

Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών

Τμήμα Αυτοματισμού



Πτυχιακή Εργασία

Θέμα: **Συστήματα Απομακρυσμένου Έλεγχου Πλοίων**



Επιβλέπων Καθηγητής : Μιχάλης Παπουτσιδάκης

Φοιτητής : Ράλλης Ιωάννης Α.Μ. : 37162

Αιγάλεω, Ιανουάριος 2014

## Περιεχόμενα

	Σελίδα
Πρόλογος.....	4

### 1<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ

<b>1. Ιστορικά.....</b>	<b>6</b>
1.1. Αυτοματοποίηση των Συστημάτων Διεύθυνσης.....	6
1.2. Αυτοματοποίηση Κατασκευής.....	7
1.3. Τηλεμετρία.....	7
1.4. Ολοκληρωμένα Συστήματα Αυτοματισμού Πλοίων.....	7

### 2<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ

#### 1. Συστήματα Πλοίων και Σ.Α.Ε

<b>1.1 Πρόωση.....</b>	<b>8</b>
1.1.1 Κύριες Μηχανές.....	9
1.1.2 Μειωτήρας.....	11
1.1.3 Αξονικό Σύστημα.....	12
<b>1.2 Ηλεκτρική Ισχύς.....</b>	<b>13</b>
1.2.1 Ηλεκτρομηχανές-Γεννήτριες 440V AC 50Hz.....	13
1.2.2 Διανομή ηλεκτρικής ισχύς 440V AC 50Hz Κεντρικοί Πίνακες, Υποπίνακες και Μετασχηματιστές.....	15
1.2.3 Μετατροπείς 24V DC / Μπαταρίες.....	16
1.2.4 Διανομή 24V DC.....	16
1.2.5 Μετατροπείς 110V AC.....	16
<b>1.3 Βοηθητικά Μηχανήματα.....</b>	<b>17</b>
1.3.1 Πηδάλια Πορείας.....	17
1.3.2 Σταθμιστήρες.....	18
1.3.3 Κλιματιστική Εγκατάσταση/Αερισμός.....	21
1.3.4 Βιολογικός Καθαρισμός Λυμάτων.....	22
1.3.5 Σύστημα Πόσιμου/Ζεστού Ύδατος.....	23

1.3.6	Σύστημα Πετρελαίου.....	24
1.3.7	Σύστημα Λαδιού.....	25
1.3.8	Σύστημα Αέρα.....	25
1.3.9	Σύστημα Αέρος Ελίκων.....	26
<b>1.4</b>	<b>Συστήματα Ελέγχου Βλαβών.....</b>	<b>27</b>
1.4.1	Σύστημα Πυρανίχνευσης.....	27
1.4.2	Σύστημα Δικτύου Πυρκαγιάς.....	28
1.4.3	Σύστημα Πυρόσβεσης με Κατάκλιση CO <sub>2</sub> .....	29
1.4.4	Σύστημα Ελέγχου Στεγανότητας.....	30
1.4.5	Σύστημα Ελέγχου Κυτών.....	30
1.4.6	Σύστημα Εξάντλησης Κυτών.....	30

### 3<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ

<b>1. Έλεγχος Πλοίου.....</b>	<b>31</b>
1.1 Κεντρικό Σύστημα Ελέγχου.....	31
1.2 Τοπικά Συστήματα Ελέγχου(I/O BOX).....	32
1.3 Σύστημα Ομαδοποιημένης Διαχείρισης Τοπικών Συστημάτων Ελέγχου.....	33
1.4 Σύστημα Κεντρικού Ελέγχου (Workstation).....	35
1.5 Περιβάλλον Οπτικής Απεικόνισης (Man Machine Interface).....	36

### 4<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ

<b>1. Αυτοματοποιημένα Συστήματα.....</b>	<b>39</b>
1.1 Συστήματα Αυτοματοποιημένης Ένδειξης Βλαβών.....	39
1.2 Παραδείγματα διαχωρισμένων συστημάτων απομακρυσμένου ελέγχου.....	41
1.3 Συστήματα Αυτοματοποιημένης Έκδοσης Ελεγχών Συντήρησης.....	42
<b>Βιβλιογραφία.....</b>	<b>45</b>

## Πρόλογος

### Πλοίο και Άνθρωπος

Το Πλοίο (αρχαία ελληνική: η ναυς, της νηός, πληθ.: αι νήες) είναι μια ειδική κατασκευή, ναυπήγημα, σχεδιασμένη για να κινείται με ασφάλεια στο νερό, (βλέπε[3]). Τα πλοία στον 21ο πρώτο αιώνα παίζουν καθοριστικό ρόλο στη ζωή του ανθρώπου καθώς και αποτελούν το σημαντικότερο μέσο εμπορίου, όσον αφορά τη μεταφορά αγαθών, αλλά και το μεγαλύτερο μαζικό μέσο αναψυχής. Επίσης η σημαντικότητα και αναγκαιότητα ύπαρξης τους σαν πολεμικές μηχανές είναι πρακτικά διαπιστωμένη σε οποιαδήποτε πολεμική συμπλοκή, αλλά και η περιβαλλοντική και ερευνητική τους χρήση αποδεικνύεται συνεχώς καίρια και απολύτως αναγκαία. Καταλαβαίνοντας λοιπόν την απαίτηση εξέλιξης και αναβάθμισης που προκρίπτει και φέρνει τα πλοία καθημερινά στην κορυφή των τεχνολογικών εξελίξεων σε όλα τα επίπεδα, κατανοούμε και τον έντονο ανταγωνισμό που λαμβάνει χώρα στους ωκεανούς του κόσμου. Και για να επιτευχθεί βιώσιμη ανταγωνιστικότητα, τα πλοία πρέπει να πληρούν τρεις βασικές προϋποθέσεις:

- Εξαιρετική αξιοπιστία και συμμόρφωση με τα αυστηρά πρότυπα ασφαλείας
- Χαμηλό κόστος λειτουργίας
- Συμμόρφωση με τους πιο αυστηρούς περιβαλλοντικούς κανονισμούς

### Συστήματα Αυτομάτου Ελέγχου (Σ.Α.Ε.)

Μπορούμε να ορίσουμε ως σύστημα αυτομάτου ελέγχου ένα γενικότερο σύστημα, αποτελούμενο από διάφορα μέρη συνδεδεμένα κατά τέτοιο τρόπο ώστε να συμπεριφέρονται αυτόματα κατά ένα επιθυμητό και προκαθορισμένο τρόπο. Τέτοια συστήματα συναντώνται σήμερα κατά κόρον σε οικιακές συσκευές (κλιματισμός, θερμοσίφωνα, ψυγείο, πλυντήριο ρούχων κ.α.), σε βιομηχανικές λειτουργίες (ρύθμιση πίεσης, θερμοκρασίας, υγρασίας, ροής ρευστών κ.α.), σε τηλεπικοινωνιακά συστήματα, και γενικότερα στην πλειοψηφία όλων των σύγχρονων εφαρμογών.

Ένας από τους κύριους σκοπούς της τεχνολογίας του αυτοματισμού είναι η κατά το δυνατόν μείωση της ανθρώπινης παρέμβασης στη λειτουργία των μηχανημάτων. Η μείωση αυτή έχει ως αποτέλεσμα τον περιορισμό εκτέλεσης χρονοβόρων, κοπιαστικών και επαναλαμβανόμενων δράσεων, ενώ παράλληλα διευκολύνει τον χειρισμό πολύπλοκότερων συστημάτων. Για να κατανοήσουμε την σημασία των συστημάτων αυτομάτου ελέγχου σε ότι αφορά την εφαρμογή τους σε σύγχρονα πλοία παραθέτουμε το κάτωθι παράδειγμα. Η υποδύναμη της προωστήριας εγκατάστασης ενός τυπικού πετρελαιοφόρου πλοίου (20,000 DWT) μέχρι τον δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο ήταν 3000 HP περίπου. Σε αντίθεση, σε σύγχρονα πετρελαιοφόρα, υποδυνάμεις της τάξεως των 50,000 HP θεωρούνται αναγκαίες λόγω της αυξήσεως του εκτοπίσματος (100,000 DWT) και της ταχύτητας. Παρά την έντονη

αύξηση της ιπποδύναμης και της πολυπλοκότητας των προωστήριων εγκαταστάσεων, η επάνδρωση των σημερινών μηχανοστασίων σε σύγκριση με των παλαιών, όχι μόνο δεν αυξήθηκε αλλά μειώθηκε. Ο κυριότερος λόγος για τον οποίο κατέστη δυνατή αυτή η μείωση, αποτέλεσε η αλματώδης τεχνολογική πρόοδος των συστημάτων αυτομάτου ελέγχου που είναι πλέον εγκατεστημένα στα σύγχρονα πλοία, παραδείγματος χάριν, ο μηχανικός φυλακής κατά τη διάρκεια άσκησης των καθηκόντων του, δεν είναι πλέον απαραίτητο να διασχίζει όλο το μηχανοστάσιο για τον χειρισμό μίας βαλβίδας (π.χ. πλήρωση με έρμα μίας δεξαμενής), η οποία μπορεί να βρίσκεται στην άλλη άκρη του μηχανοστασίου, ούτε για να λάβει τις απαραίτητες μετρήσεις (π.χ. πίεση, θερμοκρασία μέσου ψύξης κύριας μηχανής) για την επιβεβαίωση της σωστής λειτουργίας των μηχανημάτων.

Σήμερα θεωρούμε ότι ο αυτοματισμός και τα συστήματα αυτομάτου ελέγχου αποτελούν ένα από τα σημαντικότερα επιτεύγματα που πέτυχε ο άνθρωπος κατά την περίοδο μετάβασής του από την προβιομηχανική στη 4 βιομηχανική περίοδο (18ος και 19ος αιώνας). Συνεπώς, η σημασία των συστημάτων αυτομάτου ελέγχου, τόσο σε γενικότερες εφαρμογές της ανθρώπινης δραστηριότητας όσο και σε συγκεκριμένες, όπως στο τομέα της κατασκευής των σύγχρονων πλοίων, μπορεί εύκολα να γίνει αντιληπτή.

## 1<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ

### 1. Ιστορικά

Η προσπάθεια αυτοματοποίησης των πλοίων και τις διαδικασίας κατασκευής τους ξεκίνησε σαν ιδέα πριν απο τουλάχιστον δύο αιώνες. Αξιοσημείωτη προσπάθεια αυτοματοποίησης προ του 20<sup>ου</sup> αιώνα αποτελεί η αυτόματη κόρνα ομήγλης του Robert Foulis που λειτουργούσε όμως εξολοκλήρου με μηχανικά συστήματα. Προσπάθειες που περιελάμβαναν ηλεκτικά-ηλεκτρονικά στοιχεία αρχίζουν να εμφανίζονται με το πέρασ του 1910.

#### 1.1 Αυτοματοποίηση των Συστημάτων Διεύθυνσης,(βλέπε [1])

Στο συγκεκριμένο αντικείμενο από το 1922 οι Minorsky και Sperry είχαν αναφερθεί σε αυτόματες συσκευές διεύθυνσης για πλοία, σε μια εποχή που δεν υπήρχε σχεδόν καμία βάση ελέγχου στη θεωρία. Τα πρώτα συστήματα αυτομάτων πιλότων βασίζονταν καθαρά σε μηχανικές λειτουργίες που παρέχονταν μόνο μια πολύ απλή δράση του συστήματος διεύθυνσης: το πηδάλιο έπερνε εντολές ανάλογες με το λάθος που ετνοπίζονταν στην κατεύθυνση του πλοίου.Για να αποφευχθεί ταλαντωτική συμπεριφορά, έπρεπε να επιλεγεί ένα χαμηλό κέρδος ελεγκτή. Αυτό έκανε τον αυτόματο πιλότο χρήσιμο μόνο κατά τη διάρκεια της πορείαςκαι σε καταστάσεις όπου σχετικά λίγο ακρίβεια ήταν απαραίτητη. Με την εισαγωγή ενός αλγορίθμου PID βελτιώθηκε σημαντικά η δυναμικη απόδοση, και για μεγάλο χρονικό διάστημα όλοι οι κατασκευαστές αυτομάτων πιλότων βασίστηκαν σε αυτόν τον αλγόριθμο.

Η αντικατάσταση των αμιγώς μηχανικών συσκευών με ηλεκτρονικό εξοπλισμό έκανε την λειτουργία των αυτόματων πιλότων πιο ευέλικτη. Αυτοί οι αυτόματοι πιλότοι τύπου PID είναι δύσκολο να ρυθμίζονται χειροκίνητα γιατί ο αριθμός των ρυθμίσεων του ελεγκτή είναι μεγάλος και δεν υπάρχει σαφής σχέση μεταξύ των ρυθμίσεων,των λειτουργικές απαιτήσεων και των περιβαλλοντικων αλλαγών. Λόγω της ανάγκης αυτόματης ρύθμισης των παραμέτρων διεύθυνσης, το πλοίο ήταν ένας από τους πρώτους τομείς όπου η προσαρμοστικοί και ασαφείς ελεγκτές εφαρμόστηκαν με επιτυχία. Από το 1970 και μετά,δημιουργήθηκαν αρκετά προσαρμοστικά σχέδια αυτόματου πιλότου.Τα πρώτα προσαρμοστικά σχέδια αυτόματων πιλότων βασίστηκαν σε ένα μοντέλο-μέθοδο αναφοράς και σε ρυθμιστικες αρχές αυτορύθμισης. Τέλος,μεσα στα επόμενα χρόνια εμφανίστικαν τα πρώτα σχέδια αυτόματων πιλότων βασισμένα σε ελεγκτές Fuzzy,H $\infty$  και LQG(

## 1.2 Αυτοματοποίηση Κατασκευής,(βλέπε[2])

Η αυτοματοποίηση στο κατασκευαστικό κομμάτι των πλοίων ακολουθεί τις τεχνικές και τα παραδείγματα των υπολοίπων βιομηχανικών κατασκευών. Μέχρι και το 1950 λόγω του όγκου της κατασκευής των υλικών και των πρώτων υλών ήταν δύσκολο να χρησιμοποιηθούν αυτοματοποιημένα συστήματα στην κατασκευή πλοίων. Όμως μετά τις πρώτες χρήσεις πυρηνικού αντιδραστήρα και την διαπίστωση των αποτελεσμάτων της άμεσης επαφής του με τον άνθρωπο προέκυψε η ανάγκη αυτοματοποίησης όχι μόνο επίβλεψης της λειτουργίας του αντιδραστήρα αλλά και της τοποθέτησης του στο πλοίο-υποβρύχιο. Έτσι γύρο στα 1961 και με την κατοχήρωση της πρώτης ρομποτικής πατέντας από τον George Devol έγινε και η αρχή της αυτοματοποίησης της διαδικασίας κατασκευής των πλοίων. Στις μέρες μας στα ναυπηγεία ανα τον κόσμο χρησιμοποιούνται αυτόματα συστήματα στις περισσότερες εργασίες(συγκόλληση, συναρμολόγηση, βαφή, κοπή, έλεγχος ποιότητας κ.ά.).

## 1.3 Τηλεμετρία

Στα πλοία η προσπάθεια τηλεμετρίας ξεκίνησε με την εφαρμογή σε αυτά μηχανών στην πρόωση. Τα πρώτα χρόνια η τηλεμετρία γινόταν με χρήση μηχανικών οργάνων θερμοκρασίας και πίεσης για τις μηχανές παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και πρόωσης. Με την ανάπτυξη των ηλεκτρικών αισθητήρων επεκτάθηκε η τηλεμετρία και στα υπόλοιπα συστήματα. Για πρώτη φορά το 1961 κατασκευάστηκε το φορτηγό πλοίο Kinkasan Maru στην Μ.Βρετανία που διέθετε αυτόματο σύστημα εντοπισμού ανωμαλιών και σήμανσης συναγερμού και το 1968 ναυπηγήθηκε το φορτηγό πλοίο λυμάτων Glen Avon επίσης στην Μ.Βρετανία που διέθετε πλήρως τηλεμετρούμενο σύστημα πρόωσης προκειμένου να επιτευχθεί η μη επάνδρωση των μηχανοστασίων και η καταγραφή όλων των λειτουργικών στοιχείων για υποβοήθηση του έργου των συνεργείων συντήρησης. Ο έλεγχος και χειρισμός γινόταν από ξεχωριστό διαμέρισμα εκτός των μηχανοστασίων το Κέντρο Ελέγχου. Στην σύγχρονη εποχή με την ανάπτυξη των ηλεκτρονικών συστημάτων και την ψηφιακή μετάδοση πληροφοριών η τηλεμετρία επεκτείνεται συνεχώς συμπεριλαμβάνοντας σε υψηλότερα επίπεδα ολοκλήρωσης τα υφιστάμενα συστήματα των πλοίων.

## 1.4 Ολοκληρωμένα Συστήματα Αυτοματισμού Πλοίων

Τα πρώτα ολοκληρωμένα συστήματα αυτοματισμού πλοίων εμφανίστηκαν σαν εμπορεύσιμο υλικό στις αρχές της δεκαετίας του 1980. Έχοντας βέβαια πάρει το έναυσμα από τα κέντρα ελέγχου των τηλεμετρικών συστημάτων, των οποίων η εγκατάσταση, σε πολεμικά και πλοία ειδικών εργασιών αλλά και σε κάποιες σπάνιες περιπτώσεις φορτηγών και εμπορικών όπως το Kinkasan Maru, είχε αρχίσει αρκετά χρόνια νωρίτερα. Πρώτη η εταιρία L-3 Velmarine άνοιξε την αγορά στο χώρο, με την τελευταία λέξη της τότε τεχνολογίας σε αισθητήρια, οθόνες, μεθόδους απεικόνισης-μεταφοράς δεδομένων, και όλα αυτά βασισμένα στους διαθέσιμους για την εποχή ελεγκτές (Fuzzy, LQG, H $\infty$  κ.λ.π.). Ταυτόχρονα άρχισε ο πυρετός αναζήτησης τεχνολογικών λύσεων ακόμα και στις πιο απλές λειτουργίες των πλοίων με αποτέλεσμα στις μέρες μας να μελετάται και να είναι υπό κατασκευή πολλά μοντέλα πλήρως λειτουργικών, μη επανδρωμένων πλοίων.

## 2<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ

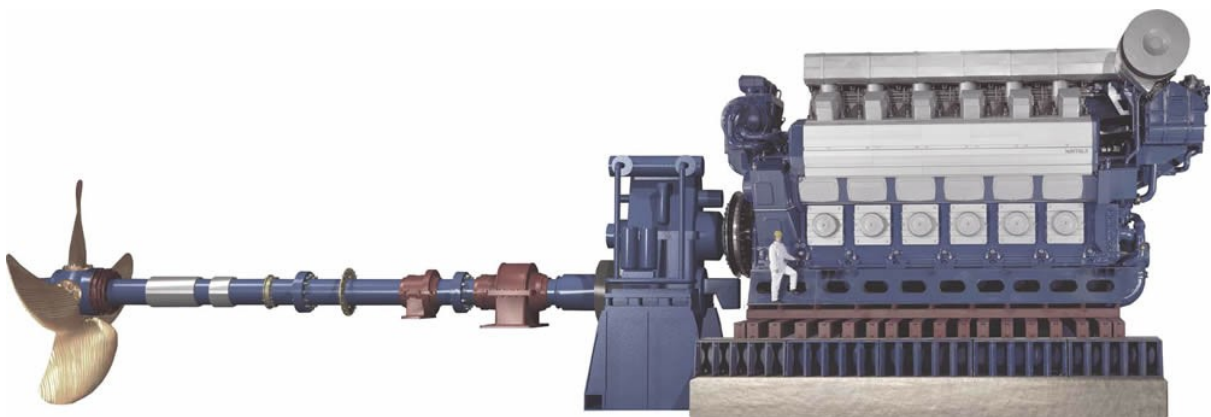
### 1. Συστήματα Πλοίων και Σ.Α.Ε

Τα συστήματα ενός πλοίου κατηγοριοποιούνται ανάλογα με την λειτουργία τους και γενικά διακρίνονται σε αυτά που χρησιμοποιούνται για:

- Πρόωσης,δηλαδή τα συστήματα παραγωγής της μηχανικής ισχύος και την μεταφορά και μετατροπή αυτής για την κίνηση του πλοίου
- Ηλεκτρικής Ισχύος,δηλαδή τα συστήματα παραγωγής και διανομής της ηλεκτρικής ισχύος
- Βοηθητικών Μηχανημάτων,δηλαδή τα βοηθητικά συστήματα λειτουργίας(στα οποία συμπεριλαμβάνονται τα πηδάλια)
- Ελέγχου Βλαβών,δηλαδή τα συστήματα ασφάλειας για την ανίχνευση / αντιμετώπιση επικίνδυνων καταστάσεων ( πυρκαγιάς , διαρροής )

#### 1.1 Πρόωση

Στα μηχανοκίνητα πλοία η πρόωση πραγματοποιείται με χρήση κατάλληλων διατάξεων ώθησης του νερού και αυτό μπορεί να υλοποιηθεί με πολλούς τρόπους στη συγκεκριμένη διάταξη γίνεται με σταθερού βήματος έλικες . Οι έλικες είναι συνδεδεμένοι πάνω σε άξονες που στρέφονται από μηχανές εσωτερικής καύσης . Προκειμένου να μπορεί το πλοίο να κινείται ανάποδα και να προσαρμόσουμε τις παραγόμενες στροφές της μηχανής με τις απαιτούμενες από τους έλικες , λόγω υδροδυναμικών φερομένων , απαιτείται στη σύνδεση της μηχανής με τον άξονα να παρεμβάλουμε τον μειωτήρα στροφών . Ο μειωτήρας στροφών μπορεί να συμπλέξει την μηχανή με το αξονικό σύστημα , να αντιστρέψει την φορά περιστροφής , καθώς επίσης μειώνει της στροφές στις απαιτούμενες προκειμένου να έχουμε την βέλτιστη απόδοση των ελίκων.



Σχήμα 1:Διάταξη ελικοφόρου άξονα,μειωτήρα και μηχανής



### 1.1.1 Κύριες Μηχανές



Σχήμα 2:Μηχανή πρόωσης πλοίου Wärtsilä L46F

Η αρχή λειτουργίας μιας μηχανής εσωτερικής καύσης στηρίζεται στην συνεχή πραγματοποίηση κάποιου είδους θερμοδυναμικού κύκλου. Κατά τη διάρκεια αυτής της φυσικής μεταβολής καύσιμο αναμιγνύεται με αέρα και καίγεται παράγοντας θερμική ενέργεια όπου μέρος της μετατρέπεται σε μηχανική ενέργεια . Για να λειτουργήσει η μηχανή απαιτείται η απεικόνιση , η ρύθμιση και ο έλεγχος των λειτουργικών παραμέτρων. Οι λειτουργικοί παράμετροι της μηχανής διακρίνονται:

- α) Πιέσεις ρευστών (λαδιού, γλυκού νερού, θαλασσινού νερού, καυσίμου,αέρα)
- β)Θερμοκρασίες ρευστών (λαδιού, γλυκού νερού, θαλασσινού νερού, καυσίμου,αέρα, καυσαερίων)
- γ) Στροφές μηχανής, υπερσυμπιεστών αέρος
- δ) Παροχή καυσίμου
- ε) Θέση επιστομίων, βαλβίδων σε δίκτυα αέρα, νερού,λαδιού, πετρελαίου και οχητών αερίου καύσεως, καυσαερίων.
- στ) Στάθμη δεξαμενής διαρροών καυσίμου και δοχείου διαστολής νερού ψύξης.

Η συγκεκριμένη μηχανή (σχήμα 2) είναι τετράχρονη υπερπληρούμενη της εταιρίας Wärtsilä.Έχει δυνατότητα λειτουργίας με 3 είδη καυσίμου(marine diesel,light diesel και heavy fuel oil) ανάλογα με την περιοχή στην οποία κινείται, την διάθεση και την τιμή του εκάστοτε καυσίμου.Η αλλαγή απο το ένα καύσιμο στο άλλο μπορεί να γίνει χωρίς να διακοπεί η λειτουργία της μηχανής λόγω των βαλβίδων ασφαλείας που διαθέτει και της πλήρως αυτοματοποιημένης διαδικασίας.Η L46F διαθέτει ενσωματωμένο το αυτόματο σύστημα διαχείρισης UNIC C2.

Το σύστημα UNIC C2 έχει σχεδιαστεί για να εξασφαλίζει παρατεταμένη διάρκεια ζωής στους μεγάλους θαλάσσιους κινητήρες ντίζελ και αερίου που λειτουργούν και στις πιο

δύσκολες συνθήκες. Ιδιαίτερη προσοχή έχει δοθεί,σε όλη τη φάση του σχεδιασμού,στην αντοχή στην θερμοκρασία και τις δονήσεις, ενώ υψηλότερη προτεραιότητα αποτελεί η επιχειρησιακή αξιοπιστία.

Το UNIC C2 ελέγχει:

- το σύστημα ασφαλείας του κινητήρα
- την επιτόπια προβολή των στοιχείων λειτουργίας μέσω οθόνης
- τον έλεγχο της ταχύτητας μέσω της κατανομής φορτίου
- το fuel injection και έλεγχο του χρονισμού
- τον εντοπισμό κραδασμών
- την αποστολή του σήματος συναγερμού
- την αλληλουχίας start / stop
- το σύστημα ανάγνωσης και ρύθμισης του φορτίου λειτουργίας
- σύστημα διάγνωσης και αναγνώρισης βλαβών
- και μια διεπαφή fieldbus για κάθε διάταξη κινητήρα που μπορεί να αναμεταδίδει όλα τα δεδομένα απο τον κινητήρα σε άλλα συστήματα

Χάρη στο ηλεκτρονικό σύστημα ελέγχου, ο κινητήρας μπορεί να προσαρμοστεί σε διαφορετικές συνθήκες λειτουργίας. Επιπλέον, η εργοστασιακή διαμόρφωση επιτρέπει στον κινητήρα να είναι έτοιμος για λειτουργία με ελάχιστες εργασίες εγκατάστασης(βλέπε[4]).

### 1.1.2 Μειωτήρας



Σχήμα 3:Μειωτήρας στροφών

Σε ένα πλοίο όπου χρησιμοποιούνται μεσόστροφες ( 500-1000 RPM ) ή ταχύστροφες (πάνω από 1000 RPM ) μηχανές προκειμένου να στρέψουμε την έλικα σε εύρος στροφών 50 έως 500 RPM απαιτείται η χρήση μειωτήρα στροφών. Ο περιορισμός ως προς το εύρος στροφών των ελίκων έγκειται σε φαινόμενα υδροδυναμικής που αναπτύσσονται στα περύγια γεγονός που οδηγεί σε έντονες φθορές , κραδασμούς και μείωση της συνολικής ενεργειακής απόδοσης του συστήματος.

Ο μειωτήρας αποτελείται από συνδυασμό γραναζιών και υδραυλικού συστήματος συμπλέξης και αναστροφής της περιστροφής .Ο έλεγχος τους γίνεται από το αυτόματο σύστημα των μηχανών μέσω της διασύνδεσης τους με το κιβώτιο CCS ( Customer Connection System ). Για τον έλεγχο του μειωτήρα απαιτείται η έκδοση σημάτων για την εκτέλεση των κινήσεων σύμπλεξης πρόσω ή ανάποδα και αποσύμπλεξης και για την τηλεμετρία του πρέπει να γίνεται η μέτρηση των παρακάτω λειτουργικών παραμέτρων :

- Πιέσεις ρευστών ( ελαίου λίπανσης , σύμπλεξης )
- Θερμοκρασίες ρευστών ( ελαίου )
- Στροφές άξονα
- Κατάσταση λειτουργίας ( Πρόσω , ανάποδα , αποσυμπλεγμένος )

Από το σύστημα UNIC C2 της μηχανής μέσω του κιβωτίου CCS μεταφέρονται σήματα 24 Volt DC προκειμένου να ενεργοποιήσουν τις τρεις ηλεκτροβαλβίδες που καθορίζουν την κατάσταση λειτουργίας του μειωτήρα . Η κάθε μια ηλεκτροβαλβίδα απελευθερώνει πίεση λαδιού προς ένα μηχανισμό εμβόλου που με την σειρά του επενεργεί πάνω στον μειωτήρα προκαλώντας τον να εκτελέσει την αντίστοιχη κίνηση. Οι κινήσεις του μειωτήρα είναι σαφώς μηχανικά καθορισμένες και ασυμβίβαστες μεταξύ τους γεγονός που δεν πρέπει να υπάρχει επικάλυψη μεταξύ των χρονικών διαστημάτων από πλευράς ηλεκτρικών εντολών. Για τον λόγο αυτό υπάρχει διάταξη ηλεκτρονόμων που δημιουργούν

την ηλεκτρική απομόνωση των υπολοίπων ηλεκτροβαλβίδων μέχρι να απενεργοποιηθεί αυτή που λειτουργεί. Επιπλέον από την διάταξη των ηλεκτρονόμων αυτόματα εκδίδεται εντολή χρονικής διάρκειας 1-3 δευτερολέπτων σε μια ηλεκτροβαλβίδα λαδιού κατά την μετάπτωση από αποσήμελξη σε κίνηση , προκειμένου η κίνηση να εκτελείται ομαλότερα από τα μηχανικά μέρη του μειωτήρα,(βλέπε[4]).

### 1.1.3 Αξονικό Σύστημα

Η επιλογή του αξονικού συστήματος αποτελεί πρωταρχικό στάδιο σχεδίασης ενός πλοίου καθώς ο αριθμός αξόνων και η διάταξη του συστήματος αποτελούν υδροδυναμικά χαρακτηριστικά της γάστρας του πλοίου(π.χ. σε μικρού εκτοπίσματος, απο 300 έως 800 τόνων, ταχεία σκάφη με ταχύτητα μεγαλύτερη των 30 knots, η βέλτιστη επιλογή αποτελεί η χρήση τεσσάρων αξονικών συστημάτων). Τέλος για τον περιορισμό των φαινόμενων σπηλέωσης στις έλικες τοποθετούνται συστήματα παροχής αέρος από κατάλληλα ακροφύσια είτε απευθείας εσωτερικά των ελίκων είτε στις τελικές στηρίξεις των αξόνων.

Οι μηχανισμοί παροχής πεπιεσμένου αέρα αποτελούνται από διατάξεις ηλεκτροκίνητων αεροσυμπιεστών, που λειτουργούν σε ορισμένο εύρος στροφών των ελικοφόρων αξόνων και ενεργοποιούνται αυτόματα από το κεντρικό σύστημα ελέγχου του πλοίου . Στην διάταξη αυτή κρίσιμοι παράμετροι παρακολούθησης είναι τα φυσικά μεγέθη παροχής και η πίεση αέρος προς κάθε έλικα.

Οι εδράσεις στήριξης αξόνων ανάλογως της θέσης τους (εντός ή εκτός του πλοίου ) αποτελούνται από μηχανισμούς κυλινδροτριβων ή δακτυλιοειδών τριβέων (κουζινέτα). Σε όλες τις εδράσεις εντός του πλοίου απαιτείται να γίνεται μέτρηση της θερμοκρασίας λειτουργίας τους.

Επιπλέον καθώς ο άξονας διαπερνά το σώμα του πλοίου και καταλήγει στον έλικα απαιτείται η παρακολούθηση των λειτουργικών παραμέτρων του μηχανισμού στεγανοποίησης αναλόγως με το είδους του. Σε όλους αυτούς τους μηχανισμούς η στεγανοποίηση επιτυγχάνεται με την τριβή κατάλληλα διαμορφωμένων επιφανειών γεγονός που δημιουργεί και την απαίτηση ψύξης . Συνεπώς είναι απαραίτητη η παρακολούθηση των θερμοκρασιών λειτουργίας των στεγανοποιητικων καθώς επίσης και των παραμέτρων της ψύξης που στην περίπτωση αυτή αποτελεί η περιεχομένη ποσότητα νερού.Η μέτρηση όλων αυτών των μεγεθών γίνεται από ηλεκτρικούς αισθητήρες των οποίων τα σήματα μεταφέρονται στο κεντρικό σύστημα ελέγχου του πλοίου,(βλέπε[4]).

## 1.2 Ηλεκτρική Ισχύς

Στα πλοία η παραγωγή και διανομή ηλεκτρικής ισχύος αποτελεί πολυσύνθετο τεχνικό θέμα. Στην γενική του μορφή συνδυάζει μηχανικά ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη , ηλεκτρικούς μετατροπείς και συστοιχίες μπαταριών.

### 1.2.1 Ηλεκτρομηχανές-Γεννήτριες 440V AC 50 Hz

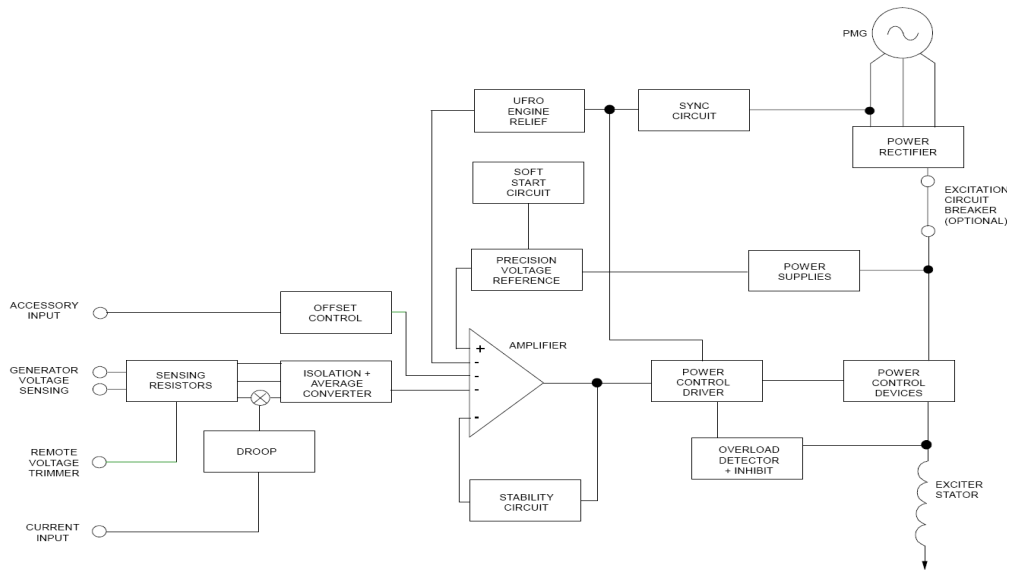
Οι ηλεκτρομηχανές είναι εν γένει μηχανές εσωτερικής καύσης με χαρακτηριστικό τον σταθερό αριθμό στροφών στις οποίες έχει συνδεθεί μια γεννήτριας. Ο έλεγχος τους περιλαμβάνει δυο σκέλη :

- Την λειτουργία και παρακολούθηση της μηχανής βάσει των παραμέτρων πιέσεις , θερμοκρασίες και αριθμού στροφών.
- Την λειτουργία της γεννήτριας προκειμένου να παρέχει την απαιτούμενη ένταση ρεύματος προς τα φορτία με σταθερή τάση.



Σχήμα 4: Ηλεκτρομηχανή-Γεννήτρια Cummins OCL-825

Για τις ηλεκτρομηχανές OCL της εταιρίας Cummins τον έλεγχο τον αναλαμβάνει το αυτόματο σύστημα ελέγχου Smartgen , ενώ για την γεννήτρια ο έλεγχος γίνεται από το κιβώτιο ελέγχου τμήμα του οποίου αποτελεί η κάρτα του ρυθμιστή τάσης AVR. Η AVR σε συνδυασμό με ηλεκτρονικές διατάξεις και ηλεκτρονόμους ολοκληρώνει τον έλεγχο και τις ασφαλιστικές διατάξεις για την γεννήτρια καθώς προσφέρει προστασία από υπέρταση στην τάση εξόδου , υψηλή θερμοκρασία γεννήτριας και υπερένταση στο κύκλωμα της διέγερσης. Επίσης παρέχεται η δυνατότητα για διάγνωση της απώλειας τάσης και βλάβης διόδων ανόρθωσης στο κύκλωμα διέγερσης.



Σχήμα 5: Διάγραμμα λειτουργιών του AVR

Το αυτόματο σύστημα ελέγχου Smartgen είναι απευθείας διασυνδεδεμένο με τους αισθητήρες της μηχανής, τους ηλεκτρικά ελεγχόμενους εκχυτήρες καυσίμου και τον τοπικό πίνακα ελέγχου ηλεκτρομηχανής. Οι λειτουργίες που εκτελεί είναι οι αυτοδιαγνωστικοί έλεγχοι, να σταθεροποιεί τις στροφές της μηχανής στις 1800RPM, να ελέγχει τις διαδικασίες και να καλύπτει τις ασφαλιστικές διατάξεις κατά την εκκίνηση και λειτουργία της μηχανής, (βλέπε[5]).

Η παράμετρος που καθορίζει την παραγόμενη ισχύ κατά τη λειτουργία της μηχανής είναι οι ηλεκτρικά ελεγχόμενοι καυστήρες. Σε αντίθεση με τις μηχανές πρόωσης όπου η παροχή του καυσίμου προς τους κυλίνδρους ελεγχότανε με ηλεκτροπνευματικό μηχανισμό και ο συγχρονισμός του κύκλου έκχυσης καυσίμου με τον κύκλο της μηχανής γίνεται μηχανικά μέσω γραναζιών, στην ηλεκτρομηχανή το σύστημα Smartgen ενεργοποιεί απευθείας με ηλεκτρικούς παλμούς τους καυστήρες.

Για τον έλεγχο και την ρύθμιση της σωστής λειτουργίας της ηλεκτρομηχανής-γεννήτριας τοποθετείται πάνω στην OCL το panel Gen-Set Controller της Smartgen, μέσω του οποίου η κατάσταση και οι πληροφορίες λειτουργίας της ηλεκτρομηχανής-γεννήτριας εμφανίζονται τοπικά αλλά και μεταφέρονται στο κέντρο ελέγχου του πλοίου, (βλέπε[6]).



Σχήμα 6: Smartgen Gen-Set Controller

### 1.2.2 Διανομή Ηλεκτρικής Ισχύος 440V AC 50Hz Κεντρικοί Πίνακες , Υποπίνακες και Μετασηματιστές

Συνολικά στο πλοίο έχουν εγκατασταθεί τρεις γεννήτριες που χρησιμοποιούνται για την εξυπηρέτηση των καταναλώσεων και μια για περίπτωση ανάγκης. Οι γεννήτριες είναι συνδεδεμένες δυο στον πρυναίο πίνακα , μια στον πλωριό και η γεννήτρια ανάγκης στον πίνακα ανάγκης. Στους παραπάνω πίνακες υπάρχουν οι διακόπτες απομόνωσης των αντιστοίχων γεννητριών, οι διακόπτες διανομής προς υποσύνολα καταναλώσεων ή απευθείας συστημάτων μεγάλης κατανάλωσης. Επιπλέον σε αυτούς είναι εγκατεστημένα τα συστήματα των αυτοματισμών ασφαλείας και της αμφίδρομης μεταφοράς δεδομένων προς το κεντρικό σύστημα του πλοίου

Στο κεντρικό σύστημα μεταφέρονται οι πληροφορίες για την τάση , ένταση ρεύματος, την συχνότητα λειτουργίας και την πραγματική παραγόμενη ισχύ κάθε γεννήτριας. Για κάθε μια από τις παραπάνω παραμέτρους υπάρχουν μονάδες μετατροπής των ηλεκτρικών μεγεθών σε αναλογική τιμή ρεύματος 4-20m Ampere ώστε αυτή να είναι η είσοδος για τα I/O BOX που εξυπηρετούν τους πίνακες.

Τελικά η τηλεμετρία του συστήματος διανομής ολοκληρώνεται με την μεταφορά των πληροφοριών για τις βλάβες που εντοπίστηκαν από το αυτόματο σύστημα προστασίας πινάκων και γεννητριών. Το αυτόματο σύστημα επενεργεί σε γεννήτριες και διακόπτες πινάκων προκειμένου να απομονώσει την βλάβη και να διατηρήσει αδιάλειπτη την παροχή ηλεκτρικής ισχύος μέσα στις καθορισμένες προδιαγραφές τάσης και συχνότητας. Οι βλάβες που αποτελούν ψηφιακές εισόδους για το κεντρικό σύστημα αφορούν τις παρακάτω δυσλειτουργίες :

- Ανάστροφη ροή φορτιού προς τις γεννήτριες
- Διαφοράς τάσης μεταξύ των υπό συγχρονισμό γεννητριών
- Διαδοχής των φάσεων
- Απόκλιση συχνότητας λειτουργίας γεννήτριας
- Υπερέντασης γραμμής
- Προστασίας βραχυκυκλώσεως

Στις παραπάνω προστασίες συμπεριλαμβάνεται και ο αυτόματος συγχρονισμός και ισοκατανομή φορτιών μεταξύ των γεννητριών . Αυτός υλοποιείται από ηλεκτρονόμους του αυτόματου συστήματος σε συνδυασμό με εξειδικευμένες μονάδες που εξετάζουν τις παραμέτρους και εκτελούν συγκεκριμένες λειτουργίες:

- Μία μονάδα εξετάζει την τάση, την συχνότητα και την διαφορά φάσης της γεννήτριας σε σχέση με το δίκτυο διανομής και προβαίνει σε ρυθμίσεις της συχνότητας. Διαθέτει εσωτερικό χρονόμετρο που ελέγχει προκειμένου να ματαιώσει την διαδικασία και να εκδώσει σήμα βλάβης αν εντός ενός μέγιστου καθορισμένου χρονικού διαστήματος δεν επιτευχθεί η προϋπόθεση συγχρονισμού ταύτισης συχνότητας και φάσης.
- Δεύτερη μονάδα εφόσον επιβεβαιώσει ότι ισχύουν οι προϋποθέσεις συγχρονισμού ( ίδια συχνότητα , μηδενική διαφορά φάσης και ίση τάση ) τότε εκδίδει ηλεκτρικό σήμα για ενεργοποίηση του κεντρικού διακόπτη της λήψης ρεύματος από ξηρά. Η διάταξη αυτή είναι τοποθετημένη προκειμένου να επιτευχθεί ο στιγμιαίος παραλληλισμός της διάταξης ηλεκτροπαραγωγής του πλοίου με αυτή της ξηρας προκειμένου να εκτελεστεί η μετάπτωση χωρίς BlackOut.
- Τέλος μία Τρίτη μονάδα που είναι εγκατεστημένη για κάθε γεννήτρια και επενεργεί στον ρυθμιστή της μηχανής κατάλληλα για να ισοκατανεμηθούν τα φορτία σε όλες τις παραλληλισμένες γεννήτριες.

### 1.2.3 Μετατροπείς 24V DC / Μπαταρίες

Στα πλοία βάσει κανονισμών είναι υποχρεωτική η χρήση ρεύματος DC για κάλυψη αναγκών σε συστήματα φωτισμού, επικοινωνιών και ασφαλείας ώστε με χρήση συστοιχιών να μπορούν να συνεχίσουν την λειτουργία τους ακόμη και σε περίπτωση ολικής απώλειας της ηλεκτροπαραγωγής. Ανάλογα τον τύπο του πλοίου καθορίζεται ο ελάχιστος χρόνος διατήρησης της αυτονομίας των συστημάτων με χρήση μπαταριών. Για την κάλυψη της ζήτησης συνεχούς τάσης τοποθετούνται συστοιχίες μπαταριών και μετατροπείς 24Volt DC. Την τάση που παράγουν οι μετατροπείς την παρέχουν για φόρτιση των συστοιχιών και για κάλυψη καταναλώσεων συνεχούς τάσης. Σε περίπτωση απώλειας της τάσης τροφοδότησης των τότε παρέχεται η συνεχής τάση από τις συστοιχίες που αποτελούνται από μπαταρίες τάσης 12Volt. Αυτές είναι τοποθετημένες μέσα σε κλειστές θήκες με ανεξάρτητο σύστημα εξαερισμού. Με το κεντρικό σύστημα έχουν διασυνδεθεί οι μετατροπείς για μεταφορά της ένδειξης βλάβης καθώς και έλεγχος των εξαεριστήρων των μπαταριών,(βλέπε[5]).

### 1.2.4 Διανομή 24V DC

Σε κάθε έναν από τους μετατροπείς υπάρχει ο κεντρικός πίνακας διανομής 24V DC. Από τους κεντρικούς πίνακες γίνεται η διανομή προς τα ασφαλειοκιβώτια διανομής και ακολούθως προς κάθε καταναλωτή. Για την επαύξηση της αξιοπιστίας του συστήματος υπάρχει ζεύξη μεταξύ των δυο κυριών πινάκων καθώς συνδυασμός διακόπτων προκειμένου να μπορούμε να υλοποιήσουμε τους συνδυασμούς διασύνδεσης μεταξύ των μπαταριών, μετατροπέων και πινάκων διανομής,(βλέπε[5]).

### 1.2.5 Μετατροπείς 110V AC

Για την κάλυψη αναγκών χρήσης τάσης υψηλής συχνότητας για εξειδικευμένες εφαρμογές σε πομποδέκτες και επαναλήπτες γυροπυξίδων απαιτείται η εγκατάσταση μετατροπέων τάσης από 440 Volt AC σε 110Volt AC. Την διαδικασία αυτή την αναλαμβάνουν ειδικοί μετατροπείς. Η αρχή λειτουργίας σε αυτούς είναι αρχικά η μετατροπή του εναλλασσόμενου ρεύματος σε συνεχές, ακολούθως με ηλεκτρονικά ισχύος να συνθέσουν με ακολουθία παλμών το υψισυχνο ημίτονο και τέλος με την χρήση φίλτρου να απομονωθούν οι αρμονικές που παράγονται και να τροφοδοτηθούν οι καταναλωτές. Επιπλέον στους συγκεκριμένους μετατροπείς υπάρχει εναλλακτικά και συστοιχία μπαταριών για αδιάλειπτη λειτουργία και ο συνολικός έλεγχος της λειτουργίας γίνεται από την μονάδα μικροεπεξεργαστή που διαθέτει,(βλέπε[5]). Με το κεντρικό σύστημα υπάρχει διασύνδεση για μεταφορά των ενδείξεων βλαβών που διαπιστώνει ο τοπικός αυτόματος έλεγχος.



### 1.3 Βοηθητικά Μηχανήματα

Τα βοηθητικά μηχανήματα στα πλοία αποτελούν το σύνολο των μηχανημάτων που επιτελούν λειτουργίες υποστήριξης των μηχανών πρόωσης, παραγωγής ενέργειας, πηδαλιού καθώς επίσης και στην δημιουργία συνθηκών κατάλληλων για την διαβίωση. Σε αυτά τα συστήματα υπάρχει αυτόνομη μονάδα ελέγχου που έχει την ευθύνη για την ρύθμιση, διαθέτει τις ασφαλιστικές διατάξεις και συνδέεται με το κεντρικό σύστημα για να μεταφερθούν οι πληροφορίες και οι εντολές

#### 1.3.1 Πηδάλια Πορείας

Στα συμβατικά πλοία η πηδαλιουχία γίνεται από κινούμενα κάθετα πτερύγια εγκατεστημένα στο πρυμναίο τμήμα του σκάφους. Η κίνηση των πτερυγίων επιτυγχάνεται με χρήση υδραυλικών συστημάτων. Συνεπώς για τον έλεγχο απαιτούνται αισθητήρες για την μηχανική θέση των πτερυγίων καθώς και για την λειτουργική κατάσταση του συστήματος όπως επίσης ηλεκτρικά ελεγχόμενες βαλβίδες για την εκτέλεση των επιθυμητών κινήσεων από το υδραυλικό σύστημα. Στα σύγχρονα πλοία το σύστημα αποτελείται από τα πτερύγια, το σύστημα αντλιών λαδιού υψηλής πίεσης, τα υδραυλικά έμβολα, το κιβώτιο ηλεκτρικά ελεγχόμενων υδραυλικών βαλβίδων, το οιακοστρόφιο ανάγκης και τον πίνακα ενδείξεων και χειρισμού στην γέφυρα του πλοίου.

Το σύστημα υδραυλικών αντλιών υψηλής πίεσης αποτελείται από τις δυο αντλίες υψηλής πίεσης, τα δύο ψυγεία απαγωγής θερμότητας από το υδραυλικό έλαιο και το δοχείο ελαίου. Οι ασφαλιστικές διατάξεις υλοποιούνται από ηλεκτρονόμους εντός των εκκινητών των ηλεκτροκίνητων αντλιών και σε αυτές εκτός από τις προστασίες για τον κινητήρα (απώλεια φάσης, υπερένταση, θερμοκρασία κινητήρα) ελέγχονται και οι θερμοκρασία και στάθμη υδραυλικού ελαίου. Τέλος σε αυτή την μονάδα με χρήση μηχανικών ανακουφιστικών βαλβίδων επιτυγχάνεται η προστασία του συστήματος από υψηλές πιέσεις.

Για τον αυτόματο έλεγχο των πηδαλίων απαιτείται ένα σήμα εντολής προς την ηλεκτρική βαλβίδα κίνησης και σήματα ελέγχου της θέσης των πτερυγίων, της επιθυμητής πορείας, της πραγματικής πορείας και συνεχής έλεγχος όλων αυτών (κλειστό κύκλωμα αυτοματισμού). Για το κλειστό κύκλωμα χρησιμοποιούνται PID ελεγκτές και για την μέτρηση των γωνιών χρησιμοποιούνται αισθητήρες που είναι συνδεδεμένοι με χρήση μοχλοβραχίονα με τα πτερύγια. Αυτοί αποτελούνται από ένα ποτενσιόμετρο που στρέφεται από διάταξη γραναζιών για την υποτύπωση της γωνίας και όριο-διακόπτες για τον έλεγχο των μέγιστων ορίων επιτρεπόμενης λειτουργίας των πτερυγίων,(βλέπε[1]).

Για τον έλεγχο των πτερυγίων υπάρχει το κιβώτιο βαλβίδων που διαθέτει τους μηχανισμούς προστασίας από υπερπίεση και τις ηλεκτρικά ελεγχόμενες βαλβίδες ελέγχου της ροής ελαίου προς τα έμβολα. Οι ηλεκτρικές βαλβίδες αποτελούνται από το υδραυλικό τμήμα, όπου ένας διαμορφωμένος κύλινδρος ανάλογως της θέσης του απελευθερώνει διαδρόμους και το ηλεκτρικό τμήμα που αποτελείται από δυο αντιδιαμετρικά πηνία. Ανάλογα σε ποιο πηνίο τροφοδοτούμε την τάση, αυτό μετακινεί τον μεταλλικό πυρήνα του, που με την σειρά του μετατοπίζει τον κύλινδρο του υδραυλικού τμήματος.

Ο έλεγχος για της βλάβες που εντοπίζονται από τον αυτοματισμό των εκκινητών μέσω των ψηφιακών διασυνδέσεων με το τοπικό I/O BOX. Επίσης ο έλεγχος γίνεται επενεργώντας στους ηλεκτρονόμους του εκκινητή με σήμα on/off τάσης. Οι ενδείξεις των γωνιών των πηδαλίων στην γέφυρα και τοπικά στο χώρο του πηδαλιού γίνονται από

αναλογικούς αυτόνομους ενδείκτες  $\pm 10$  Volt DC που ανήκουν σε ξεχωριστό κύκλωμα με ανεξάρτητη τροφοδότηση 24Volt DC από το σύστημα του πηδαλίου. Αυτό γίνεται καθώς είναι απαίτηση των κανονισμών IMO SOLAS και υλοποιείται με έναν επιπλέον αισθητήρα μέτρησης γωνίας.

### 1.3.2 Σταθμιστήρες

Με στόχο στο πλοίο να μειωθεί το φαινόμενο του διατοιχισμού τοποθετούνται πτερύγια στις πλευρές του σκάφους. Τα πτερύγια ελέγχονται από αυτόνομο σύστημα ελέγχου προκειμένου να επαναφέρουν το πλοίο σε μηδενική κλίση ως προς τον εγκάρσιο άξονα. Συνεπώς για τον έλεγχο και την τηλεμετρία απαιτούνται αισθητήρες για την μηχανική θέση των πτερυγίων και της εγκάρσιας κατάστασης του πλοίου (γωνία, γωνιακή ταχύτητα και γωνιακή επιτάχυνση) καθώς και για την λειτουργική κατάσταση του συστήματος όπως επίσης ηλεκτρικά ελεγχόμενες βαλβίδες για την εκτέλεση των επιθυμητών κινήσεων από το υδραυλικό σύστημα. Στα σύγχρονα πλοία παρατηρούνται διάφορες τέτοιες διατάξεις σε αυτόν τον τομέα και τα κύρια χαρακτηριστικά τους είναι:

- πτερύγια, που έχουν τοποθετηθεί ένα σε κάθε πλευρά και κοντά στο μέσο του μήκους του πλοίου
- υδραυλικά έμβολα, που μέσο διάταξης μοχλού προκαλούν την στρέψη των πτερυγίων
- κιβώτια ηλεκτρικά ελεγχόμενων υδραυλικών βαλβίδων, τα οποία μετατρέπουν το ηλεκτρικό σήμα της εντολής σε υδραυλική πίεση προκειμένου να κινηθούν τα έμβολα
- ηλεκτροκίνητη αντλία λαδιού, που παρέχει την υψηλή υδραυλική πίεση στο κύκλωμα
- το κεντρικό σύστημα ελέγχου αποτελούμενο από μικροεπεξεργαστή που εκτελεί τον αλγόριθμο σταθεροποίησης του πλοίου με εξόδους τα ηλεκτρικά σήματα ενεργοποίησης των ηλεκτρικά ελεγχόμενων υδραυλικών βαλβίδων
- κιβώτιο αισθητήρων κατάστασης αποτελούμενο από αισθητήρια προσδιορισμού της κλίσης και του ρυθμού μεταβολής της , αυτά αποτελούν τα δεδομένα εισόδου για το κεντρικό σύστημα ελέγχου των σταθμιστών
- πίνακας ενδείξεων και χειρισμού στην γέφυρα του πλοίου



Σχήμα 7:Γενικό σύστημα σταθμιστήρα

Στα κιβώτια ηλεκτρικά ελεγχόμενων υδραυλικών βαλβίδων έχουμε την βαλβίδα ελέγχου της ροής ελαίου προς τα έμβολα . Αυτή αποτελείται από το υδραυλικό τμήμα όπου μια σωληνοειδής βαλβίδα καθώς μετακινείται απελευθερώνει τους διαύλους και καθοδηγεί το λάδι σε συγκεκριμένες διευθύνσεις . Ανάλογα με την μετακίνηση της αντίστοιχα επιτρέπει να διέλθει και συγκεκριμένη παροχή / πίεση προς τα έμβολα . Η μετακίνηση προκαλείται από τον μεταλλικό πυρήνα ενός πηνίου στο οποίο εφαρμόζεται τάση ανάλογα με την επιθυμητή μετακίνηση , ενώ η θέση του πυρήνα ελέγχεται από ένα αισθητήριο LVDT . Ο συνολικός έλεγχος γίνεται από μια κάρτα αυτομάτου ελέγχου όπου ρυθμίζει την ακριβή θέση της βαλβίδας αναλογα με την είσοδο που δέχεται από το σύστημα ελέγχου του σταθμιστήρα  $\pm 10$  Volt DC,(βλέπε [7]).

Το σύστημα της υδραυλικής αντλίας υψηλής πίεσης αποτελείται από την αντλία υψηλής πίεσης, το ψυγείο απαγωγής θερμότητα από το υδραυλικό έλαιο, το δοχείο λαδιού και τον αποσβεστήρα υδραυλικών παλμών πίεσεως. Οι ασφαλιστικές διατάξεις υλοποιούνται από ηλεκτρονόμους εντός των εκκινήτων της ηλεκτροκίνητης αντλίας και σε αυτές εκτός από τις προστασίες για τον κινητήρα (απώλεια φάσης, υπερένταση, θερμοκρασία κινητήρα) ελέγχονται αν έχουν τεθεί εντός οι βίδες ασφάλισης των πτερυγίων και οι θερμοκρασία και στάθμη υδραυλικού ελαίου. Τα σήματα αυτά αποτελούν δεδομένα εισόδου για το κεντρικό σύστημα ελέγχου των σταθμιστήρων , ώστε αυτά να απεικονίζονται στην οθόνη χειρισμού και να προκαλούν ηχητική ένδειξη στην γέφυρα. Ακόμα με τη χρήση μηχανικών ανακουφιστικών βαλβίδων επιτυγχάνεται η προστασία του συστήματος από υψηλές πιέσεις.

Την θερμοκρασία και την στάθμη του ελαίου τις ελέγχουμε με θερμοστάτες που αποτελούνται από ένα μεταλλικό στοιχείο που μεταβάλλει την διάσταση του μήκους του και σε αυτό είναι συνδεδεμένος μηχανικά ένας μικροδιακόπτης, μαγνητικούς πλωτήρες που είναι τοποθετημένοι εντός της δεξαμενής λαδιού και ελέγχουν την κατώτερη στάθμη δημιουργώντας σήμα βλάβης σε περίπτωση ενεργοποίησης και οριοδιακόπτες αν έχουν εισέλθει οι βίδες ασφάλισης των πτερυγίων και ο εκκινητής δε επιτρέπει την ενεργοποίηση της ηλεκτροκίνητης αντλίας. Αυτές χρησιμοποιούνται για την περίπτωση όπου λόγω βλάβης δεν μπορεί το σύστημα να διατηρεί τα πτερύγια σε θέση 0.

Για την μέτρηση των γωνιών χρησιμοποιούνται ποτενσιόμετρα συνδεδεμένα με τον άξονα του πτερυγίου. Αυτά είναι ρυθμισμένα ώστε στην θέση 0° να είναι ο δρομαίος στην μέση της διαδρομής. Η τιμή της αντίστασης αποτελεί το μετρήσιμο ηλεκτρικό μέγεθος για το κεντρικό σύστημα ελέγχου των πτερυγίων προκειμένου να ανατροφοδοτείται ο αλγόριθμος. Το κιβώτιο αισθητήρων κατάστασης αποτελείται από την κάρτα ελέγχου και επικοινωνίας με την κεντρική μονάδα και διαθέτει τους αισθητήρες μέτρησης της κλίσης, μέτρησης του ρυθμού μεταβολής της κλίσης και της επιτάχυνσης στις τρεις διαστάσεις.

Το κεντρικό σύστημα ελέγχου διαθέτει έναν μικροεπεξεργαστή που εκτελεί τον αλγόριθμο σταθεροποίησης του πλοίου. Σε αυτό γίνεται η συλλογή των πληροφοριών από το κιβώτιο αισθητήρων κατάστασης πλοίου (κλίση, ταχύτητα, επιτάχυνση) και από τα ποτενσιόμετρα μέτρησης της γωνίας των πτερυγίων προκειμένου να έχει εξόδους τα σήματα ενεργοποίησης των ηλεκτρικά ελεγχόμενων υδραυλικών βαλβίδων.

Τέλος από τον πίνακα ενδείξεων και χειρισμού στην γέφυρα του πλοίου μπορούμε να επιλέξουμε τις παραμέτρους λειτουργίας (απόσβεση μόνιμης κλίσης, προσανατολισμός των κυμάτων και ένταση κυματισμού) ώστε ο αλγόριθμος να αρχικοποιηθεί και να βελτιώσει την απόκριση του συστήματος.



Σχήμα 8:Χειριστήριο και οθόνη απεικόνισης συστήματος σταθμιστήρων

### 1.3.3 Κλιματιστική Εγκατάσταση/Αερισμός

Στα πλοία γίνεται ολοκληρωμένη μελέτη για την κλιματιστική εγκατάσταση και των αερισμό/εξαερισμό προκειμένου να επιτρέπεται στο προσωπικό και στο υλικό να λειτουργεί αποτελεσματικά ανεξάρτητα των εξωτερικών συνθηκών. Ειδικά στα σύγχρονα πλοία λαμβάνονται υπόψη και οι ειδικές κατάστασεις (π.χ. απώλεια διαμερίσματος από φωτιά ή εισροή ύδατος, στεγανότητα εισαγωγών/εξαγωγών αέρος σε περίπτωση άσχημων συνθηκών θαλάσσης) προκειμένου το σύστημα να διατηρεί την απόδοση και αξιοπιστία του. Σε γενικές γραμμές οι χώροι του πλοίου μπορούν να εξυπηρετηθούν είτε από τοπικά στοιχεία ψύξης του ανακυκλούμενου αέρα ή να τροφοδοτηθούν με χρήση οχρών από κεντρική μονάδα επεξεργασίας αέρα. Και στις δυο περιπτώσεις η ψύξη του αέρα επιτυγχάνεται με ψυχρό νερό ενώ η θέρμανση γίνεται με ηλεκτρικές αντιστάσεις.

Τα συστήματα μελετούνται ξεχωριστά για κάθε πλοίο και η υλοποίηση βασίζεται σε γενικές γραμμές σε μια κεντρική μονάδα παραγωγής ψυχρού νερού που διαμοιράζεται σε κεντρικές μονάδες ψύξης / θέρμανσης αέρα και σε τοπικά στοιχεία επιπρόσθετης ψύξης. Οι αισθητήρες που απαιτούνται για την λειτουργία του συστήματος διακρίνονται σε δύο ομάδες, αυτούς που εξυπηρετούν την λειτουργία της εγκατάστασης παραγωγής ψυχρού νερού και αυτούς που ρυθμίζουν την θερμοκρασία αέρος .

Η εγκατάσταση παραγωγής ψυχρού ύδατος είναι μια εφαρμογή του ψυκτικού κύκλου όπου σε κατάλληλο ρευστό, του μεταβάλουμε τις συνθήκες πίεσης/θερμοκρασίας προκειμένου να αξιοποιήσουμε την ιδιότητα απορρόφησης/μετάδοσης ενέργειας για την μεταβολή της κατάστασης του από ρευστό σε αέριο και αντίστροφα. Για τον έλεγχο της παραπάνω «μηχανής» απαιτούνται αισθητήρες για μέτρηση πιέσεων και θερμοκρασιών των ρευστών (ψυκτικό ρευστό, ψυχρό νερό, θαλασσινό νερό). Αυτοί είναι κατάλληλα αισθητήρια για την μέτρηση των θερμοκρασιών και συνήθως διακόπτες πίεσης για τον έλεγχο των πιέσεων. Οι διακόπτες πίεσης αποτελούνται από ένα δακτυλιοειδές τύμπανο που λόγω της διαμόρφωσης του μεταβάλλει την διάσταση του κάθε ύψους καθώς αυξάνει η πίεση εσωτερικά του, με συνδυασμό ελατηρίων και μοχλών ρυθμίζεται σε ποια πίεση μετακινούνται οι επαφές του μικροδιακόπτη.

Τα σήματα των αισθητήρων γίνονται αντικείμενα επεξεργασίας από την κεντρική μονάδα ελέγχου η οποία επιβλέπει τους συμπίεστες και τις αντλίες του συστήματος προκειμένου να παράγεται ψυχρό νερό συγκεκριμένης θερμοκρασίας. Παράλληλα μπορεί να εκδώσει οπτικά σήματα σφαλμάτων ή και να θέσει εκτός λειτουργίας την μονάδα σε περίπτωση βλάβης. Η μονάδα είναι διασυνδεδεμένη με το κεντρικό σύστημα ελέγχου για τον τηλεχειρισμό του και την τηλεμετρία των ενδείξεων λειτουργίας.

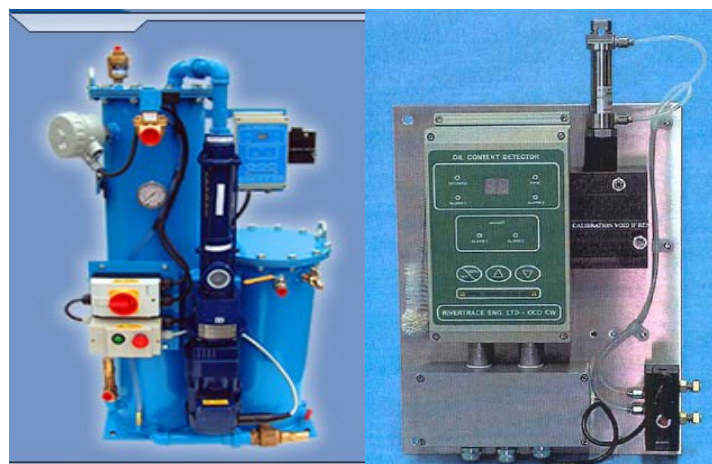
Στον ενιαίο πίνακα όπου βρίσκεται η μονάδα ελέγχου της κλιματιστικής εγκατάστασης βρίσκονται και οι χειρισμοί των μονάδων επεξεργασίας αέρος και των τοπικών στοιχείων ψύξης ανακύκλωσης αέρος. Τα ανοίγματα των αεραγωγών που βρίσκονται εξωτερικά του πλοίου και εξυπηρετούν παροχή ή εκροή αέρος ελέγχονται με χρήση οριοδιακοπών θέσης. Οι οριοδιακοπές έχουν διπλή χρήση αφενός για έλεγχο της κατάστασης του ανοίγματος, αφετέρου για την απενεργοποίηση του αντίστοιχου ηλεκτρικού κινητήρα του ανεμιστήρα/εξαεριστήρα που εξυπηρετείται από το συγκεκριμένο άνοιγμα. Όλοι παραπάνω χειρισμοί και ενδείξεις ελέγχονται και από το κεντρικό σύστημα.

### 1.3.4 Βιολογικός Καθαρισμός Λυμάτων

Βάσει των συνθηκών προστασίας του θαλασσιού περιβάλλοντος IMO Resolution MEPC 60(33)/MEPC 107(49) απαιτείται στα πλοία τα λύματα να γίνονται αντικείμενα επεξεργασίας από κατάλληλα συστήματα ώστε τα τελικά εκκρεομενα υγρά να είναι φιλικά προς το περιβάλλον. Στα πλοία υπάρχουν δυο ειδών λύματα, τα βιολογικά και τα ελαιώδη κατάλοιπα μηχανών. Και τα δυο συστήματα λειτουργούν ανεξάρτητα μεταξύ τους και αυτόνομα με ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου που είναι διασυνδεδεμένη με το κεντρικό σύστημα του πλοίου.

Το σύστημα βιολογικού καθαρισμού διαχωρίζεται σε δύο τμήματα, την συγκέντρωση και επεξεργασία των λυμάτων. Η συγκέντρωση των λυμάτων γίνεται με ανάπτυξη αρνητικής πίεσης στο δίκτυο προκειμένου να αναρροφώνται τα λύματα απευθείας από τις λεκάνες και τους συλλέκτες υγροποιήσεων/σαπουνόνερων. Η υποπίεση δημιουργείται από κατάλληλες αντλίες που ελέγχονται από την τοπική μονάδα που ελέγχει συνεχώς την τιμή της πίεσης μέσω αισθητήρα πίεσης. Η επεξεργασία των λυμάτων γίνεται με μεταφορά των λυμάτων από συνδυασμό δεξαμενών ανάμιξης με χημικά διάσπασης/αδρανοποίησης και αντλιών ανάμιξης, σπαστίρων και εκδίωξης. Η αλληλουχία των λειτουργιών είναι συνεχόμενη και ελέγχεται από την τοπική μονάδα για την υλοποίηση της απαιτούνται αισθητήρες στάθμης δεξαμενών και χημικής σύστασης λυμάτων.

Το σύστημα καθαρισμού ελαιωδών καταλοίπων διαχωρίζει τα ελαιώδη λύματα σε νερό που αποβάλλει στην θάλασσα και κατάλοιπα που αποθηκεύει σε δεξαμενή μέχρι το πλοίο να τα παραδώσει σε κατάλληλες εγκαταστάσεις στους λιμένες. Αποτελείται από δύο τμήματα την συγκέντρωση και επεξεργασία των καταλοίπων και περιορίζεται για την έκταση των μηχανοστασίων. Η συγκέντρωση των καταλοίπων γίνεται με κατάλληλες αντλίες θετικού εκτοπίσματος προκειμένου να μπορούν να αναπτύσσουν αρνητική πίεση στο δίκτυο αναρρόφησης. Το σύστημα μπορεί να αναρροφά απευθείας από τα μηχανοστάσια ή από την δεξαμενή συγκέντρωσης ελαιωδών λυμάτων. Η επεξεργασία γίνεται με μεταφορά των καταλοίπων από κατάλληλα διαμορφωμένη δεξαμενή συγκέντρωσης ύδατος που επιπλέον διαθέτει φίλτρα κατακράτησης στερεών καταλοίπων. Ο έλεγχος των λειτουργιών είναι συνεχόμενος και γίνεται από την τοπική μονάδα με κυριότερο όργανο τον αισθητήρα μέτρησης της ύπαρξης ελαιωδών καταλοίπων στα προς εξαγωγή λύματα. Από το κεντρικό σύστημα γίνεται τηλεχειρισμός του συστήματος και έλεγχος της λειτουργικής κατάστασης της μονάδας ενώ με απευθείας διασύνδεση αισθητήρων στάθμης γίνεται η μέτρηση της στάθμης των δεξαμενών συγκέντρωσης ελαιωδών λυμάτων και καταλοίπων,(βλέπε[8]).



Σχήμα 9: Μονάδα διαχωρισμού ελαιωδών καταλοίπων και μονάδα ελέγχου ποιότητας υδάτων

### 1.3.5 Σύστημα Πόσιμου/ Ζεστού Ύδατος

Το σύστημα ποσίμου νερού διαχωρίζεται σε τέσσερα τμήματα:

- παραγωγή πόσιμου νερού
- αποθήκευση πόσιμου νερού
- παραγωγή ζεστού νερού
- διανομή πόσιμου και ζεστού νερού

Για την παραγωγή του πόσιμου ύδατος χρησιμοποιούνται αφαλατωτές αντιστροφής όσμωσης. Κατά την διαδικασία αυτή με αντλία υψηλής πίεσης παρέχεται θαλασσινό νερό σε διάταξη ημιπερατών μεμβρανών από της οποίες με το φαινόμενο της αντίστροφης όσμωσης μεταφέρεται μέρος του νερού από το μείγμα του θαλασσινού προς το πόσιμο νερό. Η λειτουργία τους είναι πλήρως αυτόματη από τοπική μονάδα που είναι διασυνδεδεμένη με το κεντρικό σύστημα για τηλεχειρισμό και έκδοση σημάτων σφάλματος. Οι αισθητήρες που απαιτούνται είναι διακόπτες πίεσης για τον έλεγχο της διαδικασίας όσμωσης και αισθητήρα για την μέτρηση της αλατότητας του παραγόμενου ύδατος. Ο αισθητήρας αλατότητας μετρά την αγωγιμότητα του νερού που προκαλείται από τα διαλυμένα σε αυτό άλατα. Αποτελείται από τρεις σε σειρά δακτυλίους πάνω σε εποξικό κύλινδρο και μετρώντας την αναπτυσσόμενη τάση στο μεσαίο δακτύλιο λόγω των εκατέρωθεν φορτισμένων δακτυλίων υπολογίζεται η αγωγιμότητα του νερού .

Η αποθήκευση του ποσίμου νερού γίνεται σε δεξαμενές των οποίων η ποσότητα του νερού μετράται με χρήση αισθητηρίων πίεσης, τα οποία είναι απευθείας συνδεδεμένα με το κεντρικό σύστημα. Τα αισθητήρια αυτά έχουν βασιστεί στην αρχή λειτουργίας μέτρησης της υδροστατικής πίεσης με τη χρήση κατάλληλου κατασκευασμένου διαφράγματος που είναι συνδεδεμένο με τον πυρήνα ενός αισθητήριου Linear Variable Differential Transformer (LVDT) υψηλής διακριτότητας. Η έξοδος από την ενισχυτική διάταξη είναι στο εύρος 4-20mA. Η μετρούμενη υδροστατική πίεση των δεξαμενών γίνεται αντικείμενο επεξεργασίας από το κεντρικό σύστημα σε συνδυασμό με τις αποθηκευμένες καμπύλες ογκομέτρησης των δεξαμενών προκειμένου να μετατρέπεται σε ποσότητα ύδατος.

Η παραγωγή του ζεστού νερού γίνεται από ηλεκτρικούς θερμοσίφωνες που ελέγχονται από τοπική μονάδα της οποίας τα μοναδικά αισθητήρια είναι οι θερμοστάτες λειτουργίας/ασφαλείας και η διάταξη έλεγχου υλοποιείται εντός του εκκινητή. Οι θερμοσίφωνες ενεργοποιούνται τοπικά αλλά είναι συνδεδεμένοι και με το κεντρικό σύστημα για έλεγχο της κατάστασης τους.

Τέλος η διανομή του νερού γίνεται με αντλίες για το πόσιμο νερό ενώ και για το ζεστό νερό υπάρχει αντλία κυκλοφορίας. Το κεντρικό σύστημα τηλεχειρίζει τις αντλίες του ποσίμου ύδατος και τη με χρήση αισθητηρίου πίεσης που μετατρέπει την μετρούμενη πίεση σε ρεύμα εύρους 4-20mA καταγράφει την πίεση λειτουργίας του δικτύου. Το αισθητήριο είναι απευθείας συνδεδεμένο με τοπικό κιβώτιο I/O BOX προκειμένου να έχουμε την έλεγχο της πίεσης του δικτύου, (βλέπε[8]).

### 1.3.6 Σύστημα Πετρελαίου

Το πετρέλαιο αποτελεί την κύρια πηγή ενέργειας στα πλοία και σε συνδυασμό των απαιτήσεων αυτονομίας αποτελεί ποσοστό του συνολικού εκτοπίσματος του πλοίου της τάξεως >15%. Το σύστημα πετρελαίου αποτελείται από τις δεξαμενές αποθήκευσης και τα δίκτυα διανομής/πλήρωσης.

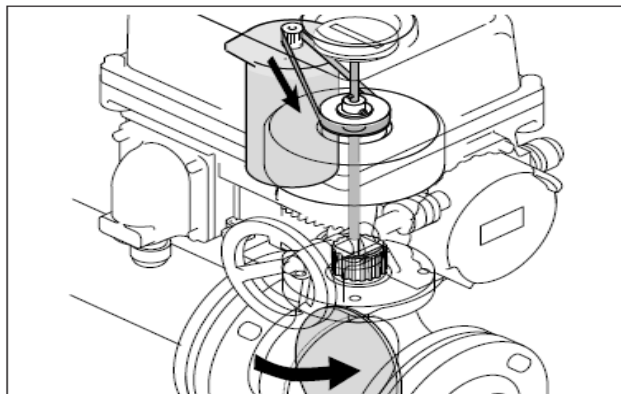
Υπάρχουν δεξαμενές αποθήκευσης που ελέγχονται από το κεντρικό σύστημα με διάταξη αισθητήρων ιδίου μοντέλου με αυτά που χρησιμοποιήθηκαν και στις δεξαμενές ποσίμου.

Τα δίκτυα διανομής διακρίνονται ανάλογα με την χρήση τους είτε για παροχή του καυσίμου προς τους καταναλωτές (μηχανές πρόωσης, ηλεκτρομηχανές) είτε για μετάγγιση/πλήρωση δεξαμενών. Η μετάγγιση του πετρελαίου γίνεται με την χρήση ηλεκτρικών αντλιών με δυνατότητα διέλευσης του καυσίμου από φίλτρα κατακράτησης στερεών σωματιδίων και υγρασίας. Σε αυτό το τμήμα υφίσταται τηλεχειρισμός στα επιστόμια, που είναι κατευθείαν διασυνδεδεμένα με το κεντρικό σύστημα ώστε να ελέγχονται για βλάβες, και στις αντλίες.

Στα τηλεχειριζόμενα επιστόμια η κίνηση του μηχανισμού του επιστομίου γίνεται από ένα κινητήρα και η τελικές θέσεις ελέγχονται από μικροδιακόπτες ώστε να διακοπεί η τροφοδότηση του κινητήρα όταν ολοκληρωθεί η κίνηση και να ελέγχεται η κατάσταση του (ανοικτό, κλειστό, ενδιάμεση θέση).

Στα φίλτρα υπάρχουν αισθητήρες διαφορικής πίεσης για έλεγχο ενδεχόμενης απόφραξης των στοιχείων και αισθητήρες υγρασίας για τους συλλέκτες αυτής εντός των φίλτρων. Τα φίλτρα διαθέτουν ενσωματωμένους τους προαναφερθέντες αισθητήρες. Ειδικότερα ο αισθητήρας ανίχνευσης στάθμης στον συλλέκτη παρακράτησης υγρασίας έχει ως αρχή λειτουργίας την ανίχνευση της μεταβολής της χωρητικότητας στον περιβάλλοντα χώρο του αισθητηρίου. Αυτή η μεταβολή στο ηλεκτρόδιο του αισθητήρα διεγείρει έναν ταλαντωτή, αναγκάζοντας τον για να δονηθεί (σε μια συχνότητα περίπου 600 kHz).

Τέλος οι αισθητήρες διαφορικής πίεσης ελέγχουν την διαφορά πίεσης μεταξύ της εισόδου και τις εξόδου από το φίλτρο. Σε περίπτωση που υπερβεί η διαφορική πίεση μια καθορισμένη τιμή της τάξεως 0,5 έως 1 Bar τότε ενεργοποιείται ο διακόπτης και αποστέλλεται σήμα στο κεντρικό σύστημα ένδειξης απόφραξης του φίλτρου,(βλέπε[9]).



Σχήμα 10: Τηλεχειριζόμενο επιστόμιο στο δίκτυο πετρελαίου



### 1.3.7 Σύστημα Λαδιού

Το λάδι ως λιπαντικό αποτελεί βασικό λειτουργικό ρευστό των μηχανών για λίπανση και ψύξη των κινούμενων τμημάτων. Στα πλοία αποτελεί ποσοστό επί του συνολικού καυσίμου της τάξεως του 2% (βλέπε[9]) καθώς για τις μηχανές εσωτερικής καύσης είναι δικαιολογημένη η κατανάλωση ελαίου κατά την λειτουργία και απαιτείται στα πλαίσια περιοδικών συντηρήσεων. Το σύστημα λαδιού κατά αντιστοιχία με το σύστημα πετρελαίου αποτελείται από τις δεξαμενές αποθήκευσης και τα δίκτυα διανομής/πλήρωσης.

Οι δεξαμενές αποθήκευσης ελέγχονται από το κεντρικό σύστημα με διάταξη αισθητήρων ιδίου τύπου με αυτά που χρησιμοποιήθηκαν και στις δεξαμενές ποσίμου.

Τα δίκτυα διανομής διακρίνονται ανάλογα με την χρήση τους είτε για παροχή του ελαίου προς τους καταναλωτές (μηχανές πρόωσης, ηλεκτρομηχανές, μειωτήρες στροφών) είτε για μετάγχιση/πλήρωση δεξαμενών. Η μετάγχιση του ελαίου γίνεται με την χρήση ηλεκτρικών αντλιών που ο χειρισμός τους γίνεται μόνο τοπικά.

### 1.3.8 Σύστημα Αέρα

Στα πλοία ο πεπιεσμένος αέρας βρίσκει πλήθος εφαρμογών σε συστήματα ελέγχου και παραγωγής μηχανικής ενέργειας. Οι πιέσεις κυμαίνονται ανάλογα με το είδος εφαρμογής και διακρίνονται σε τρία πεδία:

- α) χαμηλής (6-10Bar) για χρησιμοποίηση από τα σύστημα ελέγχου (ενεργοποίηση εμβόλων, βαλβίδων) και για χρήση από εργαλεία
- β) μέσης (30-50Bar) για εκκίνηση μηχανών εσωτερικής καύσης (μηχανές πρόωσης , ηλεκτρομηχανές)
- γ) υψηλής (200-350Bar) σε αυτήν την πίεση παράγεται από τους αεροσυμπιεστές και αποθηκεύεται σε αεριοφυλάκια προκειμένου να επιτευχθεί μεγαλύτερη αποθήκευση αέρος στα περιορισμένου όγκου αεριοφυλάκια. Παράλληλα ο αέρας σε αυτήν την πίεση χρησιμοποιείται μετά από επεξεργασία για χρήση από τις αναπνευστικές συσκευές(βλέπε [9]).

Το σύστημα του πεπιεσμένου αέρα διακρίνεται στο σύστημα παραγωγής και διανομής. Σε συνδυασμό με τα προαναφερόμενα και στα τρία πεδία πίεσης υφίστανται κατάλληλα επιλεγμένης χωρητικότητας αεριοφυλάκια συγκέντρωσης / εξομάλυνσης της πίεσης ανάλογα με τον ρυθμό κατανάλωσης που επικρατεί σε κάθε πεδίο.

Η παραγωγή αέρος υψηλής πίεσης γίνεται από ηλεκτροκίνητους εμβολοφόρους συμπιεστές. Σε αυτούς υπάρχει τοπική μονάδα ελέγχου που υλοποιείται με διάταξη ηλεκτρονόμων και χρονοδιακοπών και υφίσταται εντός του εκκινητή κάθε αεροσυμπιεστή για την προστασία του συστήματος και την αυτόματη λειτουργία. Οι ασφαλιστικές διατάξεις παρέχουν προστασία στον ηλεκτρικό κινητήρα για περίπτωση απώλειας φάσης τροφοδότησης, υπερέντασης και υψηλής θερμοκρασίας του κινητήρα καθώς και προστασία από υψηλή πίεση αέρος και χαμηλή πίεση λαδιού στο μηχανικό τμήμα του συμπιεστή. Επιπλέον στην αυτόματη λειτουργία ο αεροσυμπιεστής εκκινεί και σταματά προκειμένου να διατηρεί την πίεση του δικτύου εντός των ορίων και σε καθορισμένα χρονικά διαστήματα κατά την λειτουργία εκτελεί εξυδατώσεις στα φίλτρα υγραποιήσεων που διαθέτει.

Τα αισθητήρια που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο του αεροσυμπιεστή είναι διακόπτες πίεσης αντίστοιχα:

- για την ελάχιστη πίεση λαδιού λειτουργίας με ρολό ασφαλιστικού άμεσης διακοπής λειτουργίας ρυθμισμένο στο 1 Bar
- για την μέγιστη πίεση αέρος κατάθλιψης με ρολό ασφαλιστικού άμεσης διακοπής λειτουργίας ρυθμισμένο στα 230 Bar
- για τον καθορισμό του εύρους πίεσης λειτουργίας του αεροσυμπιεστή

Το κεντρικό σύστημα είναι διασυνδεδεμένο με την τοπική μονάδα των αεροσυμπιεστών, για τηλεχειρισμό και έλεγχο της λειτουργίας, αλλά και με τους μεταδότες πίεσης που υφίστανται και στα τρία πεδία πίεσης. Τα αισθητήρια που χρησιμοποιήθηκαν για την μέτρηση της πίεσης στα δίκτυα διανομής μετατρέπουν την μετρούμενη πίεση σε ρεύμα εύρους 4-20mA. Η αρχή λειτουργίας τους στηρίζεται στην μεταβολή της αντίστασης συστοιχίας strain gages σε γέφυρα Wheatstone όταν αυτά είναι τοποθετημένα σε κεραμική επιφάνεια της οποίας μεταβάλλονται οι διαστάσεις λόγω ανάπτυξης πίεσης.

### 1.3.9 Σύστημα Αέρος Ελίκων

Στα πλοία όπου χρησιμοποιείται η συμβατική μέθοδος πρόωσης με χρήση ελίκων κύριος παράγοντας μελέτης είναι η υδροδυναμική κατασκευή των πτερυγίων. Συχνά όμως οι απαιτήσεις μεταφοράς ισχύος οδηγούν σε αντικρουόμενες λύσεις επιλογής εύρους στροφών και θέσης τοποθέτησης των ελίκων στα ύφαλα του πλοίου. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα στις εφαρμοζόμενες λύσεις να εμφανίζεται το φαινόμενο της σπηλαιώσης στην επιφάνεια των πτερυγίων. Η σπηλαιώση είναι το φαινόμενο της αποκόλλησης της ροής του ρευστού από την κινούμενη επιφάνεια με αποτέλεσμα την ανάπτυξη περιοχών ασταθούς πίεσης γεγονός που οδηγεί σε κραδασμούς και τοπική φθορά του υλικού, (βλέπε[9]). Με στόχο την απομείωση του φαινομένου έχουν αναπτυχθεί τεχνικές που στηρίζονται στην εμφύσηση πεπιεσμένου αέρα από κατάλληλα ακροφύσια από την επιφάνεια του πτερυγίου ή από τα ακροπρυμνα στηρίγματα των ελικοφόρων αξόνων.

Συχνά η παραγωγή αέρος γίνεται από ηλεκτροκίνητους ακτινικούς συμπιεστές. Σε αυτούς υπάρχει τοπική μονάδα ελέγχου για την λειτουργία και έκδοση σημάτων εσφαλμένης λειτουργίας. Τα σήματα βλάβης αφορούν την λειτουργία του ηλεκτρικού κινητήρα και σχετίζονται με την απώλεια φάσης στο παρερχόμενο ρεύμα, υπερένταση και υπερθέρμανση κινητήρα.

Το κεντρικό σύστημα στο οποίο είναι διασυνδεδεμένες οι τοπικές μονάδες είναι υπεύθυνο να θέτει εντός ή εκτός τους αεροσυμπιεστές ανάλογα με της στροφές των αξόνων. Επίσης με χρήση αισθητήρων πίεσης ελέγχει την παρερχόμενη πίεση αέρος προς τους έλικες. Τα αισθητήρια είναι όμοια (έξοδος μετρούμενου μεγέθους στο εύρος 4-20mA) με αυτά που χρησιμοποιούνται στο σύστημα πεπιεσμένου αέρος.

## 1.4 Συστήματα Ελέγχου Βλαβών

Τα συστήματα που περιλαμβάνονται στον έλεγχο βλαβών αποτελούν αυτά που ανιχνεύουν την ανάπτυξη επικίνδυνων καταστάσεων (πυρκαγιάς, διαρροής) καθώς επίσης και τα εγκαταστημένα συστήματα που χρησιμοποιούνται για την αντιμετώπιση των καταστάσεων αυτών.

### 1.4.1 Σύστημα Πυρανίχνευσης

Η φωτιά αποτελεί τον σοβαρότερο κίνδυνο σε ένα πλοίο που συχνά οδηγεί σε μοιραία αποτελέσματα. Ο έγκαιρος προσδιορισμός της θέσης της εστίας φωτιάς από το προσωπικό είναι ο καθοριστικός παράγοντας για την επιτυχή αντιμετώπιση της. Έτσι στα πλοία εγκαθίσταται τα πιο σύγχρονα ολοκληρωμένα συστήματα πυρανίχνευσης. Αυτά αποτελούνται από την μονάδα ελέγχου και τους αισθητήρες που είναι διασκορπισμένοι σε όλους τους χώρους του πλοίου. Οι χώροι στο πλοίο διακρίνονται σε ενδιαιτήσεις, αποθήκες, μαγειρεία, διαμερίσματα ηλεκτρικών/ηλεκτρονικών συσκευών και μηχανοστάσια. Για τις αποθήκες ανάλογα του είδους του πλοίου μπορεί να χρησιμοποιούνται για εύφλεκτα ή και εκρηκτικά υλικά. Οι αισθητήρες ποικίλλουν ανάλογα τον χώρο που βρίσκονται και είναι ομαδοποιημένοι σε ζώνες ανάλογα την τοπολογική θέση των διαμερισμάτων. Οι αισθητήρες που διασυνδέονται με το σύστημα πυρανίχνευσης διακρίνονται σε,(βλέπε[10]):

- Οπτικούς ανιχνευτές καπνού για γενική χρήση σε όλους τους χώρους. Σε αυτούς εσωτερικά υπάρχει προσανατολισμένη πηγή προς δέκτη φωτός (υπέρυθρου) όπου σε περίπτωση απουσίας του καπνού η ισχύς μεταφέρεται από την πηγή στον δέκτη. Στην περίπτωση ύπαρξης καπνού τότε σκεδάζεται το φως από τα σωματίδια του καπνού λόγω της διάστασης τους, με αποτέλεσμα να μεταφέρεται τελικά μικρότερη ισχύς στον δέκτη και να οδηγεί σε διακοπή του κυκλώματος.
- Ανιχνευτές ιονισμένων αερίων για χρήση σε χώρους όπου μπορεί να αναπτυχθεί φωτιά χωρίς την εκπομπή ορατού καπνού. Σε αυτούς εσωτερικά υπάρχουν δυο αντίθετα φορτισμένες πλάκες που περιέχουν Αμερίκιο που εκπέμπει Άλφα σωματίδια. Όταν δεν υπάρχει καπνός μεταξύ των πλακών τα σωματίδια Άλφα ionίζουν τα άτομα οξυγόνου και αζώτου που οδηγούνται προς τις πλάκες προκαλώντας έτσι μια συνεχή ροή ρεύματος μεταξύ των πλακών. Ενώ σε αντίθετη περίπτωση τα σωματίδια του καπνού προσκαλούνται στα ιόντα με αποτέλεσμα να διακόπτετε η ροή ρεύματος. Γενικά οι αισθητήρες αυτοί είναι ιδιαίτερα ευαίσθητη στον καπνό ακόμα και όταν αυτός δεν είναι ορατός.
- Ανιχνευτές ρυθμού αύξησης θερμοκρασίας για χώρους μαγειρείων και καθορισμένου ορίου θερμοκρασίας. Σε αυτούς υπάρχουν στοιχειά τύπου θερμιστορ σε διάταξη γέφυρας .
- Ανιχνευτές φλόγας για χώρους μηχανοστασίων. Αυτοί αποτελούνται από δέκτη υπεριώδους ( 380 μm – 480 μm) ή υπέρυθρου ( 800μm) και ενεργοποιούνται από την ακτινοβολία που προκαλείται από την φλόγα των πετρελαιοειδών καυσίμων.
- Διακόπτες θραύσης κρυστάλλου για την ενεργοποίηση του συστήματος χειροκίνητα από το προσωπικό και βρίσκονται τοποθετημένοι σε όλους τους χώρους

Σε κάθε περίπτωση ενεργοποίησης ενός αισθητήρα το σύστημα εκδίδει ηχητικό και οπτικό σήμα στο τοπικό πίνακα ελέγχου και μέσω της διασύνδεσης του με το κεντρικό σύστημα ελέγχου του πλοίου ενημερώνονται και με τις αντίστοιχες ενδείξεις και οι σελίδες των χειριστών. Επιπλέον υπάρχει η διασύνδεση με το σύστημα εσωτερικών ανακοινώσεων προκειμένου να σημειωθεί ο γενικός συναγερμός εφόσον δε αναγνωριστεί το σφάλμα έγκαιρα από το προσωπικό ασφαλείας. Τέλος με την ενεργοποίηση της πυρανίχνευσης το κεντρικό σύστημα εκδίδει αυτόματα τις εντολές για την διακοπή λειτουργίας στους κινητήρες των ανεμιστήρων και εξαεριστήρων που υποστηρίζουν τη ζώνη του ενεργοποιημένου αισθητήρα καθώς και αυτών που εξυπηρετούν και τις παρακείμενες ζώνες.



Σχήμα 11: Τοπικός πίνακας ελέγχου και αισθητήρια πυρανίχνευσης

#### 1.4.2 Σύστημα Δικτύου Πυρκαγιάς

Στα πλοία υπάρχει το δίκτυο θαλασσινού νερού που εκτείνεται σε όλο το μήκος και ύψος του και εξυπηρετεί τις λήψεις πυρόσβεσης, αυτό ονομάζεται και δίκτυο πυρκαγιάς. Το δίκτυο υποστηρίζεται από κατάλληλο αριθμό ηλεκτροκίνητων αντλιών, των οποίων ο αριθμός εξαρτάται από την διάσταση του πλοίου και των περιφερικών συστημάτων που πιθανών να εξυπηρετούνται από αυτό (π.χ. η δυνατότητα παροχής νερού για βοηθητική ψύξη μηχανημάτων δεν πρέπει να απομειώνει την δυνατότητα παροχής νερού για κατάσβεση πυρκαγιάς).

Οι ηλεκτροκίνητες αντλίες ελέγχονται από τοπικούς πίνακες που εσωκλείουν τις ασφαλιστικές διατάξεις για την προστασία των τριφασικών κινητήρων (προστασία για υπέρταση, υπερφόρτωση, απώλεια φάσης και θερμοκρασία τυλίγματος). Οι τοπικοί πίνακες είναι διασυνδεδεμένοι με το κεντρικό σύστημα προκειμένου να τηλεχειρίζονται οι αντλίες. Το κεντρικό σύστημα με χρήση αισθητηρίων πίεσης την καταγράφει και επιλέγει την ενεργοποίηση ή μη των αντλιών ώστε να διατηρείται η πίεση στο δίκτυο εντός ορίων. Τα αισθητήρια μετατρέπουν την μετρούμενη πίεση σε ηλεκτρικό σήμα 4-20mA με χρήση γέφυρας Wheatstone, (βλέπε[10]). Σε διαμερίσματα όπου υπάρχει υψηλός κίνδυνος ανάπτυξης φωτιάς λόγω των υλικών που τον απαρτίζουν ή αποθηκεύονται υφίσταται δίκτυο με κατενοιστήρες που μπορούν να κατακλύσουν το διαμέρισμα και να περιορίσουν την

φωτιά ή να ψύξουν τα αποθηκευμένα υλικά προκειμένου να γίνουν αδρανή. Το δίκτυο αυτό εξυπηρετείται από το δίκτυο πυρκαγιάς μέσω τηλεχειριζόμενων επιστομιών. Αναλόγως τον σχεδιασμό του πλοίου μπορούν να είναι ηλεκτρικά τηλεχειριζόμενα από το κεντρικό σύστημα ενταγμένα στο σύστημα πυρανίχνευσης/πυρασφάλειας ή χειροκίνητα τηλεχειριζόμενα από εξωτερικούς χώρους των διαμερισμάτων. Στην σε κάποιες εφαρμογές υπάρχουν δίκτυα κατενόηστων μόνο για τις αποθήκες επικίνδυνων/εκρηκτικών υλικών που τα επιστόμια είναι χειροκίνητα τηλεχειριζόμενα εξωτερικά των αποθηκών. Σε σειρά με αυτά τα επιστόμια έχουν τοποθετηθεί αισθητήρες ροής που είναι διασυνδεδεμένοι με το κεντρικό σύστημα για την επιβεβαίωση/γνωστοποίηση της εκτελουμένης διαδικασίας κατάκλισης διαμερίσματος με θαλασσινό νερό. Οι αισθητήρες αποτελούνται από έναν διακόπτη που αλλάζει κατάσταση καθώς είναι συνδεδεμένος μηχανικά με κατάλληλο διάφραγμα που μετακινείται λόγω της ροής του ρευστού(βλέπε[10]).

### 1.4.3 Σύστημα Πυρόσβεσης με Κατάκλιση CO<sub>2</sub>,(βλέπε[10])

Για την αντιμετώπιση της φωτιάς μπορούν να χρησιμοποιηθούν και αδρανή αέρια προκειμένου να απομακρυνθεί το οξυγόνο από την εστία. Επιπλέον υπάρχουν εφαρμογές όπου χρησιμοποιούνται χημικές ενώσεις σε μορφή αερίου που επεμβαίνουν στην αλυσιδωτή αντίδραση της καύσης και την διακόπτουν. Οι τακτικές αυτές ακολουθούνται για χώρους όπου υπάρχει κίνδυνος φωτιάς από πετρελαιοδη ρευστά και η χρήση του νερού δεν είναι αποτελεσματική προκειμένου με ασφάλεια να γίνει κατάσβεση. Επισημαίνεται ότι σε όλες τις περιπτώσεις της παραπάνω μεθοδολογίας δεν πρέπει να υπάρχει προσωπικό στον χώρο, όπου γίνεται χρήση αερίων πυρόσβεσης, αν δεν φέρει κατάλληλο αναπνευστικό εξοπλισμό. Τέλος βάσει διεθνών κανονισμών SOLAS IMO δεν επιτρέπεται να υπάρχει δυνατότητα της αυτόματης ενεργοποίησης εγκατεστημένων συστημάτων πυρόσβεσης με αέρια.

Με βάση τα παραπάνω σε πολλά πλοία επιλέγεται να χρησιμοποιηθεί σύστημα κατάκλισης με CO<sub>2</sub>. Σε αυτό απαιτούνται ασφαλιστικές διατάξεις που γνωστοποιούν στο προσωπικό ότι πρόκειται να εκτελεστεί κατάκλιση και υλοποιούνται στην τοπική μονάδα ελέγχου. Το παραπάνω επιτυγχάνεται με παγίδευση των κιβωτίων ελέγχου / ενεργοποίησης της κατάκλισης καθώς επίσης και των θυρών πρόσβασης στους χώρους αποθήκευσης των φιαλών. Η παγίδευση γίνεται με χρήση οριοδιακοπών θηρών. Οι οριοδιακόπτες είναι συνδεδεμένοι στο κιβώτιο ελέγχου CO<sub>2</sub> που υλοποιείται με διάταξη ηλεκτρονόμων προκειμένου να ενεργοποιηθούν οι αντίστοιχες σειρήνες και φάρους για να γνωστοποιηθεί η κίνηση στο προσωπικό.

Τέλος υπάρχουν διακόπτες πίεσης στα δίκτυα που οδηγούν το αέριο προς τους χώρους και με αυτούς ελέγχεται αν έχει εκτελεστεί η απελευθέρωση του αερίου. Οι αισθητήρες αυτοί είναι συνδεδεμένοι με το κιβώτιο ελέγχου CO<sub>2</sub> προκειμένου με την ενεργοποίηση και αυτών να μεταβληθούν οι ηχητικές ενδείξεις για την ενημέρωση του προσωπικού. Επιπρόσθετα η τοπική μονάδα ελέγχου είναι διασυνδεδεμένη με το κεντρικό σύστημα για να τηλεμετρά την κατάσταση του συστήματος κατακλίσεως των μηχανοστασίων.

#### 1.4.4 Σύστημα Ελέγχου Στεγανότητας

Στο κεντρικό σύστημα γίνεται αποτύπωση σε πραγματικό χρόνο της κατάστασης όλων των ανοιγμάτων του πλοίου. Τα ανοίγματα του πλοίου διακρίνονται σε εξωτερικά και εσωτερικά και μπορεί να είναι αεραγωγοί ή θύρες και καταπακτές. Αναλόγως του μεγέθους του σκάφους υπάρχει η περίπτωση τα εσωτερικά ανοίγματα μεταξύ των στεγανών να γίνονται αντικείμενα τηλεχειρισμού. Για τα ανοίγματα του αερισμού/εξαερισμού και καταπακτών υπάρχουν διακόπτες και στις δυο τελικές θέσεις ( ανοικτό , κλειστό ) προκειμένου τα ανοίγματα να ασφαρίζονται από τους χρήστες στην τελική τους θέση είτε τοπικά είτε με τηλεχειρισμό απο το κέντρο ελ. Με την χρήση διακοπών επιτυγχάνεται η αναγνώριση της κατάστασης του ανοίγματος με αστερέωτο καπάκι (ούτε ανοικτό, ούτε κλειστό) και η αναγνώριση βλάβης σε αισθητήρα για την περίπτωση ενδείξης και κλειστό και ανοικτό καπάκι.

Όλοι οι παραπάνω αισθητήρες διασυνδέονται κατευθείαν σε τοπικά συστήματα ελέγχου και από το κεντρικό σύστημα ενημερώνεται συνεχώς η αντίστοιχη σελίδα απεικόνισης των ανοιγμάτων του πλοίου.

#### 1.4.5 Σύστημα Ελέγχου Κυτών

Σε όλους τους χώρους του κατώτερου καταστρώματος ενός πλοίου υφίστανται αισθητήρες ένδειξης στάθμης υγρού για την ανίχνευση ύπαρξης διαρροής. Οι αισθητήρες είναι διασυνδεδεμένοι απευθείας με το κεντρικό σύστημα και γίνεται αποτύπωση σε πραγματικό χρόνο της κατάστασης όλων των στεγανών του πλοίου. Η αρχή λειτουργίας στηρίζεται στην διάθλασης του φωτός. Εντός του πρίσματος υπάρχει ένας ημιαγωγός (LED) εκπομπής και ένας δεκτής υπέρυθρου. Όταν το πρίσμα είναι στην ατμόσφαιρα τότε όλη η ισχύς μεταφέρεται από τον πομπό στον δέκτη ενώ όταν αυτό είναι μέσα σε υγρό (νερό, καύσιμο, έλαιο) τότε μέρος της υπέρυθρου διαθλάται και στον δεκτή μετρούμε μειωμένη ισχύ. Η λαμβανόμενη ισχύς στον δέκτη ελέγχεται από κατάλληλο κύκλωμα που ανάλογα με τη ρύθμιση της ευαισθησίας εκδίδει σήμα στάθμης τάσης προς το κεντρικό σύστημα ελέγχου,(βλέπε[11]).

Ο έλεγχος της λειτουργίας για κάθε αισθητήριο γίνεται από τοπικό κουτί που περιέχει το κύκλωμα υποστήριξης και σε αυτό υλοποιείται η προσαρμογή και διασύνδεση των αισθητηρίων με το κεντρικό σύστημα ελέγχου. Στο κύκλωμα ελέγχου γίνεται και αναγνώριση βλάβης αισθητήρα ή διακοπής της καλωδίωσης και σε όλες τις περιπτώσεις αυτό ισοδύναμει για το κεντρικό σύστημα με ένδειξη ύπαρξης νερού προκειμένου το προσωπικό ασφαλείας να μεταβει στο χώρο για έλεγχο.

#### 1.4.6 Σύστημα Εξάντλησης Κυτών

Για την αντιμετώπιση της διαρροής εντός του πλοίου έχει κατασκευαστεί δίκτυο σωλήνων προκειμένου να εξαντλούνται τα συγκεντρωμένα ύδατα. Ανάλογα το μέγεθος του πλοίου αυτό το δίκτυο μπορεί να είναι συνεχόμενο ή τμηματικά αυτόνομο, σε όλες τις περιπτώσεις καλύπτει το σύνολο των στεγανών του πλοίου. Η εξάντληση μπορεί να πραγματοποιηθεί με ηλεκτροκίνητες αντλίες ή εκχυτήρες που λειτουργούν με την αρχή του Bernoulli. Σε κάθε περίπτωση τα σήματα που πρέπει να ελέγχονται είναι η υποπίεση που επικρατεί στο εσωτερικό του δικτύου κυτών και η θέση των επιστομίων σε περίπτωση που αυτά είναι τηλεχειριζόμενα.

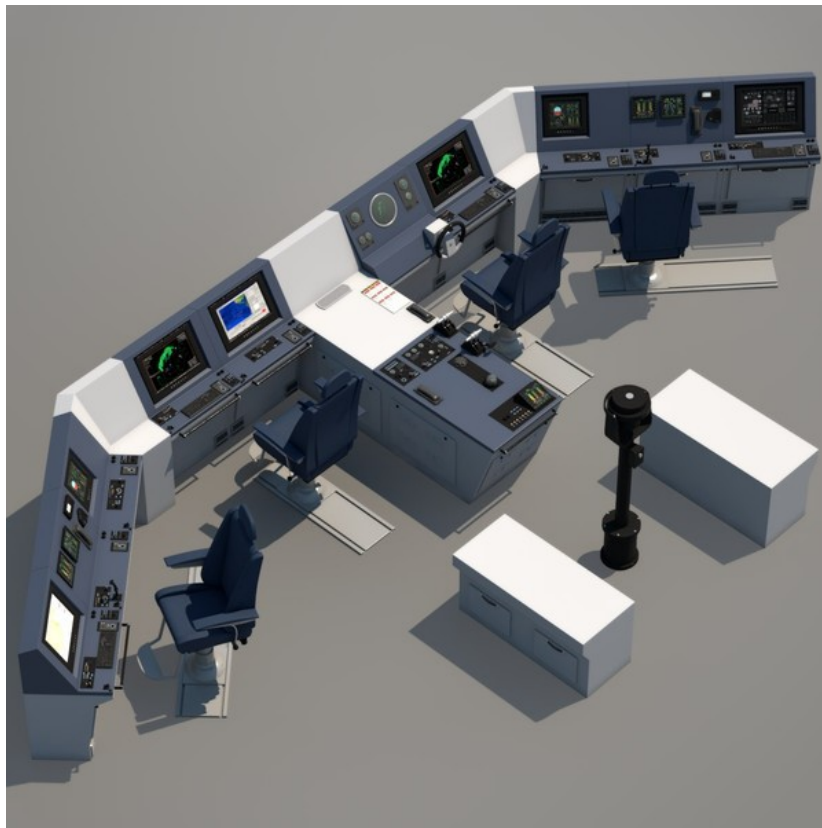
## 3<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ

### 1. Ελέγχος Πλοίου

#### 1.1 Κεντρικό Σύστημα Ελέγχου

Το κεντρικό σύστημα ελέγχου (Machinery Centralized Control & Monitoring System) παρέχει την δυνατότητα ελέγχου και παρακολούθησης των συστημάτων του πλοίου που είναι με αυτό διασυνδεδεμένα. Στην υλοποίηση διακρίνουμε τα τρία παρακάτω επίπεδα:

- α) Διασύνδεσης και ομαδοποίησης των σημάτων
- β) Μεταφοράς και διαχείρισης των σημάτων
- γ) Επεξεργασίας και οπτικοποίησης των σημάτων



Σχήμα 12: Κεντρικό σύστημα ελέγχου σε 3d

Η διασύνδεση πραγματοποιείται από σύνολο κιβωτίων εισόδου/εξόδου (I/O BOX) στα οποία γίνεται η διασύνδεση των επί μέρους συστημάτων. Τα I/O BOX μέσω ενός βρόγχου οπτικών ινών, μεταφέρουν τις πληροφορίες από τους αισθητήρες προς τους κεντρικούς επεξεργαστές για ομαδοποίηση και επεξεργασία ή λαμβάνουν εντολές και εκδίδουν τα σήματα ελέγχου. Υπάρχει ομαδοποίηση των I/O Box ανάλογα των συστημάτων που υποστηρίζουν και κατά αντιστοιχία υλοποιούνται σε φυσικό επίπεδο τρεις βρόγχοι για το πλωριό, το πρυμναίο μηχανοστάσιο και για τα βοηθητικά μηχανήματα.

Οι κεντρικοί επεξεργαστές ονομάζονται LPU και χαρακτηρίζονται σύμφωνα με το βρόγχο που υλοποιούν σε FWD,AFT Propulsion και Auxiliary&Electrical Power Control And Monitoring System. Οι LPU ελέγχουν και ρυθμίζουν την λειτουργία του βρόγχου ενώ ταυτόχρονα είναι διασυνδεδεμένοι με αστεροειδή τοπολογία μεταξύ τους και με τους σταθμούς εργασίας,(βλέπε[12]).

Τέλος, στους σταθμούς εργασίας που βρίσκονται στην γέφυρα και στο κέντρο ελέγχου γίνεται η οπτικοποίηση όλων των ενδείξεων και μπορεί να εκτελεστεί ο τηλεχειρισμός των μηχανημάτων. Σε αυτούς παρέχεται η δυνατότητα καταγραφής των σφαλμάτων που έχουν εμφανιστεί είτε τήρηση ιστορικού γραφήματος για την μεταβολή στο χρόνο αναλογικών σημάτων εισόδου. Τα συστήματα αυτά σχεδιάζονται συνήθως από τμεγάλες εταιρίες και για η λειτουργία των σταθμών εργασίας είναι βασισμένη πάνω σε σύγχρονα λειτουργικά συστήματα(OS).

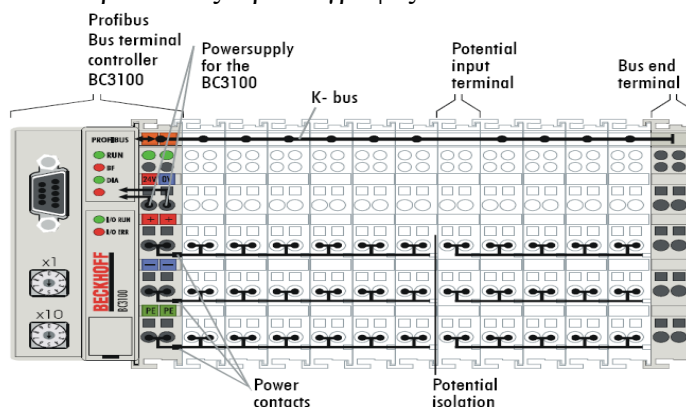
Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται η μη επάνδρωση των μηχανοστασίων και περιορισμό των επισκέψεων σε αυτά από το προσωπικό μόνο για την εκτέλεση περιοδικών ελέγχων ασφαλείας και εργασιών σε μη τηλεχειριζόμενες διαδικασίες. Τελικό αποτέλεσμα η μείωση του προσωπικού που απαιτείται και ταυτόχρονα η διασφάλιση υψηλού βαθμού αξιοπιστίας του συστήματος.

## 1.2 Τοπικά Συστήματα Ελέγχου ( I/O BOX)

Τα τοπικά συστήματα ελέγχου είναι διάσπαρτα σε όλο το πλοίο προκειμένου να μεταφέρονται τα απαραίτητα σήματα προς τα τηλεχειριζόμενα συστήματα και να συλλέγουν τις πληροφορίες από του αισθητήρες. Από την παράθεση των συστημάτων στο προηγούμενο κεφάλαιο συγκεντρωτικά έχουμε να διαχειριστούμε τέσσερα σήματα,(βλέπε[12]):

- α) Ψηφιακά σήματα εισόδου (π.χ. κατάσταση ηλεκτρονόμων σε εκκίνητες ηλεκτρικών κινητήρων, ενεργοποίηση αισθητήρα κυτών)
- β) Αναλογικά σήματα εισόδου (π.χ. αισθητήρας μέτρησης πίεσης στο δίκτυο πυρκαγιάς, θερμοκρασία θαλασσινού νερού, θέση χειριστηρίου ελέγχου στροφών μηχανής)
- γ) Ψηφιακά σήματα εξόδου (π.χ. ενεργοποίηση ηλεκτρονόμων σε εκκίνητες ηλεκτρικών κινητήρων, ενεργοποίηση ηχητικού σήματος)
- δ) Αναλογικά σήματα εξόδου (π.χ. ηλεκτρικό όργανο ένδειξης στροφών μηχανής)

Στις τοπικές μονάδες υπάρχουν οι κάρτες διασύνδεσης (Input/Output Bus Terminal) των σημάτων εισόδου εξόδου και ο τελικός προσαρμογές δικτύου (Bus Terminal Controller). Στις διατάξεις αυτές χρησιμοποιούνται πρότυπα διάλυο επικοινωνίας (Fieldbus) που ικανοποιούν της εκάστοτε Ευρωπαϊκές Προδιαγραφές.





Σχήμα 13: Εσωτερική δομή ενός I/O BOX(Profibus)

Τα πρότυπα αυτά προδιαγράφουν τα τεχνικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά μιας σειριακής διασύνδεσης που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε κατακεντρωμένα δίκτυα μεταφοράς ψηφιακών ή και αναλογικών σημάτων από συστήματα αυτοματισμού χαμηλού ρυθμού μεταφοράς πληροφοριών (αισθητήρες, εκκινητές). Στα πλοία υπάρχει η ανάγκη να γίνεται σαφής διαχωρισμός μεταξύ των συσκευών σε αφέντη (Master) και εργάτη (Slave).

Master συσκευές είναι αυτές που ελέγχουν το δίαυλο και έχουν την εξουσιοδότηση να εκδίδουν μηνύματα χωρίς αυτό να τους έχει αιτηθεί. Στα πλοία master συσκευές είναι οι κεντρικοί επεξεργαστές (LPU) που υπάρχουν σε κάθε δακτύλιο διασύνδεσης των I/O Box. Slave συσκευές είναι ο τελικός προσαρμογέας δικτύου (Bus Terminal Controller) που είναι διασυνδεδεμένοι οι αισθητήρες των συστημάτων και με τον οποίο συνδέονται τα τερματικά των σημάτων εισόδου εξόδου. Οι τελικοί προσαρμογείς διαθέτουν ενσωματωμένο τον ελεγκτή για την υλοποίηση του εκάστοτε fieldbus προτύπου και φυσικά υπάρχει πλήθος τερματικών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ανάλογως του είδους των σημάτων που διαχειριζόμαστε. Τα τερματικά επικοινωνούν μέσω διαύλου που υλοποιείται προκαθορισμένο αριθμό συρμάτων και απαιτείται ο τερματισμός του με το τελικό τερματικό. Ο προγραμματισμός του μπορεί να γίνει από την τοπική θύρα είτε μέσω του δικτύου.

### 1.3 Σύστημα Ομαδοποιημένης Διαχείρισης Τοπικών Συστημάτων Ελέγχου

Τα τοπικά συστήματα ελέγχου ( I/O BOX) είναι διασυνδεδεμένα σε δίκτυο δακτυλίου που υλοποιείται με διπλή οπτική ίνα προκειμένου να υλοποιείται η αριστερόστροφη και δεξιόστροφη μεταφορά των δεδομένων στο φυσικό επίπεδο του δικτύου. Η επιλογή της διπλής διαδρομής επιλέγεται προκειμένου να αυξηθεί η αξιοπιστία του συστήματος σε περίπτωση βλάβης της γραμμής ή κιβωτίου I/O BOX που θα οδηγούσε σε διακοπή του βρόγχου. Ο έλεγχος του δακτυλιοειδούς δικτύου γίνεται από τον διαχειριστή των τοπικών μονάδων LPU που είναι διασυνδεδεμένος στον βρόγχο. Τα τρία συστήματα FWD,AFT Propulsion και Auxiliary&EPCAMS υλοποιούνται με τρεις ανεξάρτητους βρόγχους. Για τα δίκτυα FWD και AFT Propulsion ο έλεγχος γίνεται από μια LPU αντίστοιχα,(βλέπε[12]).

Για τα υποσυστήματα FWD και AFT Propulsion οι τοπικές μονάδες σημάτων (I/O BOX) που είναι διασυνδεδεμένες διαχειρίζονται σήματα που σχετίζονται με την λειτουργία των μηχανών πρόωσης κάθε μηχανοστασίου αντίστοιχα. Τα σήματα αυτά αφορούν:

- Ενδείξεις στα αναλογικά όργανα των στροφών μηχανών και αξονικών, ενδείξεις για την κατάσταση λειτουργίας των μηχανών και μεταφορά εντολών προς το προωθηριο σύστημα από τα χειριστήρια στην γέφυρα και στο κέντρο ελέγχου. Αυτό υλοποιείται από δυο αντίστοιχα I/O BOX στις θέσεις αυτές
- Κατάσταση (ανοικτό / κλειστό) των ανοιγμάτων αναρρόφησης αέρος και των οχετών καυσαερίων υπό / υπέρ ισάλου των μηχανών πρόωσης
- Λειτουργίας ηλεκτροκίνητων εξαεριστήρων μηχανοστασίων
- Ενδείξεις των πιέσεων αέρος στα συστήματα χαμηλής και υψηλής καθώς και ο έλεγχος λειτουργίας ηλεκτροκίνητων αεροσυμπιεστών μηχανοστασίων
- Ενδείξεις λειτουργίας των συστημάτων ανόρθωσης 24Volt DC και φόρτισης συστοιχιών μπαταριών
- Ενδείξεις στάθμης δεξαμενών πετρελαίου χρήσεως από μηχανές, τηλεχειρισμοί επιστομίων τροφοδότησης μηχανών, έλεγχος ηλεκτροκίνητων αντλιών μετάγγισης πετρελαίου από δεξαμενές αποθηκεύσεως προς τις χρήσεως

- Κατάσταση λειτουργίας μηχανής και μειωτήρα. Ειδικά για τις μηχανές έχει χρησιμοποιηθεί σύνθετη λύση όπου ο τηλεχειρισμός γίνεται μέσω I/O BOX (εντολές εκκίνησης, σύμπλεξης, αύξησης στροφών) ενώ η τηλεμετρία των μηχανών γίνεται με σειριακή διασύνδεση της LPU απευθείας με κάθε μηχανή
- Κατάσταση λειτουργίας μονάδας καθαρισμού ελαιωδών καταλοίπων και σύνολο τηλεχειριζόμενων επιστομίων δικτύου μετάγγισης πετρελαίου καθώς και οι ενδείξεις στάθμης δεξαμενών πετρελαίου αποθηκεύσεως. Τα σήματα αυτά εξυπηρετούνται από τον βρόγχο του Πλωριού μηχανοστασίου καθώς αυτό καθορίζεται ως κρισιμότερο

Με την κατανομή αυτή το κάθε υποσύστημα ελέγχει ολοκληρωμένα το αντίστοιχο μηχανοστάσιο προκειμένου να διατηρηθεί ο έλεγχος πρόωσης σε περίπτωση βλάβης ενός εκ των δυο υποσυστημάτων ή απώλειας ενός ολόκληρου μηχανοστασίου λόγω φωτιάς ή διαρροής.

Για το υποσύστημα Auxiliary&EPCAMS οι τοπικές μονάδες σημάτων (I/O BOX) που είναι διασυνδεδεμένες διαχειρίζονται σήματα που σχετίζονται με την λειτουργία των υπολοίπων βοηθητικών συστημάτων του πλοίου καθώς επίσης με την παραγωγή και διανομή ηλεκτρικής ισχύος. Τα σήματα αυτά αφορούν,(βλέπε[12]):

- Ενδείξεις και έλεγχος εντολών για ακινητοποίηση ανεμιστήρων και εξαεριστήρων πλοίου καθώς και κατάστασης συστήματος κλιματισμού
- Κατάσταση θυρών και ανοιγμάτων
- Έλεγχος ηλεκτροκίνητων αντλιών πυρκαγιάς και μέτρησης πίεσης λειτουργίας συστήματος
- Ενδείξεις και έλεγχος ηλεκτρομηχανών
- Ενδείξεις ηλεκτρικών μεγεθών παραγόμενης ηλεκτρικής ισχύος ( τάση ,ρεύμα , ισχύς και συχνότητα), έλεγχος κυριών διακοπών πινάκων διανομής καθώς και έλεγχος διαδικασιών συγχρονισμού γεννητριών και κατατομής ισχύος
- Έλεγχος πηδαλίου , αεροσυμπιεστών ελίκων και σταθμιστήρων
- Έλεγχος των ανεμιστήρων και εξαεριστήρων πλοίου
- Κατάστασης συστήματος αντιμετώπισης φωτιάς σε μηχανοστάσια (προετοιμασία ενεργοποίησης, κατάκλιση χώρων με διοξείδιο του άνθρακα CO<sub>2</sub>)
- Κατάσταση συστήματος πυρανίχνευσης (ενεργοποίηση ή μη ζώνης αισθητήρων) και συστήματος ανίχνευσης διαρροών
- Έλεγχος λειτουργίας μονάδων παραγωγής πόσιμου νερού και ηλεκτροκίνητων αντλιών ποσίμου και ζεστού νερού

Στο Auxiliary&EPCAMS προκειμένου να αυξηθεί η αξιοπιστία και να διατηρηθεί ο έλεγχος στα βοηθητικά μηχανήματα χρησιμοποιήθηκαν δυο LPU όπου η μια έχει τον έλεγχο και η δεύτερη είναι σε αναμονή και έτοιμη να αναλάβει τον έλεγχο (Master, Slave).

Στα υποσυστήματα FWD και AFT Propulsion οι LPU αποτελούνται από ένα υπολογιστή κατασκευάστριας

Στο υποσύστημα Auxiliary&EPCAMS υπάρχει η διαφοροποίηση με τα παραπάνω στο ότι δεν απαιτείται κάρτα διασύνδεσης με τον ελεγκτή των κυριών μηχανών. Επιπλέον μέσα στα κιβώτια των LPU υφίστανται οι μετατροπείς Profibus Converter για την διασύνδεση αυτών με τον βρόγχο των I/O BOX.

Για λόγους αξιοπιστίας του συστήματος συνήθως κατασκευάζεται διπλό δίκτυο με αστεροειδή τοπολογία μεταξύ LPU και σταθμών εργασίας (WORKSTATION). Η κάρτα δικτύου χρησιμοποιείται για την υλοποίηση του δεύτερου δικτύου διασύνδεσης μεταξύ των

LPU και WORKSTATION καθώς το ένα υλοποιείται με την υπάρχουσα διασύνδεση της μονάδας μικροϋπολογιστή,(βλέπε[12]).

Με στόχο την μείωση του βάρους των καλωδιώσεων και των ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών γίνεται μετατροπή του ηλεκτρικού σήματος της υλοποίησης του δικτύου Ethernet σε οπτικό και οδήγηση του σε βρόγχο οπτικών ινών. Η κάρτα διασύνδεσης με ελεγκτή κυριών μηχανών χρησιμοποιείται εάν ο έλεγχος της κατάστασης λειτουργίας μηχανής και μειωτήρα παρέχεται από σειριακή θύρα από τον ελεγκτή της μηχανής.

#### 1.4 Σύστημα Κεντρικού Ελέγχου (Workstation)

Ο έλεγχος της εγκατάστασης μπορεί να γίνεται από δυο χώρους του πλοίου μέσω των σταθμών εργασίας που είναι εγκατεστημένοι , ένας στην γέφυρα και δυο στο κέντρο ελέγχου. Από τους σταθμούς εργασίας (workstation) ο χειριστής μπορεί να ελέγχει και να τηλεχειρίζεται τα διασυνδεδεμένα μηχανήματα όπως αυτά έχουν περιγραφεί παραπάνω. Οι σταθμοί εργασίας αποτελούνται από ένα υπολογιστή που διαθέτει οθόνη , πληκτρολόγιο , ηχητική κόρνα και trackerballs. Επιπλέον στην γέφυρα και στο κέντρο ελέγχου πέραν των σταθμών εργασίας υπάρχουν οι μοχλοί ελέγχου μηχανών και ο πίνακας ενδείξεων αναλογικών οργάνων στροφών λειτουργίας μηχανών και αξονικού συστήματος καθώς και τα απαραίτητα ενδεικτικά λειτουργίας μηχανών καθώς και τα κομβία εκκίνησης, διακοπής λειτουργίας και ακινητοποίησης ανάγκης. Επιπλέον υπάρχει ένας φορητός υπολογιστής που διαθέτει το λογισμικό και μπορεί να λειτουργήσει ως φορητός σταθμός εργασίας (Portable WorkStation). Αυτός μπορεί να συνδεθεί στο δίκτυο από κατάλληλα επιλεγμένα ζωτικά σημεία του πλοίου προκειμένου να λειτουργήσει επικουρικά ή σε κατάσταση ανάγκης όπου δεν μπορούν να επανδρωθούν οι σταθερές θέσεις εργασίας.

Ο χρήστης που αναλαμβάνει το σταθμό εργασίας μπορεί να θέτει εντός και εκτός λειτουργίας και έχει την ευθύνη για την αναγνώριση των συμβάντων. Ο έλεγχος του συστήματος μπορεί να αναληφθεί από τον χρήστη του σταθμού εργασίας ανάλογα με την βαθμό εξουσιοδότησης που διαθέτει και μπορεί να είναι συνολικός ή επιμέρους για κάποιο υποσύστημα. Βασική αρχή είναι ότι δεν μπορούν δυο χρήστες να διαθέτουν ταυτόχρονα τον έλεγχο σε ίδια υποσύστημα. Ο κάθε χρήστης μπορεί να επιτρέψει ή όχι στους υπόλοιπους χρήστες να ελέγξει οποιοδήποτε σύστημα εφόσον διαθέτει ανώτερο βαθμό εξουσιοδότησης από αυτούς . Στην μοναδική περίπτωση όπου υπάρχει μόνο ένας ενεργοποιημένος τότε αυτός αποκτά τον συνολικό έλεγχο αυτόματα .

Η τοπολογία του δικτύου είναι αστεροειδής με χρήση ενός Industrial Ethernet Rail Switch και σε αυτό είναι διασυνδεδεμένες οι LPU και τα WorkStation. Για λόγους επαύξησης της αξιοπιστίας του συστήματος υπάρχει και δεύτερο δίκτυο ίδιας διάρθρωσης σε ρόλο BackUp και το κάθε ένα Rail Switch είναι τοποθετημένο εντός των LPU Auxiliary&EPCAMS. Σε κάθε ένα από τα παραπάνω Rail Switch έχει συνδεθεί ένα Industrial ETHERNET Rail Hub που εξυπηρετεί τις λήψεις για την φορητή μονάδα. Με την διάταξη αυτή επιτυγχάνεται η αύξηση του βαθμού αξιοπιστίας για την χρησιμοποίηση των θέσεων της φορητής μονάδας καθώς οι λήψεις διαμοιράζονται και εξυπηρετούνται και από τα δυο ανεξάρτητα δίκτυα(βλέπε[12]).

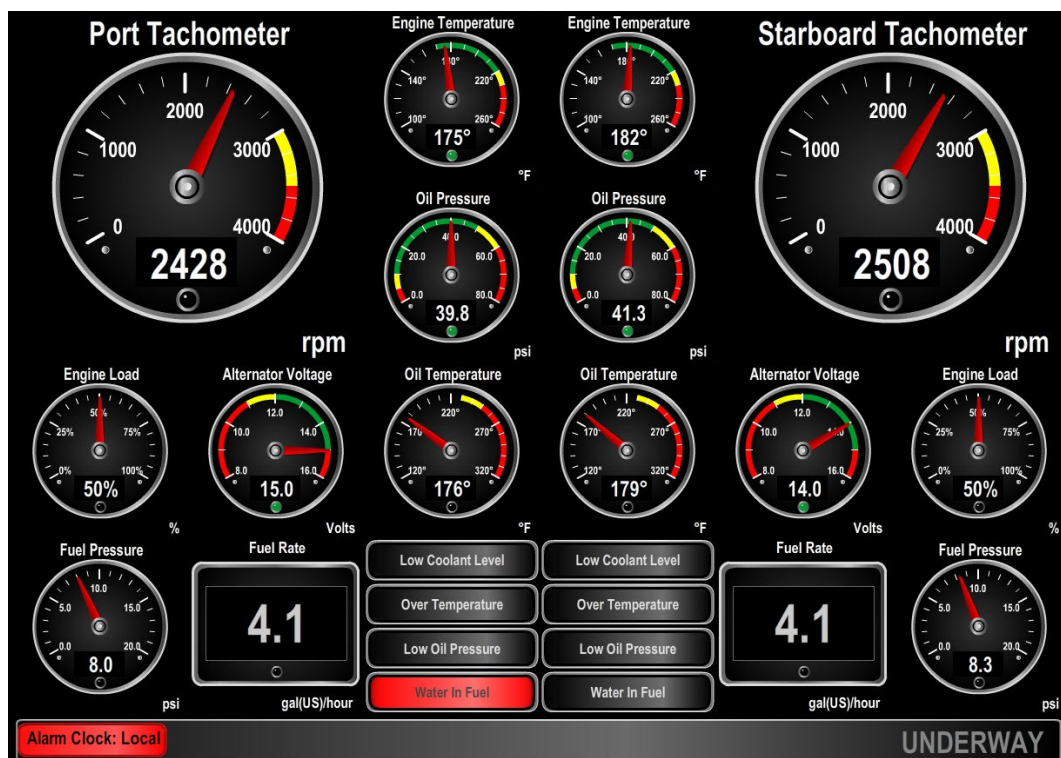
### 1.5. Περιβάλλον Οπτικής Απεικόνισης (Man Machine Interface)

Η ιδέα του απομακρυσμένου ελέγχου ήταν η διευκόλυνση του ανθρώπου να ελέγχει από απόσταση μηχανές και σε αυτό το σύστημα μεταξύ της μηχανής και του ανθρώπου εκτός από τις γραμμές μεταφοράς σημάτων, αισθητήρες και επεξεργαστές υπάρχει το τελικό στάδιο της « διεπαφής » των αισθήσεων όρασης και ακοής του ανθρώπου με το σύστημα .

Η διεπαφή του ανθρώπου με το μηχάνημα (Man Machine Interface) πραγματοποιείται στους σταθμούς εργασίας όπου η μέθοδος απεικόνισης των παραμέτρων λειτουργίας του συστήματος αποτελεί καθοριστικό παράγοντα προκειμένου να είναι προσφιλές και εύχρηστο στο προσωπικό που το χειρίζεται .

Στους σταθμούς εργασίας υπάρχει μια δενδροειδής κατανομή των σελίδων που απεικονίζουν την κατάσταση του συστήματος. Η δομή μπορεί να διαφέρει αλλά συνήθως έχουμε μια σελίδα εισόδου από την οποία ο χειριστής συνδέεται με το σύστημα και ακολουθεί η σελίδα του κυρίως μενού. Στο κυρίως μενού παρουσιάζονται το σύνολο των σελίδων που υπάρχουν διαχωρισμένες σε τέσσερα τμήματα ανάλογα με το είδος του συστήματος που εξυπηρετούν:

- α) Πρόωση (κύριες μηχανές ,μειωτήρες και αξονικό σύστημα)
- β) Παραγωγή και διανομή ηλεκτρικής ισχύος ( ηλεκτρομηχανές , γεννήτριες και πίνακες διανομής )
- γ) Βοηθητικά μηχανήματα (αεροσυμπιεστές, κλιματισμός, αερισμός, δεξαμενές , αντλίες μετάγγισης, πηδάλια, σταθμίστερες και βιολογικός)
- δ) Έλεγχος βλαβών (κατάσταση κυτών, πυρανίχνευση, αντλίες πυρκαγιάς και κατάσταση θυρών/ανοιγμάτων)



Σχήμα 14:Σελίδα κυρίως μενού

Για τα τέσσερα γενικά τμήματα υπάρχουν αντίστοιχα η κεντρική σελίδα όπου γίνεται περίληψη των σημαντικότερων πληροφοριών π.χ. στην συγκεντρωτική σελίδα της πρόωσης παρουσιάζονται οι μηχανές, μειωτήρες και άξονες με τις απαραίτητες πληροφορίες για την κατάσταση λειτουργίας τους. Ακολουθούν για κάθε ένα σύστημα και η αντίστοιχη σελίδα όπου τηλεμετρώνται οι αισθητήρες του και όπου είναι δυνατό τηλεχειρίζονται η λειτουργίες.

Πέραν των ανωτέρω υπάρχουν και κάποιες σελίδες που δεν εντάσσονται στον παραπάνω διαχωρισμό καθώς αποτελούν σελίδες γενικής υποβοήθησης και αυτές κατατάσσονται σε γενικές κατηγορίες:

- Σελίδες συγκέντρωσης και απεικόνισης αναφορών. Για την απεικόνιση των αναφορών υπάρχει η σελίδα των τρεχόντων αναφορών και η συνολική ιστορική καταγραφή των αναφορών. Εκεί ανάλογα με τον βαθμό εξουσιοδότησης του χειριστή μπορεί να αναγνωρίσει ένα σφάλμα και να εκλέξει την ιστορική διαδοχή των χειρισμών που εκτελέστηκαν
- Παραμετροποίησης του συστήματος. Τα ηλεκτρικά σήματα που λαμβάνονται από τους αισθητήρες μέσω μονοσήμαντης συνάρτησης μετατρέπονται στο φυσικό μέγεθος που μετρούν. Από τις σελίδες παραμετροποίησης του συστήματος ο χειριστής μπορεί να διορθώσει τις συναρτήσεις μετατροπής των σημάτων
- Επιλεκτικής παρουσίασης σημάτων. Με αυτές ο χειριστής μπορεί να δημιουργήσει σελίδες όπου σε μορφή πίνακα μπορεί να ελέγχει σε πραγματικό χρόνο τις πληροφορίες από αισθητήρες που ανήκουν σε διαφορετικά συστήματα. Επιπλέον του παρέχεται η δυνατότητα να καθορίσει παραμέτρους που θα καταγράφονται στο χρόνο προκειμένου να παραχθούν διαγράμματα από τα οποία μπορεί ο χειριστής να αντλεί πληροφορίες για την μελλοντική εξέλιξη της συμπεριφοράς των τιμών τους. Τέλος μπορεί να ζητήσει από τους άλλους χειριστές να πάρει τον έλεγχο συστημάτων που δεν είναι αρχικά εξουσιοδοτημένος να ελέγχει
- Αυτοδιάγνωσης δικτύου. Στις σελίδες αυτοδιάγνωσης του δικτύου γίνεται απεικόνιση των δικτύων που υλοποιούνται ( βρόγχος για τα I/O BOX , αστεροειδές για LPU και WorkStation) και παρουσίαση των τμημάτων που έχουν εσφαλμένη λειτουργία προκειμένου ο χειριστής να καθοδηγηθεί γρηγορότερα στη αποκατάσταση της βλάβης

## 4<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ

### 1. Αυτοματοποιημένα Συστήματα

#### 1.1 Συστήματα Αυτοματοποιημένης Ένδειξης Βλαβών

Σε κάθε μηχανήμα λόγω του πλήθους των υλικών που το αποτελούν είναι στατιστικά βέβαιο ότι κάποια στιγμή θα παρουσιάσει βλάβη μικρής ή μεγάλης επίδρασης. Για την περίπτωση ενός πλοίου και γενικότερα μιας εγκατάστασης που διαθέτει μεγάλο αριθμό και ποικιλία μηχανημάτων, ο έλεγχος σε τοπικό επίπεδο είναι δυνατόν να εκτελεστεί υπό προϋποθέσεις (π.χ. ικανές συνθήκες που επιτρέπουν την παραμονή ανθρώπου) και με παραδοχές (π.χ. έλεγχος ανά τακτά χρονικά διαστήματα). Σε κάθε περίπτωση η έγκαιρη αναγνώριση της βλάβης ή της λειτουργίας του μηχανήματος εκτός των καθορισμένων ορίων είναι προϋπόθεση για την αξιοπιστία ενός συστήματος. Ένα σύστημα μπορούμε να το απεικονίσουμε διαγραμματικά αποτελούμενο από τα ακόλουθα τέσσερα βασικά τμήματα:

- α) το μηχανήμα που ελέγχουμε και αυτό μπορεί να είναι μια θερμική μηχανή, ένας ηλεκτρικός κινητήρας ή ένα ολόκληρο σύστημα όπως η πυραυλίνευση ή ο έλεγχος στεγανότητας και ανοιγμάτων.
- β) οι αισθητήρες που είναι τοποθετημένοι στο μηχανήμα και σε αυτούς συμπεριλαμβάνονται και οι μονάδες ελέγχου και υποστήριξης αυτών
- γ) οι γραμμές μεταφοράς των δεδομένων από τους αισθητήρες προς το σύστημα ελέγχου. Στο σύνολο αυτό συμπεριλαμβάνονται οι γραμμές από τους αισθητήρες έως το στάδιο ομαδοποίησης καθώς και τα δίκτυα που υλοποιούνται μεταξύ των σταθμών ομαδοποίησης σημάτων μέχρι η πληροφορία να φτάσει στο κεντρικό σύστημα.
- δ) το κεντρικό σύστημα τηλεμετρίας που μπορεί να είναι ένας ή περισσότεροι υπολογιστές και σε αυτό συμπεριλαμβάνεται και το δίκτυο που υφίσταται σε περίπτωση πολλαπλών σταθμών εργασίας

Στην παραπάνω γενική θεώρηση ενός συστήματος υπάρχει η περίπτωση που στην θέση του μηχανήματος και των αισθητήρων είναι άλλο υποσύστημα ελέγχου. Αυτού του είδους η δένδροειδής κατασκευή ακολουθείται για την μείωση της πολυπλοκότητας που θα προέκυπτε από την κατασκευή ενός ενιαίου συστήματος λόγω της ασυμβατότητας μεταξύ των υποσυστημάτων που αποτελούν το πλοίο. Παράδειγμα ο τοπικός έλεγχος των μηχανών υλοποιεί τον απομακρυσμένο έλεγχο της μηχανής και του μειωτήρα καθώς επίσης διαθέτει και όλες τις ασφαλιστικές διατάξεις. Αυτός συνδέεται με το κεντρικό σύστημα και μεταφέρει ομαδοποιημένα της πληροφορίες μέσω σειριακής σύνδεσης. Σε ένα σύστημα ελέγχου αυτού του τύπου οι ενδείξεις των λειτουργικών χαρακτηριστικών από κάθε μηχανήμα είναι αποτέλεσμα:

- άμεσης αναγνώρισης και αναφερόμαστε για όλα τα λειτουργικά χαρακτηριστικά των οποίων οι ενδείξεις αποστέλλονται από τοπικούς αισθητήρες.
- έμμεσης αναγνώρισης και αφορά κυρίως την ικανότητα του συστήματος να συγκρίνει τα μεγέθη με προκαθορισμένα όρια τιμών και να εκδίδει ενδείξεις σε περίπτωση απόκλισης της λειτουργίας.

Η υλοποίηση της άμεσης αναγνώρισης απαιτεί καλό σχεδιασμό και ισορρόπηση με τεχνοοικονομικά κριτήρια καθώς σε κάθε μηχανήμα υπάρχει πλήθος παραμέτρων που μπορούν να μετρηθούν και οι δυνατότητες που παρέχονται από πλευράς αισθητήρων καθώς

και τα είδη που υπάρχουν είναι πολλά. Η άμεση αναγνώριση της λειτουργικής κατάστασης ενός μηχανήματος με χρήση αισθητήρων αφορά την απεικόνιση των φυσικών μεγεθών με αναλογικούς αισθητήρες αλλά και την διάγνωση βλαβών από διακοπτικούς αισθητήρες με καθορισμένα όρια ή λειτουργίες.

Παράδειγμα στην ηλεκτρομηχανή υπάρχει ο αισθητήρας που μετρά την πίεση του λαδιού λιπάνσεως και την απεικονίζει σε τοπικό όργανο και σε σειρά μεταδίδει το σήμα προς το σύστημα ελέγχου . Ένας επιπλέον αισθητήρας πίεσης ελαίου ( πρεσοστατης ρυθμισμένος για το χαμηλό όριο λειτουργίας ) ελέγχει μια επαφή που με την σειρά της επενεργεί στο τοπικό πίνακα ελέγχου για την υλοποίηση των ασφαλιστικών διατάξεων και έκδοση σήματος βλάβης.

Η έμμεση αναγνώριση της κατάστασης ενός μηχανήματος είναι αποτέλεσμα της κριτικής ικανότητας και του επιπέδου νοημοσύνης που έχει το κεντρικό σύστημα ελέγχου. Αυτού του είδους η διεργασία γίνεται για αναγνώριση σφαλμάτων που είναι σε εξέλιξη ή πρόκειται να εμφανιστούν. Η υλοποίηση αυτών γίνεται από το λογισμικό του κεντρικού συστήματος και σε αυτή συμπεριλαμβάνεται και η αναγνώριση των σταλαμάτων που εμφανίζονται στην ίδια την διάταξη τηλεμετρίας . Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται είναι οι ακόλουθοι,(βλέπε[12]):

- συγκρίσεις των μετρούμενων αναλογικών τιμών από τους αισθητήρες με προκαθορισμένα όρια
- συγκρίσεις των μετρούμενων τιμών από τους πολλαπλούς αισθητήρες που τοποθετούνται και αποδοχή των μετρήσεων εφόσον οι διαφορές τους είναι εντός των ορίων ανοχής
- αναγνώριση της τάσης που ακολουθείται στον χρόνο . Παράδειγμα : μεταξύ δυο ιδίων σφαιροτριβων με ίδια θερμοκρασία μπορούμε να έχουμε έγκαιρη ένδειξη βλάβης αν στον ένα η τιμή είναι σταθεροποιημένη στο χρόνο ενώ στον δεύτερο έχουμε ανοδική τάση
- περιοδικότητα εμφάνισης . Μπορεί το σύστημα να συμπεράνει ότι υπάρχει ένδειξη διαρροής αέρος όταν η περιοδικότητα λειτουργίας των αεροσυμπιεστών αυξηθεί .
- αλληλοσύσχετιση παραμέτρων μεταξύ διαφορετικών συστημάτων στην περίπτωση αυτή το σύστημα μεταβάλλει τα όρια αποδεκτών τιμών ανάλογα με τα συστήματα που λειτουργού και την κατάσταση που είναι , παράδειγμα η πίεση λειτουργίας του συστήματος παροχής αέρος προς τις προπέλες μεταβάλλεται ανάλογα με την ταχύτητα του πλοίου

Σε αυτό το σημείο υπάρχει το όριο του διαχωρισμού των συστημάτων απομακρυσμένου ελέγχου όπου πλέον μετά την απεικόνιση ο χειρισμός απομένει να γίνει από τον άνθρωπο και των συστημάτων αυτομάτου ελέγχου όπου το σύστημα ενεργεί αυτόματα.

## 1.2 Παραδείγματα διαχωρισμένων συστημάτων απομακρυσμένου ελέγχου,(βλέπε[12])

Για την μηχανή πρόωσης έχουν χρησιμοποιηθεί οι ακόλουθοι μέθοδοι διάγνωσης βλαβών που υλοποιούνται στον τοπικό έλεγχο της:

- έχουν τοποθετηθεί μόνο αισθητήρια που μετατρέπουν το φυσικό μέγεθος σε αναλογική τιμή ρεύματος ή τάσης . Ο έλεγχος των ορίων γίνεται από την τοπική μονάδα ελέγχου που διαθέτει προκαθορισμένες καμπύλες ορίων για κάθε φυσικό μέγεθος συναρτήση των στροφών λειτουργίας της
- οι κάρτες του τοπικού συστήματος ελέγχου της μηχανής στις οποίες διασυνδέονται οι αισθητήρες ελέγχουν την τιμή του σήματος που λαμβάνουν και εκδίδουν αντίστοιχη πληροφορία αν είναι εκτός ηλεκτρικών ορίων . Παράδειγμα για τους αισθητήρες 4-20mA αν λάβει ρεύμα μικρότερο του 2mA ή μεγαλύτερο του 22mA τότε προκαλείται ένδειξη βλάβης για τον αισθητήρα . Αντίστοιχα για τις μετρήσεις των θερμοκρασιών εάν χρησιμοποιούνται θερμοστοιχεία PT1000 και η αντιστάση μετρηθεί κάτω των 840Ω η πάνω από 1575Ω τότε προκαλείται ένδειξη βλάβης για τον αισθητήρα
- έχει τοποθετηθεί για τα σημαντικά μεγέθη διπλός αριθμός αισθητήρων που αντίστοιχα είναι διασυνδεδεμένοι στις μονάδες Main και Backup . Αυτές συνεχώς συγκρίνουν τις τιμές των διπλά μετρούμενων μεγεθών και εκδίδουν αντίστοιχο σήμα βλάβης στην περίπτωση διαφοροποίησης . Το σκεπτικό είναι αφενός η επαύξηση της αξιοπιστίας προκειμένου η μηχανή να συνεχίσει να λειτουργεί σε περίπτωση απώλειας ενός συστήματος αφετέρου εναλλακτικός τρόπος ελέγχου των αισθητήρων

Στην ηλεκτρομηχανή ο έλεγχος της μηχανής γίνεται από το ηλεκτρονικό σύστημα και παράλληλα υπάρχει ο τοπικός πίνακας που ελέγχει τον συνδυασμό γεννήτρια και μηχανή. Για το μηχανικό τμήμα έχουν χρησιμοποιηθεί οι ακόλουθοι μέθοδοι διάγνωσης βλαβών:

- έχουν τοποθετηθεί μόνο αισθητήρια που μετατρέπουν το φυσικό μέγεθος σε αναλογική τιμή ρεύματος ή τάσης και ο έλεγχος των ορίων γίνεται από την τοπική μονάδα ελέγχου που διαθέτει προκαθορισμένες καμπύλες ορίων για κάθε φυσικό μέγεθος συναρτήσεως των στροφών λειτουργίας της
- η μονάδα στην οποία διασυνδέονται οι αισθητήρες ελέγχει την τιμή του σήματος που λαμβάνει και εκδίδει αντίστοιχη πληροφορία αν είναι εκτός ηλεκτρικών ορίων
- έχει τοποθετηθεί για τα σημαντικά μεγέθη και δεύτερος αριθμός αισθητήρων που είναι διασυνδεδεμένοι απευθείας με το τοπικό πίνακα ελέγχου της ηλεκτρομηχανής όπου υλοποιούνται με ηλεκτρονόμους οι βασικές ασφαλιστικές διατάξεις. Με τον τρόπο αυτό γίνεται επαύξηση της αξιοπιστίας του συστήματος προστασίας της μηχανής
- για τους ηλεκτρικά ενεργοποιούμενους καυστήρες γίνεται έλεγχος του ρεύματος απόκρισης του πηνίου ενεργοποίησης προκειμένου να διαγνωστεί η κατάσταση λειτουργίας τους

Στο κεντρικό σύστημα ελέγχου του πλοίου λόγω της πληθώρας των μονάδων που είναι με αυτό διασυνδεδεμένες δεν είναι εφικτό να ελεγχθούν με διπλό τρόπο οι αισθητήρες εκτός και αν αυτό δίνεται από τον τοπικό έλεγχο κάθε μονάδας όπως αυτό έχει περιγραφεί στα παραδείγματα μηχανής και ηλεκτρομηχανής. Σε αυτό γίνεται η αναγνώριση των βλαβών με τις παρακάτω μεθόδους :



- Στα I/O BOX ανάλογα με το είδους γίνεται έλεγχος της τιμή του σήματος που λαμβάνει από τα αισθητήρια και εκδίδει αντίστοιχη πληροφορία αν είναι εκτός ηλεκτρικών ορίων
- Στα συστήματα που διαθέτουν αναλογικούς αισθητήρες υπάρχουν αποθηκευμένες οι τιμές των ορίων για το οποίο θα εμφάνιση μήνυμα ενημέρωσης ή βλάβης(Αν π.χ. για την ένδειξη πίεσης στο κύκλωμα αέρα υψηλής υπάρχει το όριο στα 160Bar για την ενεργοποίηση του λογισμικού και απεικόνιση του μηνύματος «χαμηλή πίεση αέρος»)
- Για τις περιπτώσεις όπου ελέγχονται διακόπτες όπως αυτό γίνεται στις θύρες και τα ανοίγματα τότε χρησιμοποιούνται αισθητήρες με δυο επαφές μια Normal Open (NO) και μια Normal Close (NC) προκειμένου να ελέγχεται η κατάσταση του αισθητήρα και να προκύπτει σήμα βλάβης όταν αυτός έχει ενεργοποιημένες ή όχι και τις δυο επαφές ταυτόχρονα
- Τα δίκτυα που έχουν υλοποιηθεί ( διπλός βρόγχο για τα I/O BOX και διπλό αστεροειδές για τους σταθμούς εργασίας και LPU ) ελέγχονται από τους επεξεργαστές που υλοποιούν την επικοινωνία και δημιουργούν αντίστοιχα μηνύματα σε περίπτωση βλάβης

### 1.3 Συστήματα Αυτοματοποιημένης Έκδοσης Ελεγχών Συντήρησης

Η εκδήλωση μιας βλάβης είναι μόνο η κορυφή ενός παγόβουνου που αποτελείται από παράγοντες όπως απώλεια υλικού λόγω φθοράς, διαρροή, βρωμιά, κραδασμοί, υπερθέρμανση, γήρανση υλικού , επιφανειακές φθορές και άλλα .Από τους παραπάνω παράγοντες σε ορισμένους μπορεί να γίνει γνωστή η ανάπτυξη τους από τις ενδείξεις αντιστοίχων αισθητηρίων . Ενώ για τους υπολοίπους επιδιώκουμε να τους περιορίσουμε με την προληπτική συντήρηση του μηχανήματος όπου γίνονται τμηματικές ή μαζικές αντικατάστασης υλικών ανάλογα των χρονικών διαστημάτων που αυτές εκτελούνται . Σε ένα σύστημα τηλεμετρίας τους παραπάνω παράγοντες θα μπορούσαμε να τους συμπεριλάβουμε στις ενδείξεις του . Για να υλοποιηθεί αυτή η διαδικασία θα πρέπει να καθοριστούν οι συσχετισμοί μεταξύ των ενδείξεων από τους αισθητήρες με τους παράγοντες ανάπτυξης βλάβης και ταυτόχρονα να καθοριστεί η επισκευαστική πολιτική . Η επισκευαστική πολιτική διαχωρίζεται σε δυο τμήματα την προτεινόμενη από τον κατασκευαστή και την υλοποιούμενη από τον χρήστη .

Ο κατασκευαστής καταστρώνει ένα σχέδιο προγραμματισμένων επισκευών βάση ωρών λειτουργίας ή χρονικών διαστημάτων που είναι αποτέλεσμα μελέτης του προϊόντος βάση της εμπειρίας , της αντοχής των χρησιμοποιούμενων υλικών , της ποιότητας συναρμογής και των στατιστικών μετρήσεων που διαθέτει . Ο χρήστης είτε αποδέχεται το προτεινόμενο σχέδιο για λόγους εγγυησής ή όταν αυτή έχει παρέλθει αναλαμβάνει την ευθύνη να το τροποποιήσει με γνώμονα τα τρία παρακάτω κριτήρια,(βλέπε[11]):

- α) το λειτουργικό κόστος του συστήματος σε λειτουργία και την απώλεια εσόδων λόγω προγραμματισμένων επισκευών
- β) η επιθυμητή αξιοπιστία του συστήματος και η επίδραση μιας βλάβης σε θέματα ασφάλειας προσωπικού και υλικού
- γ) το ποιοτικό είδος των υλικών που χρησιμοποιούνται κατά την επισκευή. (καινούργια ή μεταχειρισμένα , επίσημοι προμηθευτή του κατασκευαστή ή αμφιβόλου ποιότητας αντίγραφα )

Σταθμίζοντας την βαρύτητα των παραπάνω ο χρήστης ακολουθεί μια σφιχτή ή χαλαρή επισκευαστική πολιτική που αντίστοιχα εκφράζεται από τις χαρακτηριστικές φράσεις «επισκευή για να μην χαλάσει» ή «επισκευή αφού χαλάσει». Τελικά η παραπάνω κινήσεις θα

αποτελέσουν μελλοντικά τα στατιστικά αποτελέσματα για τον κατασκευαστή με στόχο την βελτιστοποίηση του επανασχεδιασμού των προϊόντων.

Στα συστήματα ελεγχου, κατά τον σχεδιασμό λαμβάνεται υπόψη η μεθοδολογία που ακολουθείται από το μεγαλύτερο μέρος των κατασκευαστών. Επίσης υπάρχει η περίπτωση το κεντρικό σύστημα απλώς να απεικονίζει τις πληροφορίες που του αποστέλλει η τοπική μονάδα για θέματα επισκευής. Ειδικότερα στο υλοποιημένο σύστημα του πλοίου σε κεντρικό ή τοπικό επίπεδο ανάλογα το μηχάνημα παρέχονται πληροφορίες σχετικά με το σύνολο ωρών λειτουργίας, τον αριθμό εκκινήσεων και στατιστικά στοιχεία λειτουργίας του μηχανήματος όπως ο συγκεντρωτικός πίνακας ωρών λειτουργίας σε συγκεκριμένο ζεύγους τιμών στροφών και παραγόμενης ισχύος.

Στο αυτόματο σύστημα ελέγχου των μηχανών πρόωσης γίνεται η καταγραφή και υπολογισμός των κάτωθι παραμέτρων σχετικά με τον κύκλο εργασιών συντήρησης που προβλέπει ο κατασκευαστής, (βλέπε[11]):

- καταγραφή του προφίλ ισχύος λειτουργίας της μηχανής. Αυτό αποτελείται από ένα πίνακα που το κάθε στοιχείο του αντιστοιχεί σε ζεύγος στροφών και παραγόμενης ισχύος και συμπληρώνεται από το ποσοστό επί των συνολικών ωρών λειτουργίας της μηχανής που αντιστοιχεί σε κάθε ζεύγος τιμών
- υπολογισμός των υπολειπόμενων ωρών λειτουργίας μέχρι την εκτέλεση της προληπτικής επιθεώρησης . Ο υπολογισμός βασίζεται στο χρονικό σχέδιο που έχει καταστρωθεί για το βασικό προφίλ ισχύος λειτουργίας
- απεικόνιση του υπολειπόμενου ημερολογιακού χρόνου μέχρι την επόμενη προληπτική εργασία συντήρησης . Ο υπολογισμός βασίζεται στα στατιστικά δεδομένα που καταγράφηκαν κατά την λειτουργία της μηχανής σχετικά με το λόγο μεταξύ ωρών λειτουργίας και ημερολογιακού διαστήματος όπου αυτές έγιναν .
- ημερολογιακή καταγραφή των εκτελεσθέντων εργασιών περιοδικής συντήρησης όπως αυτές καταχωρούνται από τον χρήστη
- ημερολογιακή καταγραφή των βλαβών όπως αυτές γίνονται αντιληπτές από το αυτόματο σύστημα ελέγχου

Τα παραπάνω καταγράφονται σε δυο μήνες από τις οποίες η μια είναι αιρούμενη. Επιπλέον τα στοιχεία αυτά είναι διαθέσιμα για απεικόνιση είτε από την τοπική μονάδα ελέγχου ή μέσω διασύνδεσης με φορητό υπολογιστή που διαθέτει το λογισμικό της εταιρίας. Στόχος του σχεδιασμού είναι, εφόσον έχει γίνει η σχετική συμφωνία μεταξύ χρήστη και κατασκευάστριας εταιρίας, να μεταφέροντα οι πληροφορίες προς την κεντρική βάση δεδομένων της εταιρίας ώστε να επανασχεδιάζεται ο βέλτιστος προγραμματισμός προληπτικής συντήρησης. Για τον σκοπό αυτό υπάρχει η πρόβλεψη μιας κενής θύρας για την τοποθέτηση modem στο σύστημα ελέγχου της μηχανής, ώστε με χρήση δορυφορικής διασύνδεσης να μεταφέρονται τα δεδομένα προς την εταιρία.

Στο αυτόματο σύστημα ελέγχου των ηλεκτρομηχανών γίνεται η καταγραφή και υπολογισμός των παραμέτρων σχετικά με τον κύκλο εργασιών συντήρησης που προβλέπει ο κατασκευαστής. Η απεικόνιση μπορεί να γίνει σε ενδεικτικό φωτιζόμενο πίνακα (όταν η μηχανή έχει τοποθετηθεί σε οχήματα ) είτε μέσω σειριακής διασύνδεσης σε φορητό υπολογιστή με το κατάλληλο λογισμικό της εταιρίας. Οι παράμετροι που καταγράφονται είναι:

- οι καταγραφές των λειτουργικών στοιχείων κατά την τελευταία διακοπή λειτουργίας της μηχανής . Οι καταγραφές περιλαμβάνουν τους κύριους αισθητήρες της μηχανής από τις τιμές των οποίων μπορούν να εξαχθούν συμπεράσματα για την τελευταία λειτουργική κατάσταση της μηχανής

- καταγραφή του προφίλ ισχύος λειτουργίας της μηχανής. Αυτό αποτελείται από ένα πίνακα που το κάθε στοιχείο του αντιστοιχεί σε ζεύγος στροφών και παραγόμενης ισχύος και συμπληρώνεται από το ποσοστό επί των συνολικών ωρών λειτουργίας της μηχανής που αντιστοιχεί σε κάθε ζεύγος τιμών . Η απεικόνιση γίνεται με διάφορους τρόπους είτε σε κείμενο είτε σε γράφημα
- καταγραφή των αμέσων διακοπών λειτουργίας λόγω επίδρασης ασφαλιστικών διατάξεων
- οι διαγνωσμένες βλάβες του συστήματος με χρονική σειρά εμφάνισης
- συγκεντρωτικά και μερικά αθροίσματα στις μετρήσεις των ωρών λειτουργίας, κατανάλωσης καυσίμου και χρόνου άφορτης λειτουργίας
- χρονολογική καταγραφή των εκτελεσθέντων εργασιών περιοδικής συντήρησης όπως αυτές καταχωρούνται από τον χρήστη και υπολογισμός μελλοντικών επιθεωρήσεων βάση του προγράμματος περιοδικών επισκευών για το τυπικό προφίλ ισχύος

Τα παραπάνω καταγράφονται από τα ηλεκτρονικά συστήματα σε μνήμες. Επιπλέον για την περίπτωση όπου μια μηχανή χρησιμοποιείται σε οχήματα υπάρχει η δυνατότητα τοποθέτησης modem στο σύστημα ελέγχου ώστε με την επιστροφή του οχήματος στον σταθμό, να μεταδίδονται όλες οι πληροφορίες στο κεντρικό σύστημα διαχείρισης.

## Βιβλιογραφία

- [1] Control Systems, Robotics And Automation-Vol.XX-Ship Steering, Job van Amerongen
- [2] Robot Magazine, The Rise and Fall of Unimation. Inc 2/9/2010
- [3] <http://el.wikipedia.org/wiki/Πλοίο>
- [4] Τεχνικό εγχειρίδιο: Wärtsilä Solution For Marine and Oil & Gas Markets, 2013
- [5] Τεχνικό εγχειρίδιο: Cummins Marine Generator Solutions, 2013
- [6] Τεχνικό εγχειρίδιο: GensetControllerHGM Series Manual, 2011
- [7] Ship Motion Control: Course Keeping and Roll Stabilisation Using Rudder and Fins, Tristan Perez, Springer, Jun 2005
- [8] Τεχνικό εγχειρίδιο: **Wärtsilä Water Systems Ltd, 2011**
- [9] The Diesel Engines: for Ship Propulsion and Power Plants-Vol.I, Kuiken-Kees, 2012
- [10] GUIDANCE NOTES ON FIRE-FIGHTING SYSTEMS, ABS, May 2005
- [11] The Diesel Engines: for Ship Propulsion and Power Plants-Vol.II, Kuiken-Kees, 2012
- [12] The Maritime Engineering Reference Book: A Guide to Ship Design, Construction and Operation, Anthony F. Molland, Elsevier, Oct 2011