



Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών

Τμήμα Αυτοματισμού

Πτυχιακή εργασία

Θέμα:

«ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ ΠΟΥ ΣΧΕΤΙΖΟΝΤΑΙ ΜΕ ΤΗΝ ΠΡΟΩΣΗ ΕΝΟΣ ΠΛΟΙΟΥ»



ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΜΙΧΑΛΗΣ ΠΑΠΟΥΤΣΙΔΑΚΗΣ

ΦΟΙΤΗΤΗΣ: ΑΠΟΣΤΟΛΟΠΟΥΛΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ Α.Μ: 36289

Ευχαριστίες

Έχοντας φτάσει στο τέλος της πτυχιακής μου εργασίας, αισθάνομαι υποχρεωμένος να μιλήσω για κάποιους ανθρώπους, που ο καθένας με τον δικό του τρόπο σηματοδότησε την πορεία των χρόνων μου στις προπτυχιακές σπουδές μου και να τους ευχαριστήσω.

Πρώτα απ' όλα, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα μου, κύριο Παπουτσιδάκη Μιχαήλ, Επιστημονικό Συνεργάτη του Τμήματος Αυτοματισμού του Α.Τ.Ε.Ι. Πειραιά, διότι η συνεργασία μαζί του ήταν ένας καταλύτης για την ολοκλήρωση των προπτυχιακών σπουδών μου. Τα αποτελέσματα της εργασίας αυτής είναι από τη συνεργασία με τον κ. Παπουτσιδάκη.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου Δημήτρη και Μαρία για την αμέριστη υποστήριξή τους όλα αυτά τα χρόνια, των προπτυχιακών σπουδών μου. Αφιερώνω αυτή την εργασία στους γονείς μου, ως ελάχιστη ευγνωμοσύνη για την κατανόηση και την υπομονή τους όλα αυτά τα χρόνια.

Περιεχόμενα

1. Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΟΥ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ	- 7 -
1.1 Ιστορική αναδρομή.....	- 9 -
1.2 Βασικές αρχές στα συστήματα ανοικτού και κλειστού βρόγχου	- 10 -
1.3 Συσκευές και στοιχεία του συστήματος ελέγχου.....	- 12 -
2. ΜΗΧΑΝΕΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΥΣΗΣ.....	- 13 -
2.1 Κατάταξη και στοιχειώδης περιγραφή λειτουργίας των μεκ.....	- 13 -
2.2 Περιγραφή της δομής και των βασικών τμημάτων μιας μεκ.....	- 14 -
3. ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΙ ΠΑΝΩ ΣΤΗΝ ΜΕΚ.....	- 28 -
3.1 Ηλεκτρονικός έλεγχος θερμοκρασίας λιπαντικού κύριας.....	- 28 -
Μηχανής.....	- 28 -
3.2 Σύστημα εγχύσεως με υδραυλική ενεργοποίηση των	- 30 -
αντλιών και απουσία εκκεντροφόρου	- 30 -
3.3 Αυτόματη ρύθμιση στροφών έλικας πλοίου.....	- 32 -
3.4 Ο ηλεκτρονικός έλεγχος στροφών ηλεκτροκινητήρα.....	- 33 -
3.5 Ρυθμιστές στροφών (Governors)	- 34 -
3.6 Συστήματα κοινού συλλέκτη (Common Rail).....	- 39 -
4. ΠΡΟΠΕΛΑ.....	- 44 -
4.1 Εξέλιξη πρόωσης	- 45 -
4.2 Τύποι ελίκων	- 47 -
4.3 Τα βασικά μέρη της προπέλας:	- 50 -
4.4 Το έργο της προπέλας.....	- 52 -
5. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΜΗΧΑΝΗΣ ΈΛΙΚΑΣ	- 56 -
- ΈΛΙΚΑ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΥ ΒΗΜΑΤΟΣ (CPP)	- 56 -
5.1 Απλοποιημένη μορφή συστήματος ελέγχου ενός cpp	- 57 -
5.2 Σύστημα ελέγχου μηχανής - έλικας μεταβλητού βήματος (combinator).....	- 58 -
5.3 Το αζιμουθιακό προωστήριο σύστημα (rod)	- 62 -
6. ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΠΟ ΑΠΟΣΤΑΣΗ.....	- 70 -
6.1 ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ	- 71 -
6.1.1. Μαγνητικοί αισθητήρες	- 72 -
6.1.2. Αισθητήρες για την μέτρηση της θερμοκρασίας	- 72 -
6.1.3. Αισθητήρες για την μέτρηση της μετακίνησης – θέσης.....	- 75 -

6.1.4. Αισθητήρες μετακίνησης βασιζόμενοι στην μεταβολή του μαγνητικού Πεδίου -	75
-	
6.1.5. Αισθητήρες βασιζόμενοι σε οπτικά φαινόμενα.....	75 -
7.ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΑ	82 -
7.1Βοηθητικά Μηχανήματα προώσεως.....	83 -
7.2 Βοηθητικά Μηχανήματα χειρισμών	84 -
7.3Βοηθητικά Μηχανήματα Βοηθητικών χρήσεων	85 -
7.4 Δίκτυα Βοηθητικών εγκαταστάσεων	86 -
ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	91 -
ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ.....	91 -

Περιεχόμενα σχημάτων

Σχήμα 1.1 Ανοικτό σύστημα αυτόματου ελέγχου.....	11
Σχήμα 1.2 Κλειστό σύστημα αυτόματου ελέγχου.....	11
Σχήμα 2.1 Φωτογραφία του πάνω μέρους της κύριας μηχανής.....	16
Σχήμα 2.2 Φωτογραφία των κυλίνδρων σε μηχανή τύπου V.....	17
Σχήμα 2.3 Εικόνα από έμβολο μιας πετρελαιομηχανής κρουαζιερόπλοιου περίπου ενός μέτρου διάμετρος.....	20
Σχήμα 2.4 Εικόνα στροφαλοφόρου άξονα από δίχρονο αργόστροφο κινητήρα, πλοίου μεταφοράς φορτίων	22
Σχήμα 2.5 Εικόνα στροφαλοφόρου άξονα σε μηχανή κρουαζιερόπλοιου	23
Σχήμα 2.6 Εικόνα θαλάμου καύσεως, βαλβίδων εισαγωγής και εξαγωγής και εκκεντροφόρων αξόνων.....	24
Σχήμα 2.7 Εικόνα από εκκεντροφόρο άξονα.....	25
Σχήμα 2.8 Εικόνα από κύριο άξονα της μηχανής που καταλήγει στην προπέλα.....	26
Σχήμα 3.1 Ηλεκτρονικό σύστημα ελέγχου της θερμοκρασίας του λαδιού του κινητήρα.....	29

Σχήμα 3.2 Διάταξη συστημάτων εγχύσεως και ανυψώσεως της βαλβίδας εξαγωγής, χωρίς τη χρήση εκκεντροφόρου.....	32
Σχήμα 3.3 Σύστημα ελέγχου καυσίμου σε κανονική ταχύτητα και σε υπερτάχυνση.....	34
Σχήμα 3.4 Εικόνα από Μηχανικό-υδραυλικό σύστημα ελέγχου στροφών τύπου Governor UG-8. Οι ρυθμίσεις γίνονται μέσω περιστρεφόμενων Διακοπών.....	36
Σχήμα 3.5 Εικόνα από Μηχανικό-ηλεκτρονικό σύστημα ελέγχου στροφών τύπου Governor UG. Οι ρυθμίσεις γίνονται μέσω συστήματος ψηφιακού ελεγκτή/ΗΥ.....	36
Σχήμα 3.6 Εικόνα από Επενεργητής (Actuator) ProAct Σερβοκινητήρα συστήματος ελέγχου στροφών. Οι ρυθμίσεις γίνονται μέσω συστήματος ψηφιακού ελεγκτή/ΗΥ. Περιέχει ελεγκτή θέσης περιστροφής.....	37
Σχήμα 3.7 Εικόνα περιγραφής συστήματος κοινού συλλέκτη.....	39
Σχήμα 3.8 Φωτογραφία περιγραφής συστήματος κοινού συλλέκτη.....	40
Σχήμα 3.9 Αναπαράσταση ψεκασμού καυσίμου από τις βαλβίδες με σύστημα κοινού συλλέκτη.....	41
Σχήμα 4.1 Φωτογραφία προπέλας σταθερού βήματος.....	48
Σχήμα 4.2 Φωτογραφία προπέλας μεταβλητού βήματος.....	48
Σχήμα 4.3 Φωτογραφία προπέλας μεταβλητού βήματος όπου διακρίνονται τα μέρη της.....	50
Σχήμα 4.4 Εικόνα παρουσίασης της λειτουργίας μιας προπέλας μεταβλητού βήματος.....	55
Σχήμα 5.1 Υδραυλικό κύκλωμα ελέγχου μιας προπέλας μεταβλητού βήματος.....	57
Σχήμα 5.2 Σύστημα ελέγχου μηχανής- προπέλας μεταβλητού βήματος.....	58
Σχήμα 5.3 Σύστημα ελέγχου μηχανής με combinator.....	59
Σχήμα 5.4 Σύστημα ελέγχου μηχανής-έλικας μεταβλητού βήματος χωρίς έλεγχο.....	60
Σχήμα 5.5 Σύστημα ελέγχου μηχανής-έλικας μεταβλητού βήματος με έλεγχο, χρησιμοποιώντας ελεγκτή καυσίμου.....	60

Σχήμα 5.6 Σύστημα ελέγχου μηχανής-έλικας μεταβλητού βήματος με έλεγχο, χρησιμοποιώντας ελεγκτή καυσίμου, αλλά και ελεγκτή του βήματος της προπέλας.....	61
Σχήμα 5.7 Εικόνα με τα κύρια μέρη από τα οποία αποτελείται το αξιμουθιακό σύστημα προώσεως.....	63
Σχήμα 5.8 Εικόνα από σταθερό αξιμουθιακό σύστημα.....	64
Σχήμα 5.9 Εικόνα ενός δακτυλίου(slip ring) που επιτρέπει τη μετάδοση της ενέργειας και των ηλεκτρικών σημάτων από σταθερό σε περιστρεφόμενο.....	65
Σχήμα 5.10 Εικόνα από το εσωτερικό του συστήματος.....	65
Σχήμα 5.11 Απεικόνιση των τμημάτων από τα οποία αποτελείται το αξιμουθιακό προωστήριο σύστημα	68
Σχήμα 5.12 Φωτογραφία των χειριστηρίων του αξιμουθιακού συστήματος από τη γέφυρα του πλοίου.....	69
Σχήμα 6.1 Εικόνα από τους πίνακες ελέγχου που βρίσκονται στο δωμάτιο ελέγχου του πλοίου.....	71
Σχήμα 6.2 Φωτογραφία αισθητήρα θερμοκρασίας μηχανής.....	72
Σχήμα 6.3 Φωτογραφία από αισθητήρα θερμοκρασίας θαλασσινού νερού.....	73
Σχήμα 6.4 Φωτογραφία αισθητήρα θερμοκρασίας πετρελαίου.....	73
Σχήμα 6.5 Φωτογραφία δωματίου ελέγχου ενός πλοίου(engine control room).....	78
Σχήμα 6.6 Φωτογραφία από εξομοιωτή Κύριας μηχανής.....	78
Σχήμα 6.7 Φωτογραφία από εξομοιωτή ενός Δικτύου πετρελαίου.....	79
Σχήμα 6.8 Φωτογραφία από εξομοιωτή των Διαχωριστών πετρελαίου.....	79
Σχήμα 6.9 Φωτογραφία από εξομοιωτή του Δικτύου ψύξης της κύριας μηχανής.....	80
Σχήμα 6.10 Φωτογραφία από εξομοιωτή του Δικτύου λίπανσης της κύριας μηχανής.....	80
Σχήμα 6.11 Φωτογραφία από εξομοιωτή του Δικτύου πεπιεσμένου αέρα.....	80
Σχήμα 6.12 Φωτογραφία από εξομοιωτή του Δικτύου ατμού	81

Σχήμα 6.13 Φωτογραφία από εξομοιωτή του Δικτύου ισορροπίας (νερού και έρματος).....	81
Σχήμα 6.14 Φωτογραφία από εξομοιωτή του Σταθμού παραγωγής ενέργειας.....	81
Σχήμα 6.15 Φωτογραφία από εξομοιωτή του συστήματος διεύθυνσης, και του συστήματος πυρόσβεσης.....	82
Σχήμα 7.1 Φωτογραφία της πλήρης ενός πλοίου και της πρωραίας έλικας χειρισμών.....	84
Σχήμα 7.2 Φωτογραφία του stabilizer ενός πλοίου.....	85
Σχήμα 7.3 Φωτογραφία των φυγοκεντρικών διαχωριστήρων.....	88

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η λεπτομερής περιγραφή και ανάλυση των βασικών συστημάτων αυτόματου ελέγχου που σχετίζονται με την πρόωση ενός πλοίου. Πιο συγκεκριμένα θα προσπαθήσω να αναλύσω τα μέρη από τα οποία αποτελείται μία μηχανή εσωτερικής καύσης καθώς και τη λειτουργία της. Στη συνέχεια θα ασχοληθώ με τα συστήματα πρόωσης, τις προπέλες και την εξέλιξη τους, όπου είναι και οι κύριοι αποδέκτες της ενέργειας που παράγεται από τις κύριες μηχανές. Τέλος θα γίνει μία εκτενής αναφορά στο τρόπο με τον οποίο γίνεται ο έλεγχος όλου του εξοπλισμού στο μηχανοστάσιο.

1.Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΟΥ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ

Ο αυτοματισμός αφορά δύο έννοιες σχετιζόμενες μεταξύ τους. Αρχικά, σημαίνει την τυποποίηση μίας διαδικασίας μέσω της εύρεσης καλώς ορισμένων βημάτων τα οποία πρέπει να ακολουθηθούν για να παραχθεί κάποιο επιθυμητό αποτέλεσμα. Έτσι ο αυτοματισμός δεν είναι τίποτα άλλο παρά η εύρεση ενός αλγορίθμου για την επίλυση ενός προβλήματος, ή η κατασκευή ενός αυτόνομου μηχανισμού που εκτελεί αυτόν τον αλγόριθμο για κάποια είσοδο χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση. Παραδείγματος χάριν ο αυτοματισμός στοχεύει στη διατήρηση σε σταθερά επίπεδα της θερμοκρασίας ενός θερμοστάτη, της πορείας ενός αεροπλάνου, της ταχύτητας ενός αυτοκινήτου κλπ. Ο αυτοματισμός στηρίζεται εννοιολογικά στη θεωρία ελέγχου και στους μηχανισμούς ανάδρασης. Σε αντίθεση με την τελευταία όμως, ο αυτοματισμός έχει έναν αυστηρά εφαρμοσμένο χαρακτήρα και στην πράξη αξιοποιεί ποικιλία εξειδικευμένων προϊόντων ηλεκτρονικής και τεχνολογίας πληροφοριών (π.χ. μικροελεγκτές, συστήματα πραγματικού χρόνου, τεχνολογίες). Η σημασία του αυτοματισμού είναι μεγάλη στη βιομηχανία, όπου μειώνει σημαντικά την ανάγκη για ανθρώπινη παρέμβαση (π.χ. σε τηλεμετρίες, αυτόματο έλεγχο γραμμών παραγωγής κλπ).

Εξειδικευμένοι υπολογιστές υψηλής αντοχής, οι προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές (PLC), χρησιμοποιούνται για να συγχρονίσουν τη ροή εισόδων από φυσικούς αισθητήρες με τη ροή εντολών προς συσκευές εξόδου (π.χ. βραχίονες). Ο αυτοματισμός ερευνά τη συμπεριφορά δυναμικών συστημάτων μοντελοποιώντας τα με τα μεθοδολογικά και μαθηματικά εργαλεία της επεξεργασίας σήματος. Έτσι μεταχειρίζεται τα συστήματα ως κουτιά με είσοδο και έξοδο. Ως είσοδος θεωρείται ένα σήμα, αναλογικό ή ψηφιακό συλλεγόμενο από κάποιο σημείο του συστήματος. Τα ενδιάμεσα κουτιά αναπαριστούν τις διάφορες διαταράξεις που επηρεάζουν το σήμα, όπως τριβές στους ενεργοποιητές, αποτέλεσμα των στοιχείων του ελέγχου που παρεμβάλλονται, τους ελεγκτές. Αυτά τα αποτελέσματα συνήθως αναπαρίστανται με μαθηματικές συναρτήσεις τις συναρτήσεις μεταφοράς. Μία συνάρτηση μεταφοράς προσδιορίζει ένα σύστημα και τον τρόπο που μεταβάλλει κάθε σήμα εισόδου. Η έξοδος του συστήματος ονομάζεται αναφορά και ανταποκρίνεται στην τιμή του σήματος κατόπιν ενεργοποίησης των προηγούμενων συναρτήσεων μεταφορών σε αυτήν. Όταν μια ή

περισσότερες μεταβλητές εξόδου ενός συστήματος πρέπει να ακολουθήσουν την τιμή κάποιας αναφοράς που μεταβάλλεται με τον χρόνο, χρειάζεται να προστεθεί ένας ελεγκτής που να χειρίζεται τις τιμές των σημάτων εισόδου έως ότου επιτευχθεί η επιθυμητή έξοδος.

Γενικά οι αυτοματισμοί έρχονται να καλύψουν κάποιες βασικές ανάγκες, τεχνικές, οικονομικές ή ανθρώπινες ανάγκες. Πιο συγκεκριμένα, χρησιμοποιούνται για

- 1) την αντικατάσταση του ανθρώπου σε ορισμένες επαναλαμβανόμενες ή επικίνδυνες εργασίες,
- 2) τη βελτίωση της παραγωγικότητας, της ποιότητας και της απόδοσης της παραγωγικής διαδικασίας,
- 3) τη βελτίωση της ασφάλειας του προσωπικού, την εξοικονόμηση ενέργειας, τη μείωση του κόστους εργασίας

Για να είναι εφικτή η αυτόματη λειτουργία ενός συστήματος απαιτούνται δύο βασικά στοιχεία η μηχανή ή η εγκατάσταση και ο αυτοματισμός ή ο έλεγχος.

Τα συστήματα αυτόματου ελέγχου διαδραματίζουν ένα συνεχώς αυξανόμενο ρόλο στη σύγχρονη ζωή από την πιο απλή οικιακή συσκευή μέχρι τα πολύπλοκα συστήματα που εφαρμόζονται στη ναυτιλία.

1.1 Ιστορική αναδρομή

Η χρήση των αυτοματισμών χρονολογείται από την αρχαιότητα. Από τη μελέτη παλιών ιστορικών κειμένων προκύπτει ότι πρώτοι οι αρχαίοι Έλληνες χρησιμοποίησαν ένα μηχανισμό προκειμένου να ελέγχουν τη στάθμη νερού σε δεξαμενή.

Αργότερα ο Ήρωνας ο Αλεξανδρεύς επινόησε και κατασκεύασε πολλούς αυτόματους μηχανισμούς. Ένας από τους πλέον γνωστούς είναι αυτός που χρησιμοποιήθηκε για το άνοιγμα και το κλείσιμο της πύλης ενός ναού. Το 16 αιώνα ο Ολλανδός Κορνήλιος Ντρεμπέλ παρουσίασε έναν αυτόματο ρυθμιστή θερμοκρασίας. Το 17 αιώνα ο Denis Papin επινόησε τον αυτόματο ρυθμιστή πίεσης που είχε εφαρμογή στους ατμολέβητες. Το 1769 ο James Watt ανακάλυψε τον αυτόματο φυγοκεντρικό ρυθμιστή ταχύτητας των ατμομηχανών. Το 1765 ο Ρώσος μηχανικός Ιβάν Πουλζούνωφ επινόησε το σύστημα ρύθμισης της στάθμης νερού σε ατμολέβητα. Με τη θέρμανση του νερού και τη μετατροπή του σε ατμό κατέβαινε η στάθμη του νερού. Κατεβαίνοντας ο πλωτήρας υποχρέωνε το πώμα μέσω μοχλών να απομακρυνθεί από τη θέση έμφραξης του στομίου του σωλήνα παροχής νερού εξασφαλίζοντας έτσι την εισροή της απαιτούμενης ποσότητας στο λέβητα. Όλες οι εφευρέσεις που είχαν γίνει στο χώρο του αυτοματισμού μέχρι τότε βασιζόνταν μόνο στην εμπειρία για αυτό και τα συστήματα που κατασκευάζονταν μέχρι τότε τα διέκρινε η αστάθεια κατά τη διάρκεια της λειτουργίας τους. Δηλαδή ο χειριστής της μηχανής έπρεπε να την επιβλέπει ώστε να μην καταστραφεί σε περίπτωση αστοχίας του συστήματος.

Με την ανάπτυξη των ηλεκτρονικών υπολογιστών τα συστήματα αυτόματου ελέγχου έχουν εξελιχθεί σημαντικά, ώστε η οποιαδήποτε απόκλιση από την κανονική λειτουργία του συστήματος να γίνεται άμεσα αντιληπτή και η διόρθωση της να γίνεται πολύ σύντομα.

Τον Μάιο του 1967 παρελήφθη το φορτηγό πλοίο 'Elbe ore', το οποίο ήταν το πρώτο πλοίο που εφαρμόστηκε αυτόματος έλεγχος μηχανής από την γέφυρα χωρίς προσωπικό στο μηχανοστάσιο. Το πλοίο διέθετε μηχανή ισχύος, δωμάτιο ελέγχου (control room) στο μηχανοστάσιο αυτοματισμούς στην κύρια μηχανή και στα βοηθητικά μηχανήματα. Διέθετε επίσης καταγραφέα στοιχείων καθώς και άλλους απαραίτητους μηχανισμούς για την λειτουργία της μηχανής αυτόματα χωρίς ανθρώπινη παρακολούθηση. Μερικοί από τους αυτοματισμούς που διέθετε το πλοίο στο μηχανοστάσιο ήταν οι παρακάτω:

- σύστημα υψηλής ανίχνευσης πυρκαγιάς,
- εγκατάσταση αυτόματου διαχωριστήρα του νερού των υδροσυλλεκτών και της καταγραφής των στοιχείων,
- τοποθέτηση thermo monitor για την ένδειξη της θερμοκρασίας των καυσαερίων εξαγωγής.

Οι εγκαταστάσεις ήταν τέτοιες ώστε και αν ακόμα ο καταγραφέας στοιχείων καταστρεφόταν αυτές μπορούσαν να διατηρήσουν την εξακολούθηση της λειτουργίας της μηχανής, χωρίς την ανθρώπινη παρακολούθηση με πλήρη ασφάλεια. Ο αυτόματος έλεγχος του μηχανοστασίου σχεδιάστηκε για να ελαττώνει την ταχύτητα της μηχανής ή να σταματά τη μηχανή αυτόματα όταν συνέβαιναν ανωμαλίες.

Στις επόμενες δεκαετίες η εισαγωγή των αναλογικών και των ψηφιακών στα συστήματα αυτόματου ελέγχου συνέβαλε δραστικά στην απόδοση και στην ακρίβεια της λειτουργίας τους. Δόθηκε νέα σημαντική ώθηση στα συστήματα αυτόματου ελέγχου με αποτέλεσμα το σχεδιασμό πολύπλοκων και μεγάλης ακρίβειας συστημάτων. Νέες θεωρίες αναπτύχθηκαν με σκοπό τη δημιουργία ακόμη τελειότερων αυτοματισμών. Επιγραμματικά αναφέρουμε τις εξελίξεις στην επιστήμη και την τεχνολογία των συστημάτων αυτομάτου ελέγχου μέχρι σήμερα:

- ανάπτυξη της θεωρίας άριστου ελέγχου,
- ολοκλήρωση της θεωρίας γραμμικών και μη γραμμικών συστημάτων,
- αναγνώριση συστημάτων και αναπροσαρμοζόμενος έλεγχος,
- ανάπτυξη του ψηφιακού ελέγχου,
- σχεδιασμός προγραμματιζόμενων ελεγκτών για τον έλεγχο παραγωγικών διεργασιών,
- ανάπτυξη ευφυών συστημάτων για την αυτόματη διάγνωση βλαβών και για την κατασκευή συστημάτων με υψηλό βαθμό ασφάλειας.

1.2 Βασικές αρχές στα συστήματα ανοικτού και κλειστού βρόγχου

Τα συστήματα αυτόματου ελέγχου διακρίνονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες :

- τα συστήματα αυτομάτου ελέγχου ανοικτού βρόχου
- και τα συστήματα αυτομάτου ελέγχου κλειστού βρόχου ή συστήματα με ανάδραση.

Στα συστήματα αυτομάτου ελέγχου ανοικτού βρόχου η είσοδος είναι ανεξάρτητη της εξόδου του ,ενώ στα κλειστού βρόχου η είσοδος συγκρίνεται με την έξοδο του. Υπάρχουν όμως και κάποιοι παράγοντες

που επηρεάζουν το σύστημα διαταράσσοντας τη λειτουργία του. Εάν οι διαταραχές αυτές στο σύστημα είναι συχνές πρέπει να παρακολουθείται η μεταβολή της πραγματικής τιμής στην έξοδο του και για να μην επηρεάζεται η σωστή λειτουργία του συστήματος επιβάλλεται και η ανάδραση στο σύστημα.

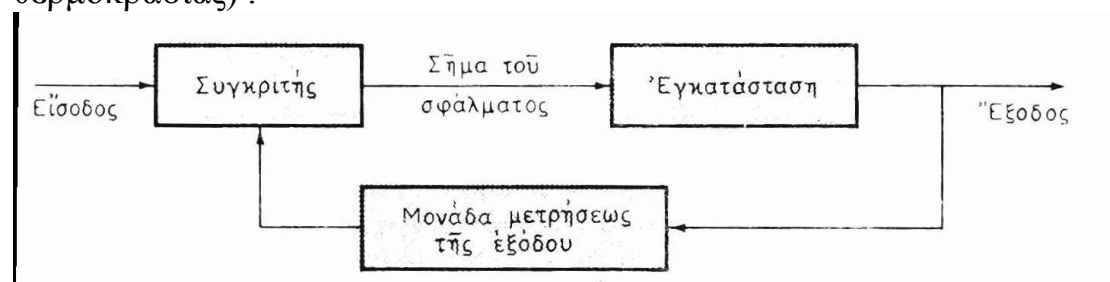
Εάν ο άνθρωπος για παράδειγμα αναλάβει να εκτελέσει τις εργασίες μέτρησης, σύγκρισης και ρύθμισης τότε ο έλεγχος είναι χειροκίνητος, εάν όμως ο άνθρωπος αντικατασταθεί από μία συσκευή η οποία θα αναλάβει να εκτελέσει τις ίδιες ακριβώς εργασίες τότε ο έλεγχος είναι αυτόματος και προκύπτει ένα αυτόματα ελεγχόμενο σύστημα με ανάδραση.

Τα ανοικτά συστήματα αυτομάτου ελέγχου εφαρμόζονται στις περιπτώσεις όπου οι μεταβολές των διαταραχών που εμφανίζονται είναι πολύ μικρές για να επηρεάσουν την έξοδο του συστήματος. Επίσης χρησιμοποιούνται όταν στο σύστημα επιδρά μόνο ένας συγκεκριμένος τύπος διαταραχής ο οποίος είναι γνωστός όσον αφορά το είδος και την πορεία του (για παράδειγμα οι αυξομειώσεις της τάσης του δικτύου).



Σχήμα 1.1 Ανοικτό σύστημα αυτόματου ελέγχου

Τα κλειστά συστήματα αυτομάτου ελέγχου εφαρμόζονται στις περιπτώσεις όπου οι διαταραχές που επιδρούν στο σύστημα διαφέρουν και στο είδος και στο μέγεθος (για παράδειγμα η μεταβολή της θερμοκρασίας).



Σχήμα 1.2 Κλειστό σύστημα αυτόματου ελέγχου

Στα συστήματα ανοικτού βρόχου ασκείται η διεύθυνση ως διαδικασία ελέγχου, που σημαίνει ότι έχει μια διαδικασία παραγωγής του επιθυμητού σήματος εισόδου και εφαρμογής στο ελεγχόμενο σύστημα μέσω του ελεγκτή. Επιπλέον στο σύστημα κλειστού βρόχου υπάρχει και η διαδικασία ελέγχου. Το αποτέλεσμα που προκύπτει από τη διεύθυνση

μετρίεται και συγκρίνεται με την επιθυμητή είσοδο αναφοράς. Αυτή η λειτουργία ονομάζεται ανάδραση και αποτελεί το πιο σημαντικό πλεονέκτημα του συστήματος κλειστού βρόχου έναντι του ανοικτού. Στη ναυτιλία χρησιμοποιούνται τα συστήματα κλειστού βρόχου με πολλές εφαρμογές.

1.3 Συσκευές και στοιχεία του συστήματος ελέγχου

Οι κύριες συσκευές και στοιχεία του συστήματος αυτομάτου ελέγχου είναι:

- Ο συγκριτής ή διάταξη μέτρησης του σφάλματος.

Δίνει στην έξοδό του ένα σήμα το οποίο είναι ανάλογο προς τη διαφορά των δύο σημάτων που δέχεται στην είσοδο του.

Είναι συνήθως ένας τελεστικός ενισχυτής ή ένα απλό ποτενσιόμετρο.

- Τα στοιχεία ανατροφοδότησης. Είναι συνήθως μετατροπείς-μεταλλάκτες-μετρητές οι οποίοι μετράνε το σήμα

εξόδου και το μετατρέπουν σε αντίστοιχο ηλεκτρικό σήμα. Ο μεταλλάκτης που χρησιμοποιείται π.χ. για τη μέτρηση της στάθμης υγρού σε δεξαμενή είναι ένας πυκνωτής του οποίου ο ένας οπλισμός είναι κινητός ενώ ο άλλος είναι σταθερός. Όταν το επιστρέφον σήμα από την έξοδο (υγρό) ασκήσει πίεση επάνω στον κινητό οπλισμό, τότε αυτός μετατοπίζεται με αποτέλεσμα τη μεταβολή της χωρητικότητας και την παραγωγή αντίστοιχου ηλεκτρικού σήματος που κατευθύνεται προς τη δεύτερη είσοδο του συγκριτή.

- Οι μονάδες ενίσχυσης ή ενισχυτές των ασθενών σημάτων, που προέρχονται από την έξοδο του συγκριτή.

- Οι ελεγκτές οι οποίοι επικοινωνούν άμεσα με το ελεγχόμενο σύστημα και του επιβάλλουν τις μεταβολές στη συμπεριφορά λειτουργίας του, ανάλογα με το μέγεθος του σφάλματος που λαμβάνεται από την έξοδο του ελεγκτή. Οι ελεγκτές μπορούν π.χ. να αυξάνουν ή να μειώνουν τις τάσεις των κινητήρων, να ανοίγουν ή να κλείνουν υδραυλικές ή πνευματικές βαλβίδες κτλ.

Ως παραδείγματα συσκευών ελέγχου μπορούν να αναφερθούν:

- Συσκευές ελέγχου ροής (μετρούν και ελέγχουν τη ροή υγρού ή αέρα).

- Συσκευές ελέγχου στάθμης (μετρούν και ελέγχουν τη στάθμη υγρού με πλωτήρα ή με βραχίονα ή με ηλεκτρόδια).

- Συσκευές ελέγχου της σχετικής υγρασίας του αέρα (μετρούν και ελέγχουν την υγρασία του αέρα στο χώρο ή σε αεραγωγό).

- Συσκευές ελέγχου παροχής υγρού (ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες).

2. ΜΗΧΑΝΕΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΥΣΗΣ



2.1 Κατάταξη και στοιχειώδης περιγραφή λειτουργίας των ΜΕΚ

Κινητήρας εσωτερικής καύσης είναι τύπος κινητήρα στον οποίο το καύσιμο καίγεται στο εσωτερικό του και η υψηλή πίεση που δημιουργεί, χρησιμοποιείται άμεσα για την παραγωγή κίνησης. Η κίνηση αυτή μπορεί να μεταδίδεται είτε από τα έμβολα όπως στους συμβατικούς κινητήρες βενζίνης και πετρελαιοκινητήρες είτε από ένα στροφέιο στον περιστροφικό κινητήρα και στους στροβιλοκινητήρες.

Οι μηχανές εσωτερικής καύσης διακρίνονται σε τρεις κύριες κατηγορίες

- στις εμβολοφόρες παλινδρομικές,
- στις περιστροφικές και,
- στους αεριοστρόβιλους.

Οι εμβολοφόρες παλινδρομικές ΜΕΚ κατατάσσονται στις ακόλουθες κατηγορίες

1)Ανάλογα με τον τρόπο αναφλέξεως του καυσίμου διακρίνονται σε μηχανές αναφλέξεως με σπινθήρα και μηχανές αναφλέξεως με συμπίεση,

- 2)Ανάλογα με τον αριθμό των διαδρομών του εμβόλου για την ολοκλήρωση ενός κύκλου λειτουργίας διακρίνονται σε δίχρονες και τετράχρονες,
- 3)Ανάλογα με το είδος του καυσίμου κατατάσσονται σε μηχανές βαρέος πετρελαίου,μηχανές ελαφρών καυσίμων, και μηχανές αέριων καυσίμων,
- 4)Ανάλογα με την γωνιακή ταχύτητα περιστροφής του στροφαλοφόρου άξονα σε αργόστροφες, μεσόστροφες και πολύστροφες,
- 5)Ανάλογα με τον τρόπο ψύξεως των κυλίνδρων κατατάσσονται σε αερόψυκτες και υδρόψυκτες.

2.2 Περιγραφή της δομής και των βασικών τμημάτων μιας ΜΕΚ



Λόγο του ότι ασχολούμαστε με πλοία θα αναφερθούμε κυρίως σε αργόστροφες μηχανές. Οι αργόστροφες πετρελαιομηχανές λόγω του μεγάλου μεγέθους τους και της μεγάλης ισχύος τους διαθέτουν άκαμπτους στροφαλοφόρους άξονες για να παραλαμβάνουν τις ισχυρές δυνάμεις της καύσεως και τις αδρανειακές δυνάμεις χωρίς

πρόβλημα παραμορφώσεων. Για να μην μεταφέρονται αυτές οι φορτίσεις στον στροφαλοφόρο άξονα, επιβάλλεται η κατασκευή του κορμού της μηχανής με ισχυρή ακαμψία. Επιπρόσθετα η περιοχή της γάστρας, όπου στηρίζεται ο κινητήρας κατασκευάζεται και αυτή με ισχυρή ακαμψία. Στην βάση της μηχανής σε συνδυασμό με την ενισχυμένη περιοχή της γάστρας στηρίζεται ο στροφαλοφόρος άξονας σε μια κλίνη που σχηματίζεται. Επάνω στην βάση χτίζεται ολόκληρος ο κινητήρας. Οι αργόστροφες δίχρονες πετρελαιομηχανές μεγάλης ισχύος διαθέτουν όλες διάταξη κυλίνδρων εν σειρά με αποτέλεσμα να προκύπτει μια τυποποιημένη μορφή του σκελετού τους.

Ο σκελετός αποτελεί το κύριο σε όγκο τμήμα του κινητήρα πάνω στο οποίο προσαρμόζονται όλα τα υπόλοιπα μέρη και τα βασικά τμήματα της μηχανής. Η δομή του απαρτίζεται από εγκάρσια διαφράγματα τα οποία ενώνονται μεταξύ τους με διαμήκη ελάσματα. Στο εσωτερικό του σκελετού κατασκευάζονται οι ευθυντηρίες (γλίστρες), ειδικοί κατακόρυφοι οδηγοί πάνω στους οποίους κινούνται τα πέδιλα του ζυγώματος. Ο σκελετός της μηχανής συνδέεται με τη βάση και το σώμα των κυλίνδρων με ειδικούς κοχλίες τους συνδέτες.

Μετά ακολουθεί το σώμα των κυλίνδρων το οποίο στηρίζεται πάνω στο σκελετό της μηχανής και περικλείει τα χιτώνια των κυλίνδρων. Τα χιτώνια χωρίζονται σε δύο τύπους ανάλογα με το σύστημα ψύξεως στα υγρά και τα ξηρά. Τα υγρά χιτώνια έρχονται σε άμεση επαφή με το νερό ψύξεως, δηλαδή η εξωτερική επιφάνεια του χιτωνίου μαζί με μια κοιλότητα του σώματος των κυλίνδρων σχηματίζουν υδροθάλαμο στον οποίο κυκλοφορεί το νερό ψύξεως.

Αντίθετα τα ξηρά χιτώνια δεν έρχονται σε άμεση επαφή με το νερό ψύξεως αλλά ψύχονται μεταδίδοντας θερμότητα προς το ψυχώμενο σώμα των κυλίνδρων, με το οποίο έρχονται σε επαφή. Η τοποθέτηση τους στο σώμα των κυλίνδρων γίνεται με σφιχτή συναρμογή εφαρμόζοντας θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ χιτωνίου και σώματος κυλίνδρων ή με χρήση ειδικής κόλλας για την εξασφάλιση πολύ καλής επαφής και υψηλού ρυθμού απαγωγής θερμότητας. Τα χιτώνια καταπονούνται λόγω των υψηλών πιέσεων και των υψηλών θερμοκρασιών που αναπτύσσονται στο εσωτερικό τους κυρίως κατά τη διάρκεια της καύσης.

Σε αντίθεση με τις μηχανές μικρής ισχύος στις μηχανές μέσης και μεγάλης ισχύος αντιστοιχεί ξεχωριστή κεφαλή για κάθε κύλινδρο της μηχανής. Η κεφαλή περιλαμβάνει τους θαλάμους καύσεως, τα ανοίγματα εδράσεως των βαλβίδων, τους οχετούς εισαγωγής αέρα και εξαγωγής καυσίμων, τα ανοίγματα για την τοποθέτηση των εγχυτήρων (μπεκ) και μια σειρά από άλλα πράγματα για την λειτουργία της μηχανής. Η κεφαλή (πώμα) στερεώνεται πάνω στο σώμα των κυλίνδρων με ειδικούς κοχλίες. Μεταξύ του πώματος και του χιτωνίου παρεμβάλλεται συχνά μεταλλικός

δακτύλιος για την εξασφάλιση της στεγανοποίησης του θαλάμου καύσεως.



Σχήμα 2.1 Φωτογραφία του πάνω μέρους της κύριας μηχανής

Η βαλβίδα εξαγωγής στις αργόστροφες πετρελαιομηχανές είναι το τμήμα της μηχανής που αποκτά την υψηλότερη θερμοκρασία. Κατά το άνοιγμα της βαλβίδας στη στενή δίοδο μεταξύ της κεφαλής και της έδρας της βαλβίδας λόγω της μεγάλης διαφοράς πίεσεως που επικρατεί τα θερμά καυσαέρια εξέρχονται με ταχύτητα ίση με τη ταχύτητα του ήχου. Εξαιτίας της μεγάλης ταχύτητας αυξάνεται σημαντικά ο ρυθμός μεταδόσεως της θερμότητας από τα καυσαέρια προς την βαλβίδα και προς την έδρα της. Η υψηλή θερμοροή δεν μπορεί να αντισταθμιστεί άμεσα και τοπικά από τα συστήματα ψύξεως οπότε η θερμοκρασία της βαλβίδας ανεβαίνει σημαντικά ειδικά στην κεφαλή της. Λόγω των υψηλών θερμοκρασιών και των υψηλών θερμικών φορτίων που αναπτύσσονται, οι βαλβίδες κατασκευάζονται με τη χρήση κραμάτων νικελίου καθώς και μόλυβδου, τιτανίου, σιδήρου και τέλος άνθρακα σε πολύ μικρή αναλογία. Για να αντιμετωπιστεί η πολλή μεγάλη θερμοκρασία που παρατηρείται στην βαλβίδα, η βαλβίδα ψύχεται με την ροή του ψυχρού αέρα κατά τη φάση της σαρώσεως με αγωγή θερμότητας μέσω του στελέχους της προς τον οδηγό και στη συνέχεια προς το ψυχόμενο πώμα, αλλά κυρίως με αγωγή προς την έδρα της, όταν

βρίσκεται σε επαφή μαζί της. Η έδρα της βαλβίδας ψύχεται με την παροχή ψυκτικού κοντά ή μέσα σε αυτήν με τη δημιουργία οπών ψύξεως. Με τον τρόπο αυτό εξασφαλίζεται ομοιόμορφη περιφερειακά θερμοκρασία της έδρας, οπότε προκύπτει ομοιόμορφη ψύξη της κεφαλής της βαλβίδας.



Σχήμα 2.2 Φωτογραφία των κυλίνδρων σε μηχανή τύπου V

Ο μηχανισμός μεταδόσεως της κινήσεως από τον εκκεντροφόρο άξονα στα πλάγια της μηχανής προς τις βαλβίδες αποτελείται από τα ωστήρια, τις ωστικές ράβδους και τα ζύγωθρα. Το ωστήριο είναι το τμήμα του μηχανισμού κινήσεως που έρχεται σε άμεση επαφή με το έκκεντρο και μέσω της ωστικής ράβδου μεταδίδει την κίνηση στο ζύγωθρο. Το ζύγωθρο είναι μοχλός στερεωμένος στον άξονα των ζυγώθρων. Μεταδίδει την κίνηση που δέχεται από την ωστική ράβδο στην ουρά της βαλβίδας

υπερνικώντας την τάση του ελατηρίου. Τα ωστήρια είναι είτε κοίλα κυλινδρικά εξαρτήματα που εφάπτονται στα έκκεντρα του εκκεντροφόρου άξονα, είτε μοχλός που παίρνει την κίνηση από τον εκκεντροφόρο και τη μεταβιβάζει στην ωστική ράβδο. Η επιφάνεια του ζυγώθρου που μεταδίδει την κίνηση στην ουρά της βαλβίδας είναι ημισφαιρική, για να εξασφαλίζεται ομοιόμορφη επαφή κατά την ταλαντωτική κίνηση του ζυγώθρου γύρω από τον άξονα του.

Οι επιφάνειες των παραπάνω τμημάτων που έρχονται σε επαφή μεταξύ τους, έχουν υποστεί κατεργασία υψηλής επιφανειακής σκληρύνσεως. Είναι ιδιαίτερα σημαντική η συνεχής λίπανση των παραπάνω τμημάτων, λόγω των μεγάλων τριβών και των υψηλών θερμοκρασιών που αναπτύσσονται. Ενδεχόμενη διακοπή της λίπανσεως θα έχει ως αποτέλεσμα την γρήγορη φθορά και καταστροφή τους. Ειδικά για την επιφάνεια επαφής του έκκεντρου και ωστηρίου το πάχος της μεμβράνης λαδιού πρέπει να διατηρείται σε προκαθορισμένα όρια για την πρόληψη της φθοράς των τριβομένων επιφανειών.

Στη συνέχεια ακολουθούν τα ελατήρια βαλβίδων τα οποία έχουν ως σκοπό να τις επαναφέρουν στη κλειστή τους θέση μετά την επίδρασή της ωθήσεως του έκκεντρου στο μηχανισμό κινήσεως τους. Τα ελατήρια είναι σπειροειδή και στηρίζονται στο κάτω άκρο τους το φορέα των ελατηρίων. Στο άνω άκρο τους συνδέονται με την ουρά της βαλβίδας μέσω ενός δίσκου και ενός συστήματος διαιρούμενων ασφαλειών. Όταν η βαλβίδα είναι σε κλειστή θέση το ελατήριο της βρίσκεται υπό τάση για να εξασφαλίζεται η στεγανοποίηση της επαφής της με την έδρα της βαλβίδας. Χρησιμοποιούνται συνήθως διπλά ελατήρια. Το δεύτερο ελατήριο είναι τοποθετημένο εσωτερικά και ομόκεντρα του πρώτου. Έχουν αντίθετη ελίκωση, ενώ και με θράυση του ενός η βαλβίδα δεν κινδυνεύει να χάσει ύψος και να συγκρουσθεί με το έμβολο. Τα δύο ελατήρια έχουν διαφορετική διατομή οπότε μειώνονται οι πιθανότητες συντονισμού τους. Τα ελατήρια κατασκευάζονται από κεκραμένο χάλυβα ελατηρίων με στοιχεία κραματώσεως το χρώμιο, το πυρίτιο και το βανάδιο έτσι ώστε εκτός από την αντοχή τους στην κυκλική φόρτιση και τις ταλαντώσεις να εξασφαλίζουν σκληρότητα και ελαστικότητα.

Η θραύση των ελατηρίων οφείλεται συνήθως σε κόπωση λόγω της δυναμικής τους καταπόνησης. Η καταπόνηση επιταχύνεται από την επιφανειακή τους διάβρωση λόγω της πιθανής κακής συντήρησής τους. Μετά από μεγάλο αριθμό ωρών λειτουργίας μειώνεται η τάση επαναφοράς του ελατηρίου δημιουργώντας προβλήματα στη στεγανοποίηση του θαλάμου καύσεως. Το σύστημα ανοίγματος και κλεισίματος των βαλβίδων αποτελείται από μια σειρά από μεταλλικά εξαρτήματα. Έτσι αν δεν υπάρχει το κατάλληλο διάκενο μεταξύ της βαλβίδας και των εξαρτημάτων αυτών, λόγω της αύξησης της θερμοκρασίας τα εξαρτήματα διαστέλλονται με αποτέλεσμα η βαλβίδα να μην κλείνει στεγανά. Εάν το διάκενο είναι μεγαλύτερο από το κανονικό που χρειάζεται για να καλύψει τις διαστολές τότε το μέγιστο άνοιγμα της βαλβίδας είναι μικρότερο από το κανονικό. Ταυτόχρονα ακούγεται και ένα χαρακτηριστικό μεταλλικό χτύπημα κατά το άνοιγμα των βαλβίδων, τη στιγμή που το ζύγωθρο χτυπά τη βαλβίδα για να ανοίξει.

Το έμβολο με την παλινδρομική του κίνηση εντός του κυλίνδρου μετατρέπει την πίεση από την εκτόνωση των καυσαερίων σε μηχανικό έργο. Το άνω τμήμα του εμβόλου σχηματίζει μαζί με την εσωτερική επιφάνεια του πώματος και τα εσωτερικά τοιχώματα του χιτωνίου το θάλαμο καύσεως. Ανάλογα με τον τύπο της μηχανής η μορφή της άνω επιφάνειας του εμβόλου διαφοροποιείται και συνεπώς και η μορφή του θαλάμου καύσεως. Μπορεί να φέρει κατάλληλες κοιλότητες για να επιτρέπεται η κάθοδος των βαλβίδων εισαγωγής και εξαγωγής χωρίς αυτές να έρχονται σε επαφή με το έμβολο όταν αυτό βρίσκεται στο ανώτατο σημείο. Το σχήμα της επιφάνειας του εμβόλου διαμορφώνεται έτσι ώστε να διευκολύνει το στροβιλισμό του εισερχόμενου αέρα κατά τη φάση της εισαγωγής αλλά και την ανάμειξη του με τις δέσμες του καύσιμου κατά τη φάση της εγχύσεως. Αν και το έμβολο φαίνεται να έχει κυλινδρικό σχήμα στην πραγματικότητα είναι κωνικό, βαρελοειδές. Η κωνικότητα του επιβάλλεται από το γεγονός ότι το άνω του τμήμα, η κεφαλή υπόκειται σε πολύ υψηλότερες θερμοκρασίες, οπότε εμφανίζει μεγαλύτερη διαστολή. Έτσι με ένα αρχικά κωνικό σχήμα σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, το άνω τμήμα θερμαινόμενο καταλήγει σε σχεδόν κυλινδρικό σχήμα με αποτέλεσμα τα διάκενα μεταξύ εμβόλου και χιτωνίου κατά τη λειτουργία της μηχανής να μην διαφέρουν σημαντικά καθ' ύψος του εμβόλου.

Η σύνδεση εμβόλου και διωστήρα δε γίνεται απαραίτητα με τη χρήση πείρου, αλλά μπορεί να γίνει και με κατάλληλη σφαιρική διαμόρφωση της κεφαλής του διωστήρα και αντίστοιχη κοίλη διαμόρφωση της υποδοχής στο εσωτερικό του εμβόλου. Με το τρόπο αυτό επιτυγχάνεται ομοιόμορφη διανομή της θερμοκρασίας στο έμβολο, μείωση των τάσεων στην επιφάνεια επαφής του εμβόλου και διωστήρα (λόγω αύξησης της επιφάνειας επαφής), ομοιόμορφη περιφερειακά διανομή των παραπάνω τάσεων, περιμετρικά φθορά των ελατηρίων, και ομοιόμορφη λίπανση του κυλίνδρου.

Το έμβολο είναι από τα σημαντικότερα γρανάζια σε μία μηχανή εσωτερικής καύσης και είναι και αυτό που δέχεται τις περισσότερες καταπονήσεις. Το έμβολο καταπονείται από θλιπτικές τάσεις λόγω της εκτόνωσης των καυσαερίων καθώς και κατά τη φάση της συμπίεσης. Επίσης καταπονείται από θερμικές τάσεις εξαιτίας της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ του θερμού άνω τμήματος της κεφαλής και του ψυχόμενου εσωτερικού του.

Τα έμβολα λόγω της υψηλής καταπόνησεως από υψηλές θερμοκρασίες και ισχυρές τάσεις απαιτούνται ειδικές αναλογίες στα υλικά κατασκευής τους. Το υλικό κατασκευής δεν είναι συνήθως το ίδιο για όλα τα τμήματα του εμβόλου. Εξαρτάται από τον τύπο και την ισχύ της μηχανής και από την καταπόνηση του συγκεκριμένου τμήματος εμβόλου. Έτσι το υλικό

κατασκευής στην κεφαλή του εμβόλου κατασκευάζεται από κραματωμένους χυτοχάλυβες. Η κατασκευή της κεφαλής γίνεται και από σφυρήλατο χάλυβα για αύξηση της αντοχής. Το σώμα του εμβόλου καθώς και η ποδιά κατασκευάζονται από χυτοσίδηρο μιας και καταπονείται λιγότερο από την κεφαλή.

Η παλινδρόμηση του εμβόλου μέσα στον κύλινδρο πρέπει να γίνεται ελεύθερα χωρίς το έμβολο να έρχεται σε επαφή με το χιτώνιο. Η στεγανοποίηση του κυλίνδρου δεν προκαλείται από την επαφή εμβόλου και κυλίνδρου, αλλά με τη βοήθεια των ελατηρίων συμπίεσης του εμβόλου. Έτσι η ύπαρξη του διάκενου επιτρέπει να παραλαμβάνονται οι θερμικές διαστολές του εμβόλου, ενώ παράλληλα μειώνονται σημαντικά οι τριβές κατά την κίνηση του εμβόλου.

Στην συνέχεια ακολουθούν τα ελατήρια εμβόλων. Τα ελατήρια εμβόλου εξασφαλίζουν την απαραίτητη στεγανοποίηση του χώρου καύσεως, για να επιτυγχάνεται η μέγιστη δυνατή συμπίεση του αέρα, να μην υπάρχει διαφυγή καυσαερίων, και να μην επιτρέπεται ροή λαδιού λιπάνσεως στον χώρο καύσεως. Επειδή δεν αρκεί η παρουσία ενός ελατηρίου για την επίτευξη της στεγανοποίησης χρησιμοποιείται συστοιχία διαδοχικών ελατηρίων στεγανότητας, τα οποία έχουν ως σκοπό τη στεγανοποίηση του θαλάμου καύσεως. Εκτός από τα ελατήρια στεγανότητας χρησιμοποιούνται και ελατήρια λαδιού. Τα τελευταία χρησιμοποιούνται για τη ρύθμιση του πάχους της λιπαντικής μεμβράνης λαδιού στα τοιχώματα του κυλίνδρου και τη μεταφορά του λαδιού κατά μήκος του κυλίνδρου.



Σχήμα 2.3 Εικόνα από έμβολο μιας πετρελαιομηχανής κρουαζιερόπλοιου περίπου ενός μέτρου διάμετρος

Ο διωστήρας μετατρέπει την παλινδρομική κίνηση του εμβόλου σε περιστροφική κίνηση στον στροφαλοφόρο άξονα. Συνδέεται είτε άμεσα με το έμβολο μέσω του πείρου του εμβόλου είτε με το βάκτρο στο ζύγωμα μέσω του αντίστοιχου κομβίου.

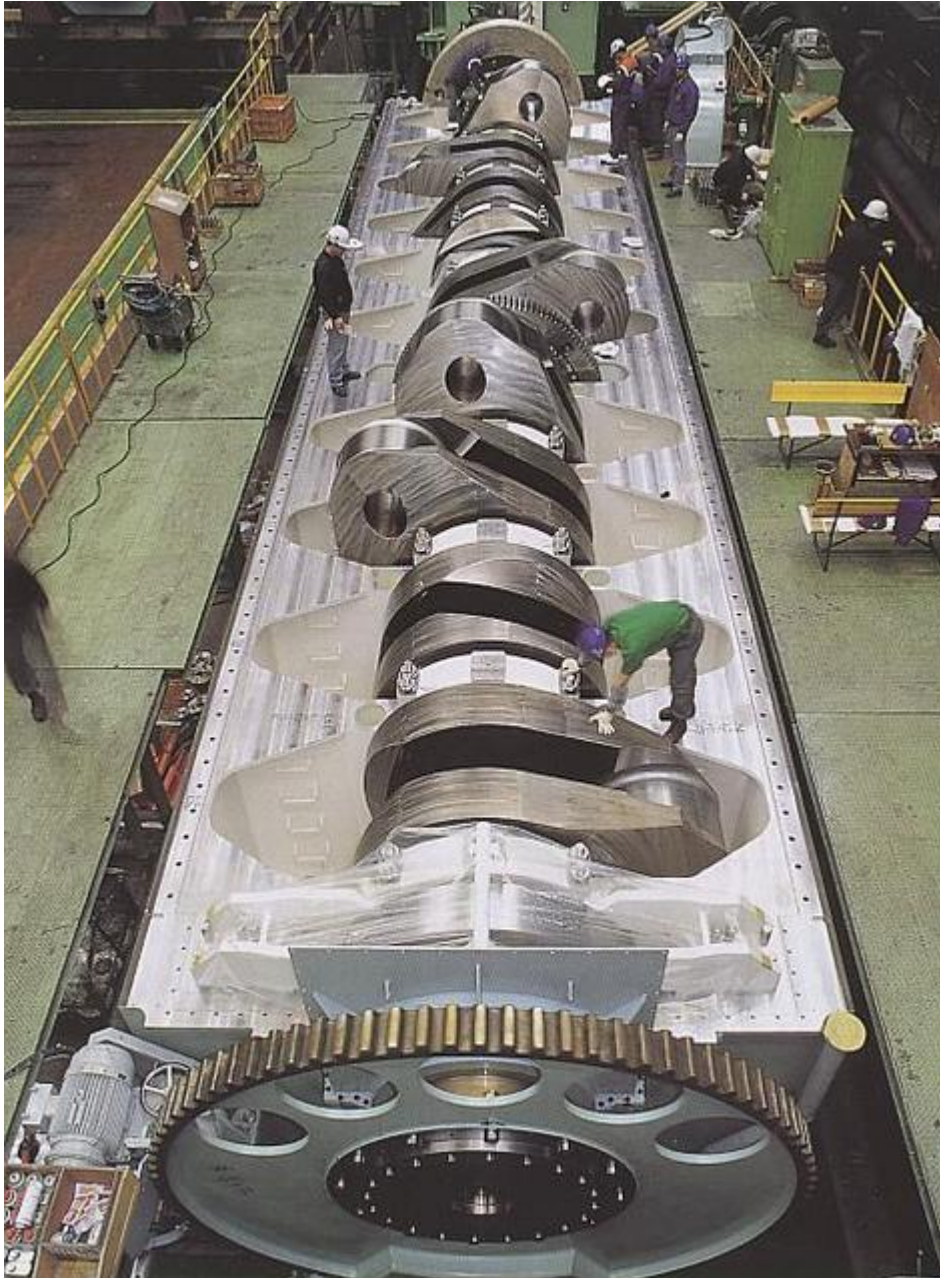
Το συγκρότημα του βάκτρου με το ζύγωμα είναι τμήμα του κινηματικού μηχανισμού του κινητήρα και μεταφέρει την παλινδρομική κίνηση του εμβόλου στον διωστήρα. Η σύνδεση του βάκτρου με το διωστήρα γίνεται στο ζύγωμα μέσω ειδικού πείρου(της κεφαλής του διωστήρα). Εκεί μεταφέρεται η κατακόρυφη δύναμη από το έμβολο. Αναλύεται στη συνιστώσα κατά τη διεύθυνση του στελέχους του διωστήρα και στη συνιστώσα σε οριζόντια διεύθυνση. Η συνιστώσα αυτή μεταφέρεται στα πέδιλα του ζυγώματος τα οποία ολισθαίνουν παλινδρομικά πάνω στις ευθυντηρίες.

Επειδή η φορά της οριζόντιας συνιστώσας της παραπάνω δυνάμεως αντιστρέφεται κατά τη φάση της συμπίεσεως και τη φάση της εκτόνωσης, πρέπει στο ζύγωμα να υπάρχουν πέδιλα και ευθυντηρίες και από τις δύο πλευρές του. Οι ευθυντηρίες είτε κατασκευάζονται σε ένα σώμα με το σκελετό της μηχανής είτε κατασκευάζονται ξεχωριστά και προσαρμόζονται στη συνέχεια με κοχλίες στο σκελετό. Μετά υπάρχουν τα πέδιλα που κινούνται πάνω στις ευθυντηρίες μεταξύ οδηγών, οι οποίοι επιβάλλουν την κίνηση του ζυγώματος πάνω σε ένα επίπεδο. Στην περίπτωση φθοράς ή κακής ευθυγραμμίσεως των οδηγών εμφανίζεται θόρυβος, ενώ εντείνεται η φθορά του χιτωνίου.

Η λίπανση στο κομβίο της κεφαλής του διωστήρα και στα πέλματα του ζυγώματος γίνεται με προσαγωγή λαδιού υπό πίεση, μέσω τηλεσκοπικών ή αιωρούμενων σωλήνων. Το λάδι στη συνέχεια οδηγείται στο έδρανο του ποδιού του διωστήρα μέσω εσωτερικού αγωγού στο στέλεχος του διωστήρα οπότε και αποφεύγεται η διάτρηση του στροφαλοφόρου άξονα για τη λίπανση των εδράνων του διωστήρα.

Ο στυπιοθλίπτης τοποθετείται στο μεταλλικό διάφραγμα στον πυθμένα του κιβωτίου σαρώσεως στεγανοποιώντας το σε σχέση με το στροφαλοθάλαμο με τη βοήθεια στεγανοποιητικών δακτυλίων και ελατηρίων αποξέσεως λαδιού. Εκτός από τη στεγανοποίηση ο στυπιοθλίπτης σταθεροποιεί (κεντράρει) το βάκτρο ομαλοποιώντας την κίνηση του. Στο στυπιοθλίπτη τοποθετούνται δύο ακραία ελατήρια αποξέσεως λαδιού, ένα από τη πλευρά του κιβωτίου σαρώσεως και ένα από τη πλευρά του στροφαλοθαλάμου. Μεταξύ των ακραίων ελατηρίων λαδιού τοποθετούνται ενδιάμεσα ελατήρια λαδιού με εγκάρσιες

αυλακώσεις καθώς και στεγανοποιητικοί δακτύλιοι. Το λάδι συσσωρεύεται μεταξύ των ελατηρίων λαδιού που βρίσκονται κάτω από τους στεγανοποιητικούς δακτυλίους και επιστρέφει στο στροφαλοθάλαμο μέσω εσωτερικών αγωγών στο στυπιοθλίπτη.



Σχήμα 2.4 Εικόνα στροφαλοφόρου άξονα από δίχρονο αργόστροφο κινητήρα, πλοίου μεταφοράς φορτίων

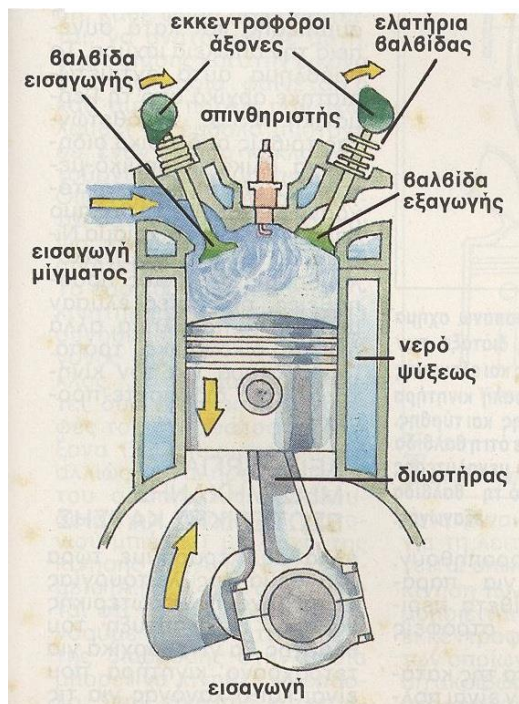
Στις αργόστροφες πετρελαιομηχανές ο στροφαλοφόρος άξονας είναι ένα από τα πιο βαριά και ακριβά τμήματα του κινητήρα. Μπορεί να αποτελέσει μέχρι και του 20% του συνολικού βάρους του κινητήρα, ενώ το κόστος του μπορεί να ξεπεράσει το 10% του συνολικού κόστους της

μηχανής. Λόγω του πολύ μεγάλου μεγέθους του κατασκευάζεται τμηματικά από χυτά και στη συνέχεια σφυρηλατημένα τμήματα χάλυβα. Η σφυρηλάτηση του χάλυβα αυξάνει ιδιαίτερα την αντοχή του. Τα τμήματα του στροφαλοφόρου άξονα συνδέονται μεταξύ τους είτε με σφιχτή συναρμογή, είτε με συγκόλληση. Στην πρώτη περίπτωση ο άξονας κατασκευάζεται με τους βραχίονες και τα κομβία σε ξεχωριστά τμήματα τα οποία συνδέονται μεταξύ τους με συστολή του κομβίου. Οι οπές των βραχιόνων έχουν μικρότερη διάμετρο από την εξωτερική διάμετρο των κομβίων, οπότε για να εισχωρήσουν τα κομβία στις αντίστοιχες οπές των βραχιόνων πρέπει να ψυχθούν έτσι ώστε να μικρύνει η διάμετρος τους. Η ψύξη τους επιτυγχάνεται με τη χρήση υγρού αζώτου.



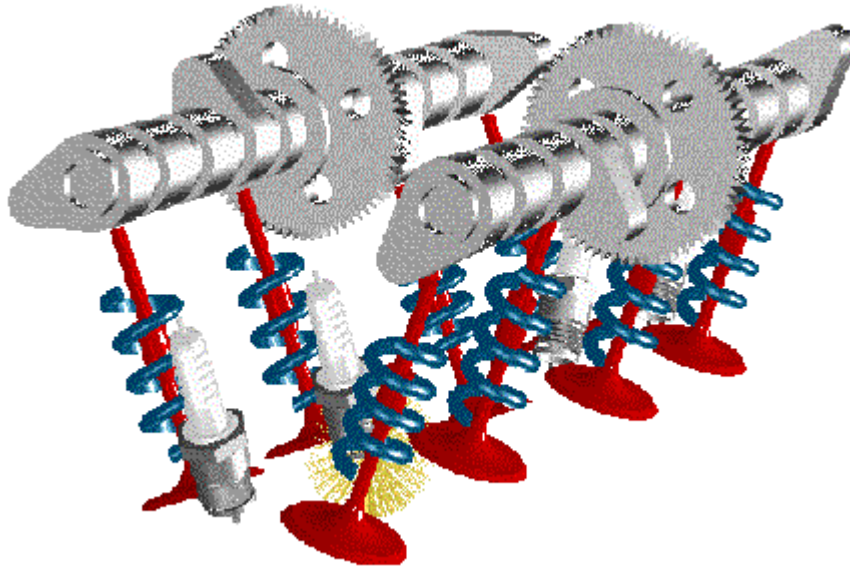
Σχήμα 2.5 Εικόνα στροφαλοφόρου άξονα σε μηχανή κρουαζιερόπλοιου

Ο εκκεντροφόρος άξονας μεταδίδει την κίνηση για το άνοιγμα και κλείσιμο των βαλβίδων εισαγωγής και εξαγωγής ενώ παράλληλα μεταδίδει την κίνηση και σε βοηθητικούς μηχανισμούς (Αντλίες καυσίμου, βαλβίδες αέρος εκκινήσεως). Στις πετρελαιομηχανές συνήθως παίρνει κίνηση είτε με τη βοήθεια οδοντωτών τροχών από το στροφαλοφόρο άξονα είτε με τη χρήση οδοντωτών τροχαλιών και αλυσίδων.



Σχήμα 2.6 Εικόνα θαλάμου καύσεως, βαλβίδων εισαγωγής και εξαγωγής και εκκεντροφόρων αξόνων

Το κύριο στοιχείο του εκκεντροφόρου άξονα είναι τα έκκεντρα τα οποία μετατρέπουν τη περιστροφική κίνηση του εκκεντροφόρου άξονα σε παλινδρομική κίνηση των ωστηρίων και των βαλβίδων. Η εκκεντρότητα τους καθορίζει το βύθισμα των βαλβίδων, η καμπυλότητα τους καθορίζει την ταχύτητα ανοίγματος και κλεισίματος των βαλβίδων και το χρόνο παραμονής σε ανοικτή θέση, ενώ η γωνία τοποθέτησής τους καθορίζει το χρονισμό των βαλβίδων.



Σχήμα 2.7 Εικόνα από εκκεντροφόρο άξονα

Η σχέση μετάδοσης της κινήσεως μεταξύ στροφαλοφόρου και εκκεντροφόρου είναι 2 προς 1 για τις τετράχρονες δηλαδή δύο περιστροφές του στροφαλοφόρου και μία περιστροφή του εκκεντροφόρου. Σε αντίθεση με τις δίχρονες που είναι 1 προς 1.

Αυτό γίνεται γιατί στις τετράχρονες μηχανές στις δύο περιστροφές που χρειάζεται να ολοκληρώσει ο στροφαλοφόρος για να πραγματοποιηθεί ένας κύκλος λειτουργίας, οι βαλβίδες ανοίγουν μια φορά οπότε ο εκκεντροφόρος πρέπει να περιστραφεί μία φορά. Οι εκκεντροφόροι είναι συνήθως στα πλάγια της μηχανής. Η μετάδοση της κίνησης στον εκκεντροφόρο από τον στροφαλοφόρο γίνεται με τη χρήση οδοντωτών τροχών ή με τη χρήση αλυσίδας. Η μετάδοση της κινήσεως μπορεί να γίνεται με ένα ζεύγος οδοντωτών τροχών ή με την παρεμβολή τρίτου όταν η απόσταση μεταξύ εκκεντροφόρου και στροφαλοφόρου είναι μεγάλη για τη μείωση του μεγέθους των οδοντωτών τροχών. Το σύστημα μεταδόσεως με γρανάζια είναι πιο ακριβό και με μεγαλύτερο βάρος από αυτό με τις αλυσίδες, παρέχει όμως μεγαλύτερη ασφάλεια, μικρότερο θόρυβο, μεγαλύτερη ακρίβεια λειτουργίας και ευκολότερο τρόπο συναρμολογήσεως και επανατοποθετήσεως.



Σχήμα 2.8 Εικόνα από κύριο άξονα της μηχανής που καταλήγει στην προπέλα

Αναπόσπαστο κομμάτι των ΜΕΚ είναι τα δίκτυα προσαγωγής και απαγωγής ρευστών. Όλα τα δίκτυα και όλη η διαχείριση της μηχανής γίνονται αυτόματα με το πάτημα ενός button από το κέντρο ελέγχου του καραβιού (engine control room). Στα κύρια δίκτυα εντάσσονται τα δίκτυα καυσίμου, ελαίου, ψύξεως της κύριας μηχανής όπως επίσης αέρα εισαγωγής, αέρα εκκινήσεως και τέλος στο δίκτυο απαγωγής καυσαερίων.

Επίσης αξίζει να κάνουμε μία αναφορά στην πρώτη ύλη που χρησιμοποιούν οι κινητήρες το καύσιμο. Οι κινητήρες των πλοίων χρησιμοποιούν τα λεγόμενα βαρέα καύσιμα, δηλαδή βαρύ πετρέλαιο Diesel, που προέρχεται από την αρχική απόσταξη και επίσης χρησιμοποιούν μάζουτ διάφορων τύπων heavy fuel oil. Για την μείωση του κόστους λειτουργίας των σύγχρονων μηχανών πλοίων χρησιμοποιείται όλο και χαμηλότερης ποιότητας καύσιμο. Αυτό παρότι έχει πολλά μειονεκτήματα στην καταπόνηση του δικτύου της μηχανής και της ίδιας της μηχανής προτιμάται αφού προκύπτει σημαντική οικονομία περίπου 3 έως 5 δολάρια ανά τόνο καυσίμου.

Πολύ σημαντικό δίκτυο είναι το δίκτυο του πεπιεσμένου αέρα το οποίο παρέχει αέρα υπό πίεση για την εκκίνηση των κύριων και βοηθητικών μηχανών.

Αξίζει να σημειωθεί ότι για την ψύξη της μηχανής χρησιμοποιείται γλυκό νερό. Παλαιότερα υπήρχε το κύριο σύστημα ψύξεως της μηχανής και τα επιμέρους υποσυστήματα ψύξεως των χιτωνίων, των εμβόλων και των εγχυτήρων καυσίμου.

Οι σύγχρονες τάσεις οδηγούν στο σχεδιασμό κεντρικού συστήματος ψύξεως με γλυκό νερό το οποίο εκτός των μηχανών ψύχει και τα

υπόλοιπα μέρη του μηχανοστασίου. Όλες οι σωληνώσεις προσαγωγής και απαγωγής του νερού ψύξεως είναι συνήθως μονωμένες, και τοποθετούνται μαζί με θερμομέτρα σε όλα τα τμήματα της μηχανής. Οι ενδείξεις των θερμομέτρων μεταφέρονται με τηλεμετρία στον κεντρικό πίνακα ελέγχου του μηχανοστασίου.

3. ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΙ ΠΑΝΩ ΣΤΗΝ ΜΕΚ

3.1 Ηλεκτρονικός έλεγχος θερμοκρασίας λιπαντικού κύριας Μηχανής

Η καλή λειτουργία των κινητήρων στηρίζεται στην αποδοτική λίπανση, που με τη σειρά της εξαρτάται από τη σωστή και συστηματική απομάκρυνση θερμότητας (ψύξη) του λιπαντικού. Η παρούσα ενότητα παρουσιάζει απλή ηλεκτρονική διάταξη ελέγχου, που χρησιμοποιείται για τη ρύθμιση της θερμοκρασίας του λαδιού σε μηχανές εσωτερικής καύσεως.

Ο σχεδιασμός των ΜΕΚ προβλέπει συγκεκριμένες προδιαγραφές για τη θερμοκρασία του λιπαντικού λαδιού. Εάν η θερμοκρασία του λαδιού είναι υψηλή, υπάρχει ο κίνδυνος υπέρμετρης αυξήσεως της τριβής στα έδρανα και τις άλλες επιφάνειες ολισθήσεως στον κινητήρα με αποτέλεσμα την ταχύτερη φθορά όλων των στρεφομένων μερών και εν τέλει την καταστροφή της μηχανής. Ταυτόχρονα, η αυξημένη θερμοκρασία σημαίνει μειωμένη απαγωγή θερμότητας από τα σημεία έντονης θερμικής καταπονήσεως, όπως οι βαλβίδες ή οι θυρίδες εξαγωγής, τα οποία σύντομα καταρρέουν (καίγονται).

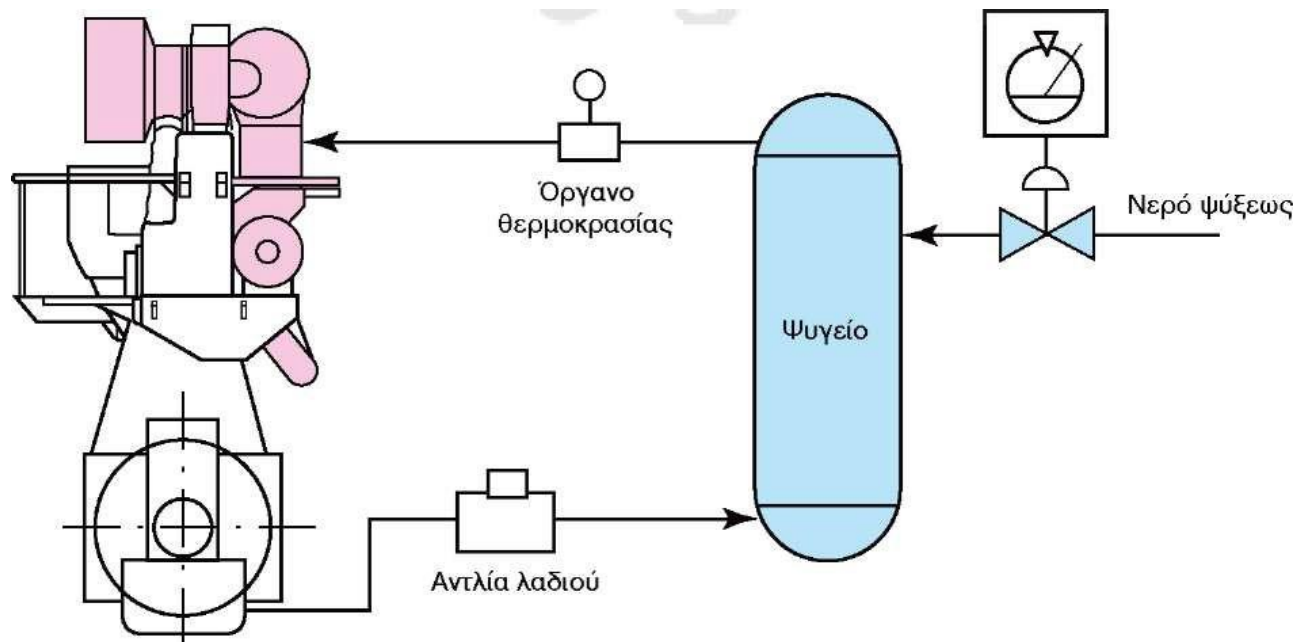
Σε κάθε περίπτωση, και τα δύο παραπάνω φαινόμενα οδηγούν τον κινητήρα σε μη κανονικές συνθήκες λειτουργίας με χαμηλή ενεργειακή απόδοση και ατελή καύση, που παράγει ρύπους.

Ανάλογα φαινόμενα συμβαίνουν και στη περίπτωση που η θερμοκρασία του λαδιού είναι χαμηλή. Το “ψυχρό” λάδι έχει αυξημένο ιξώδες, κάτι που δεν συμφωνεί με την προδιαγραφή σχεδιασμού των δράσεων του κινητήρα. Επομένως, οι τριβές καταναλώνουν υπέρμετρα μεγάλο ποσοστό της παρεχόμενης στον κινητήρα ισχύος, με αποτέλεσμα ο κινητήρας να λειτουργεί με μικρή απόδοση μηχανικής ισχύος και ατελή καύση που επιβαρύνει το περιβάλλον.

Επομένως, η διατήρηση της θερμοκρασίας λαδιού του κινητήρα συμβάλλει:

- 1) Στον περιορισμό των απαιτήσεων έκτακτης συντηρήσεως του κινητήρα που επιδρά άμεσα στην αντίστοιχη εξοικονόμηση δαπανών συντηρήσεως και έμμεσα στη διασφάλιση της απρόσκοπτης λειτουργίας του πλοίου.
- 2) Στην αποδοτική εκμετάλλευση του κινητήρα, που έχει επίπτωση όχι μόνο στο χαμηλότερο κόστος καυσίμου αλλά και στον περιορισμό της περιβαλλοντικής επιβαρύνσεως από τις εκπομπές καυσαερίων, τις διαρροές λιπαντικού κλπ.
- 3) Στην ασφαλή λειτουργία και τη διάρκεια ζωής της μηχανής.

Το λάδι ψύχεται σε εναλλάκτη (ψυγείο), όπου μεταφέρει τη θερμότητά του στο νερό ψύξεως. Στόχος του συστήματος ελέγχου είναι να ρυθμίζει τη ροή του νερού στο ψυγείο και να διατηρεί τη θερμοκρασία του λαδιού σταθερή παρά τις αλλαγές στις στροφές και το φορτίο του κινητήρα.



Σχήμα 3.1 Ηλεκτρονικό σύστημα ελέγχου της θερμοκρασίας του λαδιού του κινητήρα

Το σύστημα περιλαμβάνει:

- 1) Αισθητήριο της θερμοκρασίας του λαδιού.

Πρόκειται για αναλογικό στοιχείο ηλεκτρικής τάσεως αέρα που συνδέεται στη γραμμή προσαγωγής του λαδιού στη μηχανή.

- 2) Ηλεκτρονικό αναλογικό ρυθμιστή. Ο ρυθμιστής φέρει όργανο με διπλή ένδειξη: τη μετρούμενη και την επιθυμητή θερμοκρασία του λαδιού. Ο χειριστής καταχωρεί τη θερμοκρασία αναφοράς τοποθετώντας το δείκτη της επιθυμητής θερμοκρασίας στην αντίστοιχη θέση.
- 3) Ενισχυτή ρεύματος. Μέρος του ρυθμιστή ο ενισχυτής ρεύματος μετατρέπει το χαμηλής ισχύος σήμα του ρυθμιστή σε συνεχές ρεύμα σταθερής τιμής, ανάλογης με το επίπεδο του σήματος.

Το ηλεκτρονικό σύστημα ρυθμίσεως της θερμοκρασίας λαδιού στον κινητήρα εξασφαλίζει ομαλή λίπανση και απαγωγή της θερμότητας από τη μηχανή, αντισταθμίζοντας τις μεταβολές της ισχύος και τις αλλαγές στη θερμοκρασία του νερού ψύξεως. Η λειτουργία του στηρίζεται σε έναν απλό αναλογικό ελεγκτή τύπου P αλλά επαρκεί για την αποτελεσματική διατήρηση της θερμοκρασίας του λαδιού σε επιθυμητά επίπεδα.

3.2 Σύστημα εγχύσεως με υδραυλική ενεργοποίηση των αντλιών και απουσία εκκεντροφόρου

Το συγκεκριμένο σύστημα αναπτύχθηκε από την εταιρεία MAN B&W, προκειμένου να καταστεί δυνατή η εισαγωγή ευφυούς ελέγχου στη λειτουργία των μεγάλων δίχρονων αργόστροφων πετρελαιομηχανών. Στο σύστημα αυτό, ο εκκεντροφόρος άξονας αντικαθίσταται πλήρως από υδραυλικό σύστημα, το οποίο παρέχει την ισχύ για τη λειτουργία τόσο των αντλιών καυσίμου υψηλής πίεσεως όσο και των βαλβίδων εξαγωγής των κυλίνδρων. Στο υδραυλικό σύστημα η ισχύς παρέχεται από εμβολοφόρους αντλίες, οι οποίες παίρνουν κίνηση από το στροφαλοφόρο άξονα της μηχανής.

Ως υδραυλικό υγρό χρησιμοποιείται το ίδιο το λάδι της μηχανής, αποφεύγοντας έτσι την κατασκευή επιπλέον δικτύων και δεξαμενών. Λόγω της λειτουργίας του υδραυλικού συστήματος σε υψηλές πιέσεις, απαιτείται υψηλή καθαρότητα του λαδιού, το οποίο επιτυγχάνεται με τη χρήση ειδικών φίλτρων.

Οι αντλίες καυσίμου (μία για κάθε κύλινδρο) είναι κλασικές αντλίες μονού βυθίσματος, οι οποίες τροφοδοτούν με καύσιμο κλασικούς εγχυτήρες καυσίμου. Η χρήση δοκιμασμένων μηχανισμών αυξάνει την αξιοπιστία του συστήματος και διευκολύνει τη συντήρηση.

Το λάδι φθάνει με υψηλή πίεση σε κάθε αντλία καυσίμου, παρέχοντας την αναγκαία ισχύ για την ανύψωση κατάλληλου εμβόλου, το οποίο ωθεί το έμβολο της αντλίας καυσίμου. Τα δύο έμβολα διατηρούνται σε επαφή λόγω της πίεσεως του λαδιού και του καυσίμου που επενεργούν στις δύο αντίθετες πλευρές τους. Για την απόσβεση των κυμάτων πίεσεως εντός του υδραυλικού συστήματος και για την άμεση παροχή της αναγκαίας ποσότητας λαδιού για τη λειτουργία της αντλίας, πριν από κάθε αντλία τοποθετείται κατάλληλος συλλέκτης-αποσβεστήρας. Η παροχή του λαδιού ελέγχεται από ειδική βαλβίδα ελέγχου, η οποία με τη σειρά της

καθοδηγείται από το ηλεκτρονικό σύστημα ελέγχου.

Η χρήση ηλεκτρονικού ελέγχου στο υδραυλικό σύστημα ανυψώσεως της αντλίας καυσίμου, επιτρέπει τον ακριβή έλεγχο του χρονισμού και της διάρκειας της εγχύσεως, διαφοροποιώντας τις παραμέτρους της εγχύσεως, ανάλογα με το σημείο λειτουργίας της μηχανής. Έτσι είναι δυνατόν να παραχθεί μεγάλη ποικιλία από προφίλ εγχύσεως, όπως για παράδειγμα έγχυση με μειούμενη πίεση (και παροχή) καυσίμου, έγχυση με σταθερή πίεση, έγχυση με προοδευτικά αυξανόμενη πίεση εγχύσεως ή διπλή έγχυση (πilotική συν κύρια έγχυση). Με την εφαρμογή εγχύσεως με προοδευτικά αυξανόμενη πίεση επιτυγχάνεται μείωση της καταναλώσεως καυσίμου, ενώ με την εφαρμογή pilotικής εγχύσεως μειώνονται οι παραγόμενοι ρύποι.

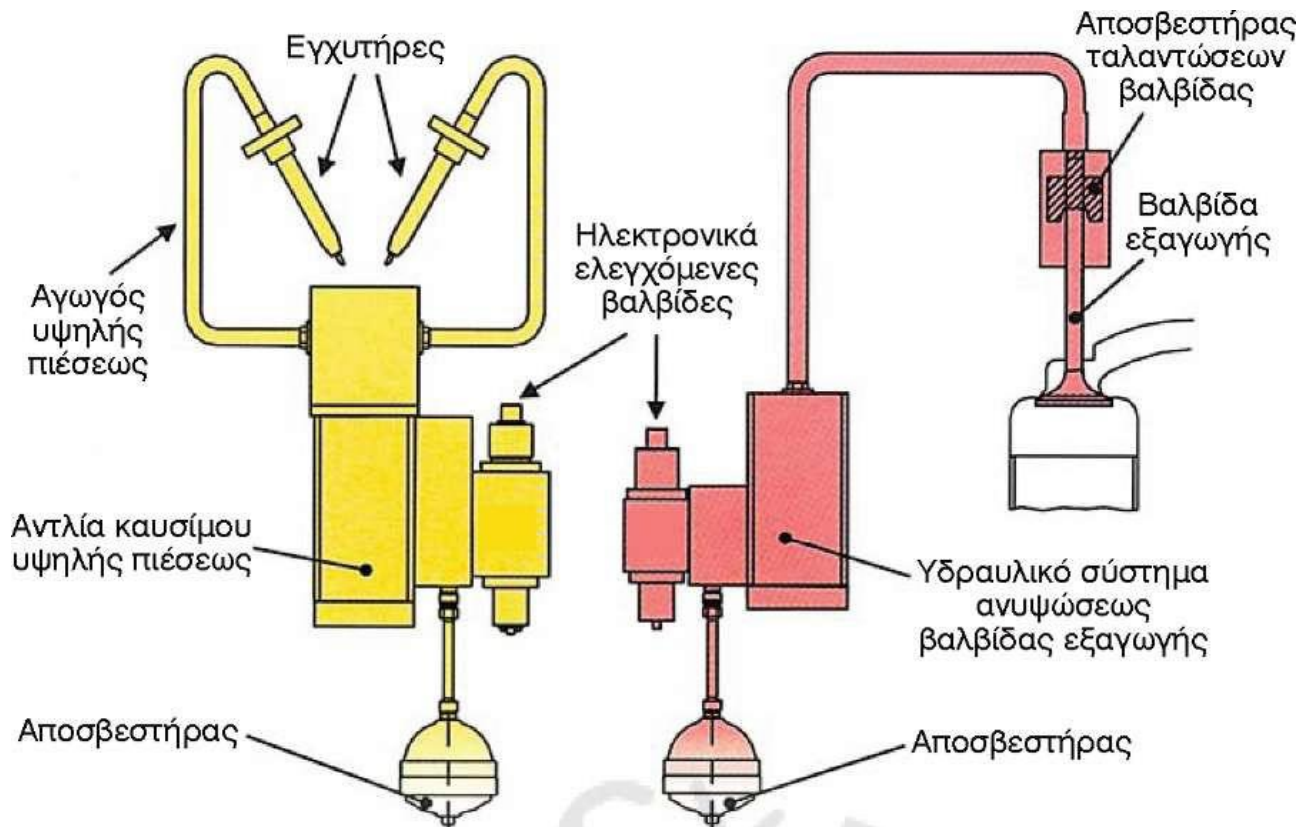
Παράλληλα με τη λειτουργία του συστήματος εγχύσεως, το υδραυλικό σύστημα χρησιμοποιείται για την κίνηση των βαλβίδων εξαγωγής των κυλίνδρων. Ο χρονισμός της βαλβίδας εξαγωγής και η διάρκεια ανοίγματος της ελέγχονται από ειδική βαλβίδα ταχείας αποκρίσεως στο υδραυλικό σύστημα.

Με τη χρήση ηλεκτρονικού ελέγχου, τα χαρακτηριστικά της εγχύσεως μπορούν να βελτιστοποιούνται σε όλο το φάσμα του φορτίου της μηχανής. Με συνδυασμένο έλεγχο του χρονισμού της εγχύσεως και του χρόνου κλεισίματος της βαλβίδας εξαγωγής, είναι δυνατόν να διατηρείται σταθερή η μέγιστη πίεση εντός του κυλίνδρου σε αρκετό εύρος φορτίων (χωρίς κίνδυνο υπερφορτίσεως). Ως αποτέλεσμα, μειώνεται σημαντικά η κατανάλωση καυσίμου σε μερικά φορτία. Επιπλέον επιτυγχάνεται σημαντική μείωση των ελαχίστων στροφών λειτουργίας του κινητήρα, ενώ η λειτουργία του κινητήρα καθίσταται πολύ ομαλότερη στις στρόφες αυτές. Η βελτιστοποίηση της λειτουργίας της μηχανής (ως σύνολο αλλά και για κάθε κύλινδρο ξεχωριστά) σε όλα τα φορτία, επιτρέπει τη διατήρηση των επιδόσεων του κινητήρα στα ίδια επίπεδα καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του. Επιπλέον ο κινητήρας μπορεί να λειτουργεί εναλλακτικά με χαρακτηριστικά μειωμένων ρύπων ή με χαρακτηριστικά μειωμένης καταναλώσεως, ανάλογα με την περιοχή που ταξιδεύει το πλοίο.

Η χρήση του ηλεκτρονικού συστήματος ελέγχου επιτρέπει τη βελτιστοποιημένη λειτουργία του κινητήρα ακόμη και κατά τη φάση της αναστροφής του (κάτι που δεν μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση εκκεντροφόρου). Με ειδικό χειρισμό μπορεί επίσης να επιτευχθεί ταχεία επιβράδυνση της μηχανής, μειώνοντας έτσι τη διαδρομή ακινητοποιήσεως του πλοίου. Αντίστοιχα μπορεί να επιτευχθεί ταχύτερη επιτάχυνση του κινητήρα με κατάλληλο έλεγχο της βαλβίδας εξαγωγής ανοίγοντας πιο νωρίς. Διαφορετικά χαρακτηριστικά εγχύσεως μπορούν να επιτευχθούν με την εφαρμογή ηλεκτρονικού ελέγχου, στο σύστημα

εγχύσεως με αντλίες μονού βυθίσματος με υδραυλική ενεργοποίηση.

Το ηλεκτρονικό σύστημα ελέγχου συνδυάζεται με αντίστοιχο διαγνωστικό σύστημα βλαβών, το οποίο προστατεύει τον κινητήρα από υπερφόρτιση ή από επικίνδυνες βλάβες, αυξάνοντας έτσι την αξιοπιστία του και μειώνοντας το κόστος συντηρήσεως.



Σχήμα 3.2 Διάταξη συστημάτων εγχύσεως και ανυψώσεως της βαλβίδας εξαγωγής, χωρίς τη χρήση εκκεντροφόρου.

3.3 Αυτόματη ρύθμιση στροφών έλικας πλοίου

Στα πλοία συναντάμε συχνά συστήματα, τα οποία για να λειτουργούν αποδοτικά, πρέπει να στρέφονται με σταθερή ταχύτητα (αριθμό στροφών) ή ακόμη να αλλάζουν ταχύτητα σύμφωνα με κάποιο προκαθορισμένο πρόγραμμα. Πολλά από αυτά τα συστήματα είναι

ηλεκτρικά με βασικό συστατικό τους τον ηλεκτρικό κινητήρα, ο οποίος παρέχει την κίνηση και αποτελεί μέρος του μηχανισμού ελέγχου.

Ένα τέτοιο παράδειγμα συστήματος ρυθμιζόμενων στροφών είναι η ηλεκτρική πρόωση πλοίου με σταθερές στροφές έλικας. Στο σύστημα αυτό, ο ηλεκτρικός κινητήρας συνδέεται με τον τελικό άξονα της έλικας απευθείας ή με την παρεμβολή μειωτήρα στροφών.

Ο ηλεκτρικός κινητήρας συνεχούς ρεύματος τροφοδοτείται με κατάλληλη τάση στα τυλίγματά του και αναπτύσσει ροπή στον άξονά του. Η ροπή αυτή μεταφέρεται στον άξονα της έλικας και υπερνικά την αντίσταση του νερού στις επιφάνειες των πτερυγίων καθώς και τις τριβές στα έδρανα και τα σημεία στεγανότητας του κινητήριου άξονα. Η αντίσταση αυτή και επομένως η ροπή φορτίου την οποία αντιμετωπίζει ο κινητήρας δεν είναι σταθερή αλλά εξαρτάται από τις συνθήκες στην επιφάνεια της θάλασσας, τον κυματισμό και τον άνεμο. Χωρίς έλεγχο, η μεταβολή του φορτίου στον άξονα της έλικας θα μετέβαλε διαρκώς τη ροπή στον άξονα του κινητήρα και αυτή, με τη σειρά της, θα επηρέαζε τις στροφές της μηχανής.

Αυτές οι διακυμάνσεις είναι ανεπιθύμητες για την ορθή εκμετάλλευση του πλοίου που απαιτεί κίνηση με σταθερή ταχύτητα για μεγάλα χρονικά διαστήματα και χωρίς συνεχή ανθρώπινη επιτήρηση. Επιπρόσθετα, οι συνεχείς μεταβολές των στροφών προκαλούν δυναμική καταπόνηση του κινητήρα, γιατί δημιουργούνται ταλαντώσεις, που μπορεί να οδηγήσουν σε καταστροφή της μηχανής. Από τα παραπάνω προκύπτει ότι είναι ανάγκη να υπάρχει ένα αυτόματο σύστημα ρυθμίσεως των στροφών σε σχέση με τις αλλαγές του φορτίου.

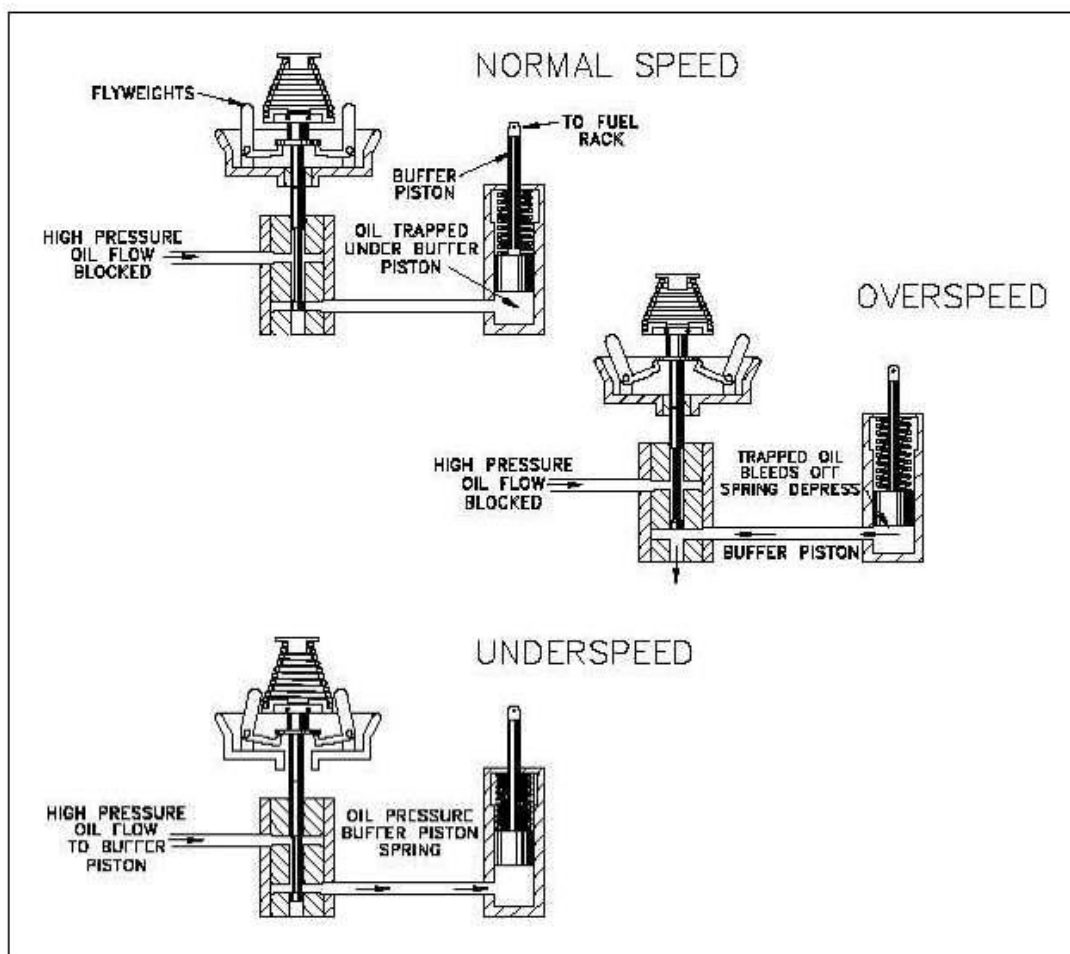
3.4 Ο ηλεκτρονικός έλεγχος στροφών ηλεκτροκινητήρα

Η ρύθμιση και διατήρηση των στροφών στην επιθυμητή ταχύτητα επιτυγχάνεται με τη βοήθεια ελεγκτή, ο οποίος αντιλαμβάνεται τις διαταραχές στο φορτίο της έλικας και προκαλεί μια κατάλληλη μεταβολή της τάσεως στο επαγωγίμο του κινητήρα. Η γεννήτρια παλμών διεγείρεται από το σήμα στην έξοδο του ελεγκτή, ο οποίος τροφοδοτείται από την απόκλιση μεταξύ δύο ηλεκτρικών τάσεων. Η πρώτη αντιστοιχεί στον επιθυμητό αριθμό στροφών (RPM) του κινητήρα και καθορίζεται από ένα βαθμονομημένο ποτενσιόμετρο. Η δεύτερη αντιστοιχεί στην τρέχουσα πραγματική τιμή των στροφών της μηχανής και παράγεται από διάταξη ταχογεννήτριας, συνδεδεμένη στον άξονα του κινητήρα. Τα ηλεκτρονικά στοιχεία που συνθέτουν το σύστημα ελέγχου για τον έλεγχο των στροφών χαρακτηρίζονται από τις παραμέτρους: τάση, αντίσταση

και χρόνος καθυστέρησης προσαρμογής.

Το ηλεκτρονικό σύστημα ρυθμίσεως της ταχύτητας του ηλεκτρικού κινητήρα διατηρεί σταθερές τις στροφές της έλικας, ανεξάρτητα από τις διακυμάνσεις του φορτίου και τις συνθήκες πλεύσεως. Τα κύρια δυναμικά χαρακτηριστικά του συνδέονται με τις συναρτήσεις μεταφοράς του ηλεκτρικού κινητήρα και της αντιστάσεως που αναπτύσσεται στο σύστημα προώσεως (έλικα) του πλοίου.

3.5 Ρυθμιστές στροφών (Governors)



Σχήμα 3.3 Σύστημα ελέγχου καυσίμου σε κανονική ταχύτητα και σε υπερτάχυνση

Ο ρυθμιστής στροφών είναι μια ηλεκτρονική συσκευή που χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της ταχύτητας περιστροφής και της ροπής ενός ασύγχρονου επαγωγικού κινητήρα. Στην περίπτωση των αντλιών καυσίμου μονού βυθίσματος, η ρύθμιση αυτή πραγματοποιείται μέσω του ρυθμιστικού κανόνα.

Η τοποθέτηση όμως του ρυθμιστικού κανόνα σε μία σταθερή θέση δεν σημαίνει ότι οι στροφές του κινητήρα θα παραμείνουν σταθερές. Αυτή είναι μία ιδιαιτερότητα των πετρελαιοκινητήρων, η οποία οφείλεται στο γεγονός ότι η καύση πραγματοποιείται πάντα με περίσσεια αέρα. Έτσι στην περίπτωση των πετρελαιομηχανών υπάρχει η ανάγκη τοποθέτησεως κατάλληλου μηχανισμού, ο οποίος θα ελέγχει τις στροφές του κινητήρα, ανάλογα με το φορτίο (τη στρεπτική ροπή δηλαδή στον άξονα περιστροφής). Ο μηχανισμός αυτός καλείται ρυθμιστής στροφών, ενώ είναι διεθνώς γνωστός ως governor.

Η ανάγκη χρησιμοποίησεως ρυθμιστή στροφών θα φανεί στο επόμενο παράδειγμα. Κατά την εκκίνηση μίας πετρελαιομηχανής έστω ότι ρυθμίζεται η παροχή καυσίμου στην αντλία εγχύσεως σε συγκεκριμένη τιμή και διατηρείται σταθερή. Λόγω όμως της θερμάνσεως των τμημάτων του κινητήρα μειώνονται οι τριβές, οπότε αρχίζει ο κινητήρας να επιταχύνει. Αν δεν γίνει προσαρμογή στη ρύθμιση της παροχής καυσίμου από την αντλία εγχύσεως, ο κινητήρας θα επιταχύνει συνεχώς μέχρι να καταστραφεί. Γενικώς οι πετρελαιομηχανές απαιτούν την ύπαρξη ρυθμιστή στροφών για τη διατήρηση σταθερών των στροφών με την αλλαγή φορτίου. Εξαίρεση αποτελεί η περίπτωση των ναυτικών πετρελαιομηχανών με απευθείας σύνδεση της έλικας στη μηχανή. Στην περίπτωση αυτή, εάν οι στροφές αρχίζουν να αυξάνονται, αυξάνεται απότομα η ροπή αντιστάσεως στην έλικα. Η αύξηση αυτή του φορτίου επιβραδύνει τον κινητήρα, οπότε το σύστημα είναι ευσταθές. Όμως ακόμη και στην περίπτωση αυτή είναι αναγκαία η ύπαρξη ρυθμιστή στροφών, για να εξομαλύνονται οι τάσεις για μεταβολή των στροφών.

Εκεί που είναι περισσότερο αναγκαία η ύπαρξη ρυθμιστή στροφών είναι στην περίπτωση των ηλεκτρομηχανών, ειδικά στην περίπτωση παράλληλα συνδεδεμένων ηλεκτρογεννητριών. Στην περίπτωση των ηλεκτρογεννητριών εναλλασσόμενου ρεύματος απαιτείται σταθερή ταχύτητα περιστροφής ώστε να επιτυγχάνεται σταθερή τιμή της συχνότητας του ρεύματος.

Στην περίπτωση των κυρίων ναυτικών πετρελαιομηχανών, πριν την εμφάνιση των ελίκων μεταβλητού βήματος, ο έλεγχος του φορτίου γινόταν με απλή μηχανική ρύθμιση της παροχής καυσίμου σε συγκεκριμένη τιμή. Σε περίπτωση που μεταβαλλόταν το φορτίο του κινητήρα (κυματισμός, μεταβολή του βυθίσματος, μεταβολή στην ταχύτητα πλεύσεως) απλώς προκαλούνταν αυτόματα μεταβολές στην ταχύτητα περιστροφής του κινητήρα. Βέβαια πάντα υπήρχε ρυθμιστής στροφών, για την προστασία του κινητήρα από υπέρβαση των μεγίστων επιτρεπομένων στροφών (π.χ. στην περίπτωση πολύ έντονου κυματισμού).

Στις σύγχρονες κατασκευές, με την εισαγωγή ελίκων μεταβλητού

βήματος και με την εισαγωγή αυξημένων ελέγχων στη λειτουργία του κινητήρα, δημιουργήθηκε η ανάγκη για πολύ πιο εξελιγμένους μηχανισμούς ελέγχου φορτίου, οι οποίοι δεν περιορίζονται μόνο στην προστασία από υπέρβαση των μεγίστων στροφών ή στη διατήρηση των ελαχίστων στροφών του κινητήρα.

Οι ρυθμιστές στροφών, ανάλογα με την αρχή λειτουργίας τους, διακρίνονται σε μηχανικούς, μηχανικούς-υδραυλικούς και ηλεκτρονικούς.



Σχήμα 3.4 Εικόνα από Μηχανικό-υδραυλικό σύστημα ελέγχου στροφών τύπου Governor UG-8. Οι ρυθμίσεις γίνονται μέσω περιστρεφόμενων Διακοπών.



Σχήμα 3.5 Εικόνα από Μηχανικό-ηλεκτρονικό σύστημα ελέγχου στροφών τύπου Governor UG. Οι ρυθμίσεις γίνονται μέσω συστήματος ψηφιακού ελεγκτή/ΗΥ.



Σχήμα 3.6 Εικόνα από Επενεργητής(Actuator) ProAct Σερβοκινητήρα συστήματος ελέγχου στροφών. Οι ρυθμίσεις γίνονται μέσω συστήματος ψηφιακού ελεγκτή/HY. Περιέχει ελεγκτή θέσης περιστροφής.

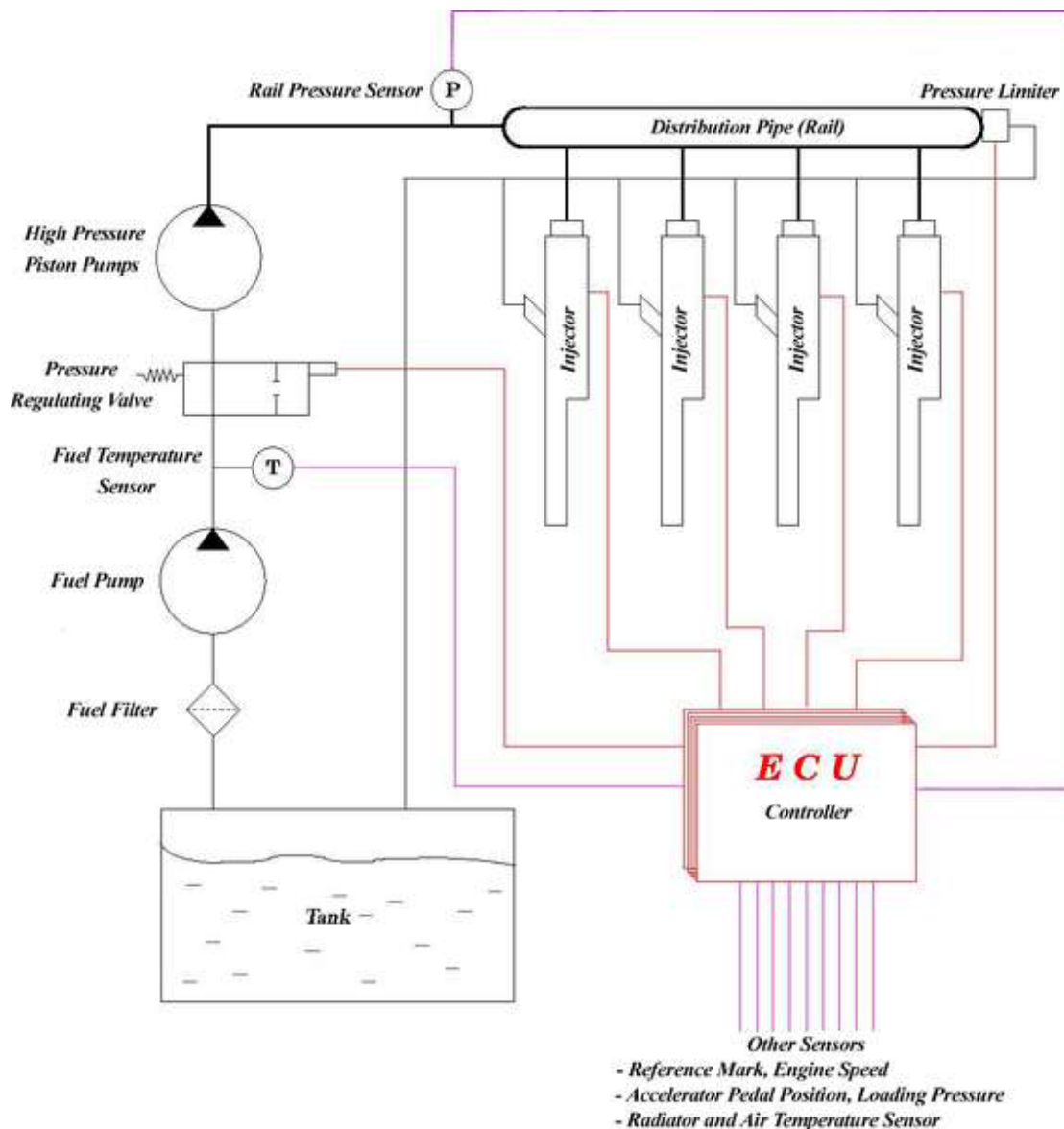
Πλεονεκτήματα της χρήσης ρυθμιστή στροφών:

- 1) **Σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας** – Αντί να λειτουργεί συνεχώς ο κινητήρας σε πλήρη ταχύτητα, ο ρυθμιστής στροφών δίνει τη δυνατότητα επιβράδυνσής του ή επιτάχυνσής του, ανάλογα με την απαίτηση του φορτίου. Όταν έχουμε κινητήρες χωρίς ρυθμιστές στροφών συνήθως τους διαστασιολογούμε στη μέγιστη αναγκαία ισχύ. Αποτέλεσμα αυτού είναι όσο ο κινητήρας απορροφά αυτή την ισχύ να έχει μεγάλο συντελεστή ισχύος (συνημίτονο) λόγω μεγάλου φορτίου και να λειτουργεί οικονομικά. Όμως, οι κινητήρες της βιομηχανίας για ελάχιστο μόνο χρόνο λειτουργούν στο μέγιστο φορτίο διαστασιολόγησης ενώ συνήθως λειτουργούν υπό μειωμένο. Έτσι “καταναλώνουν” πολύ ακριβή άεργο ισχύ, τόσο στην τελοχρέωσή της (ΔΕΗ) όσο και στην αντιμετώπιση με πυκνωτές. Με τη χρήση ρυθμιστών στροφών οι κινητήρες τείνουν να έχουν σε κάθε συνθήκη φόρτισης βέλτιστο συντελεστή ισχύος κοντά στη μονάδα χωρίς την ανάγκη πυκνωτών.
- 2) **Προστασία του εξοπλισμού** – Η δυνατότητα μεταβολής της ταχύτητας και της ροπής ενός ηλεκτροκινητήρα έχει σαν συνέπεια τη μειωμένη καταπόνηση και φθορά του κινητήρα αλλά κυρίως και της μηχανής που αυτός κινεί. Για παράδειγμα, αποφεύγεται η απότομη

δυναμική φόρτιση που με την πάροδο του χρόνου προκαλεί ζημιά στα μηχανολογικά στοιχεία του συστήματος όπως: γρανάζια, ιμάντες, έδρανα, ρουλεμάν, ράουλα, κρεμαγιέρες, αλυσίδες, άξονες, πείροι, πολύσφηνα, αντλίες, φτερωτές, στροφαλοφόροι, στρόφαλοι, βάνες, βαλβίδες, αισθητήρια, σωληνώσεις, κλπ. Ο μεγάλος περιορισμός του ρεύματος εκκίνησης επιτρέπει σε πολλές περιπτώσεις, τόσο τη χρήση μικρότερης ισχύος μετασχηματιστών υποσταθμού, όσο και την οδήγηση κινητήρων από μεγάλες αποστάσεις, όπου η πτώση τάσης από το υψηλό ρεύμα εκκίνησης θα προκαλούσε αδυναμία εκκίνησης. Η μη απορρόφηση από τον κινητήρα υψηλού ρεύματος κατά την εκκίνηση σταθεροποιεί το δίκτυο από ενοχλητικές διακυμάνσεις της τάσης. Αυτές στην πιο απλή περίπτωση εντοπίζονται σε ένα παίξιμο του φωτισμού, ενώ στις περισσότερες βιομηχανικές εφαρμογές συνεπάγονται πολύ βλαβερή πτώση ροπής στη λειτουργία των κινητήρων (η ροπή μεταβάλλεται με το νόμο του τετραγώνου της μεταβολής της τάσης).

- 3) Αποδοτική αναβάθμιση του συστήματος** – Σε ορισμένες περιπτώσεις με τη χρήση ρυθμιστή στροφών μπορούν να απλοποιηθούν ή και να καταργηθούν οι βαλβίδες, τα γρανάζια, οι ιμάντες, φρένα και bypass. Επιπλέον παρέχεται δυνατότητα διαστασιολόγησης του ηλεκτρικού δικτύου δηλαδή κυρίως των καλωδίων, με βάση το χαμηλότερο ρεύμα εκκίνησης.

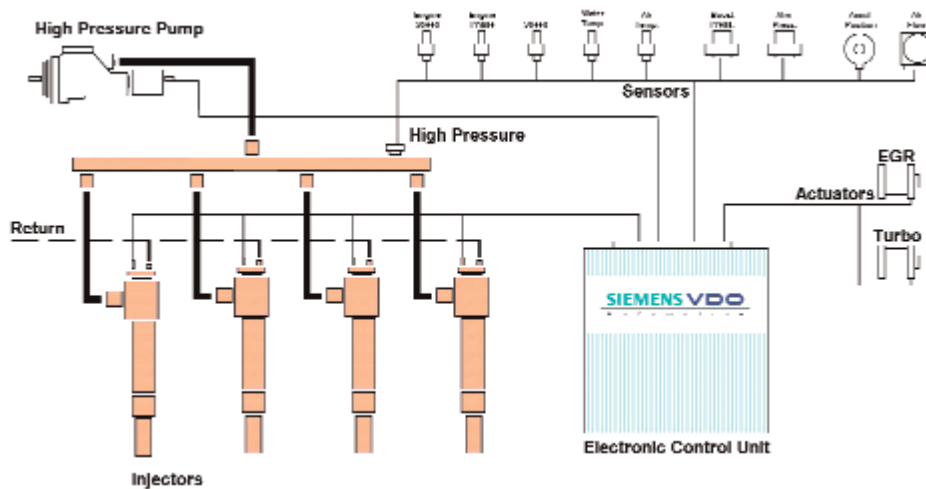
3.6 Συστήματα κοινού συλλέκτη (Common Rail)



Σχήμα 3.7 Εικόνα περιγραφής συστήματος κοινού συλλέκτη

Στο σύστημα κοινού συλλέκτη, η διαδικασία ανυψώσεως της πίεσεως και η διαδικασία της εγχύσεως είναι τελείως ανεξάρτητες μεταξύ τους. Στην πιο απλή μορφή του το σύστημα αποτελείται από μία αντλία υψηλής πίεσεως, ένα συλλέκτη καυσίμου (δύο συλλέκτες σε μηχανές με διάταξη V), τους εγχυτήρες καυσίμου με ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες καθώς και

τους αγωγούς υψηλής πίεσεως, που συνδέουν το συλλέκτη με τους εγχυτήρες.



Σχήμα 3.8 Φωτογραφία περιγραφής συστήματος κοινού συλλέκτη

Η αντλία ή οι αντλίες υψηλής πίεσεως καταθλίβουν το καύσιμο στον κοινό συλλέκτη, ο οποίος τροφοδοτεί με καύσιμο όλους τους εγχυτήρες καυσίμου. Ο συλλέκτης συνδέεται με τους εγχυτήρες καυσίμου μέσω αγωγών μικρού σχετικά μήκους. Ο συλλέκτης έχει τη μορφή αγωγού μεγαλύτερης διαμέτρου σε σχέση με τους αγωγούς τροφοδοσίας των εγχυτήρων καυσίμου. Ο μεγάλος σχετικά όγκος του κοινού συλλέκτη του επιτρέπει να λειτουργεί ως δοχείο πίεσεως, ώστε να αποσβένονται τα κύματα πίεσεως από την αντλία υψηλής πίεσεως και να μπορεί η πίεση να διατηρείται πρακτικά σταθερή. Παράλληλα επιτρέπει να διατηρείται η πίεση σταθερή, ανεξάρτητα από την ενεργοποίηση των εγχυτήρων καυσίμου, οι οποίοι τείνουν να μειώσουν την πίεση στο εσωτερικό του συλλέκτη. Η έγχυση του καυσίμου ελέγχεται από ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα τοποθετημένη σε κάθε εγχυτήρα. Με τον τρόπο αυτό είναι δυνατή η μεταβολή του χρονισμού και της διάρκειας της εγχύσεως, μέσω του ελέγχου των ηλεκτρομαγνητικών βαλβίδων από κατάλληλο ηλεκτρονικό σύστημα ελέγχου.

Με τη χρήση του κοινού συλλέκτη καυσίμου, το καύσιμο διατηρείται σε σχεδόν σταθερή πίεση, η οποία ελάχιστα επηρεάζεται από το άνοιγμα και κλείσιμο των εγχυτήρων καυσίμου. Η επικρατούσα σταθερή πίεση εντός του κοινού συλλέκτη επιτρέπει τον έλεγχο της εγχύσεως με πολύ μεγαλύτερη ακρίβεια, αφού πλέον η εγχυόμενη ποσότητα του καυσίμου εξαρτάται κατά βάση από το χρόνο που παραμένει ανοικτή η βαλβίδα του εκάστοτε εγχυτήρα.

Έτσι, με τη χρήση κατάλληλου συστήματος αυτομάτου ελέγχου, είναι δυνατή η πολύ ακριβής ρύθμιση της εγχυόμενης ποσότητας καυσίμου εντός του κυλίνδρου, σε σχέση με το σημείο λειτουργίας του κινητήρα ή

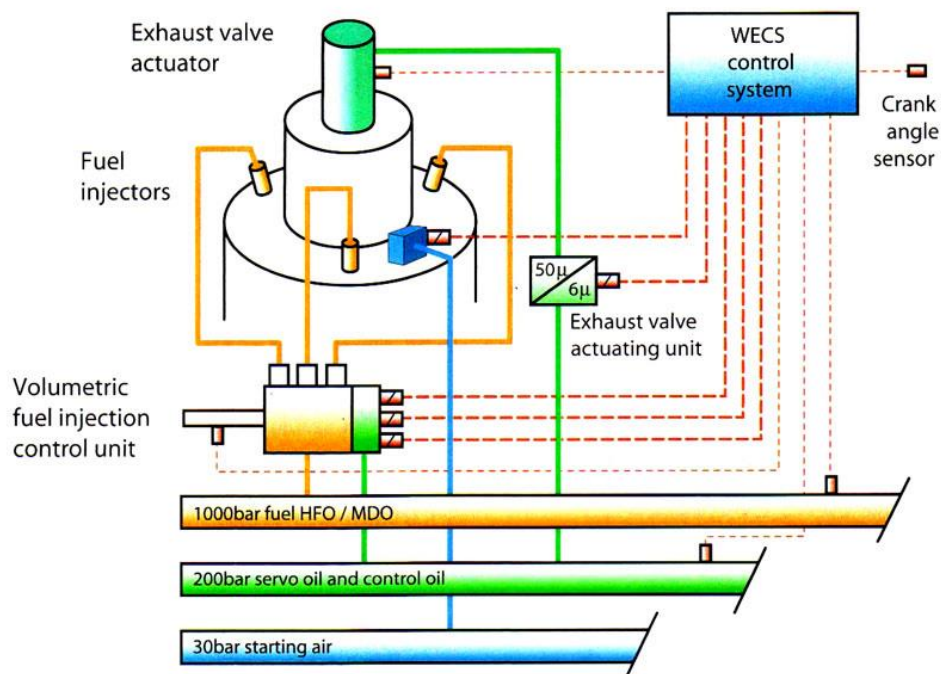
την ποιότητα του καυσίμου. Επειδή η διαδικασία ανυψώσεως της πίεσεως και η διαδικασία εγχύσεως είναι πλέον ανεξάρτητες μεταξύ τους, είναι δυνατή η ανεξάρτητη ρύθμιση της πίεσεως από τη ρύθμιση της εγχυόμενης ποσότητας καυσίμου ή από το φορτίο του κινητήρα. Αυτό επιτρέπει τη ρύθμιση της πίεσεως εγχύσεως, ανάλογα με το σημείο λειτουργίας του κινητήρα, ώστε να δίνει τα

βέλτιστα χαρακτηριστικά στο σχηματιζόμενο νέφος καυσίμου.

Αυτό επιτρέπει την αποφυγή δημιουργίας καπνού κατά την εκκίνηση ή στα χαμηλά φορτία. Αντιθέτως, στα συμβατικά συστήματα η πίεση εγχύσεως μειώνεται σημαντικά στα χαμηλά φορτία του κινητήρα και αυξάνεται προοδευτικά έως το μέγιστο φορτίο.

Η χρήση ηλεκτρομαγνητικής βαλβίδας σε κάθε εγχυτήρα επιτρέπει την ταχύτερη απόκριση του εγχυτήρα κατά το άνοιγμα της βαλβίδας. Κατά την απενεργοποίηση της ηλεκτρομαγνητικής βαλβίδας, για να επιτευχθεί ταχεία απόκριση του εγχυτήρα, χρησιμοποιείται συχνά και ειδική υδραυλική βαλβίδα. Η τελευταία εξασφαλίζει το άμεσο πέρας της εγχύσεως, ώστε να μην υπάρχουν προβλήματα μετεγχύσεως και να μειωθεί ο παραγόμενος καπνός.

Ο κοινός συλλέκτης εφοδιάζεται με ηλεκτρομαγνητική ρυθμιστική βαλβίδα ασφάλειας. Η βαλβίδα αυτή είναι απαραίτητη, για να αποφεύγεται απότομη αύξηση της πίεσεως εντός του συλλέκτη, στις ταχύτερες μεταβολές του φορτίου που μπορεί να επιτύχει το σύστημα.



Σχήμα 3.9 Αναπαράσταση ψεκασμού καυσίμου από τις βαλβίδες με σύστημα κοινού συλλέκτη

Στην περίπτωση ισχυρού κυματισμού μπορεί να προκληθεί στιγμιαία

επιτάχυνση της αξονικής αντλίας του συστήματος, αν η αναρρόφησή της βρεθεί έξω από το νερό. Τότε το σύστημα αυτομάτου ελέγχου ανταποκρίνεται ταχύτατα (σε κάποια msec) και μειώνει την παροχή καυσίμου στους εγχυτήρες κοντά στο μηδέν, ώστε να αποτραπεί η απότομη αύξηση των στροφών του κινητήρα από τη μείωση του φορτίου. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την απότομη αύξηση της πίεσεως εντός του κοινού συλλέκτη. Η πίεση αυτή εκτονώνεται μέσω της βαλβίδας ασφαλείας, η οποία αποτρέπει την άνοδό της πάνω από κάποιο όριο. Για λόγους προστασίας τοποθετείται και μηχανική ανακουφιστική βαλβίδα ασφαλείας, η οποία ενεργοποιείται στην περίπτωση αστοχίας των ηλεκτρονικών ελέγχων και όταν η πίεση υπερβεί κάποιο ανώτατο όριο.

Κάθε εγχυτήρας εφοδιάζεται με ειδική ανεξάρτητη βαλβίδα, η οποία απομονώνει το συγκεκριμένο εγχυτήρα σε περίπτωση βλάβης του. Ο συγκεκριμένος κύλινδρος τίθεται συνεπώς εκτός λειτουργίας και το σύστημα αυτομάτου ελέγχου φροντίζει για τη ρύθμιση των στροφών, σε επίπεδο που να επιτρέπει τον ασφαλή πλου μέχρι το πλησιέστερο λιμάνι. Λόγω των υψηλών πιέσεων λειτουργίας υπάρχει πάντα κίνδυνος διαρροών. Για το λόγο αυτό τοποθετούνται ειδικοί αισθητήρες πίεσεως, οι οποίοι επιτρέπουν τη διάγνωση των διαρροών καυσίμου, που τυχόν θα εμφανισθούν στο σύστημα.

Στο σύστημα κοινού συλλέκτη της Sulzer (Sulzer Common Rail) συμβατικές αντλίες μονού βυθίσματος, παράλληλα συνδεδεμένες, τροφοδοτούν με καύσιμο υψηλής πίεσεως τον κοινό συλλέκτη. Οι αντλίες παίρνουν κίνηση από ειδικό εκκεντροφόρο άξονα με έγκεντρα σε μορφή πολλαπλών λοβών, ώστε σε κάθε περιστροφή του άξονα να υπάρχουν πολλαπλές συμπίεσεις και να παρέχεται η αναγκαία ποσότητα καυσίμου στον κοινό συλλέκτη. Αυτό είναι πλέον δυνατό, αφού η έγχυση είναι ανεξάρτητη από τη βύθιση του εμβόλου της αντλίας. Αγωγοί μικρού μήκους οδηγούν το συμπιεσμένο καύσιμο στους εγχυτήρες κάθε κυλίνδρου. Κάθε εγχυτήρας ενεργοποιείται από ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα, ενώ οι εγχυτήρες του ίδιου κυλίνδρου μπορούν να ρυθμισθούν για ανεξάρτητη λειτουργία μεταξύ τους.

Ο ηλεκτρονικός έλεγχος της εγχύσεως, σε συνδυασμό με τον αντίστοιχο ηλεκτρονικό έλεγχο των βαλβίδων εξαγωγής, δίνει τη δυνατότητα εύκολης προσαρμογής του κινητήρα στις διαφορετικές συνθήκες λειτουργίας με τη χρήση του κατάλληλου λογισμικού. Έτσι ο έλεγχος της μηχανής στο μέλλον θα είναι πιο ευφυής, με τη μηχανή να προσαρμόζει τη λειτουργία της αυτόματα στα διαφορετικά φορτία, στα διαφορετικά καύσιμα αλλά και στις τυχόν βλάβες που θα παρουσιάζονται. Αυτό βέβαια προϋποθέτει εξελιγμένα διαγνωστικά συστήματα με υψηλή αξιοπιστία αναγνωρίσεως των βλαβών.

Μερικά από τα πλεονεκτήματα του συστήματος κοινού συλλέκτη είναι τα εξής:

- Χρησιμοποιεί ηλεκτρονικά ελεγχόμενο σύστημα καυσίμου (common-rail)
- Αντικαθιστά μηχανικό σύστημα εκκεντροφόρου-συστήματος οδήγησης-αντλίας ψεκασμού καυσίμου και μηχανικού συστήματος ελέγχου
- Το ηλεκτρονικό σύστημα ελέγχει:
 - την ποσότητα καυσίμου
 - το χρονισμό

4. ΠΡΟΠΕΛΑ



4.1 Εξέλιξη πρόωσης

Όπως είναι γνωστό, τα πρώτα μέσα προώθησης, ήταν τα πανιά και τα κουπιά. Έπειτα, εξελίχθηκαν στους μύλους. Οι μύλοι αυτοί είχαν ποικίλει μεγέθη, ανάλογα με το πλοίο. Αν τώρα το πλοίο ήταν μεγάλο έβαζαν 2 μεγάλους (έναν σε κάθε πλευρά), αν όμως το πλοίο ήταν μικρό, έβαζαν έναν γενικό μύλο ο οποίος ήταν στο πίσω μέρος του πλοίου και τις περισσότερες φορές ήταν ίσος με το πλάτος του πλοίου στο οποίο ήταν εγκατεστημένος. Τα μεγάλα πλοία με τους 2 μύλους, έστριβαν κυρίως με τους μύλους αυτούς. Ο κάθε μύλος, ήταν μία ξεχωριστή μονάδα λειτουργίας, οπότε μπορούσαν να λειτουργούν και με αντίθετη φορά. Τα μικρά πλοία με τον 1 μύλο έστριβαν μόνο με πηδάλιο. Βέβαια κατά την πάροδο των χρόνων, είχαν γίνει και πατέντες, όπου λίγο έγερνε προς τα αριστερά ο μύλος όταν ήταν να στρίψει το πλοίο προς τα αριστερά και προς τα δεξιά, όταν ήταν να στρίψει το πλοίο προς τα δεξιά. Οι μύλοι όμως είχαν κάποια πολύ σημαντικά μειονεκτήματα, τα οποία αποτέλεσαν την αιτία κατάργησής τους. Δηλαδή όταν το πλοίο έστριβε, λόγω της κεντρομόλου δύναμης και της φυγοκέντρου, έγερνε προς την αντίθετη μεριά από αυτήν που έστριβε το πλοίο. Για παράδειγμα, ήταν να στρίψει αριστερά τότε το πλοίο έγερνε προς τα δεξιά. Και αντίστροφα. Με αποτέλεσμα στην κάθε περίπτωση, αν βγαίνει από το νερό, να ξενερώνει ο μύλος ο οποίος βρισκόταν στο εσωτερικό της στροφής που εκτελούσε το πλοίο. Αυτό βέβαια δεν γινόταν μόνο όταν έστριβε, αλλά και όταν είχε τον καιρό (κύματα) πλάγια. Το οποίο είχε ως αποτέλεσμα να ξενερώνει ένας από τους δύο μύλους, το οποίο είχε ως επακόλουθο να χάνει την πορεία του. Μετά η επόμενη γενιά προώθησης, ήταν η προπέλα. Η οποία αποτελούνταν από πτερύγια, τα οποία είχαν μία συγκεκριμένη κλίση. Λόγω αυτής της κλίσης, η προπέλα έσπρωχνε το πλοίο. Μέχρι σήμερα αριθμούμε περί τις 200 πατέντες στο είδος της προπέλας. Η πρώτη προπέλα, μπήκε γύρω στο 1880 – 1900, το οποίο σημαίνει, ότι είναι πλέον ένα παλαιό είδος προώθησης. Παρόλο που η προπέλα έχει μεγαλύτερη ταχύτητα από τους μύλους και κατά συνέπεια μεγαλύτερη και καλύτερη απόδοση, υπάρχει ένα μεγάλο πρόβλημα. Δημιουργούνται στροβιλισμοί, οι οποίοι «τρώνε» κατά κάποιον τρόπο ταχύτητα από το πλοίο. Η τελευταία και η πιο σύγχρονη μέθοδος προώθησης, είναι η υδροτουρμπίνα, με την οποία καταφέραμε και μειώσαμε τους στροβιλισμούς στο ελάχιστο. Πλέον το πρόβλημα το οποίο υπάρχει, είναι οι στροβιλισμοί που δημιουργεί το ίδιο το πλοίο. Η τουρμπίνα πλέον ανάγεται στο πιο αποδοτικό μέσο προώθησης, παρ' όλα αυτά όμως υπάρχει ένα μεγάλο μειονέκτημα σε αυτήν. Το ότι έχει

περίπου ίδιες αποδόσεις με την προπέλα. Μην ξεχνάμε, ότι η τουρμπίνα ως αρχή λειτουργίας, έχει την προπέλα. Το μόνο κόλπο που χρησιμοποιεί η τουρμπίνα είναι ότι συμπιέζει το νερό και το εξάγει με μεγαλύτερη ταχύτητα.

Ο ρόλος της προπέλας στο ταξίδεμα του σκάφους είναι ο δεύτερος σε σημασία μετά την ισχύ της ώσης, η οποία χρειάζεται για να το σπρώξει πάνω στην υδάτινη επιφάνεια.

Η ιστορία της προπέλας δεν είναι καινούργια. Ο πρώτος «κοχλίας-αντλία», αναφέρεται ότι χρησιμοποιήθηκε από τους Αιγυπτίους το 945 π.Χ., με σκοπό ν' αντλείται νερό από το Νείλο για αρδευτικούς σκοπούς. Λίγο αργότερα, ο Αρχιμήδης (287-212 π.Χ.) είχε πλησιάσει περισσότερο στην εφαρμογή της έλικας στη ναυτική χρήση, με την επινόηση ενός συστήματος με κοχλία, το οποίο έδιωχνε τα νερά που εισέβαλαν στο κύτος του πλοίου. Αυτή η εφεύρεση του Αρχιμήδη θεωρείται ο προπομπός της προπέλας.

Ο 20ος αιώνας είναι η εποχή της εφαρμογής και της εξέλιξης των προπελικών συστημάτων, όμως -τι ειρωνεία- οι τελευταίοι που το κατάλαβαν αυτό ήταν οι δικοί μας θαλασσοκράτορες, οι Γαλαξιδιώτες, οι οποίοι έπρεπε να περάσει σχεδόν ο μισός εικοστός αιώνας μέχρι ν' αποφασίσουν να «παροπλίσουν» τα ένδοξα ιστιοφόρα τους, αρνούμενοι να υποκλιθούν στη μηχανοκίνηση στη θάλασσα, θάβοντας γύρω στο 1950 μαζί με τα σκάφη τους και τη μεγάλη ναυτική τους ιστορία. Σήμερα, χάρη στο ενδιαφέρον κάποιων ρομαντικών, έχει δημιουργηθεί το Ναυτικό Μουσείο στο Γαλαξίδι, όπου ο επισκέπτης έχει τη δυνατότητα να «ταξιδέψει» σε μία ένδοξη ναυτική ιστορία, όχι και τόσο μακρινή.

Η εξέλιξη της προπέλας τον 19ο αιώνα. Παρόλο, λοιπόν, που υπήρχαν οι βάσεις αυτής της «βίδας», του νερού αλλά και του αέρα, η ανακάλυψη της έλικας χρεώνεται στους Petit Smith και John Ericsson. Και οι δυο τους το 1836 κατάφεραν (έστω και με τροποποιήσεις στην παλιά ιδέα) να πλησιάσουν πολύ στη σημερινή μορφή της προπέλας. Με πολλές δοκιμές αλλά και αρκετά συχνά τυχαία, η προπέλα άρχισε να δείχνει τη μεγάλη αξία της. Κι αυτό ήταν τόσο έντονο, που το 1839 ο ναυπηγός I.K. Brunel άλλαξε τη σχεδίαση του Great Britain, ενός σιδερένιου πλοίου που βρισκόταν υπό κατασκευή, αντικαθιστώντας το σύστημα της ώσης από τροχούς στις μάντες με έλικα στην πρύμη. Το τελικό αποτέλεσμα ήταν μια μεγάλη έκπληξη, ακόμα και για τους ίδιους τους κατασκευαστές του πλοίου, αφού με τον ατμοκινητήρα των 1500 ίππων η ταχύτητα έφτασε τους 11 κόμβους. Ωστόσο, πέρασαν αρκετά χρόνια μέχρι να αποδεχτούν και οι ναυτικοί το νέο σύστημα της κίνησης στη θάλασσα και να το θεωρήσουν ως το πιο ασφαλές.

Για να γίνει πιο κατανοητή η λειτουργία της προπέλας, το πώς, δηλαδή, με την περιστροφική της κίνηση επιτυγχάνεται το έργο της ώσης, θα ξεκινήσουμε με την «ανατομία» της.

Η πρόωση του πλοίου συνήθως επιτυγχάνεται με την βοήθεια μιας έλικας (στα αγγλικά ο πιο συχνά χρησιμοποιούμενος όρος είναι "propeller", αν και χρησιμοποιείται επίσης και ο όρος "screw" σε συνδυασμούς ελίκων, όπως, μεταξύ άλλων, και ο όρος "twin-screw" για να υποδηλώσει πλοία με δύο έλικες.)

Σήμερα, η βασική πηγή ισχύος για μια έλικα είναι ο κινητήρας Diesel και οι απαιτήσεις ισχύος και οι στροφές της έλικας εξαρτώνται σημαντικά από την μορφή της γάστρας του πλοίου και την σχεδίαση της έλικας. Συνεπώς, για να φτάσουμε σε μία λύση που θα είναι η βέλτιστη δυνατή, είναι απαραίτητες μερικές γνώσεις σχετικές με τις κύριες παραμέτρους του πλοίου και του κινητήρα Diesel, που επηρεάζουν το σύστημα πρόωσης.

4.2 Τύποι ελίκων

Οι έλικες μπορεί να χωριστούν στις δύο ακόλουθες κατηγορίες:

1. Έλικες σταθερού βήματος – fixed pitch propeller (FP-propeller)
2. Έλικες μεταβλητού βήματος – controllable pitch propeller (CP-propeller)

Οι έλικες σταθερού βήματος είναι ενιαία χυτά κομμάτια και συνήθως κατασκευάζονται από κράμα χαλκού. Η θέση των πτερυγίων, και συνεπώς το βήμα της έλικας, είναι ίση και σταθερή για όλα, με ένα δεδομένο βήμα που δεν μπορεί να αλλάξει κατά την λειτουργία. Αυτό σημαίνει ότι όταν η έλικα λειτουργεί σε συνθήκες, για παράδειγμα άσχημου καιρού, οι καμπύλες απόδοσης της έλικας, δηλαδή ο συνδυασμός ισχύος και ταχύτητας (r/min), θα αλλάζουν ακολουθώντας τους φυσικούς νόμους, και η πραγματική καμπύλη της έλικας δεν μπορεί να μεταβληθεί από το πλήρωμα. Τα περισσότερα πλοία που δεν χρειάζονται ειδικές καλές ελιγκτικές ικανότητες είναι εφοδιασμένα με έλικες σταθερού βήματος.



Σχήμα 4.1 Φωτογραφία προπέλας σταθερού βήματος

Οι έλικες μεταβλητού βήματος έχουν μεγαλύτερη πλύμνη σε σχέση με τις έλικες σταθερού βήματος, επειδή η πλύμνη (hub) πρέπει να έχει αρκετό χώρο για τον υδραυλικό μηχανισμό ελέγχου της γωνίας (βήματος) των πτερυγίων. Οι έλικες μεταβλητού βήματος είναι σχετικά ακριβές, ίσως 3 με 4 φορές ακριβότερες σε σχέση με τις έλικες σταθερού βήματος. Επιπλέον, λόγω της μεγαλύτερης πλύμνης, η απόδοση της έλικας είναι ελαφρώς χαμηλότερη.



Σχήμα 4.2 Φωτογραφία προπέλας μεταβλητού βήματος

Οι έλικες μεταβλητού βήματος συνήθως χρησιμοποιούνται στα κρουαζιερόπλοια και στα ferries που απαιτούν υψηλές ελεγκτικές

ικανότητες. Για τα συνηθισμένα πλοία, όπως τα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων, φορτίου χύδην και τα δεξαμενόπλοια, που πλέουν για μεγάλα χρονικά διαστήματα σε κανονική θάλασσα και με δεδομένη ταχύτητα, θα ήταν γενικά αντιοικονομικό να εγκατασταθούν έλικες μεταβλητού βήματος αντί για σταθερού. Επίσης, μια έλικα μεταβλητού βήματος είναι πιο περίπλοκη και συνοδεύεται από υψηλότερο ρίσκο εμφάνισης προβλημάτων κατά την λειτουργία. Οι έλικες μεταβλητού βήματος είναι κατάλληλες για σκάφη που απαιτούν μεταβαλλόμενες συνθήκες πρόωσης σε σχέση με την ταχύτητα και μεγάλες ελιγκτικές ικανότητες. Προσφέρουν πάρα πολλά τεχνικά και οικονομικά ζητήματα.

Μερικά από τα κυριότερα πλεονεκτήματα είναι:

- Μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα στην πρόωση από ότι με προπέλα σταθερού βήματος,
- Καλύτερους ελιγμούς, παίρνοντας από το πρόσω στο ανάποδα χωρίς πολύ "νεκρό" χρόνο. Έτσι η πολύ γρήγορη αντίδραση ενώ το πλοίο κινείται με ταχύτητα μειώνει την απόσταση που χρειάζεται το πλοίο να σταματήσει, καθώς επίσης εξασφαλίζει την ασφάλεια των επιβατών και του πληρώματος.
- Καλύτερη χρήση της μηχανής, δηλαδή είναι διαθέσιμη ενέργεια σε κάθε κατάσταση. Και ακόμα επιτρέπει συνεχή χρήση της μηχανής σε κανονική ταχύτητα, μειώνοντας σημαντικά την κατανάλωση καυσίμου, και του κόστους συντήρησης.



Σχήμα 4.3 Φωτογραφία προπέλας μεταβλητού βήματος όπου διακρίνονται τα μέρη της

4.3 Τα βασικά μέρη της προπέλας:

Α. Άκρον του πτερυγίου (Blade tip).

Είναι η άκρη του πτερυγίου, το σημείο όπου μετριέται η διάμετρος της προπέλας και το σημείο που συναντώνται η οπίσθια με την εμπρόσθια κόψη.

Β. Εμπρόσθια κόψη (Leading edge)

Είναι το μέρος του πτερυγίου που «βλέπει» στην πρύμη του σκάφους και η επιφάνειά του θα κόψει πρώτη την επιφάνεια του νερού κατά την περιστροφή της προπέλας. Ξεκινάει από τον κορμό και καταλήγει στο άκρον του πτερυγίου.

Γ. Οπίσθια κόψη (Trailing edge).

Είναι το μέρος του πτερυγίου που «βλέπει» πίσω, και από την επιφάνεια του οποίου το νερό θα «εγκαταλείψει» την προπέλα. Ξεκινάει από την άκρη του πτερυγίου και καταλήγει στον κορμό, πολύ κοντά στο «δακτύλιο διάχυσης» (στις προπέλες με πέρασμα των καυσαερίων δια μέσου του κορμού τους).

Δ. Cup (δεν υπάρχει αντίστοιχος όρος στα ελληνικά. Συχνά το λένε «κουπάρισμα»).

Οι γραμμές διαμόρφωσης των χαρακτηριστικών της προπέλας. Είναι η μικρή κούρμπα ή χείλος, που σχηματίζεται στην οπίσθια κόψη (trailing edge) του πτερυγίου. Αυτή η μικρή λεπτομέρεια επιτρέπει στην προπέλα να «δαγκώνει» καλύτερα το νερό. Θεωρητικά, οι προπέλες που διαθέτουν «cup» μπορούν να αποδώσουν σαν να έχουν μεγαλύτερο βήμα, από μισή μέχρι και μία ίντσα. Αυτό όμως θα το εξηγήσουμε παρακάτω, όταν φθάσουμε στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των προπελών.

Ε. Επιφάνεια πτερυγίου (blade face).

Είναι η εξωτερική πλευρά του πτερυγίου, η οποία αναφέρεται και σαν η πλευρά εξάσκησης «θετικής» πίεσης.

Ζ. Πλάτη πτερυγίου (Blade back)

Είναι η πίσω πλευρά του πτερυγίου, αυτή που βλέπει στην πρύμη η οποία αναφέρεται και σαν η πλευρά εξάσκησης «αρνητικής» πίεσης (αναρρόφησης).

Η. Ρίζα της λεπίδας (blade root)

Είναι το σημείο στο οποίο το πτερύγιο «δένει» με τον κορμό.

Θ. Εσωτερικός κορμός (Inner hub).

Μέσα στον εσωτερικό κορμό βρίσκεται το λαστιχένιο συνεμπλόκ (περιγράφεται παρακάτω).

Ι. Εξωτερικός κορμός (Outer hub - Μόνο στις προπέλες που περνούν μέσα από τον κορμό τους τα καυσαέρια).

Η εξωτερική επιφάνεια του κορμού έρχεται σε απ' ευθείας επαφή με το νερό και πάνω σ' αυτήν είναι προσκολλημένα τα πτερύγια. Η εσωτερική επιφάνεια του εξωτερικού κορμού έρχεται σε επαφή με τα καυσαέρια, ενώ πάνω σ' αυτήν βρίσκονται κολλημένα και τα ποδαράκια, που τη συνδέουν με τον εσωτερικό κορμό.

Κ. Ποδαράκια (Ribs - Μόνο στις προπέλες που περνούν μέσα από τον κορμό τους τα καυσαέρια).

Είναι οι σύνδεσμοι του εσωτερικού κορμού με τον εσωτερικό. Συνήθως είναι τρεις, αλλά μπορεί να είναι και δύο, τέσσερις ή και πέντε ακόμα. Όταν η επιφάνειά τους είναι παράλληλη με τον άξονα της προπέλας ονομάζονται «ευθεία» (straight), ενώ όταν η επιφάνειά τους είναι παράλληλη με το επίπεδο των λεπίδων «ελικοειδή» (helikal).

Λ. Σινεμπλόκ (Flo-Torq).

Είναι ένα δυνατό και συμπαγές λάστιχο (rubber) το οποίο

παρεμβάλλεται στη σύνδεση του εσωτερικού κορμού με το πολύσφηνο και εφαρμόζει στον άξονα που βγαίνει από το ποδάρι. Ο ρόλος αυτού του ελαστικού συνδέσμου είναι να απορροφάει τους κραδασμούς, που προέρχονται από τις δυνάμεις που εφαρμόζονται κατά τη διάρκεια της περιστροφής, αλλά και σε περίπτωση κτυπήματος της προπέλας να «πατινάρει» ο σύνδεσμος, ούτως ώστε να μην μεταφερθεί η «κόντρα» στον άξονα και στα γρανάζια του σασμάν.

Μ. Δακτύλιος διάχυσης (difusser ring).

Η κλίση του προς τα έξω βοηθάει, ώστε να μειώνεται η υποπίεση που δημιουργείται από την έξοδο των καυσαερίων και να εμποδίζεται το καυσαέριο να οδηγείται στην πίσω επιφάνεια των πτερυγίων.

Ν. Έξοδος των καυσαερίων (Μόνο στις προπέλες που περνούν μέσα από τον κορμό τους τα καυσαέρια).

Είναι η περιοχή μεταξύ του εξωτερικού και του εσωτερικού κορμού, μέσα από την οποία τα καυσαέρια του κινητήρα σκορπίζονται στο νερό. Σε μερικές εφαρμογές σε κινητήρες έσω-έξω, όπου οι εξατμίσεις του κινητήρα βγαίνουν από αλλού, μέσα από αυτό το άνοιγμα διοχετεύεται αέρας.

4.4 Το έργο της προπέλας

Οι θετικές και αρνητικές πιέσεις που δημιουργούν την ώση. Περιστρέφοντας μια προπέλα σύμφωνα με την κίνηση των δεικτών του ρολογιού παρατηρούμε την εμπρόσθια κόψη των πτερυγίων (leading edge) να προηγείται. Αυτή είναι η δεξιόστροφη προπέλα. Μ' αυτή την κίνησή της τα πτερύγια σπρώχνουν το νερό κάτω και πίσω, κάτι σαν την κίνηση που κάνει ο κολυμβητής, που σπρώχνει το νερό με την παλάμη του για να προχωρήσει μπροστά. Την ίδια στιγμή μία άλλη ποσότητα νερού πρέπει να «ορμήσει» στην επιφάνεια του πτερυγίου, για να καταλάβει τη θέση του προηγούμενου. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία διαφορετικής πίεσης μεταξύ των δύο πλευρών των πτερυγίων :

- α) Μία θετική πίεση, ή φαινόμενο «σπρωξίματος» στην κάτω πλευρά του πτερυγίου και
- β) Μία αρνητική πίεση, ή φαινόμενο «τραβήγματος» στην πάνω πλευρά του πτερυγίου.

Αυτό, σε μία πλήρη περιστροφή της προπέλας, συμβαίνει συγχρόνως σε όλα τα πτερύγια. Έτσι, γίνεται αντιληπτό, ότι το έργο της προπέλας είναι συγχρόνως «τράβηγμα» και «σπρώξιμο». Αυτό που συμβαίνει,

λοιπόν, κατά την περιστροφή της προπέλας είναι να ρουφιέται νερό από μπροστά και να εκτοξεύεται από πίσω, σχηματίζοντας ένα φανταστικό τούνελ, το οποίο είναι λίγο μεγαλύτερο από τη διάμετρο της προπέλας. Καθώς η προπέλα αυξάνει τις στροφές της, η ροή του νερού επιταχύνεται μέσα από αυτήν δημιουργώντας ένα ρεύμα νερού με μεγαλύτερη ταχύτητα πίσω από την προπέλα. Αυτό το ρεύμα κινείται σ' ένα νοητό υδάτινο τούνελ, το οποίο είναι μικρότερο από την πραγματική διάμετρο της προπέλας. Αυτό το έργο του «τραβήγματος» νερού από μπροστά και του ταυτόχρονου «σπρωξίματος» προς τα πίσω με μία μεγαλύτερη ταχύτητα, προσθέτει ορμητικότητα στο νερό. Αυτή η αλλαγή σε ορμή ή σε επιτάχυνση του νερού, είναι η δύναμη που ονομάζουμε ώση (thrust).

Η διάμετρος της προπέλας είναι η διάμετρος του κύκλου που περιγράφουν τα άκρα των πτερυγίων της (blade tips). Η διάμετρος επιλέγεται, πρώτιστα, από το ύψος των στροφών ανά λεπτό που θα περιστρέφεται η προπέλα, σε συνδυασμό με την ισχύ που θα μεταφέρεται σ' αυτήν μέσω του άξονα και των γραναζιών. Ακόμα, η κλίση της προπέλας στις διάφορες συνθήκες πλευσης καθώς και η ταχύτητα που θ' αναπτύσσει το σκάφος παίζουν ουσιαστικό ρόλο στον ορισμό της διαμέτρου. Σε μία σειρά ομοειδών προπελών η διάμετρος, συνήθως, είναι μεγαλύτερη όταν η προπέλα προορίζεται για σκάφη που αναπτύσσουν μικρότερες ταχύτητες και μικραίνει όταν προορίζεται για σκάφη που είναι πιο γρήγορα. Όταν όλα τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά της προπέλας παραμένουν σταθερά, η διάμετρος αυξάνεται καθώς αυξάνεται και η ιπποδύναμη του κινητήρα. Επίσης, η διάμετρος αυξάνεται όταν οι στροφές ανά λεπτό της προπέλας μειώνονται (κινητήρας με μικρότερο ύψος στροφών, ή ρεβέρσα με μεγαλύτερη μείωση), αλλά και όταν αυξάνεται η επιφάνεια των πτερυγίων της.

Το βήμα είναι η απόσταση (μετρημένη σε ίντσες), που διανύει η προπέλα σε μία πλήρη περιστροφή της αν, για παράδειγμα, βίδωνε σε ένα μαλακό υλικό, όπως μία βίδα προχωράει μέσα στο ξύλο. Όταν μία προπέλα έχει τα χαρακτηριστικά: $13 \frac{3}{4} \times 21$, σημαίνει ότι αυτή η προπέλα έχει διάμετρο $13 \frac{3}{4}$ ίντσες (35cm) και βήμα 21 ίντσες (53,34cm). Όπως αντιλαμβάνεστε, ενώ η διάμετρος μάς είναι, σχετικά, αδιάφορη, το βήμα έχει τη μεγαλύτερη σημασία στην επιλογή της προπέλας.

Η περιστροφή της προπέλας.

Δεξιόστροφη και αριστερόστροφη προπέλα. Προπέλες υπάρχουν δεξιόστροφες και αριστερόστροφες. Ο λόγος της ύπαρξής τους είναι για να υπάρχει η καλύτερη δυνατή εκμετάλλευση στο έργο της ώσης, όταν στο σκάφος υπάρχουν δύο κινητήρες. Όταν υπάρχει ένας κινητήρας αυτός, κατά κανόνα, είναι δεξιόστροφος. Για να αναγνωρίσουμε μία προπέλα αν είναι δεξιόστροφη ή αριστερόστροφη αρκεί να κοιτάξουμε

ένα από τα πτερύγιά της από το tip. Στη δεξιόστροφη προπέλα το πτερύγιο ξεκινάει από αριστερά χαμηλά και ανεβαίνει, ενώ στην αριστερόστροφη το αντίθετο. Άλλος ένας τρόπος αναγνώρισης πάνω στον κινητήρα, είναι ότι η δεξιόστροφη όταν την κοιτάζουμε πίσω από την πρύμη του σκάφους, περιστρέφεται σύμφωνα με τους δείκτες του ρολογιού ενώ η αριστερόστροφη αντίθετα.

Τα πτερύγια δεν έχουν το ίδιο πάχος σε όλη την επιφάνειά τους. Το μεγαλύτερο πάχος το έχουν στη βάση τους στην ένωση με τον κορμό και λεπταίνουν προς τις άκρες. Αυτό είναι προφανές γιατί συμβαίνει: Τα φορτία έχουν τη μέγιστη τιμή τους στις βάσεις των πτερυγίων (blade roots) και ελαχιστοποιούνται όσο πλησιάζουν προς το «tip» όπου, θεωρητικά, τα φορτία είναι μηδέν, άρα εκεί χρειάζεται και μηδέν πάχος. Όμως, πρακτικά, και σ' εκείνο το σημείο το υλικό διαθέτει πάχος, το οποίο εξαρτάται από το υλικό που είναι κατασκευασμένη η προπέλα. Είναι προφανές ότι τα πτερύγια πρέπει να είναι τόσο παχιά, όσο να μπορούν να αντιστέκονται άκαμπτα στις μεγάλες δυνάμεις που υποβάλλονται, ενώ δεν θα πρέπει να έχουν και περισσότερο όγκο από τον αναγκαίο, γιατί όσο πιο χοντρό είναι ένα πτερύγιο, τόσο μεγαλύτερη πρέπει να είναι και η δύναμη που θα το «σπρώξει».

Το «κάψιμο» λόγω του «cavitation» στην επιφάνεια των πτερυγίων. Σύμφωνα με τους νόμους της φυσικής ο βρασμός του νερού επιτυγχάνεται στους 100° C. Αυτό είναι πολύ γνωστό. Εκείνο, όμως, που είναι λιγότερο γνωστό είναι ότι υπάρχει και ένας άλλος φυσικός νόμος που υποβάλλει το νερό σε βρασμό ακόμα και σε θερμοκρασία δωματίου: η πτώση της ατμοσφαιρικής πίεσης. Καθώς ένα αντικείμενο κινείται μέσα στο νερό με μία αυξανόμενη ταχύτητα, η πίεση η οποία συγκρατεί το νερό στα πλαϊνά και πίσω τοιχώματα του αντικειμένου μειώνεται. Όταν αυτή η πίεση φτάσει σ' ένα αρκετά χαμηλό επίπεδο, και πάντα σε σχέση με τη θερμοκρασία του νερού, το νερό θ' αρχίσει να βράζει. Στην προπέλα αυτό το φαινόμενο ξεκινάει κοντά στην εμπρόσθια κόψη (leading edge) του πτερυγίου. Όταν η ταχύτητα μειωθεί και η πίεση αρχίσει ν' αυξάνεται, ο βρασμός θα κοπάσει.

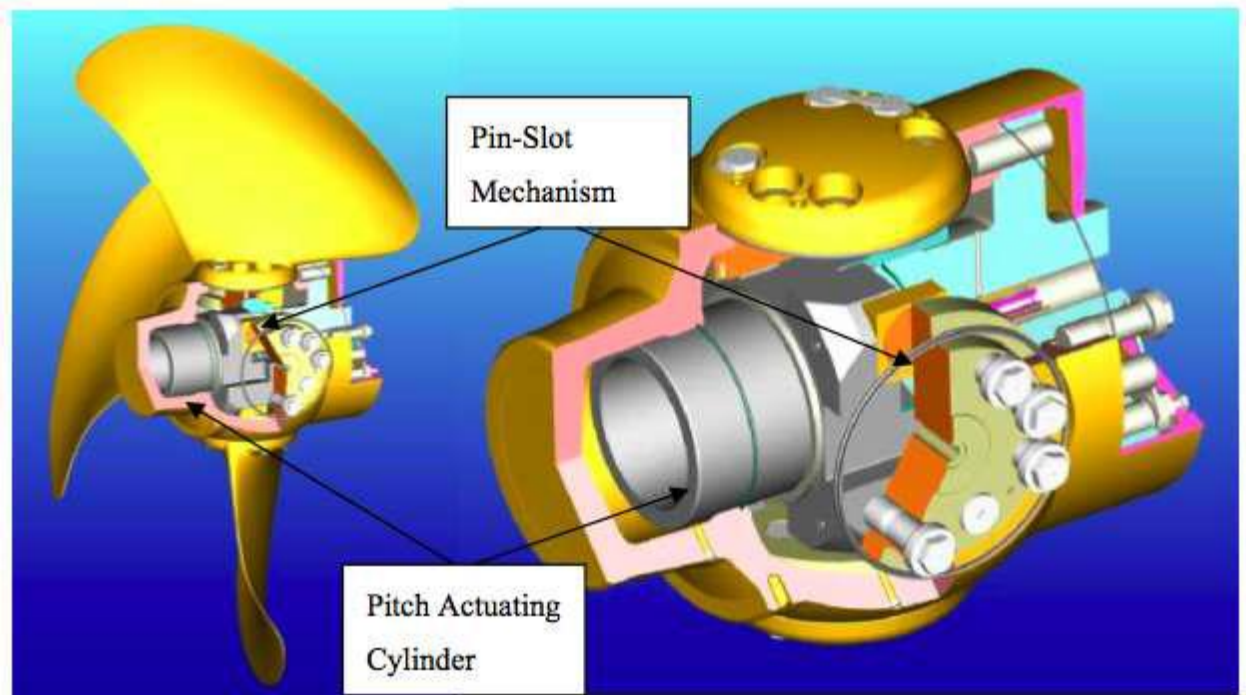
Κατά τη διάρκεια αυτού του φαινομένου, καθώς το νερό εξαερώνεται οι φυσαλίδες που δημιουργούνται αρχίζουν να κινούνται προς μία περιοχή του πτερυγίου με μεγαλύτερη πίεση, όπου εκεί δεν ευνοείται ο βρασμός και καταστρέφονται (συμπυκνώνονται σε υδάτινη μάζα). Αυτή η μετάλλαξη των φυσαλίδων απελευθερώνει μια ενέργεια η οποία επιδρά πάνω στα πτερύγια, δημιουργώντας ένα «κάψιμο», το οποίο επικράτησε να το λέμε «cavitation», και αυτό είναι που προκαλεί το «ψώριασμα» του μετάλλου της προπέλας.



Σχήμα 4.4 Εικόνα παρουσίασης της λειτουργίας μιας προπέλας μεταβλητού βήματος

Δηλαδή με λίγα λόγια το hub πάει σαν καπέλο πάνω στον άξονα του πλοίου και πάνω στο hub βιδώνονται τα φτερά της προπέλας. Στο κέντρο του άξονα υπάρχει κενό από όπου περνάει το σωληνάκι με τα υδραυλικά (και ότι άλλο χρειάζεται για τη λειτουργία του συστήματος ανάλογα με τον κατασκευαστή). Το hub είναι κενό από μέσα και εκεί υπάρχουν διάφορα εξαρτήματα (υδραυλικά κινούμενα στους περισσότερους κατασκευαστές) που κινούν τα φτερά και αλλάζουν το βήμα της προπέλας. Επίσης στο Controlable Pitch Propeler (cpp) ο άξονας στρέφει πάντα κατά μια φορά και αλλάζει θέση το κάθε πτερύγιο κάθετα κατά τον άξονα ώστε σε κάθε θέση να έχει διαφορετικό βήμα. Έτσι το cpp ή pitch να έχει τη δυνατότητα εκμετάλλευσης όλου του φάσματος της δύναμης της μηχανής, από ελάχιστο πρόσω ή ανάποδα μέχρι όλο. Και βέβαια κανένα περιορισμό στις αναστροφές αφού το μόνο που αλλάζει στη μηχανή είναι το φορτίο στον άξονα. Στα βαπόρια με pitch μπορεί η αύξηση ή μείωση της ταχύτητας να γίνεται με αυξομείωση του βήματος pitch ή των στροφών της μηχανής ή και των δυο.

5.ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΜΗΧΑΝΗΣ ΈΛΙΚΑΣ - ΈΛΙΚΑ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΥ ΒΗΜΑΤΟΣ (CPP)

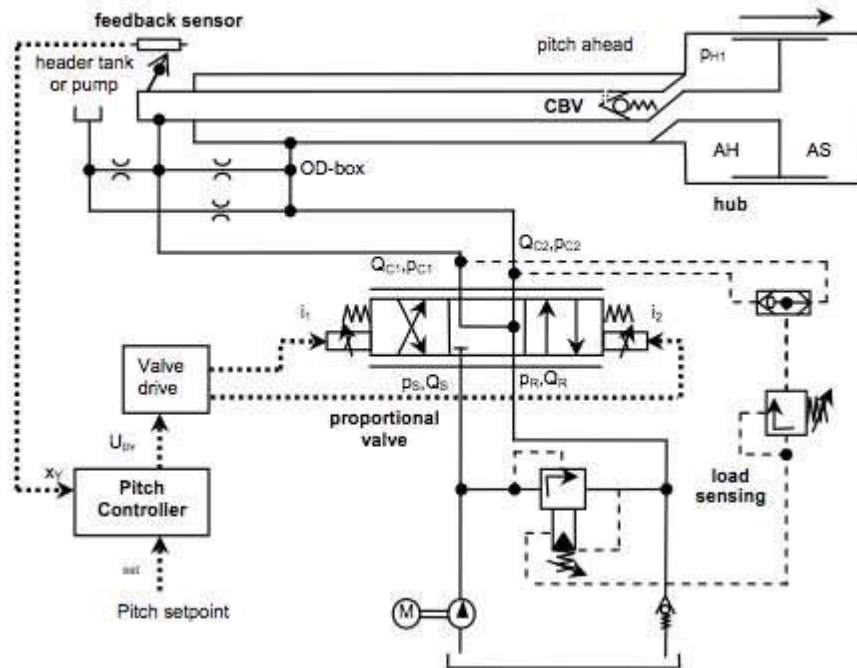


Εδώ σε αυτή τη φωτογραφία βλέπουμε τον τρόπο με τον οποίο συνδέεται η προπέλα στον άξονα . Η προπέλα σφηνώνεται πάνω στον άξονα και στο πίσω μέρος της βιδώνεται ένα παξιμάδι για να σταθεροποιηθεί. Όταν λέμε σφηνώνεται εννοούμε ότι δύο κωνοειδής ένα αρσενικό και ένα θηλυκό και ενώνονται μεταξύ τους. Επίσης πρέπει να αναφέρουμε ότι ο άξονας στο πίσω μέρος του έχει σπυροειδές σχήμα.

Αυτό ισχύει σε όλες τις προπέλες είτε σταθερού βήματος ,είτε μεταβλητού. Πιο συγκεκριμένα όμως στις προπέλες μεταβλητού βήματος το κάθε πτερύγιο τοποθετείται συρταρωτά και βιδώνεται πάνω στο hub.

- Τα πτερύγια της έλικας μπορούν να περιστραφούν, μεταβάλλοντας το βήμα,
- Ο κοίλος άξονας, περιλαμβάνει το υδραυλικό σύστημα κίνησης των πτερυγίων,
- Αλλάζοντας το βήμα, αλλάζει η ώση της έλικας,
- Πλεονέκτημα: μεταβάλλεται η ταχύτητα του πλοίου, ενώ η ταχύτητα μηχανής μένει σταθερή,
- Μειονέκτημα: πολυπλοκότητα μηχανικών μερών και ελεγκτή.

5.1 Απλοποιημένη μορφή συστήματος ελέγχου ενός crrp



Σχήμα 5.1 Υδραυλικό κύκλωμα ελέγχου μιας προπέλας μεταβλητού βήματος

Αυτό το μοντέλο περιέχει τα ακόλουθα κύρια στοιχεία:

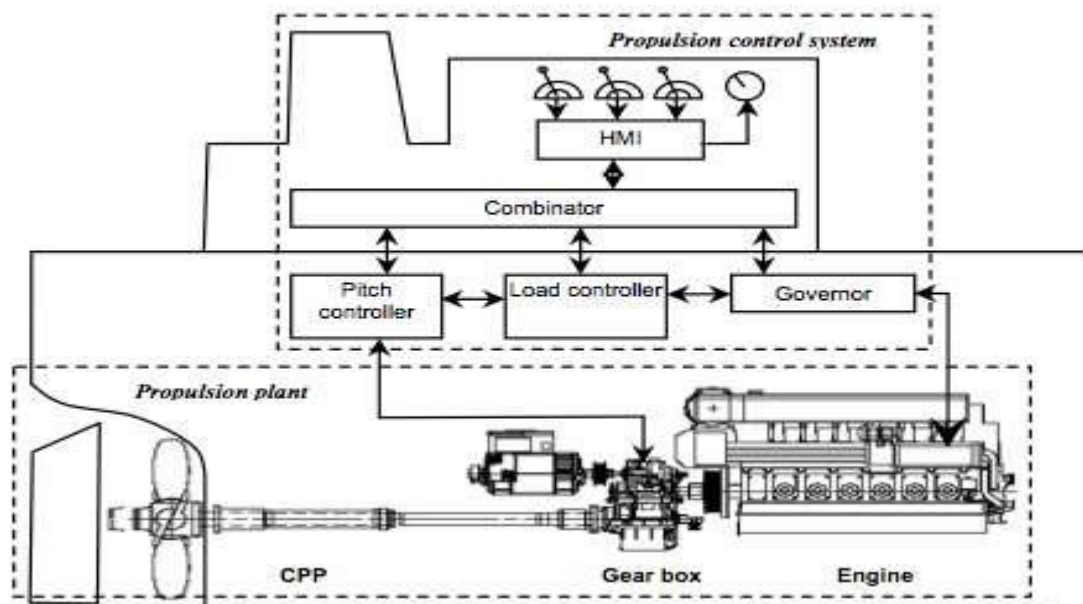
- Δίκτυα λαδιού και σωλήνες ανατροφοδότησης,
- Κουτί διανομής λαδιού,
- Υδραυλικές βαλβίδες, έλεγχο φορτίου και αντλίες,
- Έλεγχο του βήματος με αισθητήρες από κλειστό βρόχο με ανάδραση,
- Βαλβίδα ισοροπίας (cbv),
- Κύλινδρο ενεργοποίησης (pitch-actuating cylinder)

Σε αυτό το υδραυλικό κύκλωμα βλέπουμε μια απλοποιημένη μορφή ενός πραγματικού συστήματος σε προπέλα μεταβλητού βήματος και τον έλεγχο της. Ο όγκος του λαδιού ενεργοποιεί τον κύλινδρο και οι αγωγοί του λαδιού ελέγχονται από τις βαλβίδες ισοροπίας. Όταν δεν υπάρχει

πίεση στις μπροστινές(pitch ahead) και τις πίσω θύρες του κουτιού διανομής λαδιού οι βαλβίδες ισορροπίας(CBV) είναι κλειστές. Όταν αυτές είναι κλειστές, το βήμα της προπέλας μένει όπως έχει. Αυτές οι βαλβίδες μαζί με την proportional βαλβίδα και με το φορτίο ανίχνευσης (load sensing) κάνουν το έργο του ελέγχου του βήματος της προπέλας πολύ πιο εύκολο.

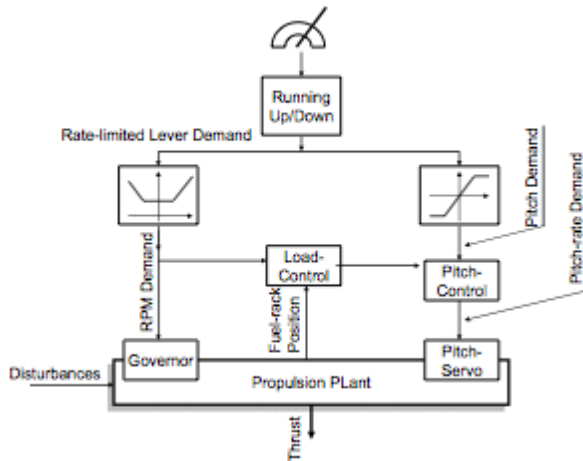
Για να αποφευχθούν ανεπιθύμητες αλλαγές στο βήμα της έλικας σε δυσμενείς συνθήκες καιρού ο έλεγχος φορτίου είναι εφοδιασμένος με μία αυτόματη ζώνη προσαρμογής. Όταν υπάρχουν διακυμάνσεις στο βήμα ,αυτές εντοπίζονται και αν είναι περιοδικές τότε η νεκρή ζώνη ενεργοποιείται και αυξάνει το εύρος της μέχρι οι διακυμάνσεις να απομακρυνθούν.

5.2 Σύστημα ελέγχου μηχανής - έλικας μεταβλητού βήματος (combinator)



Σχήμα 5.2 Σύστημα ελέγχου μηχανής- προπέλας μεταβλητού βήματος

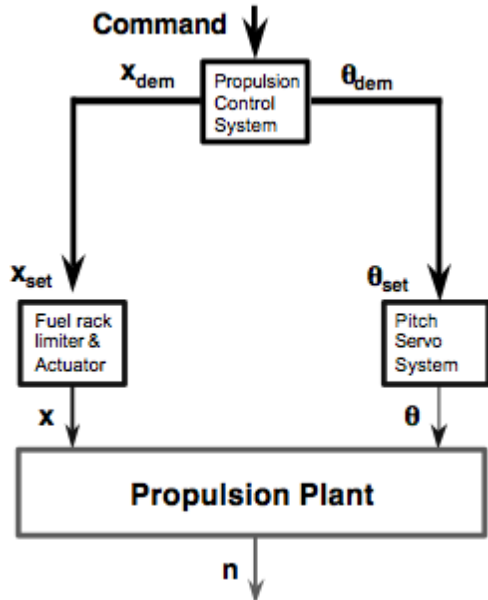
COMBINATOR



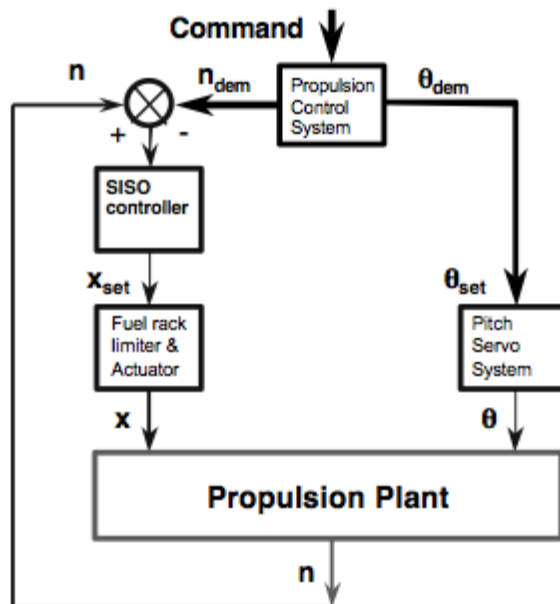
Σχήμα 5.3 Σύστημα ελέγχου μηχανής με combinator

Στα παραδοσιακά καράβια με προπέλα μεταβλητού βήματος, που παίρνουν κίνηση από μηχανή εσωτερικής καύσης (diesel engine), ο έλεγχος γίνεται διαμέσου του combinator, ο οποίος ρυθμίζει το βέλτιστο συνδυασμό του βήματος της έλικας και την ταχύτητα περιστροφής του άξονα σε σταθερές συνθήκες, χωρίς θαλασσοταραχή και άλλες συνθήκες αντίστασης (δηλαδή για ιδανικές συνθήκες). Ο combinator αποτελείται από το running up-down για τον βέλτιστο συνδυασμό βήματος και ταχύτητας περιστροφής του άξονα. Σε αντίθεση με τις ιδανικές συνθήκες, στη θάλασσα αλλά και σε συνθήκες maneuvering (δηλαδή πρόσδεσης στο λιμάνι) είναι απαραίτητη η προσαρμογή της ταχύτητας του άξονα αλλά και του βήματος της έλικας. Έχει αποδειχθεί ότι οι διαταραχές (disturbances) στην ταχύτητα της μηχανής που προκαλούνται στη θάλασσα, μπορούν να αντιμετωπιστούν καλύτερα με τον έλεγχο του βήματος της προπέλας παρά με μείωση ή αύξηση του καυσίμου στη μηχανή για προσαρμογή της ταχύτητας. Η ώρα που χρειάζεται για να περιστραφεί ο άξονας (με ότι αυτό συνεπάγεται δηλαδή την ταχύτητα λειτουργίας της μηχανής, του άξονα και της προπέλας) από το ένα επίπεδο ταχύτητας σε άλλο μετράται σε μερικά δευτερόλεπτα. Σε πλοία που χρειάζονται μεγάλη ποσότητα ενέργειας, η προπέλα μεταβλητού βήματος χρησιμοποιείται για να αντισταθμίσει τις συχνές και γρήγορες αλλαγές φορτίου.

Συστήματα ελέγχου μηχανής-έλικας μεταβλητού βήματος

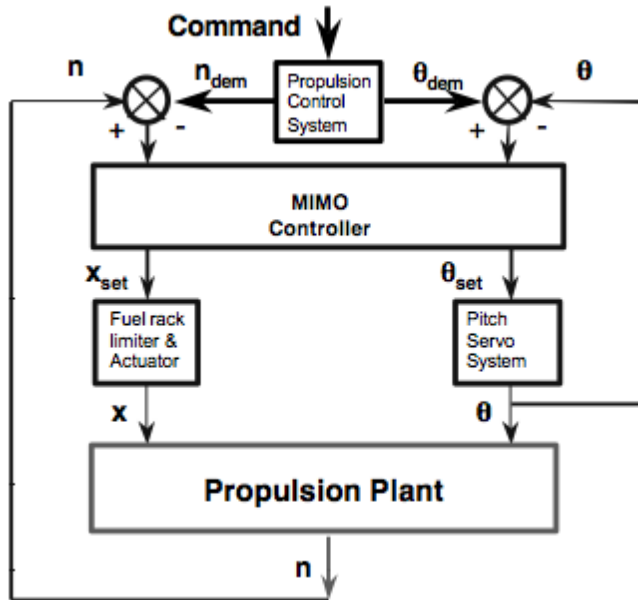


Σχήμα 5.4 Σύστημα ελέγχου μηχανής-έλικας μεταβλητού βήματος χωρίς έλεγχο



Σχήμα 5.5 Σύστημα ελέγχου μηχανής-έλικας μεταβλητού βήματος με έλεγχο, χρησιμοποιώντας ελεγκτή καυσίμου

γ) Πολυμετάβλητος ελεγκτής



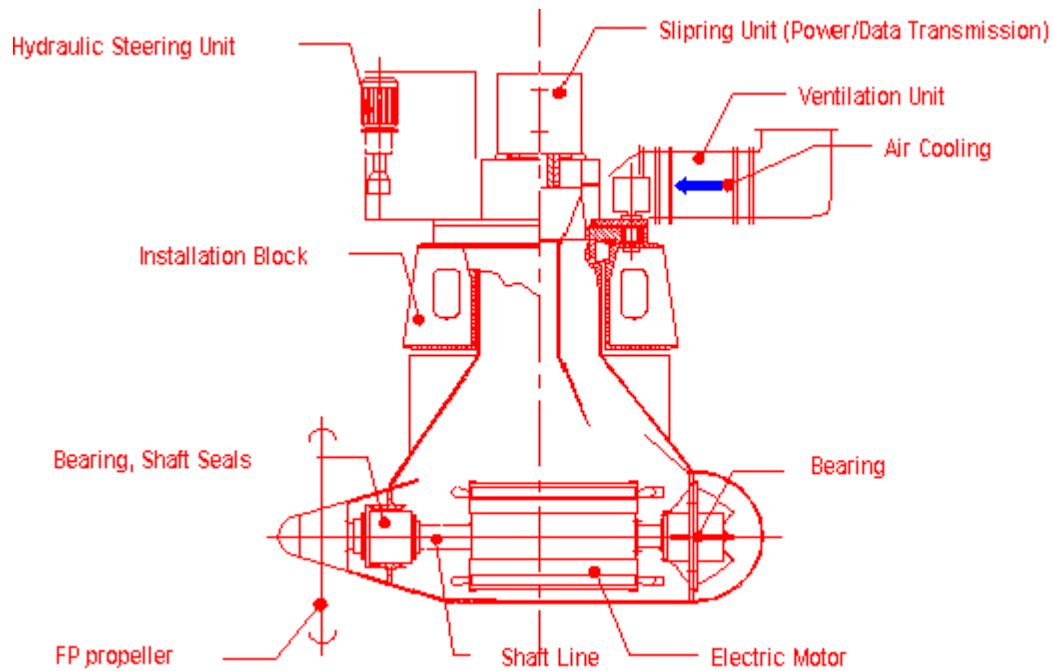
Σχήμα 5.6 Σύστημα ελέγχου μηχανής-έλικας μεταβλητού βήματος με έλεγχο, χρησιμοποιώντας ελεγκτή καυσίμου, αλλά και ελεγκτή του βήματος της προπέλας

5.3 ΤΟ ΑΖΙΜΟΥΘΙΑΚΟ ΠΡΩΨΤΗΡΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ (POD)



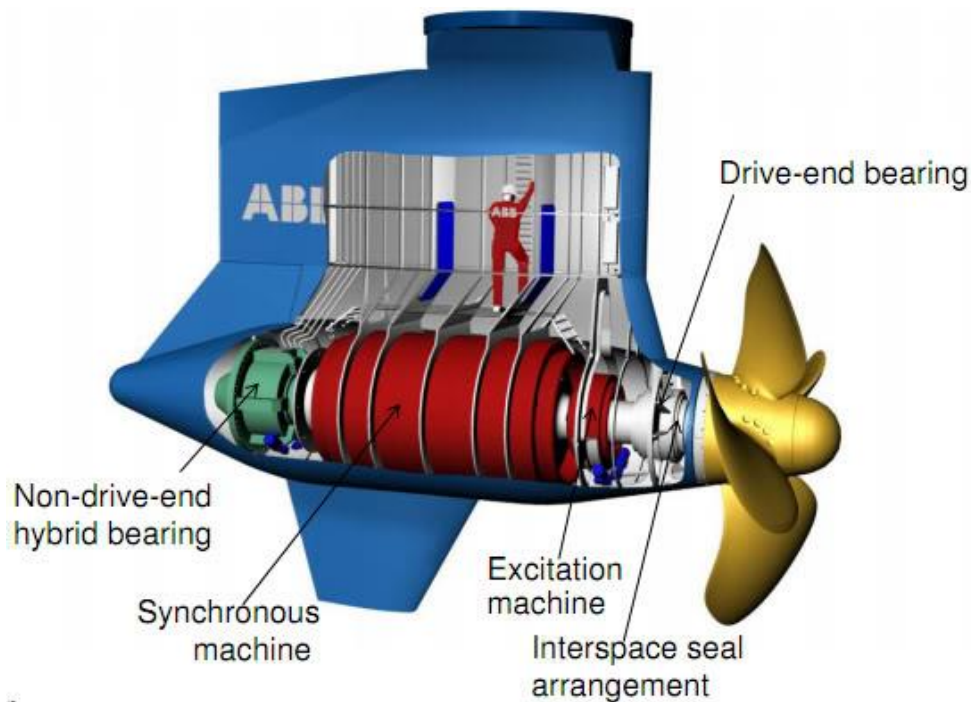
Αξίζει να αναφέρουμε και το αζιμουθιακό προωστήριο σύστημα, το λεγόμενο azipod που έχει αναπτυχθεί τα τελευταία χρόνια και βρίσκει μεγάλη εφαρμογή στα νεόκτιστα πλοία μεγάλης χωρητικότητας και πολλών χιλιάδων τόνων, κυρίως κρουαζιερόπλοια.

Την τελευταία δεκαετία και παράλληλα με την εισαγωγή της ηλεκτρικής πρόωσης εμφανίστηκε μία εναλλακτική λύση για το προωστήριο σύστημα που έχει πολλαπλά πλεονεκτήματα. Πιο συγκεκριμένα, το σύστημα ηλεκτρικού κινητήρα και έλικας είναι μία ενιαία μονάδα, εμβαπτισμένη στο νερό στο πρυμναίο μέρος του πλοίου, όπως στις εξωλέμβιες. Το σύστημα μπορεί να φέρει μία ή δύο έλικες και έχει τη δυνατότητα να στρέφεται σχεδόν κατά 360° κατά την αζιμουθιακή διεύθυνση (από όπου προέρχεται και το όνομά του), δηλ. στο οριζόντιο επίπεδο, αυξάνοντας σε μεγάλο βαθμό τις δυνατότητες ελιγμών του πλοίου, ενώ αφενός πρακτικά εκμηδενίζεται το αξονικό σύστημα και αφετέρου δεν υφίσταται μηχανισμός πηδαλίου.



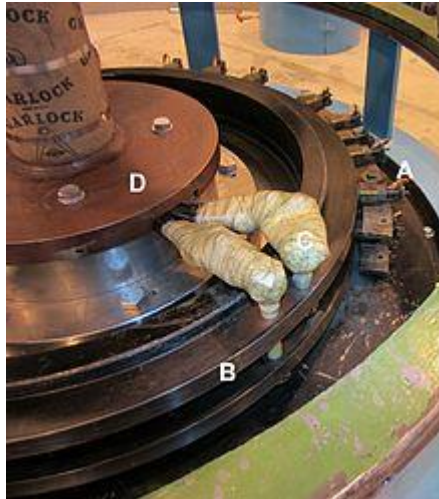
Σχήμα 5.7 Εικόνα με τα κύρια μέρη από τα οποία αποτελείται το αζιμουθιακό σύστημα προώσεως

Σε αυτή τη κατηγορία προώσεως για να μεταδοθεί κίνηση στην προπέλα δεν χρησιμοποιείται άξονας που να διαπερνάει όλο το hull. Δηλαδή μέχρι πριν γνωρίζαμε ότι έχουμε μία κύρια μηχανή εσωτερικής καύσης η οποία μετατρέπει την παλινδρομική κίνηση του εμβόλου σε περιστροφική με αποτέλεσμα να περιστρέφεται ένας άξονας, και έτσι να περιστρέφεται και η προπέλα δίνοντας κίνηση στο πλοίο. Σε αυτό το σύστημα ηλεκτροπρόωσης παράγεται ενέργεια από μηχανές εσωτερικής καύσης η οποία αποθηκεύεται και δίνει ενέργεια σε ένα ηλεκτρικό κινητήρα (μοτέρ) το οποίο βρίσκεται και αυτό έξω από το σκαρί του πλοίου(hull) κάτω από το νερό.



Σχήμα 5.8 Εικόνα από σταθερό αζιμουθιακό σύστημα

Η ηλεκτρική ενέργεια για τον κινητήρα του αζιpod μεταβιβάζεται διαμέσου δακτυλίων (slip rings) που επιτρέπουν στο αζιpod να περιστρέφεται 360 μοίρες. Επειδή στα αζιpods χρησιμοποιούνται προπέλες σταθερού βήματος, ενέργεια για ένα τέτοιο σύστημα τροφοδοτείται πάντα μέσω ενός οδηγού μεταβλητής συχνότητας που επιτρέπει έλεγχο της διεύθυνσης και της ταχύτητας. Οι δακτύλιοι (slip rings) είναι ηλεκτρομηχανικές συσκευές που επιτρέπουν τη μετάδοση της ενέργειας και των ηλεκτρικών σημάτων από σταθερό σε περιστρεφόμενο. Μπορεί να βελτιώσει τη μηχανική απόδοση, απλοποιώντας την λειτουργία του συστήματος και να εξαλείψει πιθανές ζημιές σε καλώδια. Οι δακτύλιοι (slip rings) είναι μία συσκευή ηλεκτρικής μεταβίβασης που επιτρέπει στην ενέργεια να περάσει ανάμεσα από δύο ηλεκτρικά περιστρεφόμενα μέρη, όπως στο μοτέρ.



Σχήμα 5.9 Εικόνα ενός δακτυλίου (slip ring) που επιτρέπει τη μετάδοση της ενέργειας και των ηλεκτρικών σημάτων από σταθερό σε περιστρεφόμενο.



Σχήμα 5.10 Εικόνα από το εσωτερικό του συστήματος

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ – ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΗΛΕΚΤΡΟΠΡΩΩΣΗΣ

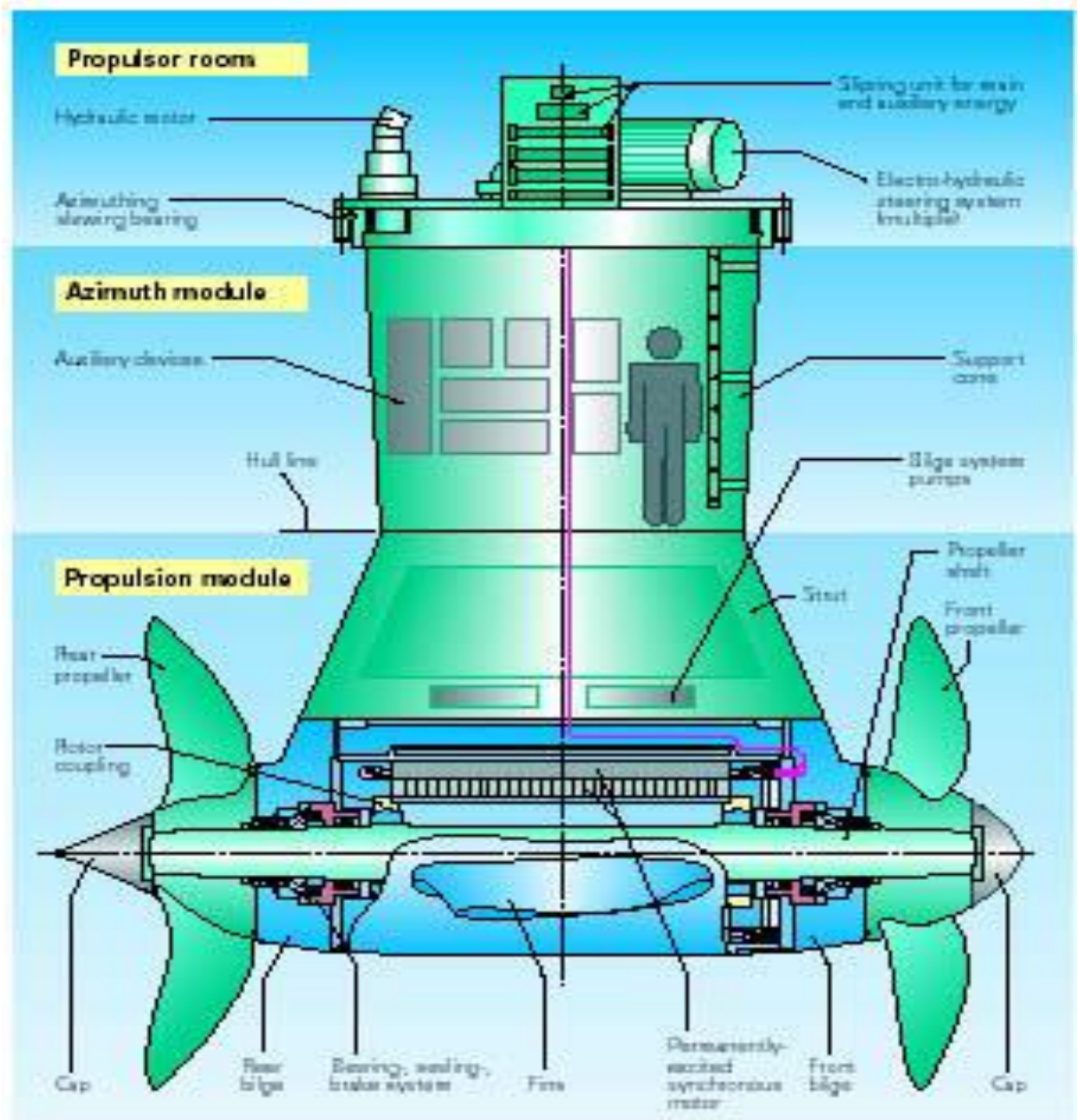
Τα κυριότερα πλεονεκτήματα της ηλεκτρικής πρόωσης, στα οποία οφείλεται και η διάδοσή της στις εφαρμογές που προαναφέρθηκαν, είναι τα ακόλουθα:

- Συνεχής μεταβολή της ταχύτητας περιστροφής της έλικας και της ταχύτητας του πλοίου σε όλο το πεδίο 0- 100 %.
- Γρήγορη απόκριση κατά τη διάρκεια χειρισμών και δυναμικής τοποθέτησης του σκάφους.
- Χαμηλή στάθμη θορύβου και κραδασμών.
- Οικονομία καυσίμου, καθώς είναι δυνατή η επιλογή των μηχανών που θα λειτουργούν έτσι, ώστε η κάθε μία να λειτουργεί κοντά στο βέλτιστο σημείο.
- Ελευθερία στην τοποθέτηση των επιμέρους μηχανημάτων του ενεργειακού συστήματος, που προσφέρει ευελιξία στον σχεδιασμό του σκάφους και εξοικονόμηση ωφέλιμου χώρου.
- Πλήρης εκμετάλλευση της στρεπτικής ροπής σε όλο το πεδίο λειτουργίας.
- Ευκολία αυτοματισμού.
- Περιορισμός των εκπεμπομένων ρύπων διότι:
 - A) η κατανάλωση καυσίμου είναι μικρότερη, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως,
 - B) ιδιαίτερα οι εκπομπές NO_x είναι αισθητά χαμηλότερες όταν, π.χ., ένας μεσόστροφος κινητήρας Diesel λειτουργεί με σταθερές στροφές, όπως συμβαίνει στα νέα συστήματα ηλεκτρικής πρόωσης.
- Περιορισμός του κινδύνου ρύπανσης του περιβάλλοντος από ατυχήματα όπως αυτά των δεξαμενοπλοίων, χάρη στην ταχύτερη απόκριση του συστήματος κατά τους χειρισμούς και τη δυναμική τοποθέτηση του σκάφους.

Μειονεκτήματα της ηλεκτρικής πρόωσης είναι τα εξής:

- Υψηλό κόστος επένδυσης. Αυτό γίνεται η προσπάθεια να μειωθεί κατά το δυνατόν, αξιοποιώντας την υπάρχουσα τεχνολογία των ηπειρωτικών ηλεκτρικών δικτύων (Commercial Off The Shelf – COTS), ωστόσο το υψηλό κόστος των κινητήρων και των διατάξεων ελέγχου τους δεν δείχνει να υπερκερνάται εύκολα.

- Υψηλότερες απώλειες στο σύστημα μετάδοσης της κίνησης, σε σύγκριση με το μηχανικό σύστημα. Π.χ., σε συμβατικό σύστημα κινητήρα Diesel - έλικα ρυθμιζόμενου βήματος, οι απώλειες του συστήματος μετάδοσης είναι περίπου 4%: 2% στην έλικα και 2% στον μειωτήρα, όταν η έλικα λειτουργεί στον βέλτιστο συνδυασμό ταχύτητας/βήματος. Σε εγκατάσταση νηζελο-ηλεκτρικής πρόωσης, το σύστημα μετάδοσης προκαλεί απώλειες 7 - 8%: 3% στις γεννήτριες, 2% στους μετασχηματιστές και μετατροπείς συχνότητας και 2 - 3% στους προωστήριους ηλεκτροκινητήρες. Επομένως, ο ολικός βαθμός απόδοσης είναι υψηλότερος στο σύστημα ηλεκτρικής πρόωσης μόνον όταν κάθε μηχανή λειτουργεί σε σταθερή ταχύτητα περιστροφής και επί μεγάλα χρονικά διαστήματα στη βέλτιστη περιοχή.
- Ένα πρόβλημα που προκύπτει από την εκτεταμένη χρησιμοποίηση των διατάξεων ηλεκτρονικών ισχύος είναι ότι εμφανίζονται προβλήματα ποιότητας ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς πέραν των χρήσιμων συχνοτήτων αναπτύσσεται και μεγάλο πλήθος αρμονικών συνιστωσών ρεύματος και τάσεως. Οι αρμονικές αυτές αφενός προσαυξάνουν τη συνολική κυκλοφορούσα άεργο ισχύ στο ηλεκτρικό δίκτυο αλλά επιπλέον δημιουργούν προβλήματα ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας.



Σχήμα 5.11 Απεικόνιση των τμημάτων από τα οποία αποτελείται το αζιμουθιακό προωστήριο σύστημα



Σχήμα 5.12 Φωτογραφία των χειριστηρίων του αζιμουθιακού συστήματος από τη γέφυρα του πλοίου

Το συμπέρασμα που βγάζουμε λοιπόν είναι ότι η ηλεκτροπρόωση αποτελεί μία αρκετά δελεαστική επιλογή για τα πλοία που συνεχώς κερδίζει έδαφος τα τελευταία χρόνια μεταξύ των άλλων λόγω και της γενικά εντατικής εξέλιξης όλων των ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συστημάτων και κυρίως στον τομέα των διατάξεων ελέγχου των ηλεκτρικών κινητήρων και των ηλεκτρονικών ισχύος. Η έρευνα κατά την τρέχουσα περίοδο επικεντρώνεται στη μείωση του αρχικού κόστους επένδυσης αλλά και στην αύξηση των επιδόσεων του συνολικού συνδυασμού των διατάξεων που αξιοποιούνται από συστήματα ηλεκτροπρόωσης.

6. ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΠΟ ΑΠΟΣΤΑΣΗ



Με τη χρησιμοποίηση συστημάτων παρακολούθησεως 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.).



Σχήμα 6.1 Εικόνα από τους πίνακες ελέγχου που βρίσκονται στο δωμάτιο ελέγχου του πλοίου

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.

6.1 ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ

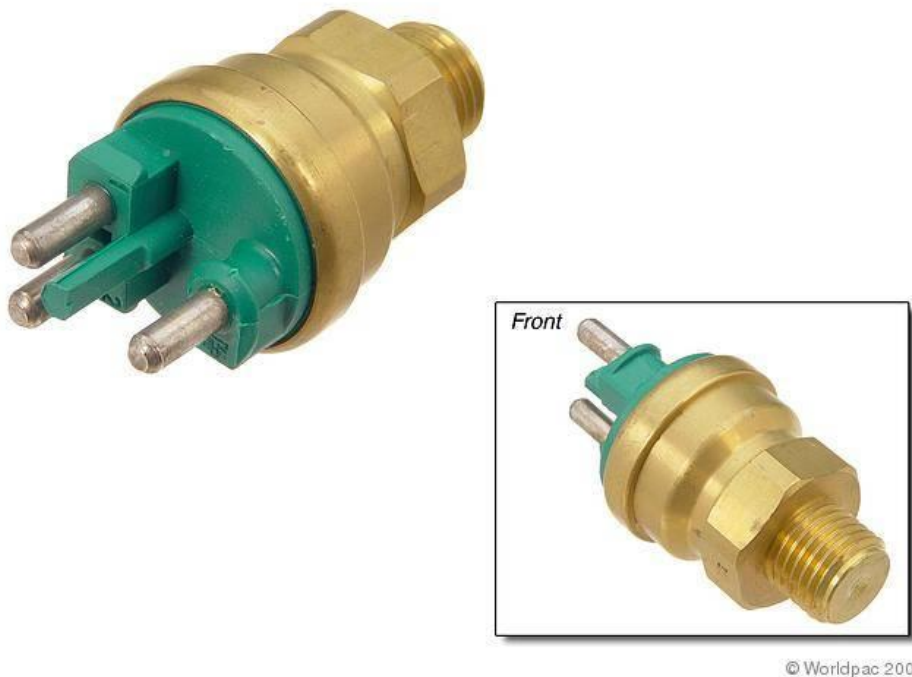
Όλοι αυτοί οι αυτοματισμοί δεν θα μπορούσαν να επιτευχθούν χωρίς την χρησιμοποίηση διαφόρων αισθητηρίων είτε μηχανικών είτε ηλεκτρονικών. Οι αισθητήρες ή αισθητήρια στοιχεία (sensors) είναι συσκευές ή διατάξεις οι οποίες έχουν ενσωματωθεί επάνω στη μηχανή για την ανίχνευση, την καταγραφή, τη μέτρηση και τη μεταφορά στη μονάδα επεξεργασίας δεδομένων όλων των πληροφοριών που έχουν σχέση με την κατάσταση λειτουργίας του ελεγχόμενου συστήματος.

6.1.1. 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.

6.1.2. Αισθητήρες για την μέτρηση της θερμοκρασίας



Σχήμα 6.2 Φωτογραφία αισθητήρα θερμοκρασίας μηχανής



Σχήμα 6.3 Φωτογραφία από αισθητήρα θερμοκρασίας θαλασσινού νερού



Σχήμα 6.4 Φωτογραφία αισθητήρα θερμοκρασίας πετρελαίου

Οι θερμικοί 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 θερμικοί αισθητήρες ταξινομούνται ως αισθητήρες επαφής, στους οποίους το στοιχείο ανίχνευσης αγγίζει με φυσικό τρόπο την πηγή θερμότητας, τότε το θερμικό σήμα μεταδίδεται από τη θερμική 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 θερμικοί αισθητήρες είναι διαμόρφωσης παρά αυτοδιεγειρόμενοι. 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 θερμικού θορύβου. Η πλειονότητα των θερμοαγώγιμων 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 θερμόμετρα.

Υπάρχουν πολλά διαφορετικά είδη θερμομέτρων. Τα κύρια είδη είναι αυτά που μετρούν την θερμοκρασία στηριζόμενα:

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.

6.1.3. 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.

6.1.4. Αισθητήρες μετακίνησης βασιζόμενοι στην μεταβολή του μαγνητικού Πεδίου

Οι μαγνητικοί αισθητήρες μετακίνησης βασίζονται στη μεταβολή του μαγνητικού πεδίου γύρω από τον αισθητήρα, όταν υφίσταται μετακίνηση το στέρεο σώμα που θέλουμε να ανιχνεύσουμε την μετακίνηση του. Επομένως στο στέρεο σώμα που μετακινείται πρέπει να βρίσκεται συνδεδεμένος ένας μόνιμος μαγνήτης. Στην αντίθετη περίπτωση η επαφή είναι ανοιχτή.

6.1.5. Αισθητήρες βασιζόμενοι σε οπτικά φαινόμενα

Γενικά οι οπτικοί αισθητήρες αποτελούνται από μια πηγή φωτός και ένα ανιχνευτή. Οι πηγές φωτός είναι συχνά δίοδοι Φώτο εκπομπής (LED) ,και οι ανιχνευτές είναι Φώτο τρανζίστορ πυριτίου (είναι μια ημιαγωγική διάταξη της οποίας οι ιδιότητες αλλάζουν όταν δεν υπάρχει φως).Χρησιμοποιείται συνήθως οπτικό ή υπέρυθρο φως. Η χρησιμοποίηση

οπτικού φωτός, καθιστά εύκολη την εγκατάσταση και συντήρηση, αλλά το υπέρυθρο φως πάσχει λιγότερο από το φαινόμενο της συμβολής που μπορεί να προκληθεί από άλλες γειτονικές πηγές φωτός. Η πηγή εκπέμπει ορατό κόκκινο υπέρυθρο φως το οποίο ανακλάται από κάθε αντικείμενο που πλησιάζει τον αισθητήρα. Το ανακλώμενο φως ανιχνεύεται από τα Φώτο τρανζίστορ. Μια οπτική μέθοδος είναι αυτή της διαπερατότητας, στην οποία η πηγή φωτός και ο ανιχνευτής βρίσκονται απέναντι ο ένας από τον άλλο. Στους αισθητήρες διαπερατότητας φωτεινή δέσμη διακόπτεται και έτσι δεν προσπίπτει φως στον ανιχνευτή οπότε διαπιστώνεται και η ύπαρξη κάποιου αντικείμενου.

Μια άλλη μέθοδος είναι αυτή του αισθητήρα ανακλώμενης οπτικής στον οποίο η πηγή φωτός και ο ανιχνευτής στερεώνονται δίπλα- δίπλα.

Η ελάχιστη απόσταση προσέγγισης στην οποία μπορεί να λειτουργήσει ο αισθητήρας εξαρτάται από την ισχύ της εκπεμπόμενης φωτεινής δέσμης δηλαδή την ισχύ του LED στην προκειμένη περίπτωση, την ευαισθησία του φωτοτρανζίστορ και την φύση του αντικειμένου που αντανακλά. Οι οπτικές ίνες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να εφαρμοστεί η τεχνική σε σημεία όπου είναι αδύνατη η προσέγγιση άλλων αισθητήρων και η εφαρμογή άλλων μεθόδων μέτρησης.

Γενικά οι οπτικοί αισθητήρες βρίσκουν εφαρμογή σε συστήματα συναγερμού και ειδικά στον έλεγχο ανίχνευσης εκρηκτικών αναθυμιάσεων στο στροφαλοθάλαμο μηχανών εσωτερικής καύσης. Γενικά οι αισθητήρες μετακίνησης βασιζόμενοι σε οπτικά φαινόμενα, χρησιμοποιούν

πηγή φωτός και συνδυάζουν την μετακίνηση ως αλλαγή της πορείας δέσμης φωτός που πέφτει στον φωτοανιχνευτή κατηγορία αυτή ανήκουν και οι ψηφιακοί αισθητήρες μετακίνησης.

Μέρη του μηχανοστασίου που παρακολουθούνται μέσω των αισθητήρων και των ενδείξεων τους από τη καρδιά του караβιού το δωμάτιο της μηχανής(engine control room) και από τον αξιωματικό ασφαλείας είναι:

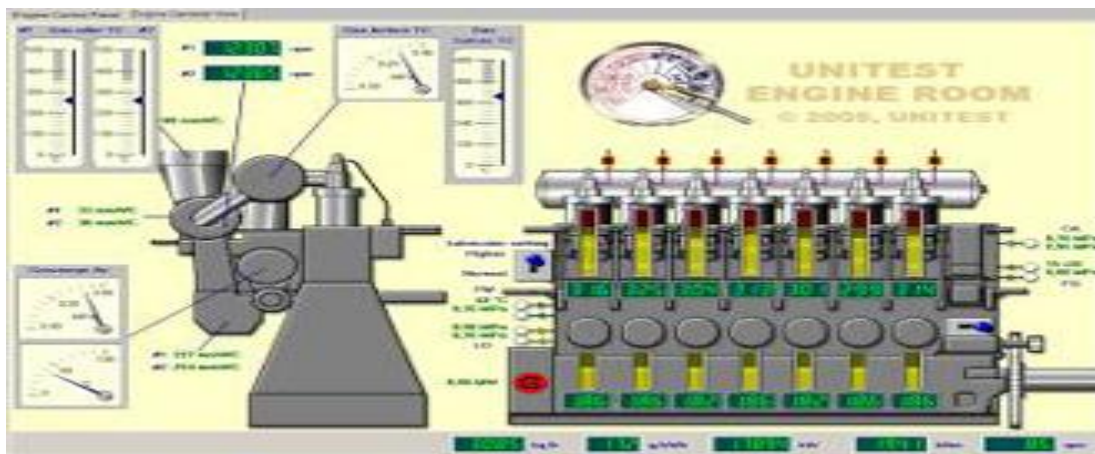
- 1) Συναγερμοί.
- 2) Παρακολούθηση κύριας μηχανής.
- 3) Παρακολούθηση ηλεκτρομηχανών.
- 4) Παρακολούθηση βοηθητικού λέβητα και λέβητα καυσαερίων.
- 5) Ανίχνευση καπνού ή πυρκαγιάς.
- 6) Μείωση στροφών και αυτόματη κράτηση κύριας μηχανής.
- 7) Διατάξεις ασφαλείας κύριας μηχανής και ηλεκτρομηχανών.
- 8) Αυτόματο σβήσιμο βοηθητικού λέβητα.
- 9) Αυτόματη κράτηση ηλεκτρομηχανών.
- 10) Αυτόματη κράτηση βοηθητικών μηχανημάτων.

- 11) Καταγραφή μετρήσεων, παραγγελμάτων και συμβάντων.
- 12) Τηλεχειρισμός και έλεγχος κινήσεων κύριας μηχανής από γέφυρα και
- 13) δωμάτιο ελέγχου.
- 14) Έλεγχος ταχύτητας πλοίου.

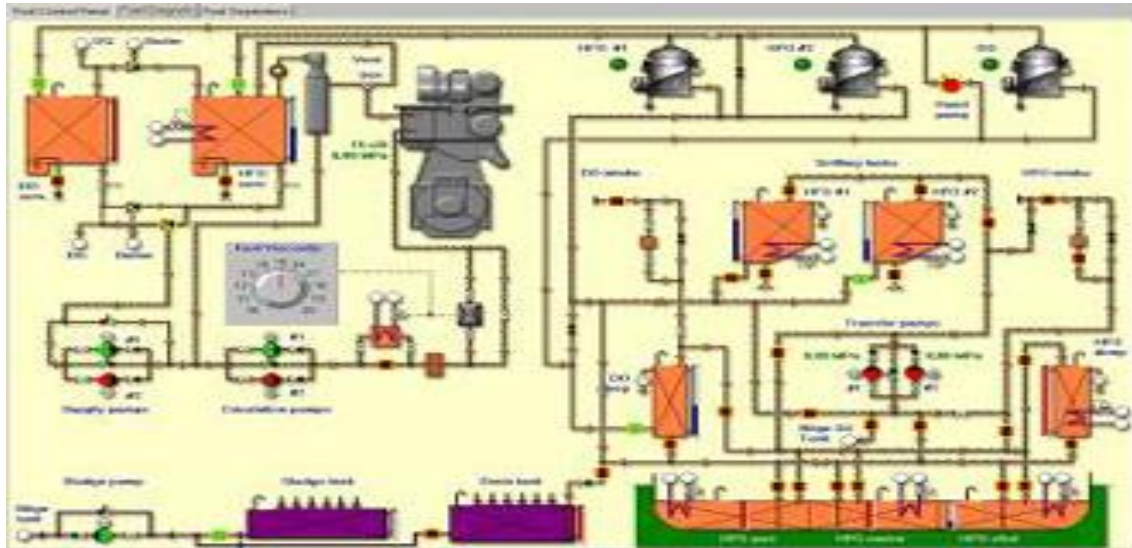
Σε αυτές τις φωτογραφίες θα προσπαθήσω να σας δώσω να καταλάβετε πως γίνεται ο έλεγχος και η επίβλεψη της μηχανής από τον αξιωματικό μηχανής(alarming και monitoring). Το δωμάτιο ελέγχου της μηχανής (engine control room) είναι συνήθως πάνω από το μηχανοστάσιο και είναι η καρδιά του πλοίου. Πάντα υπάρχει ένα άτομο εκεί που επιβλέπει τις ενδείξεις στους υπολογιστές που έρχονται από τα διάφορα μέρη του μηχανοστασίου, αλλά και από όλο το πλοίο μέσω των αισθητήρων. Φυσικά και ότι άλλη δουλειά πρέπει να γίνει περνάει από εκεί. Για παράδειγμα το πλοίο έχει απέραντα δίκτυα και χιλιάδες μέτρα από σωλήνες που μεταφέρουν πετρέλαιο, λάδι, νερό, ατμό, νερά αποχέτευσης και πολλά άλλα. Όπως επίσης και πολλές δεξαμενές αποθήκευσης. Όλα αυτά δεν γίνονται πλέον χειροκίνητα μετακινώντας βαλβίδες, αλλά με το πάτημα ενός κουμπιού από το δωμάτιο ελέγχου. Με τη βοήθεια των παρακάτω φωτογραφιών οι οποίες είναι φωτογραφίες από εξομοιωτή και όχι σε κανονικές συνθήκες για λόγους εκπαίδευσης ελπίζω να μπορέσω να σας εξηγήσω την επίβλεψη όλου του πλοίου.



Σχήμα 6.5 Φωτογραφία δωματίου ελέγχου ενός πλοίου(engine control room)



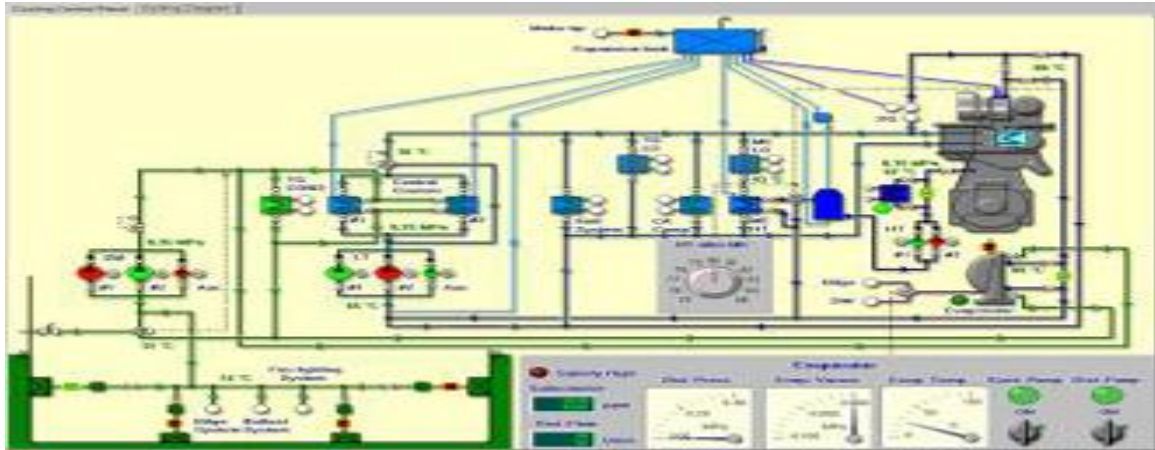
Σχήμα 6.6 Φωτογραφία από εξομοιωτή Κύριας μηχανής



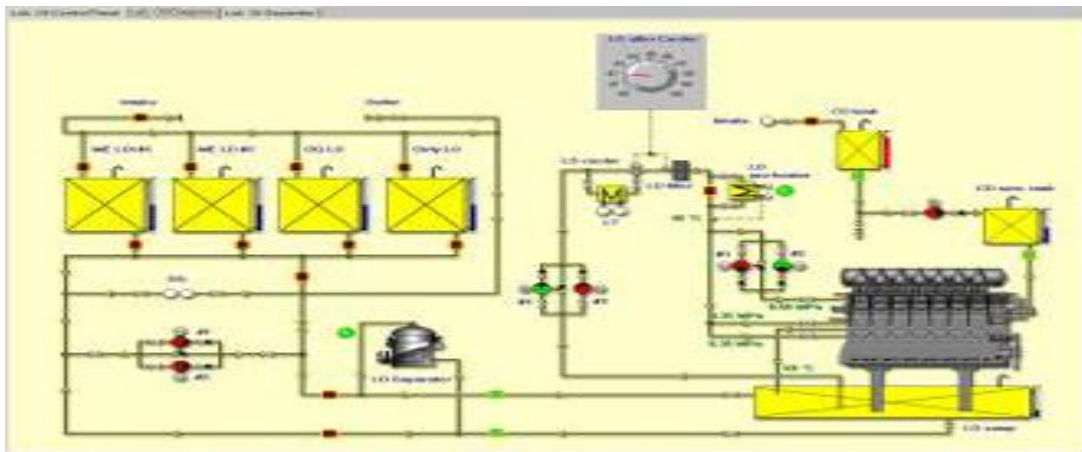
Σχήμα 6.7 Φωτογραφία από εξομοιωτή ενός Δικτύου πετρελαίου



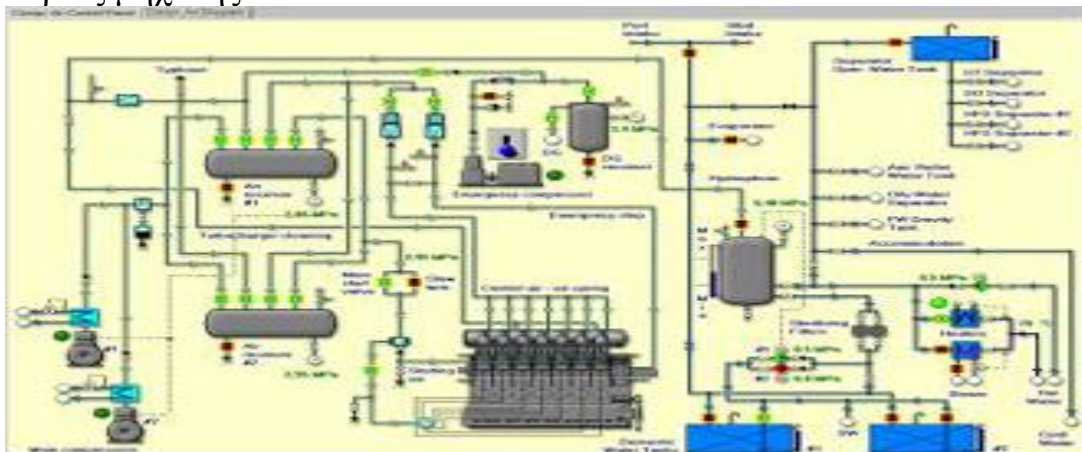
Σχήμα 6.8 Φωτογραφία από εξομοιωτή των Διαχωριστών πετρελαίου



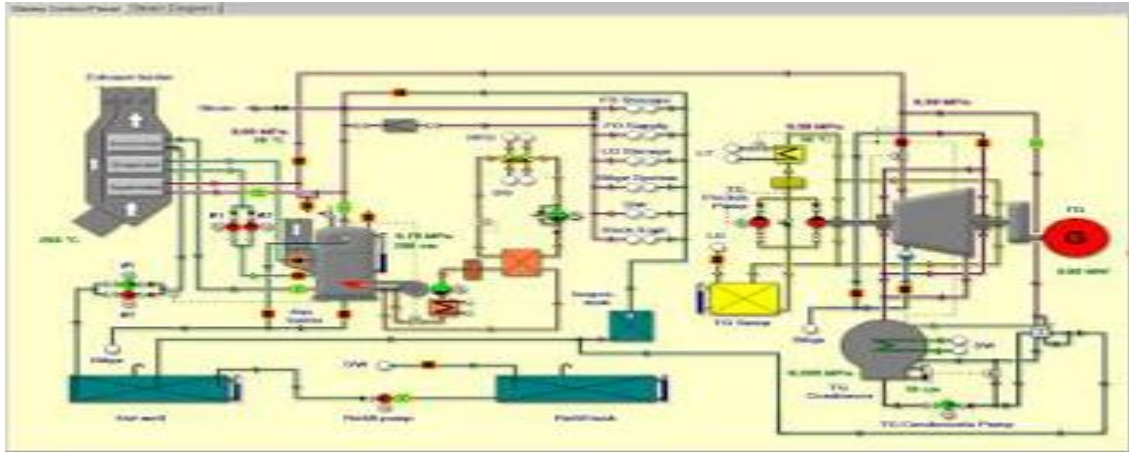
Σχήμα 6.9 Φωτογραφία από εξομοιωτή του Δικτύου ψύξης της κύριας μηχανής



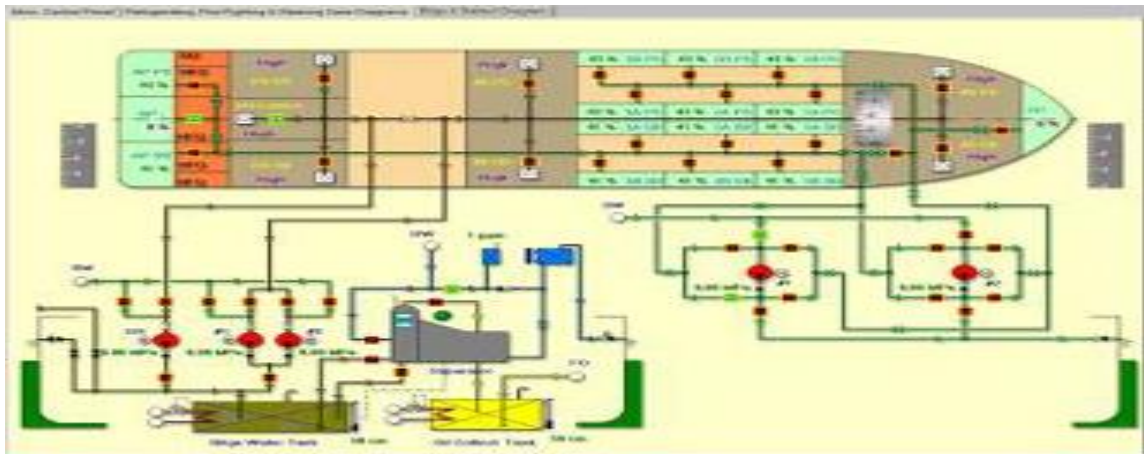
Σχήμα 6.10 Φωτογραφία από εξομοιωτή του Δικτύου λίπανσης της κύριας μηχανής



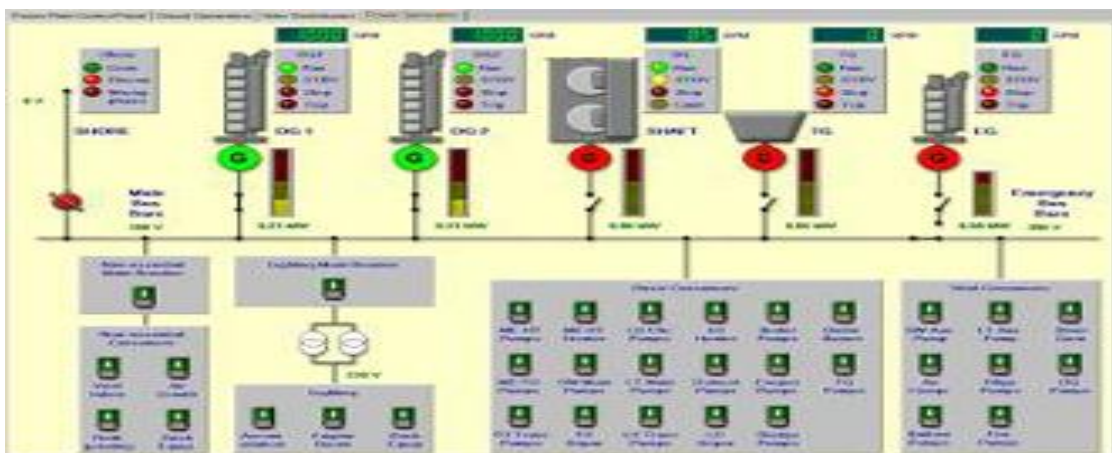
Σχήμα 6.11 Φωτογραφία από εξομοιωτή του Δικτύου πεπιεσμένου αέρα



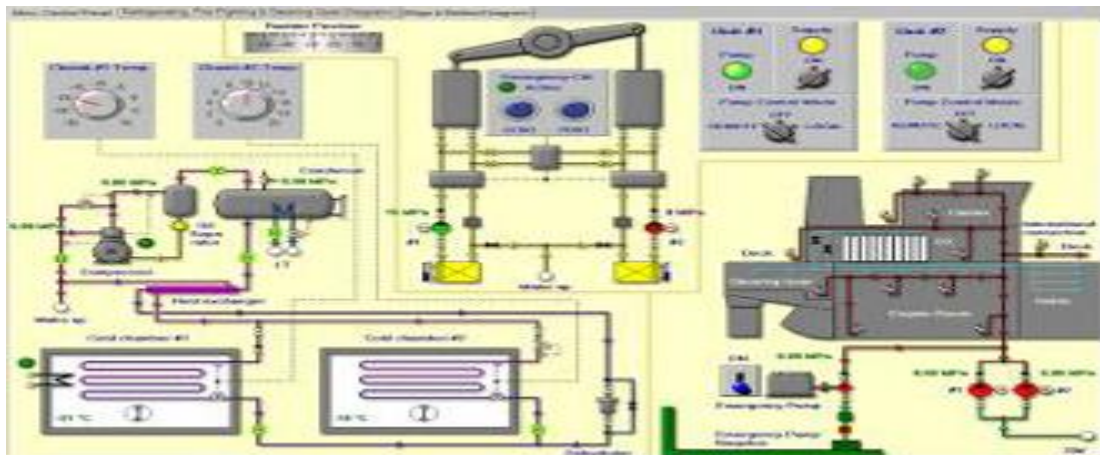
Σχήμα 6.12 Φωτογραφία από εξομοιωτή του Δικτύου ατμού



Σχήμα 6.13 Φωτογραφία από εξομοιωτή του Δικτύου ισορροπίας (νερού και έρματος)



Σχήμα 6.14 Φωτογραφία από εξομοιωτή του Σταθμού παραγωγής ενέργειας



Σχήμα 6.15 Φωτογραφία από εξομοιωτή του συστήματος διεύθυνσης, και του συστήματος πυρόσβεσης

7.ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΑ

Φυσικά ένα πλοίο διαθέτει εκατοντάδες μηχανισμούς και αυτοματισμούς που εξυπηρετούν, είτε την λειτουργία του σκάφους είτε την ασφάλεια του. Αξίζει να κάνουμε μία αναφορά ονομαστικά στους περισσότερους για να καταλάβουμε ακόμα καλύτερα την λειτουργία του σκάφους καθώς και την διαχείριση του.

7.1Βοηθητικά Μηχανήματα προώσεως

Τα βοηθητικά μηχανήματα προώσεως είναι :

- 1) Ηλεκτρογεννήτριες.
- 2) Αντλία παροχής ή τροφοδοτήσεως πετρελαίου.
- 3) Αντλία λαδιού λιπάνσεως.
- 4) Ψυγεία λαδιού.
- 5) Φιλτροδιαχωριστές νερού/ καυσίμου.
- 6) Φυγοκεντρικός καθαριστής λαδιού.
- 7) Αντλία ψύξεως κυλίνδρων και πωμάτων.
- 8) Ψυγείο νερού κύριας μηχανής.
- 9) Αντλία ψύξεως εμβόλων και κυρίας μηχανής.
- 10) Ψυγείο ψύξεως του ψυκτικού υγρού των εμβόλων.
- 11) Αντλία κυκλοφορίας.
- 12) Αεροσυμπιεστές.
- 13) Φιάλες πεπιεσμένου αέρα (αεριοφυλάκια)

Ο πεπιεσμένος αέρας χρησιμοποιείται ευρύτερα στα ποία σε πολλές και ποικίλες περιπτώσεις, οι κυριότερες από τις οποίες είναι:

- Εκκίνηση Μ.Ε.Κ.
- Λειτουργία αεροθαλάμων συμπλέκτη- αναστροφέα μικρών Ντηζελοκίνητων πλοίων.
- Τροφοδότηση λεβήτων που λειτουργούν με καύση υπό πίεση.
- Τροφοδότηση αεροστροβίλων.
- Καθαρισμός λήψεως θάλασσας που έχουν τυχόν αποφραχθεί.
- Σάρωση δίχρονων Μ.Ε.Κ.
- Υπερπλήρωση δίχρονων και τετράχρονων Μ.Ε.Κ.

- Λειτουργία αεροκίνητου μηχανισμού στρέψεως κυρίων μηχανών (κρίκος).
- Λειτουργία πέδης (φρένου) ελικοφόρων αξόνων.
- Πλήρωση πνευμόνων δικτύου υγιεινής, πόσιμου κ.λ.π.
- Πλήρωση αεροκωνωδών αντλιών.
- Εκδίωξη και αερισμός δικτύων υγρού φορτίου πετρελαιοφόρων.

7.2 Βοηθητικά Μηχανήματα χειρισμών

Τα βοηθητικά μηχανήματα χειρισμών είναι:

- 1) Μηχανήματα πηδαλιουχίσεως.
- 2) Πρωραία έλικα χειρισμών.(bow thruster)



Σχήμα 7.1 Φωτογραφία της πλώρης ενός πλοίου και της πρωραίας έλικας χειρισμών

Στο τμήμα της πρόρας κάτω από την ίσαλο γραμμή του πλοίου τοποθετείται εγκάρσιος στεγανός σωλήνας ,ο οποίος διαπερνά το πλοίο από τη μια στην άλλη πλευρά. Μέσα στον σωλήνα αυτόν περιστρέφεται η έλικα χειρισμών. Τα πτερύγια της έχουν μεταβλητή κλίση και μεταβλητό βήμα. Περιστρέφεται μέσω οδοντοτών τροχών από κατακόρυφο ηλεκτροκινητήρα ευρισκόμενο μέσα στο σκάφος.

3) Σταθερωτής (stabilizer)



Σχήμα 7.2 Φωτογραφία του stabilizer ενός πλοίου

- 4) Εργάτες και βαρούλκα προσδέσεως.
- 5) Βοηθητικά Μηχανήματα ασφαλείας.
- 6) Αντλία πυρκαγιάς.
- 7) Αντλία ραντισμού νερού κατασβέσεως της πυρκαϊάς.
- 8) Αντλία κύτους.
- 9) Αντλία κινδύνου εξαντλήσεως κυτών.
- 10) Μηχανήματα τηλεχειρισμού θυρών στεγανών φρακτών.

7.3 Βοηθητικά Μηχανήματα Βοηθητικών χρήσεων

- 1) Αντλία γενικής χρήσεως.
- 2) Αντλία υγιεινής.
- 3) Αντλία πόσιμου νερού.
- 4) Αντλία νερού «λάτρας».

- 5) Αντλία ανάγκης πόσιμου- λάτρας.
- 6) Μηχανήματα εξαντλήσεως βόθρων.
- 7) Αντλίες έρματος.
- 8) Αντλία μεταγγίσεως πετρελαίου.
- 9) Ψυκτική εγκατάσταση.
- 10) Εγκατάσταση κλιματισμού.
- 11) Εγκατάσταση αερισμού. Μηχανήματα καθαρισμού νερού κυτών.
- 12) Αντλία εξαερισμού δικτύου κύτους.

7.4 Δίκτυα Βοηθητικών εγκαταστάσεων

- 1) Δίκτυο κατασβέσεως της πυρκαγιάς.
- 2) Δίκτυο εξαντλήσεως κυτών και αντιμετώπισεως διαρροής, σωσίβια, διακλάδωση.
- 3) Δίκτυο υγιεινής.
- 4) Δίκτυο πόσιμου νερού.
- 5) Δίκτυο λάτρας.
- 6) Δίκτυο έρματος.
- 7) Δίκτυο παραλαβής και μεταγγίσεως πετρελαίου.
- 8) Δίκτυα της προωστήριας εγκατάστασης.
- 9) Δίκτυο καυσίμου μηχανής (πετρελαίου).
- 10) Δίκτυο ψύξεως
- 11) Δίκτυο λιπάνσεως
- 12) Δίκτυο αέρος εκκινήσεως μηχανής.

Θα αναλύσουμε κάποια βοηθητικά μηχανήματα που υπάρχουν στο μηχανοστάσιο ενός πλοίου , ξεκινώντας με τους φυγοκεντρικούς διαχωριστήρες και την πορεία που ακολουθεί το πετρέλαιο προτού καταλήξει στο κύλινδρο της μηχανής. Το δίκτυο πετρελαίου του σκάφους είναι αρκετά πολύπλοκο και αυτό οφείλεται στο ότι το καύσιμο όπως παραλαμβάνεται από την εγκατάσταση ξηράς ή από το πλοίο ανεφοδιασμού στο λιμάνι, δεν είναι κατάλληλο για την καύση στον κινητήρα χωρίς την κατάλληλη επεξεργασία. Το ιζώδες του είναι πολύ

υψηλό, και υπάρχουν ποσότητες νερού και ακαθαρσιών που πρέπει να απομακρυνθούν. Στο πλοίο ως καύσιμο χρησιμοποιείται μαζούτ(fuel) για την κύρια μηχανή και diesel για τις ηλεκτρογεννήτριες. Υπάρχουν δυο ξεχωριστά δίκτυα διανομής, ένα για κάθε καύσιμο.

Ο πρώτος σταθμός του πετρελαίου είναι οι δεξαμενές αποθήκευσης (Storage Tanks), είναι κωνικές και έχουν επαρκή όγκο για την θερμική διαστολή του καυσίμου. Όλες είναι εφοδιασμένες με συστήματα προθέρμανσης του καυσίμου με ατμό ή λάδι.

Ο επόμενος σταθμός του πετρελαίου είναι οι δεξαμενές καθιζήσεως (Settling Tank). Σε αυτές μεταφέρεται το πετρέλαιο από τις δεξαμενές αποθήκευσης. Ονομάζονται δεξαμενές καθιζήσεως γιατί εκεί παραμένει το καύσιμο για αρκετό χρόνο ώστε τα βαρύτερα συστατικά του να κατακαθίσουν στον πυθμένα όπου και απομακρύνονται με ειδική βαλβίδα. Μετά ακολουθούν οι Φυγοκεντρικοί διαχωριστήρες οι οποίοι είναι μηχανήματα που απομακρύνουν το νερό και τα ξένα σώματα από το καύσιμο. Η απαίτηση από τους νηογνώμονες είναι να υπάρχουν τουλάχιστον δυο φυγοκεντρικοί διαχωριστές που να μπορούν να συνδεθούν παράλληλα ή σε σειρά. Η ονομαστική ικανότητα κάθε διαχωριστήρα πρέπει να ικανοποιεί τουλάχιστον την κατανάλωση της κύριας μηχανής στην ονομαστική ισχύ λειτουργίας έχοντας ένα περιθώριο του 10%. Η απαίτηση αυτή υπάρχει για να μπορεί να γίνει καθαρισμός ή συντήρηση ή επιδιόρθωση του ενός διαχωριστήρα ενώ η κύρια μηχανή είναι σε λειτουργία. Πριν την εισαγωγή στους διαχωριστήρες το πετρέλαιο θερμαίνεται κοντά στο σημείο βρασμού του νερού ώστε να είναι ευκολότερος ο διαχωρισμός. Η θέρμανση γίνεται είτε με ατμό είτε με ηλεκτρική αντίσταση. Το diesel παρόλο που είναι πιο καθαρό καύσιμο από το μαζούτ θα περάσει από ξεχωριστό διαχωριστήρα ώστε να απομακρυνθούν όλες οι προσμίξεις που μπορεί να περιέχει. Ο ένας από τους διαχωριστήρες του βαρέος πετρελαίου συνήθως χρησιμοποιείται ως εφεδρικός του μοναδικού διαχωριστήρα του diesel.



Σχήμα 7.3 Φωτογραφία των φυγοκεντρικών διαχωριστήρων

Και τελευταίος σταθμός του πετρελαίου είναι η δεξαμενή ημερήσιας κατανάλωσης (Service Tanks). Αυτή η δεξαμενή είναι ο τελευταίος αποθηκευτικός χώρος καυσίμου πριν την εισαγωγή του στον κινητήρα. Το καύσιμο που προέρχεται από τον διαχωριστήρα βρίσκεται σε θερμοκρασία υψηλότερη του σημείου ανάφλεξης. Για αυτόν τον λόγο σε ορισμένα πλοία μετά τον καθαρισμό τοποθετείται ψυγείο καυσίμου. Στην συνέχεια θα περιγράψουμε το δίκτυο ψύξεως της μηχανής. Σε ένα δίκτυο ψύξεως σύγχρονης μηχανής, το δίκτυο είναι κλειστό με γλυκό νερό ψυχόμενο με θάλασσα. Η φυγοκεντρική αντλία νερού ψύξεως αναρροφά το γλυκό νερό από την δεξαμενή διαστολής γλυκού νερού (ψυγείο) το οποίο καταθλίβει μέσω του ψυγείου λαδιού στους κεντρικούς αγωγούς ψύξεως διανομής των δύο πλευρών της μηχανής και στην συνέχεια μέσω αγωγών διοχετεύεται για την ψύξη των χιτωνίων κυλίνδρων, των κυλινδροκεφάλων, την εξαγωγή καυσαερίων. Από τους κεντρικούς αγωγούς ψύξεως το νερό ψύξεως διοχετεύεται στον αγωγό νερού ψύξεως υπερπλήρωσης όπου καταθλίβεται στο ψυγείο, αέρας υπερπλήρωσης καθώς και στους υπερπληρωτές καυσαερίων (TURBO CHARGER). Η θερμοκρασία νερού ψύξεως ρυθμίζεται από τον

ρυθμιστή (θερμοστάτη) θερμοκρασίας. Η θάλασσα που αναρροφάται από την αντλία θάλασσας (BILGE) μέσω αγωγού ψύχει το γλυκό νερό του ψυγείου διαστολής και μέρος του θαλασσινού νερού ψύχει το λάδι του αναστροφέα καθώς και τα έδρανα (κουζινέτα) του στροφαλοφόρου άξονα. Επίσης ένα πολύ σημαντικό κομμάτι στην λειτουργία της μηχανής είναι η λίπανση της και ο τρόπος που αυτό επιτυγχάνεται. Η αντλία λαδιού (αναρροφήσεως) αναρροφά το λάδι μέσω φίλτρου από το στροφαλοθάλαμο (καρτέρ) και μέσω αντλίας λαδιού (πίεσεως) το καταθλίβει μέσω ψυγείου και φίλτρων λαδιού στο κεντρικό κανάλι (οχετό) διανομής. Η πίεση του δικτύου ρυθμίζεται από ρυθμιστική βαλβίδα (μεταβιβαστή λαδιού πίεσεως) καθώς και από διακόπτες ελέγχου πίεσεως και βαλβίδες τροφοδοσίας λαδιών. Η θερμοκρασία λαδιού ρυθμίζεται μέσω θερμοστάτη.

Από το κεντρικό κανάλι διανομής το λάδι στέλνεται μέσω εκχυτών λαδιού στα έδρανα της βάσεως και μέσα από ελαιαγωγούς που είναι ανοιγμένοι στο εσωτερικό του στροφαλοφόρου άξονα φτάνει στα κομβία των μπιελών. Στην συνέχεια περνώντας με πίεση μέσα από αγωγούς στο εσωτερικό των μπιελών εκτινάσσεται με δύναμη από εκχυτές. Στο εσωτερικό των εμβόλων παίρνει την θερμότητα και επιστρέφει στο καρτέρ και ακολουθείται εκ νέου αυτή η πορεία καθ' όλη την διάρκεια λειτουργίας της μηχανής. Από δευτερεύουσες λήψεις με βοηθητικούς αγωγούς διανομής από το κύριο κανάλι τροφοδοσίας λιπαίνονται τα αξονικά έδρανα και γρανάζια των εκκεντροφόρων καθώς και ένα κανάλι που λιπαίνει τα TURBO CHARGER (Υπερπληρωτή καυσαερίων). Με το δίκτυο λιπάνσεως επιδιώκεται η κυκλοφορία του λαδιού σε διάφορα σημεία της μηχανής για το περιορισμό τριβών και φθορών, ψύξη των διαφόρων εξαρτημάτων (εμβόλων, κομβίων κ.λ.π) καθώς επίσης και για τον καθαρισμό των διαφόρων επιφανειών από τα εξανθρακώματα και ρινίσματα των μετάλλων, τα οποία συμπαρασύρει το λάδι.

Στις Μ. Ε. Κ. χρησιμοποιούνται πολύ τα ψυγεία των διαφόρων ρευστών που σχετίζονται με τη λειτουργία τους. Αυτά είναι κατά κανόνα ψυγεία- ψυκτήρες (δεδομένου ότι μέσα σ' αυτά δεν γίνεται συμπύκνωση ατμών), τύπου επιφανειακής μεταδόσεως της θερμότητας, αυλωτά, κυψελωτά, ή με πλάκες. Στο ψυγείο νερού, πραγματοποιείται η ψύξη του νερού ψύξεως της μηχανής, το οποίο κυκλοφορείται από την αντλία σε κλειστό κύκλωμα. Το θαλασσινό νερό κυκλοφορεί μέσα στους αυλούς,

ενώ εξωτερικά από αυτούς σε πολλαπλές διαδρομές, λόγω των διαφραγμάτων κυκλοφορεί το ψυχόμενο γλυκό νερό. Το ψυγείο λαδιού χρησιμεύει για την ψύξη του λαδιού λιπάνσεως της μηχανής. Είναι τύπου αυλωτού ή κυψελωτού ή με επίπεδες ψυκτικές πλάκες και η ψύξη γίνεται με κυκλοφορία θαλασσινού νερού, που καταθλίβεται από την αντλία κυκλοφορίας θάλασσας και αφού πρώτα πραγματοποιήσει την ψύξη του νερού ψύξεως της μηχανής. Εφοδιάζεται όπως και το ψυγείο νερού με θερμοστατική βαλβίδα ελέγχου.

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1) Ι. Γ. Βλαχογιάννη, Δ. Α. Παπαχρήστου, Γ. Ε. Χαμηλοθώρη, Εισαγωγή στον Αυτόματο Έλεγχο Αυτοματισμοί Πλοίων, Αθήνα, 2009
- 2) Ι. Ιωαννίδης, Βοηθήματα μαθήματος 'Ειδικά συστήματα ελέγχου πλοίου'- Τηλεχειρισμός, Αυτοματισμός, Παρακολούθηση. 1990.

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ

- 1) www.wikipedia.org/
- 2) www.brighthouseengineering.com/marine-engines-machinery/42648-common-rail-system-of-fuel-injection/#
- 3) www.ideaa.gr/newspaper/ta/TA0028-NEWS-837.pdf
- 4) shipnew.pblogs.gr/fwto-mhhanostasia-ploiwn.html
- 5) www.utgjiu.ro/conf/8th/S5/03.pdf
- 6) www.abb.com/global
- 7) twentyfour7.studio.crasman.fi/pub/web/pdf/magazine+pdfs/ID0108-WWW-HQ.pdf
- 8) www.eugenfound.edu.gr/appdata/documents/books_pdf/e_j00034.pdf
- 9) www.eugenfound.edu.gr/appdata/documents/books_pdf/e_j00048.pdf
- 10) www.eugenfound.edu.gr/appdata/documents/books_pdf/e_j00048.pdf
- 11) www.unitest.pl/products_MED3Dh.html
- 12) [www.abb.com/global/scot/scot239.nsf/veritydisplay/069d188046a5ea23c1257774002f7199/\\$file/lv_ac_drives.pdf](http://www.abb.com/global/scot/scot239.nsf/veritydisplay/069d188046a5ea23c1257774002f7199/$file/lv_ac_drives.pdf)