες που θα επιλεγούν για την απεικόνιση του συστήματος RADAR/ ARPA, παρέχονται οι ακόλουθες δυνατότητες:

- α) Αυτόματη παρακολούθηση μεγάλου αριθμού στόχων (100 περίπου), που κινούνται με ταχύτητες έως 150 κόμβων.

- β) Δυνατότητα παράλληλης απεικόνισης πληροφορίας από δύο συσκευές radar, με υποδιαίρεση της οθόνης σε δύο τμήματα.
- γ) Συσχέτιση πληροφοριών παρακολούθησης στόχων με AIS.
- δ) Απεικόνιση δρομολογίων, τομέων κ.λπ. είτε με απευθείας εισαγωγή, είτε μέσω αντιγραφής από το ECDIS.
- ε) Τεχνική chart radar: Ως κύρια απεικόνιση (φόντο) χρησιμοποιείται η εικόνα του radar, με επικαλυπτόμενη την πληροφορία του ηλεκτρονικού χάρτη. Η επικάλυψη της ακτογραμμής με κίτρινο χρώμα, επαληθεύει την ορθότητα της πληροφορίας θέσεως. Στο σχήμα φαίνεται και η απεικόνιση τεσσάρων ενθέτων παραθύρων με εικόνες των καμερών κλειστού κυκλώματος
- στ) Ένθετο παράθυρο πλοηγείσεως (conning), παράθυρο εικόνας CCTV ή ηχοβολιστικού κατ' επιλογή.

## 2<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ : ΗΛΕΚΤΡΟΣΤΑΣΙΟ ΚΑΙ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΙ.

### 2.1 ΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ

Στο *ηλεκτροστάσιο* (electric generating station) στεγάζονται οι ηλεκτρογεννήτριες του πλοίου και οι πίνακες διανομής ηλεκτρικού ρεύματος.

Στα περισσότερα σύγχρονα πλοία δεν υπάρχει ξεχωριστός χώρος για τις ηλεκτρογεννήτριες, αλλά αυτές βρίσκονται στον ίδιο χώρο με το μηχανοστάσιο και μάλιστα χωρίς διαχωριστικά διαφράγματα. Επίσης, υπάρχουν και βοηθητικές ηλεκτρογεννήτριες, οι οποίες βρίσκονται σε υψηλότερο υπόφραγμα πάνω από το μηχανοστάσιο για λόγους ασφαλείας.



#### 2.1.1 Γεννήτριες συνεχούς ρεύματος (Σ.Ρ.)

Ως προς την κατασκευή τους, οι γεννήτριες Σ.Ρ. δεν διαφέρουν καθόλου από τους κινητήρες Σ.Ρ., η μόνη διαφορά είναι, ότι από τις ψήκτρες της γεννήτριας παραλαμβάνετε συνεχές ρεύμα, ενώ στους κινητήρες Σ.Ρ. , προσδίδετε στις ψήκτρες συνεχές ρεύμα και παραλαμβάνετε από τον άξονα τους μηχανική ενέργεια.

Σε πολύ μικρές μηχανές συνεχούς ρεύματος το μαγνητικό πεδίο, μέσα στο οποίο περιστρέφεται το επαγωγικό τύμπανο, κατασκευάζεται από μόνιμο μαγνήτη. Σε όλες τις άλλες περιπτώσεις το μαγνητικό πεδίο δημιουργείται από τους μαγνητικούς πόλους, τα τυλίγματα των οποίων τροφοδοτούνται με συνεχές ρεύμα. Η δημιουργία του μαγνητικού πεδίου από το ηλεκτρικό ρεύμα λέγεται *διέγερση* της μηχανής.

Ανάλογα με τον τρόπο που είναι συνδεδεμένο το τύλιγμα διεγέρσεως, διακρίνονται γεννήτριες τεσσάρων ειδών:

- α) Γεννήτριες με ξένη διεγέρση

Στις γεννήτριες αυτές η περιέλιξη διεγέρσεως τροφοδοτείται από μία ξένη πηγή. Χρησιμοποιούνται κυρίως σε χαμηλές τάσεις, για ηλεκτρολύσεις και ως γεννήτριες Σ.Ρ. για την προώθηση των πλοίων.

β)Γεννήτριες με αυτοδιέγερση  
Διακρίνονται στις τρεις παρακάτω κατηγορίες

β.1)Γεννήτριες με διέγερση σειράς

Στις γεννήτριες αυτές η περιέλιξη διεγέρσεως συνδέεται σε σειρά με το φορτίο. Η τάση τους μεταβάλλεται όταν μεταβάλλεται το φορτίο του εξωτερικού κυκλώματος, για αυτό το λόγο δεν χρησιμοποιούνται όπου απαιτείται σταθερή τάση. Η χρήση τους είναι περιορισμένη και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ορισμένα μηχανήματα ηλεκτροσυγκολλήσεως όπου η τάση δεν είναι πρωτεύουσας σημασίας.

β.2)Γεννήτριες με παράλληλη διέγερση

Στις γεννήτριες αυτές η περιέλιξη διεγέρσεως συνδέεται παράλληλα με το επαγωγικό τύλιγμα και κατά συνέπεια παράλληλα και προς το εξωτερικό φορτίο. Χρησιμοποιούνται ως γεννήτριες πλοίων, για εγκαταστάσεις μικρής ισχύος και για την φόρτιση συσσωρευτών.

β.3)Γεννήτριες με σύνθετη διέγερση

Η περιέλιξη του κάθε κύριου πόλου αποτελείται από δύο μέρη, την παράλληλη περιέλιξη και την περιέλιξη σειράς. Η τάση ρυθμίζεται με μία ρυθμιστική αντίσταση που συνδέεται με την παράλληλη διέγερση. Η αλλαγή φοράς περιστροφής γίνεται εύκολα με την εναλλαγή των ακροδεκτών και χωρίς καμία άλλη επέμβαση. Με σταθερό αριθμό στροφών η παραγόμενη τάση είναι σταθερή και δεν μεταβάλλεται πολύ εάν υπάρξει απότομη μεταβολή του φορτίου.

Οι τελευταίες χρησιμοποιούνται περισσότερο στα πλοία, γιατί η τάση της γεννήτριας είναι σταθερή και ανεξάρτητη από την αλλαγή του ρεύματος του φορτίου.

## **Ρύθμιση γεννητριών Σ.Ρ.**

- Ρύθμιση χαρακτηριστικών καμπύλων τάσεως

Μια μέθοδος που προτείνεται από τους κατασκευαστές είναι η ρύθμιση του διάκενου αέρος με την εισαγωγή ή εξαγωγή ελασμάτων μεταξύ των πόλων και του κελύφους. Άλλες μέθοδοι είναι η χρησιμοποίηση αντιστάσεως συνδεδεμένης παράλληλα με το πηνίο εν σειρά και η ρύθμιση της θέσεως των ψηκτρών.

- Βοηθητικοί πόλοι

Επειδή το παραγόμενο ρεύμα στο επαγωγίμο δημιουργεί ένα δικό του μαγνητικό πεδίο, προκαλείται από αυτό παραμόρφωση του μαγνητικού πεδίου, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται σπινθήρες μεταξύ των ψηκτρών και του συλλέκτη. Τοποθετούνται βοηθητικοί πόλοι για την εξάλειψη των σπινθηρισμών.

Οι βοηθητικοί πόλοι παραλείπονται στις γεννήτριες πολύ μικρής ισχύος αλλά είναι απαραίτητοι στις γεννήτριες μεγάλης ισχύος για την επίτευξη καλής επαγωγής σε όλα τα φορτία. Κάθε βοηθητικός πόλος πρέπει να έχει την ίδια πολικότητα με αυτή του

κύριου πόλου που βρίσκεται μετά από αυτόν κατά την διεύθυνση περιστροφής της μηχανής.

- Ρυθμιστές διέγερσης

Οι ρυθμιστές (ρεοστάτες) είναι απαραίτητοι σε όλους τους τύπους των γεννητριών, έτσι ώστε να ρυθμίζεται η τάση για διάφορες συνθήκες λειτουργίας. Χρησιμοποιούνται κυρίως για να αντισταθμίζουν τις μεταβολές της παράλληλης αντίστασης λόγω των μεταβολών της θερμοκρασίας του αέρα ψύξης. Ανεβάζοντας την θερμοκρασία αυξάνεται η αντίσταση του πηνίου τόσο πολύ που το ρεύμα διέγερσης δεν μπορεί να διατηρηθεί στην κανονική του τιμή και η τάση στους ζυγούς πέφτει. Η πτώση αυτή υπολογίζεται από τον κατασκευαστή. Συνήθως, η τάση κατά μήκος των ρυθμιστών διέγερσης δεν είναι μικρότερη του 14% της τάσης της γεννήτριας.

### **Παράλληλη λειτουργία γεννητριών Σ.Ρ.**

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στα πλοία γίνεται με περισσότερες από μία ηλεκτρογεννήτριες συνεχούς ρεύματος. Οι γεννήτριες αυτές μπορούν να λειτουργήσουν όλες μαζί παράλληλα.

Τα πλεονεκτήματα της παράλληλης λειτουργίας είναι:

1. Αυξάνεται η ισχύς του δικτύου
2. Υπάρχει η δυνατότητα μία γεννήτρια να δουλέψει ως εφεδρική
3. Υπάρχει η δυνατότητα διακοπής λειτουργίας μίας γεννήτριας, χωρίς να διακοπεί η ισχύς του πλοίου.

Για να είναι δυνατή η παράλληλη λειτουργία όλων των γεννητριών του πλοίου, πρέπει οι γεννήτριες να είναι της ίδιας τάσης και οι θετικοί και αρνητικοί πόλοι των γεννητριών να είναι συνδεδεμένοι στον αντίστοιχο ζυγό του πίνακα παραλληλισμού, δηλαδή, να έχουν την ίδια πολικότητα

### **2.1.2 Γεννήτριες εναλλασσόμενου ρεύματος (Ε.Ρ.)**

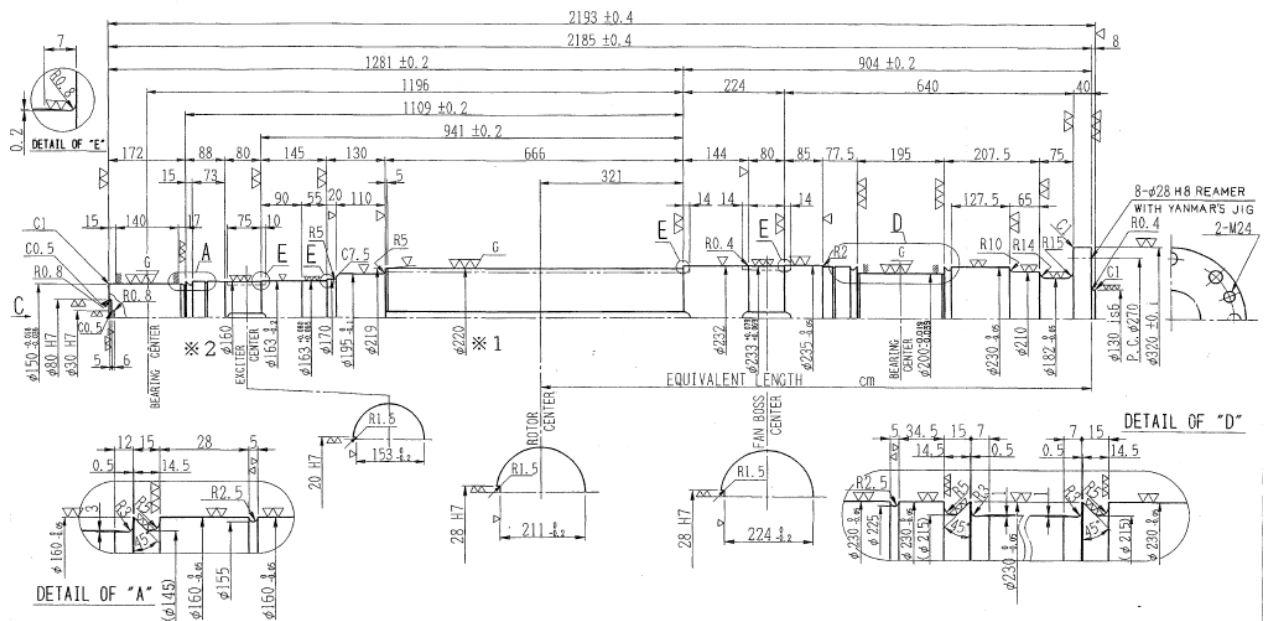
Οι γεννήτριες εναλλασσόμενου ρεύματος είναι δύο ειδών:

1. Οι σύγχρονες γεννήτριες ή εναλλακτικές
2. Οι ασύγχρονες γεννήτριες

Οι σύγχρονες γεννήτριες παράγουν εναλλασσόμενο ρεύμα, του οποίου η συχνότητα είναι ανάλογη με την ταχύτητα περιστροφής της μηχανής. Η διέγερση αυτών των γεννητριών τροφοδοτείται με συνεχές ρεύμα. Οι ασύγχρονες γεννήτριες παράγουν εναλλασσόμενο ρεύμα του οποίου η συχνότητα είναι ανεξάρτητη από την ταχύτητα περιστροφής και η διέγερση τους τροφοδοτείται με εναλλασσόμενο ρεύμα. Στα πλοία χρησιμοποιούνται οι σύγχρονες γεννήτριες (εναλλακτικές).



MODEL : FE 553B - 10



**Σύγχρονες γεννήτριες.**

Τύποι και κατασκευή εναλλακτήρων

Από την άποψη της κατασκευής οι εναλλακτήρες διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

1. Εναλλακτήρες με εξωτερικούς πόλους ή σταθερούς πόλους
2. Εναλλακτήρες με εσωτερικούς ή περιστρεφόμενους πόλους

- Τριφασικοί εναλλακτήρες

Οι ηλεκτρικές μηχανές εναλλασσόμενου ρεύματος παράγουν ή καταναλώνουν ηλεκτρική ενέργεια υπό μορφή εναλλασσόμενου ρεύματος, μονοφασικό ή πολυφασικό.

Όταν το τύλιγμα του επαγωγικού τυμπάνου αποτελείται από δύο ή τρία ή περισσότερα άκρα τότε, το τύλιγμα είναι διφασικό, τριφασικό κ.λπ. και ανάλογα η μηχανή διφασική, τριφασική κ.λπ. Οι τριφασικοί εναλλακτήρες έχουν στο επαγωγικό τους τύμπανο τρία όμοια και ανεξάρτητα μεταξύ τους μονοφασικά τυλίγματα.

Στα τριφασικά τυλίγματα υπάρχουν έξι ελεύθερα άκρα. Τρεις αρχές (U, V, W) και τρία πέρατα (χ, ψ, ζ). Το τύλιγμα U-χ αποτελεί την πρώτη φάση, V-ψ την δεύτερη φάση και W-ζ την τρίτη φάση.

Στους τριφασικούς εναλλακτήρες οι εναλλασσόμενες Η.Ε.Δ. που αναπτύσσονται στις τρεις φάσεις έχουν το ίδιο μέγεθος και την ίδια συχνότητα. Οι Η.Ε.Δ. αυτές ονομάζονται φασικές ηλεκτρεγερτικές δυνάμεις του εναλλακτήρα. Το τύλιγμα κάθε φάσης απέχει από τις άλλες κατά γωνία 60ο (μοιρών) άρα οι Η.Ε.Δ. έχουν μεταξύ τους φασική διαφορά απόκλιση=120ο.

Υπάρχουν δύο τρόποι να συνδεθούν μεταξύ τους οι φάσεις του τριφασικού εναλλακτήρα:

- A) Σύνδεση σε αστέρα (Y)
- B) Σύνδεση σε τρίγωνο (Δ)

- **Παράλληλη λειτουργία γεννητριών Ε.Ρ.**

Για τον παραλληλισμό (ή αλλιώς τον συγχρονισμό) δύο εναλλακτών Ε.Ρ. πρέπει να πληρούνται οι ακόλουθες συνθήκες:

1. Οι τάσεις των δύο εναλλακτών να είναι ίσες. Αυτό επιτυγχάνεται με τον ρεοστάτη διέγερσης.
2. Οι συχνότητες των δύο εναλλακτών να είναι ίσες. Αυτό επιτυγχάνεται με την μεταβολή της ταχύτητας της κινητήριας μηχανής προς παραλληλισμό εναλλακτήρα.
3. Οι τάσεις και των δύο εναλλακτών να είναι εν φάση, μία προς μία. Αυτό επιτυγχάνεται με την βοήθεια του συγχρονοσκοπίου ή των λυχνιών συγχρονισμού τα οποία είναι συνδεδεμένα μεταξύ εναλλακτήρα και ζυγών.
4. Οι τάσεις και των δύο εναλλακτών να έχουν την ίδια διαδοχή φάσεων. Αυτό επιτυγχάνεται κατά την αρχική εγκατάσταση του εναλλακτήρα, οπότε και αντιστρέφεται η διαδοχή των φάσεων του, εάν αυτό απαιτείται.

### **2.1.3 Πίνακες γεννητριών συνεχούς ή εναλλασσόμενου ρεύματος**

Οι πίνακες γεννητριών περιλαμβάνουν όλα τα απαραίτητα όργανα και συσκευές για τον έλεγχο των γεννητριών.

Κάθε γεννήτρια έχει το δικό της πίνακα ελέγχου. Ένας από τους πίνακες των γεννητριών του πλοίου (συνήθως ο πρωραίος) περιλαμβάνει και όργανα ένδειξης λειτουργίας για τις υπόλοιπες γεννήτριες και έτσι χρησιμοποιείται σαν κέντρο ελέγχου, της ηλεκτρικής διανομής του πλοίου.

Οι πίνακες αυτοί είναι κλειστής πρόσοψης και περιλαμβάνουν ο καθένας όργανα όπως: βολτόμετρα, αμπερόμετρα και κιλοβαττόμετρα. Επίσης συσκευές όπως: μαχαιρωτούς και αυτόματους διακόπτες, μαχαιρωτές ασφάλειες, ρεοστάτη διέγερσης, ρυθμιστή τάσης, ροηφόρους αγωγούς (ή ζυγούς ή μπάρες) και ενδεικτικές λυχνίες απωλειών.

Πέρα από τα παραπάνω οι πίνακες γεννητριών εναλλασσόμενου ρεύματος περιλαμβάνουν επιπλέον τα ακόλουθα όργανα: συχνόμετρο, συνημιτόμετρο, συγχρονοσκόπιο και λυχνίες συγχρονισμού.

*Συχνόμετρο:* Όργανο που μετρά την συχνότητα που παράγεται από την γεννήτρια, σε κύκλους ανά δευτερόλεπτο.

*Συνημιτόμετρο:* Όργανο μέτρησης του συντελεστή ισχύος. Είναι κατάλληλο για μονοφασικά ή τριφασικά κυκλώματα.

*Συγχρονοσκόπιο:* Όργανο που μας δείχνει εάν η τάση που παράγεται από τον υπό παραλληλισμό εναλλακτήρα είναι σε φάση προς την τάση του δικτύου.

## **2.2 ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΟ ΥΛΙΚΟ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΠΛΟΙΟΥ.**

Όπως και στις εγκαταστάσεις ξηράς, έτσι και στα πλοία υπάρχει όμοιο ηλεκτρολογικό υλικό, το οποίο βέβαια πρέπει να είναι γερής κατασκευής και μονώσεως διότι στο πλοίο, οι συνθήκες κλίματος και ταλαντώσεων, όπως επίσης και χώρου, είναι διαφορετικές από τις αντίστοιχες της ξηράς.

Οι κυριότερες κατηγορίες των διατάξεων για τον έλεγχο και προστασία των ηλεκτρικών κυκλωμάτων είναι οι διακόπτες, οι ασφάλειες και οι αυτόματοι διακόπτες.

Όσον αφορά αυτά τα υλικά, όπως επίσης και τα καλώδια, υπάρχουν κανονισμοί και συστάσεις των Νηογνωμόνων, οι οποίες πρέπει να τηρούνται απόλυτα.

### *Διακόπτες*

Ο διακόπτης είναι μια διάταξη, που σκοπός της είναι, η αποκατάσταση, διακοπή ή αλλαγή των συνδέσεων ενός ηλεκτρικού κυκλώματος για συνθήκες πλήρους φορτίου. Ο απλούστερος διακόπτης που συναντάται στα πλοία είναι ο μονοπολικός μαχαιρωτός διακόπτης. Οι μαχαιρωτοί διακόπτες ταξινομούνται ανάλογα με το ρεύμα (Αμπέρ), που δύναται να περάσει από αυτούς, υπό μια ορισμένη τάση (Βολτ). Επίσης έχουμε τους διπολικούς μαχαιρωτούς διακόπτες απλής ενέργειας, με ειδικές βοηθητικές λάμες ταχύτατου ανοίγματος.

Άλλος τύπος διακόπτη, είναι ο διπολικός μαχαιρωτός διακόπτης διπλής ενέργειας, που μπορεί να ενεργοποιήσει και δυο κυκλώματα, ανάλογα με την θέση που έχει η λάμα. Ευρύτατα επίσης, χρησιμοποιούνται στα πλοία και οι περιστροφικοί διακόπτες ταχύτατου ανοίγματος. Σε αντίθεση με τους μαχαιρωτούς διακόπτες που μπορούν να τροφοδοτήσουν δυο κυκλώματα, οι περιστροφικοί διακόπτες, μπορούν να τροφοδοτήσουν ένα, δύο ή και περισσότερα κυκλώματα.

### **2.2.1 Προστατευτικές διατάξεις και καλώδια.**

Για την προστασία των ηλεκτρικών κυκλωμάτων από υπερβολικές τιμές του ρεύματος που τα διαρρέει, υπάρχουν διάφορες προστατευτικές διατάξεις οι οποίες διακόπτουν την κυκλοφορία του ρεύματος, όταν αυτό υπερβεί μια καθορισμένη τιμή, υπό την οποία το κύκλωμα εργάζεται ασφαλώς.

Τέτοιες διατάξεις είναι:

- i) οι ασφάλειες,
- ii) οι αυτόματοι διακόπτες και
- iii) οι μηχανισμοί διακοπής του κυκλώματος με την βοήθεια ορισμένων ηλεκτρονόμων (ρελέ).

Οι ασφάλειες κατασκευάζονται σήμερα σε μεγάλη ποικιλία ειδών, μεγεθών και για διάφορες τάσεις η αρχή όμως λειτουργίας τους είναι η ίδια. Κάθε ασφάλεια, περιλαμβάνει ένα μαλακό μεταλλικό αγωγό, για την συνέχιση του ηλεκτρικού κυκλώματος, ο οποίος τήκεται και διακόπτει το κύκλωμα, όταν υπερθερμανθεί εξαιτίας υπερβολικής ροής ρεύματος. Υπάρχουν οι κοχλιωτές και οι κυλινδρικές ασφάλειες.

Οι αυτόματοι διακόπτες είναι ηλεκτρικοί διακόπτες που μπορούν να διακόψουν το κύκλωμα, υπό φυσιολογικές ή μη συνθήκες.

α) Φυσιολογική συνθήκη διακοπής ενός κυκλώματος είναι εκείνη, κατα την οποία το διακοπτόμενο ρεύμα δεν υπερβαίνει την ονομαστική τιμή ρεύματος του αυτόματου διακόπτη. Η τιμή αυτή μπορεί να ρυθμίζεται και δεν είναι σταθερή, επομένως, ο αυτόματος θα πέσει, όταν το ρεύμα υπερβεί την τιμή για την οποία έχει ρυθμιστεί.

β) Μη φυσιολογική συνθήκη διακοπής ενός κυκλώματος είναι εκείνη, κατά την οποία το διακοπτόμενο ρεύμα υπερβαίνει την ονομαστική τιμή του ρεύματος του αυτόματου διακόπτη (π.χ. περίπτωση βραχυκυκλώματος, οπότε ο διακόπτης ανοίγει αυτόματα).

Οι ηλεκτρονόμοι αποτελούν εξέλιξη των αυτομάτων διακοπών. Ρυθμίζεται η λειτουργία των διακοπών με την βοήθεια ηλεκτρονόμων (ρελέ). Οι ηλεκτρονόμοι, από τους οποίους εξαρτάται το άνοιγμα των αυτομάτων διακοπών, μπορούν να ταξινομηθούν στις ακόλουθες κύριες κατηγορίες:

α) Στιγμαίου ανοίγματος, δηλαδή, το άνοιγμα του διακόπτη γίνεται χωρίς καμιά καθυστέρηση.

β) Ορισμένου χρόνου, δηλαδή, ο αυτόματος διακόπτης ανοίγει μετά από κάποιο ορισμένο χρόνο (που μπορεί να καθοριστεί) από την στιγμή που εφαρμόζεται μια επικίνδυνη υπερένταση.

γ) Αντίστροφου χρόνου. Εάν η τιμή της υπερέντασης είναι μεγάλη, τότε ο αυτόματος διακόπτης θα ανοίξει με πολύ μικρή καθυστέρηση. Αντίθετα εάν είναι μικρή, τότε η καθυστέρηση θα είναι μεγάλη.

Το είδος των χρησιμοποιούμενων καλωδίων παίζει μεγάλο ρόλο στη λειτουργία του συστήματος της ηλεκτρικής διανομής στα πλοία. Οι τύποι των καλωδίων πρέπει να είναι εγκεκριμένοι από τους Νηογνώμονες. Ιδιαίτερος τονίζεται ότι πρέπει να είναι άφλεκτα και στεγανά.

Τα καλώδια, εκτός του ρεύματος και της ηλεκτρικής τάσης που μεταφέρουν, πρέπει να έχουν αντοχή στις κάμψεις, στρέψεις, κραδασμούς, θερμότητα, ψύχος, έλαια, πετρέλαιο και υγρασία.

Δυο κατηγορίες καλωδίων, χρησιμοποιούνται ανάλογα με τον τύπο του πλοίου :

α) Δύσκαμπτα καλώδια, που χρησιμοποιούνται εκεί όπου η ευκαμψία του καλωδίου δεν είναι απαραίτητη.

β) Εύκαμπτα καλώδια, τα οποία χρησιμοποιούνται σε κυκλώματα που απαιτούν την αντοχή του καλωδίου, σε επανειλημμένες κάμψεις αυτού.

Τα καλώδια αυτά, δύσκαμπτα ή εύκαμπτα, είναι μονοπολικά, διπολικά, τριπολικά, ή και πολυπολικά, ανάλογα με τον αριθμό αγωγών που περιλαμβάνουν. Για να αναγνωρίζονται τα καλώδια, τοποθετούνται γύρω τους και σε ορισμένες αποστάσεις μεταλλικές πινακίδες, επάνω στις οποίες σημειώνεται το κύκλωμα που εξυπηρετεί κάθε καλώδιο.

## 2.2.2 Κουτιά διακλάδωσης

Τα καλώδια που αναχωρούν από τους πίνακες ισχύος του πλοίου τροφοδοτούν συνήθως περισσότερες από μια καταναλώσεις. Δηλαδή διακλαδώνεται ένα κεντρικό καλώδιο σε πολλά μικρότερης διατομής, καθένα από τα οποία τροφοδοτεί ένα μηχάνημα ή μια κατανάλωση.

Η διακλάδωση αυτή γίνεται μέσα σε ειδικά στεγανά κουτιά τα οποία ονομάζονται κουτιά διακλάδωσης. Επίσης τα κιβώτια διακλάδωσης, είναι μεταλλικά κουτιά γειωμένα στη μεταλλική κατασκευή του πλοίου. Όπου καταλήγει ένας αγωγός και από εκεί διακλαδώνεται ο αγωγός σε περισσότερους αγωγούς για την παροχή ενέργειας σε διάφορα κυκλώματα, η διακλάδωση του κεντρικού αγωγού μπορεί να γίνει μέσω κεντρικού πίνακα με ασφάλειες όπως το δίκτυο φωτισμού ή ο αγωγός αυτός να περιέχει πολλούς πυρήνες ( ενωμένα καλώδια σε ένα) και με την χρήση κλεμών να διαιρείται σε περισσότερους αγωγούς που φεύγουν από το κιβώτιο διακλάδωσης για εκτέλεση διάφορων λειτουργιών.



Η ίδια φιλοσοφία χρησιμοποιείται και στα υδατοστεγή κιβώτια διακλαδώσεως, αυτά όπως αναφέρει και το όνομα τους έχουν ως σκοπό να παρεμποδίζουν την υγρασία και το νερό διείσδυση στο εσωτερικό τους ώστε να μη προκαλέσουν βραχυκύκλωμα. Τα υδατοστεγή κιβώτια διακλαδώσεως χρησιμοποιούνται στους χώρους του καταστρώματος, γιατί οι χώροι αυτοί έρχονται σε άμεση επαφή με τα καιρικά φαινόμενα.

### 2.2.3 Πίνακες ελέγχου και διανομής

Οι πίνακες ελέγχου και διανομής, περιλαμβάνουν ειδικές κυψέλες για την προσαρμογή των διαφόρων οργάνων μετρήσεως, ενδεικτικών λαμπτήρων και μηχανισμών, και βέβαια προστατευτικές και ρυθμιστικές διατάξεις, που είναι απαραίτητες για τον έλεγχο της λειτουργίας των γεννητριών και την διανομή της ηλεκτρικής ισχύος.

Για κάθε γεννήτρια ή ομάδα γεννητριών, υπάρχει πάντα και ένας πίνακας ελέγχου και διανομής.

Οι κυψέλες αυτές, περιέχουν την μονάδα γεννήτριας, μονάδα ροηφόρων αγωγών(μπαρών), μονάδα διανομής της ηλεκτρικής ισχύος και μονάδα διανομής κυκλωμάτων φωτισμού.

Ολόκληρος ο πίνακας, διαχωρίζεται σε τμήματα τα οποία μεταξύ τους συνδέονται και από το χωρισμό αυτό περιορίζονται οι κίνδυνοι ηλεκτροπληξίας ή ζημιές από πυρκαγιάς. Είναι δυνατό κάποια τμήματα που έχουν πάθει μια βλάβη, να επισκευασθούν, χωρίς να γίνεται και διακοπή των άλλων τμημάτων.

Οι πίνακες ελέγχου και διανομής είναι ανοικτής ή κλειστής πρόσοψης, ανάλογα με τον κίνδυνο επαφής με τα όργανα του πίνακα (κίνδυνος ηλεκτροπληξίας).

### 2.2.4 Η γείωση

Γείωση είναι η αγωγή σύνδεση των μεταλλικών μερών της εγκατάστασής που δεν διαρρέονται από ρεύμα σε ένα σημείο μηδενικού δυναμικού. Δηλαδή γειώνονται όλα τα μεταλλικά πλαίσια του εξοπλισμού.

Ανάλογα με την χρήση της γείωσης διακρίνονται οι εξής περιπτώσεις :

1) Γείωση λειτουργίας: Είναι η γείωση ενός σημείου ενός ενεργού κυκλώματος. Η γραμμή γείωσης μπορεί γενικά να έχει αυτεπαγωγές ή αντιστάσεις στο δίκτυο ή να είναι ένας συνεχής αγωγός .

2) Γείωση προστασίας: Είναι η γείωση ενός μεταλλικού μέρους που δεν είναι στοιχείο ενεργού κυκλώματος και προστατεύει μειώνοντας τις τάσεις επαφής. Είναι πάντα συνεχής.

3) Γείωση του συστήματος της αντικεραυνικής προστασίας: Είναι η ανοιχτή ή η συνεχής γείωση των προστατευτικών διατάξεων κατά των κεραυνών οι οποίες διοχετεύουν το ρεύμα τους προς την γη. Αυτά τα τρία είδη γειώσεων συνυπάρχουν συνήθως στις εγκαταστάσεις. Επίσης οι γειωτές που χρησιμοποιούνται μπορεί να είναι ταυτόσημοι και για τις τρεις γειώσεις 1),2),3). Επιστροφή ή γείωση μπορεί να είναι και η γάστρα του πλοίου.

Όπου απαιτούνται ενώσεις στην γείωση, θα πρέπει οι αγωγοί να είναι από χαλκό και να προστατεύονται από τυχόν ζημιά ή και διάβρωση.



Θα πρέπει να τηρούνται αποστάσεις ασφαλείας μεταξύ αγωγών που διαρρέονται από ρεύμα και αγωγών γείωσης. Δεν υπάρχει γείωση α)σε εξοπλισμό που τροφοδοτείται κάτω από 55Vdc ή 55Vac β) κάτω από 250V με μετασχηματιστή απομόνωσης ασφαλείας, συνήθως για μια συσκευή μονάχα, γ)εξοπλισμός που είναι κατασκευασμένος με πρότυπα διπλής μόνωσης. Όταν για φωτισμό ή θέρμανση δεν έχουμε γείωση θα πρέπει να υπάρχει ρελέ ασφαλείας στα 30mA που θα ενεργοποιηθεί σε οποιαδήποτε περίπτωση λάθους στην τροφοδοσία και αντίστοιχες λυχνίες που θα ανάψουν ως ένδειξη αυτού.

Η γείωση, αποτελεί τη κυριότερη ασφαλιστική διάταξη σε ένα πλοίο, όπως και στη ξηρά όπου σε περίπτωση βραχυκυκλώματος καλωδίων ή κινητήρων να μη προκληθεί ατύχημα της υψηλής ηλεκτρικής εντάσεως, έτσι αυτό το φορτίο θα διανεμηθεί γρηγορότερα στη περιοχή με την μεγαλύτερη αντίσταση ( χαλύβδινη κατασκευή του πλοίου).

Στης εγκαταστάσεις τάσεως 440 V των δεξαμενοπλοίων ο ουδέτερος είναι γειωμένος στο αέρα δηλαδή δε γειώνεται. Αυτό συμβαίνει γιατί στο πλοίο πρωταρχική σημασία έχει η διατήρηση της ηλεκτρικής τροφοδοσίας στα φορτία. Στο σύστημα με γειωμένο στον αέρα ένα και μόνο βραχυκύκλωμα δεν θα γίνει η αιτία διακοπής του κυκλώματος, από την άλλη μεριά αν προκληθεί ένα δεύτερο βραχυκύκλωμα θα προκαλέσει ένα δυνατό ρεύμα δια μέσου της χαλύβδινης κατασκευής του πλοίου και τότε θα έχουμε διακοπή των εμπλεκόμενων κυκλωμάτων. Δηλαδή χρειάζονται δύο βραχυκυκλώματα για να έχουμε πρόβλημα της τροφοδοσίας.

Στα δεξαμενόπλοια λοιπόν ο ουδέτερος πρέπει να είναι παντού στον αέρα, έτσι ώστε να μειωθεί ο κίνδυνος κυκλοφορίας υψηλών ρευμάτων βραχυκύκλωσης στο σώμα του πλοίου, σε περίπτωση κίνδυνος έκρηξης ή εύφλεκτό υλικό.

## 2.3 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ

### 2.3.1 Χρησιμοποιούμενα ρεύματα και τάσεις

Μετά το 1950, όταν εισήχθει η χρησιμοποίηση του τριφασικού δικτύου στα πλοία, ελαττώθηκε η χρησιμοποίηση των δικτύων συνεχούς ρεύματος. Πλέον οι ηλεκτρικές εγκαταστάσεις στα πλοία έχουν μόνο τριφασικά δίκτυα. Βέβαια και το συνεχές ρεύμα χρησιμοποιείται στα πλοία για πολλές ειδικές χρήσεις, όπως π.χ. ανελκυστήρες, φορτοεκφορτώσεις, πηδάλια, εργάτες άγκυρας, διάφορα βαρούλκα, ηλεκτρική πρόωση κ.λπ.

Η συχνότητα του δικτύου δεν είναι η ίδια. Στην Ευρώπη χρησιμοποιείται η συχνότητα των 50HZ, στην Αμερική των 60HZ. Η συχνότητα των 400HZ, που θα έκανε πολύ πιο ελαφριά την εγκατάσταση, δεν έχει εφαρμοσθεί ακόμη στα πλοία.

Οι χρησιμοποιούμενες τάσεις και τα συστήματα διανομής των ηλεκτρολογικών εγκαταστάσεων των πλοίων, καθορίζονται στους ισχύοντες κανονισμούς των Νηογνομώνων. Γενικά, στα 50HZ δίκτυα, η τάση των γεννητριών είναι 390V (η τάση των καταναλωτών 380V) και στα 60HZ δίκτυα 450V (τάση των καταναλωτών 440V).

Τα συστήματα διανομής υποδιαιρούνται σε δύο κατηγορίες:

- i) Συστήματα σε σειρά (μόνο για συνεχές ρεύμα) υπό σταθερή ένταση.
- ii) Παράλληλα συστήματα υπό σταθερή τάση

Για τα παράλληλα συστήματα σταθερής τάσης συνεχούς ρεύματος και εναλλασσόμενου, οι χρησιμοποιούμενες τάσεις είναι οι εξής:

Εναλλασσόμενου ρεύματος

α) τριφασικό → 24V, 42V, 220V με 50Hz

250V με 60Hz

β) τριφασικό → 380V με 50Hz

440V με 60Hz

Μέχρι 7500V με 50Hz (ηλεκτρική πρόωση)

Συνεχές ρεύμα: 24V, 220V ή 240V ή 110V

και μέχρι 1200V για ηλεκτρική πρόωση

### 2.3.2 Συστήματα διανομής συνεχούς και εναλλασσόμενου ρεύματος

- Τα ηλεκτρικά δίκτυα στα πλοία είναι δυο ειδών:
  - α) Το ακτινοειδές δίκτυο, το οποίο παρουσιάζεται βασικά στα πλοία και
  - β) Το κυκλικό δίκτυο, το οποίο παρουσιάζεται λίγο στα πλοία.Στο ακτινοειδές ηλεκτρικό δίκτυο, από μια μονόπλευρη τροφοδοτική γραμμή πηγαίνει μόνο ένας αγωγός στους καταναλωτές. Οι σπουδαίοι καταναλωτές, είναι άμεσα συνδεδεμένοι με τον κύριο πίνακα διανομής, ενώ όλοι οι υπόλοιποι καταναλωτές, τροφοδοτούνται μέσω συστημάτων διανομής. Στο κυκλικό ηλεκτρικό δίκτυο, φεύγει ένας κυκλικός αγωγός από τον κύριο πίνακα διανομής και έρχεται πίσω, π.χ. εσωτερικά στο μηχανοστάσιο, και εξωτερικά με άλλους αγωγούς διανομής.

Αυτά αποτελούνται από τις κύριες πηγές ηλεκτρικής ενέργειας και το σύστημα διανομής με δυο ή τρεις αγωγούς, το σύστημα φωτισμού, τις πηγές ανάγκης και προσωρινές τροφοδοτήσεις ανάγκης.

α) Κύριες πηγές: Είναι γεννήτριες συνεχούς ρεύματος, που παράγουν τάση συνήθως 110V ή 220V και κινούνται κυρίως μέσω μηχανών Ντίζελ. Οι γεννήτριες αυτές, παρέχουν ηλεκτρική ενέργεια στους πίνακες ελέγχου και διανομής, από τους οποίους κατόπιν, τροφοδοτούνται οι διάφορες καταναλώσεις στα πλοία. Η μεταφορά του παραγομένου συνεχούς ρεύματος, πραγματοποιείται με τα συστήματα διανομής, τα οποία είναι τα εξής:

i. Σύστημα με δύο αγωγούς όπου συνήθως είναι εγκατεστημένα σε πλοία που έχουν μικρό σχετικά φορτίο, το οποίο είναι συγκεντρωμένο σε περιορισμένους χώρους ώστε το μήκος των καλωδίων να είναι μικρό. Η συνήθως χρησιμοποιούμενη τάση είναι 120V.

ii. Σύστημα με τρεις αγωγούς όπου συνήθως είναι εγκατεστημένα σε μεγάλα πλοία. Η ενέργεια παρέχεται από δυο γεννήτριες. Η τάση μεταξύ δυο αγωγών είναι 120V (συνήθως για τον φωτισμό), μεταξύ των εξωτερικών αγωγών 240V (για την κίνηση). Σήμερα δεν χρησιμοποιούνται στα πλοία δίκτυα συνεχούς ρεύματος, υπάρχουν όμως ακόμη παλιά πλοία που έχουν τέτοιο σύστημα διανομής ρεύματος.

β) Σύστημα φωτισμού όπου και αυτό στις περισσότερες εγκαταστάσεις πλοίων είναι με τρεις αγωγούς. Οι λάμπες φωτισμού, συνδέονται μεταξύ δυο αγωγών τάσης 120V, με σκοπό την ισοκατανομή των λαμπτήρων στους μεσαίους αγωγούς.

γ) Πηγές ανάγκης: Παρέχουν αμέσως και αυτομάτως ηλεκτρική ενέργεια σε ορισμένα ζωτικά φορτία του πλοίου, στην περίπτωση που οι κύριες γεννήτριες τεθούν εκτός λειτουργίας. Πηγές ανάγκης σε ένα πλοίο, είναι μια ή και περισσότερες ντιζελογεννήτριες.

- Αποτελούνται από τις κύριες πηγές ηλεκτρικής ενέργειας, την πηγή ηλεκτρικής ενέργειας ανάγκης, τις προσωρινές τροφοδοτήσεις ανάγκης, το σύστημα διανομής ηλεκτρικής ισχύος, την διάταξη λήψης ρεύματος από την ξηρά, την διάταξη επιλογής πηγών ηλεκτρικής ενέργειας και το σύστημα φωτισμού.

Κύριες πηγές είναι γεννήτριες E.P. τριφασικού, 380V,50 περιόδων ή 440V,60 περιόδων (για Αμερικάνικης κατασκευής πλοία). Οι γεννήτριες αυτές, κινούνται από μηχανές Ντίτζελ και παρέχουν ηλεκτρική ενέργεια στους πίνακες ελέγχου και διανομής.

Από τους πίνακες αυτούς, τροφοδοτούνται οι διάφορες καταναλώσεις του πλοίου, όπως και το σύστημα φωτισμού, η τάση του οποίου είναι 220V (εάν η τιμή που παράγει η γεννήτρια είναι 380V) ή 110V (εάν η τιμή της γεννήτριας είναι 440V),οπότε τα 110V προέρχονται από μετασχηματιστές τριφασικούς, συνδεσμολογίας πρωτεύοντος και δευτερεύοντος κατά τρίγωνο, των οποίων το πρωτεύον τροφοδοτείται από τα 440V.

Σε κάθε πλοίο, είναι απαραίτητο, να υπάρχουν δυο τουλάχιστον ανεξάρτητες πηγές ηλεκτρικής ενέργειας καθεμία από τις οποίες πρέπει να μπορεί να τροφοδοτεί ορισμένα ζωτικά φορτία, όπως είναι το πηδάλιο, ο αερισμός των χώρων μηχανοστασίων και λεβητοστασίων, η εσωτερική επικοινωνία του σκάφους, ο ασύρματος, το ραντάρ και ο φωτισμός.

Η μεταφορά του E.P. πραγματοποιείται με τα συστήματα διανομής, τα βασικότερα των οποίων είναι τα εξής:

$U = 380 \text{ V}$  ή  $440 \text{ V}$  , όπου τροφοδοτούνται όλες οι καταναλώσεις άμεσα από την γεννήτρια. Για μονοφασικούς και μερικούς τριφασικούς καταναλωτές με τάση 220V, η τάση αυτή Τρεις αγωγοί με γείωση του σημείου αστέρα

Σε αυτό το σύστημα, το σημείο αστέρα είναι γειωμένο με το σώμα του πλοίου. Και εδώ υπάρχουν δυο τιμές τάσης, χωρίς να χρησιμοποιηθούν μετασχηματιστές για την μετατροπή της τάσης. Με την σύνδεση του σημείου αστέρα της γεννήτριας με το σώμα του πλοίου, η τάση μεταξύ των εξωτερικών αγωγών και του σώματος του πλοίου είναι καθορισμένη και ίση με την φασική τάση της γεννήτριας.

Τέσσερεις αγωγοί μονωτικά τοποθετημένοι

Σ' αυτό το σύστημα των τεσσάρων αγωγών, το σημείο αστέρα της γεννήτριας, συνδέεται με ένα αγωγό, ο οποίος φέρεται σαν τέταρτος αγωγός, οπότε το σύστημα κοστίζει, σε σύγκριση με το προηγούμενο, περισσότερο. Και σε αυτό το σύστημα υπάρχουν δυο διαφορετικές τάσεις (π.χ. 380 και 220V επειδή  $U_{\text{πολική}}=1,73 \times U_{\text{φασική}}$ ).

Οι καταναλώσεις συνδέονται όπως και στο ανωτέρω παράδειγμα, υφίστανται δυο τάσεις, η σύνδεση με το πλοίο του σημείου αστέρα βοηθάει στην εύρεση του δυναμικού του πλοίου, ανεξάρτητα από τις αντιστάσεις μόνωσης. Επειδή υπάρχουν στα συστήματα αυτά με σύνδεση δηλαδή του σημείου αστέρα με το πλοίο πολλά μειονεκτήματα (κίνδυνος φωτιάς, αποκλειόμενη μέτρηση της αντίστασης μόνωσης) η κατασκευή τέτοιων συστημάτων έχει εγκαταλειφθεί.

### 2.3.3 Ηλεκτρική πρόωση

Στις πολλές εφαρμογές του ηλεκτρισμού στα πλοία, ανήκει και η ηλεκτρική πρόωση, η οποία χρησιμοποιείται σε ορισμένους τύπους πλοίων, όπως ρυμουλκά, αλιευτικά, φορτηγά και γενικά σε πλοία που πρέπει να κάνουν πολλές μανούβρες. Τα κύρια

προτερήματα της ηλεκτρικής πρόωσης, είναι ο μικρότερος χώρος που χρειάζεται η εγκατάσταση, μικροί άξονες μέχρι την έλικα και εκτός αυτών και η δυνατότητα διαλογής διαφορετικών στροφών της έλικας και της κινητήριας μηχανής. Στο σύστημα αυτό της ηλεκτρικής πρόωσης, μια μηχανή Ντίζελ ή ένας ατμοστρόβιλος, γενικά μια κινητήρια μηχανή, παρέχει την μηχανική ισχύ, η οποία μετατρέπεται σε ηλεκτρική από μια γεννήτρια που είναι συνδεδεμένη με τον άξονα της μηχανής. Στη συνέχεια, η ηλεκτρική ισχύς, μετατρέπεται και πάλι σε μηχανική ισχύ από ένα κινητήρα, ο οποίος στρέφει την έλικα. Το απλό αυτό σύστημα παρέχει τα εξής:

α) Υποβιβασμό των στροφών μεταξύ μηχανής και έλικας. παράγεται μέσω μετασχηματιστών. Αυτό όμως κοστίζει περισσότερο σε σύγκριση με τα άλλα συστήματα.

β) Την δυνατότητα κράτησης της έλικας και την δυνατότητα περιστροφής αυτής προς τα πρόσω ή και ανάποδα χωρίς να κρατηθεί ή ν' αντιστραφεί η διεύθυνση κίνησης της κινητήριας μηχανής.

Ο υποβιβασμός των στροφών μεταξύ κινητήριας μηχανής και έλικας είναι αναγκαίος για τον εξής λόγο, οι μηχανές Ντίζελ που συνήθως χρησιμοποιούνται, είναι πολύστροφες και έτσι ο όγκος και το βάρος τους είναι πολύ μικρότερα από τις αντίστοιχες μηχανές, της ίδιας ισχύος, αλλά λιγότερων στροφών. Η έλικα όμως αποδίδει καλύτερα με μικρές στροφές (εξαρτάται βέβαια και από την διάμετρο της έλικας) και έτσι τόσο η κινητήρια μηχανή Ντίζελ όσο και η έλικα λειτουργούν με μεγαλύτερη απόδοση.

Υπάρχουν δυο τρόποι υποβιβασμού της ταχύτητας στην ηλεκτρική πρόωση.

α) με το να χρησιμοποιηθεί κινητήρας μικρής ταχύτητας, ο οποίος είναι κατευθείαν συνδεδεμένος με την έλικα και

β) με το να χρησιμοποιηθεί κινητήρας μεγάλης ταχύτητας ο οποίος να είναι συνδεδεμένος με την έλικα μέσω μειωτήρα στροφών με οδοντωτούς τροχούς.

Στην ηλεκτρική πρόωση όπως έχει αναφερθεί και προηγουμένως για την κράτηση και αντιστροφή της έλικας δεν χρειάζεται να αντιστραφεί ή να κρατηθεί και η μηχανή Ντίζελ ή ο ατμοστρόβιλος, αλλά εξακολουθεί να στρέφεται πάντοτε προς μια διεύθυνση. Έτσι, η ηλεκτρική πρόωση, έχει πολλά πλεονεκτήματα έναντι των άλλων συστημάτων, διότι δεν χρειάζονται οι πολύπλοκοι μηχανισμοί αναστροφής της μηχανής. Για την ηλεκτρική πρόωση μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε συνεχές ή εναλλασσόμενο ρεύμα.

### **Ηλεκτρική πρόωση με Σ.Ρ.**

Στην πρόωση με συνεχές ρεύμα η χρησιμοποιούμενη τάση φτάνει μέχρι 1200Volt. Βασικές αρχές της ηλεκτρικής πρόωσης με Σ.Ρ:

1) Αντιστροφή της φοράς περιστροφής και μεταβολή της ταχύτητας του κινητήρα. Για την μεταβολή της ταχύτητας και της φοράς περιστροφής του κινητήρα στην ηλεκτρική πρόωση, χρησιμοποιούνται κινητήρες ξένης διέγερσης, διότι σε αυτούς μπορεί να μεταβληθεί η μια από τις τάσεις (επαγωγισμού ή διέγερσης), χωρίς να επηρεάσει την άλλη.

Με αυτόν τον τρόπο, μπορεί να ελεγχθεί ευρύτερα η ταχύτητα του κινητήρα, επειδή, παράγοντες που επηρεάζουν την ταχύτητα ενός κινητήρα Σ.Ρ. είναι η ένταση του μαγνητικού πεδίου των πόλων και η εφαρμοζόμενη τάση στο επαγωγίμο. Αφού η ένταση του μαγνητικού πεδίου των πόλων, εξαρτάται από το ρεύμα διέγερσης, όταν αυξάνεται το ρεύμα διέγερσης, αυξάνεται το μαγνητικό πεδίο και ελαττώνονται οι

στροφές του κινητήρα. Αντίθετα, όταν αυξάνεται το ρεύμα του επαγωγίμου, αυξάνεται και η ταχύτητα του κινητήρα.

Για να αντιστραφεί η φορά περιστροφής του κινητήρα και επομένως και της έλικας, η διέγερση μένει σταθερή και αντιστρέφεται μόνο η τάση του επαγωγίμου. Η μεταβολή της τάσης του επαγωγίμου του κινητήρα, γίνεται με μεταβολή της τάσης της γεννήτριας, δηλαδή με μεταβολή της διέγερσης ή της ταχύτητας αυτής.

#### 2) Διέγερση γεννήτριας και κατηγορίες

Επειδή η χρησιμοποιούμενη γεννήτρια και ο κινητήρας, είναι μεγάλης ισχύος και έχοντας ως αποτέλεσμα αυτού το ρεύμα διέγερσης που είναι σχετικά μεγάλο, εάν χρησιμοποιηθεί σύστημα ρεοστατών στην ρύθμιση διέγερσης του κινητήρα, θα υπάρξει υπερθέρμανση των ρυθμιστικών αντιστάσεων. Για ν' αποφευχθεί αυτό στην πράξη, χρησιμοποιούνται δυο διεγέρτριες αρκετής ισχύος, που είναι ικανές να παρέχουν ρεύμα για την διέγερση της γεννήτριας και του κινητήρα.

#### 3) Διάταξη Διεγερτριών

Οι διεγέρτριες στρέφονται από τριφασικό κινητήρα (εάν το δίκτυο δύναμης του πλοίου είναι εναλλασσόμενο) ή από κινητήρα Σ.Ρ. (εάν το δίκτυο δύναμης του πλοίου είναι Σ.Ρ.). Οι ρυθμιστές ταχύτητας και διέγερσης του κινητήρα, μεταβάλλουν αντίστοιχα το ρεύμα διέγερσης των διεγερτριών γεννήτριας και κινητήρα.

Στον αυτό άξονα του τριφασικού κινητήρα και διεγερτριών είναι συνδεδεμένη και μια άλλη γεννήτρια σταθερής τάσης, η οποία χρησιμοποιείται για την τροφοδότηση του ρυθμιστή ταχύτητας και του ρυθμιστή διέγερσης.

### Ηλεκτρική πρόωση με Ε.Ρ.

Γεννήτρια τριφασική εναλλασσόμενου ρεύματος, παράγει ηλεκτρική ενέργεια και κινεί τον κινητήρα. Έτσι, ο ηλεκτροκινητήρας, ο οποίος είναι τριφασικός σύγχρονος μετατρέπει τελικά την από την γεννήτρια προερχόμενη ηλεκτρική ενέργεια σε μηχανική, και περιστρέφει μέσω ενός άξονα την έλικα του πλοίου.

Εκτός του ηλεκτρικού συστήματος πρόωσης, για να επιτευχθεί μέγιστη απόδοση και από τον ατμοστρόβιλο (ταχύτητα περιστροφής πολύ υψηλή) και από την έλικα (χαμηλές στροφές για μέγιστη απόδοση) πρέπει να υπάρχει μεταξύ ατμοστρόβιλου και έλικας σύνδεση μειωτήρα στροφών (οδοντωτοί τροχοί), για να μειωθούν οι στροφές της έλικας στις απαιτούμενες για την καλή απόδοσή της. Τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζει η στροβιλοηλεκτρική πρόωση (η οποία στις περισσότερες περιπτώσεις είναι πρόωση με Ε.Ρ.) έναντι της πρόωσης δια στροβίλων μέσω μειωτήρων, είναι τα εξής:

α) Στην στροβιλοηλεκτρική πρόωση (με Ε.Ρ.) η φορά περιστροφής του στροβίλου είναι πάντα η ίδια, ανεξάρτητα, εάν η έλικα περιστρέφεται κατά την διεύθυνση του πρόσω ή του ανάποδα.

Αυτό αποτελεί σοβαρό πλεονέκτημα της προωστηρίου εγκατάστασης διότι:

1) Η κατασκευή του στροφέα του όλου στροβίλου είναι απλή διότι δεν απαιτεί τις επιπρόσθετες γνωστές σειρές πτερυγίων των στροβίλων ανάποδα.

2) Η ιπποδύναμη που δίνεται στον ελικοφόρο άξονα είναι η αυτή κατά την κίνηση του πλοίου πρόσω ή ανάποδα.

Αυτό δεν συμβαίνει σε περίπτωση σύνδεσης με μειωτήρα στροφών, διότι ο στροβίλος του ανάποδα, είναι πάντα κατά πολύ μικρότερος του στροβίλου πρόσω και συνεπώς και η δυνάμενη να δοθεί στον ελικοφόρο άξονα ιπποδύναμη, είναι κατά πολύ μικρότερη κατά την αναπήδηση του πλοίου.



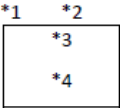
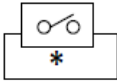
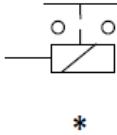
Στην στροβιλοηλεκτρική πρόωση με Ε.Ρ. αρκεί η εναλλαγή δυο εκ των τριών φάσεων που τροφοδοτούν τον σύγχρονο κινητήρα Ε.Ρ. για την αντίστροφη της φοράς περιστροφής του ελικοφόρου άξονα.

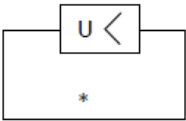
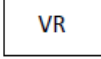
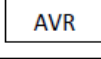
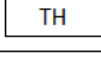
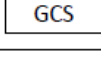
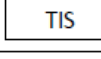
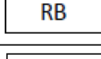
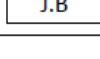
β) Στην στροβιλοηλεκτρική πρόωση, είναι δυνατή η λειτουργία του στροβίλου, χωρίς να περιστρέφεται η έλικα του πλοίου.


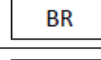
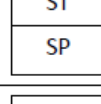
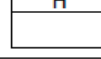
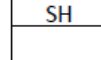
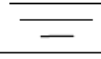


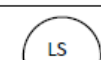
Αυτό μπορεί να γίνει με απλή διακοπή του κυκλώματος παροχής ρεύματος από την γεννήτρια, Ε.Ρ. προς τον σύγχρονο κινητήρα. Το πλεονέκτημα αυτό παρέχει την δυνατότητα της προ-θέρμανσης του στροβίλου, δια περιστροφής του με σχετικά υψηλή ταχύτητα πριν αναχωρήσει το πλοίο.







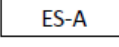
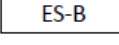
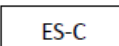
### 2.3.4 Παρουσίαση του ηλεκτρολογικού σχεδίου

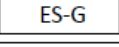
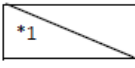


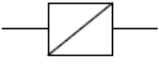


Στα παρακάτω σχήματα και πίνακες παρουσιάζεται συνολικά το ηλεκτρολογικό σχέδιο ενός δεξαμενοπλοίου. Αυτό θα μας βοηθήσει να κατανοήσουμε ποιο εύκολα τα ηλεκτρολογικά σχέδια πάνω στο τρόπο διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας σε όλα τα επιμέρους συστήματα και κυκλώματα.


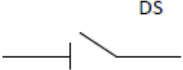

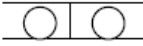



SYMBOL/ ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΙ	DESCRIPTION	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
	<p>MOTOR STARTER</p> <p>*1: A : AMMETER,</p> <p>R:RUNNING HOUR METER</p> <p>*2 : *:MAKER SUPPLY MARK</p> <p>*3 : YD :STAR-DELTA STARTING</p> <p>TR : AUTO TRANSFORMER STARTING</p> <p>NONE: DIRECT-ON-LINE STARTING</p> <p>*4 : P : UNDER VOLTAGE PROTECTION</p> <p>R : UNDER VOLTAGE RELEASE</p>	<p>Εκκίνητης κινητήρα</p> <p>*1: A : Αμπερόμετρο,</p> <p>R:Μετρητής ωρών λειτουργίας</p> <p>*2 : *: Επιγραφή παροχής κατασκευαστή</p> <p>*3 : YD :Εκκίνηση Αστέρα -Τρίγωνο</p> <p>TR : Αυτόματη εκκίνηση μετασχηματιστή</p> <p>NONE: Άμεση εκκίνηση στο δίκτυο</p> <p>*4 : P : κάτω από την προστασία της διαφοράς δυναμικού</p> <p>R : κάτω από την απελευθέρωση της διαφοράς δυναμικού</p>
	<p>SHUNT TRIP VOLTAGE TRIP</p> <p>* ES: TRIP COIL FOR EM'CY STOP</p> <p>PT: TRIP COIL FOR PREF. TRIP</p> <p>FOAM: TRIP COIL FOR FOAM RELEASE</p> <p>(FOAM: FOR E/R FAN, FOAM-P :PUMP ROOM)</p>	<p>Αυτόματος διακόπτης εκτροπής επικίνδυνης τάσεως</p> <p>* ES: Διακοπή λειτουργίας σε ανάγκη</p> <p>PT: Διακοπή λόγω διαφοράς τάσεως</p> <p>FOAM: Διακοπή σε κατάσταση πυρκαγιάς (Για τους ανεμιστήρες του μηχανοστασίου και αντλιοστασίου)</p>
	<p>MAGNETIC CONTACTOR FOR TRIP</p> <p>* ES: TRIP COIL FOR EM'CY STOP</p> <p>PT: TRIP COIL FOR PREF. TRIP</p> <p>FOAM: TRIP COIL FOR FOAM RELEASE</p> <p>(FOAM: FOR E/R FAN, FOAM-P :PUMP ROOM)</p>	<p>Αυτόματος διακόπτης κλεισίματος με μαγνητική επαφή</p> <p>* ES: Διακοπή λειτουργίας σε ανάγκη</p> <p>PT: Διακοπή λόγω διαφοράς τάσεως</p> <p>FOAM: Διακοπή σε κατάσταση πυρκαγιάς (Για τους ανεμιστήρες του μηχανοστασίου και αντλιοστασίου)</p>

	UNDER VOLTAGE FOR TRIP * ES: TRIP COIL FOR EM'CY STOP PT: TRIP COIL FOR PREF. TRIP FOAM: TRIP COIL FOR FOAM RELEASE (FOAM: FOR E/R FAN, FOAM-P :PUMP ROOM)	Αυτόματος διακόπτης εκτροπής χαμηλής τάσεως * ES: Διακοπή λειτουργίας σε ανάγκη PT: Διακοπή λόγω διαφοράς τάσεως FOAM: Διακοπή σε κατάσταση πυρκαγιάς (Για τους ανεμιστήρες του μηχανοστασίου και αντλιοστασίου)
	VOLTAGE REGULATOR	Ρυθμιστής Διέγερσης
	AUTO VOLTAGE REGULATOR	Αυτόματος Ρυθμιστής Διέγερσης
	THERMISTER	Θερμίστορ
	GOVERNOR CONTROL SWITCH	Διακόπτης ελέγχου ρυθμιστής στροφών.
	TEMPERATURE INDICATOR SWITCH	Διακόπτης ανίχνευσης θερμοκρασίας (Θερμικό)
	RESISTER BULB	Λυχνία αντίστασης
	JUNCTION BOX	Κιβώτιο διακλάδωσης καλωδίων

SYMBOL/ ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΙ	DESCRIPTION	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
	EM'CY STOP PUSH BUTTON	Μπουτόν διακοπής ανάγκης
	D.C. BRAKE	Διακόπτης συνεχόμενου ρεύματος
	START / STOP PUSH BUTTON	Μπουτόν εκκίνησης και διακοπής λειτουργίας
	ELEMENT HEATER	Θερμαντικό στοιχείο
	SPACE HEATER	Προθερμαντήρας περιελίξεων
	EARTH GROUND	Γείωση
	TEMPERATURE INDICATOR	Μετρητής θερμοκρασίας
	PRESSURE SWITCH	Πρεσοστατικός διακόπτης
	FLOAT SWITCH	Διακόπτης με χρήση πλωτήρα

	LIMIT SWITCH	Διακόπτης ορίου
	FLOW SWITCH	Διακόπτης ροής
	LEAKAGE DETECTOR	Ανιχνευτής διαρροής
	TEMPERATURE SWITCH	Διακόπτης θερμοκρασίας
	JUNCTION BOX (WATER TIGHT)	Κιβώτιο διακλαδώσεως υδατοστεγούς τύπου
	PORTABLE TYPE PUSH BUTTON	Φορητός διακόπτης επαναφοράς (με καλώδιο)
	EM'CY FIRE STOP SW BOX (FOR ENGINE ROOM SPACE)	Κουτί διακοπής λειτουργίας σε κατάσταση πυρκαγιάς ( για μηχανοστάσιο)
	EM'CY FIRE STOP SW BOX (FOR ACCOMMODATION SPACE)	Κουτί διακοπής λειτουργίας σε κατάσταση πυρκαγιάς ( για το χώρο ενδιαιτήσεως )
	EM'CY FIRE STOP SW BOX (CARGO HOLD SPACE)	Κουτί διακοπής λειτουργίας σε κατάσταση πυρκαγιάς ( για τον χώρο του φορτίου)

SYMBOL/ ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΙ	DESCRIPTION	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
	EM'CY FIRE STOP SW BOX (GALLEY EQUIPMENTS)	Κουτί διακοπής λειτουργίας σε κατάσταση πυρκαγιάς ( για την κουζίνα)
	DISTRIBUTION BOARD *1: PD: DIST. BOARD LD: LIGHTING DIST. BOARD	Πίνακας διανομής PD : Πίνακας διανομής LD : πίνακας διανομής φωτισμού
	A.C. INDUCTION MOTOR *1 : RATED OUT PUT (KW) *2 : RATING CURRENT (A)	Ε.Ρ. επαγωγικός κινητήρας *1 ονομαστική ισχύς *2 ένταση ρεύματος
	A.C GENERATOR (*: CAPACITY )	Ε.Ρ. Γεννήτρια (*: μέγιστη ικανότητα)
	FUSE	Ασφάλεια
	AIR CIRCUIT BREAKER (WITH DRAW ABLE TYPE )	αυτόματος διακόπτης που λειτουργεί στον αέρα
	MOLDED CASE CIRCUIT BREAKER (PLUG IN TYPE)	Αυτόματος διακόπτης ισχύος κλειστού τύπου

	VACUUM CIRCUIT BREAKER	Αυτόματος διακόπτης κενού
	DISCONNECTING SWITCH	Διακόπτης αποσύνδεσης
	SPACE HEATER SWITCH	Διακόπτης προθερμαντήρα περιελίξεων
	BUS BAR LINK (BOLTED TYPE)	Μεταλλικός αγωγός
	SPLICING KIT	Κουτί διακλάδωσης
	TRANSFORMER (Δ-Δ CONNECTION)	Μετασχηματιστής (Τριγώνου - τριγώνου)
	SHORE POWER CONNECTION BOX	Κουτί λήψης ενέργειας από ξηρά

## 2.4 ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΠΟ ΑΠΟΣΤΑΣΗ



Με τη χρησιμοποίηση συστημάτων παρακολουθήσεως και ελέγχου του κινητήρα καθίσταται δυνατή η διάγνωση της πραγματικής καταστάσεως των επιμέρους τμημάτων και εξαρτημάτων του, οπότε η αντικατάστασή του γίνεται όταν το επιβάλλουν οι πραγματικές φθορές τους.

Με τη συνεχή λήψη καταλλήλων μετρήσεων από διάφορα σημεία της μηχανής είναι δυνατή η πρόβλεψη της καταστάσεως των επιμέρους εξαρτημάτων, καθώς και η πρόβλεψη με αυξημένη ακρίβεια της απομένουσας ασφαλούς ζωής των εξαρτημάτων της μηχανής.

Η μέθοδος προϋποθέτει την εγκατάσταση ολοκληρωμένων συστημάτων μετρήσεων και επεξεργασίας τους, τα οποία έχουν αυξημένο κόστος κτήσεως, ενώ επιβάλλουν και την ανάλογη εκπαίδευση του προσωπικού.

Η παρακολούθηση της καταστάσεως πραγματοποιείται με την καταγραφή των αποκλίσεων από τις επιθυμητές τιμές συγκεκριμένων παραμέτρων λειτουργίας και φθορών των επιμέρους εξαρτημάτων, καθώς και παραμέτρων λειτουργίας της μηχανής ως συνόλου. Αυτές με τη σειρά τους δίνουν έμμεσες πληροφορίες για επιμέρους συστήματα (αύξηση ταλαντώσεων, αύξηση ρινισμάτων στα φίλτρα λαδιού κ.ά.). Με τη χρήση της μεθόδου μπορούν να εξαχθούν ασφαλή στοιχεία για την πραγματική διάρκεια ζωής των επιμέρους εξαρτημάτων της μηχανής,



τα οποία χρησιμοποιούνται από την κατασκευάστρια εταιρεία και από τον πλοιοκτήτη για τον ασφαλή προγραμματισμό της προμήθειας ανταλλακτικών και την πρόβλεψη του κόστους συντηρήσεως, αλλά και για την εξαγωγή αξιόπιστων συμπερασμάτων, ώστε να καθίσταται ακριβέστερη η μέθοδος της προληπτικής συντηρήσεως και επιθεωρήσεως.

Όλοι αυτοί οι αυτοματισμοί δεν θα μπορούσαν να επιτευχθούν χωρίς την χρησιμοποίηση διαφόρων αισθητηρίων είτε μηχανικών είτε ηλεκτρονικών.

Οι αισθητήρες ή αισθητήρια στοιχεία (sensors) είναι συσκευές ή διατάξεις οι οποίες έχουν ενσωματωθεί επάνω στη μηχανή για την ανίχνευση, την καταγραφή, τη μέτρηση και τη μεταφορά στη μονάδα επεξεργασίας δεδομένων όλων των πληροφοριών που έχουν σχέση με την κατάσταση λειτουργίας του ελεγχόμενου συστήματος.

#### 2.4.1 Μαγνητικοί αισθητήρες



Εδώ και πολλές δεκαετίες οι αισθητήρες μαγνητικού πεδίου χρησιμοποιούνται στην ανάλυση και τον έλεγχο λειτουργίας χιλιάδων συσκευών και διατάξεων.

Οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή μαγνητικών αισθητήρων περιέχουν πολλές γνώσεις φυσικής και ηλεκτρονικών.

Υπάρχουν πολλοί τρόποι να αισθανθείς το μαγνητικό πεδίο, οι περισσότεροι από αυτούς βασίζονται στη στενή σχέση μεταξύ των μαγνητικών και ηλεκτρικών φαινομένων.

Ένα κοινό στοιχείο όλων των εφαρμογών είναι ότι οι μαγνητικοί αισθητήρες εξασφαλίζουν μια τεχνολογία συγκρινόμενοι με άλλες τεχνολογίες αισθητήρων.

Οι τεχνικές των μαγνητικών αισθητήρων εκμεταλλεύονται μια ευρεία κλίμακα από αρχές της φυσικής και της χημείας.



## 2.4.2 Αισθητήρες για την μέτρηση της θερμοκρασίας

Οι θερμοκοί αισθητήρες χρησιμοποιούνται στη μέτρηση ποικίλων ποσοτήτων που σχετίζονται με τη θερμότητα, όπως η θερμοκρασία, η πυκνότητα ροής θερμότητας και η ειδική θερμότητα.

Η θερμοκρασία είναι η πιο θεμελιώδης ποσότητα και αποτελεί ένα μέτρο της θερμικής ενέργειας ή της θερμότητας σε ένα σώμα. Εξ ορισμού οι θερμοκοί αισθητήρες ταξινομούνται ως αισθητήρες επαφής, στους οποίους το στοιχείο ανίχνευσης αγγίζει με φυσικό τρόπο την πηγή θερμότητας, τότε το θερμοκό σήμα μεταδίδεται από τη θερμοκή πηγή με αγωγή της θερμότητας στο στοιχείο ανίχνευσης το οποίο κατόπιν είτε παράγει είτε διαμορφώνει ένα ηλεκτρικό σήμα.

Επίσης έχουμε τους αισθητήρες θερμοκρασίας μη επαφής που ταξινομούνται ως αισθητήρες ακτινοβολίας οι οποίοι ανιχνεύουν τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα που εκπέμπει ένα σώμα. Οι περισσότεροι θερμοκοί αισθητήρες είναι διαμόρφωσης παρά αυτοδιεγερόμενοι.

Οι δυο εξαιρέσεις είναι το θερμοζεύγος, το οποίο παράγει μια ηλεκτρομαγνητική δύναμη ανάμεσα σε δυο επαφές που η κάθε μια διατηρείται σε διαφορετική θερμοκρασία και οι αισθητήρες θερμοκού θορύβου.

Η πλειονότητα των θερμοαγωγίμων αισθητήρων όπως για παράδειγμα το θερμίστορ, οι θερμοδίοδοι και τα θερμοτρανζίστορ, μπορούν να ταξινομηθούν ως μικροαισθητήρες. Η θερμοκρασία και η μέτρηση της αυτή καθ' αυτή είναι σημαντική επειδή σε διαφορετικές θερμοκρασίες οι φυσικές ιδιότητες των ουσιών (ανάλογα εάν αυτή είναι σε στερεή, υγρή ή αέρια μορφή) είναι διαφορετικές και έτσι αυτές παρουσιάζουν διαφορετική συμπεριφορά. Οι συσκευές που μετρούν την θερμοκρασία ονομάζονται θερμομέτρα. Υπάρχουν πολλά διαφορετικά είδη θερμομέτρων. Τα κύρια είδη είναι αυτά που μετρούν την θερμοκρασία στηρίζόμενα: Στους αισθητήρες θερμοκρασίας η τάση εξόδου από τον αισθητήρα είναι συνάρτηση της θερμοκρασίας που μετρά ο αισθητήρας. Ανάλογα με την αρχή λειτουργίας αυτών χωρίζονται σε:

- Θερμίστορ,
- Θερμόμετρα αντίστασης,
- Θερμοζεύγη,
- Θερμόμετρα διαστολής,
- Μέθοδοι μεταβολής των ηλεκτρικών χαρακτηριστικών σε ημιαγωγούς ή κρυστάλλους.

## 2.4.3 Αισθητήρες για την μέτρηση της μετακίνησης – θέσης

Κίνηση ονομάζεται γενικά η αλλαγή της φυσικής θέσης ενός αντικειμένου. Μετακίνηση ονομάζεται η απόσταση από κάποιο σημείο αναφοράς προς κάποια δεδομένη κατεύθυνση. Εάν αυτή μετριέται σε μια ευθεία γραμμή, ονομάζεται γραμμική και αν μετριέται με τη βοήθεια μιας γωνιάς περιστροφής ονομάζεται γωνιακή. Οι αισθητήρες μετακίνησης (μετατόπισης) και προσέγγισης, ανιχνεύουν μεταβολές στην θέση ενός αντικειμένου και προσδιορίζουν αυτή.

Η μέτρηση της μετακίνησης είναι πολύ σημαντική διότι πάρα πολλά

συστήματα έχουν είσοδο ή έξοδο που έχει τη μορφή μετακίνησης. Εντούτοις η μετακίνηση που μετρούν αυτά τα συστήματα μπορεί να σχετίζεται και έτσι να εκφραστεί με κάποια άλλη παράμετρο π.χ. ένα ελατήριο που μετράει κάποια δύναμη, μετράει στην ουσία την μετακίνηση από την θέση ισορροπίας.

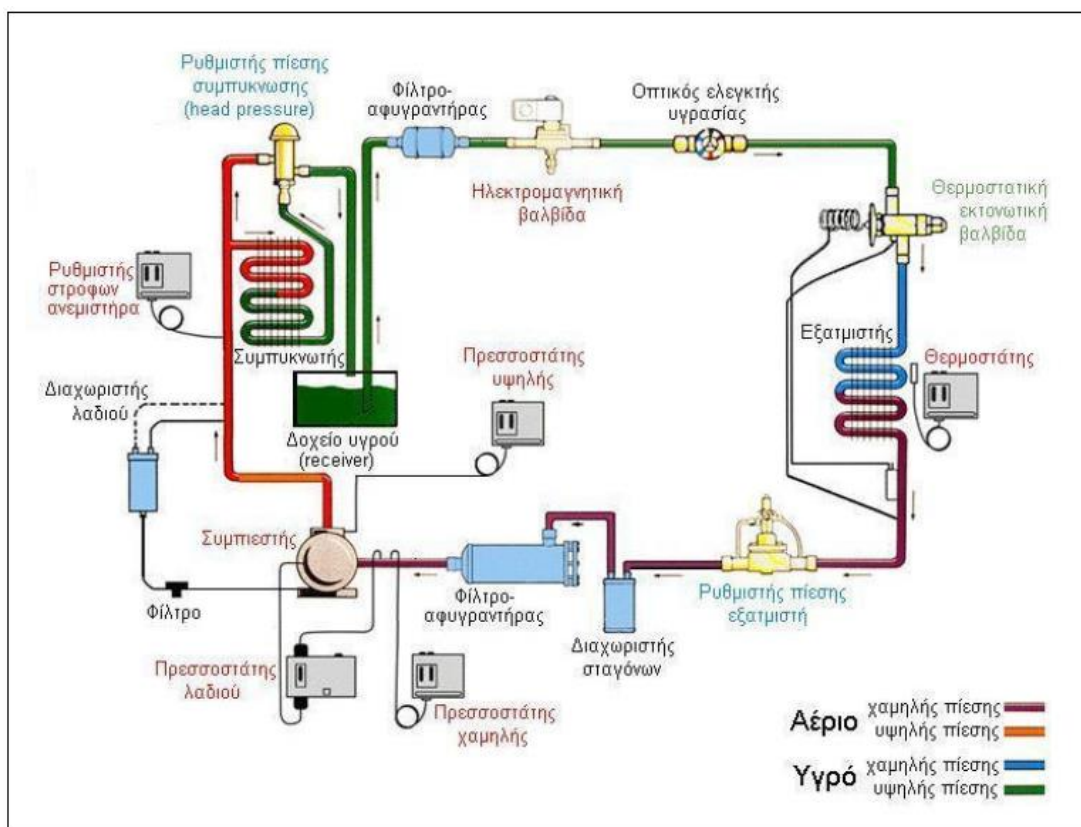
## 2.5 ΨΥΚΤΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΠΛΟΙΟΥ

**ΟΡΙΣΜΟΣ ΨΥΞΗΣ:** Ψύξη ονομάζεται η παραγωγή και η διατήρηση της θερμοκρασίας ενός χώρου ή υλικού σε χαμηλότερη θερμοκρασία από την θερμοκρασία του ατμοσφαιρικού αέρα που το περιβάλλει. Η ψύξη επιτυγχάνεται με την αφαίρεση θερμότητας από ένα χώρο και η μεταφορά της σε ένα άλλο θερμότερο χώρο.

### 2.5.1 Γενικά , περιγραφή ψυκτικής εγκαταστάτης

Τα συστήματα μηχανικής ψύξεως βασίζονται στην ψύξη δι' ατμού και υγρού. Σε μία τέτοια ψυκτική μέθοδο το ψυκτικό μέσον μεταπίπτει συνεχώς από την υγρή στην αέρια κατάσταση. Γι' αυτό το λόγο το ψυκτικό μέσον πρέπει να έχει ειδικές ιδιότητες. Να ατμοποιείται σε χαμηλή θερμοκρασία, να μπορεί να μεταβάλλεται γρήγορα από υγρό σε αέριο και να είναι ασφαλές για την εγκατάσταση και τους χρήστες. Το ψυκτικό σε υγρή κατάσταση παραλαμβάνει θερμότητα από τον αέρα ενός χώρου και έτσι εξατμίζεται. Ο ατμός μεταφέρει την προσληφθείσα ποσότητα σε άλλο χώρο και αφού την αποβάλλει μεταβάλλεται και πάλι σε υγρό. Το σημείο ζέσεως ενός ψυκτικού μέσου δεν είναι σταθερό αλλά εξαρτάται από την πίεση κατά την οποία γίνεται η μεταβολή.

- **Βασικά Μέρη Ψυκτικής Μηχανής Συμπιέσεως**  
Οι ψυκτικές μηχανές συμπιέσεως αποτελούν πλήρη και στεγανά συγκροτήματα, μέσα στα οποία ένας αριθμός εργασιών επαναλαμβάνεται συνεχώς, κατά την ίδια πάντοτε σειρά, γι' αυτό και καλείται κύκλος. Ο κύκλος λειτουργίας βασίζεται σε νόμους της θερμοδυναμικής. Μία ψυκτική μηχανή συμπιέσεως αποτελείται βασικά από τα εξής κύρια μέρη
  1. Τον συμπιεστή, που κινείται από ηλεκτροκινητήρα (μοτέρ).
  2. Τον συμπυκνωτή, στον οποίον απορρίπτεται θερμότητα (συμπύκνωση).
  3. Το δοχείο ψυκτικού υγρού, που αποθηκεύεται το ψυκτικό υγρό.
  4. Οι σωληνώσεις του υγρού, που περνά το ψυκτικό υπό μορφή υγρού.
  5. Τον εξατμιστή ή στοιχείο ψύξεως, που απορροφά την θερμότητα του χώρου του ψυγείου.
  6. Τον ρυθμιστή ροής ψυκτικού υγρού, μια βαλβίδα που ρυθμίζει την ποσότητα του υγρού που κυκλοφορεί στο σύστημα
  7. Τις αναγκαίες σωληνώσεις.
  8. Η βαλβίδα (ρυθμιστής ροής) διαιρεί ολόκληρο το σύστημα σε δύο πλευρές, την πλευρά της χαμηλής πίεσεως, που περιλαμβάνει την ίδια τη βαλβίδα, τη σωλήνωση αναρροφήσεως, το στοιχείο ψύξεως και την πλευρά της υψηλής πίεσεως, που περιλαμβάνει τον συμπιεστή, τον συμπυκνωτή, το δοχείο υγρού και τις σωληνώσεις του υγρού.



- **Το ψυκτικό κύκλωμα**

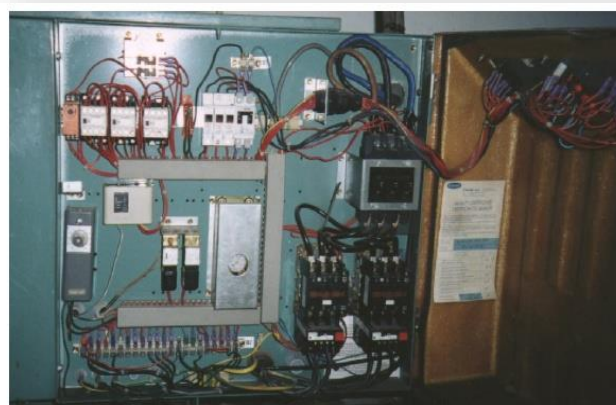
Η τυπική μορφή του ψυκτικού κυκλώματος φαίνεται στο σχήμα . Τα εξαρτήματα του σχήματος δεν είναι όλα όσα μπορούν να συναντηθούν σε ένα ψυκτικό κύκλωμα αλλά μόνο τα απολύτως αναγκαία. Τα κυριότερα εξαρτήματα που συμμετέχουν στον αυτοματισμό του ψυκτικού κυκλώματος του σχήματος έχουν σημειωθεί με ιδιαίτερα χρώματα με κόκκινο, πράσινο και μπλε.

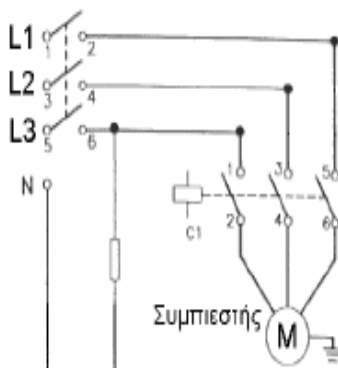
## 2.5.2 Ο ηλεκτρικός αυτοματισμός

- **Ο ηλεκτρικός πίνακας αυτοματισμού**

Ο πίνακας αυτοματισμού μπορεί να είναι αποκλειστικά ηλεκτρικός ή να περιέχει και κάποιο σύστημα PLC (προγραμματιζόμενος ηλεκτρονικός ελεγκτής). Και στις δύο περιπτώσεις γίνονται ακριβώς οι ίδιοι έλεγχοι. Το πλεονέκτημα ενός συστήματος PLC είναι ότι είναι περισσότερο συμπαγές και καταλαμβάνει πολύ λιγότερο χώρο.

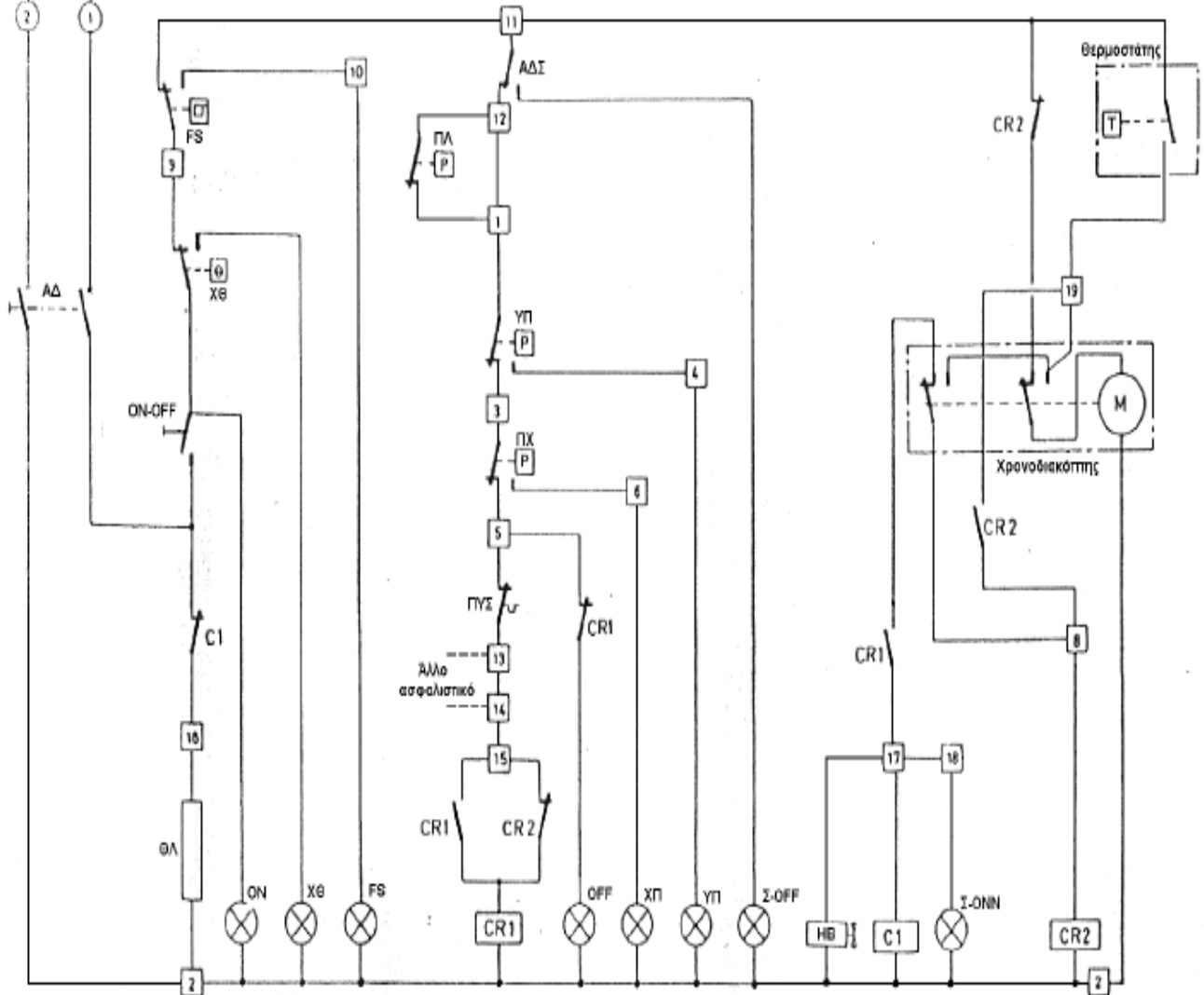
Στο σχήμα, βλέπουμε έναν ηλεκτρικό πίνακα αυτοματισμού. Βλέποντας τον πίνακα, εκτός από την υποδειγματική του τάξη και σωστή τακτοποίηση όλων των εξαρτημάτων, δεν μπορούμε να αντιληφθούμε τίποτε παραπάνω. Μόνο από το επόμενο ηλεκτρολογικό σχέδιο που περιγράφεται ο αυτοματισμός, μπορούμε να καταλάβουμε τη λειτουργία του μηχανήματος.





C1.....Ρελέ ισχύος του συμπιεστή  
 ΑΔ.....Αυτόματος διακόπτης με reset  
 ΑΔΣ...Αυτόματος διακόπτης συμπιεστή  
 ΘΛ.....Θερμαντήρας λαδιού  
 CR1...Ρελέ βοηθητικών επαφών  
 CR2...Ρελέ βοηθητικών επαφών  
 FS.....Flow switch  
 ΥΠ.....Πρεσοστάτης υψηλής πίεσης  
 ΧΠ.....Πρεσοστάτης χαμηλής πίεσης

ΠΥΣ.....Προστασία υπερφόρτισης συμπιεστή  
 ΠΛ.....Πρεσοστάτης λαδιού  
 Σ-ON...Σύστημα σε λειτουργία  
 Σ-OFF...Σύστημα εκτός λειτουργίας  
 ΧΘ.....Θερμοστάτης χαμηλής θερμοκρασίας νερού  
 ΗΒ.....Ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα



Εκ πρώτης όψεως δίνει την εντύπωση ότι είναι ένα μπερδεμένο σύνολο από γραμμές. Όμως η μελέτη του δεν είναι τόσο δύσκολη, όπως εκ πρώτης όψεως μπορεί να φαίνεται. Επίσης, τα βασικά σύμβολα που χρησιμοποιούνται στους ηλεκτρικούς αυτοματισμούς είναι πολύ απλά, ελάχιστα στον αριθμό και φαίνονται στο σχήμα. Και είναι πολύ βασικό, για τον τεχνίτη ψυκτικό που καλείται να επισκευάσει μία βλάβη, να είναι σε θέση να διαβάσει από μόνος τέτοια σχέδια, προκειμένου να μπορεί να εντοπίσει ευκολότερα την αιτία της βλάβης και να την αποκαταστήσει.

- Το σύστημα εκκινεί με το πάτημα του μπουτόν ON-OEE'. Με το που θα πατηθεί το ON-OEE θα συμβούν τα εξής:
  - 1) Θα ανάψει η λυχνία ON (δείχνει ότι το σύστημα είναι σε λειτουργία)
  - 2) Θα αρχίσει να λειτουργεί ο θερμαντήρας λαδιού (ΘΛ).
  - 3) Θα σπλίσει το ρελέ CR1
  - 4) Θα τεθεί σε λειτουργία ο χρονοδιακόπτης.

Ο χρονοδιακόπτης καθυστερεί την εκκίνηση για να δώσει χρόνο για την εξίσωση των πιέσεων (χαμηλής και υψηλής), ώστε ο συμπιεστής να μην εκκινήσει υπό φορτίο.

Αν υπάρξει κάποιο πρόβλημα, είτε κατά την εκκίνηση είτε αργότερα κατά τη λειτουργία, θα διακοπεί η λειτουργία του ρελέ CR1 και το σύστημα θα πάψει να λειτουργεί.

Π.χ. αν ενεργοποιηθεί ο πρεσσοστάτης χαμηλής πίεσης (ΧΠ) θα ανοίξει η επαφή που φαίνεται στο σχέδιο, οπότε θα διακοπεί η λειτουργία του ρελέ CR1 και μαζί με αυτό και όλου του μηχανήματος (βλέπε την επαφή CR1 στη θέση 17). Συγχρόνως θα ανάψει και η λυχνία ΧΠ. Έτσι θα έχουμε την ένδειξη της βλάβης.

Ο θερμοστάτης, ελέγχει τη θερμοκρασία του νερού επιστροφής από τις κλιματιστικές μονάδες (συνήθως την ορίζουμε στην περιοχή 10-12°C). Αν η θερμοκρασία του νερού επιστροφής είναι κάτω από τη θερμοκρασία ρύθμισης, τότε οι επαφές του θερμοστάτη θα είναι όπως στο σχήμα και το σύστημα δεν θα μπορεί να ξεκινήσει ακόμη και μετά που θα δώσει την εντολή ο χρονοδιακόπτης. Αν η θερμοκρασία του νερού επιστροφής είναι μεγαλύτερη από τη ρύθμιση, όπως συμβαίνει όταν το σύστημα εκκινεί, τότε οι επαφές θα είναι στην άλλη θέση και το σύστημα θα είναι έτοιμο να εκκινήσει.

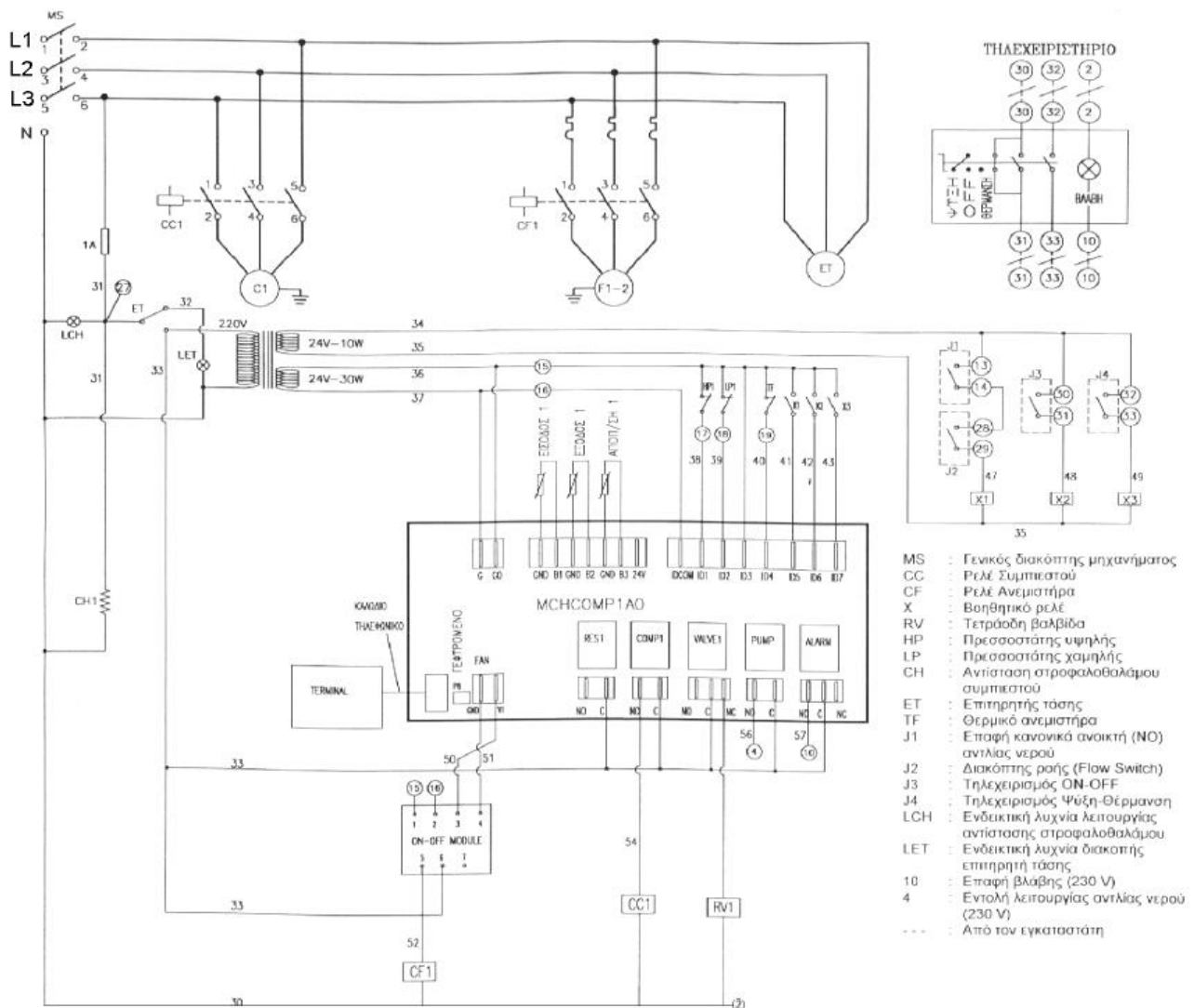
Μόλις παρέλθει ο χρόνος οι επαφές του χρονοδιακόπτη θα αλλάξουν στιγμιαία θέση και θα σπλίσει το ρελέ CR2. Μαζί θα σπλίσει και το C1, που σημαίνει ότι θα εκκινήσει ο συμπιεστής και συγχρόνως θα ανοίξει και η ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα της γραμμής του υγρού.

- **Ο ηλεκτρικός πίνακας με PLC**

Η τάση στους σύγχρονους αυτοματισμούς είναι να χρησιμοποιούνται προγραμματιζόμενοι ηλεκτρονικοί ελεγκτές με μικροεπεξεργαστή. Αυτές οι ηλεκτρονικές συσκευές, περισσότερο γνωστές με την ονομασία PLC, προγραμματίζονται για να εκτελούν ορισμένες οδηγίες. Δεν έχουν σχέση με τους ηλεκτρονικούς ελεγκτές διαμορφωμένης λειτουργίας (τύπου P, PI, PID) .

Διάταξη αυτοματισμού, βασισμένη σε σύστημα PLC βλέπουμε στο σχήμα. Στην αρχή, και αυτό το σχέδιο μας φαίνεται σαν ένα σύνολο γραμμών και λέξεων χωρίς νόημα. Στην πραγματικότητα όμως η λειτουργία του είναι πολύ εύκολο να γίνει αντιληπτή. Π. χ. στη θέση J2, συνδέεται ο ελεγκτής ροής (flow switch ή για συντομία FS). Αν κάποια στιγμή πάψει να υπάρχει ροή νερού, τότε λειτουργεί το FS και το ρελέ X1 απενεργοποιείται. Η επαφή του X1 με τη σειρά της θέτει εκτός τάσης την επαφή ID4 του PLC. Τι σημαίνει τώρα αυτό για το μηχάνημα και πως θα αντιδράσει το PLC; Εξαρτάται από τον προγραμματισμό που έχει γίνει. Το πιθανότερο όμως είναι ότι θα απενεργοποιηθεί ο συμπιεστής.



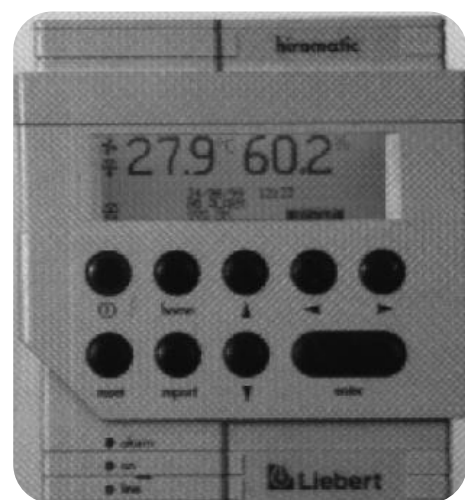


### 2.5.3 Η ηλεκτρονική συσκευή αναγνώρισης βλαβών

Τέτοιες συσκευές βλέπουμε στα σχήματα .

Και τα δύο είναι ελεγκτές του τύπου PID. Έχουν τη δυνατότητα να κάνουν όλους τους ελέγχους κατά τη λειτουργία και να υποκαθιστούν όλους του ελέγχους που γίνονται με τους συμβατικούς ηλεκτρικούς πίνακες. Επίσης έχουν και σύστημα διάγνωσης βλαβών και Ιστορικό αρχείο.

Οι βλάβες αναγνωρίζονται βάσει κωδικών που εμφανίζονται στην οθόνη. Από τους κωδικούς



αυτούς και από το manual του μηχανήματος που εξηγεί τη σημασία του κάθε κωδικού μπορούμε να εντοπίσουμε το είδος της βλάβης.



## 2.6 ΚΛΙΜΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΠΛΟΙΟΥ

### 2.6.1 Κλιματιστικές μονάδες και κυρία κλιματιστική εγκατάσταση

Οι κλιματιστικές μονάδες είναι τα μηχανήματα στα οποία ο αέρας του χώρου, εναλλάσσει τη θερμότητα του με ένα ρεύμα νερού. Πρόκειται δηλαδή για ένα συγκρότημα που περιλαμβάνει τουλάχιστον ένα ανεμιστήρα και ένα ή περισσότερους εναλλάκτες θερμότητας που ονομάζονται στοιχεία (ο αντίστοιχος αγγλικός όρος είναι coil).

Τα στοιχεία μπορεί να λειτουργούν με το νερό οπότε ονομάζονται στοιχεία νερού ή με το ψυκτικό υγρό που εκτονώνεται μέσα σ' αυτά, οπότε ονομάζονται στοιχεία άμεσης εκτόνωσης ή στοιχεία DX (Direct Expansion). Επίσης, κατά κανόνα, οι κλιματιστικές μονάδες περιλαμβάνουν και φίλτρα αέρα. Ανάλογα με το σκοπό που επιτελούν μπορεί να συμπεριλαμβάνουν και άλλο εξοπλισμό, ιδίως οι μεγάλες κλιματιστικές μονάδες (υγραντήρα, εξοικονομητή ενέργειας, ηλεκτρικές αντιστάσεις κλπ. ).

Οι κλιματιστικές μονάδες (ΚΜ) διακρίνονται κυρίως σε:

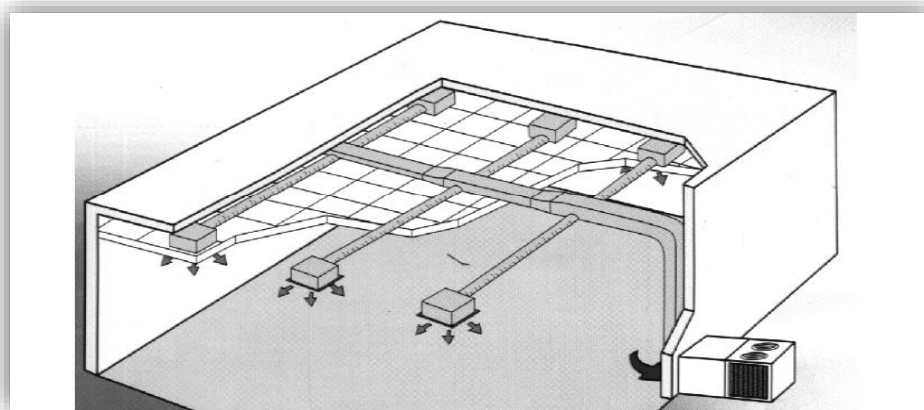
- Τοπικές κλιματιστικές μονάδες (ΤΚΜ) που τοποθετούνται μέ - σα στον κλιματιζόμενο χώρο και τροφοδοτούνται με το ψυκτικό μέσο μέσω σωληνώσεων (νερό ή ψυκτικό υγρό). Ο αυτοματισμός αυτών των συστημάτων είναι σχετικά απλός.
- Κεντρικές κλιματιστικές μονάδες (ΚΚΜ), που τοποθετούνται εκτός των κλιματιζόμενων χώρων και οι οποίες αποστέλλουν τον αέρα στους χώρους μέσω αεραγωγών. Οι αεραγωγοί καταλήγουν στα στόμια, μέσω των οποίων κλιματίζονται οι χώροι. Ο αυτοματισμός μέσω τέτοιων συστημάτων είναι ιδιαίτερα περίπλοκος και είναι αυτός που κυρίως θα μας απασχολήσει στο παρόν κεφάλαιο.

### 2.6.2 Ο αυτοματισμός των κλιματιστικών εγκαταστάσεων

Οι κλιματιστικές εγκαταστάσεις διακρίνονται για την μεγάλη ποικιλία τους και το πλήθος των διαφορετικών εφαρμογών τους. Κατά συνέπεια και οι διατάξεις αυτοματισμού έχουν ανάλογα μεγάλη ποικιλία, οι πλέον διαδεδομένες στην πράξη διατάξεις έχουν να κάνουν με:

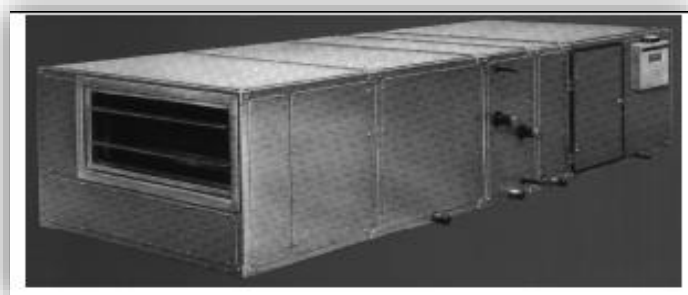
- Τον αυτοματισμό των τοπικών κλιματιστικών μονάδων (TKM)
- Τον αυτοματισμό Κεντρικών Κλιματιστικών Μονάδων (KKM)
- Τον τρόπο ρύθμισης κατανομής του αέρα μέσω των αεραγωγών.
- Τα κεντρικά συστήματα ελέγχου εγκαταστάσεων κλιματισμού

Τα συστήματα αυτοματισμού που χρησιμοποιούνται στις σοβαρές εγκαταστάσεις κλιματισμού, συνήθως βασίζονται σε ελεγκτές διαμορφωμένου ελέγχου (τύπου P, PI, PID). Μπορεί να είναι από απλοί θερμοστάτες αναλογικής λειτουργίας (τύπου P), μέχρι περίπλοκα προγραμματιζόμενα συστήματα, με πολλούς ελεγκτές των οποίων η λειτουργία να ελέγχεται και να συντονίζεται από ένα σύστημα κεντρικού ελέγχου μέσω Ηλεκτρονικών Υπολογιστών. Οι πιο απλές διατάξεις ελέγχου και ρύθμισης, όπως τα συστήματα δύο θέσεων (ON-OFF) ή τα συστήματα προοδευτικής λειτουργίας χρησιμοποιούνται κυρίως στις μικρές κλιματιστικές εγκαταστάσεις και σε εγκαταστάσεις χωρίς ιδιαίτερες απαιτήσεις.



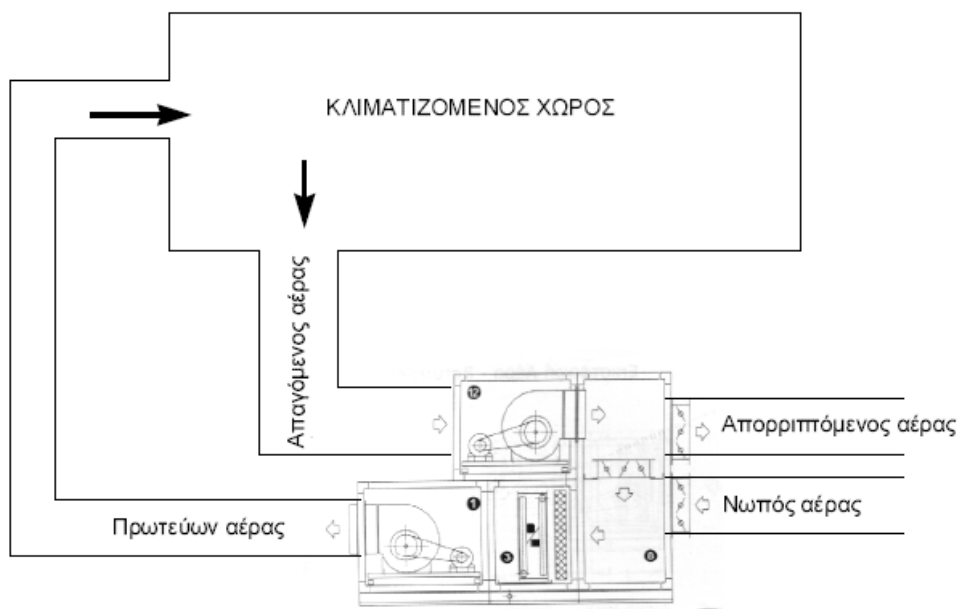
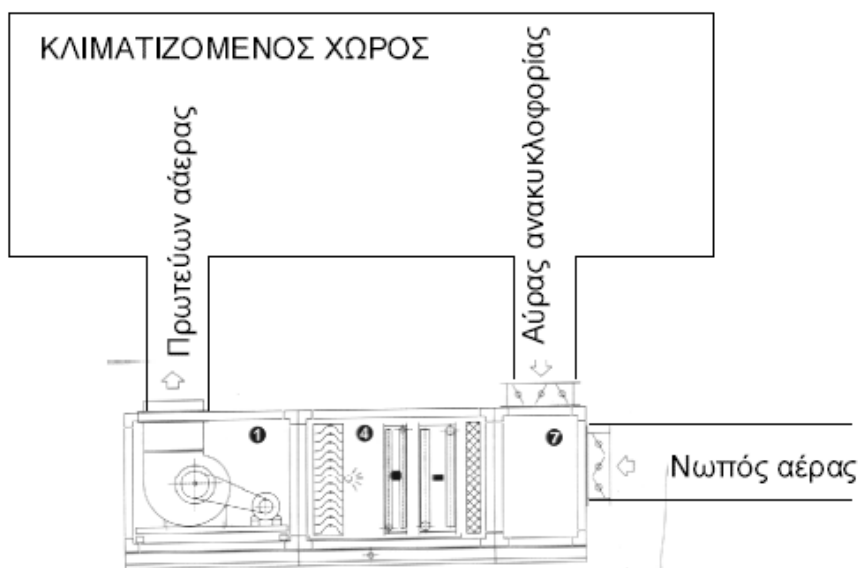
Σε ένα σύστημα κλιματισμού με δίκτυο αεραγωγών, η κεντρική κλιματιστική μονάδα (ΚΚΜ) είναι το κυριότερο μηχάνημα που μας εξασφαλίζει τις επιθυμητές συνθήκες στους κλιματιζόμενους χώρους. Συνήθως αποτελεί ένα ανεξάρτητο συγκρότημα. Μπορεί να είναι ενσωματωμένη με κάποιο άλλο μηχάνημα το οποίο να συμπεριλαμβάνει, εκτός από τον εξοπλισμό της ΚΚΜ και τον εξοπλισμό του ψυκτικού κυκλώματος.

Τη διάταξη λειτουργίας μίας ΚΚΜ, στις γενικές αρχές της, τη βλέπουμε συνοπτικά στο σχήμα παρακάτω. Ο αέρας που αποστέλλουν, ονομάζεται πρωτεύων αέρας ενώ ο αέρας που τροφοδοτεί το στοιχείο τους, ονομάζεται αέρας τροφοδοσίας. Ο αέρας τροφοδοσίας αποτελεί μίγμα του αέρα του χώρου που



ονομάζεται αέρας ανακυκλοφορίας και του αέρα του περιβάλλοντος που ονομάζεται νωπός αέρας.

Το στοιχείο θέρμανσης συμβολίζεται με το +, το ψυκτικό στοιχείο με το -. Αν η ΚΚΜ έχει μόνο ένα στοιχείο που το χειμώνα χρησιμοποιείται άλλοτε για ψύξη και άλλοτε για θέρμανση, αυτό συμβολίζεται ως +/- . Η κλιματιστική μονάδα του δεύτερου σχήματος δεν απορρίπτει αέρα στο περιβάλλον. Ποσότητα όμως αέρα, ίση με το νωπό αέρα, υποχρεωτικά απομακρύνεται από τα ανοίγματα, τις χαραμάδες κλπ., αλλιώς θα ήταν αδύνατη η εισαγωγή νωπού αέρα.



- **Ο αυτοματισμός της λειτουργίας της ΚΚΜ**

Από την ανάπτυξη που έγινε στην προηγούμενη παράγραφο γίνεται αντιληπτό ότι σε μία ΚΚΜ υπάρχουν πολλά σημεία τα οποία θα πρέπει να ελέγχονται ή να ρυθμίζονται. Τα σημεία αυτά δεν παρουσιάζονται όλα σε οποιαδήποτε εγκατάσταση, π.χ. αν ο αριθμός των ατόμων είναι μικρός σε σχέση με το μέγεθος του χώρου, δεν υπάρχει λόγος να κάνουμε έλεγχο της ποιότητας του αέρα του εσωτερικού χώρου.

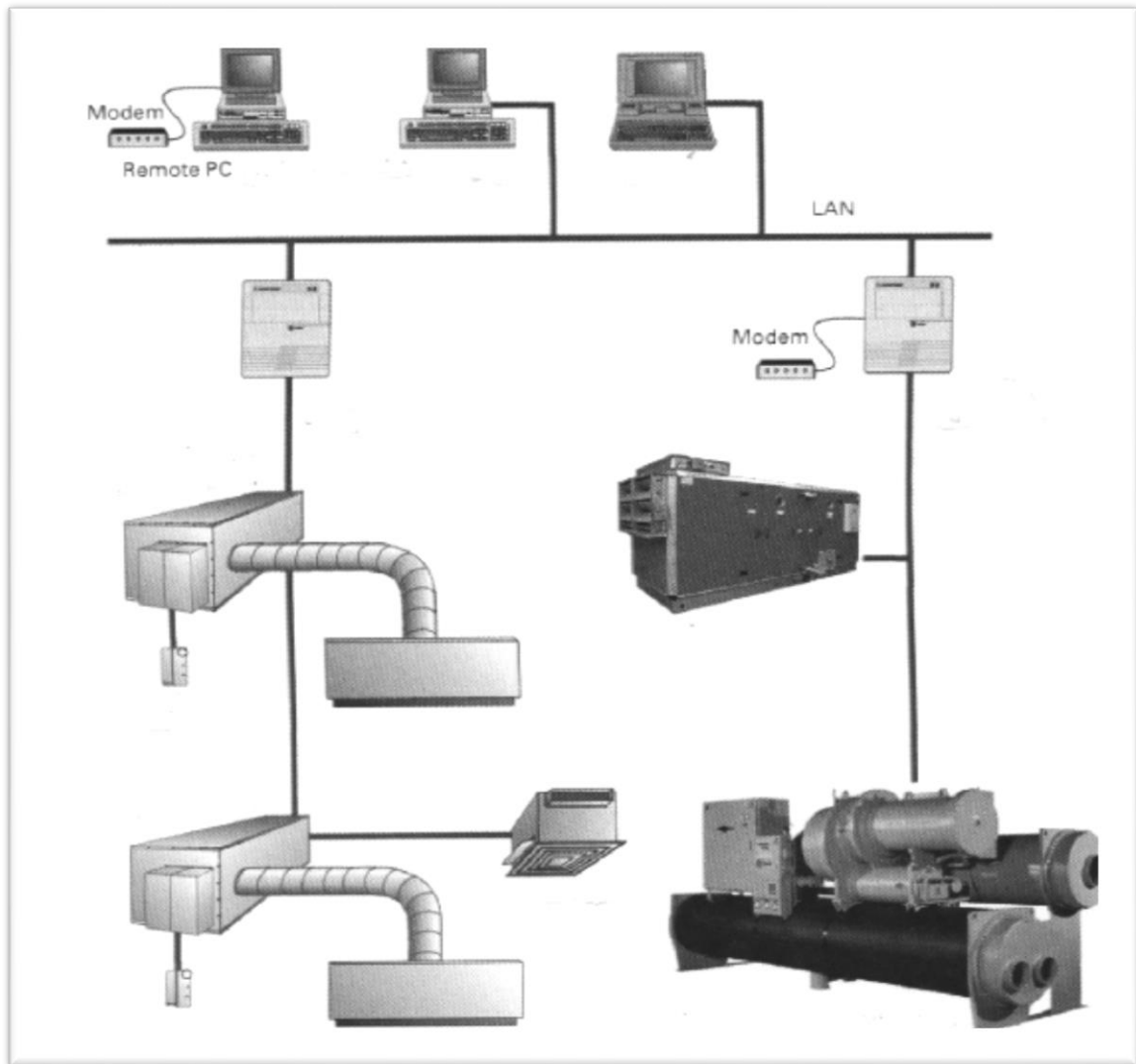
A/A	Σημείο ελέγχου	Μέθοδος ρύθμισης	Εξάρτημα ρύθμισης
1	Θερμοκρασία χώρου	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Με αλλαγή της θερμοκρασία πρωτεύοντος αέρα</li> <li>• Με αλλαγή της ποσότητας του πρωτεύοντος αέρα</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Στα στοιχεία νερού: Μέσω της τρίοδης βάνας που θα ρυθμίζει τη θερμοκρασία των στοιχείων νερού. Στα στοιχεία DX: Μέσω της θερμοεκτονωτικής βαλβίδας</li> <li>• Μέσω τάμπερ ρύθμισης της ποσότητας του αέρα</li> </ul>
2	Σχετική υγρασία χώρου (μέσω υγροστάτη)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Αφαίρεση υγρασίας από τον πρωτεύοντα αέρα</li> <li>• Προσθήκη υγρασίας στον πρωτεύοντα αέρα</li> <li>• Αναθέρμανση του πρωτεύοντος αέρα</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Με τρίοδη βάνα ρύθμισης της θερμοκρασίας του ψυκτικού στοιχείου</li> <li>• Μέσω του υγραντήρα</li> <li>• Μέσω στοιχείου αναθέρμανσης και με τρίοδη βάνα</li> </ul>
2	Ποιότητα αέρα εσωτερικού χώρου (μέσω αισθητήριου ποιότητας του εσωτερικού αέρα)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Αλλαγή του συσχετισμού μεταξύ νωπού και απορριπτόμενου αέρα</li> <li>• Κατάσταση φίλτρων αέρα</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Μέσω τάμπερ</li> <li>• Αλλαγή φίλτρων αέρα</li> </ul>

Τα σημεία στα οποία μπορεί να χρειαστεί να κάνουμε έλεγχο, τα αναφέρουμε συνοπτικά στον πίνακα. Θα πρέπει όμως να σημειωθεί ότι ο μόνος απολύτως απαραίτητος έλεγχος είναι της θερμοκρασίας του εσωτερικού χώρου ενώ η ανάγκη για τους άλλους ελέγχους που αναφέρονται στον πίνακα, θα πρέπει να σταθμίζεται, ανάλογα με την κάθε περίπτωση. Όσο απλούστερο είναι ένα σύστημα αυτομάτου ελέγχου, τόσο πιο αξιόπιστο θα πρέπει να θεωρείται.

### 2.6.3 Κεντρικό σύστημα ελέγχου κλιματιστικής εγκατάστασης

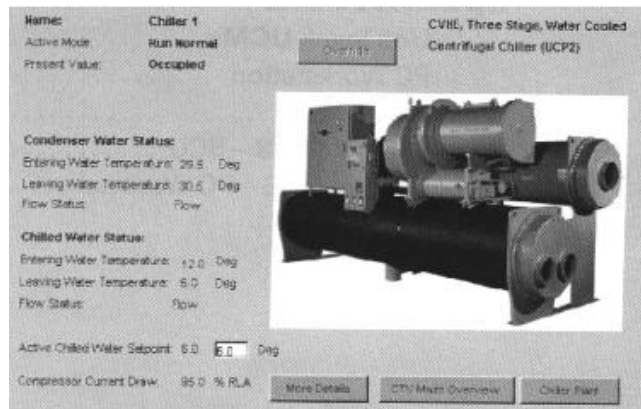
Στις σύγχρονες εγκαταστάσεις υπάρχει συνήθως ένα σύστημα ελέγχου και ρύθμισης που λειτουργεί αυτόματα. Ένα τέτοιο σύστημα, σε πολύ απλοποιημένη και παραστατική μορφή το βλέπουμε στο σχήμα.

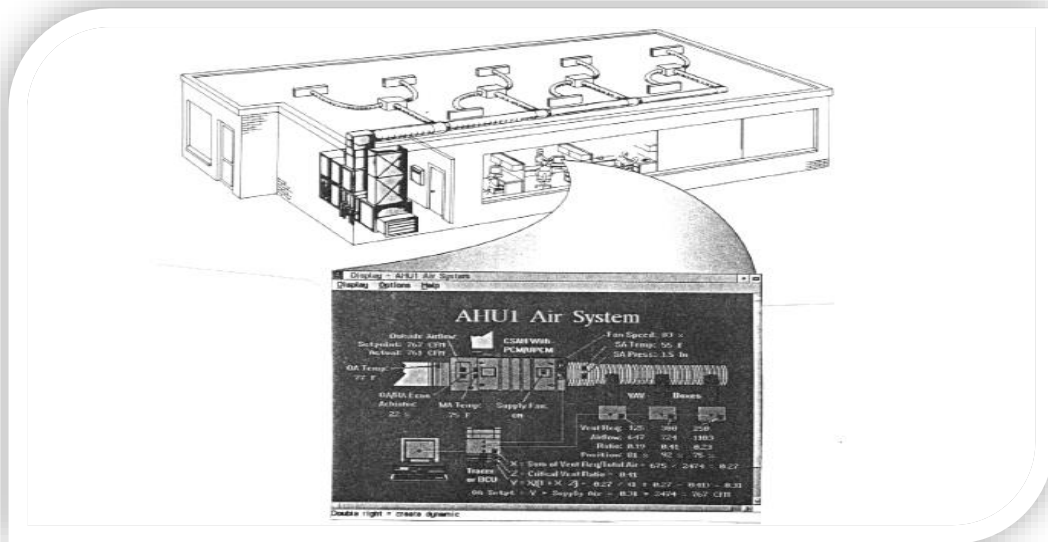




Από τα αισθητήρια που υπάρχουν σε πολλά σημεία του συστήματος, μεταφέρονται τα μηνύματα μέσω εσωτερικού δικτύου (LAN), στο κέντρο ελέγχου. Το κέντρο ελέγχου, σε μεγάλες εγκαταστάσεις, μπορεί να βρίσκεται μέσα στο κτίριο, να είναι εντελώς αυτόνομο και να εξυπηρετείται με το δικό του προσωπικό. Σε πιο μικρές εγκαταστάσεις, μπορεί να υπάρχει σύνδεση με ένα απομακρυσμένο κέντρο ελέγχου μέσω modem, από όπου μπορεί να ειδοποιείται ο συντηρητής για το οποιοδήποτε πρόβλημα, βλάβες ή δυσλειτουργία.

Στο κέντρο ελέγχου, ο συντηρητής μπορεί να έχει τη λειτουργική κατάσταση του συστήματος, σε οθόνη όπως αυτή του σχήματος. Η οποία έχει καταχωρημένα και συνδεδεμένα όλα τα εξαρτήματα ενώ είναι σε αναμονή για το επόμενο 'check error' .





Πέραν των συστημάτων που ελέγχουν την καλή λειτουργία του εξοπλισμού, ορισμένες μοντέρνες εγκαταστάσεις έχουν και σύστημα αυτοματισμού για τον έλεγχο της ποιότητας του αέρα των κλιματιζόμενων χώρων. Ένα τέτοιο σύστημα, σε εικονική διάταξη βλέπουμε στο σχήμα. Με αυτό, λαμβάνονται πληροφορίες και γίνονται επεμβάσεις σε διάφορα σημεία του δικτύου των αεραγωγών. Η μέθοδος αυτού του ελέγχου προφανώς εφαρμόζεται μόνο στα πολύ σύγχρονα συστήματα κλιματισμού όπως είναι τα συστήματα VAV.

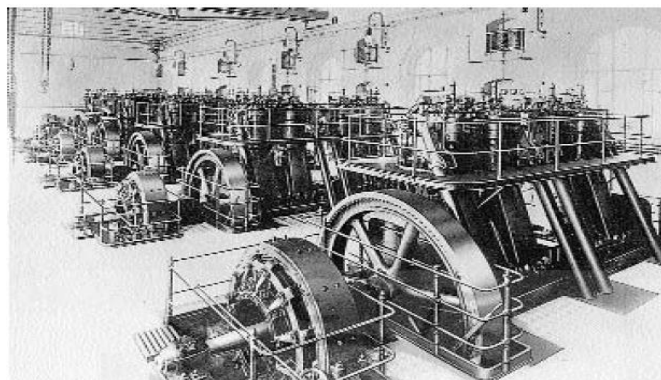
## 3<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ : ΜΗΧΑΝΕΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΥΣΗΣ.

### 3.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ (ΜΕΚ).

Η παραγωγή έργου με τη χρήση μιας θερμικής μηχανής βασίζεται στην πρόσδοση θερμότητας στο εργαζόμενο μέσο, με αποτέλεσμα τη μεταβολή της ενεργειακής του κατάστασης. Ένα τμήμα αυτής της ενέργειας μπορεί να αποδοθεί ως μηχανικό έργο, ενώ το υπόλοιπο αποβάλλεται ξανά ως θερμότητα στο περιβάλλον. Η πρόσδοση της θερμότητας μπορεί να γίνεται είτε εντός του κύριου τμήματος της μηχανής είτε σε ένα ανεξάρτητο τμήμα της. Οι μηχανές εσωτερικής καύσεως διακρίνονται από τις αντίστοιχες εξωτερικής καύσεως από αυτό ακριβώς το χαρακτηριστικό, ότι δηλαδή η καύση για την παραγωγή της αναγκαίας θερμότητας πραγματοποιείται εντός της μηχανής, ενώ το εργαζόμενο μέσο που εκτονώνεται εντός κυλίνδρου για την παραγωγή του έργου είναι το καυσαέριο.



Αντίθετα, στις μηχανές εξωτερικής καύσεως η θερμότητα προσδίδεται στο εργαζόμενο μέσο σε ανεξάρτητη συσκευή της μηχανής, ενώ τα καυσαέρια δεν έρχονται σε επαφή με το εργαζόμενο μέσο. Ως παράδειγμα μηχανής εξωτερικής καύσεως μπορεί να αναφερθεί η ατμομηχανή, όπου η παραγόμενη από την καύση θερμότητα εντός του λέβητα μετατρέπει το νερό (εργαζόμενο μέσο) σε ατμό, το οποίο με τη σειρά του οδηγείται σε κύλινδρο (το κύριο τμήμα της μηχανής). Η μετακίνηση ενός εμβόλου κατά την εκτόνωση του ατμού εντός του κυλίνδρου παράγει το ωφέλιμο έργο της μηχανής.



Στο τέλος του 19ου αιώνα, όταν οι ατμομηχανές είχαν ουσιαστικά εξαντλήσει τη δυναμική τους, η πιεστική ανάγκη για συνεχώς ισχυρότερους, απλούστερους, μικρότερους και αποδοτικότερους κινητήρες οδήγησε την έρευνα προς την ανάπτυξη εμβολοφόρων μηχανών εσωτερικής καύσεως.

Μεγάλη αύξηση της αξιοπιστίας των κινητήρων συμπίεσεως – αναφλέξεως πέτυχε ο Γερμανός μηχανικός Rudolph Diesel. Αρχικά, προσπάθησε να λειτουργήσει τους παραπάνω κινητήρες χρησιμοποιώντας κονιορτοποιημένο γαιάνθρακα ως καύσιμο, οι κινητήρες ωστόσο, καταστρεφόταν με έκρηξη. Το 1894, πέτυχε τη λειτουργία τους χρησιμοποιώντας υγρό καύσιμο (πετρέλαιο). Με αυτόν τον τρόπο κατέστησε τον κινητήρα πιο οικονομικό και περισσότερο αποδοτικό σε σχέση με τους υπόλοιπους κινητήρες εκείνης της εποχής. Το 1895,

ο Diesel κατοχύρωσε την ευρεσιτεχνία του στις Η.Π.Α.

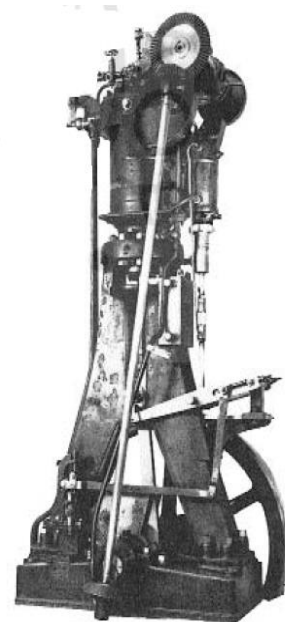
Μέχρι το 1900 οι πετρελαιοκινητήρες είχαν διαδοθεί ευρύτατα στην Ευρώπη.

Ογκώδεις και με μεγάλο βάρος οι πετρελαιοκινητήρες της εποχής, είχαν εφαρμογή μόνο ως κινητήρες σταθερής βάσεως, όπως οι εικονιζόμενοι στο σχήμα.

Το 1903, ο πρώτος πετρελαιοκινητήρας τοποθετήθηκε σε πλοίο (το ρωσικό Wandal) και το 1925 σε λεωφορείο. Το 1929, κυκλοφόρησε το πρώτο πετρελαιοκίνητο φορτηγό-αυτοκίνητο. Οι κινητήρες αυτοί ήταν πολύ μεγάλοι σε μέγεθος και είχαν πολύ μεγάλο βάρος, για να τοποθετηθούν σε μικρά επιβατικά, αν και η Peugeot προσπάθησε να κατασκευάσει το 1922 ένα πετρελαιοκίνητο επιβατικό αυτοκίνητο.

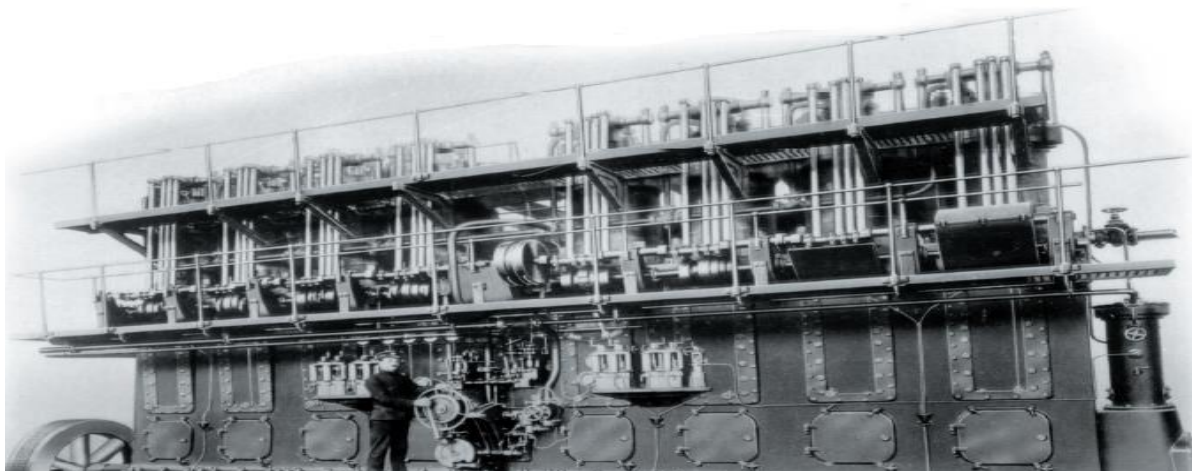
Το 1927, η εταιρεία Robert Bosch άρχισε να κατασκευάζει εξαρτήματα και μηχανισμούς ψεκασμού για τους πετρελαιοκινητήρες. Η Bosch μπορούσε να παράγει μαζικά εξοπλισμό συστημάτων ψεκασμού και μάλιστα για μεγάλη ποικιλία εφαρμογών. Επιπλέον, η εταιρεία αυτή απέκτησε την άδεια κατασκευής εξαρτημάτων πετρελαιοκινητήρων σε άλλες χώρες, με αποτέλεσμα οι κινητήρες αυτοί να καταστούν πολύ δημοφιλείς και να επικρατήσουν διεθνώς.

Μεγάλη ώθηση στην κατασκευή μικρότερων κινητήρων με μεγαλύτερη ισχύ έδωσε η υιοθέτηση της υπερπληρώσεως. Η υπερπλήρωση άρχισε να εφαρμόζεται από τη δεκαετία του '20 στις τετράχρονα μηχανές, για την αποτελεσματικότερη απόπλυση των κυλίνδρων, με χρήση όμως μηχανικών συμπίεστων. Η πρώτη ευρεσιτεχνία (πατέντα) στροβιλοϋπερπληρωτή κατατέθηκε από τον Buchi το 1905, χρειάστηκαν όμως 50 χρόνια, για να μπορέσει το σύστημα αυτό να βρει την πλήρη





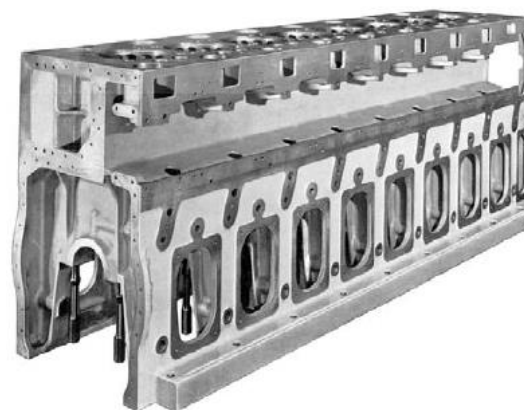
εφαρμογή του σε μεγάλες δίχρονες ναυτικές μηχανές. Η πρώτη ναυτική μηχανή με χρήση στροβιλοϋπερπληρωτή κατασκευάστηκε το 1927 από τη MAN, διαθέτοντας σύστημα υπερπληρώσεως σταθερής πίεσεως της Brown Boveri. Το σύστημα αυτό αύξησε την ισχύ της μηχανής από 1250 kW στις 240 στροφές/ λεπτό στα 1765 kW στις 275 στροφές/ λεπτό και στη συνέχεια στα 2960 kW στις 317 στροφές/ λεπτό.



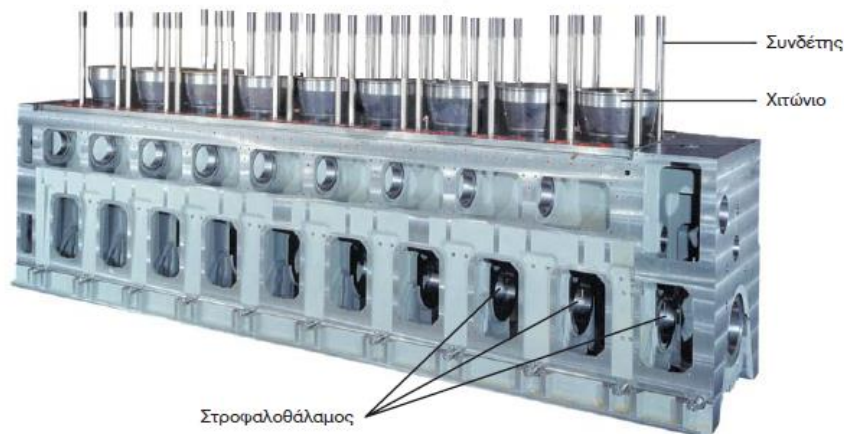
## 3.2 ΚΟΡΜΟΣ ΜΗΧΑΝΗΣ

### 3.2.1 ΣΚΕΛΕΤΟΣ & ΒΑΣΗ.

Ο σκελετός αποτελεί το κύριο τμήμα του κινητήρα, πάνω στον οποίο προσαρμόζονται όλα τα υπόλοιπα τμήματα και τα βασικά εξαρτήματα της μηχανής. Στις μεσόστροφες και ταχύστροφες μηχανές έχει κιβωτιοειδή μορφή και κατασκευάζεται με χύτευση από χυτοσίδηρο. Σ' αυτού του τύπου τις μηχανές ο σκελετός αποτελεί ενιαίο τμήμα με το σώμα των κυλίνδρων (κατασκευή monoblock), ενώ με την κάτω πλευρά του συνδέεται η ελαιολεκάνη (carter).



Αντίθετα, στις μεγάλες αργόστροφες μηχανές ο σκελετός κατασκευάζεται από ηλεκτροσυγκολλημένα χαλύβδινα ελάσματα. Κατ' αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται μείωση του βάρους μέχρι και 40%, μείωση του όγκου και αύξηση της αντοχής. Φέρει στα πλευρά του ανοίγματα, όπου προσαρμόζονται ανθρωποθυρίδες προσπελάσεως (access doors) και βαλβίδες ασφαλείας (explosion doors). Στο άνω μέρος του σκελετού τοποθετούνται οι κύλινδροι, ενώ το κάτω μέρος του στηρίζεται στη βάση της μηχανής. Για το λόγο αυτό φέρει ισχυρές προεξοχές στηρίξεως στα σημεία εδράσεως.



Η σύνδεση κυλίνδρων, σκελετού και βάσεως γίνεται με ειδικούς κοχλίες μεγάλου μήκους και μεγάλης ελαστικότητας (κοχλίες ελαστικής μηκύνσεως), οι οποίοι ονομάζονται συνδέτες ή εντατήρες.

Ανάλογα με τη διάταξη των κυλίνδρων, οι κινητήρες και κατ' επέκταση ο σκελετός τους διακρίνεται στις ακόλουθες κατηγορίες :

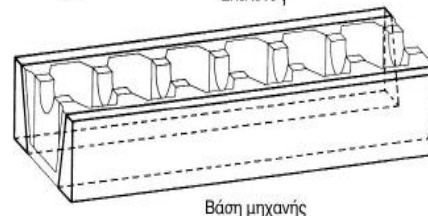
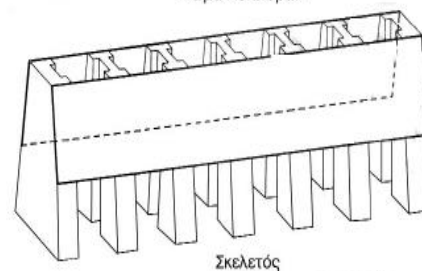
α) Διάταξη εν σειρά (in-line engine), στην οποία οι κύλινδροι τοποθετούνται κατακόρυφα, διαδοχικά και στο ίδιο επίπεδο. Στις μεγάλες μηχανές ο σκελετός ονομάζεται τύπου A, λόγω της χαρακτηριστικής μορφής των εγκαρσίων διαφραγμάτων του.

β) Διάταξη τύπου V (vee engine), στην οποία οι κύλινδροι τοποθετούνται σε δύο επίπεδα, που σχηματίζουν μεταξύ τους γωνία και δίνουν στο σκελετό της μηχανής το χαρακτηριστικό σχήμα του λατινικού γράμματος V.

γ) Διάταξη αντιτιθεμένων κυλίνδρων (boxer - or- posed cylinder engine), στην οποία οι κύλινδροι βρίσκονται αντίθετα τοποθετημένοι πάνω στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο. Ο τύπος αυτός συναντιέται αποκλειστικά σε βενζινοκινητήρες αυτοκινήτων και αεροσκαφών. Το υλικό κατασκευής του σκελετού αποτελούν κράματα αλουμινίου.

δ) Αστεροειδής διάταξη (radial engine), στην οποία οι κύλινδροι τοποθετούνται ακτινικά, σε ένα ή περισσότερα επίπεδα, με κέντρο το στροφαλοφόρο άξονα. Σχηματίζουν έτσι ένα είδος αστερά. Η διάταξη αυτή συναντιέται αποκλειστικά σε παλαιότερους αεροπορικούς κινητήρες.

Οι δύο πρώτοι από τους παραπάνω τύπους έχουν επικρατήσει ολοκληρωτικά στις ναυτικές μηχανές, ανεξάρτητα από το μέγεθος και την υποδύναμη. Η βάση ως τμήμα εμφανίζεται μόνο στις μεγάλες μηχανές. Πάνω στη βάση χτίζεται όλη η υπόλοιπη





μηχανή. Έχει κιβωτιοειδή μορφή και απαρτίζεται από δύο διαμήκεις δοκούς, οι οποίοι συνδέονται μεταξύ τους με εγκάρσιους δοκούς και διάτρητα διαφράγματα (για τη μείωση του βάρους και την ελεύθερη κυκλοφορία του λιπαντικού). Κατασκευάζεται από ηλεκτροσυγκολλημένα χαλύβδινα ελάσματα, που προσδίδουν στην όλη δομή την απαραίτητη ακαμψία με το ελάχιστο δυνατό βάρος. Η βάση στερεώνεται στο δάπεδο του μηχανοστασίου με ειδικές εδράσεις. Στο κάτω τμήμα της είναι κλειστή, σχηματίζοντας την ελαιολεκάνη. Οι εγκάρσιοι δοκοί είναι κατάλληλα διαμορφωμένοι, έτσι ώστε να μπορούν να υποδεχθούν το κάτω ήμισυ των εδράνων στηρίξεως του στροφαλοφόρου άξονα. Το επάνω ήμισυ των εδράνων στηρίξεως τοποθετείται στο κάτω μέρος του σκελετού. Μετά τη συναρμολόγηση της βάσεως και του σκελετού σχηματίζεται στο εσωτερικό τους ένας ενιαίος χώρος, που περικλείει το στροφαλοφόρο άξονα και ονομάζεται στροφαλοθάλαμος (crankcase).

Στις μεσόστροφες και ταχύστροφες πετρελαιομηχανές η βάση δεν αποτελεί ξεχωριστό τμήμα της μηχανής. Στη θέση της υπάρχει η ελαιολεκάνη, ενώ ο σκελετός στηρίζεται κατευθείαν σε δύο ανεξάρτητους διαμήκεις δοκούς εδράσεως.

### 3.2.2 ΣΩΜΑ ΚΥΛΙΝΔΡΟΥ.

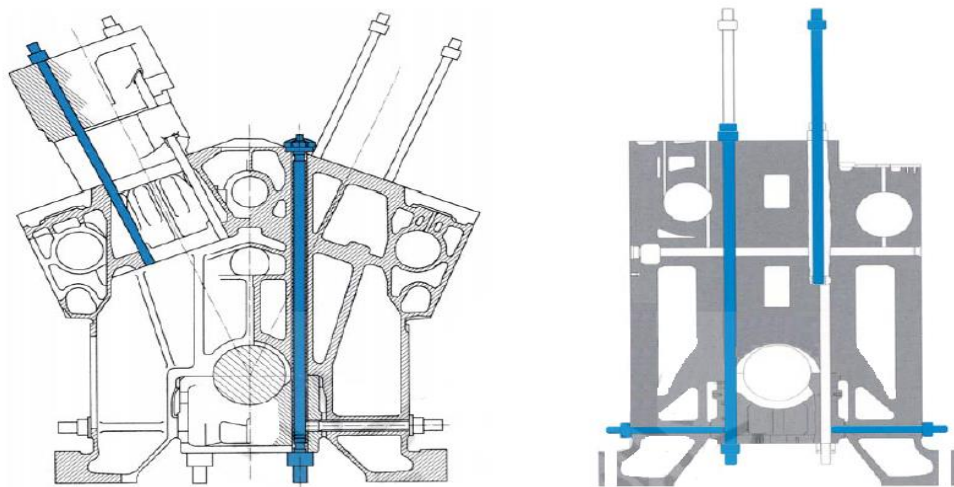
Το σώμα των κυλίνδρων είναι το δομικό στοιχείο της μηχανής που περικλείει τους κυλίνδρους και συνδέεται με το άνω μέρος του σκελετού. Στις μικρές και μεσαίους μεγέθους μηχανές αποτελεί ενιαίο τμήμα με το σκελετό, ενώ συχνά οι κύλινδροι είναι διαμορφωμένοι επάνω στο ίδιο τεμάχιο. Στις μεγάλες μηχανές το σώμα των κυλίνδρων περιβάλλει και στηρίζει τα χιτώνια, τα οποία σχηματίζουν τους κυλίνδρους της μηχανής. Το σώμα των κυλίνδρων είναι μια σχετικά πολύπλοκη κατασκευή, που περιλαμβάνει εκτός από τους κυλίνδρους, τους θαλάμους κυκλοφορίας του νερού ψύξεως (υδροχιτώνια - υδροθάλαμοι) και τμήμα των αγωγών κυκλοφορίας του λαδιού. Στις αργόστροφες μηχανές, το σώμα των κυλίνδρων κατασκευάζεται από χυτοσίδηρο ή από συγκολλημένα χαλύβδινα ελάσματα σε συναρμολογούμενα τμήματα. Τα τμήματα αυτά περιέχουν ένα ή περισσότερα χιτώνια κυλίνδρων. Στις μικρότερες μηχανές το σώμα των κυλίνδρων αποτελεί ενιαίο χυτό τμήμα (κατασκευή monoblock). Το σώμα των κυλίνδρων στους μικρούς κινητήρες μπορεί να είναι υδρόψυκτο ή αερόψυκτο, με χιτώνια ή χωρίς. Στην περίπτωση που ο κινητήρας είναι αερόψυκτος, τότε το σώμα των κυλίνδρων φέρει εξωτερικά πτερύγια ψύξεως. Στις μικρές μηχανές χωρίς χιτώνια οι κύλινδροι καταπονούνται από τις υψηλές πιέσεις και θερμοκρασίες της καύσεως και από ισχυρές θερμικές τάσεις, εξαιτίας της ταχείας αλλαγής της θερμοκρασίας. Κάτω από αυτές τις συνθήκες η τριβή με το έμβολο προκαλεί αυξημένες φθορές στην εσωτερική τους επιφάνεια. Συνεπώς, οι κύλινδροι αυτοί πρέπει να έχουν μεγάλη αντοχή και ακαμψία, καλή θερμοαγωγιμότητα και ελάχιστη θερμική διαστολή. Για τους παραπάνω λόγους το σώμα των κυλίνδρων κατασκευάζεται από ειδικό χυτοσίδηρο (χυτοσίδηρος με σφαιροειδή γραφίτη - nodular cast iron) ή από κράματα αλουμινίου (αεροπορικοί κινητήρες, κινητήρες αυτοκινήτων και διτρόχων). Στις μικρές μηχανές το σώμα των κυλίνδρων με την επάνω επιφάνεια του εμβόλου και την κάτω επιφάνεια του πώματος των κυλίνδρων ορίζουν τους χώρους καύσεως.

### 3.2.3 ΣΥΝΔΕΤΕΣ

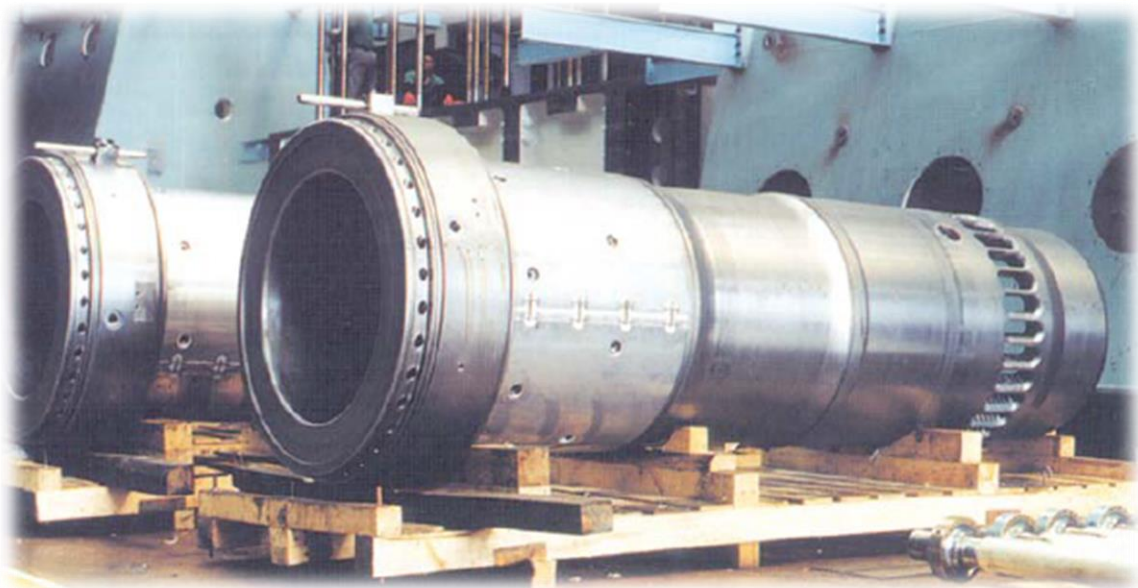
Οι συνδέτες είναι κοχλίες μεγάλου μήκους (κοχλίες ελαστικής μηκύνσεως), οι οποίοι συνδέουν το σώμα των κυλίνδρων, το σκελετό και τη βάση της μηχανής. Είναι μάλιστα ομοιόμορφα κατανεμημένοι, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η ομαλή παραλαβή των τάσεων από την καύση και από την παλινδρομική κίνηση των μαζών. Λόγω των ταλαντώσεων οι συνδέτες βρίσκονται πάντα κάτω από ισχυρή σύσφιγξη (προένταση). Το περικόχλιο δεν φέρει ποτέ ασφαλιστικό δακτύλιο (ροδέλα) για να μην μειώνεται η προένταση. Για τη σύσφιγξη ή τη χαλάρωση των συνδετών χρησιμοποιούνται ειδικά υδραυλικά εργαλεία σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή. Στις μικρές μηχανές χρησιμοποιούνται για τη σύσφιγξη ειδικά χειροκίνητα ροπόκλειδα. Κατά την αφαίρεση και επανατοποθέτηση των συνδετών λιπαίνονται πάντα τα σπειρώματά τους, ενώ ελέγχεται και η προέντασή τους.

### 3.3 ΧΙΤΩΝΙΑ-ΚΕΦΑΛΗ ΚΥΛΙΝΔΡΟΥ-ΒΑΛΒΙΔΕΣ-ΕΜΒΟΛΑ-ΔΙΟΣΤΗΡΕΣ

- Το **χιτώνιο** είναι το κυλινδρικής διατομής τμήμα της μηχανής, εντός του οποίου παλινδρομεί το έμβολο. Στους σκελετούς ενιαίου τύπου τα χιτώνια τοποθετούνται εντός του σώματος των κυλίνδρων ή εντός του σκελετού της μηχανής. Η διαιρετή αυτή κατασκευή προσφέρει το πλεονέκτημα της εύκολης αντικαταστάσεως σε περίπτωση φθοράς. Τα χιτώνια κατασκευάζονται από ειδικά κράματα φαιού χυτοσιδήρου (με απλή ή φυγοκεντρική χύτευση), έτσι ώστε να επιτυγχάνεται μεγάλη αντοχή στις πιέσεις και αντίσταση στη φθορά από την παλινδρόμηση του εμβόλου και τη χρήση βαρέος πετρελαίου. Η καταπόνηση των χιτωνίων είναι σύνθετη και περιοδικά μεταβαλλόμενη, με ισχυρότερες τις εφελκυστικές τάσεις λόγω των εσωτερικών πιέσεων.



- Η κατασκευή τους μπορεί να είναι ενιαία ή διαιρετή, έτσι ώστε τα τμήματα που φθείρονται περισσότερο (στην περιοχή του ΑΝΣ), να αντικαθίστανται. Τα χιτώνια διακρίνονται σε δύο τύπους: -Στα υγρά (υδροχιτώνια) και στα ξηρά που χρησιμοποιούνται σε μηχανές μικρής ισχύος. Στα υγρά το ψυκτικό υγρό έρχεται σε άμεση επαφή με το χιτώνιο, είτε διαβρέχοντάς το εξωτερικά (ρέοντας στο χώρο ανάμεσα στο χιτώνιο και τον περιχιτώνιο θάλαμο του σώματος των κυλίνδρων), είτε ψύχοντάς το με εσωτερικούς αγωγούς (κυρίως στο άνω τμήμα του). Τα ξηρά χιτώνια δεν έρχονται σε επαφή με το ψυκτικό υγρό. Τοποθετούνται με πίεση μέσα στον περιχιτώνιο θάλαμο του σώματος των κυλίνδρων. Η ψύξη επιτυγχάνεται με αγωγή θερμότητας προς το ψυχόμενο σώμα των κυλίνδρων. Στα υγρού τύπου χιτώνια, η στεγανοποίηση στην κορυφή τους επιτυγχάνεται με κατάλληλη επεξεργασία των επιφανειών επαφής χιτωνίου-περιχιτωνίου. Στο κατώτερο μέρος η στεγανοποίηση



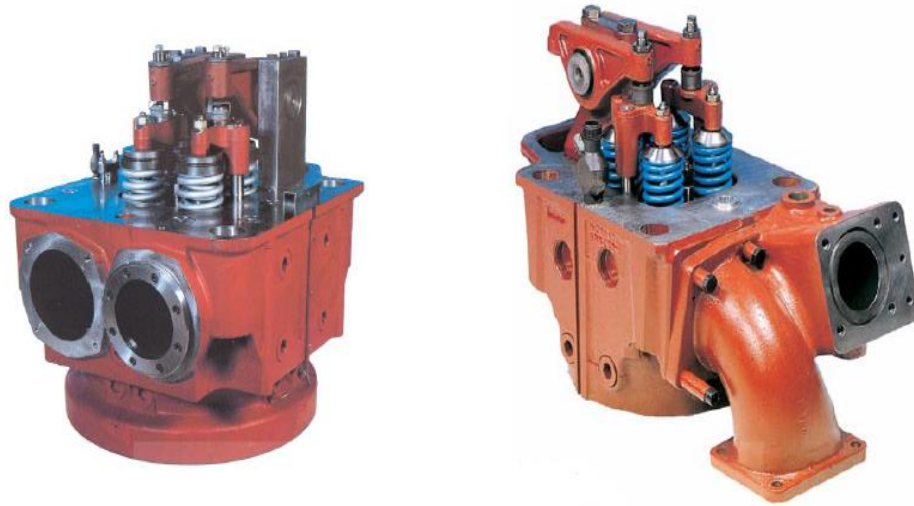
επιτυγχάνεται με τη χρήση δακτυλίων από συνθετικό υλικό.

Κατά την τοποθέτησή του το χιτώνιο ευθυγραμμίζεται με τη βοήθεια ειδικού οδηγού (ευθυντηρίας), διαμορφωμένου στο σκελετό της μηχανής.

Στις βενζινομηχανές δεν χρησιμοποιούνται συνήθως χιτώνια, ενώ ο κύλινδρος διαμορφώνεται με ειδική κατεργασία λειάνσεως κατ' ευθείαν στο σώμα του κινητήρα.

- **Η κεφαλή (πώμα- καπάκι) των κυλίνδρων** προσαρμόζεται στο επάνω μέρος των χιτωνίων (ή του κορμού σε μηχανές μικρής ισχύος), σχηματίζοντας μαζί με τα χιτώνια και το επάνω μέρος του εμβόλου το χώρο, όπου πραγματοποιείται η καύση. Μπορεί να είναι ολόσωμη (μηχανές μικρής ισχύος) ή διαιρούμενη, δηλαδή κάθε κύλινδρος να έχει τη δική του κεφαλή. Συνδέεται με το άνω τμήμα του κορμού της μηχανής με τη βοήθεια φυτευτώνκοχλιών ελαστικής μηκύνσεως (μπουζόνια). Η σύσφιξη των κοχλιών γίνεται με ειδική σειρά και προκαθορισμένη από τον κατασκευαστή ροπή με τη χρήση ειδικών δυναμοδεικτικών κλειδιών (ροπόκλειδα) ή ειδικών υδραυλικών διατάξεων. Μεταξύ του σώματος (ή των χιτωνίων) και της κεφαλής των κυλίνδρων παρεμβάλλεται ένα ειδικό παρέμβυσμα (φλάντζα κεφαλής) για την εξασφάλιση πλήρους στεγανότητας. Σε πολλές μηχανές, η

εσωτερική διαμόρφωση της κεφαλής σχηματίζει εξ ολοκλήρου το θάλαμο καύσεως, ενώ το έμβολο στη θέση του ΑΝΣ συμπίπτει με το σημείο που τελειώνει το χιτόνιο. Στην κεφαλή των βενζινομηχανών βρίσκονται οι βαλβίδες εισαγωγής του καυσίμου μείγματος κι εξαγωγής των καυσαερίων (στις τετράχρονες μηχανές) μαζί με τα συστήματα κινήσεώς τους, ο αναφλεκτήρας (μπουζί), ο εκκεντροφόρος άξονας (σε ορισμένες μηχανές), καθώς και τμήμα των αγωγών εισαγωγής κι εξαγωγής.



Το εσωτερικό μέρος της κεφαλής είναι κατασκευασμένο με κατάλληλες κοιλότητες. Σχηματίζονται έτσι οι απαραίτητοι υδροθάλαμοι και αγωγοί νερού για την ψύξη της κεφαλής, ενώ επιτυγχάνεται η επικοινωνία με τους αντίστοιχους υδροθαλάμους του σώματος των κυλίνδρων. Στην κεφαλή των τετράχρονων πετρελαιομηχανών βρίσκονται οι βαλβίδες εισαγωγής και εξαγωγής, ο εγχυτήρας (μπεκ) του πετρελαίου, η βαλβίδα του αέρα εκκινήσεως, η ασφαλιστική βαλβίδα προς αποφυγή υπερπίεσεως καθώς και ο δυναμοδεικτικός κρουνός για τη λήψη διαγραμμάτων και τον έλεγχο της καύσεως. Η ψύξη της κεφαλής πραγματοποιείται, όπως και στις υδρόψυκτες βενζινομηχανές, με κατάλληλους εσωτερικούς αγωγούς, που επικοινωνούν με τους αντίστοιχους αγωγούς του σώματος των κυλίνδρων. Στις δίχρονες πετρελαιομηχανές, απουσιάζουν οι βαλβίδες εισαγωγής, ενώ οι βαλβίδες εξαγωγής συναντώνται συνήθως σε όλες τις αργόστροφες πετρελαιομηχανές μεγάλης ισχύος. Η κεφαλή των κυλίνδρων στις πετρελαιομηχανές κατασκευάζεται από χυτοσίδηρο, ενώ στις βενζινομηχανές χρησιμοποιούνται κράματα αλουμίνιου για τη μείωση του βάρους και την καλύτερη απόσβεση των ταλαντώσεων.





- **Οι βαλβίδες**, με το άνοιγμα και το κλείσιμό τους στις κατάλληλες χρονικές στιγμές του κύκλου λειτουργίας της μηχανής, ρυθμίζουν την εισαγωγή του αέρα ή του καυσίμου μείγματος και την εξαγωγή των καυσαερίων. Σε κάθε κύλινδρο τετράχρονης μηχανής υπάρχουν τουλάχιστον δύο βαλβίδες, μία της εισαγωγής του αέρα ή του καυσίμου μείγματος και μία της εξαγωγής των καυσαερίων. Μπορεί όμως να υπάρχουν και περισσότερες από δύο βαλβίδες σε κάθε κύλινδρο, δηλαδή τρεις βαλβίδες, από τις οποίες οι δύο είναι της εισαγωγής και η μία της εξαγωγής, τέσσερις βαλβίδες, από τις οποίες οι δύο είναι της εισαγωγής και οι δύο της εξαγωγής ή πέντε βαλβίδες, από τις οποίες οι τρεις είναι της εισαγωγής και οι δύο της εξαγωγής.
- Οι βαλβίδες εισαγωγής (σε μονό αριθμό βαλβίδων) είναι περισσότερες από αυτές της εξαγωγής για τον καλύτερο καθαρισμό των κυλίνδρων από τα καυσαέρια και την καλύτερη πλήρωση με αέρα ή με καύσιμο μείγμα. Σε όλους τους σύγχρονους τύπους μεγάλων διχρόνων πετρελαιομηχανών και σε ορισμένους τύπους διχρόνων μηχανών μικρής ισχύος υπάρχουν μόνο βαλβίδες (ή βαλβίδα) εξαγωγής. ". βαλβίδα αποτελείται από την κεφαλή, το στέλεχος και την ουρά. Η κεφαλή είναι το κάτω τμήμα της βαλβίδας με το χαρακτηριστικό σχήμα μανιταριού. Όταν η βαλβίδα είναι κλειστή, η κεφαλή της εφάπτεται στεγανά στην αντίστοιχη έδρα της, στην κεφαλή των κυλίνδρων.
- Το στέλεχος είναι κυλινδρικός επιμήκης άξονας που στηρίζει και μεταφέρει την κίνηση στην κεφαλή. Το στέλεχος ολισθαίνει στο εσωτερικό του οδηγού της βαλβίδας. Η ουρά αποτελεί το ανώτερο τμήμα της βαλβίδας, και φέρει μία ή περισσότερες εγκοπές.

Εκεί τοποθετούνται οι κωνικές διαιρούμενες ασφάλειες, που συγκρατούν το δακτύλιο στηρίξεως του ελατηρίου επαναφοράς. Οι βαλβίδες βρίσκονται τοποθετημένες στην κεφαλή των κυλίνδρων και δέχονται την κίνηση από τον εκκεντροφόρο άξονα. Όταν ο εκκεντροφόρος άξονας βρίσκεται στο σώμα των κυλίνδρων, τότε η κίνηση στις βαλβίδες μεταδίδεται με τη βοήθεια ωστηρίου, ωστικής ράβδου και ζυγώθρου. Όταν ο εκκεντροφόρος άξονας βρίσκεται στην κεφαλή των κυλίνδρων («εκκεντροφόρος επί κεφαλής»), μεταδίδει την κίνηση απευθείας στα ζύγωθρα ή στα καπελότα (κεφαλή χωρίς ζύγωθρα).

Οι βαλβίδες κατασκευάζονται από χρωμονικελιούχο χάλυβα, κράματα νικελίου ή κράματα κοβαλτίου, λόγω της αυξημένης αντοχής τους στις υψηλές θερμοκρασίες. Σε ορισμένες μηχανές οχημάτων οι βαλβίδες περιέχουν στο εσωτερικό τους άλατα νατρίου για την καλύτερη ψύξη τους. Το κωνικό τμήμα της κεφαλής της βαλβίδας και το αντίστοιχο τμήμα στην έδρα της πάνω στην κεφαλή των κυλίνδρων έχουν υποστεί ειδική κατεργασία, έτσι ώστε κατά το κλείσιμο της βαλβίδας να επιτυγχάνεται απόλυτη στεγανοποίηση. Ελατήρια επαναφέρουν τις βαλβίδες στην κλειστή θέση, όταν παύει η επίδραση των έκκεντρων του εκκεντροφόρου άξονα. Τοποθετούνται στην κεφαλή των κυλίνδρων και στερεώνονται με τη βαλβίδα στην ουρά της, με τη χρήση καταλλήλων δακτυλίων και κωνικών ασφαλειών. Κάθε βαλβίδα συνεργάζεται με ένα ή δύο ελατήρια (με το δεύτερο ελατήριο στο εσωτερικό του πρώτου). Τα ελατήρια των βαλβίδων κατασκευάζονται από ειδικό χάλυβα ελατηρίων. Έχουν σπειροειδή μορφή, ενώ ο αριθμός των σπειρών, η διατομή τους και η διάμετρος του ελατηρίου εξαρτώνται από τη δύναμη (τάση)



επαναφοράς τους. Αυτή πρέπει να έχει κατάλληλη τιμή ώστε να στεγανοποιείται πλήρως ο θάλαμος καύσεως του κυλίνδρου και να αποφεύγονται ανεπιθύμητες ταλαντώσεις λόγω συντονισμού, κατά το άνοιγμα και το κλείσιμο της βαλβίδας.

- **Το έμβολο** είναι ένα από τα πιο σημαντικά μέρη της μηχανής, καθώς επιτρέπει την ελεγχόμενη εκτόνωση των καυσαερίων και την παραγωγή του ωφέλιμου έργου. Παλινδρομεί μεταξύ ΑΝΣ και ΚΝΣ εντός του κυλίνδρου. Μαζί με το διωστήρα και το στροφαλοφόρο άξονα αποτελούν το μηχανισμό μεταφοράς και μετατροπής της κινήσεως. Οι λειτουργίες που επιτελεί το έμβολο είναι οι εξής:
  1. Παραλαμβάνει την πίεση των καυσαερίων και τη μετατρέπει σε δύναμη στο διωστήρα μέσω του πείρου του.
  2. Στεγανοποιεί το χώρο καύσεως από το στροφαλοθάλαμο με τη βοήθεια των ελατηρίων συμπίεσεως, ελατήρια του εμβόλου εξασφαλίζουν την απαραίτητη στεγανοποίηση του χώρου καύσεως, έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η μέγιστη δυνατή συμπίεση του αέρα, να αποφεύγεται η διαφυγή καυσαερίων προς το στροφαλοθάλαμο και να αποτρέπεται η εισροή λαδιού λιπάνσεως στο χώρο καύσεως. Τα ελατήρια του εμβόλου διακρίνονται στα ελατήρια συμπίεσεως, που έχουν προορισμό τη στεγανοποίηση του θαλάμου καύσεως και στα ελατήρια λαδιού, τα οποία βοηθούν στην ομοιόμορφη διανομή του λαδιού και εμποδίζουν το λάδι της λιπάνσεως να εισέρχεται στο θάλαμο καύσεως. Τα ελατήρια έχουν δακτυλιοειδές σχήμα, μη ολοκληρωμένου κύκλου, για να είναι δυνατή η τοποθέτησή τους στις εγκοπές του εμβόλου και να παραλαμβάνονται οι θερμικές διαστολές. Η εσωτερική διάμετρος των ελατηρίων είναι μικρότερη της εξωτερικής διαμέτρου του εμβόλου, αλλά μεγαλύτερη της διαμέτρου των αυλακώσεων. Η εξωτερική τους διάμετρος είναι μεγαλύτερη της εσωτερικής διαμέτρου του κυλίνδρου. Έτσι, για την τοποθέτησή τους στο έμβολο είναι απαραίτητη η διαστολή τους, ενώ για να τοποθετηθεί το έμβολο με τα ελατήρια εντός του κυλίνδρου είναι απαραίτητη η σύσφιγξή τους. Το τμήμα που απουσιάζει από το ελατήριο, παραλαμβάνει τη σύσφιγξη αυτή, καθώς και τις θερμικές διαστολές.

Τα ελατήρια κατασκευάζονται από φαιόχυτοσίδηρο ή από χυτοσίδηρο με σφαιροειδή γραφίτη ή κραματωμένο χάλυβα, για τις περιπτώσεις υψηλών καταπονήσεων. Η κατασκευή τους γίνεται συχνά με κοπή από ενιαίο σωλήνα. Ο σωλήνας αυτός έχει κατασκευαστεί με φυγοκεντρική χύτευση, για να επιτυγχάνεται λεπτόκοκκη δομή και άρα υψηλή αντοχή. Ακολουθεί επιφανειακή κατεργασία σκληρύνσεως με επικάλυψη νικελίου ή μολυβδαινίου για να αποκτήσει μεγαλύτερη αντοχή στην τριβή και στην υψηλή θερμοκρασία. Η επικάλυψη είναι απαραίτητη λόγω της απουσίας ικανοποιητικής λιπάνσεως στα πρώτα ελατήρια συμπίεσεως.

Το περισσότερο καταπονούμενο ελατήριο είναι το πρώτο κατά σειρά από την πλευρά του θαλάμου καύσεως. Στις ναυτικές μηχανές υπάρχουν 2 έως 5 ελατήρια συμπίεσεως. Το πρώτο ή και το δεύτερο είναι συνήθως επιχρωμιωμένα εξαιτίας της υψηλής θερμικής τους καταπονήσεως.

Οι τετράχρονες ναυτικές μηχανές φέρουν συνήθως ένα ή δύο ελατήρια λαδιού. Οι δίχρονες ναυτικές μηχανές με βάκτρο δεν φέρουν ιδιαίτερα ελατήρια λαδιού. Τη λειτουργία τους αντικαθιστούν τα ελατήρια συμπίεσεως.

- Σκοπός του **διωστήρα** είναι να μετατρέπει την ευθύγραμμη κίνηση του εμβόλου ή του βάκτρου (σε μεγάλες μηχανές), σε περιστροφική και να τη μεταφέρει στο στροφαλοφόρο άξονα και αντίστροφα. Κατασκευάζεται από σφυρήλατο χάλυβα. Φέρει στα άκρα του δύο οπές για να συνδέεται με τον πείρο του εμβόλου (ή στο κομβίο του ζυγώματος) και το κομβίο του στροφάλου. Στις δύο οπές προσαρμύζονται διαιρούμενοι τριβείς, οι οποίοι είναι επενδυμένοι συνήθως με λευκό μέταλλο. Εσωτερικά ο διωστήρας φέρει αγωγούς που μεταφέρουν το λιπαντικό υγρό στους τριβείς. Ο διωστήρας διακρίνεται στα παρακάτω μέρη:

α) Την κεφαλή του διωστήρα: Είναι το ανώτερο τμήμα του, το οποίο συνδέεται με το έμβολο, μέσω του πείρου του. Ο πείρος αυτός περνά από την οπή της κεφαλής του διωστήρα. Στην περίπτωση που συνδέεται με το κομβίο του ζυγώματος, η κεφαλή είναι διαιρούμενη και αποτελείται από δύο ημικελύφη με δύο αντίστοιχους ημιτριβείς.

β) Το στέλεχος του διωστήρα: Είναι η δοκός που συνδέει την κεφαλή με το πόδι. Για την αύξηση της αντοχής και τη μείωση του βάρους του, η διατομή του έχει τη μορφή διπλού ταυ (H) στις μικρές μηχανές, ενώ στις πετρελαιομηχανές μεγάλης ισχύος είναι ελλειπτική.

γ) Το πόδι του διωστήρα: Είναι αυτό που σχηματίζει το έδρανο ολισθήσεως του διωστήρα, το οποίο περιβάλλει το κομβίο του στροφάλου. Είναι πάντα διαιρούμενο και αποτελείται από δύο ημικελύφη. Το ένα ημικέλυφος είναι συνδεδεμένο με το κάτω άκρο του στελέχους (είτε ως ενιαίο τμήμα είτε συνδεδεμένο με ειδικούς κοχλίες), ενώ το δεύτερο αγκαλιάζει το κομβίο του στροφάλου. Τα δύο ημικελύφη συνδέονται με τη βοήθεια ειδικών κοχλιών, ενώ συσφίγγονται με συγκεκριμένη ροπή προεντάσεως. Μεταξύ του κομβίου του στροφάλου και των δύο ημικελύφων παρεμβάλλονται δύο ημιτριβείς, κατασκευασμένοι από μαλακά μέταλλα.

Η λίπανση της εδράσεως επιτυγχάνεται με την παροχή λαδιού μέσω ειδικών διόδων στο στροφαλοφόρο άξονα.

### 3.4 ΒΑΚΤΡΟ- ΣΤΥΠΕΙΟΘΛΙΠΤΗΣ -ΖΥΓΩΜΑ

- Το **βάκτρο** μαζί με το ζύγωμα συναντώνται στις δίχρονες αργόστροφες μηχανές μεγάλης ισχύος. Το βάκτρο είναι ένας χαλύβδινος βραχίονας, του οποίου το ένα άκρο συνδέεται με το ζύγωμα, ενώ το άλλο συνδέεται σταθερά στο κάτω μέρος του εμβόλου. Με τη χρήση του βάκτρου, η ευθύγραμμη κίνηση του εμβόλου μεταδίδεται ως ευθύγραμμη παλινδρομική έως το ζύγωμα, όπου και συνδέεται ο διωστήρας. Με το μηχανισμό αυτό οι πλάγιες δυνάμεις, λόγω της κινήσεως του διωστήρα, δεν μεταδίδονται στο έμβολο, αλλά στο ζύγωμα, με αποτέλεσμα τη μείωση της φθοράς του εμβόλου και του χιτωνίου. Παράλληλα, επιτυγχάνεται η μείωση του πλάτους (και του όγκου)

της μηχανής, ενώ είναι δυνατή η στεγανοποίηση του χώρου κάτω από το έμβολο (με τη βοήθεια του στυπιοθλιπτή), για τη χρήση του ως αντλίας σαρώσεως. Ο χώρος αυτός ονομάζεται κιβώτιο σαρώσεως και είναι ανεξάρτητος του στροφαλοθαλάμου. Το βάκτρο σε ορισμένους τύπους μηχανών φέρει εσωτερικά, ειδικά διαμορφωμένους αγωγούς για την κυκλοφορία του ψυκτικού μέσου της κεφαλής του εμβόλου. Στο κάτω μέρος του το βάκτρο συνδέεται με το ζύγωμα. Αυτό επιτυγχάνεται είτε με τη διαμόρφωση στο βάκτρο σπειρώματος υψηλής αντοχής και περικοχλίου, είτε με τη χρήση ανεξαρτήτων κοχλιών. Η σύσφιγξη των κοχλιών γίνεται πάντα με την εφαρμογή υδραυλικής προεντάσεως. Κατ' αυτόν τον τρόπο μειώνεται η καταπόνηση που προκαλούν οι ισχυρές αδρανειακές ταλαντώσεις που αναπτύσσονται.

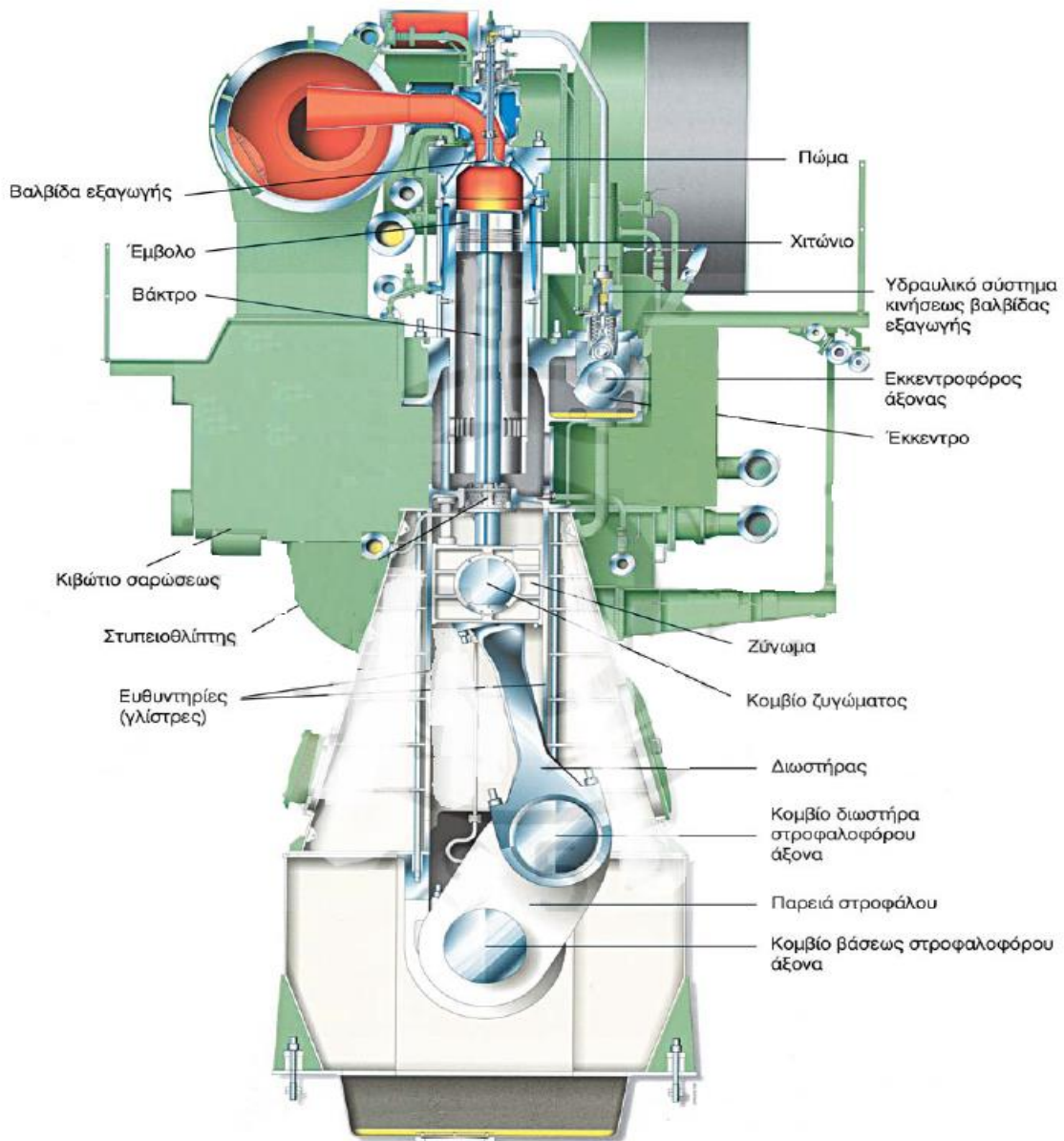
- Το **ζύγωμα** είναι ένας ολισθητήρας, που διαθέτει αρθρωτή σύνδεση για τη μετάδοση της κινήσεως από το βάκτρο στο διωστήρα. Το ζύγωμα ολισθαίνει κατακόρυφα πάνω στις ευθυντηρίες του σώματος της μηχανής, παραλαμβάνοντας τις πλάγιες δυνάμεις που αναπτύσσονται λόγω της μεταβαλλόμενης κλίσεως του διωστήρα.

Κατασκευάζεται από χάλυβα και φέρει ειδικό κομβίο, πάνω στο οποίο προσαρμολάζονται οι τριβείς της κεφαλής του διωστήρα. Στα σημεία επαφής του με τις ευθυντηρίες τοποθετούνται αφαιρούμενα πέδιλα από λευκό μέταλλο για να μειώνεται η τριβή κατά την ολίσθησή του. Λόγω των μεγάλων πλαγίων δυνάμεων που αναπτύσσονται, είναι άκρως απαραίτητη η πολύ καλή λίπανση των επιφανειών τριβής μεταξύ ζυγώματος και ευθυντηριών.

- Ο **στυπιοθλιπτής** τοποθετείται στο μεταλλικό διάφραγμα, στον πυθμένα του κιβωτίου σαρώσεως. Το βάκτροπαλινδρομεί μέσα στο στυπιοθλιπτή, ο οποίος δεν επιτρέπει να διαφεύγει ο αέρας σαρώσεως προς το στροφαλοθάλαμο ή να περνά λάδι από το στροφαλοθάλαμο προς το χώρο σαρώσεως. Για το λόγο αυτό, ο στυπιοθλιπτής φέρει στεγανωτικούς δακτυλίους και δακτυλίους αποξέσεως λαδιού. Οι στεγανοποιητικοί δακτύλιοι συγκρατούνται γύρω από το βάκτρο με εξωτερικά ελατήρια.

### 3.5 ΣΤΡΟΦΑΛΟΦΟΡΟΣ & ΕΚΕΝΤΡΟΦΟΡΟΣ ΑΞΟΝΑΣ

Ο στροφαλοφόρος άξονας μετατρέπει, με τη βοήθεια των διωστήρων, την ευθύγραμμη κίνηση των εμβόλων σε περιστροφική. Έχει χαρακτηριστικό σπαστό σχήμα, και αποτελείται από διαδοχικά τμήματα σχήματος Π. Είναι ένα από τα βαρύτερα και ακριβότερα τμήματα του κινητήρα. Κατασκευάζεται από σφυρήλατο χάλυβα (χρωμονικελιούχο ανοξείδωτο χάλυβα) άριστης ποιότητας και υψηλής αντοχής.



Αποτελείται από τα κύρια κομβία βάσεως (που εδράζονται στα έδρανα βάσεως της μηχανής) και τα κομβία των διωστήρων, τα οποία συνδέονται μεταξύ τους με τους βραχίονες (παρειές, μάγουλα ή κιθάρες). Δύο βραχίονες μαζί με το κομβίο του διωστήρα αποτελούν το λεγόμενο αγκώνα (στρόφαλος). Ο αριθμός των αγκώνων ισούται με τον αριθμό των κυλίνδρων. Όλοι οι αγκώνες ωστόσο δεν βρίσκονται τοποθετημένοι στο ίδιο επίπεδο. Ο στροφαλοφόρος άξονας μπορεί να είναι ολόσωμος (μικρές μηχανές) ή διαιρούμενος (μεγάλες μηχανές). Οι βραχίονες του στροφαλοφόρου άξονα φέρουν αντίβαρα για τη ζυγοστάθμιση των εκκέντρων μαζών του στροφαλοφόρου και των παλινδρομούντων μαζών του εμβόλου και του διωστήρα. Τα αντίβαρα μπορεί να κατασκευάζονται σε ενιαίο τμήμα με τους



βραχίονες ή να είναι πρόσθετα και να συνδέονται με κοχλίες. Με το άκρο του στροφαλοφόρου άξονα συνδέεται ο σφόνδυλος. Από το στροφαλοφόρο άξονα, μέσω οδοντωτών τροχών ή αλυσίδων, μεταδίδεται η κίνηση στον εκκεντροφόρο άξονα και στους διάφορους βοηθητικούς μηχανισμούς. Στο εσωτερικό του φέρει αγωγούς για τη διοχέτευση του ελαίου λιπάνσεως προς τους κύριους τριβείς βάσεως, τους τριβείς των κομβίων των διωστήρων και μέσω των διωστήρων στα έμβολα (σε ορισμένες μηχανές).



Ο εκκεντροφόρος (κνωδακοφόρος) άξονας μεταδίδει την κίνηση για το άνοιγμα και το κλείσιμο των βαλβίδων εισαγωγής και εξαγωγής, ενώ παράλληλα μεταδίδει την κίνηση και σε βοηθητικούς μηχανισμούς. Δέχεται την κίνηση από το στροφαλοφόρο άξονα, μέσω της αλυσίδας (καδένας), του οδοντωτού μάντα (στις μικρές μηχανές) ή με τη βοήθεια οδοντωτών τροχών. Το κύριο στοιχείο του είναι τα έγκεντρα (κνώδακες), τοποθετημένα σε κατάλληλες θέσεις και γωνίες κατά μήκος του.

Τα έγκεντρα μετατρέπουν την περιστροφική κίνηση του εκκεντροφόρου άξονα σε παλινδρομική των ωστηρίων και των βαλβίδων. Η εκκεντρότητά τους καθορίζει το βύθισμα των βαλβίδων, ενώ η καμπυλότητά τους καθορίζει την ταχύτητα ανοίγματος και κλεισίματος των βαλβίδων όπως και το χρόνο παραμονής σε ανοικτή θέση. Η γωνία τοποθετήσεώς τους καθορίζει το χρονισμό των βαλβίδων. Ο εκκεντροφόρος με την παρεμβολή των τριβέων ολισθήσεως εδράζεται στον κορμό της μηχανής ή στο πώμα στην περίπτωση «εκκεντροφόρου επί κεφαλής».

Ο εκκεντροφόρος κινεί εκτός από τις βαλβίδες εισαγωγής και εξαγωγής, τη βαλβίδα αέρα εκκινήσεως και τις αντλίες καυσίμου. Στις βενζινομηχανές κινεί τη μηχανική αντλία βενζίνης, την αντλία λαδιού και το διανομέα ρεύματος. Στους σύγχρονους βενζινοκινητήρες μάλιστα, λόγω του μεγάλου αριθμού βαλβίδων ανά κύλινδρο, συνηθίζεται η χρήση δύο «εκκεντροφόρων επί κεφαλής» για κάθε μπλοκ κυλίνδρων (τέσσερις εκκεντροφόροι σε μηχανές με διάταξη κυλίνδρων τύπου V ή αντιτιθεμένων κυλίνδρων - Boxer).

Στις μεγάλες πετρελαιομηχανές τύπου V, κάθε μπλοκ κυλίνδρων μπορεί να έχει το δικό του εκκεντροφόρο άξονα για τον έλεγχο των βαλβίδων και των βοηθητικών μηχανισμών. Διαφορετικά υπάρχει κοινός εσωτερικός εκκεντροφόρος για τον έλεγχο των βαλβίδων και ξεχωριστοί εξωτερικοί εκκεντροφόροι για τους βοηθητικούς μηχανισμούς (αντλίες καυσίμου). Οι αναστρεφόμενες μηχανές φέρουν διπλά



έκκεντρα στον εκκεντροφόρο άξονα, το ένα από τα οποία είναι για την πρόσω κίνηση και το άλλο για την κίνηση ανάποδα. Για την εμπλοκή του αντίστοιχου εκκέντρου, ο εκκεντροφόρος άξονας μετατοπίζεται αξονικά, καθώς ασκείται υδραυλική πίεση.

Ο εκκεντροφόρος άξονας κατασκευάζεται από νικελιούχο ή χρωμιονικελιούχο χάλυβα.

## 3.6 ΕΚΚΙΝΗΣΗ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΜΗΧΑΝΩΝ

### 3.6.1 ΠΡΟΘΕΡΜΑΝΣΗ ΜΗΧΑΝΗΣ

Πριν από τη φόρτισή της, η μηχανή πρέπει να προθερμαίνεται, για να μην δημιουργηθούν έντονες θερμοκρασιακές τάσεις στην περιοχή, ιδιαίτερα του χώρου καύσεως, από τις απότομες διαστολές των μετάλλων σε περίπτωση ψυχρής εκκινήσεώς της.

Η προθέρμανση θα πρέπει να γίνει με τέτοιο τρόπο, ώστε τα επιμέρους τμήματα να αποκτήσουν με αργό ρυθμό τη θερμοκρασία λειτουργίας της μηχανής, σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή.

Οι διάφορες μέθοδοι προθερμάνσεως που ακολουθούνται συνήθως, είναι οι εξής:

α) Προθέρμανση της μηχανής εν λειτουργία χωρίς φορτίο.

Ο τρόπος αυτός χρησιμοποιείται στις μηχανές μικρής ισχύος. Η μηχανή ξεκινά τη λειτουργία της χωρίς φορτίο σε χαμηλές στροφές (λίγο πιο πάνω από τις ελάχιστες στροφές περιστροφής), με τους αγωγούς παρακάμψεως (by pass) του νερού ψύξεως και του λαδιού ανοικτούς. Έτσι, το λάδι και το νερό δεν περνούν από τα αντίστοιχα ψυγεία, οπότε θερμαίνονται γρήγορα, θερμαίνοντας αντίστοιχα και τη μηχανή μέσα από την οποία κυκλοφορούν (περιχιτώνιοι χώροι, πάματα, έμβολα κ.λ.π.). Όταν η θερμοκρασία των ρευστών (λάδι, νερό) φθάσει τους 60° C, η μηχανή έχει αποκτήσει τη θερμοκρασία λειτουργίας της και είναι έτοιμη για φόρτιση, οπότε κλείνουν οι παρακαμπτήριοι αγωγοί και τα αντίστοιχα υγρά περνούν φυσιολογικά μέσα από τους εναλλακτές θερμότητας (ψυγεία).

Ο χρόνος προθερμάνσεως είναι ανάλογος με το μέγεθος της μηχανής, εξαρτάται δε και από τις επικρατούσες καιρικές συνθήκες. Σε πολύ ψυχρά κλίματα η προθέρμανση των μικρών μηχανών διαρκεί κατά μέσο όρο περίπου 30 λεπτά της ώρας.

β) Προθέρμανση με το λιπαντέλαιο.

Ο τρόπος αυτός χρησιμοποιείται σε μηχανές που φέρουν δεξαμενές λαδιού. Το λάδι προθερμαίνεται με τη βοήθεια προθερμαντήρων ατμού ή ηλεκτρικών αντιστάσεων και κυκλοφορεί εντός της μηχανής με τη βοήθεια ανεξάρτητης αντλίας. Η θερμοκρασία του λαδιού πρέπει να φθάσει περίπου τους 60° C. Η διάρκεια της προθερμάνσεως εξαρτάται από τους ίδιους παράγοντες με την προηγούμενη μέθοδο.

γ) Προθέρμανση με κυκλοφορία θερμού νερού.

Το νερό ψύξεως της μηχανής θερμαίνεται με τη χρήση κατάλληλου συστήματος και κυκλοφορεί στο εσωτερικό της μηχανής, προθερμαίνοντας έτσι τους κυλίνδρους, μέχρι θερμοκρασίας 60° C. Η θέρμανση του νερού ψύξεως πραγματοποιείται είτε με τη χρήση προθερμαντήρων ατμού από το βοηθητικό λέβητα του πλοίου, είτε με την

κυκλοφορία του θερμού νερού ψύξεως των ηλεκτρομηχανών, οι οποίες βρίσκονται πάντα σε λειτουργία, είτε με τη χρήση ηλεκτρικών προθερμαντήρων πολλές εγκαταστάσεις πλοίων προβλέπεται η συνεχής κυκλοφορία του θερμού νερού ψύξεως των πετρελαιοκινητήρων των ηλεκτρογεννητριών, στο σύστημα ψύξεως των κυρίων μηχανών, οπότε αυτές διατηρούνται πάντοτε προθερμασμένες και έτοιμες για φόρτιση.

Η διάρκεια προθερμάνσεως των μηχανών μεγάλης ισχύος, οι οποίες χρησιμοποιούν ανεξάρτητο σύστημα προθερμάνσεως του νερού, κυμαίνεται κατ' ελάχιστο από 3 έως 4 ώρες. Ο χρόνος προθερμάνσεως εξαρτάται από την ισχύ του συστήματος προθερμάνσεως και από την αρχική θερμοκρασία της μηχανής. Επί παραδείγματι, σε μεγάλη δίχρονη μηχανή για να αυξηθεί η θερμοκρασία από τους 40° C στους 60° C, μέσα σε 6 ώρες απαιτείται θερμική ισχύς 14 kW ανά κύλινδρο. Έτσι για εξακύλινδρη μηχανή η απαιτούμενη ισχύς του συστήματος προθερμάνσεως ανέρχεται στα 84 kW.

### 3.6.2 ΓΕΝΙΚΟΙ ΕΛΕΓΧΟΙ ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΕΚΚΙΝΗΣΗ

Οι βασικότεροι έλεγχοι που πρέπει να γίνονται πριν την εκκίνηση της μηχανής, ανεξάρτητα από το προηγηθέν διάστημα ακινησίας, είναι οι εξής:

α) Έλεγχος του νερού ψύξεως.

Κατά τη διάρκεια προθερμάνσεως της μηχανής ελέγχεται συνεχώς εάν το νερό ψύξεως διατηρείται σε μία σταθερή θερμοκρασία, η οποία είναι περίπου 60° C κατά την επιστροφή του από τα χιτώνια κ.λ.π. Ταυτόχρονα ελέγχεται συνεχώς και η πίεσή του. Αν το νερό κατά την προθέρμανση έχει θερμοκρασία μικρότερη από 60° C και η μηχανή επιβάλλεται να εκκινήσει, δεν πρέπει να υπερβεί κατά την επαναλειτουργία της το 80% της μέγιστης ισχύος της, έως ότου επιτευχθεί η κανονική θερμοκρασία λειτουργίας στο σύστημα ψύξεως. Μία συνήθης διαδικασία προθερμάνσεως της μηχανής διαρκεί περίπου τέσσερις ώρες, εάν όμως το διάστημα ακινησίας είναι αρκετά μεγάλο και η θερμοκρασία της μηχανής έχει μειωθεί σημαντικά, τότε η διαδικασία προθερμάνσεως απαιτεί πολύ περισσότερο χρόνο. Για παράδειγμα, σε μεγάλη δίχρονη μηχανή, με ισχύ του συστήματος προθερμάνσεως 35 kW ανά κύλινδρο, απαιτούνται 12 ώρες για την άνοδο της θερμοκρασίας της μηχανής από τους 10° C στους 60° C.

β) Έλεγχος του λαδιού ψύξεως.

Σε μηχανές που τα έμβολά τους ψύχονται με λάδι, αυτό προθερμαίνεται και στη συνέχεια με τη βοήθεια της αντλίας λαδιού κυκλοφορεί μέσα στη μηχανή. Επιβάλλεται ο συνεχής έλεγχος της πίεσεως και της θερμοκρασίας του, ώστε κατά την επιστροφή του να έχει θερμοκρασία περίπου ίση με 32" -35ο C. Η διαδικασία αυτή αποτελεί το τελευταίο στάδιο προθερμάνσεως πριν την εκκίνηση της μηχανής και διαρκεί περίπου δύο ώρες.

γ) Έλεγχος του νερού ψύξεως των εγχυτήρων.

Κατά τη διαδικασία προθερμάνσεως των εγχυτήρων, η θερμοκρασία του νερού ψύξεως διατηρείται στους 60° C περίπου. Εάν η μηχανή ξεκινά με βαρύ πετρέλαιο, τότε το νερό ψύξεως προθερμαίνεται στους 77-82° C. Η διάρκεια προθερμάνσεως των εγχυτήρων είναι περίπου τέσσερις ώρες.

δ) Έλεγχος του πετρελαίου.

Πραγματοποιείται έλεγχος καλής λειτουργίας των αντλιών του δικτύου πετρελαίου, ενώ στη συνέχεια προθερμαίνεται το βαρύ πετρέλαιο στους 60°-70° C στις δεξαμενές καθιζήσεως και ημερήσιας καταναλώσεως, ώστε να μειωθεί το ιξώδες του σε επίπεδα κατάλληλα για την απροβλημάτιστη άντληση και κυκλοφορία του στο δίκτυο πετρελαίου και το σωστό καθαρισμό του στους φυγοκεντρικούς διαχωριστήρες. Αντίστοιχα, η θερμοκρασία του πετρελαίου diesel διατηρείται μεταξύ 20° και 40° C. Η τελική προθέρμανση του πετρελαίου πριν τις αντλίες εγχύσεως πρέπει να είναι κατάλληλη (περίπου 95"-98°C) ώστε το ιξώδες του να κυμαίνεται συνήθως μεταξύ 13 και 17 cSt(mm-s). Κατά την αρχική προθέρμανσή του το πετρέλαιο ανακυκλοφορεί συνεχώς στο δίκτυο, επιστρέφοντας στο σύνολό του στη δεξαμενή ημερήσιας καταναλώσεως, έως ότου εκκινήσει η μηχανή.

ε) Εξαέρωση συστημάτων ψύξεως.

Βασική προϋπόθεση για να λειτουργήσει σωστά η μηχανή και να αποφευχθούν σημαντικές βλάβες, είναι η εξαέρωση διαφόρων συστημάτων.

Ανοίγονται όλα τα εξαεριστικά του συστήματος ψύξεως των στροβιλούπερπληρωτών και των ψυγείων αέρα υπερπληρώσεως, αφού προηγουμένως έχουν τεθεί σε λειτουργία οι αντλίες κυκλοφορίας, ώστε να αποκλεισθεί η ύπαρξη αέρα, που πιθανώς είχε εγκλωβισθεί κατά τη διάρκεια των επισκευών ή της προθερμάνσεως. Σε περίπτωση υπάρξεως εγκλωβισμένου αέρα παρουσιάζεται τοπική υπερθέρμανση καθώς χημική και μηχανική διάβρωση.

Πραγματοποιείται εξαέρωση των αντλιών κυλινδρελαίου (λουμπρικέςτες) και έλεγχος της στάθμης τους.

### 3.6.3 ΕΛΕΓΧΟΙ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΗΣ

α) Ακουστικός έλεγχος.

Είναι ο έλεγχος που κάνουν οι μηχανικοί για ασυνήθεις θορύβους της μηχανής, κατά τη λειτουργία της. Για τον έλεγχο αυτό ο μηχανικός περιφερόμενος στο μηχανοστάσιο πρέπει να αποκτήσει την εμπειρία να ξεχωρίζει τον κάθε θόρυβο της μηχανής. Γι' αυτόν το λόγο απαγορεύεται μέσα στο μηχανοστάσιο η δημιουργία από το προσωπικό θορύβων μη υποχρεωτικών, όπως τραγούδια, σφυρίγματα, παίξιμο κλειδιών κ.λ.π. Όσο μεγαλύτερη εμπειρία αποκτά ο μηχανικός σε συγκεκριμένο τύπο μηχανοστασίου, τόσο ταχύτερη αντίδραση και αποδοτικότερη παρέμβαση έχει στον εντοπισμό και την αναγνώριση της αιτίας διαφοροποίησης των ήχων της μηχανής. Ένας έμπειρος μηχανικός μπορεί να αντιληφθεί διαφοροποίηση ήχων στο μηχανοστάσιο και κατά το διάστημα της απουσίας του από το μηχανοστάσιο, ευρισκόμενος στους χώρους ενδιαίτησεως. Σε πολλές περιπτώσεις (και ειδικά σε πολύπλοκες διατάξεις) εάν ο μηχανικός δεν μπορεί να εντοπίσει ακριβώς την πηγή του ασυνήθιστου θορύβου, χρησιμοποιεί ειδικά τροποποιημένα ακουστικά.

β) Οπτικός έλεγχος - Έλεγχος διά της αφής.

Κατά το χρονικό διάστημα της βάρδιας του, ο μηχανικός είναι υποχρεωμένος, ανεξάρτητα του βαθμού αυτοματοποίησης, να εκτελεί οπτικό έλεγχο της καταστάσεως της μηχανής, των δικτύων και των βοηθητικών συσκευών του μηχανοστασίου. Οι οπτικοί έλεγχοι περιλαμβάνουν έλεγχο διαρροών, υπερχειλίσεων,

έλεγχο για πιθανή χαλάρωση κοχλιών και συνδέσεων (ειδικά κατά τη διάρκεια έντονης θαλασσοταραχής), έλεγχο για μετακίνηση ανασφαλιστών αντικειμένων κ.λ.π.

Ο έλεγχος διά της αφής περιλαμβάνει τον εμπειρικό έλεγχο της θερμοκρασίας σε διάφορα σημεία του μηχανοστασίου και διάφορα τμήματα της μηχανής (π.χ. κελύφη εδράνων, εναλλάκτες θερμότητας κ.λ.π.). Ο έλεγχος διά της αφής περιλαμβάνει και έλεγχο ασυνήθιστων ταλαντώσεων και κραδασμών (σε συνδυασμό με τον ακουστικό έλεγχο). Ένας έμπειρος μηχανικός αντιλαμβάνεται τους ασυνήθιστους κραδασμούς ακόμη και στα πόδια ή το σώμα του.

γ) Έλεγχος δια οργάνων .

Ο έλεγχος αυτός μπορεί να είναι προληπτικός ή βασικός (προγραμματισμένος). Γίνεται με τα όργανα ελέγχου (από το θάλαμο ελέγχου ή εντός του μηχανοστασίου), οι ενδείξεις των οποίων προειδοποιούν για τις ανωμαλίες που μπορεί να υπάρχουν. Ο έλεγχος των οργάνων ολοκληρώνεται με οπτικό ή και διά της αφής έλεγχο κατά την περιφορά του μηχανικού στο μηχανοστάσιο. Ο έλεγχος αυτός πραγματοποιείται στα παρακάτω τμήματα από το μηχανικό φυλακής (βάρδιας), σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή:

1) Έλεγχοι στο δίκτυο πετρελαίου,

Ο μηχανικός φυλακής ελέγχει τη στάθμη της δεξαμενής ημερήσιας καταναλώσεως, πραγματοποιεί εξυδάτωση των δεξαμενών, ανοίγοντας τους αντίστοιχους κρουνοίς, ελέγχει οπτικά για πιθανές διαρροές στο δίκτυο, καταγράφει τις πιέσεις αναρροφήσεως και καταθλίψεως των τροφοδοτικών αντλιών και ελέγχει εάν οι πιέσεις πριν και μετά τα φίλτρα βρίσκονται εντός των προδιαγεγραμμένων ορίων του κατασκευαστή. Καθαρίζει τα φίλτρα όταν η διαφορά πίεσεως μεταξύ εισόδου και εξόδου πλησιάζει περίπου τα 0,6  $\text{kp/cm}^2$ . Επίσης ελέγχει τις θερμοκρασίες προθερμάνσεως των διαφόρων τύπων καυσίμων, ώστε να βρίσκονται εντός των ορίων που θέτει ο κατασκευαστής και τέλος ελέγχει και καταγράφει τη στάθμη του πετρελαίου σε όλες τις δεξαμενές.

2) Έλεγχοι στο δίκτυο ελαίου,

Ο μηχανικός φυλακής ελέγχει τη στάθμη των δεξαμενών λαδιού ή σε μικρές μηχανές τη στάθμη στο στροφαλοθάλαμο (κάρτερ), ελέγχει οπτικά τις αντλίες κυλινδρελαίου (λουμπρικέςτες), τη ροή λαδιού στο κύκλωμα των στροβιλούπερπληρωτών, ελέγχει τη στεγανότητα των δικτύων και την κανονική παροχή λαδιού στους κυλίνδρους. Εάν υπάρχουν απώλειες ή βλάβες, επεμβαίνει και τις αποκαθιστά ή συμπληρώνει με λάδια εκεί όπου χρειάζεται.

Ελέγχει εάν η πίεση του λαδιού κυκλοφορίας είναι η κανονική και αν η διαφορά πίεσεως του λαδιού πριν και μετά τα φίλτρα είναι μικρότερη από περίπου 0,5  $\text{kp/cm}^2$ . Σε περίπτωση που η διαφορά πίεσεως είναι μεγαλύτερη, προβαίνει σε καθαρισμό των φίλτρων. Τέλος εκτελεί περιοδική μέτρηση της καταναλώσεως λαδιού και ελέγχει αν πραγματοποιείται σωστά η φυγοκέντριση του λιπαντικού. Εάν υπάρχουν υπόνοιες γηράνσεως ή μολύνσεως του λιπαντικού, με την άφιξη στο λιμάνι αποστέλλει δείγματα λαδιού για χημική ανάλυση στο εργαστήριο. Σε περίπτωση που το πλοίο είναι εφοδιασμένο με συσκευές ελέγχου της ποιότητας του λαδιού

πραγματοποιείται προληπτικός έλεγχος της ποιότητάς του σε τακτά χρονικά διαστήματα.

Σε περίπτωση που παρατηρηθεί σαπωνοποίηση του λαδιού (λόγω αναμείξεως με νερό) ή αυξημένη αποβολή νερού στο φυγοκεντρικό διαχωριστήρα, ακολουθεί υποχρεωτικά έλεγχος στεγανότητας όλων των τμημάτων της μηχανής καθώς και των εναλλακτών ψύξεως του λιπαντικού.

3) Έλεγχος στο δίκτυο ψύξεως με αποσταγμένο νερό .

Ο μηχανικός φυλακής ελέγχει τη στάθμη της δεξαμενής διαστολής (expansion tank) και συμπληρώνει νερό εάν χρειασθεί. Ελέγχει το δίκτυο για τυχόν απώλειες και διαρροές, ελέγχει τις αντλίες κυκλοφορίας και μετρά τις πιέσεις και τις θερμοκρασίες του νερού ψύξεως. Τέλος ελέγχει οπτικά (στους υαλοδείκτες) τις επιστροφές του νερού ψύξεως από τα έμβολα, τα χιτώνια και τους εγχυτήρες, χωριστά για τον κάθε κύλινδρο. Σε τακτά χρονικά διαστήματα πραγματοποιείται έλεγχος της ποιότητας του νερού με τη χρήση συσκευών ελέγχου (test kits). Ο έλεγχος αυτός περιλαμβάνει κυρίως μέτρηση της σκληρότητας και της οξύτητας (PH). Σε περίπτωση αύξησης της αλατότητας του νερού, εάν δεν εντοπιστεί άμεσα η αιτία, ακολουθεί υποχρεωτικός έλεγχος για διαρροές όλων των εναλλακτών θερμότητας που ψύχονται με θαλασσινό νερό.

4) Έλεγχος στο δίκτυο ψύξεως με θαλασσινό νερό.

Ο μηχανικός φυλακής ελέγχει τις αντλίες θαλασσινού νερού, τις πιέσεις καταθλίψεως και αναρροφήσεως των αντλιών, προσέχοντας ιδιαίτερα την πίεση αναρροφήσεως, η οποία μειώνεται σημαντικά όταν φράζουν τα φίλτρα αναρροφήσεως. Εάν παρατηρηθεί μεγάλη πτώση της πίεσεως, πρέπει να προγραμματισθεί σύντομα ο καθαρισμός των φίλτρων. Αν η αντλία λειτουργεί για μεγάλο χρονικό διάστημα με ακάθαρτα φίλτρα, υπάρχει κίνδυνος καταστροφής της από σπηλαιώση. Σημαντικότερος κίνδυνος προκύπτει από την πιθανότητα πλήρους αποφράξεως των φίλτρων και αναγκαστικής κρατήσεως της μηχανής, που αυτή συνεπάγεται. Οι έλεγχοι αυτοί πρέπει να είναι συχνότεροι, όταν το πλοίο βρίσκεται εντός ή σε εκβολές ποταμών, όπου υπάρχει αυξημένη περιεκτικότητα σε λάσπη και μεταφερόμενα υλικά.

5) Έλεγχος στο στροβιλούπερπληρωτή.

- Έλεγχος στο τμήμα του αέρα.

Πραγματοποιείται έλεγχος από το μηχανικό φυλακής της διαφοράς πίεσεως πριν και μετά τα φίλτρα αναρροφήσεως. Από τη διαφορά πίεσεως διαπιστώνεται η κατάσταση καθαρότητας και προγραμματίζεται ο καθαρισμός τους. Επίσης μετρείται η διαφορά πίεσεως πριν και μετά τον εναλλάκτη θερμότητας. Η αύξηση της διαφοράς πίεσεως οφείλεται σε μερική απόφραξη των διόδων του εναλλάκτη, οπότε επιβάλλεται ο προγραμματισμός του καθαρισμού του. Οι διαφορές πίεσεως μετρώνται με τη χρήση μανομέτρων στήλης υγρού. Η επιτρεπόμενη πτώση πίεσεως στο ψυγείο του αέρα δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη του 150% της αρχικής, δηλαδή όταν αυτό είναι εντελώς καθαρό. Η αύξηση των αντιστάσεων της ροής του αέρα, λόγω των αποφράξεων, οδηγεί σε μείωση της παροχής αέρα προς τη μηχανή, με αποτέλεσμα την πτώση της αποδόσεώς της. Επίσης μειώνεται η απόδοση του εναλλάκτη θερμότητας. Σε τακτά χρονικά



διαστήματα απαιτείται ο καθαρισμός του εναλλάκτη, ενώ ο καθαρισμός των φίλτρων του αέρα αναρροφήσεως είναι πολύ συχνότερος. Πραγματοποιείται επίσης έλεγχος της θερμοκρασίας του αέρα μετά το ψυγείο (δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 55° C, ούτε μικρότερη από αυτήν του σημείου δρόσου, τα οποία δίνονται από σχετικά διαγράμματα). Εάν η θερμοκρασία παραμείνει μικρότερη του σημείου δρόσου για μεγάλο χρονικό διάστημα, τότε το κιβώτιο σαρώσεως θα γεμίσει με νερό. Είναι επιβεβλημένες οι συνεχείς εξυδατώσεις του κιβωτίου σαρώσεως, από τις συμπυκνώσεις υγρασίας. Εάν διαπιστωθεί ύπαρξη αλμυρού νερού στο κιβώτιο σαρώσεως τότε πιθανότατα υπάρχει διαρροή στον εναλλάκτη θερμότητας (εφόσον αυτός ψύχεται με θαλασσινό νερό). Τέλος πραγματοποιείται στράγγιση και καθαρισμός του κιβωτίου σαρώσεως κάτω από τα έμβολα, από τα κυλινδρέλαια.

- Έλεγχοι στο τμήμα των καυσαερίων.

Ο μηχανικός φυλακής ελέγχει συνεχώς τις θερμοκρασίες των καυσαερίων σε κάθε κύλινδρο χωριστά καθώς επίσης πριν και μετά το στρόβιλο καυσαερίων. Οι μετρήσεις καταγράφονται αυτόματα κατά τη διάρκεια της βάρδιας μέσα από το θάλαμο ελέγχου, αλλά υποχρεωτικά εκτελούνται και επιτόπιες μετρήσεις στα υπάρχοντα θερμομέτρα πάνω στη μηχανή. Οι θερμοκρασίες πρέπει να βρίσκονται εντός των ορίων του κατασκευαστή. Εάν παρατηρηθεί μεγάλη μεταβολή της θερμοκρασίας από τις προβλεπόμενες τιμές της, τότε επεμβαίνει ανάλογα στις αντλίες εγχύσεως ή στους εγχυτήρες.

#### 6) Έλεγχος των στροφών της μηχανής.

Πραγματοποιείται συνεχής έλεγχος των στροφών της μηχανής. Η διατήρηση των κανονικών στροφών αποτελεί κριτήριο του φορτίου, αλλά και της καλής λειτουργίας της κύριας μηχανής. Στις ηλεκτρομηχανές η διατήρηση των κανονικών στροφών είναι απαραίτητη, για να επιτευχθεί σταθερή συχνότητα ρεύματος, αποτελεί δε ένδειξη καλής λειτουργίας του ρυθμιστή στροφών (governor). Η διατήρηση των κανονικών στροφών της κύριας μηχανής για δεδομένο φορτίο αποτελεί επίσης κριτήριο καθαρότητας της γάστρας του πλοίου. Σε περίπτωση κρίσιμης βλάβης της μηχανής (π.χ. στο σύστημα ψύξεως) πραγματοποιείται αυτόματα μείωση των στροφών (slow down) της μηχανής για την προστασία της, ενώ στην περίπτωση που δεν επιλυθεί το πρόβλημα, ακολουθεί κράτηση.

#### 7) Έλεγχοι στον αέρα εκκινήσεως της μηχανής.

Ο μηχανικός φυλακής εξυδατώνει περιοδικά τα αεροφυλάκια και ελέγχει την πίεση και τη στεγανότητα στο σύστημα του αέρα εκκινήσεως, ελέγχοντας ταυτόχρονα και τις πιέσεις του αέρα στα διάφορα επί μέρους δίκτυα.

#### 8) Έλεγχοι στους τριβείς.

Ο μηχανικός φυλακής ελέγχει συνεχώς τις θερμοκρασίες των εδράνων βάσεως και των ποδιών των διωστήρων της μηχανής, καθώς και των εδράνων του άξονα της έλικας, με τη χρήση θερμομέτρων ή και με την αφή, όπου αυτό

είναι εφικτό. Ο έλεγχος της παρουσίας ατμών ελαίου εντός του στροφαλοθαλάμου, λόγω της αυξήσεως της θερμοκρασίας σε κάποιο σημείο, πραγματοποιείται αυτόματα από ειδική συσκευή. Εφόσον υπάρχουν έδρανα με ανεξάρτητο σύστημα λιπάνσεως (μεγάλου μήκους άξονες), ελέγχεται η στάθμη και η θερμοκρασία του λαδιού σε κάθε ανεξάρτητο σύστημα. Οι θερμοκρασίες των εδράνων του εκκεντροφόρου άξονα ελέγχονται και διά της αφής, όπου αυτό είναι δυνατόν. Πραγματοποιείται επίσης οπτικός έλεγχος για τυχόν διαρροές λαδιού.

9) Έλεγχοι στα συστήματα συναγερμού. Κάθε εβδομάδα ελέγχονται με δοκιμαστική ενεργοποίηση όλα τα συστήματα συναγερμού. Πρωτίστως ελέγχονται οι κύριες λειτουργίες της μηχανής (όπως το κύκλωμα λαδιού, του νερού ψύξεως κ.λ.π.) σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή, ενώ στη συνέχεια ελέγχονται και όλα τα δευτερεύοντα συστήματα, επιβεβαιώνοντας έτσι την εύρυθμη και ασφαλή λειτουργία τους.

δ) Έλεγχος φορτίου - Εξίσωση φορτίου μεταξύ των κυλίνδρων,

Ο έλεγχος αυτός γίνεται με την παρακολούθηση των θερμοκρασιών και των πιέσεων των κυλίνδρων και κατά βάση με τη χρήση των δυναμοδεικτικών διαγραμμάτων. Επειδή παρατηρούνται τυχαίες μεταβολές κατά τη λειτουργία της μηχανής, δεν αρκεί η λήψη ενός δυναμοδεικτικού διαγράμματος για κάθε κύλινδρο, αλλά απαιτείται η λήψη διαδοχικών διαγραμμάτων, ώστε να εξαχθούν μέσες τιμές για κάθε κύλινδρο.

Στις μεσόστροφες πετρελαιομηχανές, η ομοιόμορφη φόρτιση των κυλίνδρων της μηχανής εξασφαλίζεται με τη διατήρηση της διαφοράς πίεσεως εξόδου των καυσαερίων ως προς τη μέση τιμή τους στο +3%, με τη διατήρηση της μεταβολής των δεικτών (διαφοράς πίεσεως και παροχής) των αντλιών πετρελαίου, ως προς τη μέση τιμή στο +1%, και με τη διαφορά της θερμοκρασίας καυσαερίων ανά κύλινδρο αλλά και συνολικά ως προς αυτήν των δοκιμών στους +30° C.

Στις μεγάλης ισχύος πετρελαιομηχανές (αργόστροφες αλλά και μεσόστροφες) ο έλεγχος του φορτίου πραγματοποιείται με τη λήψη δυναμοδεικτικών διαγραμμάτων για κάθε κύλινδρο χωριστά. Από τη σύγκριση των διαγραμμάτων αυτών με τα πρότυπα διαγράμματα (που λαμβάνονται κατά την περίοδο των δοκιμών), αλλά και ελέγχοντας τις τυχόν διαφορές που παρουσιάζονται μεταξύ των κυλίνδρων, εξάγονται σημαντικά συμπεράσματα για τη λειτουργία του κάθε κυλίνδρου. Με τη λήψη των διαγραμμάτων ο μηχανικός γνωρίζει ανά πάσα στιγμή την παραγόμενη ισχύ από κάθε κύλινδρο, καθώς είναι εύκολο να υπολογισθεί η μέση πίεση λειτουργίας. Από τη μορφή και τις διαφοροποιήσεις των διαγραμμάτων είναι δυνατόν να εξαχθούν συμπεράσματα για την κατάσταση των ελατηρίων του εμβόλου, των βαλβίδων ή των θυρίδων, των αντλιών πετρελαίου, των εγχυτήρων καυσίμου καθώς και για τη σωστή λειτουργία του συστήματος σαρώσεως. Διαπιστώνοντας διαφορές, μπορεί να γνωρίζει εάν αυτές είναι μέσα στα επιτρεπόμενα όρια που ορίζει ο κατασκευαστής. Οι τυπικές επιτρεπόμενες τιμές αποκλίσεως από τη μέση τιμή είναι:

- Για τη μέγιστη πίεση καύσεως από 1 έως 2 kp/cm<sup>2</sup>.

- Η μέση ενδεικνύμενη πίεση δεν πρέπει να διαφοροποιείται μεταξύ των κυλίνδρων περισσότερο από 0,5 kp/cm<sup>2</sup>.

- Για τη θερμοκρασία εξόδου των καυσαερίων +30° C, με ανώτατο όριο διαφοράς τούς 50° C. - Για την πίεση ψεκασμού 0,5 kp/cm<sup>2</sup>, ενώ για τη μέγιστη πίεση συμπίεσεως από 1 έως 2 kp/cm<sup>2</sup>.

- Με χαμηλή μέγιστη πίεση αλλά κανονική πίεση συμπίεσεως πρέπει να ελέγχονται οι αντλίες πετρελαίου, οι εγχυτήρες για πιθανή απόφραξη, να ελέγχεται μήπως η προπορεία εγχύσεως είναι μικρή και εάν η ποιότητα του καυσίμου είναι η κανονική.

- Με μέγιστη πίεση υψηλή και ταυτόχρονα πίεση συμπίεσεως κανονική πρέπει να ελέγχεται, εάν υπάρχει μεγάλη προπορεία εγχύσεως.

- Με χαμηλή τη μέγιστη πίεση αλλά και ταυτόχρονη χαμηλή πίεση συμπίεσεως, πρέπει να ελέγχονται τα ελατήρια του εμβόλου για τυχόν θραύση ή κόλλημα και η στεγανότητα στις βαλβίδες. Επιπλέον, πρέπει να γίνεται έλεγχος των θυρίδων σαρώσεως για πιθανή απόφραξη από εξανθρακώματα, της πίεσεως του αέρα υπερπληρώσεως, της καθαρότητας των φίλτρων και των ψυγείων του αέρα. Πιθανή αιτία είναι η μεταβολή (αύξηση) του διακένου συμπίεσεως μετά από επισκευή, λόγω λανθασμένης επιλογής προσθηκών.

Στο ημερολόγιο ελέγχων και επιθεωρήσεων της μηχανής, ο μηχανικός πρέπει να καταγράφει ότι ενέργειες έχει κάνει ή ότι έχει παρατηρήσει κατά τη διάρκεια της φυλακής του, καθώς και τα ακόλουθα στοιχεία θερμοκρασίες, πιέσεις, διαφορές πιέσεων, καθώς και τις πιθανές αιτίες που τις προκαλούν, εάν οι διαφορές είναι μεγάλες. Για παράδειγμα, οι υψηλές θερμοκρασίες των καυσαερίων μπορεί να οφείλονται σε υπερφόρτιση της μηχανής, κακή έγχυση, κακή ποιότητα πετρελαίου, αυξημένη θερμοκρασία αέρα εισαγωγής κ.λπ. Στο τέλος κάθε βάρδιας, καταγράφονται οι ενδείξεις στάθμης των δεξαμενών και με την ολοκλήρωση του εικοσιτετραώρου υπολογίζεται η κατανάλωση καυσίμων και λιπαντικών. Σε κάθε ταξίδι υπολογίζονται και καταγράφονται οι μέσες τιμές των πιέσεων καύσεως, συμπίεσεως, σαρώσεως, οι ενδείξεις των αντλιών εγχύσεως καθώς και οι ενδείξεις του μετρητή ιξώδους.

#### 3.6.4 ΠΡΟΥΠΟΘΕΣΕΙΣ ΑΣΦΑΛΕΣΤΕΡΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙΑΣ ΜΗΧΑΝΗΣ

Η εξασφάλιση αποδοτικότερης και ασφαλέστερης λειτουργίας της μηχανής είναι απαραίτητη προϋπόθεση για την οικονομική εκμετάλλευση του πλοίου. Οι προϋποθέσεις για την επίτευξη των προηγούμενων απαιτήσεων συνοψίζονται ως εξής:

- 1) Η ρύθμιση του συστήματος εγχύσεως πρέπει να είναι σύμφωνη με τις οδηγίες του κατασκευαστή, ώστε να επιτυγχάνεται η μέγιστη πίεση λειτουργίας περίπου 10°-20" μετά το ΑΝΣ.
- 2) Οι εγχυτήρες πρέπει να είναι καθαροί, συντηρημένοι και τοποθετημένοι σωστά, ενώ η πίεση εγχύσεως πρέπει να είναι ρυθμισμένη σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή. Φθαρμένα τμήματά τους πρέπει να αντικαθίστανται, ενώ επιβάλλεται ο περιοδικός έλεγχος της καλής λειτουργίας τους.
- 3) Κατά τη ρύθμιση των βαλβίδων θα πρέπει να ακολουθούνται πιστά οι οδηγίες του κατασκευαστή ως προς τα διάκενα αλλά και τη θερμοκρασία των μετάλλων κατά τη ρύθμιση των διακένων.
- 4) Πρέπει να γίνεται σωστή προθέρμανση του πετρελαίου, ώστε το ιξώδες του στους εγχυτήρες να βρίσκεται εντός των προδιαγραφών του κατασκευαστή.

5) Πρέπει να διατηρείται καθαρό το σύστημα εισαγωγής του αέρα (φίλτρα, πτερωτή συμπιεστή, σπειροειδές κέλυφος, εναλλάκτης θερμότητας, θυρίδες εισαγωγής) ώστε να εξασφαλίζεται η κανονική παροχή αέρα στη μηχανή. Η θερμοκρασία του αέρα σαρώσεως πρέπει να είναι η προδιαγεγραμμένη, γιατί αυξημένη θερμοκρασία του σημαίνει χαμηλότερη πυκνότητα, άρα μικρότερη μάζα αέρα στον κύλινδρο. Σε περίπτωση μεγάλης πτώσεως της θερμοκρασίας του αέρα μέσα στο ψυγείο υπάρχει κίνδυνος υγρασιότητας της υγρασίας του αέρα.

6) Πρέπει να διατηρείται καθαρό το σύστημα εξαγωγής των καυσαερίων (θυρίδες ή βαλβίδες εξαγωγής, οχετοί καυσαερίων, ακροφύσια συστήματος καυσαερίων, πτερυγώσεις στροβίλου καυσαερίων κ.λπ.), για να εξασφαλίζεται απρόσκοπτη ροή των καυσαερίων και να αποφεύγονται φαινόμενα αντιθλίψεως (με συνέπεια την κακή σάρωση). Στην περίπτωση χρήσεως βαρέος πετρελαίου με μεγάλη περιεκτικότητα σε θείο και τέφρα, αυξάνεται σημαντικά η επικάθηση εξανθρακωμάτων στα πτερούγια του στροβίλου καυσαερίων.

7) Είναι απαραίτητο να διατηρείται στα προδιαγεγραμμένα επίπεδα η πίεση και η θερμοκρασία συμπίεσεως. Αυτό επιτυγχάνεται με τη διατήρηση σε καλή κατάσταση των χιτωνίων, των ελατηρίων του εμβόλου και των βαλβίδων. Επίσης πρέπει να δίδεται προσοχή κατά την επισκευή, ώστε να μη μεταβάλλεται ο λόγος συμπίεσεως, με τη χρήση ακαταλλήλων προσθηκών.

8) Η μηχανή πρέπει να λειτουργεί το μεγαλύτερο χρονικό διάστημα στην περιοχή του μέγιστου βαθμού αποδόσεώς της, όπου εμφανίζεται και η μικρότερη ειδική κατανάλωση καυσίμου.

9) Η μηχανή δεν πρέπει να λειτουργεί σε ακραίες συνθήκες στροφών και φορτίου για μεγάλα χρονικά διαστήματα, διότι, εκτός της μεγάλης καταναλώσεως καυσίμου και λιπαντικών, επιβαρύνεται και το κόστος συντηρήσεως και επισκευών, λόγω αυξημένων φθορών. Στην περίπτωση που υπάρχουν εγκατεστημένες περισσότερες από μία κύριες μηχανές, πρέπει να ακολουθείται (όταν είναι αυτό δυνατόν) κυκλική λειτουργία τους, ώστε να φθείρονται ομοιόμορφα. Το ίδιο ισχύει και για τις ηλεκτρομηχανές, οι οποίες λειτουργούν κυκλικά σε εβδομαδιαία βάση. Η ίδια τακτική ακολουθείται για όλες τις συσκευές και διατάξεις, όπου υπάρχουν εφεδρικά συστήματα. Στις υψηλές στροφές επιδεινώνεται η ποιότητα της σαρώσεως καθώς και η ποιότητα της αναμείξεως του αέρα με το εγχυόμενο καύσιμο, οπότε υποβαθμίζεται η ποιότητα της καύσεως. Αυξάνονται επίσης οι απώλειες θερμότητας από το σύστημα ψύξεως και λόγω ακτινοβολίας προς το περιβάλλον, ενώ αυξάνονται και οι απώλειες τριβών.

Αντίθετα στις χαμηλές στροφές οι θερμοκρασίες στον κύλινδρο είναι χαμηλές, οπότε η εξαέρωση του καυσίμου και η ανάμειξή του με τον αέρα είναι κακή, η καύση είναι ατελής και συνεπώς αυξάνεται η ειδική κατανάλωση καυσίμου, ενώ παράλληλα εμφανίζεται και μεγάλη αύξηση των εκλυομένων ρύπων. Οι πετρελαιομηχανές όλων των τύπων, ανεξάρτητα αν αυτές είναι κύριες ή ηλεκτρομηχανές, απαγορεύεται να λειτουργούν σε χαμηλό φορτίο (κάτω του 30% του μέγιστου) γιατί, λόγω της κακής καύσεως, προκαλείται έντονη δημιουργία εξανθρακωμάτων, που συντελούν στη ρύπανση των κυλίνδρων, μεγάλη φθορά των εδρών των βαλβίδων, κόλλημα των ελατηρίων του εμβόλου κ.λπ. Επίσης παρουσιάζεται έντονος σχηματισμός οξέων του θείου, με συνέπεια να παρουσιάζονται αυξημένες διαβρώσεις.

Όταν η μηχανή υποχρεωτικά πρέπει να λειτουργήσει για μεγάλο χρονικό διάστημα σε χαμηλά φορτία και ιδιαίτερα όταν χρησιμοποιεί για καύσιμο βαρύ πετρέλαιο, πρέπει

απαραιτήτως να ελαττώνεται η ψύξη των κυλίνδρων καθώς και η ψύξη του αέρα εισαγωγής, ώστε να αυξηθεί η θερμοκρασία συμπίεσεως, για να περιορισθεί το φαινόμενο της αργοπορίας εναύσεως και να διατηρείται η θερμοκρασία της μηχανής στα κανονικά επίπεδα. Σε παλαιότερες αργόστροφες πετρελαιομηχανές μεγάλης ισχύος, όταν το πλοίο ταξιδεύει με χαμηλές στροφές για μεγάλο χρονικό διάστημα, χρησιμοποιούνται ειδικοί εγχυτήρες χαμηλού φορτίου. Στις σύγχρονες μηχανές είναι εγκατεστημένα ηλεκτρονικά συστήματα ελέγχου, τα οποία βελτιστοποιούν τη λειτουργία της μηχανής σε μεγάλο εύρος στροφών, ρυθμίζοντας ταυτόχρονα διαφορετικές παραμέτρους της μηχανής, ενώ μπορούν να επεμβαίνουν και στο χρονισμό της εγχύσεως και των βαλβίδων.

## 3.7 ΣΥΧΝΕΣ ΒΛΑΒΕΣ ΜΗΧΑΝΩΝ

### 3.7.1 ΒΛΑΒΗ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΨΥΞΗΣ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΗΣ

α) Απότομη πτώση της πίεσεως του νερού ψύξεως της μηχανής.

Η απότομη πτώση της πίεσεως του νερού γίνεται αντιληπτή με τη βοήθεια των μανομέτρων, καθώς και με την ενεργοποίηση των συστημάτων συναγερμού. Σε περίπτωση καθυστερημένης αντιδράσεως των μηχανικών, ακολουθεί αυτόματη κράτηση της μηχανής από το σύστημα ελέγχου. Η απότομη πτώση της πίεσεως οφείλεται συνήθως στις ακόλουθες αιτίες: - Μεγάλη διαρροή του δικτύου ή των δεξαμενών, - Ηλεκτρική ή μηχανική βλάβη της αντλίας κυκλοφορίας του νερού. Εφόσον πρόκειται για μεγάλη διαρροή, αυτή μπορεί να οφείλεται σε ατύχημα, σε αστοχία υλικού κεντρικού σωλήνα του δικτύου (από παλαιότητα, συντονισμό, κόπωση, διάβρωση κλπ.) ή σε ρήγμα των δεξαμενών. Στην περίπτωση εμφανίσεως εκτεταμένης διαρροής διακόπτεται η λειτουργία της μηχανής, επισκευάζεται η βλάβη, συμπληρώνεται και εξαερώνεται το δίκτυο και τέλος επαναλειτουργεί η μηχανή. Η περίπτωση αυτή είναι αρκετά σπάνια αντίθετα είναι συνήθεις οι μικροδιαρροές νερού σε αρκετά σημεία του δικτύου, όπως π.χ. από τις φλάντζες, τις τσιμούχες κλπ. Στην περίπτωση που η απότομη πτώση της πίεσεως οφείλεται σε βλάβη αντλίας, τίθεται αυτόματα (ή και χειροκίνητα εάν απαιτηθεί) σε λειτουργία η εφεδρική αντλία κυκλοφορίας. Εάν ο χρόνος αντιδράσεως του προσωπικού της μηχανής είναι μικρός τότε δεν είναι απαραίτητο να σταματήσει η λειτουργία της μηχανής. Εάν όμως ο χρόνος αντιδράσεως είναι μεγάλος ή κατά την προσπάθεια εκκινήσεως της εφεδρικής αντλίας παρουσιασθούν και άλλα προβλήματα (ηλεκτρικά ή μηχανικά), τότε πρέπει να διακοπεί η λειτουργία της μηχανής. Αφού επισκευασθεί η βλάβη σε μία τουλάχιστον αντλία, εκκινεί η μηχανή, ενώ άμεσα προγραμματίζεται η επισκευή της άλλης το συντομότερο δυνατόν. Στην περίπτωση αυτή, λόγω ελλείψεως εφεδρικής αντλίας, απαιτείται αυξημένη επιτήρηση από το προσωπικό του μηχανοστασίου.

β) Συνεχείς διακυμάνσεις της πίεσεως του νερού ψύξεως της μηχανής.

Οι συνεχείς διακυμάνσεις της πίεσεως του νερού ψύξεως γίνονται αντιληπτές από τη μεταβολή των ενδείξεων των αντιστοίχων μανομέτρων της εγκαταστάσεως. Εάν οι μεταβολές αυτές υπερβαίνουν τα αντίστοιχα όρια ασφαλείας, ενεργοποιούνται τα συστήματα συναγερμού. Συνήθως οφείλονται στις ακόλουθες αιτίες:

- Αναρρόφηση αέρα και διάχυσή του στο δίκτυο από το στυπιοθλίπτη της αντλίας κυκλοφορίας.



- Εμφάνιση σπηλαιώσεως στην αναρρόφηση της αντλίας κυκλοφορίας.
- Πιθανή εισχώρηση καυσαερίων και διάχυσή τους στο δίκτυο του νερού ψύξεως. Η αναρρόφηση αέρα συνήθως οφείλεται στην αυξημένη φθορά των παρεμβυσμάτων του στυπαιοθλίπτη. Στην περίπτωση που η αντλία διαθέτει σύστημα παροχής νερού υπό πίεση στους στυπαιοθαλάμους, δεν μπορεί να παρουσιασθεί το φαινόμενο αυτό, ενώ αντιθέτως παρουσιάζεται διαρροή νερού. Μετά τον εντοπισμό της ανωμαλίας και εφόσον πρόκειται για φθορά των παρεμβυσμάτων του στυπαιοθλίπτη, τίθεται σε λειτουργία η εφεδρική αντλία κυκλοφορίας, ενώ απομονώνεται και επισκευάζεται το συντομότερο εκείνη που παρουσίασε βλάβη. Εάν απαιτείται γίνεται εξαέρωση του δικτύου. Η παραπάνω επισκευή δεν απαιτεί κράτηση της μηχανής. Η εμφάνιση σπηλαιώσεως στην αναρρόφηση της αντλίας κυκλοφορίας του νερού ψύξεως οφείλεται στην αύξηση της θερμοκρασίας του νερού, σε φραγμένα φίλτρα αναρροφήσεως ή σε μερικό κλείσιμο (από λάθος) της βάνας στην αναρρόφηση της αντλίας. Η εισροή καυσαερίων στο δίκτυο νερού ψύξεως οφείλεται στην εμφάνιση ρωγμής στο πώμα, στο χιτώνιο (ή στον κύλινδρο σε μικρές μηχανές) ή σπανίως στην κεφαλή του εμβόλου (εάν αυτό είναι υδρόψυκτο). Σε μικρές μηχανές συνήθως οφείλεται σε καταστροφή του διμεταλλικού παρεμβύσματος μεταξύ κεφαλής και σώματος κυλίνδρων. Η βλάβη διαπιστώνεται από τη ρύπανση του νερού και την εμφάνιση φυσαλλίδων στον υαλοδείκτη του δοχείου διαστολών. Στις μικρές μηχανές εμφανίζονται φυσαλλίδες στο ψυγείο νερού, καθώς και αύξηση της θερμοκρασίας του νερού ψύξεως. Στις μεγάλες μηχανές ο ακριβής εντοπισμός της θέσεως της διαρροής γίνεται από την εμφάνιση φυσαλλίδων στον υαλοδείκτη του κυλίνδρου που παρουσιάζει ρωγή (εφόσον υπάρχουν υαλοδείκτες) ή συνηθέστερα από την αύξηση της θερμοκρασίας του νερού ψύξεως στην έξοδο του κυλίνδρου στον οποίο εμφανίστηκε η βλάβη. Εάν όμως υπάρχει και σοβαρή διαρροή νερού προς το εσωτερικό του κυλίνδρου, πιθανόν να ακούγονται ασυνήθεις κτύποι, να ανοίγει το ασφαλιστικό του πώματος, να εξέρχεται μαύρο νερό αντί για φλόγα από τον εξαεριστικό κρουνό, ενώ η θερμοκρασία των καυσαερίων του συγκεκριμένου κυλίνδρου θα είναι πολύ χαμηλή. Όταν η μηχανή είναι ενστάσει, τότε υπάρχει πιθανότητα να διαρρέει νερό προς το εσωτερικό του κυλίνδρου. Για να διαπιστωθεί η βλάβη όταν η μηχανή δεν λειτουργεί, ανοίγονται οι εξαεριστικοί κρουνοί και στρέφεται η μηχανή με αέρα, προκειμένου να εντοπισθεί από ποιον κύλινδρο βγαίνει νερό. Ταυτόχρονα παρατηρείται πτώση της στάθμης του νερού ψύξεως στο θερμοδοχείο, ενώ είναι πιθανόν και ο φυγοκεντρικός καθαριστήρας του λαδιού να αποβάλλει συνεχώς νερό. Στις δίχρονες μηχανές με βάκτρο, για να εντοπισθεί η τυχόν διαρροή νερού προς το εσωτερικό του κυλίνδρου στρέφεται η μηχανή με τον κρίκο και έρχονται διαδοχικά τα έμβολα στο ύψος των θυρίδων εισαγωγής. Εάν παρατηρηθούν σταγόνες νερού στο κέντρο του εμβόλου, σημαίνει ότι υπάρχει ρηγμάτωση στο πώμα, ενώ εάν οι σταγόνες του νερού παρατηρηθούν στην περιφέρεια του εμβόλου τότε υπάρχει ρηγμάτωση στο χιτώνιο. Στην περίπτωση που εντοπισθεί ρηγμάτωση πώματος ή χιτωνίου σε κάποιον κύλινδρο και το πλοίο είναι εν πλω, τότε, εάν το πλοίο κινείται από περισσότερες της μιας μηχανές, σταματάει η λειτουργία της μηχανής που παρουσιάζει τη βλάβη και πραγματοποιείται πλεύση με μειωμένο φορτίο. Εφόσον υπάρχει η δυνατότητα και το επιτρέπουν οι συνθήκες κυματισμού, αρχίζει αμέσως η επισκευή (αντικατάσταση του τμήματος που παρουσίασε την αστοχία). Εάν το πλοίο κινείται από μία μηχανή και κρίνεται ότι είναι αδύνατον να σταματήσει για επισκευή, απομονώνεται ο κύλινδρος από παροχή καυσίμου, ανοίγεται ο δυναμοδεικτικός κρουνός ή η ασφαλιστική βαλβίδα και

ρυθμίζεται η λίπανση του κυλίνδρου, ενώ η πλεύση συνεχίζεται με μειωμένο φορτίο (χαμηλή ταχύτητα) μέχρι τη στιγμή που θα υπάρχει δυνατότητα επισκευής.

Για την αποκατάσταση της βλάβης αφαιρείται το πώμα και ελέγχεται με υδραυλική δοκιμή. Στην περίπτωση που διαπιστωθεί ύπαρξη ρωγμής αντικαθίσταται, ενώ, εάν δεν βρεθεί ρωγμή, αφαιρείται το χιτώνιο και πραγματοποιείται σε αυτό έλεγχος για ρηγμάτωση με διάφορες μεθόδους (οπτικά, διεισδυτικά υγρά κλπ.). Εάν διαπιστωθεί ρωγμή αντικαθίσταται το χιτώνιο. Σε περίπτωση που δεν διαπιστωθεί ρωγμή ούτε στο πώμα ούτε στο χιτώνιο, αντικαθίστανται οι δακτύλιοι στεγανότητας του χιτωνίου (αντίστοιχα στις μικρές μηχανές αντικαθίσταται το διμεταλλικό παρέμβυσμα). Στη συνέχεια επανασυναρμολογείται η μηχανή και ελέγχεται η στεγανότητά της.

Μετά το τέλος των εργασιών επισκευής είναι απαραίτητη η εξάερωση του δικτύου ψύξεως.

γ) Αύξηση της θερμοκρασίας του νερού ψύξεως της μηχανής.

Η αύξηση της θερμοκρασίας του νερού ψύξεως γίνεται αντιληπτή με την παρατήρηση των θερμομέτρων (πάνω στη μηχανή ή στον κεντρικό πίνακα ελέγχου). Εάν αυτή υπερβαίνει τα όρια ασφαλείας ακολουθεί ενεργοποίηση των συστημάτων συναγερμού. Εάν συνεχισθεί η αύξηση της θερμοκρασίας, ακολουθεί αυτόματη κράτηση της μηχανής. Η αύξηση της θερμοκρασίας οφείλεται συνήθως στις ακόλουθες αιτίες:

- Σε ανωμαλία ή βλάβη του εναλλακτή θερμότητας του δικτύου ή γενικότερα στο δίκτυο θαλασσινού νερού.

- Σε βλάβη του αυτοματισμού ελέγχου θερμοκρασίας.

- Σε κακό εξαερισμό και εγκλωβισμό θυλάκων αέρα στο δίκτυο.

- Σε εισχώρηση καυσαερίων στο δίκτυο νερού ψύξεως.

- Σε υπερφόρτιση της μηχανής. Σταδιακή αύξηση της θερμοκρασίας του νερού ψύξεως της μηχανής μπορεί να οφείλεται σε απόφραξη των αυλών του εναλλακτή θερμότητας (ψυγείου) με την πάροδο του χρόνου. Η απόφραξη επιταχύνεται στα θερμά κλίματα από τους γρήγορους ρυθμούς αναπτύξεως των θαλασσιών μικροοργανισμών, π.χ. στρειδιών ή από την εισρόφιση ακάθαρτου θαλασσινού νερού στις εκβολές των ποταμών και σε λιμάνια. Η απόφραξη γίνεται αντιληπτή από την αύξηση της διαφοράς πιέσεως και θερμοκρασίας πριν και μετά τον εναλλακτή στο δίκτυο του θαλασσινού νερού. Αν δεν υπάρχει συγκεκριμένο χρονοδιάγραμμα καθαρισμού του εναλλακτή και το φαινόμενο επιδεινωθεί, απαιτείται έκτακτος καθαρισμός του εναλλακτή στο επόμενο αγκυροβόλιο. Εάν παρουσιασθεί απότομη αύξηση της θερμοκρασίας του νερού ψύξεως της μηχανής, οφείλεται πιθανότατα σε σοβαρή βλάβη της αντλίας του δικτύου θαλασσινού νερού (αντλία θαλάσσης). Στην περίπτωση αυτή τίθεται σε λειτουργία αυτόματα (ή χειροκίνητα εάν απαιτηθεί) η εφεδρική αντλία, χωρίς να είναι υποχρεωτικό, εφόσον ο χρόνος αντιδράσεως είναι μικρός, να διακοπεί η λειτουργία της μηχανής. Εάν όμως ο χρόνος αντιδράσεως είναι μεγάλος ή κατά την προσπάθεια εκκινήσεως της εφεδρικής αντλίας θαλάσσης παρουσιασθούν και άλλα προβλήματα (ηλεκτρικά ή μηχανικά) τότε πρέπει να διακοπεί η λειτουργία της μηχανής. Μόλις καταστεί δυνατή η λειτουργία της εφεδρικής αντλίας, εκκινεί η μηχανή, ενώ προγραμματίζεται άμεσα η επισκευή της άλλης, στην οποία είχε αρχικά διαπιστωθεί βλάβη. Στην περίπτωση αυτή, λόγω ελλείψεως εφεδρικής αντλίας, απαιτείται αυξημένη επιτήρηση από το προσωπικό του μηχανοστασίου. Η απότομη αύξηση της θερμοκρασίας μπορεί να οφείλεται και σε

αιφνίδιο φραγμό του φίλτρου αναρροφήσεως της αντλίας θαλάσσης από εισρόφιση ξένου αντικειμένου. Στην περίπτωση αυτή πρέπει άμεσα είτε να αλλάξει η αναρρόφιση και να γίνει από το δεύτερο κλωβό αναρροφήσεως, ή αν δεν υπάρχει δεύτερος κλωβός αναρροφήσεως να χρησιμοποιηθεί κάποιο εναλλακτικό δίκτυο αναρροφήσεως, εάν υπάρχει. Εάν η αντίδραση είναι άμεση δεν είναι απαραίτητο το κράτημα της μηχανής. Σε αντίθετη περίπτωση πραγματοποιείται κράτηση της μηχανής και αφού καθαρισθούν οι κλωβοί και τα φίλτρα, γίνεται επανεκκίνηση. Η ανωμαλία γίνεται εύκολα αντιληπτή από την απότομη πτώση της πίεσεως στην αναρρόφιση της αντλίας θαλάσσης. Αύξηση ή ακόμη και μείωση της θερμοκρασίας του νερού ψύξεως της μηχανής θα παρουσιασθεί σε περίπτωση βλάβης του αυτοματισμού ελέγχου θερμοκρασίας (κακή λειτουργία του θερμοστάτη στο κύκλωμα γλυκού νερού ή στο κύκλωμα θαλασσινού νερού). Η θερμοκρασία του θαλασσινού νερού στο αντίστοιχο κύκλωμα ρυθμίζεται με βάση την ποσότητά του που ανακυκλοφορεί στο κύκλωμα, μέσω κατάλληλης τριόδης βάνας, η οποία ρυθμίζει την απορριπτόμενη ποσότητα του θερμού θαλασσινού νερού. Η ρύθμιση της βάνας πραγματοποιείται με βάση τη θερμοκρασία του νερού σε συγκεκριμένο σημείο του κυκλώματος. Σε περίπτωση βλάβης του συστήματος ρυθμίσεως της βάνας δεν μπορεί να ρυθμισθεί η θερμοκρασία του θαλασσινού νερού στο κύκλωμα, οπότε είτε αυξάνεται εάν η βάνα απορρίπτει λιγότερο νερό στη θάλασσα, ή μειώνεται, αν απορρίπτεται περισσότερο από το κανονικό. Εξυπακούεται ότι η απορριπτόμενη παροχή θαλασσινού νερού ισούται με την εισερχόμενη στο δίκτυο, από το κιβώτιο αναρροφήσεως. Σε περίπτωση βλάβης του συστήματος αυτόματης ρυθμίσεως της τριόδης βάνας, η ρύθμιση της ποσότητας του νερού ψύξεως πραγματοποιείται χειροκίνητα, ενώ ακολουθεί επισκευή ή αντικατάστασή της. Ανάλογη είναι η αντίδραση σε περίπτωση βλάβης στο ρυθμιστή θερμοκρασίας του γλυκού νερού ψύξεως. Εάν η ανωμαλία προέρχεται από κακό εξαερισμό και εγκλωβισμό θυλάκων αέρα στο δίκτυο, είναι απαραίτητο να γίνει άμεσα εξαέρωση του δικτύου, με την αντλία κυκλοφορίας σε λειτουργία (δεν είναι απαραίτητη η κράτηση της μηχανής). Πιθανότητα εισχωρήσεως καυσαερίων στο δίκτυο του νερού ψύξεως, λόγω ρηγματώσεως, αναπτύχθηκε στην προηγούμενη παράγραφο, Σε περίπτωση υπερφορτίσεως της μηχανής για μεγάλο χρονικό διάστημα λόγω συνθηκών πλεύσεως και εφόσον δεν υπάρχει σοβαρός κίνδυνος για το πλοίο, οι μηχανικοί οφείλουν να προειδοποιήσουν τη γέφυρα για το ενδεχόμενο σοβαρής βλάβης της μηχανής από την παρατεταμένη υπερβολική φόρτισή της και να εγγράψουν στο βιβλίο της μηχανής την υπόδειξή τους για τον περιορισμό του φορτίου της μηχανής. Εάν παρατηρείται αύξηση της θερμοκρασίας σε μερικούς μόνο κυλίνδρους της μηχανής τότε ελέγχεται η θερμοκρασία του αέρα σαρώσεως, η κατάσταση των αντιστοιχών εγχυτήρων, η παροχή των αντιστοιχών αντλιών πετρελαίου και η θερμοκρασία του νερού ψύξεως.

δ) Διαρροή στον εναλλακτική θερμότητας του δικτύου ψύξεως της μηχανής.

Η διαρροή στον εναλλακτική θερμότητας προέρχεται από κακή στεγανότητα μεταξύ αυλών και αυλοφόρων πλακών ή από διάτρηση αυλού. Έτσι, κατά τη λειτουργία της μηχανής εμφανίζεται συνήθως διαρροή γλυκού νερού προς τη θάλασσα (λόγω υψηλότερης πίεσεως). Η διαρροή γίνεται αντιληπτή από την πτώση της στάθμης του νερού στη δεξαμενή γλυκού νερού. Κατά την κράτηση της μηχανής συνήθως συνεχίζεται η διαρροή του γλυκού νερού προς τη θάλασσα, λόγω της συνεχούς λειτουργίας της αντλίας κυκλοφορίας αλλά και διότι η δεξαμενή γλυκού νερού βρίσκεται υψηλότερα από τη στάθμη της θάλασσας.

Υπάρχει και μία μικρή πιθανότητα εισροής θαλασσινού νερού στο δίκτυο του γλυκού νερού ψύξεως της μηχανής, οπότε απαιτείται η αντικατάσταση του γλυκού νερού ψύξεως. Η εισροή αυτή θα συμβεί μόνο εφόσον έχει σταματήσει να λειτουργεί η αντλία κυκλοφορίας του γλυκού νερού, η πίεση δε του θαλασσινού νερού στον εναλλάκτη είναι τόσο υψηλή ώστε να υπερκαλύψει τη διαφορά στάθμης που προαναφέρθηκε. Εάν η εισροή είναι μεγάλη γίνεται γρήγορα αντιληπτή από την αύξηση της στάθμης στη δεξαμενή γλυκού νερού, εάν όμως είναι μικρή γίνεται αντιληπτή μόνο κατά τους περιοδικούς ελέγχους της ποιότητας του νερού ψύξεως της μηχανής. Λόγω του σοβαρότατου κινδύνου επικαθήσεως αλάτων στους χώρους ψύξεως της μηχανής στην περίπτωση εισροής θαλασσινού νερού στο δίκτυο, οι έλεγχοι πρέπει να είναι τακτικοί και να εκτελούνται από ειδικευμένο μηχανικό με μεγάλη προσοχή.

Οι διαρροές στους εναλλάκτες παρουσιάζονται συνήθως στα σημεία εκτονώσεως των αυλών επί των αυλοφόρων πλακών, πιθανώς λόγω κακής εκτονώσεως ή λόγω ηλεκτρολύσεως. Μέσα στον εναλλάκτη από την πλευρά του θαλασσινού νερού υπάρχουν υποχρεωτικά ράβδοι ψευδαργύρου, οι οποίες ως ηλεκτροθετικότερες φθείρονται, προστατεύοντας έτσι τους χάλκινους αυλούς. Οι ράβδοι του ψευδαργύρου ελέγχονται σε κάθε καθαρισμό του εναλλάκτη και εάν το πάχος τους είναι μικρότερο από 50% του αρχικού πάχους τότε αντικαθίστανται.

Είναι σύνηθες να εμφανίζεται διαρροή μετά τον καθαρισμό του εναλλάκτη από τους θαλάσσιους μικροοργανισμούς και γι' αυτό μετά από κάθε καθαρισμό ο εναλλάκτης πρέπει πάντα να υποβάλλεται σε υδραυλική δοκιμή.

### 3.7.2 ΦΘΟΡΕΣ ΚΑΙ ΒΛΑΒΕΣ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ

#### 1. Φθορές και βλάβες χιτωνίων.

Οι φθορές και οι βλάβες των χιτωνίων οφείλονται σε διάφορες αιτίες, οι βασικότερες των οποίων είναι:

- Υπερβολική ψύξη του χιτωνίου.

Η υπερβολική ψύξη του χιτωνίου προκαλεί αύξηση των θερμικών τάσεων, αύξηση των φθορών από τη δράση των συμπυκνώσεων θειικού οξέος στο εσωτερικό του κυλίνδρου και αύξηση της ποσότητας των εξανθρακωμάτων. Αντιμετωπίζεται με τη μόνωση των υδροθαλάμων και των οπών ψύξεως με χρήση τεφλόν και με κατάλληλη ρύθμιση του συστήματος ψύξεως. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίδεται στη θερμοκρασία εισόδου του νερού ψύξεως, η οποία δεν πρέπει ποτέ να είναι μικρότερη από 55° C.

- Κακό στρώσιμο του χιτωνίου.

Κακό στρώσιμο του χιτωνίου όταν είναι καινούργιο ή μετά από επισκευή, προκαλεί αύξηση των φθορών, μεγάλη κατανάλωση λιπαντικού, αύξηση της δημιουργίας εξανθρακωμάτων και πτώση της αποδόσεως της μηχανής, λόγω μείωσης του λόγου συμπίεσεως. Είναι αποτέλεσμα λανθασμένης επιλογής ελατηρίων, ανεπαρκούς προθερμάνσεως της μηχανής, λανθασμένου τρόπου σταδιακής φορτίσεως της μηχανής, ελλειπούς ποσότητας λιπαντικού και δημιουργίας ισχυρών θερμικών τάσεων στις 10-20 πρώτες ώρες λειτουργίας της μηχανής.

- Αντικανονικά διάκενα (ανοχές-ελευθερίες) στα ελατήρια του εμβόλου.

Τα αντικανονικά διάκενα είναι αποτέλεσμα λανθασμένης επιλογής υλικού και τύπου ελατηρίου, εσφαλμένης τοποθέτησεως των ελατηρίων ή της φυσιολογικής φθοράς τους. Προκαλούν πτώση του λόγου συμπίεσεως και της αποδόσεως της μηχανής, αύξηση της καταναλώσεως του λιπαντικού, της δημιουργίας εξανθρακωμάτων, του κινδύνου εμφανίσεως πυρκαγιάς στον οχετό σαρώσεως (ή εκρήξεως στο στροφαλοθάλαμο στις τετράχρονες μηχανές). Η αύξηση της δημιουργίας εξανθρακωμάτων και της καταναλώσεως λιπαντικού και το κακό στρώσιμο του λιπαντικού λόγω αντικανονικών διακένων των ελατηρίων, επιτείνουν τις φθορές των χιτωνίων.

- Παραμόρφωση του χιτωνίου.

Η παραμόρφωση του χιτωνίου μπορεί να οφείλεται σε υπερφόρτιση του κυλίνδρου, εξαιτίας των μεγάλων τάσεων από τις πιέσεις και τις θερμοκρασίες στο θάλαμο καύσεως. Επίσης τοπικές παραμορφώσεις προκαλούνται λόγω της ανομοιομορφής ψύξεως του χιτωνίου ή κακής συσφίξεως ή λανθασμένης τοποθέτησεως.

- Κακό φιλτράρισμα του αέρα στα φίλτρα.

Ο ανεπαρκής καθαρισμός των φίλτρων του στροβιλούπερπληρωτή έχει ως αποτέλεσμα την εισαγωγή σκόνης μέσα στον κύλινδρο και τη δημιουργία αυξημένων επικαθήσεων και φθορών. Παράλληλα μειώνεται η ποσότητα του αέρα σαρώσεως, με συνέπεια την κακή ποιότητα της καύσεως και την αύξηση της δημιουργίας εξανθρακωμάτων. Παράλληλα αυξάνεται η εναπόθεση σκόνης στους εναλλάκτες του αέρα σαρώσεως.

- Κακή λίπανση ή ανεπαρκής λίπανση.

Η κακή ή η ανεπαρκής λίπανση του κυλίνδρου προκαλεί αύξηση των τριβών μεταξύ ελατηρίων και χιτωνίου, με αποτέλεσμα την άνοδο της θερμοκρασίας καθώς και την ανάπτυξη των αντιστοιχών θερμικών τάσεων, ενώ αυξάνεται και η πιθανότητα καταστροφής του λιπαντικού.

- Περίσσεια λιπαντικού.

Έχει ως συνέπεια τη δημιουργία εξανθρακωμάτων στις υποδοχές των ελατηρίων, με επακόλουθο το κόλλημα των ελατηρίων. Τα εξανθρακώματα συσσωρεύονται στις θυρίδες σαρώσεως, εμποδίζοντας την ελεύθερη ροή του αέρα, με αποτέλεσμα τη μείωση της αποδόσεως της μηχανής. Παράλληλα προκαλείται και ανάπτυξη των εξανθρακωμάτων στις επιφάνειες του εμβόλου και στις λοιπές επιφάνειες του θαλάμου καύσεως.

- Λανθασμένη επιλογή λιπαντικού.

Το χαμηλό ιξώδες του λιπαντικού προκαλεί την εύκολη ροή του λιπαντικού, οπότε δεν συγκρατείται στις τριβόμενες επιφάνειες. Έτσι μειώνεται το πάχος της λιπαντικής μεμβράνης στα τοιχώματα των χιτωνίων και αυξάνονται οι τριβές και οι θερμοκρασίες του χιτωνίου.

- Ελλειπτική φθορά του χιτωνίου.

Οφείλεται στην πλαγιότητα του διωστήρα. Η ελλειπτική φθορά έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση των διακένων μεταξύ των ελατηρίων και του χιτωνίου και την απώλεια συμπίεσεως προς το στροφαλοθάλαμο. Επιπλέον προκαλεί την τοπική καταστροφή της λιπαντικής μεμβράνης πάνω στο χιτώνιο (οπότε επιτείνεται η φθορά του χιτωνίου) και τη ρύπανση του λιπαντικού από τα εισερχόμενα καυσαέρια στο στροφαλοθάλαμο (στις τετράχρονες μηχανές). Το πρόβλημα επιτείνεται διότι, λόγω



της υψηλής θερμοκρασίας που αναπτύσσεται από τα διαφεύγοντα καυσαέρια, τα ελατήρια χάνουν την ελαστικότητά τους. Η αποκατάσταση της ελλειπτικής φθοράς των χιτωνίων γίνεται με την εφαρμογή εσωτερικής λειάνσεως, όταν αυτή υπερβεί συγκεκριμένες τιμές. Λόγω της αυξήσεως της εσωτερικής διαμέτρου του κυλίνδρου που προκαλείται, χρησιμοποιούνται μετά τη λείανση ελατήρια μεγαλύτερης διαμέτρου (oversize).

- Φθορά εκτριβής.

Το σπάσιμο σε κάποιο σημείο του χιτωνίου της λιπαντικής μεμβράνης επιτρέπει στιγμιαία επαφή των μετάλλων του χιτωνίου και των ελατηρίων, με αποτέλεσμα την τοπική αποκόλληση υλικού. Η αρχική αυτή εκτριβή εξελίσσεται διότι στο συγκεκριμένο σημείο η τραχύτητα που έχει δημιουργηθεί δυσχεραίνει το σχηματισμό ομαλής λιπαντικής μεμβράνης, οπότε η διάβρωση επεκτείνεται. Η εκτριβή ενισχύεται από την εναπόθεση τέφρας και εξανθρακωμάτων στα ελατήρια και στην κορώνα του εμβόλου, καθώς και από την παρουσία τους στο λιπαντικό. Η ύπαρξη των εξανθρακωμάτων στην κορώνα του εμβόλου προκαλεί ανομοιόμορφη «λείανση» της επιφάνειας του χιτωνίου.

Αντιμετωπίζεται με την εφαρμογή του πρόσθετου δακτυλίου στην κορυφή του χιτωνίου και με αντίστοιχη διαβάθμιση στο έμβολο, οπότε με την άνοδο του εμβόλου στο ΑΝΣ αφαιρούνται οι επικαθήσεις από την κορώνα.

- Φθορά χιτωνίων λόγω χρήσεως βαρέων

Τα βαρέα καύσιμα περιέχουν σε μεγάλο ποσοστό ανεπιθύμητα για τη λειτουργία της μηχανής προϊόντα, όπως είναι ασφαλτικά προϊόντα, οξειδία σιδήρου, νικέλιο, ασβέστιο, νάτριο, μαγνήσιο, βανάδιο και θείο. Τα προϊόντα αυτά καιγόμενα, δημιουργούν ανθρακώδη κατάλοιπα, τα οποία επικάθονται στα έμβολα και στις θυρίδες σαρώσεως και εξαγωγής, με αποτέλεσμα να προκαλούν υπερβολική φθορά στα τμήματα αυτά. Τα ασφαλτικά προϊόντα δεν καίγονται ή καίγονται κακώς, με αποτέλεσμα να επικάθονται στα χιτώνια (ιδιαίτερα στις θυρίδες), καθώς και στις εγχοπές (αυλάκια) των ελατηρίων των εμβόλων, όπου και κολλούν, με αποτέλεσμα να δημιουργείται ένα στρώμα από αυτά και πολλές φορές να προκαλούν το φαινόμενο της πυραναφλέξεως. Επιπλέον, δεν αφαιρούνται εύκολα από το βαρύ πετρέλαιο στους φυγοκεντρικούς διαχωριστήρες. Λόγω της οξειδώσεως των μειγμάτων σιδήρου, νικελίου, ασβεστίου, νατρίου, μαγνησίου και βαναδίου, σχηματίζεται η τέφρα (οξειδία των παραπάνω στοιχείων), η οποία προκαλεί φθορά κατά τη διάρκεια της παλινδρομήσεως και τριβής των κινουμένων τμημάτων της μηχανής. Για να ελαττωθεί η φθορά λόγω τριβής, θα πρέπει μετά τη διαδικασία καθαρισμού στους φυγοκεντρικούς διαχωριστήρες, η περιεκτικότητα των παραπάνω ανεπιθυμητών προσμεμίξεων στο πετρέλαιο να είναι μικρότερη από 0,004%.

Το περιεχόμενο θείο στο καύσιμο αντιδρά με τους υδρατμούς της καύσεως, σχηματίζοντας θειικό οξύ ( $H_2SO_4$ ), το οποίο υγροποιούμενο επικάθεται στις πλευρές των χιτωνίων, των εμβόλων και των ελατηρίων, η δε ενέργειά του δεν είναι απλώς διαβρωτική, αλλά συνδυασμός διαβρώσεως και τριβής.

Ο σχηματισμός του θειικού οξέος στην εσωτερική επιφάνεια του χιτωνίου εντείνεται όταν η θερμοκρασία του χιτωνίου πέσει κάτω από το σημείο δρόσου του νερού και για το λόγο αυτό δεν πρέπει να γίνεται υπερβολική ψύξη του. Τα βαριά πετρέλαια έχουν αυξημένη περιεκτικότητα σε θείο, οπότε αυξάνουν ιδιαίτερα τον κίνδυνο φθοράς στα χιτώνια των κινητήρων. Για την αποτελεσματική εξουδετέρωση του θείου, απαιτείται προσεκτική επιλογή κυλινδρελαίου, ανάλογα με την ποιότητα του

καυσίμου. Κυλινδρέλαιο περισσότερο αλκαλικό από όσο χρειάζεται οδηγεί στη δημιουργία επικαθήσεων στην περίμετρο της κορώνας του εμβόλου, που καταστρέφουν τη λιπαντική μεμβράνη και αυξάνουν τις φθορές. Αντιθέτως, κυλινδρέλαιο λιγότερο αλκαλικό από το αναγκαίο, δεν εξουδετερώνει πλήρως τα οξέα, οπότε αυξάνονται οι φθορές. Καθώς το κυλινδρέλαιο απλώνεται στην επιφάνεια του χιτωνίου, λόγω της δράσεως των ελατηρίων, χάνει σταδιακά τις ιδιότητες εξουδετερώσεως των οξέων και προκαλείται μία χαρακτηριστική ανομοιόμορφη περιφερειακά διάβρωση σε σχήμα τριφυλλιού. Στα μερικά φορτία της μηχανής υπάρχει μεγάλος κίνδυνος φθοράς από την επίδραση του θεικού οξέος, λόγω υπερβολικής ψύξεως του χιτωνίου. Για το λόγο αυτό εφαρμόζεται σε αργόστροφες μηχανές ρυθμιζόμενη ψύξη του κατώτερου τμήματος του χιτωνίου, από ξεχωριστό κύκλωμα, το οποίο επιτρέπει τη μείωση της ψύξεως του συγκεκριμένου τμήματος στα μερικά φορτία, χωρίς να επηρεάζεται η ψύξη του ανώτερου τμήματος του χιτωνίου, όπου επικρατούν οι υψηλότερες θερμοκρασίες.

- Φθορά χιτωνίων στο ανώτερο τμήμα τους.

Το ανώτερο τμήμα των χιτωνίων καταπονείται περισσότερο σε υψηλές πιέσεις και θερμοκρασίες κατά την αρχική φάση της καύσεως. Λόγω της μικρής ταχύτητας του εμβόλου στην περιοχή του ΑΝΣ και της αντιστροφής της φοράς κινήσεώς του, ο σχηματισμός της υδροδυναμικής λιπαντικής μεμβράνης είναι δυσχερής, ενώ συνοδεύεται από καταστροφή του λιπαντικού, λόγω των πολύ υψηλών θερμοκρασιών της καύσεως. Τα ελαφρύτερα κλάσματα του λιπαντικού εξατμίζονται ή και καίγονται, ενώ το υπόστρωμα άνθρακα που απομένει δεν έχει ικανοποιητικές λιπαντικές ιδιότητες. Παράλληλα οι υψηλές πιέσεις των καυσαερίων προκαλούν ισχυρότερες δυνάμεις στα ελατήρια στεγανότητας, οπότε αυξάνονται αντίστοιχα οι δυνάμεις τριβής. Έτσι, οι φθορές στο ανώτερο τμήμα του χιτωνίου είναι μεγαλύτερες, ενώ η δημιουργία τους ευνοείται από τη μείωση της αντοχής του χυτοσιδήρου στις υψηλές θερμοκρασίες. Ως εκ τούτου, αυξάνεται (ανομοιόμορφα) το διάκενο μεταξύ χιτωνίου και εμβόλου, μειώνοντας τη στεγανότητα των ελατηρίων, οπότε η φθορά επιταχύνεται.

## 2. Φθορές και βλάβες πωμάτων.

Οι βασικότερες βλάβες που παρατηρούνται στα πώματα των ναυτικών μηχανών είναι οι ακόλουθες:

### α) Ρωγμές και θραύσεις των πωμάτων.

Οι θραύσεις των πωμάτων οφείλονται σε δύο κυρίως λόγους, τις θερμικές τάσεις λόγω υψηλής θερμοκρασίας και την κόπωση του μετάλλου από τη δυναμική καταπόνηση του πώματος (κυκλική μεταβολή των πιέσεων και των θερμοκρασιών). Συνήθως οι αστοχίες προκαλούνται από συνδυασμό των παραπάνω αιτίων. Αναλυτικότερα οι θραύσεις μπορεί να οφείλονται:

- Στην κυκλική μεταβολή της θερμοκρασίας στο πώμα, λόγω του θερμικού κύκλου της μηχανής. Η κυκλική μεταβολή των αναπτυσσομένων θερμικών τάσεων, σε συνδυασμό με τις τάσεις από τη δράση των αερίων, δημιουργούν συνθήκες κοπώσεως του μετάλλου του πώματος.

- Στις θερμικές τάσεις που αναπτύσσονται κατά τη χύτευση του μετάλλου ή από σύσφιξη των κοχλιών με μεγαλύτερη ροπή της επιτρεπόμενης ή από υπερβολική σύσφιξη στρεβλωμένων πωμάτων.

- Από ξαφνική διακοπή και αποκατάσταση της λειτουργίας του συστήματος ψύξεως, λόγω των πολύ ισχυρών θερμικών τάσεων που αναπτύσσονται με την απότομη ψύξη.

- Από κακή απαγωγή της θερμότητας, λόγω της επικαθήσεως αλάτων στους υδροθαλάμους ή από την εσωτερική οξείδωση των αγωγών. Με το σχηματισμό του εσωτερικού αυτού στρώματος μειώνεται σταδιακά ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας, με αποτέλεσμα την υπερβολική αύξηση των εμφανιζομένων θερμοκρασιών.

- Από κάψιμο της επιφάνειας του πώματος, λόγω επαφής της με τη φλεγόμενη δέσμη εγχέομενου καυσίμου. Μετά τη δημιουργία της αρχικής ρωγμής, αυτή, λόγω της δυναμικής φορτίσεως του πώματος, διευρύνεται, ώσπου ενώνονται οι υδροθάλαμοι ή οι αγωγοί του λιπαντικού με την κάτω επιφάνεια του πώματος. Τότε αποκαθίσταται επικοινωνία των υδροθαλάμων με τον κύλινδρο της μηχανής, οπότε θερμά αέρια εισέρχονται στο κύκλωμα ψύξεως, κατά τη λειτουργία της μηχανής ή αντίστοιχα στο κύκλωμα λιπάνσεως (με αποτέλεσμα τη μεγάλη αύξηση της θερμοκρασίας του νερού ψύξεως). Όταν η μηχανή δεν βρίσκεται σε λειτουργία, νερό ψύξεως και λάδια μπορεί να εισχωρήσουν στον κύλινδρο. Σε περίπτωση μεγάλων διαρροών υπάρχει σοβαρός κίνδυνος κατά την εκκίνηση της μηχανής, επειδή τα υγρά είναι ασυμπίεστα. Εφόσον δεν προλαβαίνουν να εξέλθουν έγκαιρα από τη βαλβίδα ασφαλείας του κυλίνδρου, το έμβολο κατά την άνοδό του κτυπά σε έναν όγκο υγρού πρακτικά ασυμπίεστου. Στις περιπτώσεις αργόστροφων μηχανών υπάρχει τότε κίνδυνος ολισθήσεως των κομβίων του στροφαλοφόρου άξονα και αλλαγής της γωνίας σφηνώσεως. Οι εξωτερικές ρωγμές στις τετράχρονες μηχανές συνήθως εμφανίζονται στην κάτω επιφάνεια του πώματος μεταξύ των βαλβίδων εξαγωγής ή μεταξύ των βαλβίδων και του εγχυτήρα. Για την αποκατάσταση των ρωγμών, πρέπει να γίνει πρώτα ο εντοπισμός τους οπτικά ή με τη μέθοδο ρινισμάτων σιδήρου (μαγνητική μέθοδος - magnaflux) ή με άλλες μη καταστρεπτικές μεθόδους. Στη συνέχεια γίνεται συγκόλληση των ρωγμών ή αντικατάσταση του πώματος, εάν αυτές δεν επισκευάζονται.

#### β) Διαβρώσεις των πωμάτων.

Η διάβρωση των πωμάτων οφείλεται σε πολλούς παράγοντες, οι βασικότεροι των οποίων είναι:

- Επικαθήσεις αλάτων στους αγωγούς ψύξεως. Τα άλατα δημιουργούν εσωτερικά ένα στρώμα λεβητολίθου (πουρί) με αποτέλεσμα, λόγω της διαταραχής της ροής, να διαβρώνονται εσωτερικά οι αγωγοί του νερού ψύξεως (νεροφάγωμα).

- Δημιουργία εσωτερικού στρώματος σκουριάς στους αγωγούς ψύξεως από ην οξείδωση του σιδήρου. Για την αποφυγή της απαιτείται η προσθήκη στο νερό ειδικών αντιοξειδωτικών προσθέτων.

- Το περιεχόμενο θείου στο πετρέλαιο διαβρώνει και αυτό τα πώματα των κυλίνδρων στην επιφάνεια του θαλάμου καύσεως και στο εσωτερικό του αγωγού εξαγωγής. Οι επικαθήσεις στους αγωγούς ψύξεως μειώνουν το ρυθμό μεταδόσεως θερμότητας, αυξάνοντας τη θερμική καταπόνηση του πώματος, λόγω της τοπικής αυξήσεως της θερμοκρασίας.

#### γ) Στρεβλώσεις των πωμάτων.

Η κεφαλή (πώμα) των κυλίνδρων, μπορεί να υποστεί στρέβλωση, με αποτέλεσμα να παρατηρούνται διαρροές, σε αέρα, καύσιμο μείγμα και καυσαέρια. Επίσης παρατηρούνται διαρροές σε λιπαντικό και ψυκτικό μέσο, και προς το χώρο καύσεως και προς την εξωτερική πλευρά της μηχανής. Η στρέβλωση του πώματος έχει ως συνέπεια:

- Να υπάρχει χαμηλή συμπίεση στο χώρο καύσεως, επομένως και μειωμένη απόδοση της μηχανής.

- Να καίγονται τα λάδια που εισέρχονται στο χώρο καύσεως, με αποτέλεσμα την αύξηση της ρυπάνσεως και της καταναλώσεως λιπαντικού.

- Να παρατηρείται υπερθέρμανση, λόγω της εισροής καυσαερίων στο κύκλωμα ψύξεως και λιπάνσεως, από τη στρεβλωμένη κεφαλή. Η υπερθέρμανση αυτή μπορεί να επιτείνει το πρόβλημα της στρεβλώσεως, ενώ αυξάνει την πιθανότητα εμφανίσεως ρωγμών. Η στρέβλωση της κεφαλής μπορεί να προκληθεί:

- Εάν αφαιρεθεί η κεφαλή των κυλίνδρων, όταν αυτή είναι ακόμη ζεστή.

- Εάν υπάρχει πρόβλημα στο σύστημα ψύξεως στην περιοχή του πώματος.

- Εάν γίνει σύσφιγξη των κοχλιών της κεφαλής με ροπή μικρότερη ή μεγαλύτερη από αυτήν που ορίζει ο κατασκευαστής.

- Εάν γίνει σύσφιγξη των κοχλιών με διαφορετική από την προβλεπόμενη σειρά ή με ανομοιόμορφη ροπή.

### 3. Φθορές και βλάβες βαλβίδων.

#### α) Γενικά,

Η μέγιστη θερμοκρασία της βαλβίδας εμφανίζεται στην κεφαλή της από την πλευρά του θαλάμου καύσεως και ειδικότερα στο κέντρο της, όπως είναι φυσικό. Επειδή η ψύξη της βαλβίδας γίνεται κυρίως με αγωγή θερμότητας προς την έδρα της, είναι ουσιώδους σημασίας να διατηρείται πολύ καλή επαφή μεταξύ τους, κατά το κλείσιμο της βαλβίδας. Η μη ικανοποιητική επαφή μπορεί να οφείλεται σε ανομοιόμορφη ψύξη της έδρας, η οποία οδηγεί σε τοπική παραμόρφωσή της. Έτσι χάνεται η στεγανότητα μεταξύ βαλβίδας και έδρας, οπότε θερμά καυσαέρια διαφεύγουν τοπικά. Η διαρροή αυτή δημιουργεί

τοπικά πολύ υψηλούς ρυθμούς μεταδόσεως θερμότητας προς την έδρα και τη βαλβίδα, που επιτείνουν την παραμόρφωση και οδηγούν σε κάψιμο του υλικού της έδρας και της βαλβίδας. Με την εφαρμογή της ψύξεως των εδρών μέσω οπών, μειώνεται ο παραπάνω κίνδυνος, λόγω του ομοιόμορφου θερμοκρασιακού πεδίου που επιτυγχάνεται με αυτό τον τρόπο. Η δεύτερη αιτία κακής επαφής βαλβίδας και έδρας συνδέεται με τη χρήση βαρέων πετρελαίων ως καυσίμων. Τα βαριά πετρέλαια περιέχουν βανάδιο και νάτριο, τα οποία κατά την καύση οξειδώνονται σχηματίζοντας V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> και Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, τα οποία στη συνέχεια αντιδρούν μεταξύ τους σχηματίζοντας ευτηκτικά άλατα, σε θερμοκρασίες ανώτερες των 550° C. Οι ενώσεις των οξειδίων αυτών έχουν σημείο τήξεως λίγο πάνω από τους 600° C. Πάνω από τη θερμοκρασία αυτή σχηματίζουν υαλώδη στρώματα στην επιφάνεια επαφής βαλβίδας και έδρας, αντιδρώντας με τα μέταλλα της βαλβίδας και της έδρας και διαβρώνοντάς τα (θερμή διάβρωση). Κατά τη φάση της σαρώσεως μειώνεται η θερμοκρασία τους, οπότε στερεοποιούνται σχηματίζοντας ψαθυρά στρώματα. Με το κλείσιμο της βαλβίδας ή κατά το άνοιγμά της, τμήματα αυτών των στρωμάτων θρυμματίζονται ή λειώνουν τοπικά, οπότε παρεμποδίζεται το στεγανό κλείσιμο της βαλβίδας. Έτσι εμφανίζονται τοπικές διαρροές καυσαερίων που διευρύνουν τις διόδους και οδηγούν αρχικά σε

τοπική παραμόρφωση και δημιουργία ρωγμών, ενώ στη συνέχεια καταλήγουν σε κάψιμο και καταστροφή της βαλβίδας. Ως επακόλουθο των διαρροών μειώνεται η συμπίεση του κυλίνδρου και πέφτει η απόδοση του κινητήρα. Η θερμοκρασία της κεφαλής της βαλβίδας δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 350° C, διότι ευνοείται η εναπόθεση των παραπάνω οξειδίων που προκαλούν τη θερμή διάβρωση. Η αποφυγή του παραπάνω προβλήματος γίνεται με συνδυασμό μεθόδων. Η πολύ καλή και ομοιόμορφη ψύξη της έδρας της βαλβίδας συνδυάζεται με αυξημένες ποσότητες αέρα σαρώσεως, ώστε να βελτιώνεται η ψύξη της βαλβίδας και να πέφτει η θερμοκρασία της κάτω από τη θερμοκρασία τήξεως των οξειδίων του βαναδίου και του νατρίου. Επιπρόσθετα, χρησιμοποιείται η τεχνική της περιστροφής της βαλβίδας. Η θραύση των ελατηρίων των βαλβίδων συνήθως οφείλεται σε κόπωση, λόγω της δυναμικής τους καταπόνησεως (κυκλικές φορτίσεις), η οποία επιταχύνεται από την επιφανειακή τους διάβρωση λόγω κακής συντηρήσεως. Μετά από μεγάλο αριθμό ωρών λειτουργίας, μειώνεται η τάση επαναφοράς του ελατηρίου, δημιουργώντας προβλήματα στη στεγανοποίηση του θαλάμου καύσεως.

β) Επισκευές και επιθεωρήσεις των βαλβίδων εξαγωγής δίχρονων μηχανών.

Οι χρόνοι μεταξύ γενικών επιθεωρήσεων και επισκευών των βαλβίδων εξαγωγής και των εδρών τους στις σύγχρονες δίχρονες αργόστροφες μηχανές κυμαίνονται μεταξύ 12.000 και 14.000 ωρών λειτουργίας (πάνω από δύο χρόνια λειτουργίας), αν και έχουν αναφερθεί και χρόνοι λειτουργίας χωρίς ανάγκη επισκευής μεγαλύτεροι από 25.000 ώρες. Οι χρόνοι αυτοί καθορίζονται από τον κατασκευαστή και συνήθως είναι οι ίδιοι για τα κύρια συγκροτήματα της μηχανής, ώστε να μειώνεται ο χρόνος και το κόστος των επισκευών. Οι χρόνοι μεταξύ των γενικών επιθεωρήσεων και επισκευών στις παλαιότερες μηχανές είναι σαφώς μικρότεροι, κυμαινόμενοι μεταξύ 2000 και 12.000 ωρών λειτουργίας, ανάλογα με τον τύπο της μηχανής και πάντα σύμφωνα με τις προδιαγραφές του κατασκευαστή.

γ) Επισκευές και επιθεωρήσεις των βαλβίδων τετράχρονων μηχανών.

Τα χρονικά διαστήματα μεταξύ των γενικών επιθεωρήσεων των βαλβίδων και των εδρών των τετράχρονων μηχανών δίνονται από τον κατασκευαστή και αναγράφονται στα εγχειρίδια συντηρήσεως των μηχανών, ενώ κυμαίνονται σημαντικά ανά τύπο μηχανής. Η μέτρηση του διακένου των βαλβίδων γίνεται συνήθως ανά 1000 ώρες λειτουργίας. Οι χρόνοι επιθεωρήσεων των βαλβίδων ανάλογα με το χρησιμοποιούμενο καύσιμο, το υλικό κατασκευής και ανάλογα με την ύπαρξη ή μη μηχανισμού περιστροφής (totocar ή πτερύγια), κυμαίνονταν από 2.000 έως 3.000 ώρες λειτουργίας στις παλαιότερες μηχανές. Στις νεότερες μηχανές οι χρόνοι μεταξύ γενικών επιθεωρήσεων κυμαίνονται μεταξύ 6.000 έως και 18.000 ωρών λειτουργίας, για χρήση βαρέος πετρελαίου, ενώ για χρήση πετρελαίου Diesel ξεπερνούν τις 20.000 ώρες λειτουργίας. Τυπικά όρια ζωής με τη χρήση βαρέος πετρελαίου είναι για τις βαλβίδες εξαγωγής 12.000 ώρες, τις έδρες τους 24.000 ώρες, τις βαλβίδες εξαγωγής και τις έδρες τους 36.000 ώρες. Τα παραπάνω όρια αυξάνονται σημαντικά με τη χρήση πετρελαίου Diesel, ενώ είναι γενικά μεγαλύτερα στις μικρότερες μηχανές (ηλεκτρομηχανές).

#### 4. Φθορές και βλάβες εμβόλων.

Το έμβολο καταπονείται από θλιπτικές τάσεις λόγω της εκτονώσεως των καυσαερίων (καθώς και κατά τη φάση της συμπίεσεως) και από θερμικές τάσεις λόγω της μεγάλης διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ του θερμού άνω τμήματος της κεφαλής του και του



ψυχόμενου εσωτερικού του. Επίσης, όταν το έμβολο δεν βρίσκεται στο άνω ή στο κάτω νεκρό σημείο, για μηχανές χωρίς βάκτρο, καταπονείται σε οριζόντιες θλιπτικές τάσεις, λόγω της οριζόντιας συνιστώσας (κάθετης στον πείρο του εμβόλου) της δύναμης που εξασκείται σε αυτό κατά τις φάσεις της συμπίεσης και της εκτόνωσης. Το θερμαινόμενο άνω εξωτερικό τμήμα του εμβόλου τείνει να διασταλεί λόγω υψηλής θερμοκρασίας, αλλά εμποδίζεται από το εσωτερικό ψυχόμενο τμήμα. Έτσι το πρώτο καταπονείται από θλιπτικές θερμικές τάσεις, ενώ το δεύτερο από εφελκυστικές. Οι θερμικές αυτές τάσεις προστίθενται στις θλιπτικές που προέρχονται από την εκτόνωση των καυσαερίων. Η μεγαλύτερη καταπόνηση όπως είναι φυσικό ασκείται στο ανώτερο τμήμα του εμβόλου (κεφαλή). Οι εσωτερικές εφελκυστικές τάσεις αυξάνονται σημαντικά στα ισχυρά θερμικά φορτία (λόγω σταξίματος των εγχυτήρων, ένεκα κακής μεταδόσεως της θερμότητας από την εναπόθεση δυσθερμαγωγών καταλοίπων στο χώρο ψύξεως ή λόγω υπερφορτίσεως του κινητήρα) και προκαλούν εσωτερικές ρωγμές που βαθμιαία επεκτείνονται προς τα έξω. Συνήθως εμφανίζονται στην περιοχή των αυλακών των ελατηρίων, όπου λόγω του μικρότερου πάχους του εμβόλου εμφανίζονται οι μεγαλύτερες μεταβολές της θερμοκρασίας άρα και οι μεγαλύτερες θερμικές τάσεις. Υπερθέρμανση της κεφαλής και ακόλουθη ψύξη (λόγω απότομης μείωσης του φορτίου), προκαλεί ακτινικές ρωγμές, που οδηγούν στην καταστροφή της κεφαλής του εμβόλου. Με την ψύξη που ακολουθεί την υπερθέρμανση δημιουργούνται εφελκυστικές τάσεις στην εξωτερική επιφάνεια της κεφαλής, οι οποίες προκαλούν τις παραπάνω ρωγμές. - Φθορές των ελατηρίων του εμβόλου. Η φθορά των ελατηρίων και ειδικά του πρώτου

που καταπονείται περισσότερο, καθορίζει το χρονικό διάστημα μεταξύ γενικής επισκευής του συγκροτήματος του θαλάμου καύσεως. Για τη μείωση συνεπώς του κόστους επισκευών ουσιώδης παράμετρος είναι η αύξηση του χρόνου μεταξύ συντηρήσεως και αντικαταστάσεως των ελατηρίων. Η φθορά των ελατηρίων μειώνεται καθώς κινούμεθα από το πρώτο (το ανώτερο) προς τα επόμενα, λόγω της μείωσης της θερμικής καταπονήσεως αλλά και της καταπονήσεως από την πίεση των καυσαερίων. Στα σημεία όπου είναι μειωμένη η λίπανση μεταξύ ελατηρίου και χιτωνίου, υπάρχει περίπτωση μικροσκοπικά εξογκώματα του χιτωνίου ή του ελατηρίου να έλθουν σε επαφή με την απέναντι επιφάνεια, δημιουργώντας στιγμιαίες αποξέσεις υλικού (φθορά μικροτριβής). Το πρόβλημα επιτείνεται, επειδή αυξάνεται η τραχύτητα των επιφανειών, οπότε και ο κίνδυνος επαφής. Η φθορά μικροτριβής εξαρτάται από τη μέγιστη πίεση του κύκλου, το είδος της εσωτερικής κατεργασίας του χιτωνίου και της τραχύτητας που επιτυγχάνεται, τη μέση ταχύτητα του εμβόλου και φυσικά το είδος και τη σύσταση του λιπαντικού. Εκτός της μικροτριβής, η φθορά των ελατηρίων οφείλεται και στις ακόλουθες αιτίες:

- Σε επικαθήσεις εξανθρακωμάτων στις υποδοχές των ελατηρίων.
- Σε κόλλημα των ελατηρίων από εξανθρακώματα που σχηματίζονται όταν η θερμοκρασία στην περιοχή τους ξεπεράσει τους 180-200° C.
- Σε κακή λίπανση που οφείλεται σε μικρή ποσότητα, κακής ποιότητας ή καμένο λάδι (λόγω διαρροής καυσαερίων).
- Σε μικρές ανοχές μεταξύ των ελατηρίων και των αυλακών τους.
- Σε αύξηση της πλευρικής ανοχής, οπότε τα καυσαέρια περνώντας πίσω από τα ελατήρια, αυξάνουν υπερβολικά την πίεση και την τριβή.
- Σε ύπαρξη διαβαθμίσεων στις θυρίδες ή στα χιτώνια, με αποτέλεσμα, κατά την παλινδρόμηση του εμβόλου, τα ελατήρια να κτυπούν σε αυτές και να καταστρέφονται.

Τα ελατήρια πρέπει να αντικατασταθούν όταν έχει μειωθεί το πάχος τους λόγω φθοράς κατά 15% (η διαφορά μεταξύ εξωτερικής και εσωτερικής ακτίνας). Στην περίπτωση μεγάλης φθοράς, δεν υπάρχει αρκετή στήριξη από τα τοιχώματα του αυλακιού, οπότε υπάρχει κίνδυνος στρεβλώσεώς τους. Επίσης λόγω μείωσης της διατομής τους μειώνεται και η αντοχή τους, οπότε αυξάνεται ο κίνδυνος θραύσεως. Η θραύση των ελατηρίων οφείλεται κυρίως σε διάδοση ρωγμών λόγω κοπώσεως του υλικού, ως αποτέλεσμα της δυναμικής καταπονήσεως των ελατηρίων. Η επιφανειακή φθορά των ελατηρίων στην επιφάνεια επαφής με το χιτώνιο επιτείνει τον κίνδυνο καταστροφής από κόπωση, λόγω της δημιουργίας μικρορωγμών. Η μείωση της διατομής των ελατηρίων (λόγω υπερβολικής και ανομοιόμορφης φθοράς) μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα την κατάρρευση του ελατηρίου (ring collapse) στον πυθμένα του αυλακιού. Η ανομοιόμορφη τοπική φθορά των ελατηρίων επιτρέπει στα καυσαέρια να εξασκήσουν εξωτερικές θλιπτικές πιέσεις, πριν αυτά προλάβουν να εισέλθουν στο εσωτερικό των αυλακιών και εξισορροπήσουν τις εξωτερικές πιέσεις. Η διαφυγή των καυσαερίων εξωτερικά των ελατηρίων, λόγω της τοπικής φθοράς τους, επιτείνει το πρόβλημα, διότι λόγω της υψηλής θερμοκρασίας τους, μειώνεται η ελαστικότητα των ελατηρίων και συνεπώς και η τάση τους να διαστέλλονται και να έρχονται σε επαφή με το χιτώνιο, Η στεγανοποιητική δράση του ελατηρίου ελαττώνεται ενώ αυξάνεται ο ρυθμός φθοράς του με τη συσσώρευση εξανθρακωμάτων στον ελεύθερο χώρο μεταξύ ελατηρίου και πυθμένα του αυλακιού. Η συσσώρευση αυτή των εξανθρακωμάτων μπορεί να προκαλέσει κόλλημα ελατηρίου στα τοιχώματα του αυλακιού, με αποτέλεσμα τη μείωση της στεγανοποιητικής του δράσεως και την αύξηση της φθοράς του. Το κόλλημα του ελατηρίου και η συσσώρευση υπολειμμάτων καύσεως και εξανθρακωμάτων λιπαντικού ευνοούνται από την ανάπτυξη υψηλών θερμοκρασιών στην περιοχή του πρώτου ελατηρίου.

### 3.7.3 ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΒΛΑΒΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ

α) Αύξηση της θερμοκρασίας των καυσαερίων.

-Υπερθέρμανση του αέρα σαρώσεως λόγω ακάθαρτου εναλλάκτη και των φίλτρων του στροβιλούπερπληρωτή.

-Υπερφόρτιση της μηχανής για μεγάλο χρονικό διάστημα.

- Πυρκαγιά στον οχετό σαρώσεως.

- Αυξημένες επικαθήσεις εξανθρακωμάτων στις θυρίδες σαρώσεως.

- Αυξημένες επικαθήσεις στα περύγια του συμπιεστή και του στροβίλου του στροβιλούπερπληρωτή.

- Λανθασμένος χρονισμός (καθυστέρηση) εγχύσεως καυσίμου.

- Κακή ποιότητα ή λανθασμένη επιλογή καυσίμου.

- Κακή προθέρμανση εγχυόμενου καυσίμου.

- Ανεπαρκής φυγοκέντριση του καυσίμου.

- Στάξιμο εγχυτήρων.

- Κακή στεγανοποίηση βαλβίδας εξαγωγής.

- Υπερβολική κατανάλωση κυλινδρελαίου.

β) Πτώση της θερμοκρασίας των καυσαερίων.

- Κακής ποιότητας καύσιμο με χαμηλή θερμογόνο δύναμη,
- Ατελής καύση.
- Μειωμένη ποσότητα αέρα σαρώσεως (ακάθαρτα φίλτρα, ακάθαρτος εναλλάκτης, μεγάλη συγκέντρωση εξανθρακωμάτων στις θυρίδες σαρώσεως, απόφραξη λέβητα καυσαερίων).
- Μειωμένη πίεση εγχύσεως.
- Λανθασμένος χρονισμός (μεγάλη προπορεία) εγχύσεως καυσίμου.
- Βλάβη στους εγχυτήρες.
- Βλάβη στις αντλίες υψηλής πίεσεως.
- Απώλεια συμπίεσεως από φθαρμένα ή κολλημένα ελατήρια εμβόλου.
- Βλάβη στους στροβιλούπερπληρωτές.
- Διαρροή νερού ψύξεως στον κύλινδρο,
- Εμπλοκή λόγω υπέρξεως αέρα στο σύστημα εγχύσεως.

γ) Κτύποι στη μηχανή,

- Διαρροή νερού με αποτέλεσμα την υδραυλική κρούση και το άνοιγμα της ασφαλιστικής βαλβίδας του πώματος.
- Υπερβολικό διάκενο βαλβίδων (τετράχρονες μηχανές).
- Φθορές στις ευθυντηρίες και στα πέδιλα σε μηχανές με ζύγωμα.
- Μεγάλες ελευθερίες ή φθορές στο μηχανισμό τανύσεως της αλυσίδας μεταδόσεως της κινήσεως προς τον εκκεντροφόρο (όταν υπάρχει).

δ) Μικρή πτώση των στροφών.

- Μειωμένη παροχή του αέρα σαρώσεως λόγω μερικού φραγμού των φίλτρων του στροβιλούπερπληρωτή, των εναλλακτών του αέρα σαρώσεως, των θυρίδων σαρώσεως και του λέβητα καυσαερίων.
- Μειωμένη παροχή καυσίμου λόγω φθορών των αντλιών υψηλής πίεσεως.
- Αλλαγή του πετρελαίου από πετρέλαιο ντήζελ σε βαρύ πετρέλαιο με το χειριστήριο να παραμένει στην ίδια θέση.
- Δυσλειτουργία ή φθορά της ανεπίστροφης βαλβίδας σε αντλία υψηλής πίεσεως.
- Παρουσία αέρα στο δίκτυο καυσίμου.
- Παρουσία νερού στο καύσιμο.
- Πτώση της πίεσεως στο εξωτερικό δίκτυο καυσίμου.
- Κακή προθέρμανση του καυσίμου.
- Απόφραξη των φίλτρων καυσίμου.
- Αύξηση του φορτίου της μηχανής λόγω αυξήσεως της αντιστάσεως του πλοίου κατά τη διάρκεια του πλου εξαιτίας κυματισμού ή σταδιακής ρυπάνσεως της γάστρας.

ε) Μεγάλη πτώση στροφών.

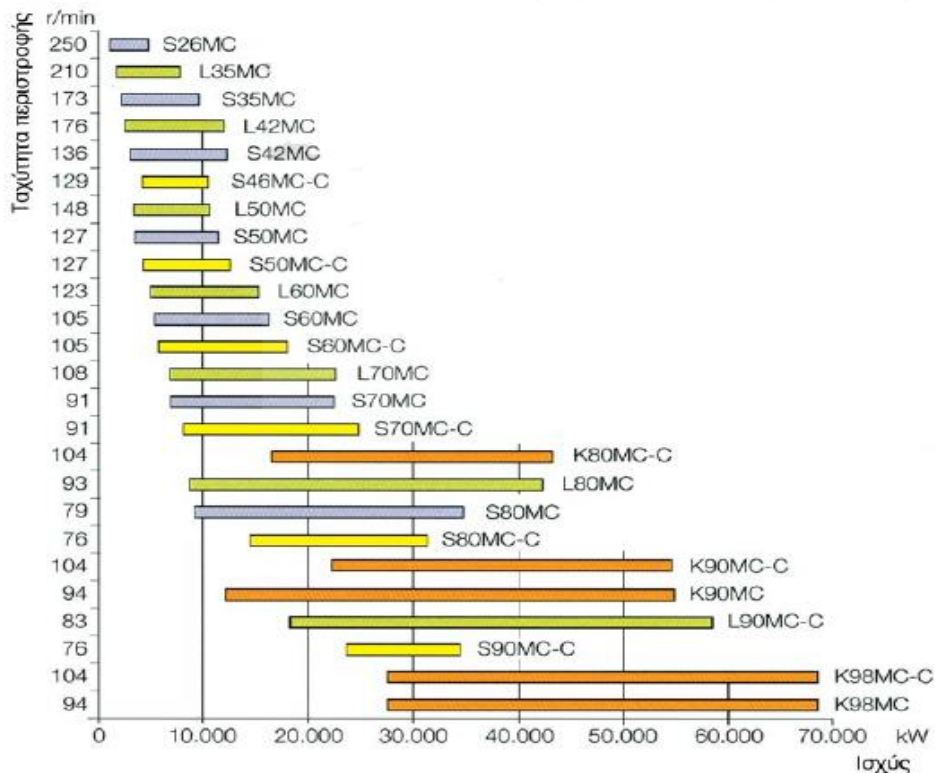
- Έλλειψη καυσίμου ή βλάβη αντλιών καυσίμου.
- Μεγάλη ποσότητα νερού στο πετρέλαιο.

- Βλάβη στο ρυθμιστή στροφών.
- Επέμβαση αυτοματισμών προστασίας της μηχανής.
- στ) Ασταθής λειτουργία της μηχανής (αυξομείωση στροφών).
- Ακανόνιστη παροχή πετρελαίου λόγω:
  - Εγκλωβισμού φυσαλλίδων αέρα στο δίκτυο καυσίμου,
  - Υπάρξεως νερού στο καύσιμο από ατελή φυγοκέντριση.
  - Ασταθούς λειτουργίας των αντλιών κυκλοφορίας καυσίμου.
  - Υψηλής ή χαμηλής θερμοκρασίας του βαρέος πετρελαίου.
  - Διαρροής στο δίκτυο παροχής καυσίμου.
  - Ακαθάρτων φίλτρων καυσίμου.
  - Κακής λειτουργίας των ανεπίστροφων βαλβίδων στις αντλίες υψηλής πίεσεως.
- Βλάβη στο ρυθμιστή στροφών.
- Βλάβη στο σύστημα ελέγχου της μηχανής.
- Λειτουργία της μηχανής κοντά στον κρίσιμο αριθμό στροφών.
- Ακάθαρτα φίλτρα στροβιλούπερπληρωτή.
- Ασταθής λειτουργία του στροβιλούπερπληρωτή.
- Υπερβολική αύξηση των στροφών λόγω αποκαλύψεως της έλικας σε υψηλό κυματισμό.
- ζ) Κράτηση της μηχανής.
- Επέμβαση του ρυθμιστή υπερταχύνσεως λόγω απότομης μείωσης του φορτίου, με αποτέλεσμα τη διακοπή της παροχής καυσίμου.
  - Απότομη πτώση της πίεσεως του καυσίμου.
  - Απότομη πτώση της πίεσεως του λιπαντικού.
  - Απότομη πτώση της πίεσεως του νερού ψύξεως.
  - Απότομη αύξηση της θερμοκρασίας των καυσαερίων.
  - Απότομη αύξηση της θερμοκρασίας του λιπαντικού.
  - Απότομη αύξηση της θερμοκρασίας του νερού ψύξεως.
  - Απότομη αύξηση θερμοκρασίας εδράνων.
  - Πυρκαγιά στον οχετό σαρώσεως.
  - Κρίσιμη αύξηση ατμών ελαίου στο στροφαλοθάλαμο.
  - Κράτηση των αντλιών θαλασσινού νερού.
  - Απώλεια ηλεκτρικής ισχύος.
  - Κρίσιμη βλάβη σε στροβιλούπερπληρωτή.
  - Υπερβολική αύξηση θερμοκρασίας λιπαντικού μειωτήρα (τετράχρονες μηχανές).

### 3.8 ΜΗΧΑΝΕΣ MAN B&W

#### 3.8.1 ΑΡΓΟΣΤΡΟΦΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ MAN B&W

Η MAN B&W αποτελεί συνένωση της γερμανικής MAN και της δανέζικης Burmeister & Wain, δύο εταιρείες οι οποίες έχουν συνδεθεί με την ανάπτυξη του κινητήρα Diesel από τα πρώτα χρόνια της ιστορίας του. Μετά την ένωση των δύο εταιρειών το 1980 σταμάτησε η ανάπτυξη των παλαιότερων δίχρονων πετρελαιομηχανών με σάρωση βρόγχου της MAN και η εταιρεία επικεντρώθηκε στην ανάπτυξη δίχρονων πετρελαιομηχανών με ευθύγραμμη σάρωση, με βάση το πρόγραμμα MC. Το συγκεκριμένο πρόγραμμα έχει δώσει περισσότερες από είκοσι σειρές κινητήρων με μεγάλο εύρος ταχυτήτων περιστροφής και ισχύος.



Οι κινητήρες της οικογένειας MC χρησιμοποιούν συγκεκριμένη ονοματολογία για να είναι ευκολότερος ο προσδιορισμός των χαρακτηριστικών τους. Στην αρχή δίδεται ο αριθμός των κυλίνδρων της μηχανής. Ακολουθεί ένα γράμμα που χαρακτηρίζει το λόγο διαδρομής εμβόλου προς διάμετρο κυλίνδρου (strokesbore ratio). Με S (Super long) χαρακτηρίζονται οι μηχανές με πολύ μεγάλη τιμή του λόγου (περίπου 3,8), με L (Long) οι μηχανές με μεγάλη τιμή του λόγου (περίπου 3,2), ενώ με K (Shortstroke), οι μηχανές με μικρή τιμή του λόγου (περίπου 2,8). Ακολουθεί η διάμετρος του κυλίνδρου σε εκατοστά και στη συνέχεια η έκδοση της μηχανής. Η μηχανή π.χ. με χαρακτηρισμό 6K98MC Mk6, αφορά σε εξακύλινδρη μηχανή με χαμηλή τιμή του λόγου s/b, διάμετρο κυλίνδρου 980 mm, ενώ η έκδοση του κινητήρα είναι η Mk6. Κινητήρες με μέση ενεργή πίεση πάνω από 18 bar χαρακτηρίζονται ως Mk6, ενώ με μέση ενεργή πίεση έως 17 bar χαρακτηρίζονται ως Mk5. Στο σχήμα παρουσιάζεται ο



τύπος 6S60MC-C, μαζί με επεξηγηματικό υπόμνημα των επιμέρους στοιχείων του κινητήρα. Το επίθεμα C (Compact) αναφέρεται σε πιο συμπαγείς μηχανές.

Η βάση των μηχανών κατασκευάζεται από χυτοσίδηρο για τις μικρότερες μηχανές και από συγκολλημένα χαλύβδινα ελάσματα για τις μεγαλύτερες, ενώ οι βάσεις των εδράνων είναι χυτοσιδηρές. Το ωστικό έδρανο είναι ενσωματωμένο στη βάση της μηχανής. Ο σκελετός κατασκευάζεται από επάλληλα τμήματα τύπου A, τα οποία είναι χυτοσιδηρά για τις μικρότερες μηχανές και από συγκολλητά χαλύβδινα ελάσματα για τις μεγαλύτερες. Το σώμα των κυλίνδρων κατασκευάζεται από ξεχωριστά χυτοσιδηρά τμήματα (ένα για κάθε κύλινδρο). Κάθε τμήμα περιλαμβάνει και τον οχετό σαρώσεως. Η σπονδυλωτή κατασκευή του σκελετού και του σώματος των κυλίνδρων παρέχει μεγάλη ευελιξία, όσον αφορά στους κινητήρες με διαφορετικό αριθμό κυλίνδρων, μειώνοντας έτσι το κόστος κατασκευής,

Τα κομβία και οι βραχίονες του στροφαλοφόρου άξονα συνδέονται με σφιχτή συναρμογή μεταξύ τους. Στο ελεύθερο άκρο του στροφαλοφόρου προσαρμόζεται αποσβεστήρας αξονικών ταλαντώσεων,

Για τη μείωση του συνολικού ύψους της μηχανής οι διωστήρες έχουν μειωμένο μήκος. Τα έδρανα ολισθήσεως του ζυγώματος είναι ταλαντούμενα και δεν απαιτούν ευθυγράμμιση. Τα χυτοσιδηρά χιτώνια στις μεγαλύτερες μηχανές ψύχονται με εγκάρσιες ατές ψύξεως (bore cooling), ενώ διατίθενται με ή χωρίς θερμική μόνωση των αγωγών ψύξεως. Το σύστημα ελέγχου της θερμοκρασίας του νερού ψύξεως, σε κάθε τύπο χιτωνίου, προστατεύει από την ψυχρή διάβρωση λόγω του θεικού οξέος. Το πόμα κάθε κυλίνδρου κατασκευάζεται από ενιαίο χαλύβδινο τεμάχιο, στο οποίο ανοίγονται οι οπές για την ψύξη, η κεντρική οπή για τη βαλβίδα εξαγωγής, οι οπές για τους εγχυτήρες καυσίμου, την ασφαλιστική βαλβίδα, τη βαλβίδα αέρα εκκινήσεως και το δυναμοδεικτικό κρουνό. Η κορώνα του εμβόλου κατασκευάζεται από χρωμιομολυβδενιούχο χάλυβα και ψύχεται από το λάδι της μηχανής. Διαθέτει τέσσερεις αύλακες ελατηρίων, οι οποίοι φέρουν επικάλυψη στις πλευρικές τους επιφάνειες από χρώμιο, για τη μείωση των φθορών τους.

Η ποδιά είναι χυτοσιδηρή και προσαρμόζεται με κοχλίες στο κάτω μέρος της κορώνας. Στις μεγάλες μηχανές φέρει ενσωματωμένους δακτυλίους από ορείχαλκο, για τη μείωση των τριβών. Το βάκτρο υπόκειται σε επιφανειακή σκλήρυνση για τη μείωση των τριβών στο στυπαιοθλιπτή. Μπορεί έτσι η επιφάνειά του να αντέξει μεγαλύτερες πιέσεις των δακτυλίων του στυπαιοθλιπτή, μειώνοντας τις διαρροές λιπαντικού.

Το βάκτρο συνδέεται με κοχλίες στην κορώνα του εμβόλου. Στο κοίλο εσωτερικό του προσαρμόζεται αγωγός μικρότερης διαμέτρου για την προσαγωγή και την απαγωγή του λιπαντικού προς την κορώνα του εμβόλου. Οι αντλίες καυσίμου υψηλής πίεσεως, καθώς και οι υδραυλικοί μηχανισμοί των βαλβίδων εξαγωγής παίρνουν κίνηση από κοινό εκκεντροφόρο.

Τα έκκεντρα προσαρμόζονται με σφιχτή συναρμογή στον εκκεντροφόρο άξονα, ενώ η γωνιακή τους θέση μπορεί να προσαρμοστεί με τη διοχέτευση λαδιού υψηλής πίεσεως. Ο εκκεντροφόρος παίρνει κίνηση μέσω αλυσίδας. Οι εντατήρες της αλυσίδας είναι αυτορρυθμιζόμενοι και λειτουργούν με υδραυλική πίεση. Οι βαλβίδες εξαγωγής βυθίζονται με την εφαρμογή υδραυλικής πίεσεως, ενώ η επαναφορά τους γίνεται με ελατήριο" αέρα, το οποίο επιτρέπει την ελεύθερη περιστροφή της κάθε βαλβίδας.

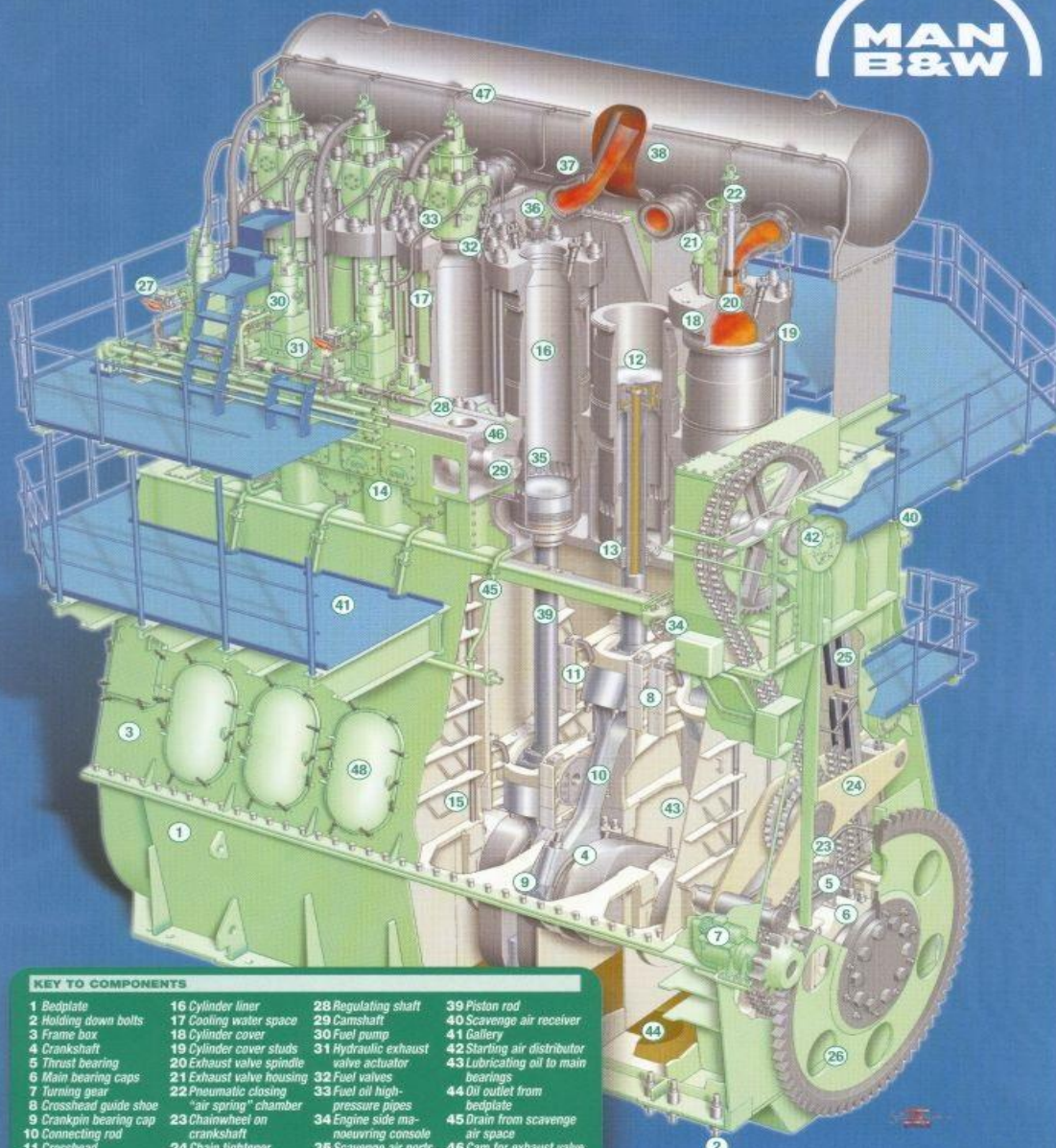
Η περιστροφή των βαλβίδων πραγματοποιείται με τη χρήση πτερυγίων. Στην κορυφή του στελέχους της βαλβίδας υπάρχει υδραυλικός αποσβεστήρας ταλαντώσεων. Για τις μηχανές με διάμετρο κυλίνδρου μεγαλύτερη των 600 mm χρησιμοποιούνται βαλβίδες από κράμα νικελίου (Nimonic). Οι μεγαλύτερες μηχανές εφοδιάζονται με αντλίες καυσίμου υψηλής πίεσεως, που έχουν τη δυνατότητα μεταβολής του χρονισμού της εγχύσεως, για τη βελτίωση της οικονομίας σε μερικά φορτία. Η ρύθμιση μπορεί να είναι ανεξάρτητη για κάθε κύλινδρο ή συνολική, ώστε να λαμβάνει υπόψη τα διαφορετικά χαρακτηριστικά εναύσεως των διαφόρων καυσίμων. Το καύσιμο προθερμαίνεται πριν την έγχυση, με τη μέγιστη θερμοκρασία να μην υπερβαίνει τους 150° C. Το σύστημα διατηρεί τη θερμοκρασία του με την ανακυκλοφορία θερμού καυσίμου. Οι εγχυτήρες δεν διαθέτουν σύστημα ψύξεως. Η μηχανή έχει τη δυνατότητα λειτουργίας χωρίς έναν κύλινδρο, ο οποίος απομονώνεται, με το ρυθμιστικό κανόνα καυσίμου της αντίστοιχης αντλίας υψηλής πίεσεως στο μηδέν. Η οικογένεια μηχανών ME αποτελεί εξέλιξη της οικογένειας MC και αναφέρεται σε ηλεκτρονικά ελεγχόμενες μηχανές, οι οποίες προσφέρουν αυξημένη οικονομία, μειωμένους ρύπους, αλλά και περισσότερη ευελιξία κατά τη λειτουργία τους. Είναι διαθέσιμες σε διαμέτρους κυλίνδρων από 500 έως 980 mm.

Εξασφαλίζουν την ίδια ειδική κατανάλωση καυσίμου στο κανονικό σημείο σχεδιάσεως με τις μηχανές της οικογένειας MC, αλλά μικρότερη ειδική κατανάλωση σε μερικά φορτία. Στην οικογένεια ME καταργείται ο εκκεντροφόρος άξονας και αντικαθίσταται από υδραυλικό σύστημα (ηλεκτρονικά ελεγχόμενο), το οποίο με κατάλληλους υδραυλικούς επενεργητές ρυθμίζει τη λειτουργία των αντλιών καυσίμου. Το σύστημα συνδυάζεται με αντίστοιχη διάταξη για τις βαλβίδες εξαγωγής των κυλίνδρων, οπότε εκλείπει η ανάγκη υπάρξεως εκκεντροφόρου άξονα.

Η λειτουργία του αντικαθίσταται από ηλεκτρονικό σύστημα ελέγχου, το οποίο παρέχει μεγάλη ελευθερία μεταβολής του χρονισμού και της διάρκειας της εγχύσεως (καθώς και του χρονισμού και της διάρκειας ανοίγματος των βαλβίδων εξαγωγής), ανάλογα με το σημείο λειτουργίας του κινητήρα. Επίσης κάθε κύλινδρος μπορεί να ρυθμιστεί ανεξάρτητα, οδηγώντας σε ομαλότερη λειτουργία του κινητήρα.







**KEY TO COMPONENTS**

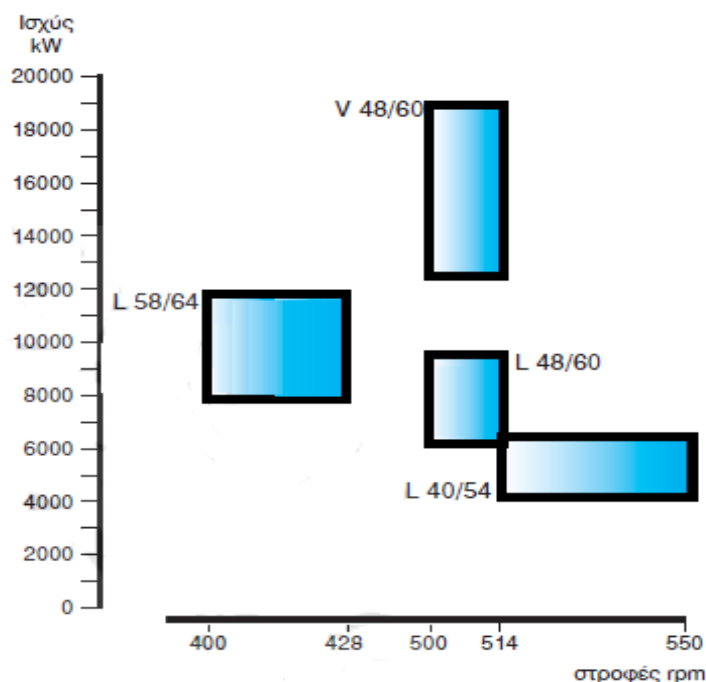
- |                            |   |                                     |                                       |
|----------------------------|---|-------------------------------------|---------------------------------------|
| 1 Bedplate                 | 16 Cylinder liner                         | 28 Regulating shaft                 | 39 Piston rod                         |
| 2 Holding down bolts       | 17 Cooling water space                    | 29 Camshaft                         | 40 Scavenging air receiver            |
| 3 Frame box                | 18 Cylinder cover                         | 30 Fuel pump                        | 41 Gallery                            |
| 4 Crankshaft               | 19 Exhaust valve studs                    | 31 Hydraulic exhaust valve actuator | 42 Starting air distributor           |
| 5 Thrust bearing           | 20 Exhaust valve spindle                  | 32 Fuel valves                      | 43 Lubricating oil to main bearings   |
| 6 Main bearing caps        | 21 Exhaust valve housing                  | 33 Fuel oil high-pressure pipes     | 44 Oil outlet from bedplate           |
| 7 Turning gear             | 22 Pneumatic closing "air spring" chamber | 34 Engine side manoeuvring console  | 45 Drain from scavenging air space    |
| 8 Crosshead guide shoe     | 23 Chainwheel on crankshaft               | 35 Scavenging air ports             | 46 Cam for exhaust valve roller guide |
| 9 Crankpin bearing cap     | 24 Chain tightener                        | 36 Starting air valve               | 47 Cooling water outlet               |
| 10 Connecting rod          | 25 Chain guide bars                       | 37 Exhaust gas outlet/compensator   | 48 Crankcase inspection doors         |
| 11 Crosshead               | 26 Turning wheel                          |                                     |                                       |
| 12 Piston                  | 27 Variable Injection Timing              |                                     |                                       |
| 13 Piston rod stuffing box |   |                                     |                                       |
| 14 Cylinder frame          |   |                                     |                                       |
| 15 Tie bolts               |   |                                     |                                       |

# 6S60MC-C

- |                         |   |   |  |
|-------------------------|---|---|--|
| 1 Βάση                  | 16 Χιτώνιο                                    | 27 Μηχανισμός μεταβλητού χρονισμού εγχύσεως | 37 Διαχύτης καυσαερίων                         |
| 2 Κοχλίες πακτώσεως     | 17 Υδροθάλαμος                                | 28 Ρυθμιστικός άξονας χρονισμού εγχύσεως    | 38 Συλλέκτης καυσαερίων                        |
| 3 Σκελετός              | 18 Πώμα                                       | 29 Εκκεντροφόρος                            | 39 Βάκτρο                                      |
| 4 Στροφαλοφόρος άξονας  | 19 Συνδέτης πώματος κυλίνδρου                 | 30 Αντλία καυσίμου υψηλής πίεσεως           | 40 Κιβώτιο σαρώσεως                            |
| 5 Ωστικό έδρανο         | 20 Βαλβίδα εξαγωγής                           | 31 Υδραυλικός επενεργητής βαλβίδας εξαγωγής | 41 Εξέδρα                                      |
| 6 Κελύφη εδράνου βάσεως | 21 Συγκρότημα βαλβίδας εξαγωγής               | 32 Εγχυτήρας καυσίμου                       | 42 Διανομέας αέρα εκκνήσεως                    |
| 7 Κρίκος                | 22 Ελατήριο αέρα βαλβίδας εξαγωγής            | 33 Αγωγός καυσίμου υψηλής πίεσεως           | 43 Αγωγός λιπαντικού προς έδρανα βάσεως        |
| 8 Πέδιλο ζυγώματος      | 23 Οδοντωτή στεφάνη αλυσίδας στο στροφαλοφόρο | 34 Χειριστήρια μηχανής                      | 44 Συλλέκτης λιπαντικού                        |
| 9 Πόδι δικωστήρα        | 24 Τανυστής αλυσίδας                          | 35 Θυρίδες σαρώσεως                         | 45 Αποστράγγιση από κιβώτιο σαρώσεως           |
| 10 Στέλεχος δικωστήρα   | 25 Οδηγοί αλυσίδας                            | 36 Βαλβίδα αέρα εκκνήσεως                   | 46 Έκκεντρο βαλβίδας εξαγωγής                  |
| 11 Ζύγωμα               | 26 Σφόνδυλος                                  |   | 47 Έξοδος νερού ψύξεως                         |
| 12 Έμβολο               |   |   | 48 Ανθρωποθυρίδες προσπελάσεως στροφαλοθαλάμου |
| 13 Στυπαιοθλίπτης       |   |   |  |
| 14 Σώμα κυλίνδρων       |   |   |  |
| 15 Συνδέτης             |   |   |  |

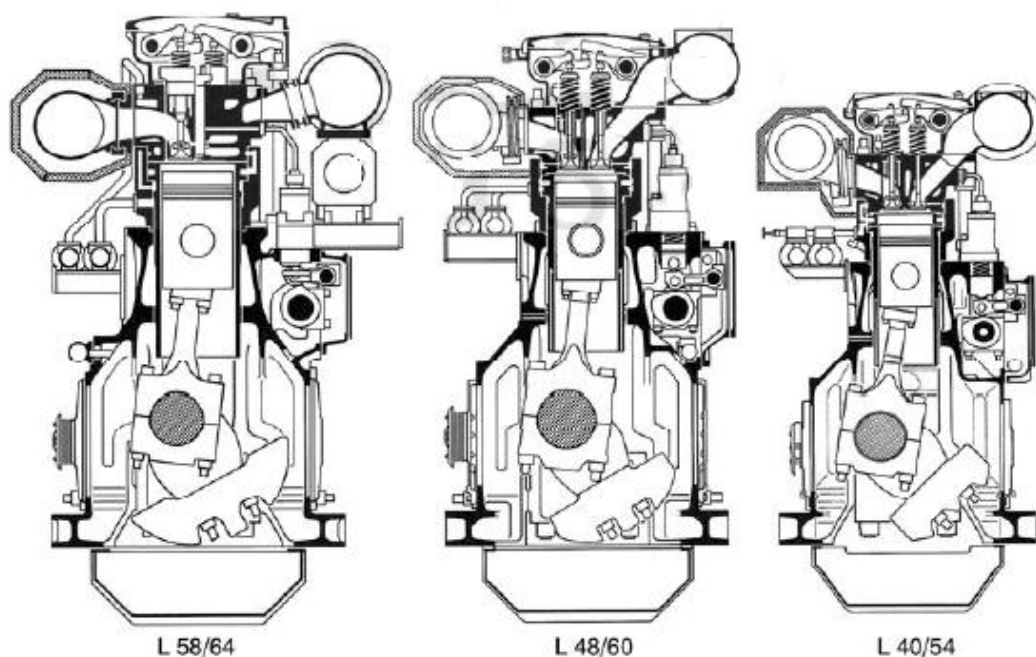
### 3.8.2 ΜΕΣΟΣΤΡΟΦΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ MAN B&W

Το όνομα της κάθε σειράς μηχανών προκύπτει από τη διάταξη των κυλίνδρων (L: εν σειρά, V: τύπου V), τη διάμετρο των κυλίνδρων σε cm και τη διαδρομή του εμβόλου σε cm. Έτσι, για παράδειγμα, η σειρά L32/40 αναφέρεται σε τετράχρονη μηχανή εν σειρά με διάμετρο κυλίνδρου 320 mm και διαδρομή εμβόλου 400 mm. Η περιοχή ισχύος των μεγαλύτερων σειρών παρουσιάζεται στο σχήμα.



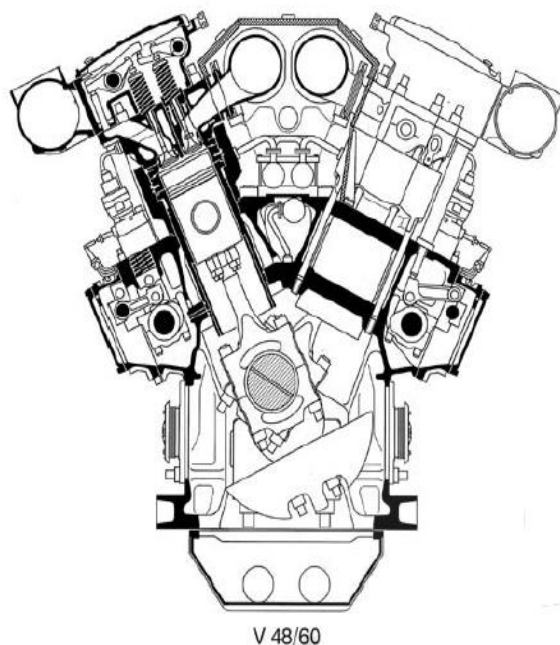
Η νέα γενιά μηχανών εγκαινιάστηκε το 1984 με τη σειρά L58/64, ακολουθούμενη από τις σειρές 32/40, 40/54 και 48/60 με μοντέλα τόσο εν σειρά όσο και σε διάταξη V. Η σειρά 32/40 παράγει 440 kW ανά κύλινδρο στις 720/750 στροφές ανά λεπτό. Η σειρά 40/54 παράγει 720 kW ανά κύλινδρο στις 550 στροφές ανά λεπτό. Η σειρά 48/60 παράγει 1050 kW ανά κύλινδρο στις 514 στροφές ανά λεπτό, ενώ η σειρά 58/64 παράγει 1390kW ανά κύλινδρο στις 428 στροφές ανά λεπτό.





Η δομή των μεσόστροφων μηχανών της MAN B&W είναι αρκετά όμοια, με όλες τις σειρές να μοιράζονται κοινά κατασκευαστικά χαρακτηριστικά. Το σώμα των μηχανών είναι ενιαίου τύπου (monoblock), χυτοσιδηρό, ενώ διατρέχεται από μεγάλου μήκους συνδέτες, που ξεκινούν από την ανώτερη επιφάνεια του σώματος και καταλήγουν στο κάτω ημικέλυφος των εδράνων βάσεως του στροφαλοφόρου άξονα. Αντίστοιχοι συνδέτες ξεκινούν από την κορυφή του πώματος κάθε κυλίνδρου και φθάνουν στην κάτω επιφάνεια του διαφράγματος του στροφαλοθαλάμου. Η διάταξη αυτή διατηρεί όλα τα τμήματα της μηχανής σε προένταση και έτσι μειώνεται δραστικά η καταπόνησή τους από τις δυναμικές ταλαντώσεις που προκαλεί ο κύκλος λειτουργίας. Επιπλέον, επιτυγχάνει ομοιόμορφη διανομή των τάσεων από τον κύλινδρο προς το στροφαλοφόρο και μειωμένη παραμόρφωση του χιτωνίου. Τα χιτώνια ψύχονται μόνο στο ανώτερο τμήμα τους, αποφεύγοντας έτσι την ψυχή διάβρωση στο κατώτερο. Στο ανώτερο τμήμα τους είναι εφοδιασμένα με αποσπώμενο και ψυχόμενο δακτύλιο μικρότερης διαμέτρου από το χιτόνιο,

ο οποίος αφαιρεί τα εξανθρακώματα από την περιφέρεια της κορώνας και αποτρέπει έτσι την ανεπιθύμητη εσωτερική λείανση του χιτωνίου. Το πώμα του κυλίνδρου είναι τύπου φλογόπλακας. Μία λεπτή πλάκα παρεμβάλλεται μεταξύ του θαλάμου καύσεως και των υδροθαλάμων, ώστε να επιτυγχάνεται καλή ψύξη του πώματος. Τις ισχυρές πιέσεις παραλαμβάνει δεύτερη πλάκα πίσω από την πρώτη, με μεγαλύτερο πάχος. Οι περιστρεφόμενες βαλβίδες είναι τοποθετημένες εντός ψυχόμενου και αφαιρούμενου συγκροτήματος, χωρίς να απαιτείται η αφαίρεση του πώματος για την εξάρμωσή τους. Οι βαλβίδες εξαγωγής περιστρέφονται με τη χρήση πτερυγίων, ενώ οι





βαλβίδες εισαγωγής περιστρέφονται με μηχανισμό περιστροφής (Rotocap). Η περιστροφή των βαλβίδων εξαγωγής συνεχίζεται και κατά την επαφή τους με την έδρα, επιτυγχάνοντας καθαρισμό της από τις επικαθήσεις. Οι έδρες είναι ψυχόμενες και κατασκευάζονται από υλικά ιδιαίτερα ανθεκτικά στη θερμότητα και ψυχρή διάβρωση. Η διάρκεια ζωής των βαλβίδων φθάνει τις 30.000 ώρες. Στις προηγούμενες γενιές η εταιρεία έχει χρησιμοποιήσει δύο κατηγορίες εμβόλων έμβολα δύο τμημάτων, με την ποδιά να κατασκευάζεται χυτή από αλουμίνιο, ενώ η κορώνα του εμβόλου από χάλυβα υψηλής ποιότητας, καθώς και χυτοσιδηρά έμβολα ενιαίου τύπου. Οι μεγάλες πιέσεις που ασκούνται πλέον στους σύγχρονους κινητήρες επέβαλαν την κατάργηση των τύπων αυτών και τη χρησιμοποίηση χυτοσιδηρών εμβόλων με σφαιροειδή γραφίτη στους μικρούς και χαλυβδίνων εμβόλων στους μεγάλους κινητήρες. Η ψύξη της κορώνας του εμβόλου επιτυγχάνεται με παροχή ελαίου στην κοιλότητα εσωτερικά της κορώνας ενώ η μέθοδος ψύξεως είναι τύπου παφλασμού. Για τη μείωση της καταπόνησεως των ελατηρίων του εμβόλου επιβάλλεται μικρό ακτινικόδιάκενο μεταξύ του χιτωνίου και του εμβόλου, ενώ η περιοχή των αυλάκων των ελατηρίων έχει υποστεί σκλήρυνση για αύξηση της διάρκειας ζωής. Τα 3 ελατήρια του εμβόλου είναι όλα τοποθετημένα στην κορώνα. Το πρώτο διαθέτει επικάλυψη με χρήση πλάσματος, ενώ τα άλλα δύο διαθέτουν επικάλυψη χρωμίου. Η επικάλυψη πλάσματος στο πρώτο και πλέον καταπονούμενο ελατήριο επιτυγχάνει ρυθμούς φθοράς πολύ μικρότερους από 0,01 mm ανά 1000 ώρες λειτουργίας, αυξάνοντας σημαντικά τους χρόνους μεταξύ διαδοχικών επιθεωρήσεων και αντικαταστάσεων των ελατηρίων (η διάρκεια ζωής τους κυμαίνεται μεταξύ 15.000 και 20.000 ωρών λειτουργίας). Αυτό μεταφράζεται σε χρονικό διάστημα 3 ετών μεταξύ διαδοχικών αφαιρέσεων του εμβόλου για συντήρηση. Ο ψεκασμός του καυσίμου πραγματοποιείται από μοναδικό εγχυτήρα, τοποθετημένο στο κέντρο του πώματος. Το ακροφύσιο διαθέτει πολλαπλές οπές, που δημιουργούν συμμετρικές δέσμες καυσίμου στο εσωτερικό του θαλάμου καύσεως. Οι μηχανές είναι σχεδιασμένες να καταναλώνουν και βαρύ πετρέλαιο (HFO) με ιξώδες έως και 700cSt στους 50° C. Για τη μείωση των εκπομπών ρύπων χρησιμοποιείται υψηλή συμπίεση, υψηλή υπερπλήρωση και καθυστέρηση εγχύσεως. Με τη χρήση εξελιγμένων τεχνικών, όπως έγχυση νερού ή μείγματος νερού καυσίμου, μπορεί να επιτευχθεί επιπλέον μείωση των εκπεμπομένων οξειδίων του αζώτου (NOx). Στο στάδιο της παραγωγής έχει ήδη φθάσει και το ηλεκτρονικά ελεγχόμενο σύστημα εγχύσεως κοινού συλλέκτη καυσίμου (Common Rail), που προσφέρει σημαντική μείωση των ρύπων με αύξηση της αποδόσεως του κινητήρα. Για την παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος στην ξηρά, γίνονται μελέτες για τη χρησιμοποίηση υδρογόνου ως καυσίμου, το οποίο προσφέρει το σημαντικό πλεονέκτημα του μηδενισμού της παραγωγής διοξειδίου του άνθρακα, που σε μεγάλο βαθμό, ευθύνεται για το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

1. ΜΗΧΑΝΕΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΥΣΕΩΣ - ΤΟΜΟΣ 1 -ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΚΕΙΜΕΝΟ ΑΚΑΔΗΜΙΩΝ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ .
2. ΜΗΧΑΝΕΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΥΣΕΩΣ - ΤΟΜΟΣ 2 -ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΚΕΙΜΕΝΟ ΑΚΑΔΗΜΙΩΝ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ .
3. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΝΑΥΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ ΓΙΑ ΠΛΟΙΑΡΧΟΥΣ – ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΤΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ – ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ .
4. ΝΑΥΤΙΚΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ- ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΚΕΙΜΕΝΟ ΑΚΑΔΗΜΙΩΝ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ .
5. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟΝ ΑΥΤΟΜΑΤΟ ΕΛΕΓΧΟ –ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΙ ΠΛΟΙΩΝ - ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΚΕΙΜΕΝΟ ΑΚΑΔΗΜΙΩΝ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ.
6. ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΑ-ΗΛ. ΜΗΧΑΝΕΣ &ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΠΛΟΙΟΥ – ΕΝΟΤΗΤΑ 10 – ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ (Θ) –ΤΜΗΜΑ ΝΑΥΠΗΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ-ΤΕΙ ΑΘΗΝΑΣ.
7. ΨΥΚΤΙΚΕΣ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ - ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΚΕΙΜΕΝΟ ΑΚΑΔΗΜΙΩΝ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ .
8. ΨΥΚΤΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ ΚΑΙ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ –ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ - ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΚΕΙΜΕΝΟ ΑΚΑΔΗΜΙΩΝ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ .
9. ΝΑΥΤΙΛΙΑΚΕΣ ΓΝΩΣΕΙΣ- ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΚΕΙΜΕΝΟ ΑΚΑΔΗΜΙΩΝ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ .